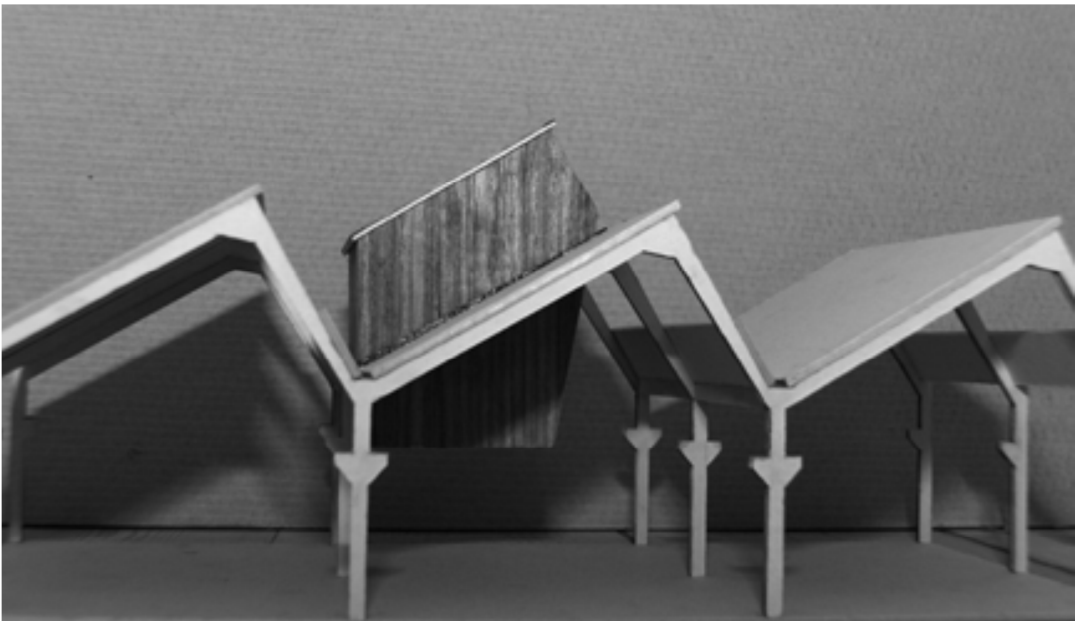


InnoBYG Spireprojekt: Fortættet byggeri med lette materialer



Anvendelse af træ som bærende bygningsdele

Udarbejdet af: DBI v. Anders Bach Vestergaard, Brian Vestergård Jensen

Dato: November 2015

Projektforløb: Januar 2015 – December 2015

Indholdsfortegnelse

Indledning.....	3
Introduktion.....	3
Hovedkonklusion	5
Brand i bygninger med bygningsdele af træ	6
Anvendelse af træ som bærende bygningsdele i byggeriet.....	7
Eksempler på forskellige byggesystemer med bærende bygningsdele af træ.....	9
Eksempler på høje bygninger med bærende bygningsdele af træ	11
Bygningsreglements brandkrav	13
Træ i eksempelsamlingen.....	13
Strategi for anvendelse af brændbare materialer i byggeri	14
Brandteknisk risikovurdering af bygninger med bygningsdele af træ	14
Brandsikring, hvor et bidrag til branden fra træet accepteres.....	16
Brandsikring, hvor et bidrag til branden fra træet forhindres	17
Brandsikring af forskellige byggesystemer	19
Tunge massive byggesystemer	20
Lette byggesystemer	20
Forslag til udvidelse af anvendelsesområde for bygninger med bærende bygningsdele af træ	22
Temadag ”Gentænk træ som bærende bygningsdele i høje bygninger”	25
Katalog med eksempler på fortætning af en eksisterende bygningsmasse.....	26

Indledning

Denne rapport er udarbejdet som afsluttende delelement i Spireprojektet ”Fortættet byggeri med lette materialer” under InnoBYG – Innovationsnetværket for bæredygtigt byggeri.

Spireprojektet er udført i samarbejde mellem CINARK - Center for Industriel Arkitektur og DBI - Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut i en projektperiode fra januar – december, 2015. Projektet har haft en bevilling på 0,5 mio. kr.

InnoBYG Spireprojektet: ”Fortætning af byggeri ved anvendelse af lette byggesystemer med bærende bygningsdele af træ” har arbejdet med emnet gennem indhentning af viden fra eksterne indlægsholdere på temadagen ”Gentænk træ som bærende bygningsdele i høje bygninger”, og ved at udarbejde et katalog af eksempler på fortætning af en eksisterende bygningsmasse. Kataloget med eksempler er et resultatet af en workshop afholdt på CINARK med deltagelse af studerende og professionelle arkitekter og ingeniører.

Katalog med eksempler på fortætning af en eksisterende bygningsmasse, er udarbejdet som selvstændigt bilag til denne rapport.

Oversigt over indlægsholdere på temadagen, ”Gentænk træ som bærende bygningsdele i høje bygninger”, se afsnittet ”Temadag Gentænk træ som bærende bygningsdele i høje bygninger”, sidst i denne rapport. Præsentationer fra indlægsholderne kan hentes på www.Innobyg.dk

Den viden og de holdninger der blev præsenteret på workshoppen og temadagen er bearbejdet og suppleret med litteraturstudier. Resultatet er præsenteret i denne rapport.

I arbejdet med dette projekt, har et gennemgående tema været en mangel på beskrevne eksempler på, hvorledes anvendelsesområdet for bærende bygningsdele af træ kan anvendes og udnyttes i Danmark. Muligheden for øget anvendelse af bærende bygningsdele af træ vil være til stede både ved fortætning, hvor der bygges ovenpå og til eksisterende byggeri, og ved traditionelt byggeri.

I denne rapport er opstillet et eksempel på, hvorledes anvendelsesområdet kan udvides, uden at denne udvidelse vil reducere det brandsikkerhedsniveau som kendes og benyttes i dag.

Introduktion

Danmarks store byer har stigende udfordringer med tilflytning, hvilket indebærer stigende boligpriser og mangel på byggegrunde. Fra myndighedernes side er der øget fokus på, at fortætningen af byen, hvor bebyggelsestætheden øges, ikke må have en negativ indflydelse på byens samlede CO₂-regnskab. Den øgede urbanisering kan imidlertid få en positiv effekt på hele samfundet, hvis behovet for flere boliger imødekommes ved bæredygtigt byggeri, der fokuserer på miljømæssige, sociale og økonomiske aspekter.

Løsningen på udfordringen med at skaffe flere og billigere boliger kan enten være et mere effektivt – f.eks. højere – nybyggeri eller ved en mere effektiv udnyttelse af den eksisterende bygningsmasse, eksempelvis i forbindelse med energirenovering.

Men hvis der skal tilvejebringes en bæredygtig mulighed for at etablere billige boliger, skal der være mulighed for at bygge med bærende bygningsdele af træ i en større skala, end de 4 etager der er tradition for på nuværende tidspunkt.

En af de store udfordringer for byggeri i større skala er at bryde med de traditionelle brandregler i Danmark, således at det igen bliver alment acceptabelt, at bygninger med mere end 4 etager helt eller delvist har bærende bygningsdele af træ, uden at disse bygninger nødvendigvis betragtes som "brandfarlige".

Konkurrencedygtige byggesystemer der skal kunne anvendes i større skala skal leve op til følgende kriterier: Det skal være billigt, energieffektivt og hurtigt gennemført med færrest mulige forstyrrelser for omgivelserne (f.eks. følsom infrastruktur eller ressourcestærke naboer). Det er nødvendigt at imødekomme disse kriterier i alle byggerier, men særligt ved fortætning af byen, hvor der bygges tæt på andre, eksempelvis i sammenhæng med energireoveringer, er det meget vigtigt at se på sammenhængen mellem byggeriet og den omgivende by.

Gennem de senere år er det blevet normalt at anvende lette træbaserede byggesystemer til at øge eksisterende bygninger med en ny tagetage. Disse nye tagetager har skabt flere boliger, samtidig med at bygningerne har fået en ny tagkonstruktion. En løsning der er kendt og gennemprøvet, derfor er den også velbeskrevet i de regelsæt der regulerer det danske byggeri, da det her altid accepteres at den øverste etage er af træ, selv om de underliggende etager har ubrændbare bærende konstruktioner.

Træ kan reducere CO₂-belastningen

For hver kubikmeter træ, der bruges som erstatning for et andet byggemateriale, reduceres CO₂-belastningen af atmosfæren med i gennemsnit 1,1 ton CO₂.

Tillægges de 0,9 tons CO₂, der bindes i træerne når de vokser, så sparer hver kubikmeter træ som erstatter andre byggematerialer, atmosfæren for ca. 2 tons CO₂.

Træinformation

TRÆ

7

Figur 1: Billedet viser hovedpunkterne for CO₂ belastningen af træ, set i forhold til andre byggematerialer. Præsentation fra temadagen "Gentænk træ som bærende bygningsdele i høje bygninger", Mikael Koch, Træinformation

Hovedkonklusion

Øget anvendelsesområde, uden reduktion i sikkerhedsniveauet

Hvis anvendelsesområdet for bærende bygningsdele af træ skal kunne udvides til at gælde for traditionelt byggeri, med flere etager end i dag, vil det være nødvendigt at opstille præskriptive brandkrav. Disse brandkrav kan medtages i en eksempelsamling eller tilsvarende, der som i "Ek eksempelsamling om brandsikring af byggeri", udgivet af Energistyrelsen 2012, (EBB12), opstiller eksempler på hvorledes sikkerhedsniveauet i bygningsreglementet kan imødekommes.

På baggrund af den indhentede viden i projektet og erfaringer fra ind- og udland foreslås, at bærende konstruktioner af træ kan anvendes i bygninger med gulv i øverste etage op til 15 meter. Det vil eksempelvis muliggøre følgende anvendelsesområder:

- Boligbyggeri med bærende bygningsdele af træ i 6 etager.
- Boligbyggeri i 4 etager, oven på en eksisterende butik i en etage.
- Udvidelse af en eksisterende etageejendom med 2 nye etager ovenpå.

I det følgende er opstillet krav til hvilke klassifikationer der kan stilles til bærende og adskillende bygningsdele i denne type bygninger, og dermed opnå et sikkerhedsniveau der vurderes at være sammenligneligt med brandsikkerheden for personer bygninger der brandsikres iht. EBB12.

Nedenstående beskriver minimumskrav for bærende bygningsdele *uden* træ og *med* træ, samt adskillende bygningsdele *uden* træ og *med* træ. De to alternativer betragtes som sidestillede, dvs. de antages at medføre samme brandsikkerhedsniveau. Det er dog væsentligt at bemærke, at de to alternativer har forskellige brandtekniske egenskaber.

Bærende bygningsdele

Bygningsdel klasse R 90 A2-s1,d0 [BS-bygningsdel 90]

eller

Bygningsdel klasse R 90 D-s2,d2 [BD-bygningsdel 90] [klasse B materiale], når bygningen er udført enten med automatisk sprinkleranlæg, eller bærende bygningsdele er udført med beklædning klasse K₂ 60 A2-s1,d0 [60 minutters brandbeskyttelsessystem].

Brandadskillende bygningsdele (brandsektioner og brandceller)

Bygningsdel klasse EI 60 A2-s1,d0 [BS-bygningsdel 60] – hvis de bærende bygningsdele er udført som klasse R 90 A2-s1,d0 [BS-bygningsdel 90]

eller

Bygningsdel klasse EI 90 D-s2,d2 [BD-bygningsdel 90] [klasse B materiale], når bygningen er udført enten med automatisk sprinkleranlæg, eller bærende og brandadskillende bygningsdele er udført med beklædning klasse K₂ 60 A2-s1,d0 [60 minutters brandbeskyttelsessystem].

Ovenstående forslag til løsning er gældende for anvendelseskategori 1-5 og under forudsætning af, at øvrige anbefalinger i EBB12 følges.

Krav til bærende og adskillende bygningsdele er gældende for alle etager over terræn, også for en eventuel tagetage.

Brand i bygninger med bygningsdele af træ

Når der opstår en brand i en bygning, bestemmes brandens maksimale størrelse af følgende forhold:

- Ventilationsforhold, hvilket bestemmer for hvor meget ilt branden har til rådighed
- Hvor meget brændstof der kan bidrage til branden.

Ved en brand i et mindre rum (fx i en bolig) styres mængden af ilt til rådighed af det samlede areal af åbninger til det fri fx åbenstående vinduer og døre eller åbninger der opstår pga. branden.

Mængden af brændstof til rådighed styres af hvor meget indbo der er i boligen, og hvor meget bygningens materialer kan bidrage til branden. I boliger er mængden af indbo stort, og da typisk indbo som møbler, tøj, elektronisk udstyr m.v. brænder relativt hurtigt, er der tilstrækkeligt med brændstof til at branden hurtigt kan blive stor og true personer i boligen, uanset om brændbare bygningsdele bidrager til branden eller ej.

Det tidspunkt hvor træ i bygningsdele vil bidrage til branden, er meget afhængig af, hvilke dele af bygningsdelene der er af træ. Hvis der er synlige overflader af træ, skal temperaturen på overfladen være over 200-300 °C, før træet kan bidrage til branden. Hvis træet er beskyttet bagved en beklædning, eksempelvis bag en gipsplade, da vil træet bidrage til branden på det tidspunkt hvor gipspladen er faldet ned. Træets bidrag til branden kan på den måde forsinkes.

Hvis adgangen til ilt fra åbne vinduer og døre til det fri ikke ændres under branden, vil bidraget til branden fra bygningsdelene ikke nødvendigvis medføre en varmere brand, men en mere langvarig brand. Bidraget fra bygningsdelene, i en brand hvor størrelsen styres af ventilationsforholdene, kan også betyde at flere brandgasser forbrændes uden for det brændende rum. Dette ses ved at risikoen for brandspredning via facaden forøges, da den røg og de flammer der spreder sig ud af åbninger i facaden kan blive længere og varmere.



Figur 2: Billedet viser hvorledes røg og flammer spredt sig ud af vinduet i forbindelse med brand i to forskellige forsøgsopstillinger. I forsøgsopstillingen til venstre har de indvendige væg- og lofts en overflade af træ. I forsøgsopstillingen til højre har de indvendige væg- og lofts ubrændbare overflader. Ved brandforsøgene, hvor rummenes geometri og brandbelastning var ens, sås væsentligt højere flammer ud af vinduerne fra venstre prøveopstilling med overflader af træ. "Fire Performance of Timber Structures under Natural Fire Conditions", Andrea Frangi and Mario Fontana, Institute of Structural Engineering IBK, Swiss Federal Institute of Technology ETH Zurich

Anvendelse af træ som bærende bygningsdele i byggeriet

Træ kan anvendes som bærende bygningsdele alene, hvor hele bygningens bærende system baserer sig på træ, men kan også anvendes i kombination med andre byggematerialer som stål og beton. Når det ved nybyggeri kan være en fordel at kombinere materialerne, så er det også naturligt at kombinere materialer i forbindelse med en fortætning af den eksisterende bygningsmasse, ved at bygge ovenpå og sammen med eksisterende bygninger.

Ved fortætning af byggeri har byggesystemer af træ en række fordele, herunder en lav vægt i forhold til andre bygningsmaterialer som beton og stål, hvorved belastningen på den underliggende bygning forventes at være reduceret i forhold til andre byggesystemer.

Byggesystemer med bærende bygningsdele af træ skal imødekomme de krav der stilles til alle andre byggesystemer: Bærende egenskaber (statik), fugt, varmeisolering, akustik m.v.

For byggesystemer med bærende bygningsdele af træ, der anvendes til boliger, er det krav til brandsikring og akustik, der ofte identificeres som de største udfordringer. Brandsikring da træ kan brænde, og akustik da byggesystemets lave massefylde kan være en udfordring i forhold til trinlyd.

I opførelsesfasen stilles der særlige krav til at undgå, at der indbygges fugt i bygningen, som følge af regn og som følge af indbygning af fugtige byggematerialer. Et tørt byggeri kan opnås på flere måder, herunder ved at anvende præfabrikerede byggesystemer og/eller ved en overdækning i byggefasen, se eksempler her på Figur 3.

Uanset hvilket byggesystem der anvendes, er logistikken og håndteringen af byggematerialer og byggesystemer på byggepladsen altafgørende for at sikre et tørt byggeri.



Figur 3: Eksempel på hvorledes et tørt byggeri kan sikres, når der benyttes fugtfølsomme elementer. Præsentation fra temadagen "Gentænk træ som bærende bygningsdele i høje bygninger", Pierre Landel, SP Wood Building Technology

I alle byggerier skal man sikre et højt brandsikkerhedsniveau i byggefasen. Det er vigtigt uanset hvilke byggesystemer der anvendes. Men hvor der anvendes mange brændbare materialer, da skal der udvises stor opmærksomhed. Særligt hvis der arbejdes med gnistproducerende værktøj, og hvis der anvendes gasbrænder ved påsvejsning af tagpap.

Eksempler på forskellige byggesystemer med bærende bygningsdele af træ



Figur 4: Eksempel på byggesystem med rumstore moduler. Præsentation fra temadagen "Gentænk træ som bærende bygningsdele i høje bygninger", Pierre Landel, SP Wood Building Technology



Figur 5: Eksempel på byggesystem med bærende søjle/drage system, med præfabrikerede udfyldningselementer. Præsentation fra temadagen "Gentænk træ som bærende bygningsdele i høje bygninger", Pierre Landel, SP Wood Building Technology

Other constructions...



Figur 6: Eksempler på forskellige byggesystemer. Præsentation fra temadagen "Gentænk træ som bærende bygningsdele i høje bygninger", Pierre Landel, SP Wood Building Technology

Eksempler på høje bygninger med bærende bygningsdele af træ

I en række lande er der så stor tillid til robustheden af bygninger med bærende bygningsdele af træ, at de finder anvendelse i højhusbyggeri. Nedenstående eksempler er alle hentet fra præsentation ved temadagen "Gentænk træ bærende bygningsdele i høje bygninger" v. Arkitekt Ola Jonsson, Studioledare, Berg | C. F. Moller Architects, Sverige.



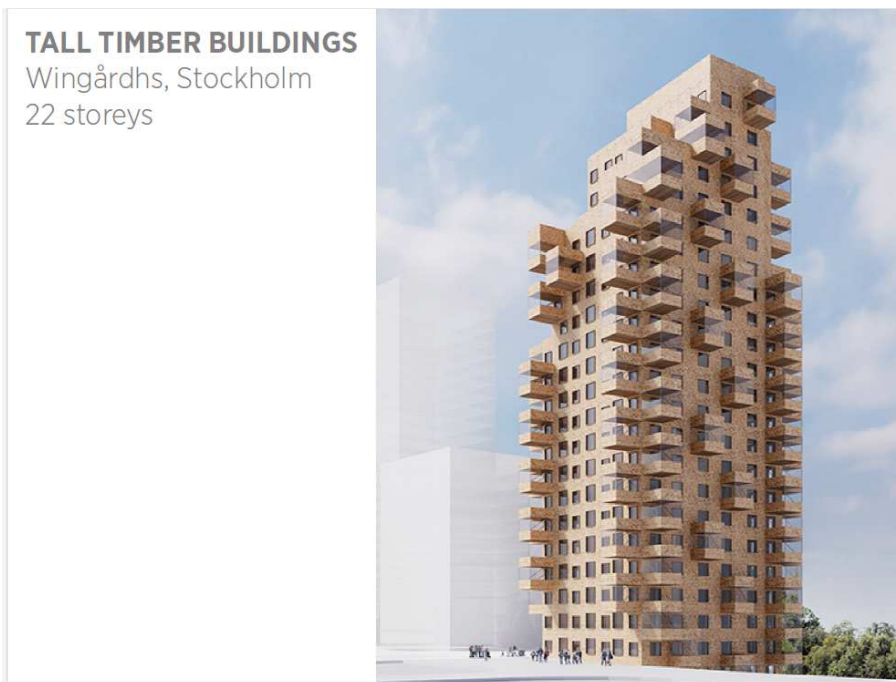
TALL TIMBER STRUCTURES

Frihamnen , Stockholm
Tham Videgård 19 storeys



TALL TIMBER BUILDINGS

Wingårdhs, Stockholm
22 storeys



Figur 7: Eksempler fra præsentation ved temadagen "Gentænk træ bærende bygningsdele i høje bygninger" v. Arkitekt Ola Jonsson, Studioledare, Berg | C. F. Moller Architects, Sverige

Bygningsreglements brandkrav

Det gældende danske bygningsreglement (BR10) indeholder bygningsrelaterede regulativer inden for de overordnede byggetekniske projekteringsdiscipliner, herunder brandsikkerhed (BR10 kap. 5).

Bygningsreglementet har til formål at tilvejebringe godt og sikkert byggeri. Samtidig er der fokus på alsidighed i byggeriet, hvilket kommer til udtryk via accepten af funktionsbaseret design.

Kapitel 5 om brandsikkerhed imødekommes enten ved at følge præaccepterede løsninger (Eksempelsamling om brandsikring af byggeri, 2012) eller ved at udføre funktionsbaseret projektering, som er beskrevet nærmere nedenfor.

EBB12

”Eksempelsamling om brandsikring af byggeri” 2012, som er udgivet af Energistyrelsen, anviser en række præaccepterede løsninger og danner dermed grundlag for almen brandteknisk praksis i Danmark. Eksempelsamlingen indeholder eksempler på brandmæssigt tilfredsstillende løsninger indenfor almindeligt byggeri. Ved særlige anvendelser, herunder oplag af brandfarlige væsker mv. indtræder reglerne angivet i Tekniske forskrifter. Det bemærkes, at EBB12 udelukkende er vejledende, idet der i Danmark som udgangspunkt arbejdes med funktionsbaseret design. Det er således tilladt at afvige fra EBB12, såfremt et tilfredsstillende brandsikkerhedsniveau kan opnås på anden vis. Det påhviler bygherre at dokumentere et tilfredsstillende brandsikkerhedsniveau, som blandt andet kan opnås via brandtekniske beregninger eller saglig argumentation.

Træ i Eksempelsamlingen

EBB12 indeholder overordnet set 3 restriktioner vedrørende anvendelse af træ i dansk byggeri, hvor ubehandlet træ kategoriseres som brændbart materiale i materiale klasse D-s2,d2 [Klasse B materiale].

- Krav til bærende bygningsdele.
- Krav til adskillende bygningsdele.
- Krav til indvendige og udvendige overflader.

Nærværende rapport har primært fokus på bærende og adskillende bygningsdele med træ, hvorfor indvendige og udvendige træbeklædninger ikke behandles.

Bygningshøjde	Krav til bærende konstruktion	Bemærkning
H < 5,1 m <i>Svarende til maks. 2 etager</i>	Bygningsdel klasse R60 [BD-Bygningsdel 60]	Brændbart materiale tillades
5,1 m < H < 9.6 m <i>Svarende til 2-4 etager</i>	Bygningsdel klasse R60 A2-s1,d0 [BS-Bygningsdel 60] Eller Bygningsdel klasse R60 D-s2,d2 [BD-Bygningsdel 60] [klasse B materiale]	Brændbart materiale tillades <u>ikke</u> Brandbar bærende konstruktion tillades, når bygningen er udført enten med automatisk sprinkleranlæg, eller bygningsdele er udført med beklædning klasse K ₂ 60 A2-s1,d0 [60 minutters brandbeskyttelsessystem]
9,6 m < H < 12 m <i>Svarende til 5 etager</i>	Bygningsdel klasse R60 A2-s1,d0 [BS-Bygningsdel 60]	Brændbart materiale tillades <u>ikke</u>
12 m < H < 22 m <i>Svarende til 6-9 etager</i>	Bygningsdel klasse R120 A2-s1,d0 [BS-Bygningsdel 60]	Brændbart materiale tillades <u>ikke</u>

Figur 8: Figuren viser hvor det efter EBB12 er muligt at anvende træ som bærende bygningsdele, og hvor det ikke er muligt

Strategi for anvendelse af brændbare materialer i byggeri

Brandteknisk risikovurdering af bygninger med bygningsdele af træ

Brandrisikoen i en bygning er afhængig af følgende:

- *Sandsynlighed for brand.* Sandsynligheden for en brand afhænger bl.a. af hvordan bygningen anvendes og af hvem der anvender bygningen. Eksempelvis om bygningen anvendes til plejehjem, til bolig, til kontor, til lager og industri m.v.
- *Konsekvens af en brand.* Konsekvensen af en brand er afhængig af om branden opstår i en kompliceret bygning, og om hvorledes de personer der er i bygningen reagerer hvis det brænder. Bygningens kompleksitet bestemmes af bygningens højde, antal etager, etageareal, brandmæssig opdeling m.v. men også af hvilke materialer bygningen er opført af. Konsekvensen af en brand kan nedbringes ved at øge omfanget af den passive brandsikring (øget krav til brandadskillende vægge, krav om brandbeskyttelse af brændbare bygningsdele m.v.), at øge omfanget af aktive brandsikringstiltag (eksempelvis sprinkleranlæg), og ved et øget krav til flugtveje og redningsmuligheder.

Brandrisikoen kan være den samme i et ukompliceret byggeri (fx et enfamiliehus eller et rækkehus) som i et etageboligbyggeri. Men det forudsætter bygningernes brandsikkerhed tager højde for en længere evakueringstid, at evakueringen sker af fælles flugtveje og at bygningens højde begrænser redningsberedskabets indsatsmuligheder.

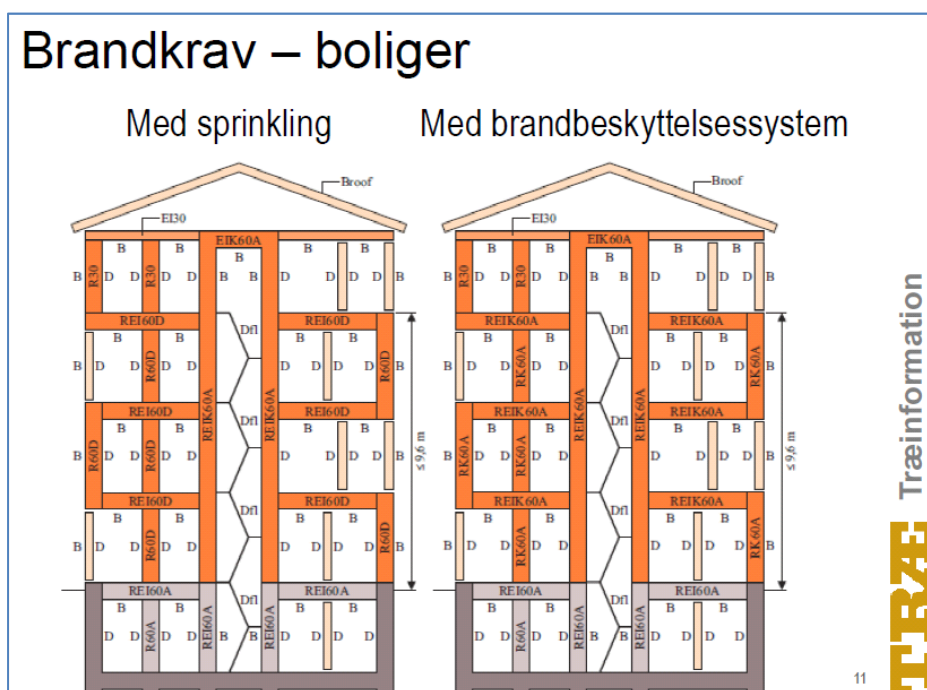
I bygninger hvor der indgår træ i bygningsdelene, vil konsekvensen – alt andet lige – være større end ved brand i en bygning, hvor bygningsdelene ikke kan bidrage til banden. Derfor skal træ anvendes med hensyntagen til, at det ikke må gå ud over den samlede brandrisiko for bygningen.

I Danmark har der været tradition for, at tilskrive lave bygninger en lav brandrisiko, og derfor tillade synlige træoverflader udvendigt og indvendig, samt tillade bærende og adskillende bygningsdele af træ.

Højere bygninger er tilskrevet en højere konsekvens ved brand, og det har derfor været nødvendigt at øge kravene til den passive brandsikring for at opnå samme samlede brandrisiko.

Efter gældende præskriptive i EBB12 (se Figur 8), kan bygninger med mere end en etage, og hvor højde til gulv i øverste etage er mere end 5,1 meter over terræn, brandsikres efter to overordnede brandstrategier, defineret som følgende:

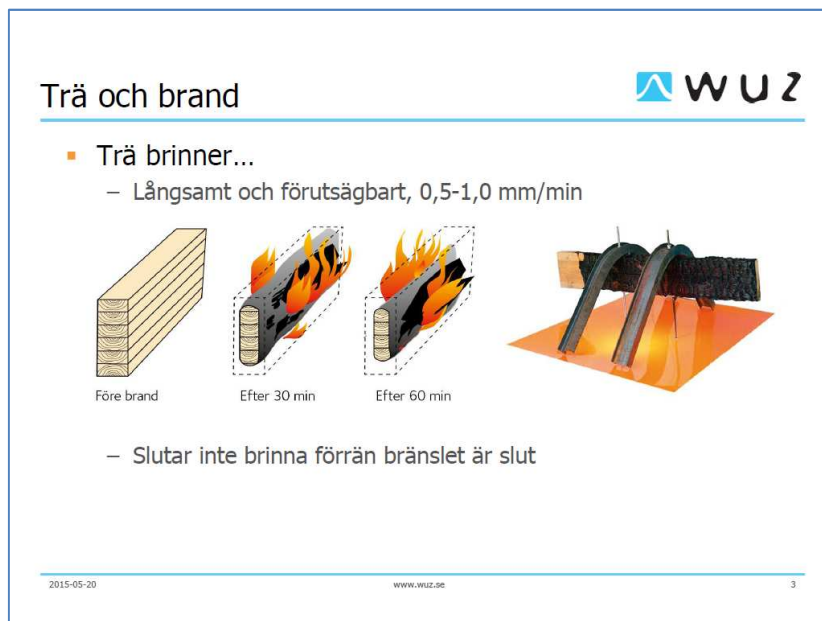
1. Brandsikring, hvor et bidrag til branden fra træet accepteres
2. Brandsikring, hvor et bidrag til branden fra træet forhindres.



Figur 9: Figuren viser to sidestillede eksempler på imødekomelse af bygningsreglements funktionsbaserede brandkrav, gældende for bygninger med højde til gulv i øverste etage på 9,6 meter over terræn. Eksemplerne er hentet fra EBB12, her vist med illustrationer i publikationen TRÆ 66, Brandkrav, udgivet af Træinformation. Præsentation fra temadagen "Gentænk træ som bærende bygningsdele i høje bygninger", Mikael Koch, Træinformation

Brandsikring, hvor et bidrag til branden fra træet accepteres

I komplekse bygninger, hvor der er et ønske om at anvende synlige bærende bygningsdele af træ og træoverflader der kan bidrage til en brand, da vil konsekvensen af en brand være større end hvis bidraget forhindres.



Figur 10: Figurene viser hvorledes bygningselementer af træ brænder og bidrager til branden i bygningen. Præsentation fra temadagen "Gentænk træ som bærende bygningsdele i høje bygninger", Fredrik Nystedt, WUZ.se

Som vist på Figur 10 bidrager ubeskyttet træ til branden, fra det tidspunkt hvor træet antændes til træet er brændt væk. Men det er ikke kun synlige overflader af træ på vægge og lofter, der kan bidrage til en brand. Hvis overfladerne er beklædt med beklædninger, som fx en beklædning klasse K₁ 10 B-s1,d0, da vil de brændbare materialer være beskyttet, men kun i brandens indledende fase. Afhængig af beklædningens brandbeskyttende egenskaber forsinker beklædningen træets bidrag til branden.

Konsekvensen af at træet i bygningsdelene vil bidrage til branden, kan reduceres på flere måder, eksempelvis ved at reducere evakueringstiden ved at designe bygningen med flere sikre flugtveje og/eller ved at installere anlæg der varsler personer i bygningen.

I Sverige, hvor man gennem de senere år har accepteret en øget anvendelse af synligt træ i byggeriet, installeres ofte sprinkleranlæg for at imødekomme en reduktion af brandsikkerhedsniveauet. På nedenstående Figur 11 er oplistet svenske erfaringer med at installere sprinkleranlæg i boliger. Et automatisk sprinkleranlæg vil kunne kontrollere eller slukke en brand, og samtidig tilkalde redningsberedskabet, i tilfælde af brand.

- Boligsprinkler påverkar brandförloppet:
 - Ingen övertändning
 - Släcker branden i 90-99 % av fallen



- Minskar risken att omkomma med 50-80 %
- Minskar brandskadekostnaderna med 50-70 %

Figur 11: Billedet illustrerer hovedpunkterne for sprinkleranlægs effektivitet til at reducere konsekvensen af en brand. Hvis der er installeret et sprinkleranlæg i en bygning, i dette tilfælde en boligsprinkler, sker der ingen overtænding i det brandramte rum. Sprinkleranlægget slukker branden i 90-99 % af tilfældene og reducerer samtidig omfanget af branddøde og brandskader væsentligt. Præsentation fra temadagen "Gentænk træ som bærende bygningsdele i høje bygninger", Fredrik Nystedt, WUZ.se

Konsekvensen af en brand er også afhængig af, hvor stort et område af bygningen, som branden kan sprede sig til. Hvis bygningen er opdelt i flere mindre brandmæssige enheder, som det normalt er tilfældet ved etageboligbyggeri, vil konsekvensen være mindre, end hvis bygningen er indrettet i få store brandmæssige enheder.

Brandsikring, hvor et bidrag til branden fra træet forhindres

Som forudsætning for en strategi, hvor et bidrag til branden forhindres, er at der bestemmes et kritisk tidsforløb hvor det vil være kritisk for bygningen og for bygningens brugere, hvis bygningsdele bidrager til branden.

I henhold til de traditionelle brandkrav der er beskrevet i EBB12, stilles der forskellige krav til hvornår de forskellige bygningsdele og overflader må bidrage til brand. Ved fx traditionelt boligbyggeri må indvendige loftsoverflader, lejlighedsskel og udvendige overflader bidrage til en brand efter 10 minutter, mens adskillende brandsektionsvægge og bærende bygningsdele må bidrage til branden efter 60 minutter, hvis afstand til gulv i øverste etage ikke er mere end 9,6 meter over terræn.

I EBB12 stilles der de samme krav til hvornår bærende eller adskillende bygningsdele må bidrage til en brand, og hvornår disse bygningsdeles funktion må svigte. Eksempelvis funktionskrav til bærende bygningsdele i en bygning, hvor højden til gulv i øverste etage er op til 9,6 meter over terræn: Enten kan de bærende bygningsdele udføres som en bygningsdel klasse R 60 A2-s1,d0 eller også kan de udføres som en bygningsdel klasse R 60 D-s2,d2 beklædt med et brandbeskyttelsessystem klasse K₂ 60 A2-s1,d0.

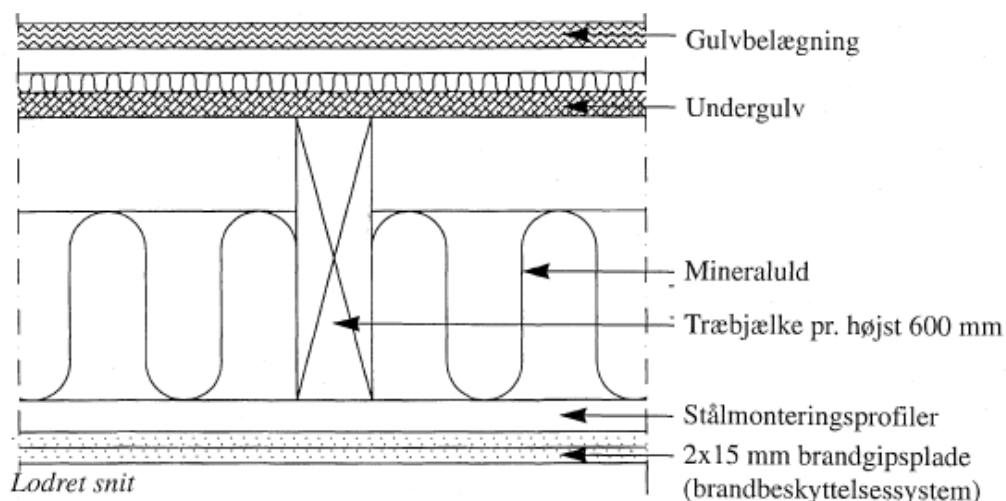
Bygningsdel klasse R 60 A2-s1,d0 = Bygningsdel klasse R 60 D-s2,d2 beklædt med et brandbeskyttelsessystem klasse K₂ 60 A2-s1,d0

En bygningsdel klasse R 60 A2-s1,d0 er udført af materialer, der ikke bidrager til en brand og hvor bygningsdelen har 60 minutters bæreevne i tilfælde af brand.

En bygningsdel klasse R 60 D-s2,d2 beklædt med et brandbeskyttelsessystem klasse K₂ 60 A2-s1,d0, er en bygningsdel (fx af træ), hvor de bærende bygningsdele kan forventes at være intakte efter 60 minutters standardbrandpåvirkning. Dette sker ved, at bygningsdelen beklædes med et brandbeskyttelsessystem klasse K₂ 60 A2-s1,d0. Brandbeskyttelsessystemet anvendes både til at forhindre at træet bidrager til branden i 60 minutter og til at opnå, at bygningsdelen har 60 minutters bæreevne i tilfælde af brand. Det kan ikke nødvendigvis forventes, at den samlede bygningsdel har længere bæreevne end til det tidspunkt, hvor brandbeskyttelsessystemet svigter.

Gældende for begge muligheder er, at bygningsdelene ikke bidrager til en brand ved 60 minutters standardbrandpåvirkning, og at de kan forventes at være bærende i 60 minutter.

Et brandbeskyttelsessystem klasse K₂ 60 A2-s1,d0 har ved brandtest vist, at bagvedliggende materialer af træ ikke vil bidrage til en brand i de første 60 minutter, udsat for en standardbrandpåvirkning.



Figur 12: Figuren illustrerer en etageadskillelse med bærende bygningsdele af træ, beklædt med et 60 minutters brandbeskyttelsessystem. Bygningsdelen opnår sin 60 minutters brandmodstandsevne ved hjælp af brandbeskyttelsessystemet. De bærende dele af træ er ikke dimensioneret til at modstå brand. Brandteknik Vejledning 33, oktober 1999, udgivet af DBI

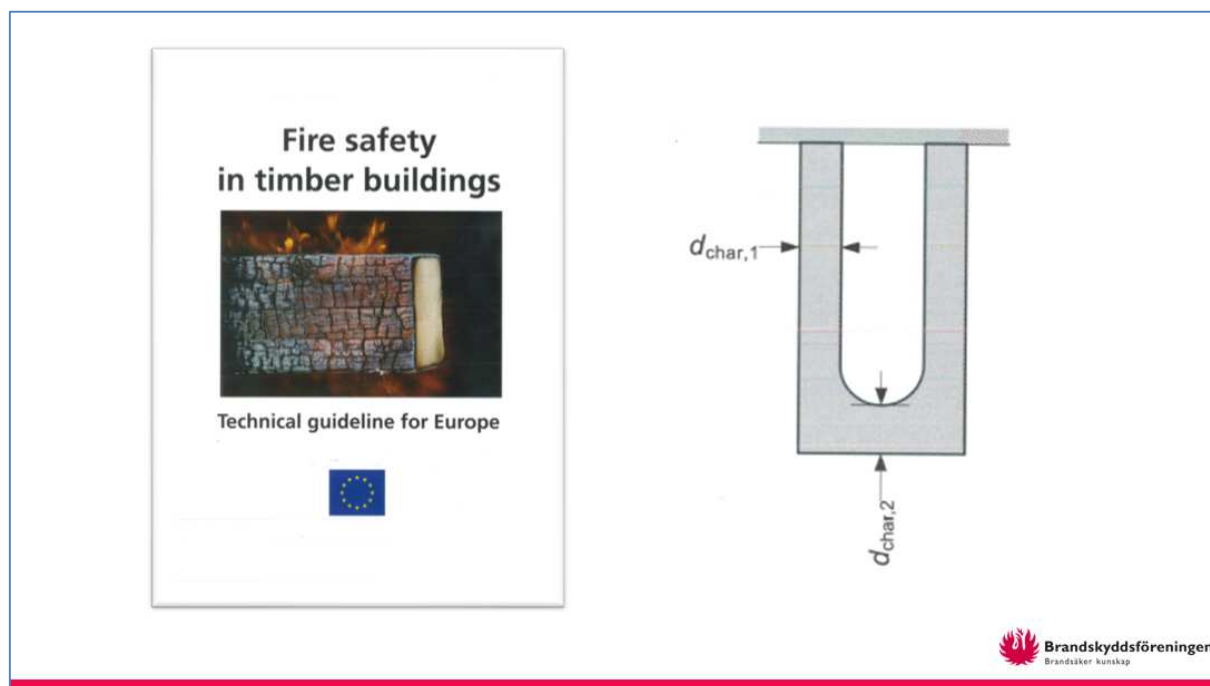
Brandsikring af forskellige byggesystemer

Bygningsdele med træ kan opnå den ønskede brandmodstandsevne, bærende og/eller adskillende egenskaber, på flere måder.

Den ønskede brandmodstandsevne kan eksempelvis opnås på følgende vis:

- Ved at overdimensionerer træet, således at der tages højde for den forventede indbrænding i træet.
- Ved en kombination af at overdimensionere træet og forsinke indbrænding i træet. Indbrændingen forsinkes typisk med brandbeskyttende plader.
- Ved at beskytte træet mod indbrænding. Træet brandbeskyttes i hele det tidsrum, hvor bygningsdelens brandmodstandsevne forventes intakt.

Et godt udgangspunkt for dimensionering af bærende bygningsdele af træ under brand, er Technical guideline for Europe, Fire Safety in timber buildings (billede 10)



Figur 13: Billedet viser hovedprincippet for hvorledes træ kan overdimensioneres, således at der tages højde for den forventede indbrænding i træet under brand. I Technical guideline for Europe, Fire safety in timber buildings, ses hvordan trækonstruktioner kan dimensioneres. Præsentation fra temadagen "Gentænk træ som bærende bygningsdele i høje bygninger", Ville Bexander, Brandskyddsforeningen Sverige

Tunge massive byggesystemer

Dimensionering af brandmodstandsevnen for massive byggesystemer, som eksempelvis CLT (Cross Laminated Timber), kan ske ud fra ovenstående guideline (Figur 13), alt afhængig af hvilke krav der stilles til de indvendige overflader.

Hvis der ønskes synlige træoverflader, vil det være naturligt at overdimensionere bygningsdelene, mens brandbeskyttelse af træet vil være naturligt, hvis der ønskes glatte malede overflader. Hvor bygningsdele af massivt træ anvendes til lodrette og til vandrette lejlighedsskel (og lignede steder hvor der også stilles et lydkrav), vil det være naturligt at brandbeskytte træet, da en lyddæmpning af bygningsdelene ofte vil kræve indbygning af pladematerialer.

Omfanget af nødvendig brandbeskyttelse af de massive træelementer afhænger af, hvilken strategi for bygningens brandsikkerhed der anvendes.

Den valgte strategi skal tage højde for, hvornår det kan accepteres at træet vil kunne bidrage til branden, eksempelvis:

- Hvis det kan accepteres at træet vil kunne bidrage fra brandens start, da kan træoverfladerne være synlige.
- Hvis det kan accepteres, at træet vil kunne bidrage efter 10 minutter ved en standardbrandpåvirkning, da kan der monteres en beklædning klasse K₁ 10 B-s1,d0 som yderste lag på vægge og lofter.
- Hvis det kan accepteres at træet vil kunne bidrage efter 60 minutter ved en standardbrandpåvirkning, da kan der monteres et brandbeskyttelsessystem klasse K₂ 60 A2-s1,d0 som yderste lag på vægge og lofter.

Lette byggesystemer

Lette byggesystemer med træ som bærende bygningsdele, består typisk af et system af træstolper og løsholter, der virker bærende og stabiliserende, samt som underlag for de plader der monteres herpå. Pladerne, og den eventuelt indbyggede isolering, giver bygningsdelen en vis sikring mod gennembrænding, samt de ønskede lyd- og varmeisolerende egenskaber.

For lette byggesystemer vil det være muligt at dimensionere brandmodstandsevnen således, at brandmodstanden sikres delvist ved brandbeskyttelse af pladelagene og delvist ved en overdimensionering af trækonstruktionerne. Hvis denne løsning vælges, da vil det være brandmodstandsevnen i de metalbeslag, der anvendes til at samle træet, der er dimensionsgivende for hvor stor del af brandmodstandsevnen der kan optages af træskelettet, og ikke nødvendigvis dimensionen på træstolperne.

Hvis dele af brandmodstandsevnen skal optages af træstolperne, da skal det forventede resttværsnit der skal være intakt efter branden, dimensioneres ud fra hvor mange sider træstolperne brandpåvirkes. Hvis bygningsdelen ikke er isoleret med isolering af en type der er stabil under brand, da må det forventes, at der sker en indbrænding i træet fra 3 eller 4 sider efter at de brandbeskyttende plader er svigtet/bortfaldet.

Det er muligt at overdimensionere det træ der indgår i skeletvæggen, således at der tages højde for indbrænding under branden. Beregningsreglerne for indbrænding i træ, tager udgangspunkt i massive træelementer som træstolper. Men i lette byggesystemer indgår ofte T-bjælker og andre designede træelementer. Disse træelementer kan ikke overdimensioneres efter samme principper som for de massive træelementer.

For lette byggesystemer af træ er der en særlig risiko for brandspredning i hulrum i bygningsdelene. Denne risiko er til stede for alle lette bygningsdele, uanset om der indgår brændbare materialer i bygningsdelene eller om bygningsdelene alene består af ubrændbare materialer. Risikoen er særlig høj for lette byggesystemer med træ, da træet kan bidrage til brandspredning inde i hulrummet. Brandens adgang til hulrum i de lette bygningsdele kan opstå ved svigt i de brandbeskyttende plader, samt gennem utilsigtet montage af tekniske installationer som varmerør der gennembyder væggen - uden den fornødne brandbeskyttelse, forfra dåser og tilsvarende i væggen.

En brand inde i hulrummet kan også opstå ved varmetransport gennem de brandbeskyttende plader. Selv om pladerne er intakte, kan den bagvedliggende trækonstruktion være antændt.

For at reducere risikoen for, at en brand inde i de lette bygningsdele kan sprede sig til andre dele af bygningen, så er det vigtigt at fokusere på at indbygge brandstop i etagekryds og andre steder, hvor brandspredning er mulig.

Forslag til udvidelse af anvendelsesområde for bygninger med bærende bygningsdele af træ

Brandkravene i BR10 hindrer ikke en anvendelse af bærende bygningsdele af træ i bygninger, der ligger ud over de eksempler der er beskrevet i EBB12.

Sikkerhedsniveauet for anvendelse af bærende bygningsdele af træ, gældende for bygninger med øverste etage mere end 5,1 meter over terræn, er i EBB12 bestemt ud fra følgende:

- Bærende bygningsdele skal bevare deres brandmodstandsevne i samme tidsrum, uanset om de bærende bygningsdele er af træ eller om de er af ubrændbare materialer. I EBB12 bestemmes svigt i brandmodstandsevnen til det tidsrum som fremgår af bygningsdelens klassifikation, eksempelvis bygningsdel klasse EI 60 [BD-bygningsdel 60]. Bygningsdelens ønskede brandmodstandsevne kan dokumenteres på baggrund af brandprøvning, beregning eller ved en kombination af disse.
- Bærende bygningsdele må ikke bidrage til en brand inden for det tidsrum som fremgår af EBB12s funktionskrav til bygningsdelen, eksempelvis 60 minutter. Alternativt kan det accepteres at bygningsdelene bidrager til branden, men bidrag til brand skal forhindres steder, der forventes at være særlige kritiske i tilfælde af brand, som fælles flugtveje, på facader og på lofter.
- Hvis bygningens bærende bygningsdele kan bidrage til branden inden for de første 60 minutter, skal bygningen udstyres med et sprinkleranlæg.

Ovenstående er i EBB12 gældende for bygninger, hvor højden til gulv i øverste etage ikke er mere end 9,6 meter over terræn. Samme grænse, som anvendes til at regulere krav i EBB12 til de bærende bygningsdele, anvendes også til regulering af krav til redningsberedskabets indsatsmuligheder. Under denne højde vurderes det som muligt for redningsberedskabet at redde personer ved anvendelse af håndholdte stiger. For højere bygninger gælder det, at redningsberedskabet skal have mulighed for at redde personer ud af bygningen med automobilstiger/drejestiger.

Øget anvendelsesområde, uden reduktion i sikkerhedsniveauet

Hvis anvendelsesområdet for bærende bygningsdele af træ skal kunne udvides vil der være nødvendigt at opstille alternative prækriptive brandkrav for traditionelt byggeri. Disse brandkrav kan medtages i en eksempelsamling, der som EBB12, opstiller eksempler på hvorledes sikkerhedsniveauet i bygningsreglementet kan imødekommes.

En udvidelse af anvendelsesområdet for bygninger med bærende bygningsdele af træ bør omfatte bygninger op til 6 etager. En 6 etagers bygning, opført med lette byggesystemer, kan have en etagehøjde på op til 3 meter pr. etage. Derfor vil det være nødvendigt at formulere prækriptive brandkrav i en eksempelsamling, gældende for bygninger, hvor højde til gulv i øverste etage er op til 15 meter over terræn. En udvidelse til 6 etager vil opfylde en stor del af byggebranchens behov og svarer desuden til højdebegrænsningen i mange kommuners lokalplaner.

I EBB12 skærpes kravene til de bærende bygningsdele for bygninger, hvor højde til gulv i øverste etage er mere end 12 meter over terræn. I bygninger med højde til gulv i øverste etage mellem 12 m og 22 m over terræn er kravet til de bærende bygningsdele bygningsdel klasse R 120 A2-s1,d0 [BS-bygningsdel 120].

Det kan således udledes af EBB12, at krav til de bærende bygningsdele øges når bygningshøjden øges, da konsekvensen af en brand i bygningen bliver større, samtidig med at evakueringstiden fra bygningen bliver længere og redningsberedskabets indsatsmuligheder besværliggøres af bygningens højde.

I EBB12 øges kravene til de bærende bygningsdele i forhold til bygningens højde, men kravene til de adskillende egenskaber af lodrette og vandrette brandadskillende bygningsdele ændres ikke tilsvarende. Det betyder, at hvis bygningen brandsikres efter EBB12, da øges kravene til de bærende bygningsdele for at gøre bygningen mere robust, således at bygningen kan modstå en brand der har spredt sig uden for den brandmæssige enhed, hvor i den er opstået. Kravene til de adskillende bygningsdele er 60 minutters brandmodstandsevne (brandsektioner og brandceller), mens kravene til de bærende bygningsdele er 120 minutters brandmodstandsevne.

Hvis ovenstående tolkning af brandsikkerhedsniveauet i EBB12 følges, og kravene til de bærende bygningsdele øges med bygningens højde, da vil det være naturligt for bygninger, hvor højde til gulv i øverste etage er op til 15 meter, at øge kravet om intakt bæreevne til mere end de 60 minutter som er gældende for de lavere bygninger (op til 4 etager). Men det burde ikke være nødvendigt at øge kravet til 120 minutter, som er gældende for de højeste bygninger der er omfattet af EBB12 (bygninger hvor højden til gulv i øverste etage er op til 22 meter over terræn), hvis der samtidigt ændres på funktionskrav til adskillende bygningsdele. Ved at øge kravene til brandmodstandsevnen for adskillende bygningsdele, fra 60 minutter til 90 minutter, forlænges redningsberedskabets indsatstid i bygningen, da branden bevares i den brandmæssige enhed hvori den er opstået i længere tid. På den måde reduceres risikoen for brandspredning mellem bygningens brandmæssige enheder.

Anbefalinger for bygninger med højde til gulv i øverste etage på op til 15 m over terræn.

Det vurderes at være i overensstemmelse med det sikkerhedsniveau, der fremgår af EBB12, at anvende bærende bygningsdele af træ i bygninger med højde til gulv i øverste etage på 9,6 til 15 meter over terræn, såfremt nedenstående funktionskrav til bærende og adskillende bygningsdele imødekommes.

Funktionskravene er formuleret efter samme systematik som anvendes i EBB12, og definerer således et muligt nyt "mellemniveau" i anbefalingerne til bærende og adskillende bygningsdele.

Bærende bygningsdele

Bygningsdel klasse R 90 A2-s1,d0 [BS-bygningsdel 90]

eller

Bygningsdel klasse R 90 D-s2,d2 [BD-bygningsdel 90] [klasse B materiale], når bygningen er udført enten med automatisk sprinkleranlæg, eller bærende bygningsdele er udført med beklædning klasse K₂ 60 A2-s1,d0 [60 minutters brandbeskyttelsessystem].

Brandadskillende bygningsdele (brandsektioner og brandceller)

Bygningsdel klasse EI 60 A2-s1,d0 [BS-bygningsdel 60] – hvis de bærende bygningsdele er udført som klasse R 90 A2-s1,d0 [BS-bygningsdel 90]

eller

Bygningsdel klasse EI 90 D-s2,d2 [BD-bygningsdel 90] [klasse B materiale], når bygningen er udført enten med automatisk sprinkleranlæg, eller bærende og brandadskillende bygningsdele er udført med beklædning klasse K₂ 60 A2-s1,d0 [60 minutters brandbeskyttelsessystem].

Ovenstående forslag til løsning er gældende for anvendelseskategori 1-5 og under forudsætning af, at øvrige anbefalinger i EBB12 følges.

Krav til bærende og adskillende bygningsdele er gældende for alle etager over terræn, også for bygningens øverste etage.

Temadag "Gentænk træ som bærende bygningsdele i høje bygninger"



Temadag
Gentænk træ
som bærende bygningsdele i høje bygninger

ONSDAG 20. MAJ 2015 KL. 9.00-16.45
KADK, Arkitektskolen, København

PRIS
Medlemmer af InnoBYG, DBI: 250 kr.
Trainformation og BYGERFA: 100 kr.
Ikke-medlemmer: 500 kr.
Studerende: 100 kr.

TILMELDING
Tilmeld dig på dbi-net.dk/spireprojektet
Begrænset antal pladser, så tilmeld dig hurtig.

YDERLIGERE INFORMATION
Anders Bach Vestergaard, DBI
61 22 08 03 / ave@dbi-net.dk

Tidens udfordringer med en øget urbanisering og et krav om omskifte ved anvendelse af verdens ressourcer, stiller der krav til hvordan vi bygger og bor. Ved at anvende præfabrikerede byggesystemer af træ til at opnå disse mål, er det muligt at etablere gode og billige boliger med et lavt resurseforbrug. Behovet for flere boliger kan imødekommes ved en fortætning af den eksisterende by, så boligarealet i byen forøges gennem på- og tilbygning til eksisterende bygninger.

ET InnoBYG SPIREPROJEKT
Projektet Fortættet bygger i med lette materialer arbejder ud fra det udgangspunkt, at der vil være miljømæssige fordele ved at anvende præfabrikerede byggesystemer af træ til fortætning. Fordelene ved præfabrikerede byggesystemer af træ er desuden lav egenvægt og kort byggetid og større bæredygtighed, der er med til at reducere den samlede pris uanset om materialerne anvendes til højhuse eller i forbindelse med mere traditionelt etageboligbyggeri.

Projektet er et InnoBYG projekt lavet i samarbejde med mellem CINARK - Center for Industrial Arkitektur og DBI - Dansk Brand- og sikringsteknik Institut.

INDLÆGSHOLDERE OG TEMAER

BÆREDYGTIGHED
Arkitekt Mikael Koch, Direktør i Trainformation

HØJE BYGNINGER AF TRÆ
Arkitekt Ola Jonsson, Studioledare, Berg | C. F. Møller Architects, Sverige

MASSIVTRÆ - EN NY BYGGEKULTUR
Pierre Landol, Project Manager SP, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Johannes Habenbacher, Leitung techn., KLH Massivholz GmbH, Tyskland

'THE SWEDISH LES SON'
Er høje bygninger af træ brandsikre?
Wilo Bonander, Brandskyddsforeningen Sverige
Fredrik Nyström, brandingenier, Wiz risk consultancy AB, Sverige



Katalog med eksempler på fortætning af en eksisterende bygningsmasse

Arbejdet fra workshop om fortætning af en eksisterende bygningsmasse er samlet i et selvstændigt bilag til denne rapport.

