Aalborg Universitet

Anvendelse af træ i byggeriet

Potentialer og barrierer

Rasmussen, Torben Valdbjørn; Rasmussen, Birgit; Andersen, Helle Vibeke; Birgisdottir, Harpa; Nielsen, Jørgen; Jermiin, Louise; Harrestrup, Maria; Hansen, Tessa Kvist; Cornelius, Thomas

Creative Commons License
Ikke-specificeret

Publication date:
2020

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

Link to publication from Aalborg University

Citation for published version (APA):
Rasmussen, T. V., Rasmussen, B., Andersen, H. V., Birgisdottir, H., Nielsen, J., Jermiin, L., Harrestrup, M., Hansen, T. K., & Cornelius, T. (2020). *Anvendelse af træ i byggeriet: Potentialer og barrierer*. (1 udg.) Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. BUILD Rapport Bind 2020:25

General rights
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from vbn.aau.dk on: July 04, 2025

BUILD Rapport 2020:25

Anvendelse af træ i byggeriet

Potentialer og barrierer

Anvendelse af træ i byggeriet

Potentialer og barrierer

Torben V. Rasmussen
Birgit Rasmussen
Helle Vibeke Andersen
Harpa Birgisdottir
Jørgen Nielsen
Louise Jermiin
Maria Harrestrup
Tessa Kvist Hansen
Thomas Cornelius

BUILD Rapport 2020:25
Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet København · 2020

Titel	Anvendelse af træ i byggeriet
Undertitel	Potentialer og barrierer
Serietitel	BUILD Rapport 2020:25
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2020
Forfattere	Torben V. Rasmussen, Birgit Rasmussen, Helle Vibeke Andersen, Harpa Birgisdottir, Jørgen Nielsen, Louise Jermiin, Maria Harrestrup, Tessa Kvist Hansen, Thomas Buch-Hansen
Redaktion	Lise Jacobsen
Sprog	Dansk
Sidetal	332
Litteratur-henvisninger	Side 152-162
Emneord	Træ, træarter, byggeri, anvendelse, potentiale, barriere, udfordring, spørgeskemaundersøgelse, definition, træbyggeri, eksempler, Danmark, Sverige, Norge, Finland, Østrig, Tyskland, Canada, livscyklusvurdering, totaløkonomi, substitution, CO_2, deponi, 2030, arkitektur, byggeproces, bygningsfysik, bæredygtighed, trækonstruktioner
ISBN	978-87-563-1966-9
Tegninger	Michael Ulf Bech, Claus Nielsen
Omslagsfoto	Torben V. Rasmussen
Udgiver	Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet, A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post build@build.aau.dk www.build.aau.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven

Indhold

Forord 7
Sammenfatning 8
Håndtering af CO_2 med træ 8
Anvendelse af nye materialer 9
Livscyklusvurdering 10
Totaløkonomi 10
Træ i træbyggeri 10
Træbyggeri i andre lande 11
Finland 11
Sverige 11
Norge 11
Tyskland og Østrig 11
Canada 11
Industrialiseret træbyggeri 11
Kvalitative undersøgelser 12
BUILD vurderer 12
Indledning 13
Betegnelsen træbyggeri 15
Definition af betegnelsen ”træbyggeri” 16
Status for viden, kortlægning for anvendelsen af træ i byggeriet 18
Analyse af markedet for træbyggeri 18
Spørgeskemaundersøgelsen 20
Bidragsyderne til den kvalitative spørgeskemaundersøgelse 20
Spørgeskemaundersøgelsens resultater 22
Anvendelser 22
Potentialer 23
Barrierer 24
Dialogmøder 29
Byggeriets livscyklus 29
Workshop 1 31
Skovbrug (træ som råmateriale) 31
Barrierer 31
Potentialer 31
Anbefalinger 32
Træindustrien (byggevarer af træ) 33
Barrierer 33
Potentialer 33
Anbefalinger 33
Projektering med materialer i træ 34
Barrierer 34
Potentialer 34
Anbefalinger 35
Workshop 2 36
Opførelse af træbyggeri 36
Barrierer 36
Potentialer 36
Anbefalinger 37
Brug, drift og vedligehold af træbyggeri 37
Barrierer 37
Potentialer 38
Anbefalinger 38

Genbrug og genanvendelse ... 38
Barrierer ... 38
Potentialer ... 39
Anbefalinger ... 39
Workshop 3 ... 40
Viden og uddannelse i træbyggeri ... 40
Barrierer ... 40
Potentialer ... 40
Anbefalinger ... 40
Erfaring med træbyggeri ... 41
Barrierer ... 41
Potentialer ... 41
Anbefalinger ... 41
Information om træbyggeri ... 42
Barrierer ... 42
Potentialer ... 42
Anbefalinger ... 42
Potentialer ved øget brug af træ i byggeriet ... 44
Skovens bidrag til at opsuge CO_2 fra atmosfæren ... 44
Trækonstruktioners betydning for lagring af opsuget CO_2 ... 46
Effektiv skovdrift ... 47
Potentialer ved træbyggeri vurderet ved LCA ... 49
Anvendelse af LCA i byggeri i Danmark ... 49
Forskellige LCA-metoder og relevans for vurdering af træbyggeri ... 50
Forskellige LCA-tilgange ... 50
CO_2-lagring i træ ... 50
Eksisterende eksempler på LCA af træbyggeri ... 51
Oversigt over bygningers klimabelastning ... 51
Studier hvor træ sammenlignes med andre alternativer ... 52
Timing og reduktionsmål ... 54
Nyere træbyggeri i Danmark ... 56
Langagergård, Agergårdshaven, Karlslunde, 2008 ... 56
Tranbjerg Syd, Aarhus – type R2, 2010 ... 58
Tingskovparken 76-94, Tranbjerg syd, Aarhus, 2011 ... 59
Sunshinehouse, EEC Living, gunnersager, Kolding, 2011 ... 61
Sundholm Syd, København, 2015 ... 63
Tømmergården, Jyllinge, 2016 ... 65
Fruering skovmark, Skanderborg, 2019 ... 67
Folden, Roskilde, 2019 ... 68
Byggetekniske muligheder og udfordringer ... 70
Træ som materiale ... 70
Fugtpåvirkning ... 70
Dimensionsændring ... 70
Fugtindhold ... 70
Svind og udvidelse ... 71
Udsat træ ... 71
Trykimprægneret træ ... 71
Modificeret træ ... 71
Varmebehandlet træ ... 71
Overfladebehandling ... 72
CLT-elementer ... 72
Massivtræselementer ... 74
Præfabrikerede elementer ... 74
Modulbyggeri ... 76
Kassetter ... 78
Træstolpeskelet ... 79
Søjle-bjælkesystemer ... 80
Facadebeklædning af træ ... 80
Ceder ... 81

Lærk 82
Rødgran 82
Skovfyr 83
Douglas 83
Eg 84
Andre beklædninger i træ 84
Lydisolation 85
Lydisolationskrav for etageboliger i de nordiske lande og andre udvalgte lande 85
Anlægs- og totaløkonomi 90
Totaløkonomi 90
Forudsætninger for beregningerne 91
Énfamiliehus 92
Træ i byggeriet 93
Vedligeholdelses- og genopretningsomkostninger 95
Etageejendom 96
Træ i etagebyggeri 98
Kalkulationsrenten og prisudvikling 99
Højhus 102
Effekt af Bruttoareal 103
Offentlig bygning - skole 105
Træ i skolebyggeri 106
Anskaffelsesomkostninger 107
Levetid 107
Evaluering af resultater 108
Opsamling fra nabolande 110
Finland 110
Østrig 111
Sverige 112
Tyskland 116
Norge 117
Canada 120
Samarbejder på tværs af (nordiske) lande 124
Udvikling i andre lande, som er relevant for Danmark 125
Potentialet for byggeri i træ i Danmark 126
Potentiale for træbyggeri i Danmark i 2030 132
Diskussion 139
Kvalitative undersøgelser 139
Regulative begrænsninger 139
Oplevede regulative barrierer 139
Oplevede barrierer i forhold til brand 140
Regulativer i forhold til Lyd 140
Innovation af træbyggeri 141
Påvirkninger af indeklimaet 142
Luft og damptæthed 143
LCAbyg for træbyggeri 144
Totaløkonomi for træbyggeri 145
Casestudier af træbyggeri 145
Træbyggeri i andre lande 145
Potentialer ved træbyggeri 147
CO_2-deponi og -substitution ved træbyggeri 147
Potentiale for anvendelsen af træ i bygeriet 147
Konklusion 150
Litteratur 152
Bilag a: Samlet analyse af spørgeskemaundersøgelsen 163
Bilag b: Kvalitative interviews med centrale aktører 187
Bilag c: Oplæg til dialogmøde 198
Bilag d: Dialogmøde om-fremme af træ i byggeriet-Aalborg 206
Bilag e: Dialogmøde om-fremme af træ i byggeriet-Middelfart 237

Bilag f: Dialogmøde om-fremme af træ i byggeriet-Roskilde 268
Bilag g: Noter fra dialogmøder om fremme af træ i byggeriet 313
Aalborg (3/2), Middelfart (4/2) og Roskilde (6/2)..... 313
Definition af træbyggeri 313
Workshop 1 313
Skovbrug (råmateriale)..... 313
Træindustri (byggevare) 314
Projektering (byggeri) 314
Workshop 2 315
Opførelse..... 315
Brug, drift og vedligehold..... 316
Genbrug og genanvendelse 316
Workshop 3 317
Viden og uddannelse..... 317
Erfaring 318
Information 318
Bilag h: Bygningsbeskrivelser fra SolidWood projektet 319
Bilag i: Inddata LCCbyg beregninger 324

Forord

I denne rapport formidles resultaterne fra et projekt, der har til formål at samle eksisterende viden om fordele og ulemper ved træbyggeri og at gøre status over omfanget af træbyggeri i Danmark. Ud fra denne status beskrives potentielle gevinster ved øget anvendelse af træ i byggeriet og de fordele og udfordringer, der kan være ved at øge brugen af træ i dansk byggeri.

I projektet er det valgt at belyse anvendelsen af træ gennem en spørgeskemaundersøgelse, tre dialogmøder, et antal interviews med nøglepersoner i træbranchen samt undersøgelser og databehandling af opgørelser over opført byggeri i Danmark, med fokus på det opførte træbyggeri, inden for de seneste 10 år. Indsamlede kvalitative data danner i stor udstrækning grundlaget for rapportens adresserede samt behandlede udfordringer og barrierer ved anvendelsen af træ i byggeriet. Ligeledes har projektet set på træ som et bæredygtigt byggemateriale, herunder egenskaber for træ som byggemateriale, forskellige former for anvendelse af træ i byggeriet og økonomiske modeller i forbindelse med livscyklusanalyser for byggeri i Danmark sammenholdt med viden fra konventionelt byggeri.

Projektet omfatter således; status for viden om nyere tids træbyggeri i Danmark, byggetekniske udfordringer, muligheder og potentialer ved øget anvendelse af træ i byggeriet. Den indhentede viden sammenholdes med de forhold, der er for træbyggeri i udvalgte lande (Finland, Østrig, Sverige, Tyskland, Norge og Canada), med et særligt fokus på Norden. Inddragelsen af forholdene i ovennævnte lande har til formål at vurdere, hvordan markedet og udviklingen af træbyggeri i disse lande er, samt hvordan politiske initiativer, fx handlingsplaner og ændringer af reguleringen, er anvendt for at fremme brugen af træ i de enkelte lande.

Seniorforsker Torben Valdbjørn Rasmussen, BUILD, Aalborg Universitet (tidligere Statens Byggeforskningsinstitut) har ledet projektet. Yderligere har Tine Faarup og Asser Simon Chræmmer Jørgensen fra Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (TBST) været medvirkende ved gennemførelsen af dialogmøderne afholdt i Aalborg, Middelfart og Roskilde. Til selve rapporten har en lang række forskere ved BUILD bidraget inden for hvert deres specifikke fagområde. Ligeledes har en lang række personer med interesse, viden og faglig indsigt inden for træ og anvendelsen af træ i byggeriet bidraget ved deltagelse i dialogmøder og besvarelse af spørgeskemaundersøgelsen. Projektgruppen takker for den store interesse og det store engagement fra de personer, der har bidraget. Arbejdet er gennemført med afsæt i den grønne klimapulje – fremme af klimavenligt byggeri og med økonomisk støtte fra TBST.

BUILD - Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet
Sektion for Byggeteknik og Proces
Oktober 2020

Ruut Peuhkuri
Forskningschef, Sektionsleder

Sammenfatning

Potentialet for at bruge mere træ i byggeriet i Danmark, og det dertil hørende bidrag til den bæredygtige grønne omstilling, er estimeret i denne rapport. Grundlaget for vurderingerne er kvalitativ viden og fakta om fordele, ulemper og barrierer ved træbyggeri, som er samlet og anvendt til at gøre status over træbyggeriet i Danmark. Vurderingerne er udført i forhold til de fordele og de udfordringer, der kan identificeres ved øget brug af træ i byggeriet i en dansk kontekst.

Håndtering af CO_2 med træ

Ved gennemgang af den nyeste litteratur omhandlende potentialer ved øget brug af træ i byggeriet viser det sig, at træ som byggemateriale har et særligt potentiale i forbindelse med håndtering af CO_2-belastningen. Det gælder især vedrørende:

- Skovens bidrag til at opsuge CO_2 fra atmosfæren
- Trækonstruktioners betydning for lagring af opsuget CO_2
- Substitution ved nybyggeri af materialer, som fremstilles under større udledning af CO_2.

På baggrund af litteraturen og LCA-beregningsmetoden vurderes potentialet i øget anvendelse af træ i byggeriet på kort sigt, frem til 2030, knyttet til énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse. At høste potentialet vil medføre en omlægning af den traditionelle måde, hvorpå man bygger énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse. Opmærksomheden rettes mod netop disse bygningstyper, da andelen af de opførte byggerier i Danmark på en til fem etager, opgjort i procent af det samlede antal opførte bygninger, udgør i omegnen af over 99 % af det opførte byggeri for opførelsesårene fra 2009 til 2019. Dertil kommer, at bygningskategorierne énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse udgør hovedparten af det opførte byggeri – både ud fra den enkelte bygningskategori og inden for det enkelte opførelsesår fra 2009 til 2019. Det antages, at bygninger med facadebeklædning af træ er et udtryk for bygningens dominerende konstruktionsmateriale. Antages det at være muligt at omlægge 10 % af bygningstyperne hvert år til træbyggeri med en høj andel træ, vil byggeriet samlet set kunne bidrage til den bæredygtige grønne omstilling med 1,2 millioner ton CO_2 fra 2020 til 2030, beregnet som den akkumulerede netto-klimabelastning. Dette svarer til en tilvækst i netto-klimabelastningen på 22 tusind ton CO_2 per år svarende til, at der opføres 631 flere træbyggerier med en høj andel træ, i stedet for konventionelt byggeri hvert år. Hvis alle boliger i form af fritliggende énfamiliehus, kæde- og rækkehuse i år 2030 opføres som træbyggeri med en høj andel træ, i stedet for konventionelt byggeri, vil der kunne reduceres med 800 tusind ton CO_2 i boliger i forhold til 2019, fremadrettet.

Hvilken andel af disse besparelser af CO_2 der vil tilfalde Danmark ved en beregning af den danske CO_2-udledning vil fx afhænger af hvor råstofressourcen udvindes, bearbejdes og ender som affald eller brændsel.

Til sammenligning var den danske CO_2-udledning for energiproduktion og transport 34,5 millioner ton i 2018 (Energistyrelsen, 2018) og 32,53 millioner ton i 2019 (foreløbige energistatistik for 2019, tabel 6: https://ens.dk/ser-

vice/statistik-data-noegletal-og-kort/maanedlig-og-aarlig-energistatistik). Svarende til, at hver dansker i gennemsnit udledte 5,9 ton CO_2 til atmosfæren i 2018 og 5,6 ton i 2019. Medregnes industriproduktion, landbrug, affald samt skove og øvrige arealer i beregningen var den danske CO_2-udledning 54,8 millioner ton i 2018 (Basisfremskrivningen for 2020, https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/basisfremskrivninger), hvilket svarende til, at hver dansker i gennemsnit udledte 9,4 ton CO_2 til atmosfæren i 2018.

Regnestykket er simpelt og skal anskues som en indikation af, hvor meget træbyggeri umiddelbart kan bidrage med til den bæredygtige grønne omstilling. Dertil er der ikke indregnet den effekt, der vil være på det øvrige byggeri, når teknologien og ekspertisen inden for træbyggeri er til rådighed på konkurrencemæssige vilkår. Estimatet vurderes således at være lavt sat.

Metoden hvorefter klimabelastning, kulstofbindingen og netto-klimabelastningen beregnes har væsentlig betydning for resultatet. Sammenholdes resultatet med andre beregningsmetoder er det vigtigt at sammenstille forudsætningerne for beregningsmetoderne. Ved anvendelse af LCA-beregningsmetoden følges værdikæden for de enkelte komponenter. Mængden at træ i et træbyggeri er ligeledes afhængig af konstruktionsprincippet for de bærende konstruktioner. Benyttes træstolpeskelet i de bærende konstruktioner i stedet for massive elementer i træ kan mængden af træ reduceres hvilket har betydning for beregningerne.

Anvendelse af nye materialer

I forhold til anvendelse af nye materialer eller nye måder at anvende eksisterende materialer på, må man være opmærksom på, at der kan opstå nye udfordringer. Ved øget anvendelse af træ i byggeriet er det vigtigt at være opmærksom på, at træ og træmaterialer indeholder varierende mængder af flygtige stoffer, hvilket bl.a. gør, at træ dufter, når man fx saver i det. Det er de flygtige stoffer blandt ekstraktiverne, der er interessante i sammenhæng med påvirkning af indeklimaet, men det er samtidig her, hvor den store variation findes. Afgivelse af stoffer afhænger af en lang række faktorer, der strækker sig fra træart, selve træet og dets voksested til tørringsproces og -temperatur. For træbaserede plader har limtype og -mængde såvel som produktionsbetingelser også betydning. For træprodukter i brugssituationen er det ligeledes en kombination af træ og de materialer, der tilføres, herunder lime og lakker. Afgivelsen af flygtige organiske stoffer (VOC) fra overfladebehandling afhænger af typen af overfladebehandling, påføringsbetingelser, hærdning og eventuelle interaktioner mellem træ og overfladebehandling, men også produktets alder, lagring og emballering har betydning for afgivelsen af stoffer. En af de mest kendte VOC-genevoldere i indeklimaet er stoffet formaldehyd, der kan afgasse fra bl.a. en række lime og limede trævarer, såsom spånplader. Yderligere bør fugt tildeles en særlig opmærksomhed i forbindelse med træbyggeri, da træ er et organisk materiale, hvilket betyder, at opfugtning af træ i træbyggeri skal forhindres i et omfang, som er kritisk i forhold til vækst af skimmelsvamp og vækst af trænedbrydende svampe og råd. Fugt skal håndteres i hele værdikæden for træbyggeri. Dette kan eventuelt gøres ved anvendelse af membraner til sikring af tilstrækkelige luft- og dampdiffusionstætte konstruktioner for at opfylde bygningsreglementets krav til, at bygninger skal projekteres, udføres og vedligeholdes, så vand og fugt ikke medfører risiko for personers sundhed eller skader på bygningen.

Livscyklusvurdering

Livscyklusvurdering (LCA) er anvendt til at vurdere træbyggeris miljøpåvirkning og ressourceforbrug i forhold til byggeri opført af andre materialer. LCA-beregningen fokuserer bl.a. på at vurdere bygningernes klimabelastning. Ved LCA-vurdering af 60 danske bygningers klimabelastning er ni bygninger med bærende konstruktioner i træ. Resultaterne viste, at for den samlede klimabelastning over 50 år for både drift og materialer, at ud af de ti bygninger med lavest klimabelastning er fem bygninger med bærende konstruktioner i træ. Hvis der alene fokuseres på den indlejrede klimabelastning, dvs. kun på materialerne, er syv ud af ti bygninger med lavest klimabelastning med bærende konstruktioner i træ. Der er en række studier, som sammenligner anvendelsen af træ med andre materialer. Her har en række studier (danske, svenske og engelske) vist et klimamæssigt potentiale ved anvendelse af træ sammenlignet med andre materialer. Der findes også eksempler på analyser, som viser et begrænset potentiale ved at anvende træ sammenlignet med andre materialer.

Det bør understreges, at den gunstigere klimapåvirkning ved træbyggeri ikke kan oversættes direkte til også at gælde for andre kategorier af miljøpåvirkninger. Fx kan forsuringspotentialet samt landarealforbruget vise sig at være højere ved brugen af træ.

Totaløkonomi

I en totaløkonomisk beregning er træbyggeri stillet over for traditionelt opført byggeri i andre materialer end træ. Analysen indikerer ikke, at mængde, bygningstype eller højde på byggeriet har en afgørende betydning på resultatet af den totaløkonomiske beregning, når den sammenholdes med konventionelt byggeri og byggeri med anvendelse af flere typer trækonstruktioner. Det er nærmere valget af materialet til de enkelte bygningsdelstyper, der kan få indflydelse på resultatet.

Analysen indikerer, at byggeri med træ har en lidt lavere nutidsværdi. Nutidsværdi er samtlige omkostninger som anskaffelses-, drifts- og vedligeholdelsesomkostninger omregnet til værdien på beregningstidspunktet. Nutidsværdi er med andre ord beløbet, der skal sættes til side i dag for at kunne afholde alle fremtidige omkostninger i beregningsperioden. Inkluderes følsomhedsanalyser i vurderingen er tendensen ikke entydig. Markedssituationen og andre parametre som investeringshorisont viser sig at være afgørende i vurderingen.

Træ i træbyggeri

Med udgangspunkt i de kvalitative undersøgelser foreslår rapporten en definition af træbyggeri. Med udgangspunkt i definitionen for træbyggeri gennemgås en række byggerier, som allerede er opført. Byggerierne er opført som såkaldte træbyggerier. Ved gennemgangen af byggerierne udfordres anvendelsen af træ i de enkelte byggerier, og rapportens definition anvendes. De inkluderede byggerier har bærende konstruktioner af træ og opnår en træandel på 8-16 % over soklen. Et byggeri, der er opført af CLT-elementer og har træfiberisolering i ydervæggene, opnår en træandel på 41 % over soklen. Ved at betragte potentialet for udnyttelse af træbaserede materialer, og ved at substituere ikke-træbaserede komponenter med træbaserede, kan en meget høj andel af træ i byggeriet opnås, op til 97-99 % i alle de beskrevne eksempler. Træbyggeri, som det opføres i dag, har således et uudnyttet potentiale for at udvide udnyttelsen af træ.

Træbyggeri i andre lande

Der er og har været fokus på anvendelse af mere træ i byggeriet i landene omkring os. Andre skandinaviske lande har en lang tradition for at bygge med træ i énfamilieshuse, med en markedsandel på ca. 80-90 % opført i træ. Derfor har fokus i disse lande primært været på træbyggeri i flere etager. Både Finland, Sverige og Norge arbejder proaktivt med brugen af træ i større konstruktioner og har fokus på at udvikle løsninger og fyrtårnsprojekter rettet mod at øge produktionen og eksporten af deres træressourcer. Dog gælder det generelt, at træbyggeri i flere etager ikke tilnærmelsesvist har samme markedsandele som énfamilieshuse bygget af træ. Dette kan tyde på, at ingeniører, bygherre, arkitekter, byplanlæggere o.a. har manglende erfaring om brugen af træ ved byggeri i flere etager.

Finland

I Finland har man siden 1990´erne promoveret brugen af industrialiseret træ til bygningskonstruktioner gennem offentlige strategier, hvilket har ledt til forskningsprojekter og teknologiske platforme samt informative kampagner. Ligeledes er kravene til brandsikring løbende blevet ændret og lempet.

Sverige

Sverige opfattes generelt som mere proaktiv over for træbyggeri i flere etager sammenlignet med andre EU-lande. Sverige har siden 1990'erne haft politiske programmer med det formål at promovere brugen af træ i byggesektoren. Sverige er et forgangsland, når det kommer til træbyggeri i flere etager. Ifølge Svensk Træ (Swedish Wood, u.å) er der udviklet gode tekniske og arkitektoniske løsninger for både lydisolering og brandsikkerhed, såsom sprinklersystemer, brandsikker behandling af træ, konstruktiv træbeskyttelse osv., hvilket muliggør udbredelsen af træbyggeriet.

Norge

Norge har generelt en højere andel af træbyggeri i flere etager sammenlignet med andre lande. Det forventes, at indførelsen af en kulstofafgift vil blive en realitet i 2024 eller tidligere, hvilket kan bidrage til øget anvendelse af træ i Norge.

Tyskland og Østrig

Både Tyskland og Østrig er opbygget af delstater med egen byggelovgivning. Der er et varieret fokus på villigheden til at bygge med træ. Baden-Württemberg, Hamburg og Berlin fremstår som forgangsstater på træbyggeområdet, da de har ændret deres bygningsreglementer og åbnet mere op for brugen af træbyggeri. I Østrig tillod man træbyggeri op til seks etager i hele landet uden særlige tilladelser i 2015.

Canada

I Canada er der stort fokus på at udvikle retningslinjer, standarder osv., som skal lempe processer inden for træbyggeri.

Industrialiseret træbyggeri

Gennemgangen af, hvordan udviklingen har været i andre lande, peger på, at CLT-elementer er noget af det, som de fleste lande har fokus på inden for en mere industrialiseret tilgang til træbyggeri i flere etager. En anden tendens er brugen af hybridbygninger, hvor dele af bygningen er konstrueret i træ, men hvor et andet materiale, f.eks. beton, også benyttes. I flere lande vurderes, at denne løsning er den optimale løsning, ikke blot når der skal tages miljømæssige hensyn, men også når de bærende-, brand- og lydmæssige krav skal opfyldes på optimal vis.

Kvalitative undersøgelser

Fordele, ulemper og barrierer ved træbyggeri i Danmark er indkredset ved at gennemføre kvalitative undersøgelser. Ved de kvalitative undersøgelser har det vist sig, at der er en opfattelse af, at der er efterspørgsel på byggevarer i træ. Dette er primært inden for bærende konstruktioner, modulbyggeri og facader. Det har også vist sig, at der er et stort uudnyttet potentiale inden for byggeri under seks etager. Især for byggeri til énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse samt etageboliger og offentlige institutioner som skoler, daginstitutioner, kollegier, men også kontorbyggeri.

Ligeledes viser undersøgelsen, at der blandt respondenterne er en vurdering af, at bygningsreglementets krav er med til at begrænse anvendelsen af træ i byggeriet. Dette er primært inden for bestemmelserne om brand og lyd.

Der er ikke regulative begrænsninger ved opførelse af træbyggeri i Danmark, hverken for tæt-lavt-byggeri, såsom énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, eller byggeri i flere etager. Bygningsreglementet er ydeevnebaseret, også kaldet funktionsbaseret. Det vil sige, at der stilles krav til ydeevnen/funktionen af bygningsdele, såvel som for det færdige byggeri i sin helhed. Kravene er således ikke præskriptive lovkrav, der foreskriver anvendelsen af bestemte materialer eller konstruktioner til specifikke bygningsdele. Alligevel oplever respondenterne barrierer primært inden for brandsikring og lydmæssige forhold ved træbyggeri. De oplevede barrierer må anses for reelle i forhold til træbyggeri og bunder i den måde, kravene i bygningsreglementet er beskrevet og udmøntet på. Det er først efter opførelsen af byggeriet, det viser sig, om kravet i bygningsreglementet er opfyldt i det konkrete byggeri. Forud for opførelsen forlader projekteringen sig på viden og erfaring i branchen. Barrieren knytter sig således til udmøntningen af bygningsreglementets krav. For brand gælder det i forbindelse med vurdering af, hvorvidt et byggeri er indsatstaktisk traditionelt. Ved sådanne vurderinger er præ-accepterede løsninger i *´Bygningsreglementets vejledning til kapitel 5, Brand´*, centrale sammen med redningsberedskabets vurderinger af andre løsninger. Da bygningsreglementet for andre løsninger stiller krav om, at der skal foretages analyser, som efterviser, at samme sikkerhedsniveau som angivet i præ-accepterede løsninger er opnået. Et, blandt respondenterne, opfattet begrænset udvalg af præ-accepterede løsninger kan således forekomme som en barriere.

BUILD vurderer

BUILD vurderer, at et øget udvalg af præ-accepterede løsninger muligvis vil kunne overvinde den noterede barriere i forhold til brand, men det er ikke en løsning, som kan stå alene. Tilsvarende vurderer BUILD, at teknisk fælleseje kan udfærdiges for træbyggeri til opfyldelse af bygningsreglementets krav til lyd, men det er ikke en løsning, som kan stå alene. Lydkravene er for nuværende primært baseret på erfaringer med tungt byggeri med bærende konstruktioner af beton.

BUILD vurderer, at præ-accepterede løsninger og gode eksempler kan tilvejebringes, ved at myndighederne vælger at gennemføre gennemsigtige fyrtårnsbyggerier i træ og videndeler såvel de økonomiske, praktiske, design- og udførelsesmæssige erfaringer med byggebranchen. I synergi kan fyrtårnsprojekter anvendes som et virkemiddel til udviklingen af innovative løsninger og være drivkraft til ny- og forskningsbaseret viden. Dette vil også understøtte udviklingen af et uvildigt forsknings- og undervisningsmiljø inden for træ.

Indledning

Det stigende fokus på bæredygtigt byggeri, byggeriets klimapåvirkning og byggematerialernes betydning i den bæredygtige grønne omstilling har resulteret i efterspørgsel og opmærksomhed omkring træbyggeri.

Denne rapport har til formål at samle eksisterende viden og fakta om fordele og ulemper ved træbyggeri og at gøre status over omfanget af træbyggeriet i Danmark. Ligeledes vil rapporten beskrive potentielle gevinster ved øget anvendelse af træ i byggeriet og introducere en definition af træbyggeri. Der beskrives også de fordele og udfordringer, der kan være ved at øge brug af træ i en dansk byggekontekst.

I Danmark opføres hovedparten af byggeriet til helårsbeboelse med lodrette bærende konstruktioner i beton, tegl og sten. Ved større elementbyggeri anvendes betonelementer både til lodrette og vandrette bærende elementer. Når træ anvendes til bygningsdele, er det ofte i tagkonstruktioner og etageadskillelser og til bygninger som sommerhuse, kolonihavehuse, carporte og uopvarmede bygninger, fx skure og udhuse. I det traditionelle industrielle byggeri anvendes beton således frem for træ også i etageadskillelsen og som bærende konstruktion og som underlag for flade tage.

I landene omkring os ser materialevalget i byggeriet anderledes ud. I Sverige er fx 92 % af énfamilieshuse, kæde- og rækkehuse opført af træ. Sverige har yderligere en målsætning om, at 20 % af alle etageejendomme i 2020 ligeledes skal være opført af træ.

I Danmark er ca. 8 % af byggeriet af træ. Træ anvendes traditionelt til bærende konstruktioner i tagkonstruktioner, etageadskillelse og til beklædninger udvendigt og indvendigt. Udvendige beklædninger er fx gavltrekanter, brystninger samt rammer til vinduer og rammer til døre samt selve døren. Indvendigt anvendes træ typisk til lette skillevægge, lette etageadskillelser, indvendige beklædning, døre, rammer, lister, lofter og gulve. Disse anvendelser bunder også i traditioner for folks forventninger til, hvorledes et hus er opført.

Rapporten vil også beskrive og analysere de byggetekniske muligheder, der kan ligge i et øget brug af træ i byggeriet og de byggetekniske udfordringer, der muligvis vil vise sig i et byggeri med et øget brug af træ.

Rapporten har således til formål at give en status for træbyggeriet i dag og vil fokusere på de udfordringer og potentialer i bred forstand, der er forbundet med anvendelsen af mere træ i dansk byggeri. Ligeledes vil rapporten pege på de barrierer for anvendelsen af træ, som eksisterer, samt pege på løsninger, som kan anvendes for at reducere, overvinde eller at eliminere de identificerede barrierer.

Træbyggeriet er i fokus på grund af den aktuelle dagsorden for bæredygtigt byggeri. Særligt klimadebatten, med målet om at mindske effekterne af de klimaforandringer, verden står over for, har sat fokus på byggematerialernes betydning for den bæredygtige grønne omstilling hvor det traditionelle byggeris brug af de naturligt forekomne ikke-fornybare ressourcer har medvirket til opmærksomheden.

Rapporten vil på en saglig og nøgtern måde behandle træ som byggemateriale i forhold til den bæredygtige grønne omstilling. Der vil blive set på fordele, ulemper og risici samt givet forslag til, hvorledes barrierer mod anvendelse af træ kan håndteres.

Da der ikke er reguleringsmæssige barrierer for at bygge etagebyggeri over fire etager med bærende konstruktioner i træ, behandles dette emne ikke separat i rapporten.

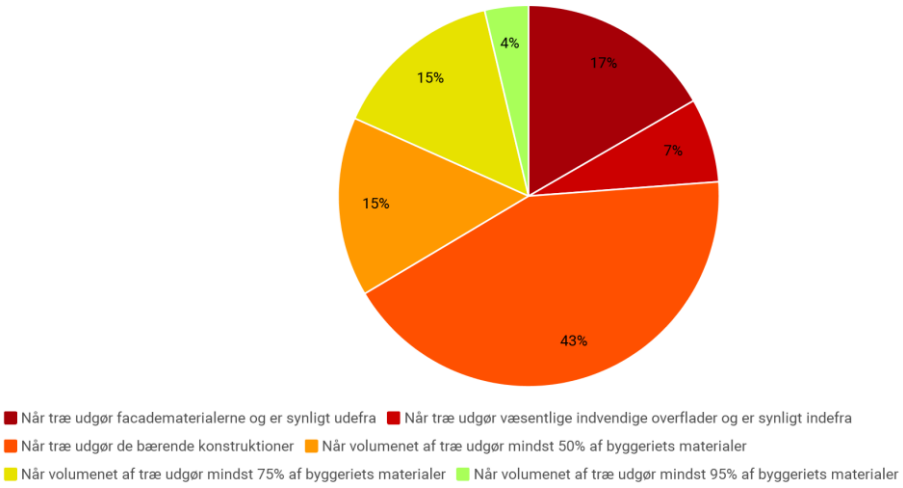
Projektets aktiviteter omfatter en undersøgelse af træbyggeriet i Danmark gennem de seneste 10 år og en række vurderinger fremadrettet af træbyggeri i Danmark. En væsentlig del af projektet er en kvalitativ spørgeskemaundersøgelse med 853 respondenter, tre dialogmøder med 76 deltagere og fem kvalitative interviews. Bidragsyderne er interessenter inden for træbyggeri bestående af arkitekter, ingeniører, entreprenører, bygherrer, kommuner, brancheforeninger og leverandører af byggevarer i træ til byggeriet samt andre leverandører af viden om træ og anvendelse af træ i byggeriet m.fl.

Yderligere omfatter arbejdet en summering af kendt viden om anvendelsen af træ i byggeriet i Danmark og en vurdering af potentialer og udfordringer. Der skelnes mellem anvendelsen af træ, hvor det udgør en mindre del, og hvor træ anvendes som det primære materiale, samt mellem typen af bygninger. Ligeledes omfatter arbejdet en analyse af opførelsesomkostninger og betragtninger om totaløkonomi ved det, der defineres som træbyggeri.

I nogle lande har der over de seneste år været politiske initiativer for at fremme brugen af træ, fx i form af handlingsplaner, og der har været foretaget ændringer af reguleringen mv. Det vurderes også, hvilket potentiale der er for træbyggeri i Danmark i år 2030. Vurderingen bygger på de erfaringer, der kan observeres for nye eller alternative byggevarer indført eller taget i anvendelse i dansk byggeri.

Betegnelsen træbyggeri

Opfattelsen af, hvad der karakteriserer et træbyggeri blandt de personer som har besvaret den kvalitative spørgeskemaundersøgelse, er ikke entydig. Hovedparten anser et byggeri for at være et træbyggeri, når træ udgør de bærende konstruktioner. En mindre andel af besvarelserne peger på, at træ skal udgøre facadematerialerne, og at træ skal være synligt udefra. En endnu mindre andel af besvarelserne peger på, at træ skal udgøre væsentlige indvendige overflader, og at træ skal være synligt indefra. Ved besvarelsen af spørgsmålet, om hvorledes respondenten definerer et træbyggeri, kan der angives op til tre karakteristika af et træbyggeri. I vurderingen af, hvor stor en andel træ skal udgøre af volumen, før at et byggeri kan betragtes som et træbyggeri, peges der, af lige mange respondenter, på volumenandele på mindst 50 % og 75 % af byggeriets samlede materialer. Ganske få peger på volumenandele på mindst 95 %. Opfattelsen af, hvad der karakteriserer et træbyggeri blandt de personer, som har besvaret den kvalitative spørgeskemaundersøgelse, ses i Figur 1.



Figur 1. Det, som de personer, der har besvaret den kvalitative spørgeskemaundersøgelse, karakteriserer et træbyggeri i forhold til.

Sammenholdes besvarelserne fra den kvalitative spørgeskemaundersøgelse med resultaterne fra dialogmøderne og de kvalitative interviews med centrale aktører i branchen og brancheforeninger samt blandt uddannelsesinstitutioner og videnformidlere ses samme tendens i karakterisering af træbyggeri. Ved dialogmøderne blev deltagerne inddelt i grupper på fire til seks personer. Grupperne diskuterede sig frem til en, mere eller mindre, kortfattet definition af træbyggeri. Definitionerne har forskellig karakter og omfang:

- Træ udgør de bærende konstruktioner.
- Træ udgør facadematerialerne og er synligt udefra.
- Træ udgør væsentlige indvendige overflader og er synligt indefra.
- Mere træ i byggeriet ikke nødvendigvis synligt.
- Træ udgør mindst 50 % af bygningens materialer.
- Træ udgør mindst fx 75 % af byggeriets materialer.
- Træ udgør de væsentligste elementer i de bærende konstruktioner.
- Træbyggeri består helt af træ.
- Træbaseret byggeri omfatter byggeri, hvor volumenet af træ udgør mindst 65 % af byggeriets materialer.

- Opgørelsen af andelen af træ i et træbyggeri kan både opgøres efter byggeriets samlede økonomi, vægt eller volumen.
- Konstruktioner under jord er ikke egnede at udføre i træ, hvorfor træhusbyggeri bør opgøres efter de konstruktioner, der ligger over sokkel for at fremme konstruktiv træbeskyttelse mod jord.

Definitionerne er i en vis udstrækning subjektive og mangler at blive kvantificeret. Selve intentionen er generelt den samme, at træ skal være det foretrukne materiale. Ligeledes omfatter definitionerne også, at træ kan kombineres med andre materialer for at opnå højere kvalitet i byggeriet, såsom til samlinger, akustisk dæmpning, etc.

Definition af betegnelsen ”træbyggeri”

Efter gennemgangen af resultaterne for den gennemførte analyse foreslås følgende fremgangsmåde ved opbygning af en definition til brug i forbindelse med betegnelsen ”træbyggeri”. Definitionen bygger på en progressiv tilgang til betegnelsen med et element af konkurrence som et incitament for innovation.

Definitionen er:

Træbyggeri er byggeri, hvor træ eller træbaserede produkter anvendes til en større eller mindre del af de byggematerialer, der er anvendt over terræn eller over den lastfordelende plade af beton i terrændæk, eksklusiv glasarealer. Andelen af træ eller træbaserede produkter defineres som disse produkters volumenandel i procent af byggeriets materialer.

Det vil sige, der bliver opgivet en procentuel ´trævolumenværdi` for en given bygning.

For énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse kan man forvente deklarerede værdier i omegnen af 90 % eller højere med den anvendte definition. For fleretageshuse uden en stabiliserende kerne af stål eller beton vil man kunne forvente deklarerede værdier i omegnen af 75 % eller højere med den anvendte definition. For bygninger opført med en stabiliserende kerne af stål eller beton, typisk fleretagersbygninger med mere end fire etager, vil man kunne forvente deklarerede værdier i omegnen af 60 % eller højere med den anvendte definition.

Glasarealer udgør en varierende, og i nogle bygninger en anselig, andel af facaden i et byggeri. For fortsat at operere med varmetabsrammen for træbyggeri anbefales det at undlade at inkludere glasarealer i definitionen. Glasarealer er allerede reguleret i bygningsreglementet i forhold til varmetilskud og energitab. Ved at tage glasarealer, eksplicit, ud af definitionen, vil man kunne opnå en mere veldefineret volumenandel af træ inden for de forskellige bygningstyper.

Definitionen er dynamisk, hvor betegnelsen træbyggeri defineres men en forskellig deklareret værdi for forskellige typer af bygninger, og som antydet ovenfor gør bygherrerne bevidste om muligheden for at anvende træ og sammenligne den deklarerede værdi for sammenlignelige bygninger. Den opnåede deklarerede værdi vil være afhængig af det anvendte konstruktionsprincip for bygningen.

Det anbefales således ikke at definere et fast tal for kravet til den andel, træ skal udgøre, for at man kan opnå betegnelsen træbyggeri. Derimod kan volumenandelen af træ eller træbaserede produkter, ud fra den samlede mængde af byggematerialer anvendt over fundament over terræn, udgøre en angiven mindsteværdi for forskellige typer af bygninger.

Anbefalingen bygger på, at samlinger typisk udføres af andre materialer end træ, fx stål. De bygger også på, at kompositmaterialer og kompositelementer til opfyldelse af lydkrav i fleretagesbygninger har vist sig at være me-

get effektive, og at facader med god isoleringsevne og bygningsreglementets energiramme og mindstekrav til komponenter ikke skal udgøre en barriere for træbyggeri. Ligeledes vil stabiliteten i en bygning kunne sikres ved en kerne af beton eller stål, fx udformet som en trappe eller et elevatortårn primært i fleretagesbygninger i træ. Yderligere er bjælke- og rammekonstruktioner velegnede til at stabilisere konstruktioner med udfyldningselementer.

For at fremme anvendelsen af træ og innovere træbyggeri kan en sådan dynamisk definition være udgangspunkt for udvikling af trækonstruktioner ud fra velkendte statiske principper. Ved at deklarere en værdi for andelen af træ i et byggeri kan dette benyttes som en konkurrenceparameter til at fremme anvendelsen af træ i store dele af byggeriet.

Status for viden, kortlægning for anvendelsen af træ i byggeriet

Analyse af markedet for træbyggeri

Der er gennemført en analyse af markedet for træbyggeri, herunder hvordan markedet ser ud i dag i træindustrien, der leverer byggevarer til byggeriet, og hvordan og i hvilken retning udviklingen er på vej lige nu. Der skelnes mellem anvendelsen af træ, hvor det udgør en mindre del, og hvor træ anvendes som det primære materiale, samt mellem typen af bygninger.

Analysen er gennemført som en kvalitativ spørgeskemaundersøgelse, dialogmøder og et antal kvalitative interviews.

Der er gennemført 295 kvalitative undersøgelser gennem spørgeskemaer. Spørgeskemaet er åbnet af 853 personer. 96 personer har afgivet nogle svar, men ikke gennemført besvarelsen af hele spørgeskemaet. Det kvalitative spørgeskema inklusiv samtlige besvarelser kan ses i Bilag a: *Samlet analyse af spørgeskemaundersøgelsen*.

Der er gennemført fem kvalitative interviews med centrale aktører i branchen og brancheforeninger samt blandt uddannelsesinstitutioner og videnformidlere med viden og interesse for anvendelsen af træ i byggeriet. Sammenskrevet syntese af interviews kan ses i Bilag b: *Kvalitative interviews med centrale aktører*.

Der er afholdt og gennemført tre dialogmøder:

- Aalborg 3. februar 2020 med 15 deltagere
- Middelfart 4. februar 2020 med 22 deltagere
- Roskilde 6. februar 2020 med 39 deltagere.

Yderligere deltog én brandkyndig fra Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen samt to projektledere fra Kontor for byggeri, Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen og én projektleder fra BUILD, Aalborg Universitet som moderatere og mødeafviklere.

Kvalitative interviews med centrale aktører kan ses i Bilag b: *Kvalitative interviews med centrale aktører*. Oplæg til dialogmøder kan ses i Bilag c: *Oplæg til dialogmøde.* Samlet bidrag fra dialogmødet i Aalborg kan ses i Bilag d: Dialogmøde om-fremme af træ i byggeriet-Aalborg. Middelfart i Bilag e: *Dialogmøde om-fremme af træ i byggeriet-Middelfart* og Roskilde i Bilag f: *Dialogmøde om-fremme af træ i byggeriet-Roskilde*. Sammenfattende for dialogmøderne tog mødeafviklerne en række supplerende noter som kan ses i Bilag g: *Noter fra dialogmøder om fremme af træ i byggeriet*.

Analysen er gennemført med bidrag fra et større antal interessenter inden for træbyggeri, herunder:

- Brancheforeninger
- Producenter

Leverandører af træ som:

- Skovejere
- Savværker
- Gartnere
- Forstkandidater

Byggevarer i træ til byggeriet som:

- Producenter af byggevarer
- Trælaster

Udførende som:

- Tømrer
- Maler

Andre leverandører af viden om træ og anvendelsen af træ i byggeriet

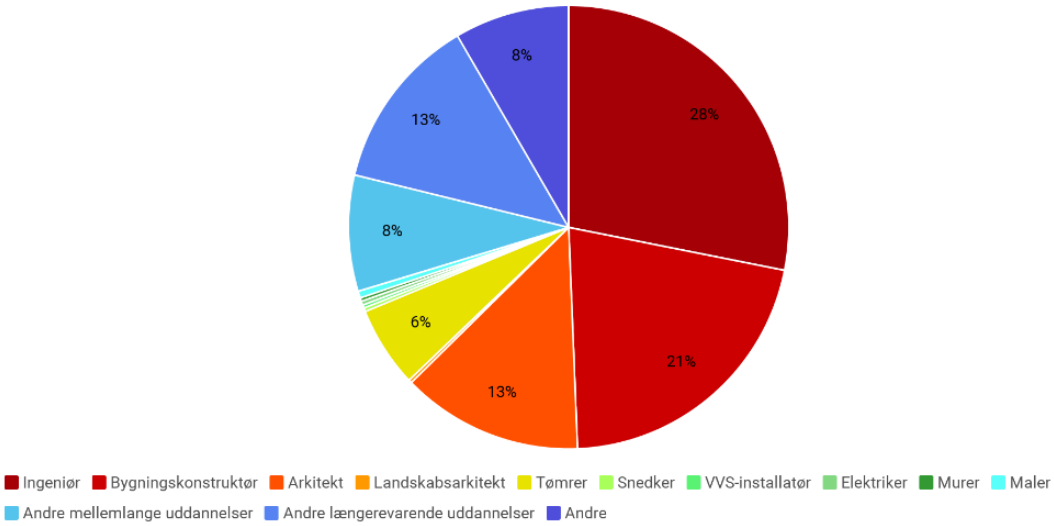
- Arkitekter
- Ingeniører
- Entreprenører
- Bygherrer
- Typehusleverandører
- Rådgivere
- Myndigheder
- Undervisere
- Videnformidlere
- Nedrivere

Med flere.

Spørgeskemaundersøgelsen

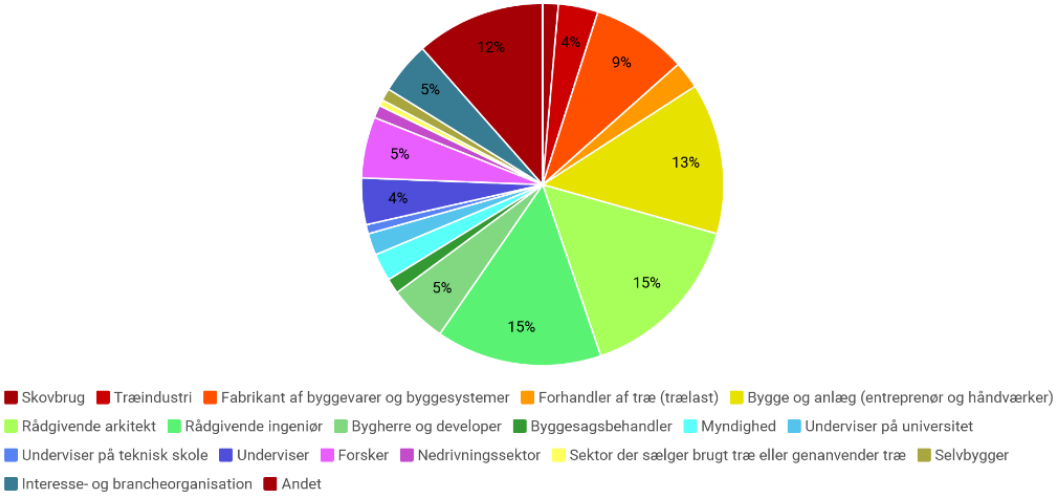
Bidragsyderne til den kvalitative spørgeskemaundersøgelse

De personer, som har valgt at bidrage til den kvalitative spørgeskemaundersøgelse, er overvejende erfarne personer med mellemlange til lange uddannelser. Fagligheden ligger primært inden for ingeniører, bygningskonstruktører og arkitekter. Denne gruppe udgør 62 %. Faglige fag inden for byggeriet udgør 7 % af besvarelserne, medens 21 % af besvarelserne er foretaget af personer med andre mellemlange og lange uddannelser. 8 % har anden faglighed, se Figur 2.



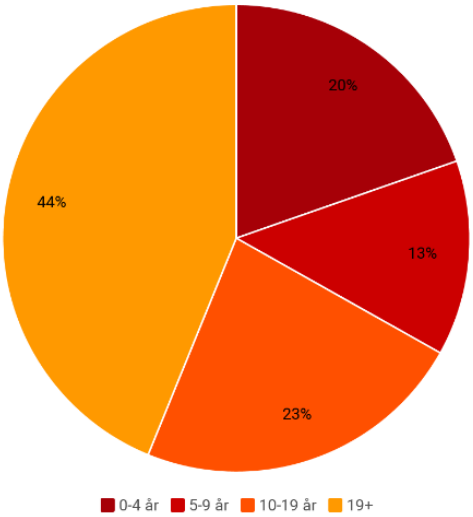
Figur 2. Fagligheden for de personer, der har deltaget i den kvalitative spørgeskemaundersøgelse.

Den primære beskæftigelse for personer, der har besvaret den kvalitative spørgeskemaundersøgelse, er bredt repræsenteret inden for værdikæden i byggeriet. Overvejende med beskæftigelse inden for fabrikation af byggevarer og byggesystemer, bygge- og anlæg i form af entreprenører og håndværkere, rådgivende ingeniører og rådgivende arkitekter. Disse grupper udgør 52 % af besvarelserne. 12 % af besvarelserne er afgivet af personer med anden beskæftigelse som markedsføring og IT, jura, fondsarbejde, studerende og personer uden for arbejdsmarkedet, Figur 3. Hovedparten 72 % er beskæftiget på det private arbejdsmarked, medens 21 % er offentligt ansat. 7 % er personer, som er studerende og personer uden for arbejdsmarkedet.



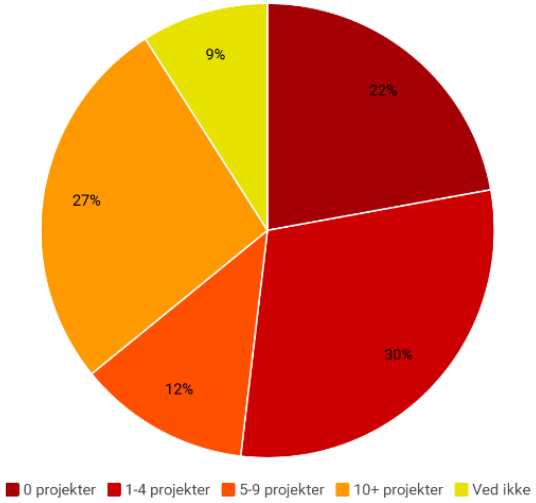
Figur 3. Primær beskæftigelse for de personer, der har deltaget i den kvalitative spørgeskemaundersøgelse.

Erfaringen blandt de personer som har besvaret den kvalitative spørgeskemaundersøgelse, er stor. 67 % har mere end 10 års erfaring og 44 % af dem har mere end 19 års erfaring i byggebranchen. 20 % af personerne har mindre end 5 års erfaring i byggebranchen, Figur 4.



Figur 4. Tid med beskæftigelse i byggebranchen for de personer, der har deltaget i den kvalitative spørgeskemaundersøgelse.

Selv om der ses stor erfaring inden for byggeriet for de personer, der har deltaget i den kvalitative spørgeskemaundersøgelse, er der relativt mange, som har ingen eller lille erfaring med træbyggeri. Andelen af personer, der har været involveret i mindre end fem træbyggerier, er 52 %. Andelen af personer, der har været involveret i mere end ti projekter indeholdende træbyggerier, er 27 %, Figur 5. Dertil skal det nævnes, at hovedparten af de adspurgte mener, at i et træbyggeri udgør træ de bærende konstruktioner, medens 30 % mener, at i et træbyggeri er træ synligt udefra. Der opleves i ringe til nogen grad en øget efterspørgsel efter anvendelsen af træ i byggeriet. Oplevelsen af den øgede efterspørgsel er set i relation til de seneste fem år. 67 % oplever ingen til i nogen grad en øget efterspørgsel. Kun 21 % af de adspurgte oplever en høj grad af øget efterspørgsel på at anvende træ i byggeriet.



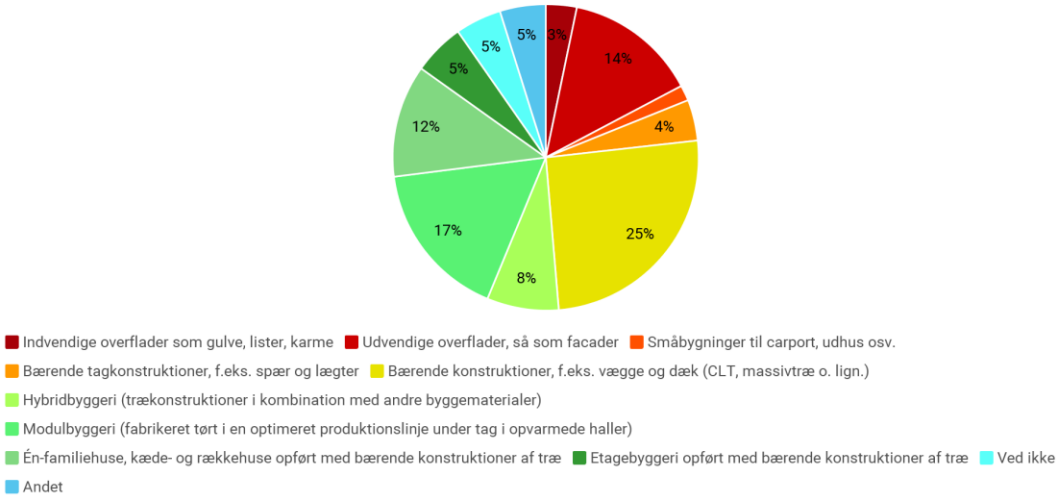
Figur 5. Erfaring med træbyggeri opgjort efter antallet af træbyggerier, som personer, der har deltaget i den kvalitative spørgeskemaundersøgelse, har været involveret i.

Spørgeskemaundersøgelsens resultater

Analysen belyser den mere traditionelle anvendelse af træ i byggeriet samt de potentialer, der er for øget anvendelse. Ligeledes belyses de barrierer, der opleves for en mere udbredt anvendelse af træ. Barrierer kan ligge i manglende viden og forståelse for mulighederne ved anvendelsen af træ. Derfor er det vigtigt at kunne afdække, hvad der eventuelt afholder bygherrer fra at efterspørge træbyggeri tillige med, hvad der eventuelt afholder projekterende og entreprenører fra at udføre træbyggeri.

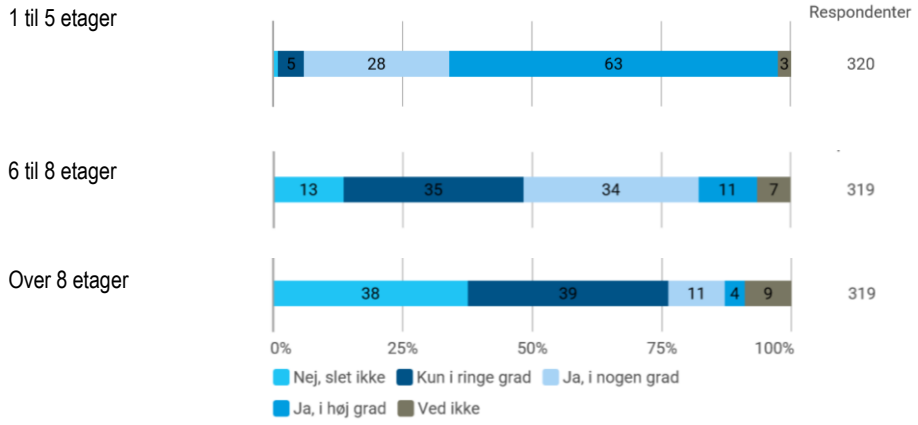
Anvendelser

Resultatet af den kvalitative spørgeskemaundersøgelse peger på, at der opleves ingen til en høj grad af øget efterspørgsel på at anvende træ i byggeriet. Den efterspørgsel på træ, der er, forekommer primært inden for bærende konstruktioner fx vægelementer og elementer til dæk (Cross Laminated Timber, betegnet CLT, massivtræ og lignende), Figur 6. Ligeledes angives det, at der er efterspørgsel på det bæredygtige, lydmæssige og brandmæssige aspekt ved anvendelse af træ i byggeriet og metoder eller analyser til at kunne frasortere træ, således at det ikke genbruges eller genanvendes, når træet indeholder sundhedsfarlige og miljøfarlige stoffer, fx imprægnering.



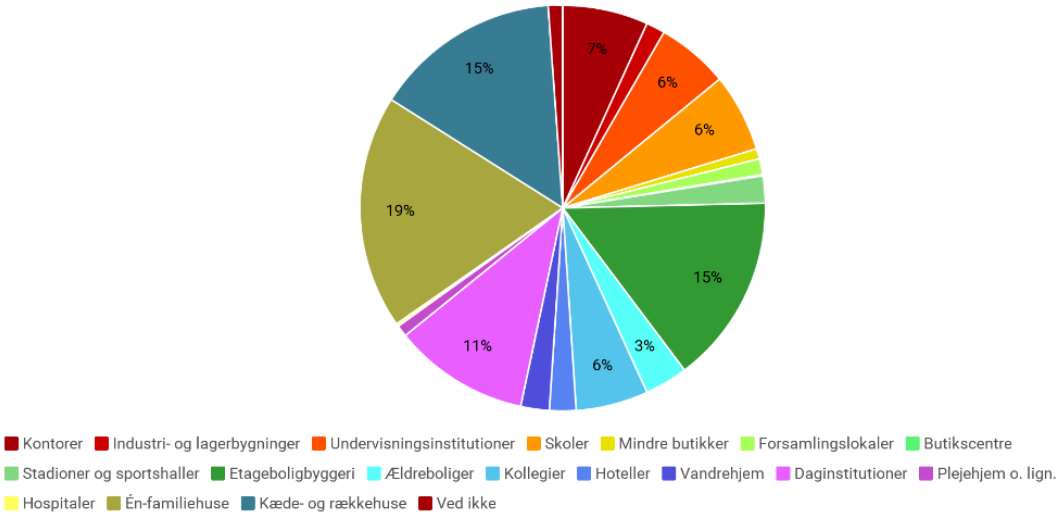
Figur 6. Den primære efterspørgsel på træ inden for byggeriet.

Efterspørgslen på træbyggeri vurderes at være inden for byggeri i op til seks etager. Primært til etageboligbyggeri, daginstitutioner énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, Figur 7.



Figur 7. Bygningstyper, der vurderes, at der vil være efterspørgsel på i forhold til træbyggeri.

Det vurderes, at den største efterspørgsel på træbyggeri ligger inden for bygningstyperne énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, etageejendomme og daginstitutioner, Figur 8.

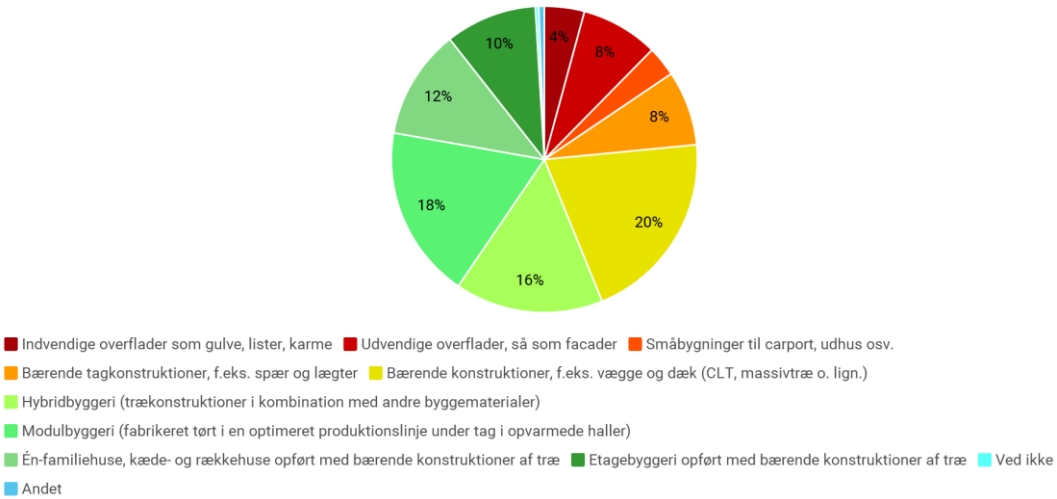


Figur 8. Bygningstyper, der vurderes at være størst efterspørgsel på i forhold til træbyggeri.

Potentialer

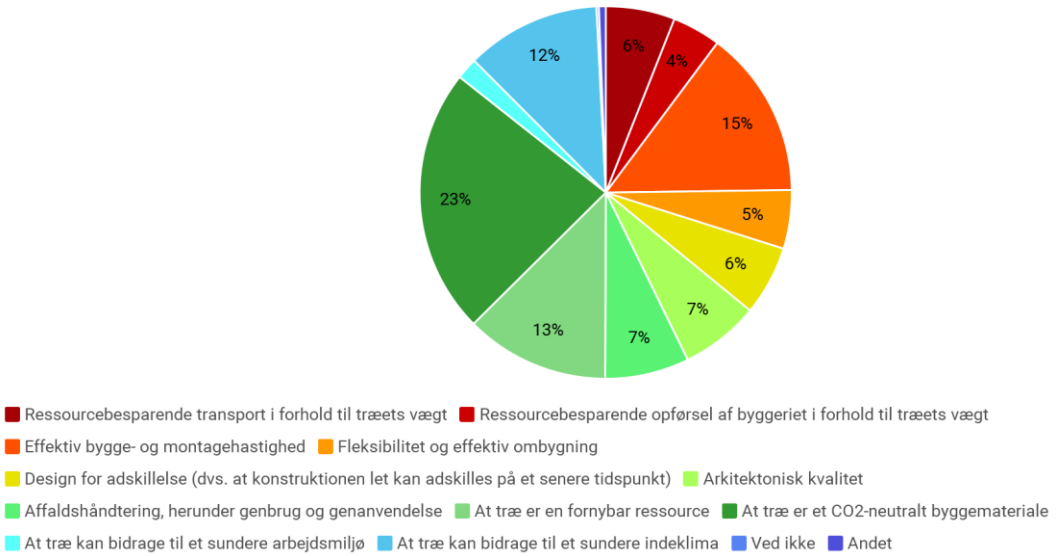
Det vurderes, at der er et yderligere potentiale inden for bærende konstruktioner, fx vægelementer og elementer til dæk (CLT, massivtræ og lignende).

Det vurderes ligeledes, at der er et potentiale inden for hybridbyggeri (trækonstruktioner i kombination med andre byggematerialer) og modulbyggeri (fabrikeret tørt i en optimeret produktionslinje under tag i opvarmede haller), Figur 9.



Figur 9. Potentialer for øget anvendelse af træ i byggeriet.

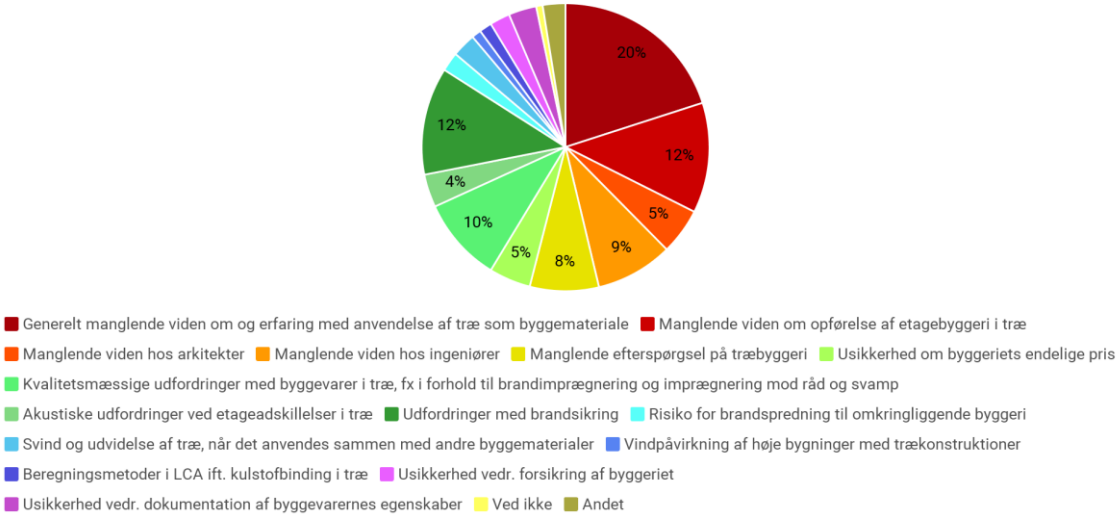
Vurderes de største potentialer for øget anvendelse af træ i byggeriet i forhold til klima, miljø og økonomi, fremhæves primært, at træ er et CO_2-neutralt byggemateriale. Derudover er byggeri med træ effektivt i forhold til bygge- og montagehastighed. Ligeledes, at træ er en fornybar ressource, og at træ kan bidrage til et sundere indeklima, Figur 10.



Figur 10. De største potentialer for anvendelsen af træ i byggeriet i forhold til klima, miljø og økonomi.

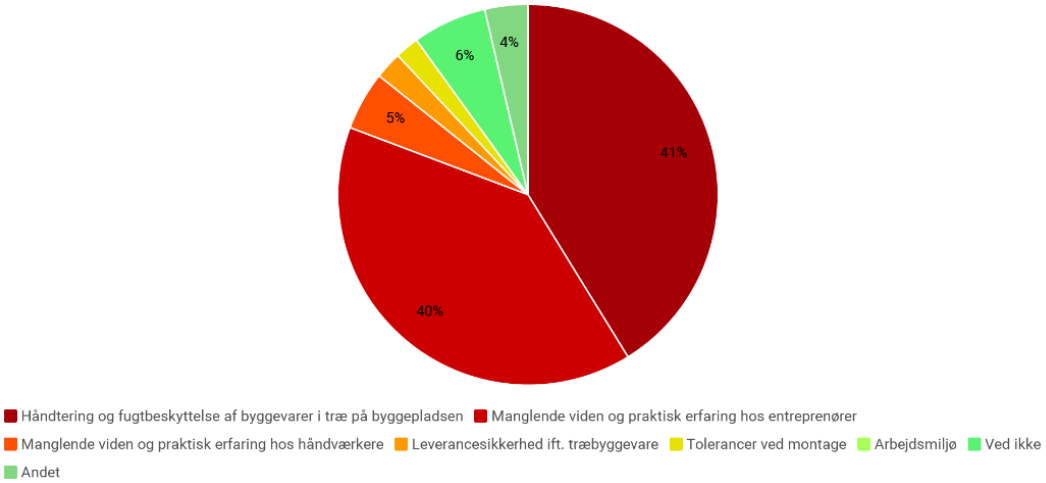
Barrierer

Undersøgelsen peger på, hvad der kan være de største barrierer i forhold til at anvende træ i byggeriet i forhold til idé og projektering. Undersøgelsen angiver i den forbindelse en generel manglende viden om og erfaring med anvendelsen af træ som byggemateriale. Det vurderes ligeledes at der er en barriere inden for manglende viden om opførelse af etagebyggeri i træ og udfordringer med brandsikring, Figur 11. Ligeledes angives det, at der er barrierer i forhold til vedligehold, fugt under opførelse og udtørring før aptering. Ligeledes nævnes risiko for råd og svamp og et manglende nationalt forsknings- og uddannelsesmiljø, en konservativ byggebranche, regulering og usikkerheden om et øget behov for projektering samt lobbyisme fra interessenter inden for betonindustrien som barrierer.



Figur 11. Oplevede barrierer i forhold til anvendelse af træ i byggeriet i forhold til idé og projektering.

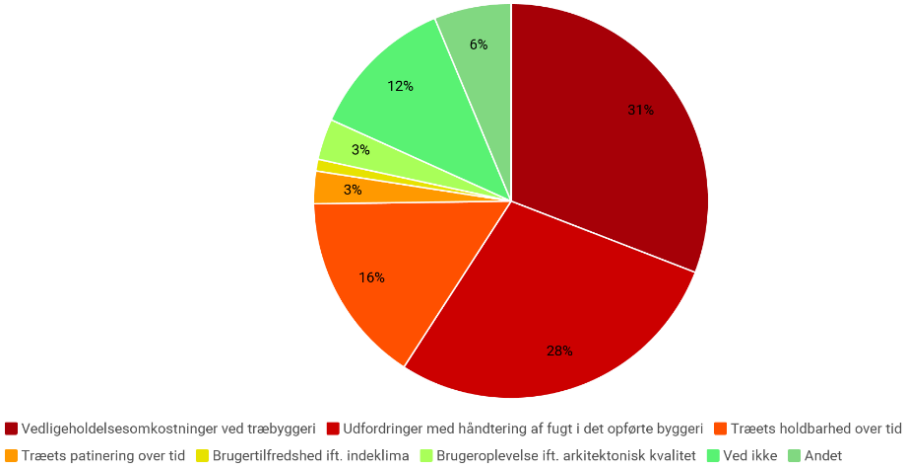
Vurderes de største barrierer for øget anvendelse af træ i byggeriet i forhold til udførelse, fremhæves i væsentlig grad håndtering og fugtbeskyttelse af byggevarer i træ på byggepladsen og manglende viden og praktisk erfaring hos entreprenører, Figur 12. Ligeledes angives det som oplevede barriere i forhold til anvendelsen af træ i byggeriet i forhold til idé og projektering, at der er barrierer i forhold til et manglende nationalt forsknings- og uddannelsesmiljø, ingeniører med viden om træ, en konservativ byggebranche, manglende viden ved myndighedsbetjening, bekymring for brand samt lobbyisme fra interessenter inden for betonindustrien.



Figur 12. Oplevede barrierer i forhold til anvendelse af træ i byggeriet i forhold til udførelse.

Vurderes de største barrierer for øget anvendelse af træ i byggeriet i forhold til drift af en bygning, fremhæves i væsentlig grad vedligeholdelsesomkostninger ved træbyggeri og udfordringer med håndtering af fugt i det opførte byggeri, Figur 13. Ligeledes angives det, at der er barrierer i form af manglende erfaring i Byggeskadefonden[1] med flere, revnedannelser som følge af temperatur- og fugtsvingninger, at arkitekturen ikke benytter konstruktiv træbeskyttelse i formsproget, uvidenhed om træ, en konservativ byggebranche, manglende viden hos myndigheder og hvorledes brandsikkerheden opnås.

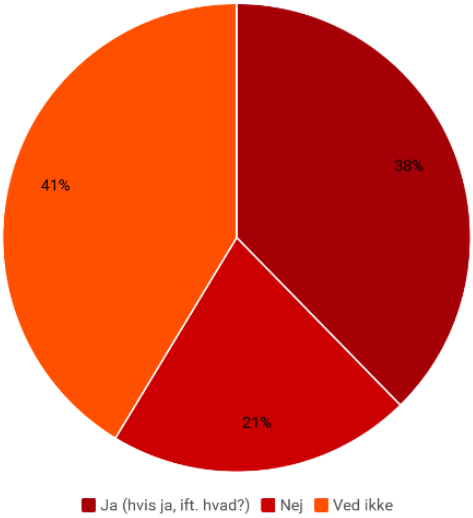
[1] Byggeskadefonden er en selvejende institution, der har til formål ved eftersyn at vurdere bygningers tilstand og registrere eventuelle skader. Fonden har også til formål at dække medlemmernes udgifter til udbedring af skader, som har deres årsag i forhold ved opførelsen af byggeriet. Fondens viden bidrager til at begrænse byggeskader og medvirke til at fremme kvalitet og effektivitet i byggeriet



Figur 13. Oplevede barrierer i forhold til anvendelse af træ i byggeriet i forhold til drift.

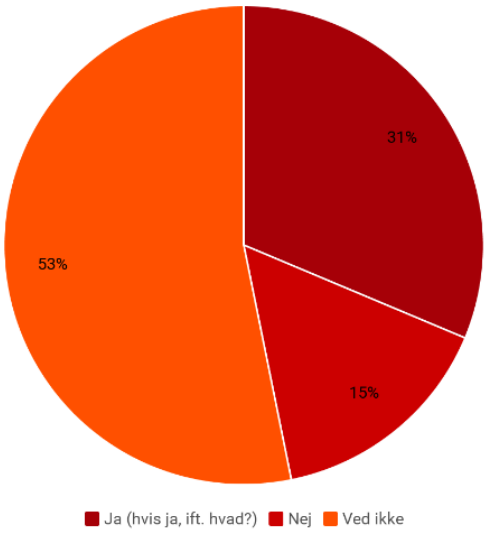
I resultatet af den kvalitative spørgeskemaundersøgelse peger respondenter på, at de har en opfattelse af, at bygningsreglementet er med til at begrænse anvendelsen af træ i byggeriet, Figur 15. Der angives, at der er et større dokumentationskrav ved fravalg af præ-accepterede løsninger og brand, hvilket uddybes med synspunktet, at dokumentationen og krav i forhold til brand er urealistiske, overdrevne og upræcise. Netop disse forhold, anfører respondenter, afskrækker en del rådgivere fra at anvende træ. Yderligere fremhæves det som en barriere, at der ikke findes en eksempelsamling med præ-accepterede løsninger for anvendelse af træ i byggeriet for bygninger i over fire etager (9,6 meter til gulv i øverste etage). Endvidere opfattes det blandt respondenterne, som om brandkravene af myndighederne fortolkes forskelligt. Respondenter opfordrer til, at der udarbejdes yderligere præ-accepterede eksempler for anvendelse af træ i træbyggeri, med bærende konstruktioner i træ, også i mere end fire etager (9,6 meter til gulv i øverste etage).

Figur 14. Byggeri i træ i op til fire etager med mindre end 9,6 meter til gulv i øverste etage. Foto: Scandibyg.



Figur 15. Vurdering af, om bygningsreglementet er med til at begrænse anvendelsen af træ i byggeriet.

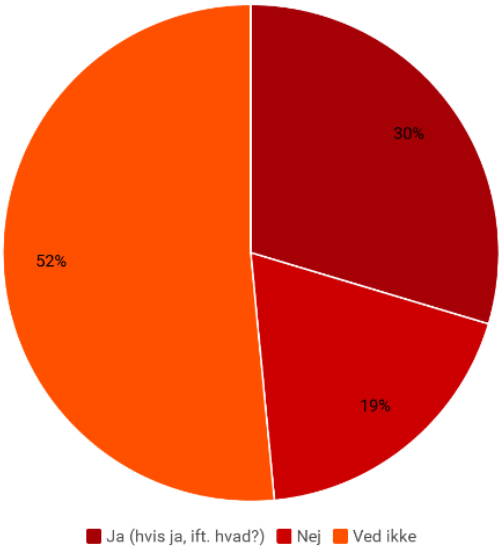
Det kan på baggrund af respondenternes vurderinger om, at bygningsreglementets bestemmelser indeholder barrierer for anvendelsen af træ i byggeriet, virke overraskende, at hele 53 % ikke ved, om der mangler præ-accepterede løsninger vedrørende brandsikkerhed i forhold til byggeri med bærende konstruktioner af træ, Figur 16. Det bemærkes også, at 41 % responderede 'ved ikke'. Ved begge vurderinger, vist i henholdsvis Figur 15 og Figur 16, blev respondenter, som svarede positivt, bedt om at præcisere og begrunde deres udsagn. Det resulterede i henholdsvis 113 og 93 præciseringer. Præciseringerne er samstemmende. Det vurderes, at der mangler præ-accepterede løsninger for anvendelse af træ i træbyggeri, inden for bærende konstruktioner i træ, ikke bare i mere end fire etager (9,6 meter til gulv i øverste etage), men også for byggeri under fire etager og i op til 22 meter. Ved en eventuel udarbejdelse af præ-accepterede løsninger opfordres der, i vurderingerne, til, at der udarbejdes løsninger med såvel mineraluld som organiske isoleringsmaterialer som papiruld og træfiberisolering. Yderligere opfordrer respondenter til, at der gives eksempler på alternative metoder til at minimere risikoen for brandudvikling og brandspredning, fx anvendelsen af sprinkleranlæg, flugtveje, brandsikre etage- og lejlighedsadskillelser, brandhæmmer osv.



Figur 16. Vurdering af om der mangler præaccepterede løsninger vedrørende brand-sikkerhed i forhold til byggeri med bærende konstruktioner af træ.

Det er således ikke overraskende, at 30 % (88 respondenter) vurderer, at der mangler viden om, hvordan byggeri med bærende konstruktioner af træ på anden vis kan dokumenteres i forhold til brandsikkerhed, Figur 17. Ved

en positiv vurdering bedes respondenten i den kvalitative spørgeskemaundersøgelse angive en præcisering. Det vurderes, at produkter, der på anden vis kan dokumenteres i forhold til brandsikkerhed, har svært ved at blive godkendt i Danmark. Også produkter, der er godkendt i Sverige og Norge. Det er uvist, hvilke produkter og hvilken anden dokumentation der henvises til fra respondenternes side, da der ikke er yderligere uddybning af udsagnet i besvarelsen af spørgeskemaundersøgelsen. Yderligere nævner respondenter i den kvalitative undersøgelse, at Bygningsreglementet åbner op for forskellige måder at fortolke brandsikkerhed, hvilket vurderes som uhensigtsmæssigt. Yderligere sår almindelig kendt byggeskik med beton, stål og mineralske isoleringsmaterialer tvivl om sikkerhed og tryghed ved træbyggeri. Dette underbygges med en generel formodning om, at træ i byggeri er farligt med hensyn til brand. Krav til brandteknisk dimensionering eller brandprøvning afholder folk fra at udføre træbyggeri, da det er meget ressourcekrævende, hvilket underbygger behovet for en mere omfattende eksempelsamling for præ-accepterede løsninger for træbyggeri. Den kvalitative undersøgelse indeholder ikke en vurdering af respondenternes viden om træ i byggeriet i forhold til brand. For nuværende er der ikke mange personer i Danmark, der kan lave brandteknisk dokumentation. Det anslås, at mellem 50 og 100 brandrådgivere kan lave denne dokumentation.

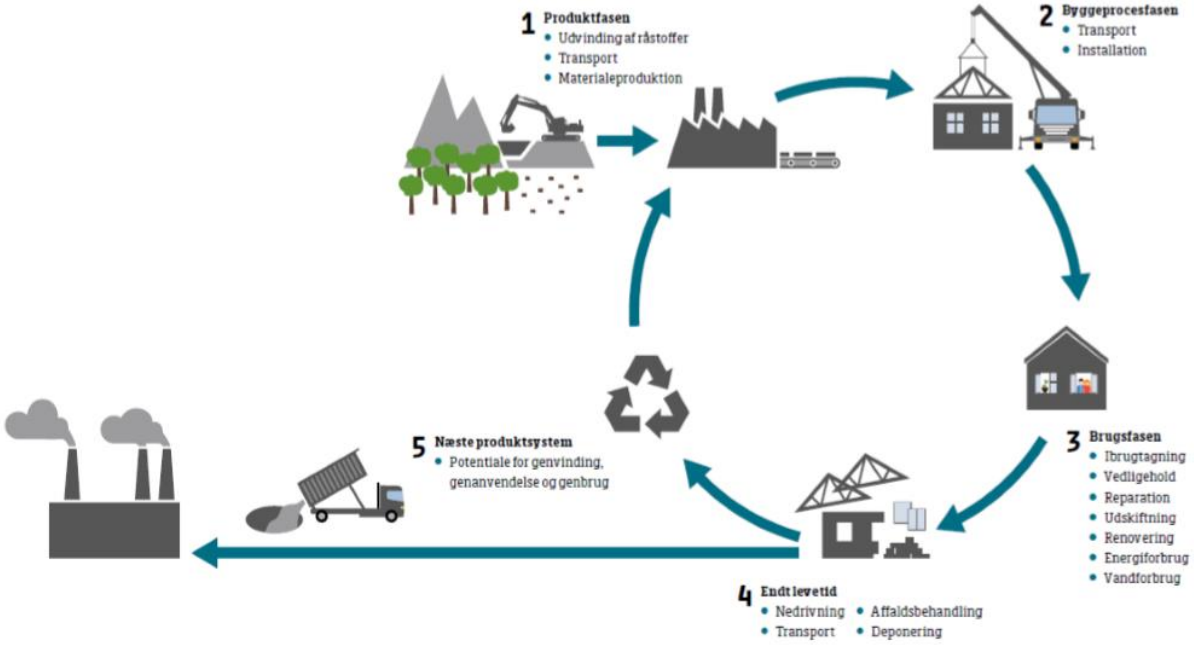


Figur 17. Vurdering af, om der mangler viden om, hvordan byggeri med bærende konstruktioner af træ på anden måde kan dokumenteres i forhold til brandsikkerhed.

Dialogmøder

Byggeriets livscyklus

Der blev afholdt tre dialogmøder med i alt 76 deltagere. Ved dialogmøderne om at fremme anvendelsen af træ i byggeriet blev deltagerne opdelt i grupper tilhørende spor inden for cirkulær økonomi og anvendelse af materialer. Ved møderne blev der afholdt tre workshops. I hver workshop blev deltagerne bedt om at beskrive, hvilke initiativer og handlemuligheder, der skal til for at fremme træbyggeri og en mere bæredygtig byggesektor i Danmark. De enkelte workshops tager udgangspunkt i hver deres afgrænsede del af værdikæden, Figur 18.



Figur 18. Fokus på hele bygningers livscyklus. Introduktion til LCA på bygninger, ENS 2015.

Workshop 1 beskæftigede sig med træ som råmateriale i skovbrug, fremstilling af byggevarer af træ i træindustrien og træ som komponenter attraktive for projektering i forhold til byggeri.

Workshop 2 beskæftigede sig med træ i opførelsesfasen, træ i brug, drift og vedligeholdelsesfasen og træ til genbrug og genanvendelse.

Workshop 3 beskæftigede sig med viden om træ og uddannelse, træ som omdrejningspunktet i et fagligt miljø, erfaring med træ som byggemateriale og information om anvendelsen af træ i byggeriet.

Som indgang til en fælles grundlæggende forståelse til arbejdet i de enkelte workshops blev grupperne bedt om at definere træbyggeri. Disse drøftelser og definitioner indgår i rapportens vurderinger til betegnelsen af, hvad træbyggeri omfatter og foreslås defineret som.

De tre workshops beskæftigede sig inden for hvert deres afgrænsede del af værdikæden med barrierer, potentialer og anbefalinger. Barrierer i form af, hvorfor træ ikke anvendes mere i dansk byggeri. Potentialer i form af, hvilke potentialer der ikke udnyttes i dansk byggeri, fordi træ ikke anvendes. Anbefalinger til, hvad der kan gøres for at fjerne barriererne og udnytte potentialet ved anvendelse af træ i byggeriet. Anbefalinger til lovgiverne, myndighederne, information og videnspredning til råmaterialeproducenter, savværker,

forhandlere, projekterende, entreprenører, håndværkere, brugere, bygherrer osv. Barrierer, potentialer og anbefalinger prioriteres efter top tre og øvrige.

Workshop 1

Skovbrug (træ som råmateriale)

Oplæg til emnet Skovbrug: Muligheder og udfordringer for aktivt skovbrug i Danmark. Hvilke arealer, trætyper, produkter, produktionsformer, anden udnyttelse fx rekreative er der potentiale for i Danmark? Er skovdrift og biodiversitet modsætninger, og kan aktivt skovbrug reducere atmosfærens mængde af CO_2?

Nedenfor er alle udsagn opsamlet fra de tre dialogmøder og deres slides er lagt i Bilag d: *Dialogmøde om-fremme af træ i byggeriet-Aalborg*, Bilag e: *Dialogmøde om-fremme af træ i byggeriet-Middelfart* og Bilag f: *Dialogmøde om-fremme af træ i byggeriet-Roskilde*. Supplerende noter fra dialogmøderne er lagt i Bilag g: *Noter fra dialogmøder om fremme af træ i byggeriet.* udsagn er anført prioriteret fra 1. til 3. prioritet, med 1 som højeste prioritering. Øvrige udsagn er anført i en ikke prioriteret rækkefølge.

Barrierer

1. prioritet:

- Det er uvist, om råvareproduktionen af træ i Danmark kan blive stor og stabil nok.
- Klimaet er for varmt i Danmark til skovdrift.
- Industriel skovdrift er svær at forene med øget biodiversitet.

2. prioritet:

- Skovdrift tager tid, 40 år til produktion af konstruktionstræ og træ til CLT (Cross Laminated Timber) -elementer og 100 år til produktion af træ egnet til vinduer og gulve. CLT kan oversættes til krydslamineret tømmer. CLT er et massivtræselement, der består af typisk tre, fem, syv, evt. flere, på hinanden vinkelrette lag. Lagene er limet sammen til massivtræselementer, der har en stor stivhed og styrke og er meget dimensionsstabile.
- Arealerne udlagt til skovdrift er for små.

3. prioritet:

- Der mangler incitamenter til skovdrift i Danmark.

I øvrigt nævnes som en barriere, at:

- Industriel skovdrift er svært at forene med øget biodiversitet.
- Dyrkning af urskov.
- Skovdriften i Danmark skal organiseres for at sikre stabil råvareleverance.
- Danmark har for nuværende for ringe kvalitet træ, og at der er for få arealer med skov.
- Anvendelsen af træ kædes sammen med, at regnskoven forsvinder grundet import af træ til EU.
- Det vurderes, at Danmark ikke kan blive selvforsynende med træ.

Potentialer

1. prioritet:

- Nye og andre anvendelser af Dansk træ end der ses i dag, hvor en stor del går til emballage.
- Træ er en fornybar ressource.

- Det er muligt at øge skovarealet. Brakmarker, brakjord og marginaljorde kan inddrages til skovbrug.

2. prioritet:

- Genanvendelse af træ i retning af up-cycling. Genbrugstræ kan certificeres.
- Træ er en næsten ubegrænset ressource på verdensplan og i nærområdet.

I øvrigt angives potentialer som:

- At træ kan bidrage til CO_2-reduktion ved, at træ er et CO_2-neutralt materiale (optager og frigiver lige meget CO_2 i sin livscyklus) og kan substituere CO_2-belastende materialer, fx stål og cementbundne materialer.
- Dyrket skov har større biodiversitet end landbrugsjord.
- Subjektivt opleves træ som bedre kvalitet i bygningskonstruktioner, hvilket også øger udnyttelse af træ.
- Der er en stort uudnyttet ressource af træ i landene omkring Danmark. Industriel kvalitetsforøgelse af trævarer ved robotstyret udskæring af knaster og indlimning af erstatningstræ.
- Potentialet i skovdrift i Danmark ligger i konstruktionstræ.
- Terrasser og facader kræver hårde træarter, som ikke dyrkes i Danmark.

Anbefalinger

1. prioritet:

- At der rejses mere skov i Danmark på bekostning af arealer til landbrug.
- Information til den almene befolkning om, at træ er godt for klimaet, og miljøet og at træ er en fornybar ressource.
- Der skal bruges certificeret træ og EPD-deklareret træ. EPD er den engelske forkortelse for miljøvaredeklaration (environmental product declaration), som beskriver et produkts forskellige miljøpåvirkninger. EPD deklarering gør det muligt at sammenligne forskellige materialer og er udgangspunktet for beregning af fx bygningers samlede miljøpåvirkning.
- Det er vigtigt at have en balanceret tilgang til produktion af træ og biodiversitet.

2. prioritet:

- At der rejses klimaskov (mosaikskov) rettet mod høst af træ rettet mod behovet for træ til produkter til byggeriet.
- Der skal etableres mere skovdrift og inkluderes større arealer til skovbrug for at øge konkurrenceevnen i fremtiden.
- Der skal informeres mere om energiforbruger ved transport af materialer.
- Der bør sættes ind for at øge skovarealet i Danmark.

3. prioritet

- Øget import af egnede træarter frem til, at en egenproduktion kan opfylde efterspørgslen af produkter til bygeriet.
- Der skal skabes incitamenter for øget anvendelse af træ og beplantning af skov.

I øvrigt anbefales:

- At der fokuseres på anvendelsen af egne træsorter og egne træarter.
- At der ved skovrejsning fokuseres på kvalitet af træ og i mindre grad volumen.
- At der hentes inspiration fra vore nabolande i, hvorledes information, skovrejsning og incitamenter anvendes til fremme af træ.

Træindustrien (byggevarer af træ)

Oplæg til emnet byggevarer af træ i træindustrien: Håndteringen af træ og forarbejdningen af produkter. Høst, transport og lagring af træ, sortering af kvaliteter, anvendelser af kvaliteter, forarbejdning, og hvilke byggevarer er der potentiale for i Danmark.

Barrierer

1. prioritet:
    - Manglende og forældede harmoniserede standarder inden for træbyggeri.
    - Hjemmehørende træ er mindre egnet til træbyggeri

2. prioritet:
    - Dokumentation for brandkrav ved træbyggeri er uoverskuelige.
    - Den regionale tilgængelighed af træ.

3. prioritet:
    - Branchen omfattende træ inden for træproduktion, træindustri, anvendelse og videnformidling i Danmark er svagt organiseret.
    - Der er for lidt træ i Danmark.

I øvrigt nævnes som en barriere, at:
- Det er omkostningstungt at få godkendt nye produkter.
- Træbranchen er fragmenteret.
- Manglende national konsensus om, hvornår lovgivning i forhold til brand er opfyldt.
- Manglende overensstemmelse mellem CE-mærkning og national lovgivning.
- At skimmel og fugt skal håndteres for træ.
- Træ skal håndteres bedre.
- CLT-elementer er ikke en del af Eurocodes og ej standardiserede. CLT-materialet bør innoveres, så det kan afklares, hvordan produktet laves bedst muligt.
- Der kræves brandcertificering ved den mindste afvigelse fra allerede certificerede konstruktionsudformninger.

Potentialer

1. prioritet:
    - Det meste kan lade sig gøre inden for træbyggeri.
    - Det er muligt at øge produktudviklingen inden for CLT-elementer.

2. prioritet:
    - Brandforløbet i en træbygning er forudsigeligt.
    - Nationale retningslinjer kan udarbejdes.

Anbefalinger

1. prioritet:
    - Der bør udvikles flere branchestandarder for træbyggeri.
    - Der bør sættes initiativer i gang for at øge tilplantningen af træ.

2. prioritet:
    - Der bør udvikles flere branchestandarder for drift og vedligehold af træbyggeri.
    - Der bør sættes initiativer i gang for at øge træbyggeriet i Danmark.

3. prioritet:
    - Der bør lægges pres på EU-kommissionen vedrørende udarbejdelsen af harmoniserede standarder.

I øvrigt anbefales:
- Flere standardiserede løsninger for træ.

- At der gives ressourcer til deltagelse i standardiseringsarbejdet.
- At lovgivning tilpasses træ som materiale.
- Tørt byggeri sikrer tørre materialer; det skal sikres, at byggevarer anvendes korrekt.

Projektering med materialer i træ

Oplæg til emnet projektering med materialer i træ: Hvad skal der til for at projektere i træ? Fx viden i forhold til anvendelser, produkter, tolerancer, deformationer – korte som lange, bæreevne, ensartethed, montage, samlinger, brand, lydforhold og fugt m.m.

Barrierer

1. prioritet:

- Det er uklart, hvorledes tilstrækkelig brandsikring opnås.
- Der mangler retningslinjer for byggeri i træ inden for dokumentationskrav, metoder og kontrol i forhold til brand.
- Brandkrav bygger primært på erfaringer fra en anden måde at benytte træ i byggeriet end i dag.
- Der er behov for fælles referencer og nye normer inden for brand og lyd for træbyggeri.

2. prioritet:

- Det er svært at opfylde lydkrav.
- Der mangler viden og dokumentation for, hvor længe i en bygnings levetid, træ bibeholder sine egenskaber i forhold til brand og brandspredning.
- For det træbyggeri, der er udført med under fem etager, bygger brandkrav primært på erfaringer fra en anden tid og måde at benytte træ i byggeriet på.
- Brandsikring kan inkludere sprinkling.

3. prioritet:

- Forkert anvendelse af træ kan resultere i store skader som følge af fugt, der er således øget risiko ved byggeri opført i træ.
- Lydkrav er svære at opfylde for træbyggeri.
- Byggetraditioner er en udfordring og skaber usikkerhed inden for fugt, brand og stabilitet for træbyggeri.

I øvrigt nævnes som en barriere, at:

- Ved LCC-beregninger af byggeri belønnes træ ikke efter fortjeneste, og i LCA-beregninger tages lagret CO_2 ikke til indtægt.
- Det er svært af forebygge fugtskader i træbyggeri.
- Træbyggeri er på grund af manglende erfaringer med løsninger i projektering omkostningstungt.
- Det er svært at ombygge en bygning med bærende konstruktioner, fx træbjælkelag, på grund af manglende dokumentation for bæreevne af bygningsdele.

Potentialer

1. prioritet:

- Træbyggeri i over fire etager.
- Besparelser i byggeriet, da det er billigere at opføre træbyggeri end konventionelt byggeri.
- Træbyggeri har en kort byggetid.
- Lydkrav kan tilpasses, konstruktioner i træbyggeri og lydkrav fra lande omkring Danmark.

2. prioritet:

- Der er plads til at øge anvendelsen af træ i byggeriet.
- Miljø- og klimagevinster ved anvendelsen af træ, træ binder CO_2, ca. 1,6 til 1,8 ton CO_2 per kubikmeter træ.
- Træbyggeri kan udføres industrielt.
- Løsninger fra andre nordiske lande kan inspirere nationale retningslinjer.

3. prioritet:

- Træ kan genanvendes.
- Træbyggeri kan lagre CO_2 i en tidshorisont af sin brugstid.
- Træbyggeri er bæredygtigt byggeri.

I øvrigt angives potentialer som:

- At træbyggeri har færre byggeskader.
- At det at bygge i træ giver et bedre arbejdsmiljø.

Anbefalinger

1. prioritet:

- Lovgivning i forhold til brand bør ligestilles med øvrige lande, med 90 min brandklasse op til otte etager.
- Helhedsorienteret synergi i regulering, miljø, ressourcer, økonomi, sikkerhed og sundhed.
- Krav til træbyggeri bør være videnbaseret.
- Løsninger fra de øvrige nordiske lande kan inspirere nationale løsninger.

2. prioritet:

- Der bør udføres mere præfabrikeret byggeri med træ
- Sammenkæd den samlede konstruktions CO_2-belastning i forhold til støj- og brandkvalitet ved træbyggeri af nyt og genanvendt træ samt for forskellige træarter og andre materialer.
- Der bør gennemføres mere erfaringsudveksling om træbyggeri, nationalt som internationalt.
- Der bør udarbejdes flere præ-accepterede løsninger inden for træbyggeri.

3. prioritet:

- Der bør udarbejdes præ-accepterede løsninger i forhold til opfyldelse af lovgivning for brand og lyd.
- Uddannelsesniveauet om træbyggeri bør styrkes.

I øvrigt anbefales:

- At der udarbejdes løsningskatalog for hybridløsninger, som opfylder lovkrav.
- At eksperter tages med på råd for at fremme anvendelsen af træ i byggeriet.
- At LCAbyg opdateres.
- At tørt byggeri praktiseres fx ved overdækning i byggefasen.
- Der bør udføres flere fyrtårnsbyggerier som træbyggeri.
- Branchestandarder bør udarbejdes.

Workshop 2

Opførelse af træbyggeri

Oplæg til emnet opførelse af træbyggeri: Hvad skal der til for at opføre træbyggeri? Fx viden i forhold til anvendelser, produkter, tolerancer, deformationer – korte som lange, bæreevne, ensartethed, montage, transport, håndtering, robusthed, byggeskik m.m.

Barrierer

1. prioritet:

- At byggevarer af træ opbevares korrekt frem til indbygning.
- Beskyttelse af materialer af træ under opførelse, krav til tørt byggeri.

2. prioritet:

- Der er manglende erfaringer med træbyggeri.

3. prioritet:

- Der er manglende sikkerhed under byggeprocessen i forhold til brand.

I øvrigt nævnes som en barriere, at:

- Vand volder vanskeligheder, og at vand skal vises væk, samt at vand og fugt, der trænger ind i konstruktioner med træ, skal kunne komme ud nemmere end den måde, det er kommet ind i konstruktionen på.
- At konstruktiv træbeskyttelse anvendes, fx høj sokkel og stort tagudhæng.
- Det er en udfordring for træbyggeri, at håndteringen af materialer på byggepladsen ikke altid går som foreskrevet eller forventet, som tørt byggeri.

Potentialer

1. prioritet:

- Træbyggeri til énfamiliehuse og tæt-lavt-byggeri (kæde-, klynge- og rækkehuse).
- Det er hurtigere at opføre et byggeri i træ end ved anvendelse af traditionelle materialer.

2. prioritet:

- Træ har en varmeisolerende egenskab.
- Det er lettere at opføre et byggeri i træ end ved anvendelse af traditionelle materialer.

3. prioritet:

- Massivtræelementer og -bygningsdele er brandteknisk forudsigelige (udviser ikke progressiv kollaps).
- Det er nemmere og mindre ressourcekrævende at transportere træ end traditionelle materialer i byggeriet.

I øvrigt angives potentialer som:

- At øget anvendelse af træ i byggeriet gavner miljø og klimaet både lokalt og globalt.
- Tørt byggeri kan udføres ved præfabrikerede elementer.
- Byggeri med træ kan udføres med større præcision.
- Byggeri med træ kan udføres med mindre energibehov.

- Byggeri med træ kan udføres med mindre materialespild.

Anbefalinger

1. prioritet:

- Miljøvaredeklarering af byggeri, Environmental Product Declaration (EPD), tredjepartsverificeret miljøvaredeklaration, der bygger på en livscyklusanalyse. EPD'en gør det nemmere at sammenligne oplysninger om produkters miljøpåvirkning, da den indeholder informationer om, blandt andet, produkters påvirkning af miljøet, ressourceforbrug samt genbrug og genindvinding.
- Træbyggeri kan udføres som just-in-time leverancer.

2. prioritet:

- Obligatorisk deklarering af en bygnings bæredygtighedsklasse.
- Mere uddannelse af fagfolk i byggeriet inden for træbyggeri.

3. prioritet:

- Certificering af énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse fx i forhold til CO_2, DGNB m.m. DGNB-certificeringen i Danmark udføres af Green Building Council Denmark. DGNB måler blandt andet livscyklus af byggematerialer, transport, forbrug af energi og vand under og efter byggeriet, holdbarhed, tilgængelighed og indeklima.
- Afklaring af faggruppers specialer, er det tømrere eller en anden faggruppe, som monterer CLT-elementer i et industrielt byggeri med træ.

I øvrigt anbefales:

- At der ydes skattemæssig kompensation til træbyggeri.
- Der er behov for bygningsbeskrivelser, pladsbeskrivelser eventuelt en fugtvejledning for fugtsikker håndtering af elementbyggeri i træ.
- Træbyggeri kan gøres momsfrit.
- Offentlige byggerier kan udføre fyrtårnsbyggeri.
- Finanstilsynet kan stille lempeligere krav til belåning ved bæredygtigt byggeri, eller der kan indføres en lavere bidragssats.
- Lempeligere økonomi ved træbyggeri kan sikre, at den nødvendige økonomi stilles til rådighed.
- Myndigheder bør tage stilling til, hvem der skal betale lærepenge i forhold til at indarbejde træbyggeri i Danmark.

Brug, drift og vedligehold af træbyggeri

Oplæg til emnet brug, drift og vedligehold af træbyggeri: Er der særlige hensyn til brug, drift og vedligehold af træbyggeri?

Barrierer

1. prioritet:

- Bygningsejernes holdning i Danmark til træbyggeri.
- Der er manglende erfaring med træ som byggevare og træbyggeri.

2. prioritet:

- Træbyggeri opfattes som fugtfølsomt.
- Moderne arkitektur understøtter ikke konstruktiv træbeskyttelse, fx af facader.

3. prioritet:

- Der er manglende viden om træbyggeri i Danmark.
- Der er en udpræget frygt for driftsomkostninger til vedligehold at træbyggeri.

I øvrigt nævnes som en barriere, at:

- Der er behov for, at der skabes gode historier med træbyggeri.

- Bygherrer vil have vedligeholdelsesfrit byggeri.
- Forventningsafstemning er nødvendig ved anvendelse af synligt træ, for træ bliver gråt med tiden, alt efter hvor det er placeret i facaden.

Potentialer

1. prioritet:
    - Træbyggeri giver bedre indeklima akustisk og i forhold til varme.
    - Træbyggeri giver en bedre indeklimaoplevelse.
2. prioritet:
    - Træ er let vægtmæssigt i montage og kan adskilles.
    - Træbyggeri giver en nemmere udskiftning ved skader end kendt fra traditionelt byggeri.
3. prioritet:
    - Træ er et godt arbejdsmiljømæssigt materiale.

Anbefalinger

1. prioritet:
    - Der udarbejdes informationsmateriale og gode eksempler til efterfølgelse, fx gennemsigtige fyrtårnsbygværker.
    - Der er behov for større differentiering mellem bygningstyper for træbyggeri. Fordele/ulemper ved træbyggeri i én-, tre- eller ti etager.
2. prioritet:
    - CO_2-regnskaber synliggøres og gøres pædagogisk forståelige.
    - Videnopsamling bør gennemføres for Danmark og andre lande, fx Norge og Østrig.
3. prioritet:
    - Ved træbyggeri bør der fokuseres på andre bygningsdele end facader.

Genbrug og genanvendelse

Oplæg til emnet genbrug og genanvendelse af træ i byggeriet: Hvilke potentialer er der ved træbyggeri I forhold til genbrug og genanvendelse? Hvad er de tilknyttede udfordringer for at opnå potentialet for genbrug og genanvendelse?

Barrierer

1. prioritet:
    - Det er uvist, hvor og hvordan komponenten har været brugt før (risiko for miljøfarlige stoffer og svamp).
    - Materialeparametre er ukendte ved genbrug.
2. prioritet:
    - Kvalitet og bæreevne af komponenter er uvis ved genbrug.
    - Manglende erfaring med genbrug og genanvendelse af træ og træbaseret byggeri.
3. prioritet:
    - Bæreevnen af samlinger er ukendt ved genbrug.
    - Opbevaring af bygningskomponenter i træ frem til ny anvendelse.

I øvrigt nævnes som en barriere, at:

- De brandmæssige egenskaber ved brandimprægneret træ til genbrug er ukendte.

Potentialer

1. prioritet:

- Træ er CO_2-neutralt, også ved genbrug.
- Træbyggeri kan designes til adskillelse.

2. prioritet:

- Træ samlet med skruer kan adskilles, design til adskillelse kan praktiseres.
- Træ har flere muligheder for genanvendelse, også til andre typer produkter.

3. prioritet:

- Træ til genbrug er for-patineret.

I øvrigt angives potentialer som:

- At træ til genbrug kan have en kendt styrkesortering.

Anbefalinger

1. prioritet:

- Design til adskillelse fremmes og praktiseres.
- Der bør stilles krav til sortering ved ombygning/nedrivning.

2. prioritet:

- Der introduceres bygningspas og materialepas i byggeriet.
- Der kan opbygges en materialebank.

3. prioritet:

- Der gennemføres skovrejsning til industriel skovdrift.
- Genbrug af fraktioner, fx papiruld.

I øvrigt anbefales:

- At klassifikation af byggeri kan indeholde graden af adskillelse.

Workshop 3

Viden og uddannelse i træbyggeri

Oplæg til emnet viden og uddannelse i træbyggeri: Er viden og uddannelse for at udnytte potentialet for træbyggeri i Danmark til stede? Vurdér udfordringer hos bygherre, rådgiver, arkitekter, entreprenører, håndværkere, driftspersonel og vidensformidlere som leverandører, skoler og universiteter m.m.

Barrierer

1. prioritet:

- Viden om træ er generelt manglende på uddannelsesinstitutioner.
- Manglende viden på universitetsniveau.
- Der er manglende finansiering til udvikling af viden og uddannelse inden for træ

2. prioritet:

- Viden om konstruktiv træbeskyttelse er manglende blandt arkitekter.
- Manglende forskningsmiljø i Danmark.

3. prioritet:

- Viden om statik i høje huse af træ er manglende blandt rådgivere og ingeniører.
- Der er manglende finansieringsgrundlag for forsknings- og uddannelsesmiljø i Danmark.
- Der mangler undervisning på grunduddannelser om træ.

I øvrigt nævnes som en barriere, at:

- Betonindustrien er stærkt organiseret og ikke taler for fremme af anvendelsen at træ i byggeriet.
- Der mangler viden om materialers CO_2-belastning.
- Uddannelsen af brandsagkyndige mangler undervisning i træbyggeri.

Potentialer

1. prioritet:

- Viden om træ ligger i udlandet, fx i Sverige, Norge, Tyskland, Østrig og England.
- Der er viden og erfaring at hente fra udlandet.
- Træ kan genbruges

2. prioritet:

- Mere uddannelse i træbyggeri, erhvervsskoler og universiteter.
- Benytte muligheder for samarbejder med udenlandske forskningsmiljøer for derigennem at få mere viden om træ som byggemateriale.
- Flere træbyggerier giver mere viden og anvendelse af træ.

Anbefalinger

1. prioritet:

- Gennemfør initiativer, som henter viden til Danmark, fx gennem transparente fyrtårnsbyggerier.
- Finansiering kan øges og målrettes uddannelse og forskning i træbyggeri.

- Reguler myndighedskrav til støj.

2. prioritet:

- Der kan etableres forsknings- og uddannelsesinstitutioner/miljøer
- Der kan hentes viden i udlandet.
- Forskningsmidler kan afsættes til træbyggeri.

3. prioritet:

- Der kan stilles krav til minimumsviden/undervisning på bachelorud-dannelser inden for træ.

I øvrigt anbefales:

- At montagesjak uddannes til at kunne opføre elementbyggeri i træ.
- Fugtsagkyndig beskrevet i Bygningsreglementet skal gøres konkret og obligatorisk.
- Der bør være mere målrettet uddannelse inden for træbyggeri.
- Uddannelsen af kandidater i træbyggeri er en vigtig del af fødekæ-den, ligesom der skal skabes et forskningsmiljø om træbyggeri.

Erfaring med træbyggeri

Oplæg til emnet erfaring med træbyggeri: Er den fornødne erfaring til at ud-nytte potentialet for træbyggeri til stede I Danmark? Vurdér status og udfor-dringer hos rådgivere, arkitekter, entreprenører, håndværkere, driftspersonel og videnformidlere som leverandører, skoler og universiteter m.m.

Barrierer

1. prioritet:

- Der mangler praktisk erfaring med træbyggeri i Danmark.
- Konkurrence hæmmer videndeling på tværs i branchen.
- Videndeling hæmmes af konkurrence i industrien.

2. prioritet:

- Der mangler eksempler, der kan dokumentere, at løsninger i træ op-fylder bygningsreglementets krav.
- Betonindustrien er stærkt organiseret og taler ikke for fremme af an-vendelsen at træ i byggeriet.

3. prioritet:

- Myter og fordomme om risiko for brand og fugt i træbyggeri er ud-bredt.

I øvrigt nævnes som en barriere, at:

- Der mangler gode historier om træbyggeri; der mangler erfaring med træbyggeri i Danmark.

Potentialer

1. prioritet:

- Erfaringer og eksempler på træbyggeri kan hentes fra udlandet.

2. prioritet:

- Undervisning på erhvervsskoler kan fremmes, fx ved at uddanne flere tømrere.
- Der kan hentes erfaringer fra historiske bygninger om anvendelsen af træ i byggeriet.

Anbefalinger

1. prioritet:

- Der kan udarbejdes eksempelsamlinger over løsninger, som opfyl-der danske krav til brand og lyd.
- Eksempelsamlinger kan udarbejdes med referencer til udlandet.

2. prioritet:

- Der kan udarbejdes mere teknisk fælleseje om træbyggeri.
- Produktstandarder kan opkvalificeres i forhold til at benytte fælles europæiske standarder vedrørende lyd og brand.

3. prioritet:

- Der kan udarbejdes et katalog over brandteknisk præaccepterede løsninger for træbyggeri i flere/mange etager.
- Der kan gennemføres fyrtårnsbyggeri med videndeling.

I øvrigt anbefales:

- At der udarbejdes fælles funktionskrav for alle materialer; Det offentlige byggeri bør gå foran og gennemføre transparente fyrtårnsbyggerier

Information om træbyggeri

Oplæg til emnet information om træbyggeri: Hvilken, og til hvem er det nødvendigt at skabe information til for at udnytte potentialet for træbyggeri I Danmark?

Barrierer

1. prioritet:

- Bygherrer mangler risikovillighed og viden om fordele ved træbyggeri.
- Der mangler ressourcer.
- Undervisningsmateriale er manglende eller mangelfuldt.

2. prioritet:

- Der er manglende viden om hvad træbyggeri er.
- Myndighedskrav i forhold til træ er svære at tolke og dokumentere.
- Der mangler erfaringer, gode som dårlige, om træbyggeri.

3. prioritet:

- Udsagnet om, at træbyggeri kræver meget vedligehold, er udbredt og subjektivt.
- Der hersker 'støj' og misledende argumenter imod træ som byggemateriale.

Potentialer

1. prioritet:

- Der kan udføres træbyggeri som fyrtårnsbyggeri.
- Ministeren bakker op om træbyggeri.
- Der kan laves mere information om træbyggeri til slutbrugerne.

2. prioritet:

- Fordomme om træbyggeri kan imødegås ved let tilgængelig information.
- Der er en god fortælling at give videre om træbyggeri.
- Der bør gennemføres flere træbyggerier.

3. prioritet:

- Mere information om træ som byggemateriale vil øge andel af træbaserede byggerier.
- Der skal oparbejdes større erfaring med træbyggerier hos teams, som bygger.

Anbefalinger

1. prioritet:

- Træhusbyggeri kan kædes sammen med klimamål, fx FN's verdensmål for bæredygtig udvikling (SDG mål 13).
- At der udarbejdes faktabaseret kommunikation om træbyggeri.
- Der kan oprettes et videncenter om træ, som dækker alle faser i byggeriet.

2. prioritet:

- Information om træbyggeriets gunstige egenskaber i forhold til brand
- At der etableres et center for grønt byggeri i styrelsen.

3. prioritet:

- Information om, at træbyggeri har et godt indeklima.
- At der udarbejdes et entydigt bygningsreglement.

I øvrigt anbefales:

- At der afsættes flere ressourcer til grøn omstilling i embedsværket.
- At skolebørn informeres om træs egenskaber.
- At der laves en mulighed for en garantiordning for træbyggeri.
- Det er vigtigt at aflive myter om, at træbyggeri er brandfælder.

Potentialer ved øget brug af træ i byggeriet

Potentialer ved øget brug af træ i byggeriet er udarbejdet på baggrund af den seneste litteratur på området, bogen Klimaskoven fra 2019 (Møller Andersen et al., 2019). Potentialet og de medtagede grafiske præsentationer til at illustrere potentialerne er udarbejdet og gengivet med accept fra forfatterne til bogen.

Træ har som byggemateriale et særligt potentiale i forbindelse med håndtering af CO_2-belastningen. Det gælder især vedrørende:

- Skovens bidrag til at opsuge CO_2 fra atmosfæren
- Trækonstruktioners betydning for lagring af opsuget CO_2
- Substitution ved nybyggeri af materialer, som fremstilles under større udledning af CO_2.

I InnoBygs rapport fra 2017 (Fynholm et al., 2017) peges på, at energieffektiviseringen i byggeriet nu er kommet så langt, at energibehovet i driftsfasen i hele bygningens levetid er sammenligneligt med energiforbruget ved tilblivelsen af byggeriet, herunder fremstilling af de anvendte materialer. Det sætter fokus på materialevalget i byggeriet.

I bogen Klimaskoven fra 2019 (Møller Andersen et al., 2019) ser forfatterne på betydningen af at øge arealet med skov i Danmark. De tager udgangspunkt i Tabel 1 og ser hovedmålene som en reduktion af CO_2-belastningen samt ophør med anvendelsen af fossilt brændsel.

Tabel 1. Tabellen viser, hvor mange ton CO_2, der spares, når træ indeholdende 1 ton CO_2 erstatter et af de i tabellen nævnte produkter (Møller Andersen et al., 2019).

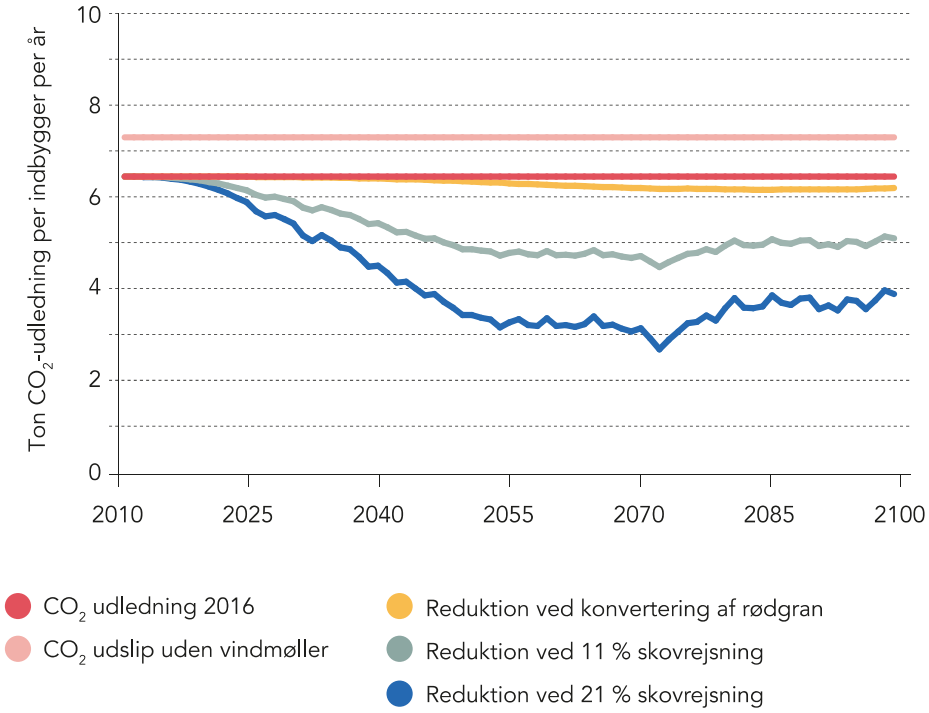
Produkt	Middelværdi	Lav	Høj
Kul	1,4	0,9	1,9
Naturgas	0,9	0,6	1,2
Benzin	0,4	0,4	0,4
Stål	4,0	0,9	10,0
Beton	4,0	1,0	9,8
Plastik	2,0	2,0	2,0

Antages tilblivelsen af alle materialerne i tabellen at være baseret på anvendelse af fossil energi vil ethvert tal over nul være gunstigt med hensyn til substitution af fossile energikilder, medens tal over 1,0 svarer til en reduceret CO_2-belastning.

Skovens bidrag til at opsuge CO_2 fra atmosfæren

Forfatterne til Klimaskoven (Møller Andersen et al., 2010) ser en forøgelse af skovarealet i Danmark som et effektivt virkemiddel til reduktion af CO_2-belastningen i Danmark. Ved at sikre, at så meget træ som muligt ender som gavntræ (træbyggeri, møbler, mv.), opnås en høj CO_2-binding, og restprodukterne fra skovdriften kan så anvendes til energi som erstatning for fossile brændsler. Forfatterne peger på, at Folketinget allerede i 1989 vedtog, at det danske skovareal skal øges til 20-25 % af landets areal inden år 2100. I dag er arealet med skov ca. 14 %. I graferne i Figur 19 er der taget udgangspunkt i to scenarier, ét, hvor skovarealet hurtigt øges med 11 %, svarende til

det, der allerede er vedtaget, og ét, hvor arealet hurtigt øges med 21 %, svarende til 35 % af Danmarks samlede areal. Graferne viser, at disse tiltag, kombineret med en effektiv udnyttelse af skoven, vil kunne bidrage med en reduktion af den danske nettoudledning af CO_2 på henholdsvis 30 % og 50 %, altså ganske betragtelige bidrag.

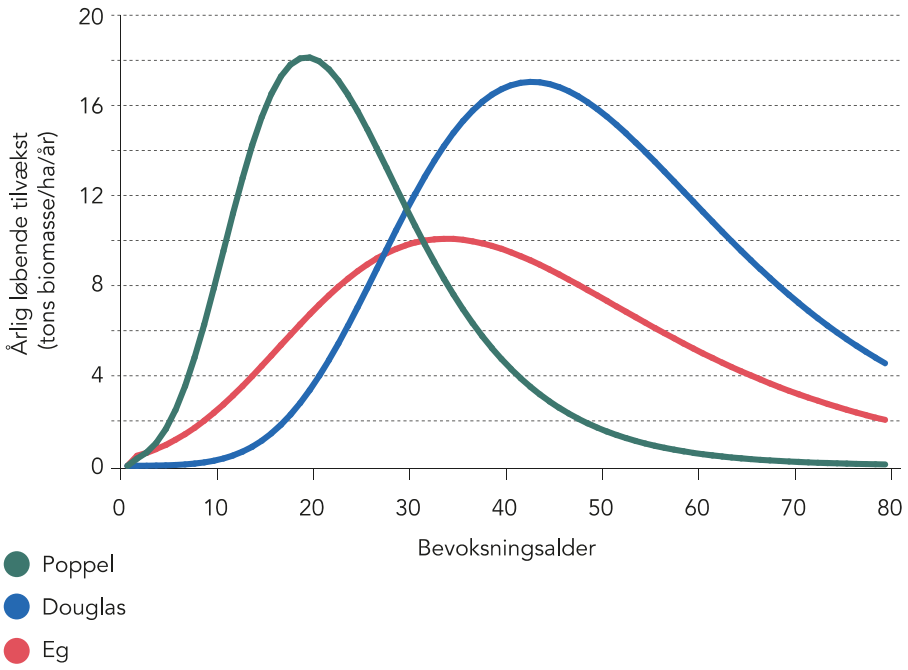


Figur 19. Grafen viser CO_2-belastningen pr indbygger i Danmark ved 11 % skovrejsning (Lyseblå kurve) og ved 21 % skovrejsning (Blå kurve) (Møller Andersen et al., 2019).

En af forudsætningerne for dette resultat er, at skoven drives på en måde, som suger mest mulig CO_2 ud af atmosfæren. Den årlige tilvækst i biomasse for en beplantning vil, efter at have toppet, falde til et ret lavt niveau, se Figur 20 (Møller Andersen et al., 2019). Figuren viser, at den årlige tilvækst topper på forskellige tidspunkter for forskellige træarter, men at tilvæksten ret hurtigt derefter reduceres betydeligt. Det betyder, at modent træ skal tages ud af skoven for at give plads til ny skov. Det stemmer godt med at anvende træ til bl.a. byggeri.

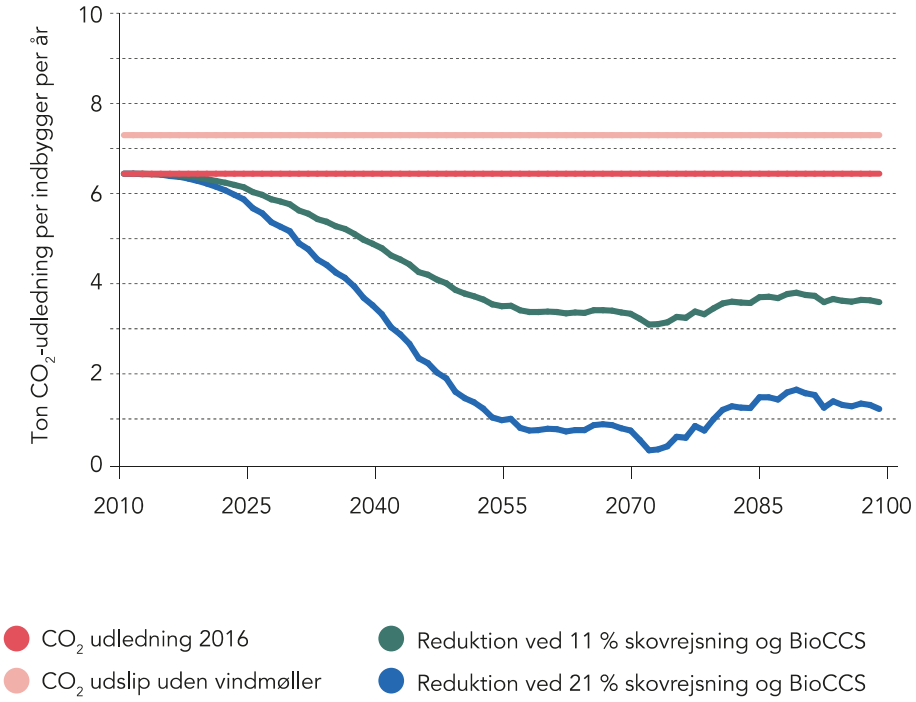
Forfatterne til Klimaskoven (Møller Andersen et al., 2019) peger på, at skovdrift i forbindelse med geologisk lagring af CO_2 har et betydeligt potentiale med hensyn til at trække CO_2 ud af atmosfæren. Ideen er, at processen ”Carbon Capture and Storage”, CCS, fungerer mere effektivt ved at fange CO_2 i en skorsten, hvor koncentrationen er høj end ved direkte udtræk fra atmosfæren (i atmosfæren er CO_2-indholdet kun 0,031%). På den måde vil skoven fungere som et spredt filter, der fanger CO_2 i atmosfæren og via forbrænding af træflis med CCS-metoden fører til en effektiv bortskaffelse. Metoden er endnu dyr, men grafen i Figur 21 viser, at effekten målt på reduktion af CO_2-belastning stort set fordobles. I kombination med andre tiltag for CO_2-reduktion vil perspektivet være, at der i Danmark kan blive tale om en negativ CO_2-belastning, altså nettoudtræk af CO_2 fra atmosfæren.

Tilvækstens aldersafhængighed for poppel, eg og douglasgran



Figur 20. Årlig tilvækst i biomasse for tre træarter (Møller Andersen et al., 2019).

Effekt ved at supplere driftsomlægning og skovrejsning med geologisk lagring



Figur 21. Som Figur 19, men med indregning af geologisk lagring (Møller Andersen et al., 2019).

Trækonstruktioners betydning for lagring af opsuget CO_2

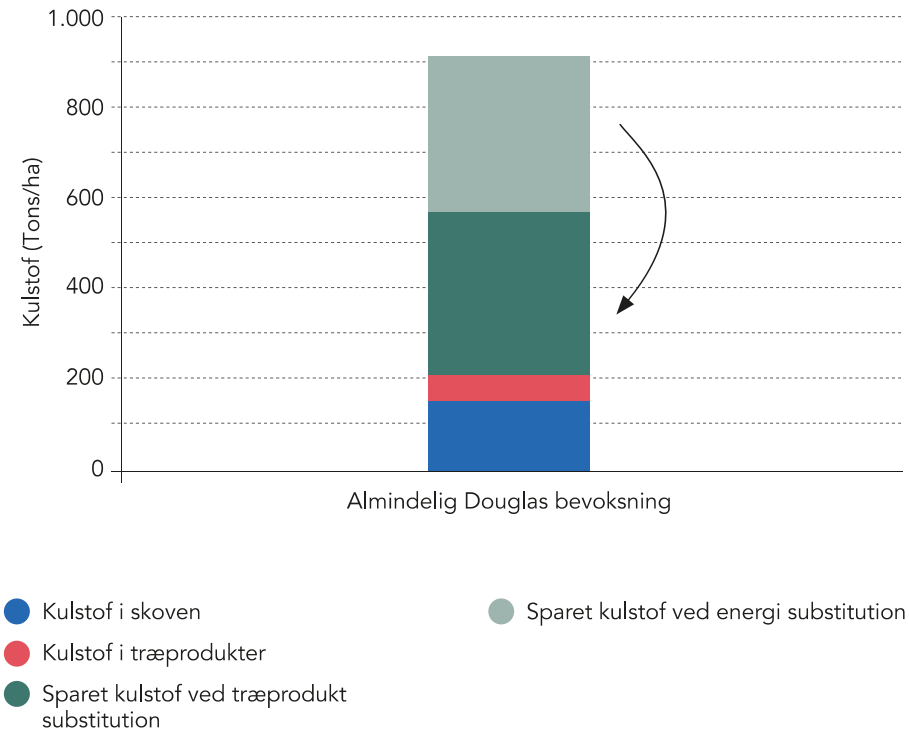
Anvendelse af træ til byggeri, møbler mv. betyder i sig selv, at den CO_2, som er indeholdt i disse produkter, i det mindste for en tid, tages ud af CO_2-kredsløbet, men forfatterne til Klimaskoven (Møller Andersen et al., 2019) argu-

menterer for, at øget anvendelse af træ, altså substitution af andre materialer, har en endnu større effekt, især hvis sådanne materialer fremstilles med brug af fossile brændsler, se Tabel 1, der bl.a. viser, at substitution af beton og stål kan have stor effekt. Øget anvendelse af træ harmonerer fint med øget skovrejsning. Allerede nu er det sådan, at 70 % af det danske træforbrug importeres, og at EU er nettoimportør af træ (Møller Andersen et al., 2019).

Effektiv skovdrift

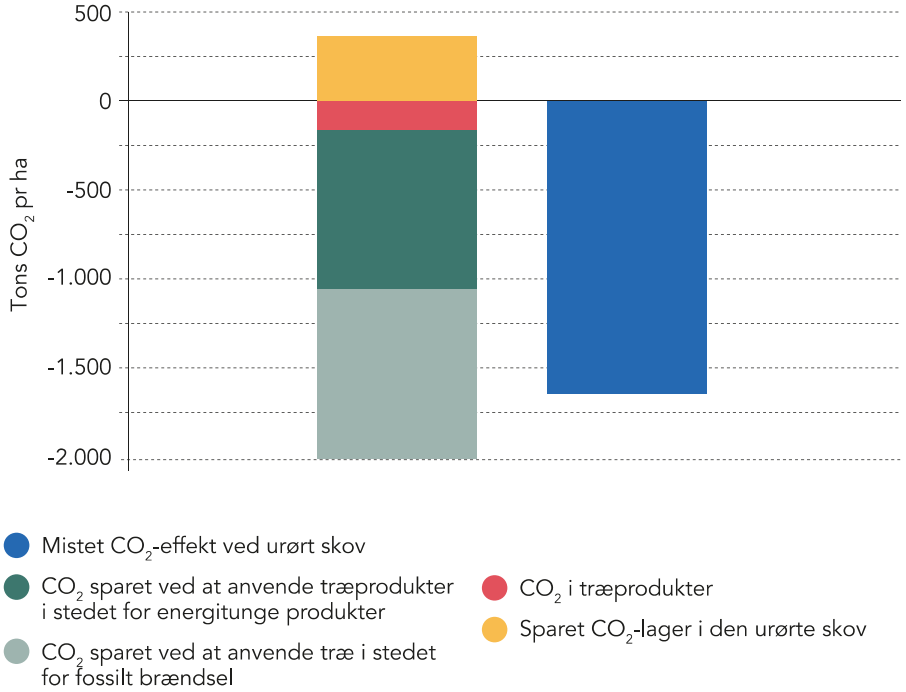
En væsentlig forudsætning for de omtalte positive effekter af øget skovrejsning er, at skoven drives effektivt. Som det fremgår af Figur 22 (Møller Andersen et al., 2019) kommer de største positive bidrag ikke fra det kulstof, der oplagres i skoven, men fra de udnyttede produkter. Figur 23 (Møller Andersen et al., 2019) viser eksempelvis den negative effekt ved en urørt dansk bøgeskov i forhold til dyrket skov. Skoven drives effektivt, når mest mulig CO_2 bindes i den stående skov samt i de produkter, som efter hugst anvendes fx i træbyggeri, møbler mv. Effektiviteten kan øges med produktudvikling inden for kompositmaterialer og udviklingen af tekstiler af træfibre.

Substitutionseffekten



Figur 22. Effekt af effektiv skovdrift (Møller Andersen et al., 2019). Pilen antyder, at effekten kan øges ved udvikling af nye træprodukter til varig brug, hvis der hertil anvendes træ, som nu anvendes til energiproduktion. (Møller Andersen et al., 2019).

Netto CO_2 regnskab for bøgeskov i drift set i forhold til urørt skov



Figur 23. Effekt (negativ) ved en urørt dansk bøgeskov i forhold til dyrket skov. (Møller Andersen et al., 2019).

Der vil naturligvis være et modsætningsforhold mellem en udnyttelse af skoven, som beskrevet ovenfor, og et ønske om stor biodiversitet. I (Møller Andersen et al., 2019) argumenteres for, at et øget skovareal skal bestå af en mosaik af forskellige bevoksninger, således at der imellem produktionsområder med stor CO_2-binding vil være områder, typisk kantområder og områder langs vandløb og vandhuller, hvor biodiversitet er målet. Nye krav til bæredygtig drift af skovene vil kunne lægges ind i certificeringsordninger. I kombination med øget skovrejsning vil det bidrage til en betydeligt øget biodiversitet i forhold til det, vi kender i dag.

Sammenfattende fremgår det af ovenstående, at der er et betydeligt potentiale for en reduceret CO_2-belastning ved at øge skovarealet samt ved at øge anvendelsen af træ til byggeri såvel som til andre længerevarende anvendelser. Et øget skovareal kan forenes med både en rationel skovdrift, som vil være den driftsform, som i størst omfang har potentiale til at trække CO_2 ud af atmosfæren, og en øget biodiversitet styret af en certificeringsordning.

Potentialer ved træbyggeri vurderet ved LCA

Et stigende fokus på bæredygtigt byggeri og på at reducere klimapåvirkningen for byggeri og byggematerialer har medført, at træbyggeri i højere grad promoveres som et bæredygtigt alternativ til de mere gængse byggematerialer, der anvendes i Danmark. Dette skyldes, at der er en række faktorer, der ofte viser sig at give miljømæssige fordele ved anvendelse af træ i byggeri sammenlignet med andre materialer; Træ er en fornyelig ressource i modsætning til mange andre gængse byggematerialer af ikke-fornyelige ressourcer. Udvinding og forarbejdning af træ er ofte mindre energikrævende end for mange andre hyppigt anvendte byggematerialer. Derudover kan der opnås fordele, hvis kulstofbinding og -lagring inkluderes i beregninger for materialer af biologisk oprindelse. Dette afsnit fokuserer på, hvorledes LCA kan anvendes ved at vurdere de miljømæssige potentialer ved træbyggeri.

Anvendelse af LCA i byggeri i Danmark

Livscyklusvurderinger (LCA) anvendes i stigende grad i Danmark til vurdering af bygningers miljømæssige bæredygtighed. Ved LCA på en bygning kan både miljøpåvirkninger og ressourceforbrug fra drift såvel som fra byggematerialer beregnes og evalueres over en valgt beregningsperiode (kaldet betragtningsperiode). Ved brug af en LCA kan miljøpåvirkningerne for et givent byggeri kvantificeres og sammenlignes med tilsvarende byggerier for på denne måde at kunne vurdere, hvordan miljøpåvirkningerne kan reduceres.

LCA indgår som en vigtig del af både den nye frivillige bæredygtighedsklasse, samt den frivillige certificeringsordning for bæredygtigt byggeri DGNB. I år 2015 blev LCAbyg, som er et dansk frit tilgængeligt LCA-værktøj for byggeri, lanceret. Anvendelsen af LCAbyg er gradvist vokset i de sidste fem år, hvor der nu er knap 4500 registrerede brugere og mellem 400-600 aktive brugere af værktøjet hver måned. I tiden siden lanceringen af LCAbyg er forskellige danske publikationer, som øger byggebranchens forståelse og viden om metoden, blevet udgivet på området. Her kan nævnes:

- Introduktion til LCA på bygninger (Birgisdottir & Rasmussen, 2015)
- Bygningens Livscyklus: Identifikation af væsentlige bygningsdele, materialegrupper og faser i en miljømæssig vurdering (Rasmussen & Birgisdottir, 2015a)
- LCA på større bygningsrenoveringer (Rasmussen & Birgisdottir, 2015b)
- Bygningers indlejrede energi og miljøpåvirkninger, (Birgisdóttir & Madsen, 2017)
- LCA i tidlig bygningsdesign (Kanafani, et al., 2019)
- Klimapåvirkning fra 60 bygninger: Muligheder for udformning af referenceværdier til LCA for bygninger (Zimmermann, Andersen, Kanafani & Birgisdóttir, 2020).

Den frivillige bæredygtighedsklasse blev lanceret i maj 2020 og den vil medføre yderligere fokus på anvendelse af LCA til at reducere bygningers miljøpåvirkninger i Danmark, herunder bygningers klimapåvirkning.

LCA er en standardiseret metode til vurdering af produkters ressourceforbrug og miljøpåvirkninger over hele deres livscyklus (ISO 14040:2008, ISO 14044:2008). Selvom metoden er standardiseret, tillades en vis metodefrihed og en række andre forhold (fx data), som har indflydelse på resultaterne af en LCA. Der findes en række håndbøger og vejledninger om LCA, som beskriver, hvorledes LCA kan udføres. Den vigtigste at fremhæve er ILCD-håndbogen, udviklet af Institute for Environment and Sustainability, the European Commission Joint Research Centre (JRC), i samarbejde med DG Environment (European Commission, 2010). ILCD-håndbogen består af en serie af tekniske dokumenter, der giver detaljerede retningslinjer for alle de trin, der kræves for at gennemføre en LCA. Formålet med håndbogen er at sikre kvalitet i livscyklus-data, metoder og vurderinger.

Forskellige LCA-tilgange

Det er vigtigt at fremhæve, at der findes to overordnede metoder til en livscyklusvurdering. Disse metoder er hhv. *attributional LCA* og *consequential LCA*:

Attributional LCA defineres som en slags gennemsnitstilgang, hvor modellering af systemet udføres som et udsnit af nuværende processer for det enkelte produkt og dets produktdata (fx anvendes data for gennemsnitligt ressourceforbrug og emissioner ved fremstilling af træ).

Consequential LCA defineres som modellering af konsekvenserne af en beslutning, hvilket indebærer modellering af de processer, der påvirkes af en beslutning (fx hvilke konsekvenser har øget anvendelse af træ i byggeriet, hvilken ændring har det fx i efterspørgsel og anvendelse af ressourcer, produktionen af byggematerialer, mv.).

Der skelnes mellem tre forskellige situationer eller formål med vurderingen, som er med til afgøre, om der anvendes attributional eller consequential LCA (European Commission, 2010): attributional til 'microlevel' beslutningsstøtte og consequential til 'meso/macro level' beslutningsstøtte, dvs. vedrørende konsekvenser, der forskyder eksisterende markedsbalancer.

I europæisk praksis baseret på europæiske standarder for LCA på bygninger (EN 15804:2012 + A1:2019 15978:2012) arbejdes oftest med attributional LCA. Den fremgangsmåde, der anvendes til både DGNB-certificering i Danmark og i LCAbyg, bygger på den gængse europæiske praksis og derfor også på attributional LCA-metode. Den er som nævnt ovenfor tilpasset til at evaluere enkelte bygninger og sammenligne deres resultater med andre bygninger og eventuelt referenceværdier.

I 2016 udkom en dansk rapport ´*Potentialer og barrierer for brugen af træ og bæredygtigt træ i byggeriet*´, en rapport udført af Damvad Analytics (Damvad analytics m.fl., 2016). Rapporten havde det formål at analysere miljømæssige effekter ved at substituere materialer som beton, tegl og metalvarer med træ. For at medtage substitutionen, blev der valgt at anvende consequential LCA fremgangsmåden.

CO_2-lagring i træ

Kulstofbinding defineres som kulstof, der tidligere er absorberet fra atmosfæren og nu midlertidig oplagret i materialet. Der er forskellige tilgange til, hvordan der i en LCA kan tages højde for kulstoflagring, og de forskellige tilgange kan føre til store forskelle i resultaterne af indlejrede drivhusgasemissioner. Kort sagt vedrører forskellene, dels hvorledes oplagringen beregnes, dels hvorvidt timingen af udledningen af emissioner i forhold til oplagringen er velovervejet.

Der er stadig ikke enighed om, hvad der er den mest hensigtsmæssige metode til behandling og kvantificering af tidsmæssig lagring af kulstof, hvilket også afspejler sig, når resultater fra forskellige LCA-studier, der vedrører

anvendelse af træ i byggeri, granskes nærmere. En nyere europæisk standard for Environmental Product Declaration (EPD) for træprodukter fremhæver, at træprodukter, som stammer fra bæredygtigt skovbrug, kan betragtes som CO_2-neutrale[2] (EN 16485:2014), og en anden nyere europæisk standard (EN 16449:2014) fremhæver, at kulstofbinding kan inkluderes, men bør rapporteres som separate oplysninger. Det kan fx nævnes, at i nylige svenske og norske analyser er der valgt at beregne træ som CO_2-neutralt (Larsson, M., Erlandsson, M., Malmqvist, T. & Kellner, J., 2016, Rønning, A. et al. 2019).

I Ökobau-databasen, som er den database, der hyppigst benyttes til LCA på bygninger i Danmark, er kulstoflagringen integreret i LCA-data for de enkelte trævarer. Det vil sige, at der som regel vil være negativ CO_2-emission forbundet med produktionen af træ (fx -700 kg CO_2 pr m^3). Dette lagrede CO_2 skal dog modregnes inden for det samme produktsystem, altså som et udslip af CO_2. Typisk vil dette blive tillagt i slutningen af bygningens betragtningsperiode, under antagelsen af, at det bliver forbrændt eller genbrugt på et eller andet tidspunkt. Selv hvis træet indgår i et nyt produktsystem, fx genbruges til andet formål, skal det lagrede CO_2 modregnes inden for det primære produktsystem. Dette er en følge af standarderne på området (EN 15804:2012 + A1:2013, EN 16449:2014)

Dataene i Ökobau-databasen er baseret på den europæiske standard for EPD'er (EN 15804:2012 + A1:2013). Der er kommet en ny revision af standarden i 2019, som medfører nogle ændringer i formidlingen af resultater fra en EPD (EN 15804:2012 + A1:2019). De udledte drivhusgasser opdeles nu i flere kategorier. Dette betyder, at man deklarerer biogene og fossile CO_2-udledninger hver for sig. Samtidig tilføjer man endnu en global opvarmningskategori for 'brug af landareal og omlægning af areal'.

Eksisterende eksempler på LCA af træbyggeri

Der eksisterer allerede god viden om niveauet for bygningers klimabelastning i Danmark, både fra opsamling af erfaringer fra DGNB-certificeringer i Danmark, men også igennem SBi-rapporterne *´Bygningers indlejrede energi og miljøpåvirkninger´* (Birgisdóttir & Madsen, 2017) og *´Klimapåvirkning fra 60 bygninger: Muligheder for udformning af referenceværdier til LCA for bygninger´,* (Zimmermann, Andersen, Kanafani & Birgisdóttir, 2020).

LCA anvendes ofte til direkte sammenligning af forskellige alternativer, og der findes derfor også flere studier, hvor træbyggeri er blevet sammenlignet med forskellige andre alternativer. I de fleste tilfælde er der fokus på beregning af klimabelastningen.

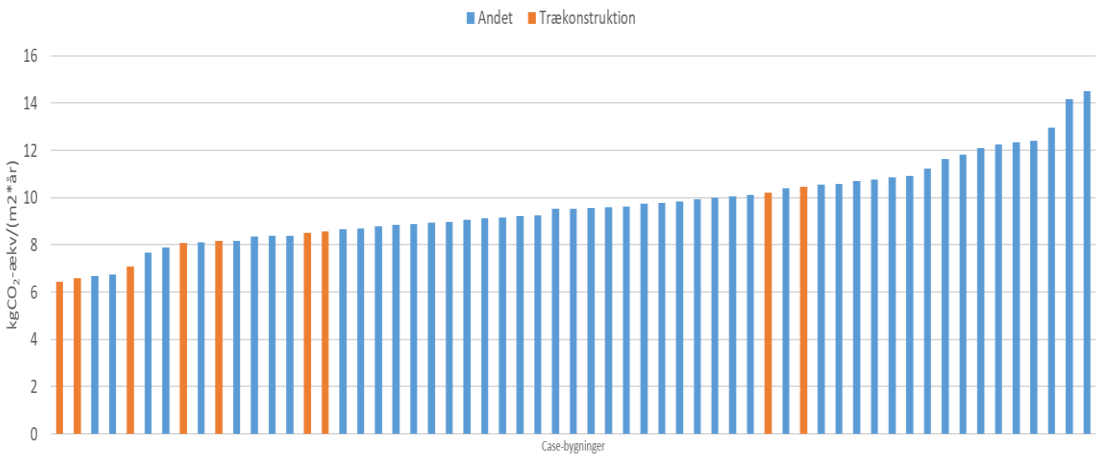
Oversigt over bygningers klimabelastning

I rapporten `*Klimapåvirkning fra 60 bygninger: Muligheder for udformning af referenceværdier til LCA for bygninger´,* (Zimmermann, Andersen, Kanafani & Birgisdóttir, 2020) udføres LCA efter samme metode og datagrundlag for et stort antal bygninger. I rapporten er der forsøgt at indsamle data på bygninger med forskellige konstruktioner og materialer. Formålet med rapporten er ikke at sammenligne det ene materiale med det andet, men idet konstruktionsprincipper og materialer til de forskellige case bygninger er registreret, er det muligt at lave forskellige analyser på baggrund af rapportens datamateriale.

Figur 24 viser den samlede klimabelastning for de 60 bygninger over en betragtningsperiode på 50 år, og hvor klimabelastningen for drift og byggematerialer er lagt sammen. I figuren er ni bygninger markeret med orange,

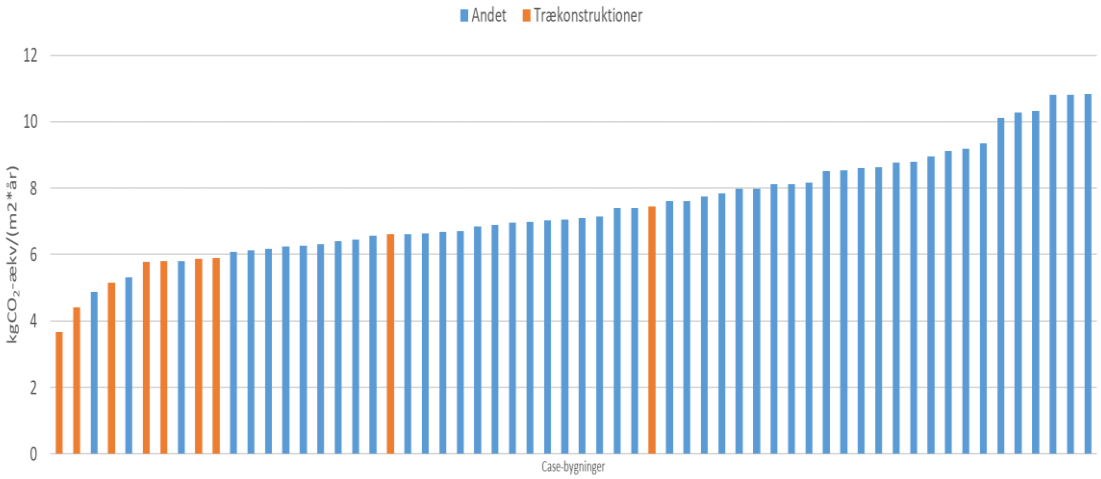
[2] Ved CO_2-neutral menes at selve materialet har ingen netto CO_2-udledning. I nogle metoder regnes den som 0, og i andre regnes med kulstofslagringen, mens træet er i bygningen, og en frigivelse af CO_2, når den fjernes fra bygningen.

og det er de ni bygninger af 60, som har bærende konstruktioner i træ. Det fremgår af figuren, at de to bygninger med den laveste samlede klimabelastning er med bærende konstruktioner i træ, og af de ti bygninger med lavest samlede klimabelastning er fem med bærende konstruktioner i træ. To af bygningerne med bærende konstruktioner i træ ligger i den høje ende, så det er ikke nok alene at anvende bærende konstruktion i træ for at ligge i den lave ende, der skal ses på det samlede materialeforbrug i en bygning.



Figur 24. Klimapåvirkninger fra de 60 case-bygninger set over en 50-års betragtningsperiode, hvor belastning fra materialer og drift er lagt sammen. Figuren svarer til figur 8 fra den oprindelige rapport, men hvor bygninger med bærende konstruktioner i træ er fremhævet her. Desuden er der kun 59 cases her idet data for drift mangler for en af de 60 cases.

Figur 25 viser den indlejrede klimabelastning, dvs. kun den belastning, der kan relateres til materialerne, i de 60 bygninger over en betragtningsperiode på 50 år. Her ses, at stadig er de to bygninger med den laveste klimapåvirkning med bærende konstruktioner i træ, men af de ti bygninger med laveste samlede klimabelastning, er syv med bærende konstruktioner i træ.



Figur 25. Den indlejrede klimapåvirkninger (dvs. kun materialeforbruget) fra de 60 case-bygninger set over en 50-års betragtningsperiode.

Studier hvor træ sammenlignes med andre alternativer

Der findes en række eksisterende undersøgelser, hvor bygninger eller konstruktioner af træ er sammenlignet i LCA-studier. Alle omtalte studier sammenligner drivhusgasemissioner og eventuelt også energiforbrug. Nogle ser også på flere miljøpåvirkningskategorier. Når bygningerne vurderes ud fra drivhusgasemissioner, viser langt de fleste sammenligninger en miljømæssig fordel ved anvendelse af træ sammenlignet med andre byggematerialer. Ud over de sammenligninger, der kan laves ud fra de danske rapporter, som har

været introduceret ovenfor (Birgisdóttir & Madsen, 2017, Zimmermann, Andersen, Kanafani & Birgisdóttir, 2020), er der også andre eksempler:

- I alt ni cases fra Storbritannien og Sverige rapporteret i et internationalt forskningsprojekt (IEA EBC Annex 57) viser en betydelig reduktion af drivhusgasemissioner for forskellige løsninger, mellem 15 % og 77 % ved forskelligt omfang af træ, fra facadebeklædning til samtlige bærende og ikke-bærende elementer (Birgisdottir m.fl., 2016, Malmqvist m.fl. 2018).
- *´Byggandets klimapåverkan. Livscykelberäkning av klimatpåverkan för ett nyproducerat flerbostadshus med massiv stomme av trä´* (Larsson, M., Erlandsson, M., Malmqvist, T. & Kellner, J., 2016) er en svensk rapport, som omfatter analyse af et boligbyggeri af træ, Strandparken, som sammenlignes med et betonbyggeri, Blå Jungfrun. Sammenligningen af de to bygninger viser dobbelt så høj indlejret klimabelastning ved Blå Jungrun, godt 400 kg CO_2/m^2, i forhold til Strandparken, godt 200 kg CO_2/m^2, beregnet over en 50 års-periode (figur 20 i rapporten).

Der findes også eksempler på analyser, som viser blandede resultater eller en begrænset forskel ved at anvende træ sammenlignet med andre materialer:

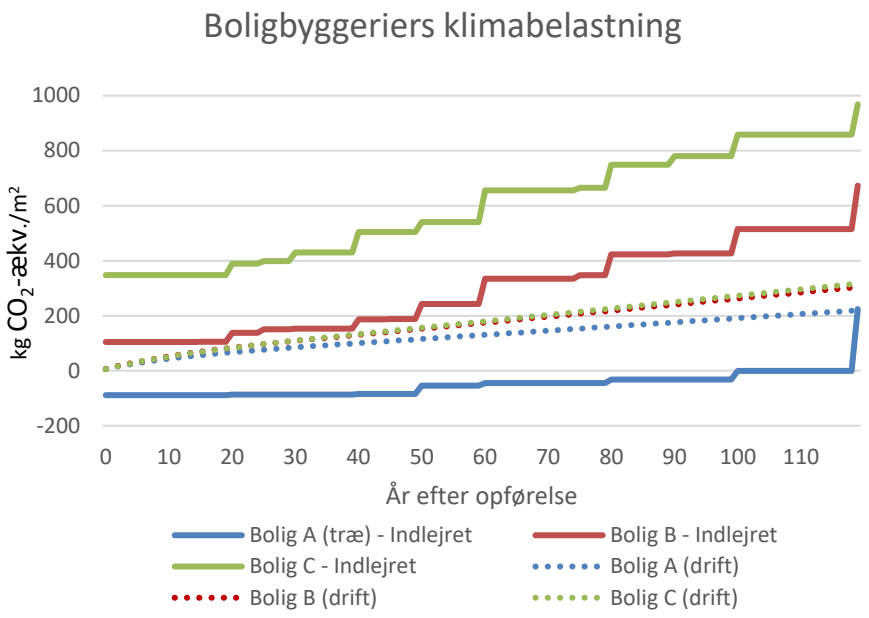
- *´Klimagassregnskap av tre- og betongkonstruksjoner´* (Rønning, A. et al. 2019) er en norsk rapport, som sammenligner en kontorbygning på hhv. fire, otte og seksten etager i træ og beton placeret i Trondheim og Kristiansand. Analysen inkluderer kun bærende dele samt de tiltag, der er nødvendige for at overholde lyd og brandforhold. Der er fokus på den første fase i bygningens livscyklus, dvs. produktion af materialer, transport og byggeplads. Træet regnes som klimaneutralt. Beton blev først beregnet med generiske EPD'er og dernæst med produktspecifikke og miljøoptimerede EPD'er i samarbejde med betonelementproducenterne. Ingen materialeproducenter bidrog direkte til projektet, kun med leverance af miljødata.
  Den største reduktion ved anvendelse af træ findes ved fire etager. Her er reduktionen i størrelsesordenen 20-50 %, afhængigt af, om der anvendes generiske data for beton, optimerede data for beton eller den bedste beton data.
  Ved otte etager er klimaaftrykket 20 % lavere ved træ end beton med generiske data og 10 % forskel ved miljøoptimerede data. Ved brug af den bedste miljøoptimerede betondata bliver beton lidt bedre end træ.
  Ved seksten etager ændrer billedet sig. Der er ingen forskel mellem anvendelse af træ og den generiske betondata, hvorimod den miljøoptimerede og bedste betondata bliver 20 % bedre end anvendelse af træ. Dette skyldes, at beton og armering i fundamentet kommer til at fylde relativt meget for den 16 etagers bygning (27 % for træ og 19 % for betonbygningen, Trondheim, 16 etager).
  Rapportens generelle konklusion er, at man ikke kan konkludere, at træ generelt er mere miljøvenligt end beton, og at dette i høj grad afhænger af den konkrete bygnings udformning og konstruktion.
- *´Energi och klimateffektiva byggsystem. Miljövärdering av olika stomalternativ´* (Kurkinen, E., Peñaloza, D. & Al-Ayish, N., 2015) er en svensk rapport, som sammenligner anvendelse af træ og beton i bærende elementer i boligbyggeri. De kommer frem til den konklusion, at der ikke er signifikant forskel i de indlejrede drivhusgasser ved anvendelse af træ eller beton.
- Et dansk notat til Dansk beton (Constructa, 2017) sammenligner CO_2-udledningen for råhuset til en etageejendom, der udføres med

forskellige typer bagmure og etagedæk. Formålet er at sammenligne effekten af den termiske masse i byggeriet med de indlejrede emissioner. Beregning af varmekapacitet viser, at den effektive varmekapacitet varier fra 44 til 139 Wh/(m^2 K), hvilket medfører varierende energiforbrug, lavest for beton (tung) på 27,7 kWh/m^2 år og højest for let trækonstruktion på 29,5 kWh/m^2 år.
Konklusionen i dette notat er, at det lette træbyggeri har det laveste udgangspunkt i forhold til indlejrede drivhusgasemissioner, men bliver overhalet af det tunge byggeri af beton efter 60 år, som skyldes udskiftninger i det lette byggeri, samt lavere energiforbrug i det tunge byggeri af beton pga. øget varmekapacitet.
Det skal bemærkes, at selvom notatet er fra 2017, benyttes forældede data til beregningerne. Til beregning af de indlejrede emissioner benyttes LCAbyg ikke, hvorimod der anvendes nøgletal fra *´Miljø og arkitektur´* (uklart men formentlig menes *´Arkitektur og miljø´,* som er en publikation fra år 2000). Emissioner fra driftsenergiforbruget beregnes ud fra Energistyrelsens nøgletal fra 2008, som også afviger betydeligt i forhold til de nyere data for fjernvarme, som fx anvendes i LCAbyg, idet der er sket en væsentlig reduktion i CO_2-udledningen fra danske fjernvarmeværker i de sidste 10 år.

- *´Potentialer og barrierer for brugen af træ og bæredygtigt træ i byggeriet´,* er en rapport udført af Damvad Analytics fra 2016. Opgaven var blandt andet at analysere miljømæssige effekter ved at substituere andre mere anvendte materialer som beton, tegl og metalvarer med træ. Idet opgaven formuleres som, at træ skal substituere andre materialer, udføres beregningerne anderledes end de fleste ovennævnte analyser, dvs. her anvendes consequential LCA fremgangsmåde og ikke attributional LCA fremgangsmåde. Der opstilles tre bygningscases, parcelhus, etagebyggeri og hal, som vurderes. Beregningerne viser, at på baggrund af de opstillede scenarier og anvendt metode kan CO_2-besparelserne ved at bygge med mere træ end konventionelle materialer være betydelige for etagebyggeri, mens det ikke nødvendigvis er tilfældet for parcelhus- og halbyggeri.

Timing og reduktionsmål

Det er væsentligt at forholde sig til, hvornår påvirkningerne fra en bygnings livscyklus indtræffer. Figur 26 viser et eksempel med tre boligprojekter, hvor boligprojekt A er udført i træ, hvorimod de andre to (B og C) er udført med andre materialer. Beregningerne inkluderer lagring af CO_2 i træet og senere modregning ved endt levetid.



Figur 26. Klimabelastning fra tre DGNB-certificerede boligprojekter over en betragtningsperiode på 120 år beregnet i LCAbyg. Bolig A er et byggeri af træ, hvilket ses afspejlet i kulstofoptag i træ i byggeriets levetid. De øvrige byggerier er af andre materialer. Kilde SBi 2019.

Af tidsaksen i Figur 26 fremgår det, at emissionsprofilen for træbyggeriet holder sig væsentligt lavere end de to alternativer. Grafen viser, at boligbygning A (af træ) starter i minus, idet mængden af indlejret CO_2 i træet overstiger drivhusgasemissioner i øvrige materialer og processer i bygningen. Emissionerne stiger lidt over bygningens livscyklus, men den største forskel udgør modregningen af det lagrede CO_2 ved afslutningen af betragtningsperioden. De andre to boligprojekter, B og C, starter i hhv. 150 og 380 kg CO_2/m^2 og stiger gradvist over betragtningsperioden på 120 år.

På baggrund af de overordnede CO_2-mål vedrørende en reduktion på 70 % i 2030 og vedrørende carbon-neutralitet i 2050 er det af yderste vigtighed, at der opnås bedre forståelse af, hvorvidt og hvorledes biobaserede materialer kan bidrage til den nødvendige reduktion, og hvilken rolle lagring af CO_2 har i denne omstilling. Det omhandler både den eksisterende bygningsmasse, men i høj grad også nybyggeriet, fordi 'startomkostningen' af CO_2 i materialerne udgør en stor del af den samlede belastning fra bygningens livscyklus.

Afslutningsvis bør det understreges, at den gunstigere klimapåvirkning ved træbyggeri, som har været omhandlet i de ovenstående eksempler, ikke kan oversættes direkte til også at gælde for andre kategorier af miljøpåvirkninger. Fx kan forsuringspotentialet samt landarealforbruget vise sig at være højere ved brugen af træ. Ligeså potentialerne for toksisk påvirkning af vand og jord, fx ved trykimprægneret træ.

Nyere træbyggeri i Danmark

Nedenfor gennemgås casestudier af træbyggeri i Danmark i nyere tid. Eksemplerne er inkluderet i et ønske om at kortlægge den nuværende brug af træ i dansk byggeri, udviklingen af brugen af træ samt potentialet for trækonstruktioner. I eksemplerne betragtes konstruktionerne, og det beregnes, hvor stor en volumenandel er træ. Slutteligt opgøres potentialet for træ over sokkelhøjde i de individuelle eksempler, såfremt fibergips/gips erstattes med krydsfinér, mineralsk isolering erstattes med træuld eller papiruld med 10 % brandhæmmer, og gipslofter erstattes af træloft, og gulve antages som trægulve, samt hvis det formodes at 1 vol% af træet er af søm/skruer/beslag.

Langagergård, Agergårdshaven, Karlslunde, 2008

Figur 27. Kæde- og rækkehuse i bebyggelsen Langagergård i Agergårdshaven i Karlslunde. Foto: Scandi Byg.

Der er i 2008 opført 23 seniorboliger á fem forskellige typer (80-109m2) i Agergårdshaven, Karslunde. Byggeriet er opført som modulbyggeri og med differentieret højde. Boligerne er opført i tre separate blokke, og i denne optegnelse betragtes blok A med otte boliger. I denne blok er fire forskellige boligtyper, to af hver hhv. type 1: 80 m^2, type 2: 85 m^2, type 4: 107 m^2, og type 5: 109 m^2.

Facadearealet udgør totalt 401 m^2, hvoraf 168 m^2 udgør glaspartier i forbindelse med vinduer/døre. Det samlede glasareal svarer til 42 % af facadearealet. Facadearealet uden vinduer/døre udgør således 233 m^2. I nedenstående optegnelse er glasarealet således fraregnet, se Tabel 2.

Tabel 2. Optegnelse for kæde- og rækkehuse i bebyggelsen Langagergård i Agergårdshaven i Karlslunde.

	Volumen [m^3]	vol%	Total andel af træ pr. bygningsdel %	Total andel af træ for hele konstruktionen %
Ydervæg	65,26		14,97	12,65
Gips	6,05	9,27		
Ramme/forskalling (træ)*	3,84	5,88		
Isolering	47,35	72,55		
Vindspærre (gips)	2,09	3,21		
Afstandslister (træ)	0,81	1,24		
Beklædning (træ)	5,12	7,84		

Tagkonstruktion	261,48		11,69	
Gips	19,86	7,60		
Forskalling/ramme (træ)*	21,39	8,18		
Isolering	204,94	78,38		
OSB (træ)	9,17	3,51		
Tagpap	6,11	2,34		
Lejlighedsskel	75,59		5,48	
Gips	15,12	20,00		
Ramme (træ)*	4,14	5,48		
Isolering	51,09	67,60		
Vindgips	5,23	6,92		
Skillevægge	65,24		4,85	
Gips	23,08	35,37		
Ramme (træ)*	3,16	4,85		
Isolering	39,00	59,78		
Terrændæk *Badeværelse og øvrig*	249,77		17,26	
Gulv (træ)	10,08	4,04		
Gulv (klinker)	0,26	0,11		
Foam	2,16	0,87		
Beton	52,27	20,93		
Spånplade (træ)	15,85	6,34		
Forskalling (træ)*	12,32	4,93		
Isolering	151,96	60,84		
Krydsfinér (træ)	4,85	1,94		

**Antagelser er gjort vedr. afstanden på forskalling og ramme konstruktioner:*

Ydervæg:

Spredt forskalling, indre: 45 mm pr. 600 mm

Rammekonstruktion: 45 mm pr. 600 mm

Spredt forskalling, ydre: 95 mm pr. 600 mm

Tag:

Spredt forskalling, loft: 100 mm pr. 400 mm

Rammekonstruktion: 45 mm pr. 600 mm

Gulv:

Spredt forskalling: 45 mm pr. 600 mm

Skillevægge og lejlighedsskel:

Rammekonstruktion: 45 mm pr. 600 mm

Følges definitionen på træbyggeri, som angivet i afsnittet *Definition af betegnelsen "træbyggeri"*, hvor andelen af træ beregnes over sokkel og lastfordelende betonplade, og såfremt at fibergips/gips erstattes med krydsfinér, mineralsk isolering erstattes med træuld eller papiruld med 10 % brandhæmmer, og gipslofter erstattes af træloft, og gulve antages som trægulve, samt hvis det formodes at 1 vol% af træet er af søm/skruer/beslag, opnås en andel af træ på 97,24 %.

Tranbjerg Syd, Aarhus – type R2, 2010

Figur 28. Kæde- og rækkehuse i Tranbjerg Syd i Aarhus. Foto: AL2bolig.

I området ved Tranbjerg Syd har AL2 Bolig omkring 2010 opført forskellige typer af træbyggeri til boliger. I dette afsnit betragtes lejlighederne, type R2. Lejlighederne er 68 m^2, og i hhv. stueplan og på 1. sal. Der er opført otte boliger af denne type, og det antages, at fire units med to lejligheder er sammenbygget.

Facadearealet udgør totalt 479 m^2, hvoraf 130 m^2 udgør glaspartier i forbindelse med vinduer/døre. Det samlede glasareal svarer til 27,2 % af facadearealet. Facadearealet uden vinduer/døre udgør således 349 m^2. I nedenstående optegnelse er glasarealet således fraregnet, se Tabel 3.

Tabel 3. Optegnelse for kæde- og rækkehuse i Tranbjerg Syd i Aarhus.

	Volumen [m^3]	vol%	Total andel af træ pr. bygningsdel %	Total andel af træ for hele konstruktionen %
Ydervæg	103,26		14,59	15,88
Gips	9,08	8,79		
Rigler/stolper/forskalling (træ)	7,46	7,23		
Isolering	76,33	73,92		
Vindspærre	2,79	2,70		
Afstandslister (træ)	0,97	0,94		
Beklædning (træ)	6,63	6,42		
Tagkonstruktion	85,55		12,55	
Gips	7,62	8,91		
Rigler (træ)	7,29	8,52		
Isolering	65,18	76,19		
Krydsfinér (træ)	3,45	4,03		
Tagpap	2,01	2,35		
Lejlighedsskel	29,27		17,06	
Gips	5,72	19,55		
Krydsfinér (træ)	2,64	9,02		
Rigler (træ)	2,35	8,04		
Isolering	18,55	63,39		
Skillevægge	34,56		14,27	
Gips	11,30	32,70		
Krydsfinér (træ)	2,61	7,55		
Rigler (træ)	2,32	6,72		

Isolering	18,33	53,03		
Etageadskillelse	70,67		32,06	
Gulv (træ)	3,49	4,93		
Krydsfinér	7,47	10,57		
Ribbe (træ)	9,97	14,10		
Isolering	41,54	58,78		
Forskalling (træ)	1,73	2,45		
Gips	6,47	9,16		
Terrændæk	116,77		9,86	
Gulv (træ)	3,49	2,99		
Krydsfinér (træ)	4,48	3,84		
Ribber (træ)*	3,55	3,04		
Isolering	16,12	13,81		
Uorganisk plade	1,99	1,71		
Isolering (polystyren)	37,35	31,98		
Sand	49,80	42,64		

**Antagelser er gjort vedr. afstanden på forskalling og ramme konstruktioner:*

Rammekonstruktion i dæk: 45 mm pr. 600 mm

Følges definitionen på træbyggeri, som angivet i afsnittet *Definition af betegnelsen "træbyggeri"*, hvor andelen af træ beregnes over sokkel og lastfordelende betonplade, og såfremt at fibergips/gips erstattes med krydsfinér, mineralsk isolering erstattes med træuld eller papiruld med 10 % brandhæmmer, og gipslofter erstattes af træloft, og gulve antages som trægulve, samt hvis det formodes at 1 vol% af træet er af søm/skruer/beslag, opnås en andel af træ på 98,39 %.

Tingskovparken 76-94, Tranbjerg syd, Aarhus, 2011

Figur 29. Kæde- og rækkehuse i Tingskovparken i Tranbjerg syd i Aarhus. Foto: AL2bolig.

Seksten seniorboliger med tre værelser i et plan er opført i 2010. Bygningerne er udført med præfabrikerede lette elementer i træ, der er dimensioneret til at kunne bære taget og have den nødvendige skivestabilitet. Terrændæk er udført som flydende dæk med 400 mm polystyren og 120 mm armeret klaplag, og tagkonstruktionen er udført med lette præfabrikerede elementer. Facaderne er opført med lette elementer i træ og isoleret med 315 mm mineraluld. Indervægge er af præfabrikerede trækonstruktioner beklædt med gips. Lejlighedsskel er præfabrikerede træskeletvægge med fastholdt isolering og 2 lag fibergips. De seksten seniorboliger er fordelt på fire ens blokke, der udefra differentierer sig ved længde/antal boliger. De fire blokke inkluderer hhv. fire, tre, fem og fire boliger. I denne optegnelse tages udgangspunkt i en blok med fire boliger (blok 1 og 4).

Facadearealet udgør totalt 391 m^2, hvoraf 97 m^2 udgør glaspartier i forbindelse med vinduer/døre. Det samlede glasareal svarer til 24,8 % af facadearealet. Facadearealet uden vinduer/døre udgør således 294 m^2. I nedenstående optegnelse er glasarealet således fraregnet, se Tabel 4.

Tabel 4. Optegnelse for kæde- og rækkehuse i Tingskovparken i Tranbjerg syd i Aarhus.

	Volumen [m^3]	vol%	Total andel af træ pr. bygningsdel %	Total andel af træ for hele konstruktionen %
Ydervæg	112,89		13,50	8,47
Fibergips	3,53	3,13		
Rigler/stolper (træ)	8,83	7,82		
Isolering	91,77	81,30		
Vindspærre	2,35	2,09		
Spredt forskalling (træ)	0,82	0,72		
Beklædning (træ)	5,59	4,95		
Tagkonstruktion	94,40		11,41	
Gips	2,69	2,85		
Spær/forskalling (træ)	8,08	8,56		
Isolering	79,14	83,84		
Tagkrydsfinér (træ)	2,69	2,85		
Tagpap	1,79	1,90		
Lejlighedsskel	15,52		6,09	
Fibergips	2,91	18,75		
Isolering	11,67	75,16		
Rigler/stolper (træ)	0,95	6,09		
Skillevægge	25,84		6,09	
Fibergips	4,85	18,75		
Isolering	19,42	75,16		
Rigler/stolper (træ)	1,57	6,09		
Terrændæk	248,06		5,45	
Gulv (træ)	13,53	5,45		
Beton	54,12	21,82		
Isolering (polystyren)	180,41	72,73		

Følges definitionen på træbyggeri, som angivet i afsnittet *Definition af betegnelsen "træbyggeri"*, hvor andelen af træ beregnes over sokkel og lastfordelende betonplade, og såfremt at fibergips/gips erstattes med krydsfinér, mineralsk isolering erstattes med træuld eller papiruld med 10 % brandhæmmer, og gipslofter erstattes af træloft, og gulve antages som trægulve, samt hvis det formodes at 1 vol% af træet er af søm/skruer/beslag, opnås en andel af træ på 98,32 %.

Sunshinehouse, EEC Living, gunnersager, Kolding, 2011

Figur 30. Kæde- og rækkehusene Sunshinehouse i Kolding. Foto: Esmir Maslesa.

Byggeriet er en del af et større projekt, Projekt Sunshine House, hvor ti bæredygtige boligblokke blev opført i 2008-2011. Dette eksempel er en toplans blok med tre ens toplanslejligheder, som rækkehuse. Bygningen er sammensat af moduler, og den bærende konstruktion består af trærammer, og der er store vinduespartier på sydsiden.

Facadearealet udgør totalt 324 m^2, hvoraf 96 m^2 udgør glaspartier i forbindelse med vinduer/døre. Den samlede glasareal svarer til 30 % af facadearealet. Facadearealet uden vinduer/døre udgør således 228 m^2. I nedenstående optegnelse er glasarealet således fraregnet, se Tabel 5.

Tabel 5. Optegnelse for kæde- og rækkehusene Sunshinehouse i Kolding.

	Volumen [m^3]	vol%	Total andel af træ pr. bygningsdel %	Total andel af træ for hele konstruktionen %
Ydervæg	110,85		9,76	11,47
Gips	2,85	2,57		
Krydsfinér (træ)	2,96	2,67		
Rigler (træ)*	7,43	6,70		
Isolering	91,62	82,64		
Vindspærre	1,82	1,64		
Afstandslister (træ)*	0,43	0,39		
Beklædning	3,76	3,39		
Tagkonstruktion	108,97		10,19	
Loftsplade	1,63	1,49		
Isolering	94,86	87,06		
Forskalling, rammekonstruktion (træ)*	9,05	8,31		
Krydsfinér (træ)	2,05	1,89		
Tagpap	1,37	1,26		
Lejlighedsskel	19,80		24,09	
Gips	1,96	9,88		
Krydsfinér (træ)	1,88	9,49		
Rigler, forskalling (træ)*	2,77	13,98		
Isolering	13,20	66,65		

Skillevægge	16,87		24,09	
Gips	2,93	17,36		
Krydsfinér (træ)	2,81	16,67		
Rammekonstruktion (træ)*	1,25	7,42		
Isolering	9,88	58,55		
Etageadskillelse	27,82		38,24	
Gulv (træ)	2,40	8,61		
Filt	0,51	1,85		
Gulvspånplade	3,77	13,54		
Bjælker og forskalling (træ)*	4,48	16,09		
Isolering	15,04	54,07		
Loftsplade	1,63	5,85		
Terrændæk	96,55		2,48	
Gulv (træ)	2,40	2,48		
Beton	17,12	17,73		
Isolering	77,04	79,79		

**Antagelser er gjort vedr. afstanden på forskalling og ramme konstruktioner:*

Ydervæg:

Stolpeskelet: 45 mm pr. 600 mm

Afstandslister: 45 mm pr. 600 mm

Tag:

Forskalling under krydsfinér: 45 mm pr. 600 mm

Rammekonstruktion: 45 mm pr. 600 mm

Skillevægge og lejlighedsskel:

Forskalling: 100 mm pr. 300 mm

Rammekonstruktion: 45 mm pr. 400 mm

Etageadskillelser

Rammekonstruktion: 45 mm pr. 600 mm

Følges definitionen på træbyggeri, som angivet i afsnittet *Definition af betegnelsen "træbyggeri"*, hvor andelen af træ beregnes over sokkel og lastfordelende betonplade, og såfremt at fibergips/gips erstattes med krydsfinér, mineralsk isolering erstattes med træuld eller papiruld med 10 % brandhæmmer, og gipslofter erstattes af træloft, beklædning af træ, og gulve antages som trægulve, samt hvis det formodes at 1 vol% af træet er af søm/skruer/beslag, opnås en andel af træ på 97,20 %.

Sundholm Syd, København, 2015

Figur 31. Boliger i Sundholm Syd i København. Foto: AI Arkitekter & Ingeniører.

Sundholm Syd byggeriet består af seks blokke på tre-fire etager, og omfatter totalt 48 almene familieboliger på 80-130 m^2. Byggeriet er opført som lavenergiklasse 2015, og er et præfabrikeret træbyggeri, i et system af rumstore boksmoduler. I denne optegnelse tages udgangspunkt i blok 2, som er type B i fire etager. Denne blok indeholder ti lejligheder. Facaden er hovedsageligt beklædt med corten stål, men nogle flader er beklædt med træ.

Facadearealet udgør samlet cirka 842 m^2, hvoraf 241 m^2 udgør glaspartier i form af vinduer og døre. Dette svarer til et samlet glasareal på 28,6 % af facadearealet. Facadeareal uden glaspartier er således 601 m^2. I nedenstående optegnelse er glasarealet således fraregnet, og volumenandele er angivet over sokkel, se Tabel 6.

Tabel 6. Optegnelse for boliger i Sundholm Syd i København.

	Volumen [m^3]	vol%	Total andel af træ pr. bygningsdel %	Total andel af træ for hele konstruktionen %
Ydervæg	239,19		6,81	13,61
Gips	18,03	7,54		
Isolering	195,12	81,58		
Forskalling, rammekonstruktion (træ)*	15,82	6,61		
Vindspærre	7,21	3,02		
Beklædning (cor-ten)	2,53	1,06		
Beklædning (træ)	0,47	0,20		
Tagkonstruktion	135,81		6,87	
Gips, gipsplank	10,75	7,91		
Isolering	113,73	83,74		
Forskalling, rammekonstruktion (træ)*	5,58	4,11		
Krydsfinér (træ)	3,75	2,76		
Tagpap	2,00	1,47		
Boksskillevægge	127,95		5,32	
Gips, brandgips	37,24	29,10		
Rammekonstruktion (træ)*	6,80	5,32		
Isolering	83,91	65,58		

Skillevægge	72,19		4,85	
Gips	25,54	35,37		
Rammekonstruktion (træ)*	3,50	4,85		
Isolering	43,16	59,78		
Etageadskillelse	301,36		29,33	
Gulv (træ)	9,43	3,13		
Gulv (klinker)	0,32	0,11		
Foam	2,25	0,75		
Gulvspånplade, OSB, krydsfinér (træ)	39,34	13,06		
Bjælker, ramme konstruktion (træ)*	39,62	13,15		
Solymér plade	8,99	2,98		
Lydlægter*	2,91	0,97		
Isolering	166,27	55,17		
Gips, brandgips, gipsplank	32,22	10,69		
Terrændæk	173,48		10,70	
Gulv (træ)	3,01	1,74		
Gulv (klinker)	0,24	0,14		
Foam	0,75	0,43		
Gulvspånplade, krydsfinér (træ)	7,12	4,10		
Rammekonstruktion (træ)	8,43	4,86		
Isolering	66,51	38,34		
Beton	37,47	21,60		
Isolering - polystyren	49,96	28,80		

**Antagelser er gjort vedr. forskalling, afstandslister og ramme konstruktioner:*

Ydervæg:

Rammekonstruktion: 45 mm pr. 600 mm

Forskalling: 45 mm pr. 400 mm

Tag:

Forskalling: 100 mm pr. 300 mm

Rammekonstruktion: 45 mm pr. 900 mm

Boksskillevægge og skillevægge:

Rammekonstruktion: 45 mm pr. 600 mm

Etageadskillelser

Rammekonstruktion: 45 mm pr. 400 mm

Lydlægter: 70 mm pr. 450 mm

Følges definitionen på træbyggeri, som angivet i afsnittet *Definition af betegnelsen "træbyggeri"*, hvor andelen af træ beregnes over sokkel og lastfordelende betonplade, og såfremt at fibergips/gips erstattes med krydsfinér, mineralsk isolering erstattes med træuld eller papiruld med 10 % brandhæmmer, og gipslofter erstattes af træloft, beklædning af træ, og gulve antages som trægulve, samt hvis det formodes at 1 vol% af træet er af søm/skruer/beslag, opnås en andel af træ på 98,21 %.

Tømmergården, Jyllinge, 2016

Figur 32. Boliger i Tømmergården i Jyllinge. Foto: Scandi Byg.

Tømmergården er opført i Jyllinge ved Roskilde. I alt består byggeriet af 35 boliger som rækkehuse, fordelt på syv ens blokke. Hver blok indeholder således fem forskellige lejligheder i både et- og to plan på 95-130 m^2. I følgende optegnelse tages udgangspunkt i én blok.

Facadearealet udgør totalt 475 m^2, hvoraf 93 m^2 udgør glaspartier i forbindelse med vinduer/døre. Det samlede glasareal svarer til 20 % af facadearealet. Facadearealet uden vinduer/døre udgør således 381 m^2. I nedenstående optegnelse er glasarealet således fraregnet, se Tabel 7.

Tabel 7. Optegnelse for boliger i Tømmergården i Jyllinge.

	Volumen [m^3]	vol%	Total andel af træ pr. bygningsdel %	Total andel af træ for hele konstruktionen %
Ydervæg	164,93		11,83	13,49
Gips	11,44	6,94		
Ramme/forskalling (træ)*	10,58	6,42		
Isolering	130,54	79,15		
Vindspærre	3,43	2,08		
Afstandslister (træ)*	0,54	0,33		
Beklædning (træ)	8,39	5,09		
Tagkonstruktion	170,30		10,25	
Gips	4,52	2,65		
Forskalling (træ)*	1,82	1,07		
Isolering	144,17	84,66		
Ramme konstruktion (træ)*	10,42	6,12		
Krydsfinér (træ)	5,21	3,06		
Tagpap	4,17	2,45		
Lejlighedsskel	50,85		4,82	
Gips	18,19	35,78		
Rammekonstruktion (træ)*	2,45	4,82		
Isolering	30,20	59,40		
Skillevægge	18,54		4,04	
Gips	8,56	46,1538		
Rammekonstruktion (træ)*	0,75	4,04		
Isolering	9,23	49,81		
Etageadskillelse *3 typer etageadskillelser – materiale volumener samlet her*	110,60		23,77	
Gulv (træ)	2,57	2,32		
Foam	0,59	0,54		

Gulvspånplade (træ)	4,34	3,93		
Ramme konstruktion (træ)*	10,53	9,52		
Isolering	76,93	69,55		
Bundplade, elliotsispine (træ)	1,18	1,07		
Bærelister (træ)*	0,59	0,54		
Syloymérplade	2,37	2,14		
Krydsfinér (træ)	4,01	3,62		
OSB (træ)	2,37	2,14		
Lydlægter (træ)*	0,02	0,02		
Forskalling*	0,68	0,61		
Gips	3,99	3,60		
Underpap	0,44	0,39		
Terrændæk *Badeværelse og øvrig*	130,18			
Gulv (træ)	3,75	2,88		
Gulv (klinker)	0,18	0,14		
Foam	0,87	0,66		
Beton**	1,81	1,39	15,84	
Spånplade (træ)	6,34	4,87		
Rammekonstruktion (træ)	8,65	6,64		
Isolering	106,69	81,95		
Krydsfinér (træ)	1,87	1,44		
Stål	0,01	0,01		

**Antagelser er gjort vedr. afstanden på forskalling og ramme konstruktioner:*

Ydervæg:

Spredt forskalling: 45 mm pr. 600 mm

Rammekonstruktion: 45 mm pr. 600 mm

Afstandslister: 95 mm pr. 600 mm

Tag:

Spredt forskalling, loft: 95 mm pr. 400 mm

Rammekonstruktion: 45 mm pr. 600 mm

Dæk:

Rammekonstruktion: 45 mm pr. 600 mm

Skillevægge og lejlighedsskel:

Rammekonstruktion: 45 mm pr. 600 mm

Etageadskillelser

Rammekonstruktion: 45 mm pr. 600 mm

Bærelister: 100 mm pr. 600 mm

Forskalling: 22 mm pr. 300 mm

Lydlægter: 25 mm pr. 450 mm

Forskalling (loft mod loftsrum): 95 mm pr. 600 mm

***Øvrige antagelser:*

Badeværelse: "Gulv udstøbt i beton på bærende stålramme": 100 mm beton, heraf 1 % stål (3 mm pr. 400 mm)

Følges definitionen på træbyggeri, som angivet i afsnittet *Definition af betegnelsen "træbyggeri"*, hvor andelen af træ beregnes over sokkel og lastfordelende betonplade, og såfremt at fibergips/gips erstattes med krydsfinér, mineralsk isolering erstattes med træuld eller papiruld med 10 % brandhæmmer, og gipslofter erstattes af træloft, og gulve antages som trægulve, samt

hvis det formodes at 1 vol% af træet er af søm/skruer/beslag, opnås en andel af træ på 97,36 %.

Fruering skovmark, Skanderborg, 2019

Figur 33. Énfamiliehus i Skanderborg. Foto: Kroghede Arkitektur.

Villaen er i et plan, med den primære konstruktion opført i præfabrikerede CLT-elementer. I halvdelen af huset lægges trægulv, og den anden halvdel beton. Lofterne i køkken og den ene stue beklædes med akustikplader, og de resterende lofter og indvendige overflader med fibergips.

Facadearealet udgør samlet cirka 189 m^2, hvoraf 46 m^2 udgør glaspartier i form af vinduer og døre. Dette svarer til et samlet glasareal på 24,4 % af facadearealet. Facadeareal uden glaspartier er således 143 m^2. I nedenstående optegnelse er glasarealet således fraregnet, og volumenandele er angivet over sokkel, se Tabel 8.

Tabel 8. Optegnelse for énfamiliehus i Skanderborg.

	Volumen [m^3]	vol%	Total andel af træ pr. bygningsdel %	Total andel af træ for hele konstruktionen %
Ydervæg	58,47		97,55	41,17
Fibergips	1,43	2,45		
CLT (træ)	14,30	24,46		
Træfiber isolering (træ)	37,01	63,29		
Facadestolper (træ)	0,75	1,28		
Vindspærreplade (træ)	2,57	4,40		
Afstandslister (træ)*	0,40	0,68		
Beklædning (træ)	2,00	3,42		
Tagkonstruktion	71,06		31,59	
Isolering (PIR)	45,55	64,10		
CLT (træ)	21,26	29,91		
Akustikplader (antages træ)	1,19	1,67		
Fibergips	1,85	2,6		
Skillevægge			83,33	
Fibergips	2,05	16,67		
CLT (træ)	10,25	83,33		
Terrændæk	81,40		2,65	
Gulv (træ)	2,16	2,65		
Gulv (beton/terrazzo)	2,13	2,61		
Beton (dæklag)	19,99	24,56		
Isolering (EPS)	57,12	70,18		

**Antagelser er gjort vedr. afstanden på forskalling og ramme konstruktioner:*

Afstandslister i ydervæg: 50 mm pr. 450 mm

Følges definitionen på træbyggeri, som angivet i afsnittet *Definition af betegnelsen "træbyggeri"*, hvor andelen af træ beregnes over sokkel og lastfordelende betonplade, og såfremt at fibergips/gips erstattes med krydsfinér, mineralsk isolering erstattes med træuld eller papiruld med 10 % brandhæmmer, og gipslofter erstattes af træloft, og gulve antages som trægulve, samt hvis det formodes at 1 vol% af træet er af søm/skruer/beslag, opnås en andel af træ på 98,18 %.

Folden, Roskilde, 2019

Figur 34. Kæde- og rækkehuse i Folden i Roskilde. Foto: BM Byggeindustri.

Folden er et større byggeprojekt med almene boliger, bestående af ni blokke og i alt 60 almene boliger, heraf er 38 familieboliger, og 22 er ungdomsboliger. Familieboligerne er som rækkehuse i to-tre plan, mens ungdomsboligerne er i et plan. Det er et træbaseret modulbyggeri, og den bærende konstruktion er af træ. I denne opgørelse tages udgangspunkt i bygning 8, som består af fire boliger i tre plan på hhv. 114 m^2 og 115 m^2.

Facadearealet udgør samlet cirka 466 m^2, hvoraf 97 m^2 udgør glaspartier i form af vinduer og døre. Dette svarer til et samlet glasareal på 20,9 % af facadearealet. Facadeareal uden glaspartier er således 368 m^2. I nedenstående optegnelse er glasarealet således fraregnet, og volumenandele er angivet over sokkel, se Tabel 9.

Tabel 9. Optegnelse for kæde- og rækkehuse i Folden i Roskilde.

	Volumen [m^3]	vol%	Total andel af træ pr. bygningsdel %	Total andel af træ for hele konstruktionen %
Ydervæg	163,10		7,56	12,15
Gips	11,05	6,78		
Isolering	133,82	82,05		
Forskalling, afstandslister, rammekonstruktion (træ)*	12,33	7,56		
Vindspærre	2,95	1,81		
Beklædning (skifer)	2,95	1,81		
Tagkonstruktion	106,72		9,60	
Gips	5,13	4,81		
Isolering	88,54	82,96		
Forskalling, rammekonstruktion, ventilationslister (træ)*	8,22	7,70		
Krydsfinér (træ)	3,26	3,05		
Tagpap	1,58	1,48		
Lejlighedsskel	56,79		4,30	
Gips	12,44	21,90		
Krydsfinér (træ)	4,97	8,76		

Rammekonstruktion (træ)*	2,95	5,20		
Isolering	36,43	64,14		
Skillevægge *(badeværelse + øvrig)*	38,61		3,88	
Gips	13,10	33,94		
Rammekonstruktion (træ)*	1,50	3,88		
Isolering	18,49	47,90		
Stålrigler*	0,47	1,22		
Fibergips	1,01	2,61		
Fliser	4,03	10,45		
Etageadskillelse *(badeværelse + øvrig)*	69,36		27,65	
Gulv (træ)	3,96	5,71		
Krydsfinér (træ)	5,87	8,47		
Gulv (klinker)	0,11	0,15		
Beton	1,41	2,03		
Bjælker og forskalling (træ)*	9,34	13,47		
Isolering	42,48	61,24		
Gips	6,19	8,93		
Terrændæk	113,17		12,47	
Gulv (træ)	4,01	3,55		
Krydsfinér	3,44	3,04		
Rammekonstruktion (træ)*	6,66	5,88		
Isolering	35,40	31,28		
Cembrit plade	1,53	1,35		
Isolering - polystyren	62,127	54,90		

**Antagelser er gjort vedr. forskalling, afstandslister og ramme konstruktioner:*

Ydervæg:

Stolpeskelet: 45 mm pr. 600 mm

Afstandslister: 25 mm pr. 600 mm

Forskalling: 95 mm pr. 400 mm

Tag:

Forskalling, ventilationslister: 45 mm pr. 600 mm

Rammekonstruktion: 45 mm pr. 600 mm

Skillevægge og lejlighedsskel:

Rammekonstruktion: 45 mm pr. 600 mm

Stålrigler ved badeværelse: 45 mm pr. 450 mm

Etageadskillelser

Rammekonstruktion: 45 mm og 95 mm pr. 600 mm

Terrændæk

Rammekonstruktion: 95 mm pr. 600 mm

Følges definitionen på træbyggeri, som angivet i afsnittet *Definition af betegnelsen "træbyggeri"*, hvor andelen af træ beregnes over sokkel og lastfordelende betonplade, og såfremt at fibergips/gips erstattes med krydsfinér, mineralsk isolering erstattes med træuld eller papiruld med 10 % brandhæmmer, og gipslofter erstattes af træloft, beklædning af træ, og gulve antages som trægulve, samt hvis det formodes at 1 vol% af træet er af søm/skruer/beslag, opnås en andel af træ på 97,30 %.

Byggetekniske muligheder og udfordringer

Træ som materiale

Træ som materiale har nogle generelle egenskaber. Yderligere har de enkelte træsorter specifikke egenskaber, som kan variere fra træsort til træsort.

Fugtpåvirkning

Træ er et hygroskopisk organisk materiale, hvilket vil sige, at træ kan optage og afgive fugt afhængigt af den omgivende temperatur og relative luftfugtighed. Træ indstiller sig således over tid, alt efter af træart og dimension, til det aktuelle omgivende klima. Fugtigheden i træet indstiller sig således over tid til en ligevægtsfugtighed. Træets egenskaber som materiale er betinget af fugtindholdet og fugtpåvirkningen.

Træets egenskaber påvirkes og ændrer sig i forhold til vandindholdet. Anvendes træ til byggeri, ude som inde og til konstruktioner, er det derfor vigtigt at have kontrol over fugtpåvirkningen og fugtigheden i træet.

Dimensionsændring

Træ ændrer dimension, når fugtindholdet ændres. Desuden vil træ med et fugtindhold over 18-20 % kunne nedbrydes af svampe. Derfor er et stabilt, lavt fugtindhold ofte en forudsætning for at anvende træ til konstruktioner.

Det er dog ikke i alle tilfælde, at træs dimensionsændringer ses som en ulempe. Ved bødkerarbejde og skibsbygning udnyttes den egenskab, at træ udvider sig ved opfugtning. Derfor vil fx. en tønde af træ normalt ikke være tæt når den er tør. Ved brug til lagring af væske vil træet blive opfugtet og udvides, og tønden være tæt.

Dimensionsændringerne resulterer i krumning og vridning af træ.

Krumning er bøjning i længde- og/eller tværretning. Krumning opstår ved, at cellerne i træet i den ene side af et emne har større dimensionsændring end i den anden side, og opstår hvis ligevægtsfugtigheden ændres.

Vridning eller vindskævhed er, at et firskåret stykke træ vrider om sin egen længdeakse.

Fugtindhold

Da træets fugtindhold er vigtigt for dets egenskaber og holdbarhed, er en entydig bestemmelse af fugtindholdet derfor vigtig. Træets fugtindhold defineres som forholdet mellem vægten af den mængde vand, der kan udtørres af et stykke træ, i forhold til træets vægt i helt tør tilstand, normalt angivet i procent af træets tørvægt. For at opnå en helt sikker bestemmelse af et stykke træs fugtindhold vejes stykket, hvorpå det tørres ved 103 ºC ± 2 ºC, indtil vægten er konstant. Vægttabet svarer til det borttørrede vand og udregnes i procent af prøvens tørre vægt.

I frisk træ findes vand både som frit vand og bundet vand. Det frie vand findes i hulrummet i træets celler. Det er det frie vand, der udtørres hurtigst. Det bundne vand findes i træets cellevægge, hvorfra det afgives og optages noget langsommere end det frie vand.

Når det frie vand i hulrummet i træets celler er tørret bort, men cellevæggene stadig er fyldt med vand, siges træet at have nået fibermætningspunktet. Fibermætningspunktet varierer for de forskellige træarter og ligger i intervallet 25 % til 35 %, men regnes normalt som 28 %.

Ved fugtændringer under fibermætningspunktet opstår et svind eller en udvidelse af cellens volumen. Størrelsen af dimensionsændringen er træartsspecifik.

Ved temperatur over 5 °C og et fugtindhold i træ over 20 – 22 % er der risiko for råd- og svampeangreb.

For alle træarter gælder, at styrken aftager lineært med stigende fugtighed i træ indtil fibermætningspunktet og for fugtindhold i området omkring fibermætningspunktet. For højere fugtindhold er styrken nogenlunde upåvirket af, om der er mere eller mindre frit vand i træet. Styrken af- og tiltager ca. 3 % for hver 1 %, vandindholdet til- og aftager under området for fibermætningspunktet.

Svind og udvidelse

Træ skal tørres til samme fugtniveau, som findes, der hvor det skal anvendes. Ellers vil træet ændre dimension, når det indstiller sig til ligevægtsfugtigheden. Anvendes træ i byggeriet, vil træet blive påvirket af et varierende klima afhængigt af årstiden. I det tilfælde skal dimensionsændringerne inkluderes i projekteringen og kunne optages i konstruktionen. Det samlede volumensvind af et stykke træ er summen af det samlede svind, som består af svind langs årringene, svind langs marvstrålerne og svind i længderetningen.

Svindet langs årringene giver den største dimensionsændring. Svindet langs marvstrålerne, på tværs af årringene, giver mindre dimensionsændring. Svindet i længderetningen giver den mindste dimensionsændring. Svind langs årringene er typisk dobbelt så stort som svindet langs marvstrålerne.

Udsat træ

Træ, som er udsat, kan trykimprægneres, modificeres, varmebehandles eller overfladebehandles for at øge holdbarheden.

Trykimprægneret træ

Et alternativ til de ubehandlede træarter er trykimprægneret træ, som giver sikkerhed for lang holdbarhed (https://www.trae.dk/leksikon/impraegnering-godkendte-midler-og-anvendelse/).

Modificeret træ

Moderne imprægneringsmetoder anvender biologisk affald fra for eksempel sukkerrørsproduktion (Kebony, https://kebony.com/dk), acetylering (Accoya, https://keflico.com/produkter/services/brandimpraegnering/accoya-raatrae/), superkritisk imprægnering (Superwood, https://www.superwood.dk/), vandglas-imprægnering, der giver en slags forstenet træ (Organowood, https://www.froeslev.dk/da/forside), til at forlænge træets holdbarhed. Behandlingsformerne er effektive og giver træet lang holdbarhed. Der kan endda opnås egenskaber som tropiske træsorter vedrørende hårdhed og holdbarhed.

Varmebehandlet træ

Det har været kendt i århundreder, at afsvidning af overfladen på træ øger modstandsdygtigheden mod nedbrydning, og allerede i vikingetiden for 1.000 år siden brugte man varmebehandling til at forlænge træs holdbarhed. Ved varmebehandling, til omkring 200 grader, ændres cellestrukturen og sukkerindholdet nedsættes, så træet ikke optager vand, og svampe har sværere ved at leve i det. Varmebehandlet træ er især velegnet til facadebeklædning (https://www.trae.dk/leksikon/varmebehandlet-trae/).

Overfladebehandling

Træarterne kan både anvendes med og uden overfladebehandling. Hvis man vælger at lade beklædningen stå ubehandlet, vil alle træarterne opnå sølvgrå patina som følge af vind og vejr, men især pga. solens påvirkning med ultraviolet lys. Dette er et resultat af den naturlige nedbrydning af træ (https://www.trae.dk/leksikon/nedbrydning-af-trae/).

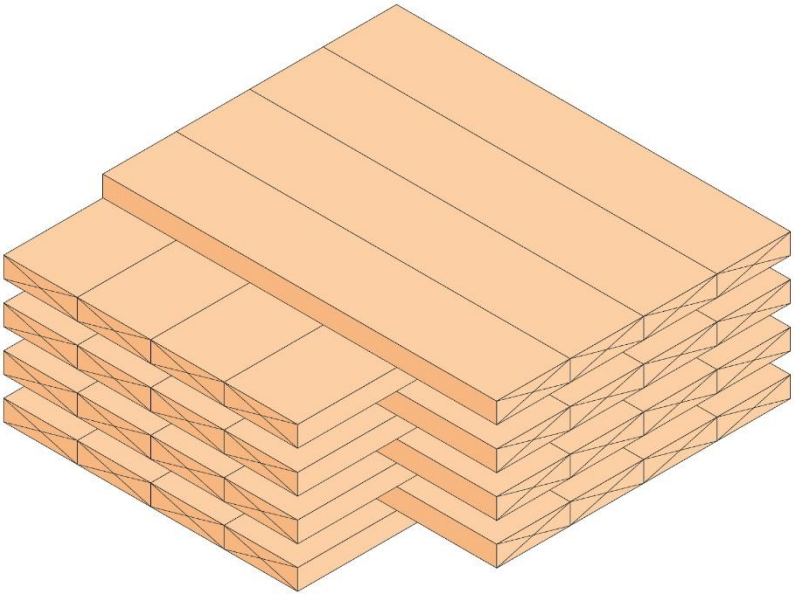
CLT-elementer

Cross Laminated Timber, CLT-elementer er det nyeste inden for elementer af træ. Elementtypen er en videreudvikling af sømmede, limede og boltede elementer i træ, tidligere også betegnet træelementer i massivtræ.
CLT adskiller sig på væsentlige områder fra tidligere træelementer i massivtræ.

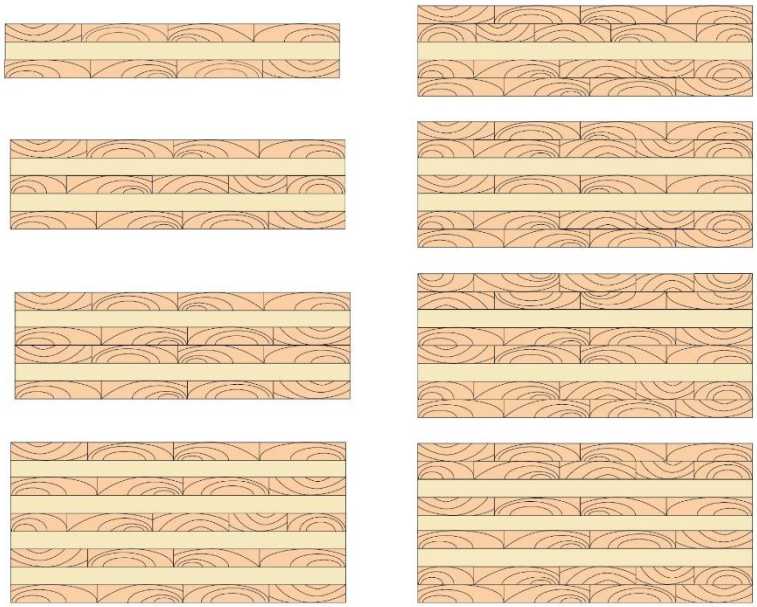
CLT er krydslimede elementer, der er fremstillet af krydslaminerede plader i massivt træ. Elementerne benyttes til yder- og indervægge samt gulv og tag. CLT er limet på kryds af fibrene. Det giver en pladevirkning som er kendt fra krydsfinér. Ligeledes er volumendeformationen mindre end for enkelte stykker af træ, da svindet langs årringene i det ene lag træ hæmmes af svindet i længderetningen af det næste lag træ i det krydslimede element. Deformationerne i CLT-elementer er en kombination af svindet langs årringene, som giver den største dimensionsændring, og svindet i længderetningen, som giver den mindste dimensionsændring. Tilsvarende ses fra plader af krydsfinér.

CLT-elementer er ofte skræddersyede elementer, der leveres med udskæringer for blandt andet vinduer og døre. Elementernes tykkelse afhænger af de statiske krav, der stilles til komponenten. Dimensionerne på et massivtræselement varierer i forhold til anvendelse og fabrikant. Bredde er typisk 0,5 – 3 m, mens længden af CLT-elementet kan være op til 18 til 24 m. CLT-elementer fremstilles i tykkelser fra 60 mm til 500 mm og i bredder fra 1,25 m til 3,50 m.

Elementer kan tilpasses på pladsen med let værktøj. CLT-elementer leveres til væg, loft og tag, Figur 35.



Opbygning af et CLT-massivtræselement, som består af lag af brædder, der er limet sammen i vinkelrette lag.



Et CLT-massivtræselement består af minimum 3 lag. Fiberretningen kan skifte i hvert eller hver andet lag.

Figur 35. Opbygning af Cross Laminated Timber, CLT-elementer.

CLT er limtræ, hvor elementet laves af flere lag brædder, minimum tre lag, der samles med en typisk 90 graders vinkel mellem lagene. CLT adskiller sig på den måde fra almindelig limtræ, hvor brædderne er samlet i én retning. Brædernes limes sammen på den brede led, nogle gange dog også på den smalle.

CLT kan laves af én træart eller som et mix af flere træarter. I Centraleuropa, fx i Østrig, laves CLT hovedsageligt af rødgran, lærk, pinjefyr og ædelgran, mens CLT i Skandinavien og Baltikum laves af rødgran og skovfyr. I Nordamerika fremstilles CLT af lokale arter som douglasgran, gran og fyr.

Fremstillingen sker ved, at brædder høvles, limes og presses sammen, indtil limen kan holde. Det anvendte træ er typisk tørret til 12 % +/- 3 %.

Fremstillingen af et element tager typisk fra 15 til 60 minutter, afhængigt af udstyr og limtype.

Massivtræselementer

Massive træelementer, som også omfatter CLT, har været kendt og brugt siden slutningen af 80'erne. Gennem de seneste 20 år er udviklingen af massive træelementer gået fra elementer bestående af stablede brædder samlet med lim, søm eller boltet mod krydslimede massive træelementer, CLT. Udviklingen af massivtræselementer har haft sit udspring i Mellemeuropa nærmere bestemt Østrig, Schweiz og Sydtyskland. I Danmark er der set anvendelse af massive træelementer i byggeriet siden slutningen af 1990'erne og starten af 2000'erne, hvor flere byggerier, der anvendte massivtræselementer, dukkede op. Flere byggerier og anvendelser er beskrevet gennem projektet SolidWood, Nordic Wood Projektet `*Byggeri i Massivtræ´* projekt P00023. Projektet havde til formål at yde nordisk information og dokumentation for massivtræsprodukter og byggeri med anvendelse af massive træelementer. Projektet dokumenterer hovedsagligt byggerier med massive træelementer af typen "Brettstapel", der blev anvendt i Danmark. Elementerne blev på daværende tidspunkt understøttet af en lokal produktion af sømmede massive "Brettstapel"-elementer, se *Bilag h: Bygningsbeskrivelser fra SolidWood projektet*.

Den seneste udvikling inden for fleretagers træbyggeri er CLT, som nærmest er blevet synonym med bærende elementer i træ til vægge, dæk og tagelementer og byggeri i flere etager i træ.

I forhold til træskeletbyggeriet har konstruktioner af massivtræselementer og i særdeleshed massive CLT nogle klare fordele, fx i forbindelse med lastfordeling og minimering af risiko for progressivt kollaps. Ud over at kunne anvendes til væg-, dæk- eller tagelementer kan massivtræselementer indgå som udfyldningselementer eller som helt eller delvist bærende og/eller stabiliserende bygningsdele.

For at leve op til bygningsreglementets krav til varme- og lydisolering skal massive elementer i træ tilføres isolering.

Massive elementer i træ, som i dag typisk er CLT, produceres med forskellig overfladekvalitet, alt efter af anvendelsesområde og krav til egenskaber.

Der er på europæisk plan vedtaget en fælles europæisk standard for massive elementer i træ (DS/EN 16351:2015).

Præfabrikerede elementer

Præfabrikerede elementer af træ tilbydes af en række producenter til det danske marked. Der tilbydes præfabrikerede elementløsninger, heriblandt facade- skillevægs- dæk- og tagelementer. Færdiggørelsesgraden af elementerne er meget varierende, og løsningerne er konstant under udvikling og tilpasses løbende gældende energikrav. Elementerne kan anvendes til nybyggeri af fleretagesbyggerier, parcelhuse, sommerhuse og ved renovering af de samme typer af bygninger. Der er en stor fleksibilitet ved projektering og tegning af elementer. Præfabrikerede elementer af træ ses anvendt i byggeri i op til fire etager. I Danmark er der manglende efterspørgsel på præfabrikerede elementer af træ i byggeri over fire etager.

Figur 36. Produktion af tagelement i træ foregår indendørs i en produktionshal. Foto: Scandibyg.

Der findes danske producenter, som leverer præfabrikerede elementer af træ på det danske og nordiske marked. Ligeledes findes der producenter af præfabrikerede elementer af træ uden for landets grænser, som eksporterer præfabrikerede elementer til Danmark.

Præfabrikerede elementer af træ opbygges af ribber, typisk af konstruktionstræ. Men det kan også være limtræ, LVL (Laminated Veneer Lumber), I-bjælker eller lignende.

LVL, ofte kaldet kerto, er fremstillet af 3-4 mm tyk, skrællet granfinér, som derefter er limet sammen i længderetning, så den danner en kontinuerlig plade. Træpladen længdeskæres derefter og saves til bjælker, planker, ribber eller plader, alt efter hvad træet skal bruges til. LVL-bjælker har stor styrke og stivhed og anvendes især som tagbjælkespær og gulvbjælker. Ribberne placeres typisk med en indbyrdes afstand på 50-60 cm, afhængigt af krav til styrke og stivhed. Mellem ribberne udfyldes der helt eller delvist med isoleringsmateriale, og elementerne beklædes med vindspærre, dampspærre samt ud- og indvendig beklædning.

Producenterne har ofte specialiseret sig i at levere præfabrikerede elementer, tildannet specifikt fra projekt til projekt. Produktionen udføres på fabrik og er således uafhængig af vejret, og derfor produceres elementerne med en langt større sikkerhed for, at der bl.a. ikke bliver ophobet fugt i konstruktionen under udførelse.

Figur 37. Produktionslinje for præfabrikerede elementer og moduler af træ til byggeriet. Foto: Scandibyg.

Præfabrikerede elementer af træ kan også produceres med præmonteret tag- og facadebeklædning, vinduer og døre m.m. Arbejdet med produktion af elementer på fabrik kan sikre at isoleringsarbejde og montage af dampspærre i elementerne kan foregå under forhold, som sikrer en korrekt udførelse.

Byggeri opført i præfabrikerede elementer af træ kan drage nytte af, at en stor del af byggeriet er produceret på forhånd, og af det faktum, at ved at eftermontere elementerne på byggepladsen er det muligt hurtigt at lukke byggeriet. Ved at kunne lukke byggeriet hurtigt er der en mindre risiko for påvirkning af konstruktionerne af vind og vejr. Udfordringerne for påvirkning af præfabrikerede elementer af træ fra vind og vejr ligger i, at hvis afdækningen ikke er tilstrækkelig vil elementerne kunne indeholde meget fugt. Ligeledes vil elementerne være udfordret ved montering i regnvejr, eller hvis elementerne må opmagasineres udendørs i længere tid frem til montering og at byggeriet lukkes.

Der skal således være fokus på korrekt montage af selve elementerne, stabilisering af elementer, at sikrer kraftoverførelse i samlinger, at laster fra elementer føres til bærende konstruktioner som fundament, og at forankringer udføres til fundament. Det kan ligeledes være nødvendigt at have forskellige fagligheder på pladsen fx ved etablering af tag, hvilket kan kræve kvalificerede montagefolk, alt efter den enkelte opgave og projektets kompleksitet.

Præfabrikerede elementer af træ kan enten udføres som plane elementer eller som rumstore volumenelementer med færdig indvendig aptering. Ofte er det transporthensyn, som sætter grænserne for, hvor store elementer, der fremstilles.

Præfabrikerede elementer af træ kan, ud over at indgå som væg-, dæk- eller tagelementer, indgå som udfyldningselementer eller som helt eller delvist bærende og/eller stabiliserende elementer i et byggeri.

Modulbyggeri

Modulbyggeri går i alt sin enkelthed ud på at bygge bygninger af rumstore moduler af træ. Der findes danske producenter, som leverer præfabrikerede moduler af træ på det danske og nordiske marked. Præfabrikerede moduler er baseret på elementer af træ produceret på fabrik og er således uafhængig af vejret, og derfor produceres elementerne og modulerne med en langt større sikkerhed for, at der bl.a. ikke bliver ophobet fugt i konstruktionen under udførelse.

Præfabrikerede moduler af træ kan også produceres med præmonteret tag- og facadebeklædning, vinduer, døre, indvendig beklædning, lister og el-installationer m.m. Arbejdet med produktion af elementer og moduler på fabrik kan sikre, at isoleringsarbejde og montage af dampspærre i elementerne kan foregå under gode forhold, som sikrer en korrekt udførelse. Byggeri opført af moduler har de samme fordele og ulemper som byggeri i præfabrikerede elementer af træ. De kan drage nytte af, at en stor del af byggeriet er produceret på forhånd, og af det faktum, at ved at eftermontere og samle moduler på byggepladsen er det muligt hurtigt at lukke byggeriet. Ved at kunne lukke byggeriet hurtigt er der en mindre risiko for påvirkning af konstruktionerne af vind og vejr. Modulbyggeri giver ofte en kortere byggetid og er i højere grad end andet byggeri uafhængigt af vejret.

Figur 38. Modulbyggeri under kontrollerede vejrforhold udført i overdækket hal. Rummodulet monteres tagkassette. Foto: Scandibyg.

Udfordringerne for påvirkning af præfabrikerede moduler og elementer af træ fra vind og vejr ligger i, at hvis afdækningen ikke er tilstrækkelig, vil elementerne kunne indeholde meget fugt. Ligeledes vil elementerne være udfordret ved montering i regnvejr, eller hvis elementerne må opmagasineres udendørs i længere tid frem til montering, og at byggeriet kan blive lukket. Ofte er det transporthensyn, som sætter grænserne for, hvor store moduler, der fremstilles. Moduler bruges først og fremmest til rækkehuse, klyngehuse og taglejligheder. Typisk i op til fire etager med øverste dæk maksimalt 9,6 m over terræn.

Figur 39. Rummoduler transporteres til byggepladsen på lastvogne på vejnettet. Foto Scandibyg.

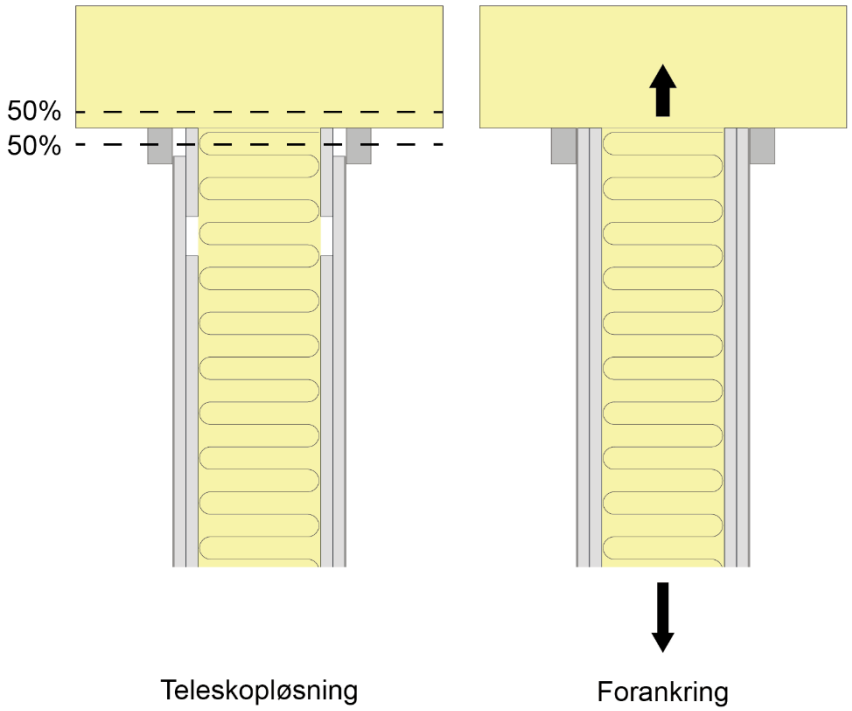
En anden type modul, som er meget udbredt og ofte er udført i træ er kviste. Kviste er ofte udført som færdigkviste. Færdigkviste udføres helt færdige udvendigt, med gesimsafslutninger på alle kviste malet i ønsket farve. Gesimsafslutningen er den træudsmykning, der er udvendigt rundt om kvisten, som giver kvisten en ekstra detalje og identitet. Ofte er indvendige overflader overladt til den tilknyttede håndværker på projektet at udføre; det omfatter typisk det indvendige gipsarbejde. Det er således lokalt på pladsen op til håndværkeren at etablere, forbinde og overføre tæthedsplanet fra den omkringliggende – eventuelt den eksisterende – konstruktion samt at udføre afslutningen indvendigt, derved udføres arbejdet med gips og dampspærre som et samlet arbejde. Kviste er ofte udført med isolering i loft mod tag.

Kassetter

Kassetter, fx tagkassetter af træ, er moduler til tagløsninger. Der findes danske producenter, som leverer præfabrikerede kassetter af træ på det danske og nordiske marked. Præfabrikerede kassetter er produceret på fabrik og er således uafhængige af vejret, og derfor produceres kassetterne med en langt større sikkerhed for, at der bl.a. ikke bliver ophobet fugt i konstruktionen under udførelse. Tagkassetter kan leveres i et utal af variationer. Fra simple tagkassetter til industrihaller, til komplicerede tagkassetter med udskæringer i udhæng m.m.

Tagkassetter kan leveres ventileret eller uventileret. Ligeledes kan kassetter produceres til tagdækning af tagpap eller anden tagdækning. Ved tagkassetter, hvorpå der efterfølgende skal oplægges tagsten, leveres tagkassetter ofte med en diffusionsåben, vandafvisende grunder på krydsfinér. Højden af tagkassetter afstemmes individuelt til de respektive projekter og bestemmes oftest af kravet til isoleringsevnen, U-værdien, givet fra energirammeberegningen. Tagkassetter kan produceres til 490 mm med traditionelle ribber og endnu højere ved anvendelse af gitterdragere.

Ved anvendelse af tagkassetter skal man som projekterende være særligt opmærksom på spændvidde i forhold til bygningens anvendelse, da der kan være store deformationer i tagkassetter i form af opkrumning og nedbøjning. Tagkassetter kan monteres og fastgøres til skillevægge, eller tilslutninger mellem tagkassetter og skillevægge kan udføres som teleskopløsning, se Figur 40. På grund af tendensen til opkrumning af tagelementer om vinteren anbefales at fordele vandringsmuligheden i teleskopløsningen 50-50 % op og ned. Der ses også anbefalinger om at fordele vandringsmulighederne fordelt med 1/3-del nedad for at tage højde for snelast og 2/3-del opad. Løsningen tillader, at tagkassetten hæver og sænker sig inden for den indbyggede tolerance, fx over en indvendig væg.



Figur 40. Eksempler på skillevægstilslutninger med henholdsvis teleskopvirkning og forankring.

Brandmæssigt kan tagelementer som standard udføres som BD30 og BD60. Ved anvendelse af tagkassetter skal den projekterende være særligt opmærksom på overfladekrav samt på ikke at skabe brandtekniske hulrum. Endvidere kan brandsmitte skabe problemer ved ventilerede tage i sammenbyggede boliger.

Træstolpeskelet

Byggerier opført med skelet af træstolper er mest kendt fra bindingsværkskonstruktioner. Bindingsværk er en bygningskonstruktion, hvor skelettet er lavet af træ, og mellemrummene, tavlene i træ-skelettet, bagefter er fyldt ud med kampesten, mursten, ler eller gips. I en traditionel bygning af bindingsværk er bindingsværket delt op i fag på langs af bygningen. Der kan til enhver tid bygges flere fag til uden at ændre på husets karakter. I Danmark er traditionelle huse af bindingsværk bygget i op til fire etager. I Danmark er der en lang tradition for at opføre bygninger i bindingsværk. I oldtiden var tavlerne lerklinede. I dag er der kun bevaret bindingsværkshuse fra sen middelalder og frem. Bindingsværkshuse er primært bevaret på Fyn og i Østjylland. Bindingsværkshuse blev vedligeholdt med kalk, tjære og maling, og ofte er farverne relativt egnsbestemt. På Sjælland, Møn, Lolland, Falster, Nordjylland brugte man oftest hvidkalket tømmer og tavler. Det samme på Fyn, hvor man dog efter 1600-tallet gik over til grønne, sorte eller røde stolper og hvide tavler. På Nord- og Vestfyn brugte man okkergul til undertavler og i Østjylland brugte man sorte stolper med røde eller gule tavler, mens man på Bornholm brugte sorte stolper med hvide eller røde tavler. At bygge den bærende konstruktion af stolper af træ er således ikke nyt i Danmark. I dag udføres byggeri også med stolper af træ og med udfyldninger af andre materialer som isolering med pladebeklædning på begge sider. Ofte med en udvendig facadebeklædning med et ventileret hulrum mod træstolpekonstruktionen. Træstolpeskelet anvendes også til opsætning af indvendige skillevætte og forsatsvægge. Mange énfamiliehuse fra slutningen af 1960'erne er opført med en udvendig mursten foran et træstolpeskelet udfyldt med isolering med dampspærre bag den indvendige overflade af spånplade, krydsfinér, lister

eller gipsplader. I 1980'erne blev træstolpeskelettet erstattet af indvendigt bærende vægge af letbeton og beton.

Søjle-bjælkesystemer

Søjle-bjælkesystemer giver mulighed for store, åbne gulvarealer, kun afbrudt af søjlerne i bærelinjerne. Søjle-bjælkesystemer giver stor fleksibilitet med hensyn til indretningen af bygningen. Ligeledes giver søjle-bjælkesystemer fleksibilitet i forhold til valg af udfyldningselementer i facade. Ofte giver søjle-bjælkesystemer mulighed for en varierede facade med udfyldningspartier, af fx glas, fx i bygninger med butikker i stueetagen, eller for bygninger i flere etager. Stabiliteten i bygningen kan ligeledes etableres ved hjælp af vægelementer eventuelt placeret omkring trappe- og elevatorskakte, når der er mere end to etager. Søjle-bjælkesystemer vil typisk udgøre det bærende skelet. Vægge kan være udfyldningselementer og dæk være bærende CLT-elementer. CLT produceres med forskellig opbygning og overfladekvalitet afhængigt af anvendelsesområdet og krav til egenskaberne.

Søjle-bjælkesystemer kan også opbygges af træprodukter, som eksempelvis limtræ og LVL, men kan også være udført i eksempelvis stålsystemer i kombination med eksempelvis CLT-elementer eller præfabrikerede træelementer. Anvendes et system bestående af flere materialer, fx stål og træ, betegnes de, som oftest, som hybridløsninger. I søjle-bjælkesystemer i stål vil træet kunne anvendes som brandsikring af stålet.

De mange muligheder inden for træprodukter giver ligeledes mange kombinationsmuligheder inden for produktprogrammet af trækomponenter. Det er dog også muligt at kombinere eksempelvis CLT med beton og stål i etageadskillelser ift. at optimere udnyttelsen af materialerne. Herved kan opnås større spændvidder og øget passiv brandsikring. Ofte kombineres eksempelvis CLT med beton ved dækelementer for at opnå lydkrav i etagebyggeri.

Facadebeklædning af træ

Der findes et stort udvalg af velegnede træarter til facadebeklædning. En oversigt over de mest anvendte træarter med lang naturlig holdbarhed kan ses på hjemmesiden Træ.dk og er opsummeret i det følgende. Der er ikke entydigt én træart, der er bedre end andre, derimod er der en række træarter, der er egnede. Træ patinerer med tiden. Patineringen er forskellig og afhænger af påvirkningen fra vejr og vind. Valget af træart til en facadebeklædning afhænger primært af smag og økonomi, hvilket er en individuel vurdering.

Figur 41. Valget af facade er subjektiv og kan være af træ blandt andet orienteret lodret eller vandret efter behag og eventuelt være overfladebehandlet. Overfladebehandlet træ vil patinere afhængigt af eksponeringen for sollys, vind og vejr. Foto: Scandibyg.

I forhold til en vurdering af holdbarhed kan standarden for holdbarhed af træ og træbaserede produkter – DS/EN 350:2016 anvendes. Standarden klassificerer holdbarheden af træ i fem klasser. Klasserne går fra 1-5 hvor 1 er bedst og 5 er dårligst. Standarden kan også bruges til vurdering af træs imprægnerbarhed.

De mest anvendte træarter, der har lang naturlig holdbarhed er:

Ceder

Western Red Cedar, eller på dansk thuja, er meget velegnet til facadebeklædning og tagspån. Træet har lavt indhold af harpiks, og kerneveddet har stor naturlig modstandskraft over for råd og svamp.

Thuja er nok mest kendt som et prydtræ i parker eller på kirkegårde. I modsætning til fx gran og fyr er thujas løv ikke nåleformet, men skælformet. Nålene skinner på overfladen, og hvis man knuser dem, dufter de meget specielt af æteriske olier.

Kæmpethuja har et ved med hvid smal splint, som tydeligt adskiller sig fra den lidt flammede rødbrune til mørkebrune kerne.

Thuja er en meget let træart og derfor meget let at bearbejde med såvel hånd- som maskinværktøj. Den lave densitet kan dog ved bearbejdning give anledning til en flosset og ulden overflade samt indtryksmærker i vårveddet. Skarpt værktøj er derfor en forudsætning for et pænt resultat.

Veddet er surt og indeholder en række bistoffer, derfor kan det korrodere jern med risiko for misfarvning. Man bør derfor kun bruge rustfri søm og skruer ved montage.

Træet revner let ved sømning og skruning.

Thuja er klassificeret i imprægneringsklasse: 3-4 for kerneved, dvs. vanskelig – ekstrem vanskelig imprægnerbart. Splintved er i klasse 3 dvs. vanskelig imprægnerbart.

Kerneveddet har et højt indhold af svampedræbende stoffer, som giver veddet en meget god holdbarhed. Stofferne er thujapliciner, fenoler og en terpen, som hedder thujon, og de virker dræbende overfor nedbrydende svampe. Kerneved af kæmpethuja, der har vokset i England (svarer til Danmark), er i standarden for holdbarhed af træ og træbaserede produkter – DS/EN 350:2016 indplaceret i holdbarhedsklasse: 3 (moderat varig), mens kerneved af kæmpethuja fra Nordamerika er klassificeret i gruppe 2 (varig), svarende til en holdbarhed på ca. 15 år henholdsvis ca. 20 år i jordkontakt. Splintveddet er ikke holdbart.

Kæmpethuja indgår i skovtællingen år 2000 under driftsklassen: Andre nåletræarter, som udover thuja består af lærk, douglas, hvidgran, omorika m.fl. De udgør 24.000 ha og det svarede i år 2000 til 4,9 % af skovarealet i Danmark.

Kæmpethuja udgør ca. 0,05 % af det samlede danske skovareal. De årlige muligheder for at hugge thujaen blev i 1997 skønnet til ca. 2.500 m^3 (https://www.trae.dk/leksikon/thuja-kaempethuja/).

Lærk

Lærk anvendes i stigende grad til produktion af havemøbler, pæle og hegnsmateriale. Sibirisk lærk anvendes også til fx glaslister i vindueskonstruktioner. Især langsomt vokset sibirisk lærk bruges til udendørs formål som fx terrasser, facadebeklædning og inddækning.

Lærk har høj andel af kerneved og har mere harpiks end andre nåletræer. Det sikrer, at lærk har en god naturlig holdbarhed. Splintveddet er dog ikke holdbart, og man skal derfor sikre sig høj kernevedsandel. Den sibiriske lærk har typisk højere densitet og kernevedsandel og har derfor ofte den længste holdbarhed. I skovbruget er plantningen af europæisk lærk næsten ophørt og afløst af arterne hybridlærk og japansk lærk. Hybridlærk er en krydsning mellem europæisk lærk og japansk lærk. De lysegrønne nåle sidder typisk i bundter med 30-40 nåle i hver. De kan også sidde enten enkeltvis eller skruestillede på langskuddene. De er 2-3 cm og flade på oversiden med en køl på undersiden. Man stikker sig ikke på lærkenåle, fordi de er bløde. Bladene springer ud sammen med blomsterne i slutningen af april. I modsætning til andre nåletræarter taber lærken sine nåle hvert år i slutningen af vækstperioden.

Veddet hos lærk har tydelig markering af årringe og ligner fyr. Splinten er gullig-hvid, og kerneveddet er svagt rødbrunt i frisk tilstand. Kerneveddet indeholder store mængder harpiks.

Der skal skelnes mellem sibirisk lærk og de øvrige lærkearter. Sibirisk opnår høj densitet og dermed høj styrke samt en kernevedsandel, der ofte er over 90 %. Sibirisk lærk har en naturlig holdbarhed over for råd, der ofte er væsentlig bedre end for den europæiske lærk, japansk og hybrid-lærk.
Lærk er let at bearbejde. Små hårde knaster kan give oprifter og sløve de skærende værktøjer. Lærk har tendens til, at knasterne falder ud. Træet revner let ved sømning og skruning.

Lærk er meget vanskeligt at imprægnere. Dvs. kerneved af lærk er placeret i klasse 4. Splintved er i klasse 2v (moderat imprægnerbart med stor variation).

Efter standarden for holdbarhed af træ og træbaserede produkter – DS/EN 350:2016 er kernetræ af lærk indplaceret i holdbarhedsklasse: 3-4 (mindre til moderat holdbart). Splintveddet er ikke holdbart (https://www.trae.dk/leksikon/laerk-europaeisk-og-sibirisk/).

Lærk indgår i skovtællingen år 2000 under driftsklassen: Andre nåletræarter, se Ceder i afsnit Ceder.

Rødgran

Gran er velegnet til bygnings- og konstruktionstræ men også meget anvendt til facadebeklædning. Rødgran er det mest brugte juletræ. Ædelgranarten Nordmannsgran bruges også ofte til juletræ.

Rødgran danner, ligesom almindelig ædelgran, ikke kerneved, men hjerteved. Dvs. der er ikke forskel på farven i det inaktive ved i træets indre og det aktive ved i træets ydre – splinten. Veddet er hvidgulligt i både hjerteved og splint.

Veddet indeholder meget harpiks – ca. ½ % af friskvægten.
Når granveddet er fugtigt eller i kontakt med jord, angribes det let af svampe og insekter, og holdbarheden er lav: kun 4-5 år. Er veddet derimod tørt og fri

af jord kan det holde længe, op til ca. 60 år. Og er rødgran under ferskvand konstant, holder den meget længe, op til flere hundrede år.

Rødgran har nåle, der er ca. 1-2 cm lange, frisk grønne, der stikker. På de unge træer og på rødgranens grene er barken rødbrun, og stammen har små skæl. Med alderen bliver barken mere gråbrun, og skællene bliver større og grovere. Frøene sidder i kogler, ca. 3 mm brede og 4-5 mm lange. Koglerne hænger nedad.

Ved bearbejdning og handel i almindelighed skelnes ikke mellem rød- og ædelgran. Rød- og ædelgran er let at bearbejde. Løse knaster, harpikslommer og væksturegelmæssighed giver knastudfald og fiberoprifter i overfladerne.

Rødgran er vanskeligt til ekstremt vanskeligt at imprægnere. Dvs. Kerneved er placeret i klasse 3-4 og splintved er i klasse 3v. (vanskeligt imprægnerbart med stor variation).

Efter standarden for holdbarhed af træ og træbaserede produkter – DS/EN 350:2016 er hjerteved, af rødgran i jordkontakt placeret i holdbarhedsklasse 4 (mindre holdbart). Splintveddet er ikke holdbart.

Rødgran er den mest udbredte træart i Danmark. Ved skovtællingen i 2000 udgjorde det tilplantede areal med rødgran 132.000 ha svarende til 27,2 % af skovarealet i Danmark (https://www.trae.dk/leksikon/roedgran/).

Skovfyr

Kerneveddet af fyr er velegnet til beklædning. Splintved af fyr egner sig ikke til beklædning. Fyr udgør ligeledes en betydelig andel af det træ, vi bruger til planker, brædder, vinduer og døre.

I tørret træ kan man se forskel på splint og kerne. Den blegt rødbrune kerne adskiller sig tydeligt fra den hvidgullige splint. Splinten er ofte 3 – 5 cm bred.

Skovfyr har nåle, der sidder i bundter af to. De er flade, snoede og grønne med blåligt skær. På unge skud er længden 4-8 cm, på ældre er den kun 3-5 cm.

Skovfyrrens bark er meget let at kende især på ældre træer, hvor den bliver orangebrun i kronen og grå eller mørk rødbrun ved foden. Ældre træer har også dybt furet bark. På unge træer er barken grøn.

Frøene er 4-5 mm lange og har en 10-20 mm lang vinge. De sidder i kogler, der er 5-8 cm lange. Koglerne udvikles over 2 år. Det første år er koglen grøn, andet år bliver den gråbrun.

Efter standarden for holdbarhed af træ og træbaserede produkter – DS/EN 350:2016 – er kerneved fra skovfyr i jordkontakt placeret i holdbarhedsklasse 3-4 (moderat til mindre holdbart). Splintveddet er ikke holdbart. Skovfyr er udbredt i Danmark. Ved skovtællingen i 2000 indgår skovfyr under driftsklassen fyr, som, ud over skovfyr, består af bjergfyr, fransk bjergfyr, contortafyr og østrigsk fyr. Fyr udgør 48.000 ha, det svarede i år 2000 til 9,9 % af skovarealet i Danmark (https://www.trae.dk/leksikon/skovfyr/).

Douglas

Kerneveddet af douglasgran er velegnet til beklædning. Douglasgran bruges også til finér og krydsfinér samt til planker, tømmer, ind- og udvendigt snedkeri samt til paller, stolper og papirmasse. Douglasgran kan leveres i store knastfrie dimensioner, som gør det brugbart til eksklusive gulve, skibsmaster og møllevinger.

Veddet i douglas har tydelig markering af årringe. I tør tilstand adskiller den gulbrune kerne sig tydeligt fra den hvidlige til uldgrå splint. Veddet har stort indhold af harpiks og garvestoffer. Opskåret træ er vanskeligt at skelne fra lærk. Splintved fra douglasgran er dog normalt betydeligt bredere end fra lærk. Bredden af splintved for douglas bliver normalt 5 cm.

Nålene er 2-3 cm lange friskgrønne og bløde. Unge bark hos douglas er gråbrun med mange harpiksblærer. Med alderen bliver barken mere skorpet, korkagtig og brun.

Frøet hos douglas er 5 mm langt, og på frøet sidder en vinge. De sidder i kogler, der er 5-10 cm og ca. 3 cm tykke og hænger nedad.
Douglasgran er vanskelig til ekstremt vanskelig at imprægnere. Dvs. kerneved er placeret i klasse 4 (ekstrem vanskelig at imprægnere) og splintved er i klasse 2-3v. (moderat til vanskelig at imprægnere).

Efter standarden for holdbarhed af træ og træbaserede produkter – DS/EN 350:2016 er kernetræ af douglas fra Europa placeret i holdbarhedsklasse 3-4 (moderat til mindre naturlig holdbarhed mod trænedbrydende svampe). Kerneved fra nordamerikansk douglasgran er placeret i holdbarhedsklasse 3 (moderat varig).

Douglas indgår i skovtællingen i 2000 under driftsklassen: Andre nåletræarter, som ud over douglas består af lærk, hvidgran, omorika, thuja, mv. Disse udgør 24.000 ha ~ 4,9 % af skovarealet i Danmark (https://www.trae.dk/leksikon/douglasgran/).

Eg

Egetræ er velegnet til beklædning, men bruges hovedsageligt til gulve, vindues- og taginddækninger, hegnspæle, bundgarnspæle, redskaber, tønder, kister, finér, møbler og inventar. Egetræ indeholder garvestoffer, der effektivt forhindrer råd og svamp, og sammen med træets lukkede cellestruktur bidrager det til, at eg har god naturlig bestandighed. Yderligere er eg stærkt, og det svinder ikke så meget ved udtørring.

Egetræ er surt og korroderer jern, hvilket viser sig ved er sort misfarvning af træet.

Splinten på eg er smal med en lys grågul kulør. Kernen adskiller sig fra splinten ved i friskskovet træ at være grågul, som senere ved lyspåvirkning ændres til brunlig kulør.

Eg er løvfældende. Bladene er 5-10 cm lange, kortstilkede og uregelmæssigt lappede med 7-11 lapper. På oversiden mat mørkegrønne og på undersiden lyse ofte blålig grønne. Der findes to egearter – stilkegen og vinteregen. Eg får frugter af agern, der er en 18-30 mm lang nød.

På unge kviste er barken glat og brungrå til mørkt olivengrøn, men på gamle dele af træer er barken lysegrå tyk, furet og skorpet.

Eg er vanskeligt at imprægnere dvs. kerneved er placeret i klasse 4 (ekstremt vanskelig at imprægnere) og splintved er i klasse 1 (let at imprægnere). Efter standarden for holdbarhed af træ og træbaserede produkter – DS/EN 350:2016 er eg placeret i holdbarhedsklasse 2 (holdbart). Splintved er ikke holdbart.

Eg indgår i skovtællingen i 2000 og udgør 43.000 ha. Det svarer til ca. 9,5 % af skovarealet. Arealet for eg har været stigende siden 1965 (https://www.trae.dk/leksikon/eg/).

Andre beklædninger i træ

Yderligere beskrivelser og valg af træart til facadebeklædning og metoder til montage af facader af træ findes i Bogen ´*TRÆ55 Træfacader – Udvendige Bræddebeklædninger*´ (Brandt, Jensen og Thomassen, 2008).

Lydisolation

Foruden barrierer i forbindelse med brand nævnes udfordringer i forbindelse med lydisolation også som en problematik i forbindelse med træbyggeri, hvilket er kommet frem på de gennemførte dialogmøder og spørgeskemaundersøgelser. Håndteringen af krav til lydisolation håndteres forskelligt i de lande, vi normalt sammenligner os med. Kravene til lydisolation er således forskellige og behandles forskelligt.

Lydisolationskrav for etageboliger i de nordiske lande og andre udvalgte lande

I de fleste lande i Europa findes lovmæssige lydkrav til boliger, undervisningsbygninger og børnehaver, og i en del lande findes også lydkrav til andre bygningskategorier som fx hospitaler og kontorbyggeri. Kun få lande i verden har lydkrav til alle slags bygninger. I alle lande har de første lydkrav været for boliger. Lydkrav vedrører lydisolation mellem naboboliger, støj fra trafik og tekniske installationer samt efterklangstid (eller lydabsorption). I dette afsnit fokuseres på etageboliger, og hovedkravene til luftlyd- og trinlydisolation for boligadskillende vægge og etagedæk beskrives overordnet. Vi har ikke kendskab til lovkrav til lydisolation internt i boliger, uanset at sådanne krav er relevante.

Det er valgt at give en orientering for ti lande, herunder de fem nordiske lande og fem andre udvalgte lande, som det er fundet relevant at inddrage pga. deres indsats for mere byggeri af træ.

Det første danske bygningsreglement blev udgivet i 1961, hvor der også var et kapitel med lydkrav, men før da fandtes visse lydkrav i nogle kommuners byggeregler. I 1956 udgav Boligministeriet en vejledning for støttet byggeri, hvori der blev stillet krav til lydisolation. Baggrunden for lydkravene var en stor utilfredshed med lydisolationen mellem boliger, se nærmere om den historiske udvikling af lydkrav i *Lydforhold i boliger - 'State-of-the-art'* udarbejdet for Bygge- og Boligstyrelsen i 1994. Lydisolationskravene i BR1961 for etageboliger forblev stort set uændrede frem til 2008, hvor der kom skærpelser. Kravene har altså været uændrede i næsten 50 år, og gennem alle årene har frekvensområdet været 100-3150 Hz. Siden BR2008 har bygningsreglementets lydkrav til boliger været defineret som lydklasse C i DS 490, som nu har seks lydklasser A-F, se tabel 10, der også viser forventede beboervurderinger for lydklasserne. De anvendte lydisolationsbegreber R'_w og $L'_{n,w}$ for lovkravene i lydklasse C er baseret på ydeevne i frekvensområdet 100-3150 Hz, som anses for tilstrækkeligt for tunge konstruktioner. Lovkrav må principielt ikke være konstruktions- eller materialeafhængige, men gennem nogle årtier har det dog i mange lande været erkendt, at for lette konstruktioner er opfyldelse af lovkravene ikke tilstrækkeligt til at sikre en rimelig beboertilfredshed, og en række lande har derfor initieret forskningsprojekter for at forbedre/optimere konstruktionsløsninger for let byggeri.

Tabel 10. Lydklasser for boligbyggeri i henhold til DS 490:2018, Lydklassifikation af boliger.

Lydisolation mellem boliger Hovedkriterier i DS 490:2018			Lydklassebeskrivelser og forventet beboervurdering af lydforhold		
Lyd-klasse	Luftlydisola-tion	Trinlydniveau	Lydklasse-beskrivelser	Gode eller meget gode	Dårlige
A	$R'_w + C_{50\text{-}3150}$ ≥ 63 dB	$L'_{n,w}$ ≤ 43 dB og $L'_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ ≤ 43 dB	Specielt gode lydforhold	> 90 %	
B	$R'_w + C_{50\text{-}3150}$ ≥ 58 dB	$L'_{n,w}$ ≤ 48 dB og $L'_{n,w} + C_{I,50-2500}$ ≤ 48 dB	Tydeligt bedre lydforhold end byggelovgivningens minimumskrav	70-85 %	< 10 %
C	R'_w ≥ 55 dB	$L'_{n,w}$ ≤ 53 dB	Svarer til byggelovgiv-ningens minimumskrav	50-65 %	< 20 %
D	R'_w ≥ 50 dB	$L'_{n,w}$ ≤ 58 dB	Mindre tilfredsstillende lydforhold, beregnet for ældre bygninger	30-45 %	25-40 %
E	R'_w ≥ 45 dB	$L'_{n,w}$ ≤ 63 dB	Lydklasse for ældre byg-ninger med utilfredsstil-lende lydforhold	10-25 %	45-60 %
F	R'_w ≥ 40 dB	$L'_{n,w}$ ≤ 68 dB	Lydklasse for ældre byg-ninger med meget util-fredsstillende lydforhold	< 5 %	65-80 %

Note: Inden for den enkelte lydklasse kan procentdelen af beboere, som er tilfredse eller utilfredse, variere lidt fra det ene akustiske kriterium til det andet. Grupperingen er fortrinsvis baseret på den subjektive vurdering af luftlyd-isolation mellem boliger og trinlydniveau fra omliggende boliger.

Efter 1956 blev det forsøgt at etablere fælles nordiske krav til lydforhold i boliger, hvilket dog kun lykkedes delvist. I 1990'erne var der et fælles nordisk forslag til lydklasser for boliger, men landene valgte at udgive egne standarder, hvilket skete i perioden 1996-2004, og senere har der været en række opdateringer. I tabel 11 ses en oversigt over gældende bygningsreglementer i de nordiske lande og af lydklassestandarderne. I tabellen er der for hvert land angivet lydklasserne og sammenhæng med det nationale bygningsreglement. Det skal tilføjes, at samme lydklassebetegnelse (fx C) i øvrigt betyder noget forskelligt i de forskellige nordiske lande. I alle landene er der eller har der i perioder været en klar sammenhæng med det nationale bygningsreglement, uanset om det var formaliseret eller ej.

Tabel 11. Oversigt bygningsreglementer og lydklasseordninger for boliger i de nordiske lande. Status marts 2020.

Land	Bygningsreglement (BR)	Lydklassifikations-ordning (ACS)	Lydklassebetegnelser (1)	BR link til ACS	BR ref. til ACS	Noter
Danmark	Bygningsreglement 2018	DS 490:2018	A / B / C / D / E / F	+	Klasse C	
Finland	FINLEX 796/2017	SFS 5907:2004	A / B / C / D	–	N/A	
Island	Byggingarreglugerd 2012	IST 45:2016	A / B / C / D	+	Klasse C	
Norge	TEK'2017	NS 8175:2019	A / B / C / D	+	(Klasse C)	(2)
Sverige	BBR 2011:6 (BBR 28)	SS 25267:2015	A / B / C / D	–	N/A	Klasse C = BR

Forkortelser: BR = Bygningsreglement (lovgivning); ACS = Acoustic Classification Scheme (Lydklassifikationsordning)

1) Lydklassebetegnelser er angivet i faldende orden, dvs. den bedste klasse først.

2) Bygningsreglementet henviser til den foregående version af NS 8175 (fra 2012), men en opdatering forventes til NS 8175:2019.

I tabellerne Tabel 12 og Tabel 13 findes bygningsreglementskrav fra ti lande for hhv. luft- og trinlydisolation mellem etageboliger. Lydkrav gælder in situ. Målinger og vurderinger udføres efter DS/EN ISO 16283 og DS/EN ISO 717, dog ASTM E413 for Canada.

For luftlyd skiller Canada sig ud med ret lave krav sammenlignet med de ni europæiske lande, og for trinlyd har Canada slet ingen krav, hvorimod Østrig har ret skrappe krav. For de øvrige lande er der kun få dB forskel i luftlydisolationskrav, dog lidt mere for trinlydkrav, men det skal bemærkes, at der i Sverige er krav ned til 50 Hz, hvilket for lette konstruktioner kan reducere den nominelle (men ikke den reelle) ydeevne betydeligt vurderet ud fra tallet alene. Norge forventes at følge efter i løbet af 2020 med lydkrav ned til 50 Hz (se tabelnoter), og har allerede i en længere årrække anbefalet at benytte kriterier ned til 50 Hz. Finland har primo 2019 indført trinlydkrav ned til 50 Hz. I Danmark har man siden 2008 anbefalet skærpede kriterier for lette boligadskillende konstruktioner ved at gå ned til 50 Hz, se tabellernes noter og TBST-lydvejledning på https://bygningsreglementet.dk/.

I nogle lande er der skrappere lydisolationskrav for rækkehuse end for etageboliger, hvilket gælder for AT, BE, DE af de 10 lande i tabellerne. I Danmark har der også været forskellige lydisolationskrav i perioden 1966-2008, men kravene har været ens for begge boligtyper siden 2008.

Tabel 12. Luftlydisolation mellem etageboliger. Bygningsreglementskrav i ti udvalgte lande.

Lydkrav (1) Status marts 2020		Etageboliger	Kommentarer
Land	Begreb (2)	Krav [dB]	Se noter under tabel
Østrig (AT)	$D_{nT,w}$	≥ 55	(3)
Belgien (BE)	$D_{nT,w}$	≥ 54	(3),(9)
Canada (CA)	ASTC	≥ 47	(6),(7)
Danmark (DK)	R'_w	≥ 55	(8)
Finland (FI)	$D_{nT,w}$	≥ 55	
Tyskland (DE)	R'_w	≥ 53	(3),(5)
Island (IS)	R'_w	≥ 55	(4)
Holland (NL)	$R'_w + C$	≥ 52	
Norge (NO)	R'_w	≥ 55	(4),(9)
Sverige (SE)	$D_{nT,w} + C_{50\text{-}3150}$	≥ 52	

Noter
1) Kun oversigtsoplysninger. Detaljerede krav og betingelser findes i bygningsreglementerne og tilknyttede dokumenter.
2) Der findes ingen generelt anvendelig konverteringsmetode mellem de forskellige begreber, da sammenhængen afhænger af karakteristika for rum og konstruktioner. Præcis konvertering kan kun foretages i specifikke tilfælde.
3) I AT, BE, DE gælder strengere grænseværdier for rækkehuse.
4) Brug af $R'_w + C_{50\text{-}3150/50\text{-}5000}$ anbefales. Hvis anvendt, kan grænseværdien reduceres, se nærmere i kravdokumenterne.
5) Vandret, kravet til lodret er 1 dB højere.
6) Alternativt kan en forhåndsgodkendt løsning med STC ≥ 50 dB anvendes.
7) Provinserne og territorierne har alle deres egne bygningsreglementer, der går forud for det nationale reglement, f.eks. kræver Ontario en STC ≥ 50 dB, ikke en ASTC-værdi. Flere provinser har vedtaget ASTC-vurderingen, men ikke alle.
8) For lette konstruktioner (vægge ≤ 100 kg/m² og gulve ≤ 250 kg/m²) anbefales $R'_w + C_{50\text{-}3150}$ ≥ 53 dB.
9) Under revision. I Norge forventes opgradering fra NS 8175:2012 til NS 8175:2019, lydklasse C, svarende til $R'_w + C_{50\text{-}5000}$ ≥ 54 dB.

Tabel 13. Trinlydniveau mellem etageboliger. Bygningsreglementskrav i ti udvalgte lande.

Lydkrav (1) Status marts 2020		Etageboliger	Kommentarer
Land	Begreb (2)	Krav [dB]	Se noter under tabel
Østrig (AT)	$L'_{nT,w}$	≤ 48	(3)
Belgien (BE)	$L'_{nT,w}$	≤ 58	(3),(5),(9)
Canada (CA)	N/A	Ingen	(6)
Danmark (DK)	$L'_{n,w}$	≤ 53	(8)
Finland (FI)	$L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$	≤ 53	
Tyskland (DE)	$L'_{n,w}$	≤ 50	(3)
Island (IS)	$L'_{n,w}$	≤ 53	(4)
Holland (NL)	$L'_{nT,w} + C_I$	≤ 54	
Norge (NO)	$L'_{n,w}$	≤ 53	(4),(9)
Sverige (SE)	$L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$	≤ 56	(7)

Noter
1) Kun oversigtsoplysninger. Detaljerede krav og betingelser findes i bygningsreglementerne og tilknyttede dokumenter.
2) Der findes ingen generelt anvendelig konverteringsmetode mellem de forskellige begreber, da sammenhængen afhænger af karakteristika for rum og konstruktioner. Præcis konvertering kan kun foretages i specifikke tilfælde.
3) I AT, BE, DE gælder strengere grænseværdier for rækkehuse.
4) Det anbefales, at samme kriterium opfyldes for $L'_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$.
5) Fra "ikke-soveværelser" uden for boligen til et soveværelse kræves ≤ 54 dB.
6) Hverken provinserne, territorierne eller det nationale bygningsreglement har krav til trinlyd. Imidlertid er der fremsendt en anmodning om ændring af Canadas National Building Code i 2025 til også at omfatte krav til trinlyd.
7) Det samme kriterium skal også opfyldes af $L'_{n,w}$.
8) For lette konstruktioner (gulve ≤ 250 kg/m²) anbefales $L'_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ ≤ 53 dB.
9) Under revision. I Norge forventes opgradering fra NS 8175:2012 til NS 8175:2019, lydklasse C, svarende til $L'_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ ≤ 54 dB.

I langt de fleste af de omtalte lande bliver der gjort en indsats for at fremme træbyggeri kvalitativt og kvantitativt. Herunder er angivet sammenfatning af kommentarer relateret til den aktuelle undersøgelse af potentialet for træbyggeri i Danmark:

- For både luft- og trinlyd er det en udfordring at opnå gode lydforhold i let boligbyggeri, herunder træbyggeri. De fleste lande peger på, at trinlyd klart er det største problem, i forbindelse med lyd ,og ikke løst endnu generelt. Der er dog ikke i alle lande konsensus mellem rådgivere, beboere og træindustrien mht., om der er et problem eller ej.
- Flere lande bemærker, at de anvendte trinlydbegreber er defineret ud fra behovene for tungt byggeri og ikke egnede til let byggeri.
- Alle nordiske lande har lovkrav eller anbefalinger for trinlyd ned til 50 Hz samt lydklasser A og B med kriterier ned til 50 Hz. I enkelte andre lande benyttes i praksis også projekteringskriterier, der inkluderer lave frekvenser.
- Konstruktionsløsninger udvikles typisk af de enkelte, større producenter og er ikke generelt tilgængelige.
- Nogle entreprenører og producenter er opmærksomme på lydproblemerne og specielt trinlyd, men ofte mangler viden eller incitament til at løse udfordringerne.
- Der savnes i nogen grad lydtransmissionsdata til projektering og feltresultater fra færdige bygninger.
- I praksis forekommer "konkurrence" mellem forskellige fagområder, fx kan statikere ønske gennemgående undergulve under boligadskil-

lende vægge, mens akustikere kræver adskilte undergulve. Akustikere skal derfor være med i projekteringen fra starten af designfasen.

- Det er vigtigt at beregne konstruktionernes egensvingningsfrekvenser for at kunne vurdere konstruktionens lydforhold. Hybridkonstruktioner med tunge lag kan bidrage til at løse trinlydproblemer.
- Ikke alle lyd- og svingningsproblemer kan forventes løst ved ændrede trinlydkrav. ”Anvendelsesgrænsekrav”, *ikke* sikkerhedsrelaterede, men typisk om nedbøjninger og vibrationer, kan have betydning for brugerkomforten.

Uanset, at der i alle ti lande i tabellerne 12 og 13 er opmærksomhed om træbyggeri, er andelen af træbyggeri, og bl.a. derfor også forskningsindsatsen, meget forskellig. Af de ti lande synes tre lande, Sverige, Tyskland og Canada at have gennemført flest store forskningsprojekter.

I Norden er det især Sverige, som gennem mange år har initieret store forskningsprojekter – fx AkuLite (fra 2009), Aku20 (fra 2014) og AkuTimber (fra 2019) − med mange aktører, medfinansieret af Vinnova, FORMAS og SBUF, og et af mange resultater er en anbefaling af trinlydkriterier ned til 20 Hz, altså længere ned end defineret i DS/EN ISO 717-2. I de nævnte projekter er spørgeskemaundersøgelser til beboere inkluderet.

Andre lande med omfattende forskningsprojekter er Tyskland og Canada. I Tyskland er lydkrav, konstruktionsdata og projekteringsmetoder samt laboratorie- og feltmålemetoder publiceret i en lang række DIN-standarder, men desværre baseret på det traditionelle frekvensområde ned til 100 Hz, som ikke er tilstrækkeligt til let byggeri. Kompleksiteten og sammenhængen i hele denne samling gør det uhyre vanskeligt at udvide frekvensområdet til lavere frekvenser, da erfaringerne endnu er relativt små, og det er nødvendigt at skabe konsensus om ændringer, idet det vil tage årtier at opgradere standarderne. Kompleksiteten kan måske anes ud fra, at en ny håndbog fra 2019 om DIN 4109 fylder ca. 800 sider. I den tyske træindustri har der i en årrække været modstand mod for alvor at erkende behovet og inkludere data for lave frekvenser, men pga. stærkt stigende efterspørgsel fra kunder er behovet imødekommet, og lave frekvenser ned til 50 Hz er inkluderet i en håndbog om træbyggeri udgivet i 2019. I Canada er en meget stor del af boligbyggeriet træbyggeri. Gennem mange år er der udført omfattende forskningsprojekter og publiceret rapporter med konstruktionsløsninger, bl.a. hos NRCC.

Andre lande, fx Holland, Norge og Belgien, har også udført forskning og publiceret vejledninger. I Belgien forventes reviderede lydkrav i løbet af 2020. For at undgå feltmålinger ved lave frekvenser, hvilket er ressourcekrævende, foreslås feltmålinger ned til 100 Hz kombineret med laboratoriekrav efter DS/EN ISO 10140-5 ned til 50 Hz.

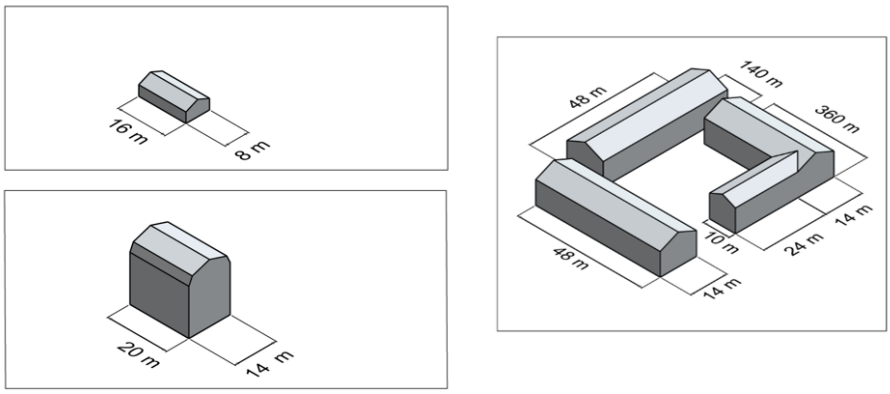
Bygninger er ”lige for loven”, og derfor gælder de samme grænseværdier for let og tungt byggeri. Udfordringen er derfor gennem forskning at udvikle vurderingsbegreber, som er velegnede til at beskrive brugertilfredsheden i begge slags byggerier.

Anlægs- og totaløkonomi

Totaløkonomi

I dette afsnit er udført en total økonomisk analyse, Ved analyserne er der gjort en række antagelser for træbyggeriet, som er beskrevet i afsnittet nedenfor, se afsnittet *Forudsætninger for beregningerne.* Forudsætningerne er gjort, for at træbyggeri kan vurderes i forhold til konventionelt byggeri. Konventionelt byggeri er i denne sammenhæng byggeri opført med bærende bagvægge af beton, letklinkerbeton eller porebeton, etagedæk opbygget i letklinkerbetonelementer, formur af teglsten, indervægge af porebeton eller stålgipsskeletvægge, tagdækning af naturskifer eller tegl og udvendige døre og vinduer med ALU-rammer.

Analysen er til brug for en vurdering af anvendelse af træ som bæredygtigt materiale gennem en totaløkonomisk analyse, se (Haugbølle og Raffnsøe 2019). Analysen tager udgangspunkt i tre eksempler: et typisk énfamiliehus, et etagebyggeri samt en offentlig ejendom i form af en skole.



Figur 42. De tre ejendomme, der udarbejdes en totaløkonomisk beregning på: Enfamiliehus, etageejendom og skolebyggeri.

I analysen gennemføres følsomhedsundersøgelser til illustration af forskellige parametres indflydelse på den totaløkonomiske beregning. Parametre som vedligehold, levetid, rente- og prisudvikling, anlægsomkostninger med flere vil indgå i følsomhedsanalysen. Eksemplerne illustrerer variationer i omkostninger set i forhold til anvendelsen af træ i bygningstyperne i forhold til konventionelt byggeri. Der vil blive udført analyser på særlige varianter såsom en ekstra høj etageejendom, et énfamiliehus, hvor mest muligt er bygget med træ, samt indflydelsen på forskellige konstruktionstyper som rammekonstruktioner mv.

Analysen afgrænses af genanvendelse af materialer og bygningsdele samt økonomien ved genanvendelse, da dette ikke tages med i betragtningen af totaløkonomien. Der er ikke regnet med forsyning og renhold, idet bygningseksemplerne forudsættes identiske med hensyn til forsyning og renhold. Nogle beregninger er for forenklingens skyld tilnærmede, da de ikke har den store betydning for resultatet. Eksempelvis regnes med fuldt facadeareal uden fradrag af vinduesåbninger, som antages at modsvare meromkostningen for vinduesmontage og fals-elementer, der ikke er medtaget.

Forudsætninger for beregningerne

De totaløkonomiske beregninger er udført med Programmet LCCbyg (https://www.LCCbyg.dk), (Haugbølle 2015) og (Haugbølle et al., 2017), der er udviklet af Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet for Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen.

Beregningerne tager udgangspunkt i bestemmelse af nutidsværdien, der er defineret som summen af de tilbagediskonterede fremtidige pengestrømme. Nutidsværdien er et udtryk for, hvor mange penge, der skal sættes til side i dag, for at kunne afholde alle fremtidige omkostninger i beregningsperioden.

Nutidsværdien beregnes som summen af anskaffelsesomkostninger samt de punktlige og løbende omkostninger undervejs i byggeriet.

Nutidsværdiberegning (faste priser) udføres efter formlen:

$$C = K_0 + \sum_{n=1}^{p}(C_n * q) + R = K_0 + \sum_{n=1}^{p} C_n * (1+r)^{-n} + R \qquad (1)$$

Hvor,

C er nutidsværdien
K_0 er den initiale omkostning
n er antallet af år mellem starttidspunktet og tidspunktet for omkostningens afholdelse
p er beregningsperioden
C_n er omkostningen i år n
q er diskonteringsfaktoren
r er den forventede reale kalkulationsrente per år
R er restværdien ved beregningsperiodens udløb.

De initiale omkostninger K_0, herunder anskaffelsesomkostningerne, er skønnede værdier vurderet på grundlag af en gennemsnitlig grundpris og omkostninger ved etablering, inklusiv omkostninger til projektering, bygherres projektomkostninger og ejendomsmæglerudgifter. De skønnede værdier er baseret på data fra (www.sigmaestimates.dk, V&S Prisbøger, Molio).

De punktlige og/eller løbende omkostninger C_n er eksempelvis engangsudgifter, vedligeholdelses- og/eller genopretningsomkostninger.

Engangsudgifter og vedligeholdelsesomkostningerne fastsættes generelt af LCCbyg; programmet er baseret på den viden, der foreligger i dag, men er også vurderet i de enkelte tilfælde med udgangspunkt i (www.sigmaestimates.dk, V&S Prisbøger, Molio). Ved følsomhedsanalyser varieres vedligeholdelsesomkostninger ud fra en vurdering af den variation, der kan forventes på de enkelte bygningsdele.

Genoprettelsesomkostninger afhænger af de enkelte bygningsdeles levetider. Levetider er som udgangspunkt fastsat af programmet LCCbyg, der blandt andet er baseret på viden fra (Aagaard 2013), (Aagaard et al 2012) og [Byggforsk 2010]. I enkelte tilfælde er levetider også vurderet for de enkelte bygningsdele, da denne har indflydelse på slutresultatet.

Nutidsværdien udregnes med og uden restværdi.

Restværdien bestemmes, afhængigt af bygningsdelenes levetid, som en tilbagekonteret værdi af den værdi, bygningen har ved afslutningen af beregningsperioden, svarende til den værdi, bygningsdelenes restværdi ville være i dag. Restværdien medtages i beregningerne, da bygningsdele med længere levetid har en positiv indflydelse på nutidsværdien.

Der regnes generelt med LCCbyg-programmets default værdier for kalkulationsrente og prisudvikling med undtagelse af, hvor følsomhedsanalyser gennemføres. De anvendte parametre for kalkulationsrente og løbende priser er vist i Tabel 14.

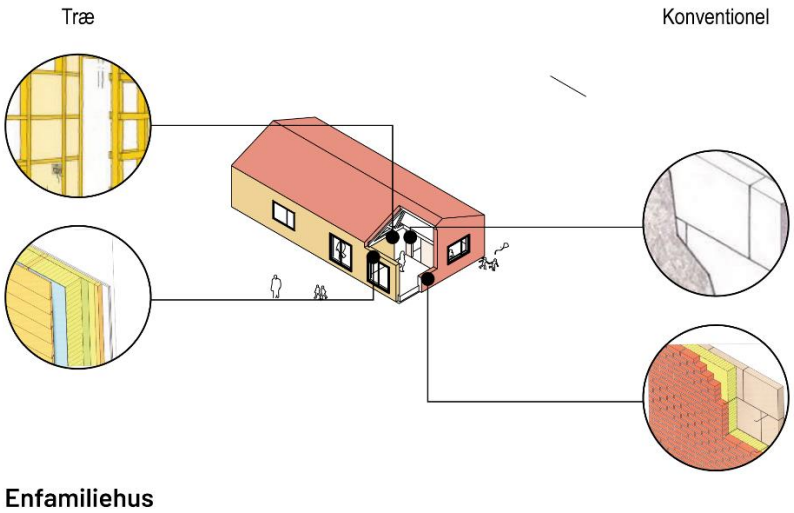
Tabel 14. Default værdier for kalkulationsrente og prisudvikling.

Kalkulationsrente og prisudvikling	
Kalkulationsrente	5,00 %
Prisudvikling generelt	2,00 %
Prisudvikling for drikkevand	4,00 %
Prisudvikling for spildevand	7,00 %
Prisudvikling for energi generelt	4,00 %
Prisudvikling for fjernvarme	3,00 %
Prisudvikling for gas	1,50 %
Prisudvikling for flydende brændsel	4,00 %
Prisudvikling for fast brændsel	3,00 %
Prisudvikling for el	3,50 %
Prisudvikling for skatter og afgifter	2,00 %
Prisudvikling for forsikring	5,00 %
Prisudvikling for administration	2,00 %

I de forskellige eksempler anvendes samme parametre, når andet ikke er angivet under de enkelte analyser. Data fra beregningerne er samlet i Bilag i: *Inddata LCCbyg beregninger*.

Énfamiliehus

Der betragtes et fritliggende énfamiliehus opbygget som et konventionelt hus med porebetonbagvægge og muret teglstens formur samt porebetoninder-vægge. Udvendige døre og vinduer med ALU-rammer. I beregningerne sammenlignes med et træbyggeri, hvor den bærende ydervæg er opbygget i konstruktionstræ, med kombineret pladebeklædning og muret skalmur som klimaskærm, de indvendige vægge opbygges i lette gipspladebeklædte skeletvægge i konstruktionstræ. Endelig sammenholdes med et fritliggende énfamiliehus, hvor alle udvendige og indvendige vægkonstruktioner er opbygget i træ, og hvor hele klimaskærmen er en pladebeklædning. I de to sidste ejendomme regnes med udvendige døre og vinduer i trærammer.



Figur 43. Enfamiliehus opbygget konventionelt med porebeton og tegl henholdsvis med træ i de fleste konstruktioner.

Ejendommene vil ellers have ens opbygning i resterende konstruktioner, såsom betonfundament, svømmende trægulv oven på terrændæk og tagkonstruktioner som gitterkonstruktion i konstruktionstræ med betontagstensbelægning.

Grundens anskaffelsessum er sat til 1.2 mio. kr.

Ejendommene er rektangulære med ydre sidelængden 8x16 m, med et Bruttoareal på 128 m^2. Tilhørende mængder er angivet i Tabel 15, resterende inddata kan findes i Bilag i: *Inddata LCCbyg beregninger*.

Tabel 15. Mængder i fritliggende énfamiliehus.

Type	Mængde	Enhed
Terræn	128	m^2
Ydervæg	136	m^2
Indervæg	70	m^2
Tag (35 %)	144	m^2
Indv. vægoverflader	383	m^2

Overflader indvendige vægge er beregnet som loft+2 sider indervægge + bagside ydervægge (uden gavle = 21 m^2): 128+2*70 + (136 – 21) = 383 m^2. Udvendige overflader, herunder til malerbehandling, afhænger af mængden for de forskellige hustyper. For det konventionelle hus regnes med tegl i hele klimaskærmen (136 m^2), mens ejendommen med kombineret træbeklædning, vedrører gavltrekanter samt brystninger under vinduer i facader, 40 m^2, plus ydermur 96 m^2 i alt 136 m^2. Ejendommen med træ i alle ydervægskonstruktioner har 136 m^2 træbeklædning.

Mængder vedrørende VVS, El og andre installationer fremgår af Bilag i: *Inddata LCCbyg beregninger*.

Indvendige døre (8 stk.) er i træ i alle tre ejendomme. Udvendige døre (4 stk.) og vinduer (18 stk.) er ALU-døre og -vinduer i den konventionelle ejendom, mens der er forudsat træ yderdøre og -vinduer i de to ejendomme med fuld eller delvis træ som klimaskærm. Der regnes med et vinduesareal på 1,2x1,2 m^2. For rumhøje vinduer tælles vinduet som to enheder.

Ud over døre, vinduer og vægge inklusiv gavle er anvendt ens konstruktioner i de tre ejendomme.

Træ i byggeriet

Med forudsætningerne for de tre eksempler, hvor der anvendes mere og mere træ, er nutidsværdierne beregnet med LCCbyg-programmet, se Tabel 16.

Det ses, at anskaffelsessummen er størst for det konventionelle énfamiliehus, mens anskaffelsessummen for de to eksempler med mere træ er mindre. Vedligeholdelsesomkostningerne og genopretningsomkostningerne er større for eksempel 2, hvor der er konstruktionstræ i bagvæggen, der kræver mere vedligehold end en bagvæg i porebeton. Den ekstra omkostning fra genopretning kommer fra den del af facaden, der har træ i klimaskærmen, hvor malingen skal genoprettes hvert 10. år. Vedligeholdelses- og genopretningsomkostninger for det konventionelle hus og huset med træ i hele klimaskærmen er vist i Bilag i: *Inddata LCCbyg beregninger*.

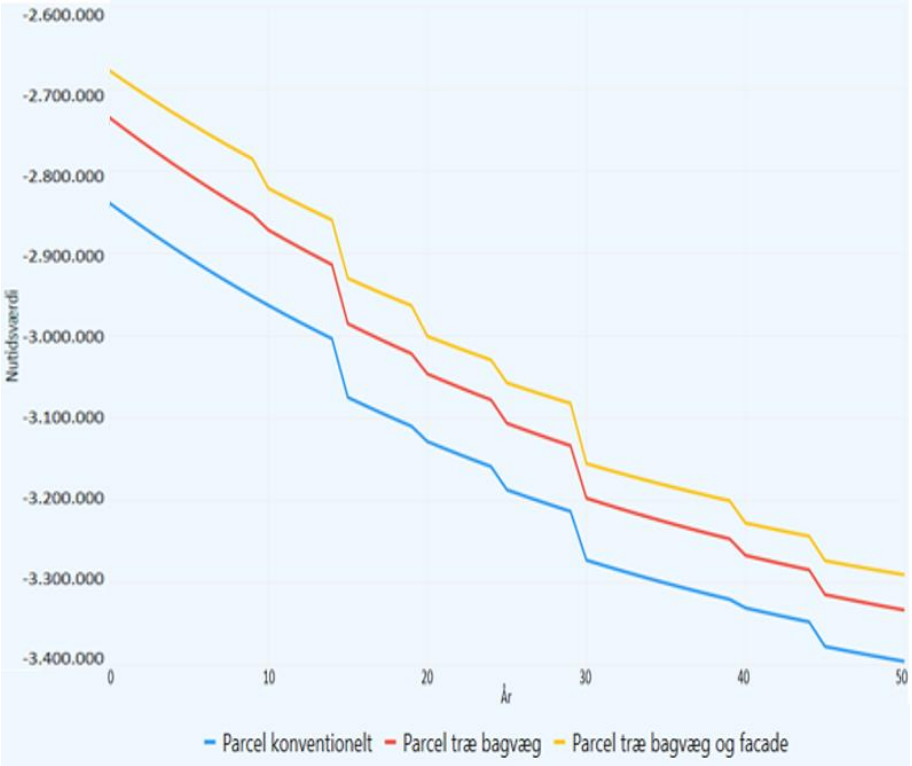
Den samlede nutidsværdi er mindre jo mere træ, der indbygges i husene. Da levetiden på bygningsdelene i det konventionelle hus er længere, er restværdien større, men forskellen er ikke stor mellem det konventionelle hus og huset med træ i bagvæggen. Der er lidt større forskel mellem det konventionelle énfamiliehus og huset med træ i klimaskærmen. Det bemærkes dog, at der samlet set kan være en stor usikkerhed på de forudsatte anskaffelsesomkostninger, hvorfor den faktiske nutidsværdi kan variere mere end den forholdsmæssige lille forskel, der ses på nutidsværdien i de betragtede eksempler.

Tabel 16. Nutidsværdier i DKK. for de 3 eksempler med fritliggende énfamiliehus i DKK.

Navn	Parcel konventionelt	Parcel træ bag-væg	Parcel træ bag-væg og facade
Anskaffelse	-2.523.180	-2.419.380	-2.362.260
Engangsudgift	-315.000	-315.000	-315.000
Vedligehold	-378.227	-393.006	-358.285
Genopretning	-178.771	-205.455	-254.442
Forvaltning			
Forsyning			
Renhold			
Løbende indtægt			
Engangsindtægt			
Nutidsværdi uden restværdi	-3.395.177	-3.332.841	-3.289.988
Restværdi	413.014	404.709	387.687
Nutidsværdi	-2.982.163	-2.928.132	-2.902.300

I eksempel 3 er vedligeholdelsesomkostningerne mindre, hvilket skyldes at træfacaden i klimaskærmen har en forholdsvis lille vedligeholdelsesomkostning. Til gengæld skal den genoprettes hvert 10. år, hvilket medfører en samlet større udgift på vedligehold og genopretning på huset med træ i forhold til klimaskærmen. Nutidsværdien er fortsat den mindste da anskaffelsessummen er noget mindre end for de to andre ejendomme. Tages restværdien med i regnestykket, er der ikke den store forskel mellem de to ejendomme med mest træ. Det skyldes, at levetiden på klimaskærmen i træ er lille, hvorfor restværdien samlet set er noget mindre for ejendommen med træ i klimaskærmen.

I figur 44 ses de opsummerede nutidsværdier for de tre ejendomme. Det ses, der er en forskel hvert 10. år, der skyldes genopretningsomkostningen vedrørende klimaskærmen i træ. Efter 40 år kommer der også et knæk på kurven, der er forskellig i de tre ejendomme. Det skyldes levetiden på udvendige døre i henholdsvis træ, der er 40 år, mens levetiden for ALU-døre er sat til 60 år, se 'genopretning' i Bilag i: *Inddata LCCbyg beregninger*.



Figur 44. Opsummerede nutidsværdier for de 3 huseksempler i DKK. Den blå kurve viser værdien for et konventionelt parcelhus, den røde kurve viser værdien for et parcelhus med bagvæg af træ og den gule kurve viser værdien for et parcelhus med bagvæg og facade af træ.

Vedligeholdelses- og genopretningsomkostninger

Totaløkonomiske beregninger er følsomme over for de valgte indgangsparametre. I det følgende illustreres dette med en beregning på samme tre énfamiliehuse, men hvor der ændres på enkelte vedligeholdelses- og genopretningsomkostningerne i de tre eksempler.

En teglmuret klimaskærm anses normalt som næsten vedligeholdelsesfri. Ligesom man kan anlægge den betragtning, at man kan 'leve' med, at murværket ikke er helt så kønt at se på, men teknisk lever helt op til sin funktion. Med denne betragtning kan vedligeholdelsesomkostningerne reduceres. I eksemplet er det løbende vedligehold halveret.

En klimaskærm i træ vil være hårdere påvirket, og der kan opstå skader som følge af fugt, der øger risikoen for, at der skal udføres vedligehold ved lokale reparationer af klimaskærmen. I eksemplet øges vedligeholdelsesomkostninger til det dobbelte.

Omkostninger ved genopretning af malerarbejde af en klimaskærm i træ er ligeledes usikre, hvorfor disse er forøget med 50 % i eksemplet.

I Bilag i: *Inddata LCCbyg beregninger* er de faktiske vedligeholdelses- og genopretningsomkostninger vist for de tre forskellige huse.

Det fremgår af eksemplet, at nutidsværdien for det konventionelle énfamiliehus og énfamiliehuset med træ i bagvæggen samt delvis klimaskærm i træ nu er næsten den samme, en smule bedre for træhuset, se Tabel 17. I eksemplet hvor hele klimaskærmen er i træ er nutidsværdien nu blevet større, både grundet reduktionen af vedligeholdelsesomkostningen på teglydermuren, men også grundet forøgelsen af genoprettelsesomkostningerne med de 50 % på malerudgifter til klimaskærmen.

Tabel 17. Nutidsværdier i DKK. for de tre eksempler med fritliggende énfamiliehus med ændrede vedligeholdelses- og genoprettelsesomkostninger.

Navn	Parcel konventionelt	Parcel træ bag-væg	Parcel træ bag-væg og facade
Anskaffelse	-2.523.180	-2.419.380	-2.362.260
Engangsudgift	-315.000	-315.000	-315.000
Vedligehold	-325.605	-369.942	-390.550
Genopretning	-178.771	-215.661	-289.142
Forvaltning			
Forsyning			
Renhold			
Løbende indtægt			
Engangsindtægt			
Nutidsværdi uden restværdi	-3.342.555	-3.319.983	-3.356.951
Restværdi	413.014	404.709	387.687
Nutidsværdi	-2.929.541	-2.915.274	-2.969.264

Etageejendom

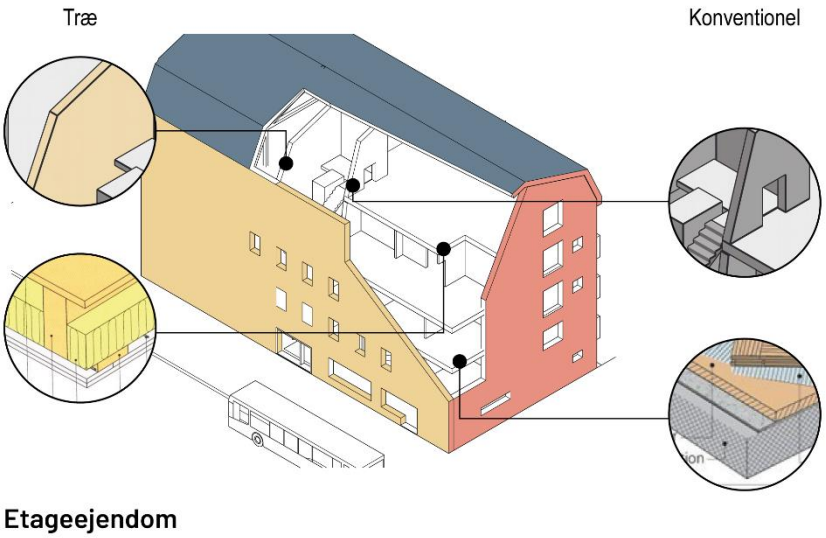
Der betragtes en 4½ etages ejendom, indrettet med to udlejninger i stueetage til butik samt 2 lejligheder på hver etage herunder to taglejligheder i alt otte lejemål til boliger. Samlet bruttoetageareal 1304 m^2. Tagkonstruktionen er opbygget som mansardtag med taghældning på henholdsvis 65 og 18 grader. Taget er beklædt med naturskifer. Ejendommens samlede højde til kip er 16,2 m. Udvendige døre og vinduer med ALU-rammer. Der er indbygget trapperum med elevator ud mod den ene yderfacade i midten af ejendommen.

Der kigges på tre eksempler. Det første hvor etageejendommen er opbygget som et konventionelt hus med letklinkerbeton elementer i bagvægge og muret teglstens formur. Indervægge er udført som stålgipsskeletvægge. Etagedæk er opbygget i letklinkerbetonelementer, med svømmende gulvopbygning. Lejlighedsskel og hovedskillerum er opbygget i letklinkerbetonelementer. Lejlighedskel omkredser trapperum. Trapper er opbygget som betonelementrappe. I stuetage er hele den ene facade et stort vinduesparti med bærende stålsøjler, da lejemålet anvendes til butik.

I det andet eksempel sammenlignes med en lignende ejendom, hvor de bærende facadeydervægge er opbygget i konstruktionstræ. Af hensyn til brand mod naboejendom er gavlfacadevægge muret i 200 mm kalksandsten. Ydervægsfacader opmures med klimaskærm i tegl. De indvendige vægge opbygges i lette gipspladebeklædte skeletvægge i konstruktionstræ. Etagedæk er opbygget som bjælkelag, der spænder fra facadeydervægge til hovedskillerum. Trægulv på strøer. Etagedæk er forsynet med ekstra lydisolerende beklædning og brandsikring grundet vandret lejlighedskel. Hovedskillerum er opbygget i konstruktionstræ. Lejlighedsskel er af hensyn til lydkrav opmuret i 250 mm kalksandsten. Trapperum er opbygget i konstruktionstræ.

Endelig sammenholdes i eksempel 3 med en etageejendom hvor mest muligt er opbygget i træ. Etageejendommen er opbygget som eksempel 2, men klimaskærmen i facaden er en pladebeklædning i træ. Lejlighedskel opbygges i konstruktionstræ, med ekstra lydisolerende beklædning på begge sider. Den bærende del af gavlfacader er nu opbygget i konstruktionstræ, men af hensyn til brand mod nabo opmures en 100 mm formur af kalksandsten.

I de to sidste etageejendomme regnes med udvendige døre og vinduer i trærammer.



Figur 45. Etageejendom opbygget konventionelt med letklinkerbetonelementer og tegl henholdsvis med træ i flest mulige konstruktioner.

Ejendommene vil ellers have ens opbygning i resterende konstruktioner, såsom betonfundament, flydende trægulv på strøer oven på etagedæk og terrændæk. Tagkonstruktioner som hanebåndskonstruktion i konstruktionstræ med naturskifertagbelægning.

Grundens anskaffelsessum er sat til 9.4 mio. kr.

Ejendommene er rektangulære med ydre sidelængden 14x20 m^2, med et basisbygningsareal på 280 m^2. Tilhørende mængder er angivet i Tabel 18, resterende inddata kan findes i Bilag i: *Inddata LCCbyg beregninger*.

Tabel 18. Mængder i etageejendomme.

Type	Mængde	Enhed
Terræn	280	m^2
Trapperum	24	m^2
Etagedæg (4 stk.)	1024	m^2
Yderfacadevægge	420	m^2
Gavlfacadevægge	424	m^2
Lejlighedsskel	360	m^2
Hovedskillerum	240	m^2
Indervægge	525	m^2
Tag (65°/18°)	340	m^2
Indv. vægoverflader	3866	m^2

Overflader indvendige vægge er beregnet som lofter+2 sider indervægge + bagside ydervægge (uden gavle = 88 m^2): 4*280+340+2*525+420+(424-88)+360+240 = 3866 m^2. Udvendige overflader herunder til malerbehandling afhænger af mængden for de forskellige etageejendomme. For det konventionelle hus regnes med tegl i hele klimaskærmen og for kombineret tegl/kalksandsten kræves ikke overfladebehandling (844 m^2), mens ejendommen med kombineret træbeklædning og kalksandsten (eksempel 3) vil have en træbeklædning i yderfacader på i alt 420 m^2.

Mængder vedrørende VVS, El og andre installationer fremgår af Bilag i: *Inddata LCCbyg beregninger*.

Indvendige døre (7 pr lejlighed og 3 i hver butik i alt **62** stk.) er i træ i alle tre ejendomme. Udvendige døre, inkl. mod trapperum (2 pr lejlighed og 2 pr butik samt dobbelt hoveddør trapperum i alt **22** stk.) og vinduer (8 pr lejlighed og 15 pr butik i alt **94** stk.) er ALU-døre og -vinduer i den konventionelle

ejendom, mens der er forudsat træ yderdøre og -vinduer i de to ejendomme med flere indbyggede trækonstruktioner. Vinduer regnes som standard vinduer 1,2x1,2 m^2. Vinduer i fuld facadehøjde regnes som to enheder (vedrører mod altaner og butiksfacade).

Ud over døre, vinduer, vægge og dæk er anvendt ens konstruktioner i de tre ejendomme.

Træ i etagebyggeri

Med forudsætningerne for de tre eksempler, hvor der anvendes mere og mere træ, er nutidsværdierne beregnet med LCCbyg programmet, se Tabel 19.

Det ses at anskaffelsessummen er størst for det konventionelle énfamiliehus, mens at anskaffelsessummen for de to eksempler med mere træ er mindre.

Tabel 19. Nutidsværdier i DKK. for de tre eksempler med etageejendomme.

Navn	Etageejendom konventionelt	Etageejendom trædæk og -vægge	Etageejendom klimaskærm i træ
Anskaffelse	-19.759.680	-18.905.500	-18.574.600
Engangsudgift	-2.190.000	-2.190.000	-2.190.000
Vedligehold	-3.679.895	-3.616.860	-3.443.881
Genopretning	-2.187.326	-2.221.827	-2.450.292
Forvaltning			
Forsyning			
Renhold			
Løbende indtægt			
Engangsindtægt			
Nutidsværdi uden restværdi	-27.816.902	-26.934.187	-26.658.774
Restværdi	2.260.029	3.123.320	3.037.232
Nutidsværdi	-24.556.873	-23.810.867	-23.621.542

Modsat eksemplet med énfamiliehuset ses at vedligeholdelsesomkostningerne er mindre for de etageejendomme, hvor der er anvendt mest træ, og i eksempel 3 er vedligeholdelsesomkostningerne mindst. Det skyldes at vedligeholdelsesomkostninger på de indvendige vægge i form af lejlighedsskel og hovedskillerum samt etagedæk i konstruktionstræ er betydelig mindre end tilsvarende letbetonvægge og –dæk, se Tabel 20. Værdierne er beregnet inklusiv lydisolerende tillægslag i trækonstruktioner. Samtlige data kan ses i Bilag i: *Inddata LCCbyg beregninger*. Vedligeholdelsesomkostningerne er noget større i træskeletvægge i forhold til konventionelle stålskeletvægge, men ikke betydelige i forhold til de større vedligeholdes omkostninger i konventionelle vægge og dæk.

Tabel 20. Vedligeholdelsesomkostninger i etageejendomme.

	Konventionel	Træ	Enhed
Klimaskærm	10982	5040	kr. pr. gang
Lejlighedskel	4320	3510	kr. pr. gang
Etagedæk	12288	9984	kr. pr. gang
Skeletvægge	3675	4200	kr. pr. gang

Genopretningsomkostningerne er større for eksempel 2 og 3. De betydelige genoprettelsesomkostninger i eksempel 3 skyldes malingen på klimaskærmen der har en levetid på 10 år, se Bilag i: *Inddata LCCbyg beregninger*. Forskellen mellem eksempel 1 og 2 findes i trævinduerne, da trævinduerne skal genoprettes efter 40 år.

Den samlede nutidsværdi er mindre, jo mere træ der indbygges i husene. Da levetiden på bygningsdelene i det konventionelle hus er længere, er restværdien større, men forskellen er ikke stor mellem den konventionelle etageejendom og etageejendommen med mest træ, hvilket hovedsagelig skyldes den noget mindre restværdi grundet klimaskærmen.

Det bemærkes, at der samlet set kan være en stor usikkerhed på de forudsatte anskaffelsesomkostninger, hvorfor den faktiske nutidsværdi kan variere mere end den forholdsmæssige lille forskel der er på nutidsværdien i de betragtede eksempler.

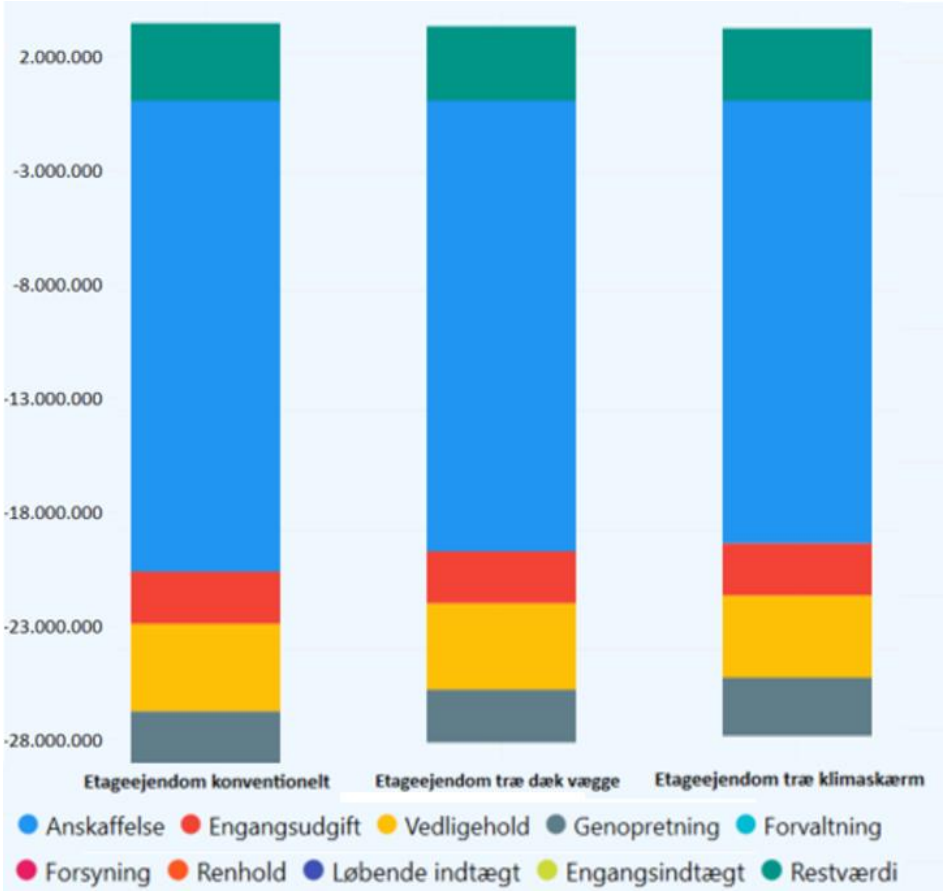
Kalkulationsrenten og prisudvikling

Totaløkonomiske beregninger er meget følsomme over for den forudsatte kalkulationsrente, og prisudviklingen i det hele taget. Det er derfor vigtigt at have disse overvejelser med i en vurdering af hvilken totaløkonomiske løsning, der er den bedste. Til illustration af kalkulationsrentens indflydelse er gennemført en beregning med de samme tre eksempler med etageejendomme, men hvor der anvendes en lavere kalkulationsrente på 2 %, se Tabel 21 som kan sammenholdes med de 5 %, se Tabel 14. Der regnes i dette eksempel på samme prisudvikling.

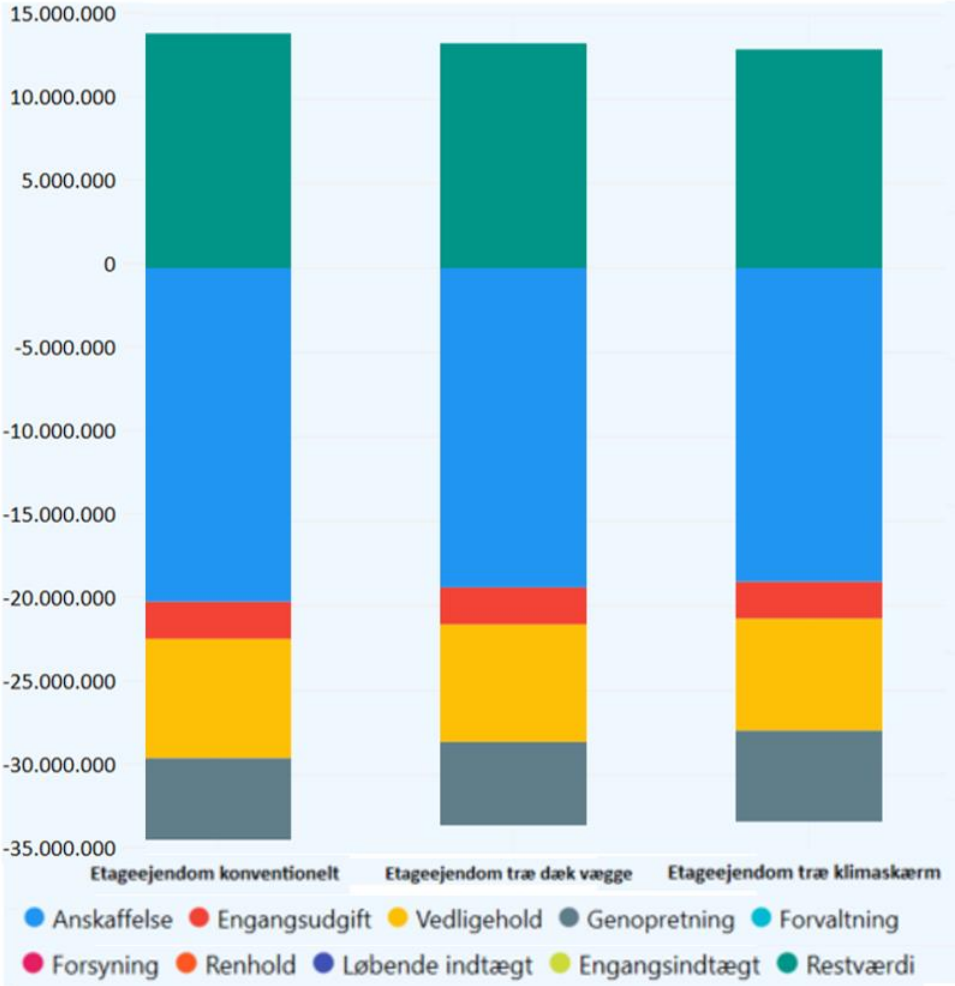
Tabel 21. Kalkulationsrente og prisudvikling.

Kalkulationsrente og prisudvikling	
Kalkulationsrente	2,00 %
Prisudvikling generelt	2,00 %
Prisudvikling for drikkevand	4,00 %
Prisudvikling for spildevand	7,00 %
Prisudvikling for energi generelt	4,00 %
Prisudvikling for fjernvarme	3,00 %
Prisudvikling for gas	1,50 %
Prisudvikling for flydende brændsel	4,00 %
Prisudvikling for fast brændsel	3,00 %
Prisudvikling for el	3,50 %
Prisudvikling for skatter og afgifter	2,00 %
Prisudvikling for forsikring	5,00 %
Prisudvikling for administration	2,00 %

Kalkulationsrenten har indflydelse på de værdier, der skal tilbagekonteres. Det vil sige vedligeholdelsesudgifter, genopretningsudgifter samt restværdien. Når kalkulationsrenten er lav, vil alle disse tre udgifter stige, mens anskaffelsespris og engangsudgifter i starten vil være uændrede. Dette kan ses på de forholdsmæssige omkostninger, især grøn (restværdi) og blå (anskaffelsesomkostninger), når man sammenholder figur 46 og figur 47.



Figur 46. Forholdsmæssige Hovedposter Kalkulationsrente 5 % i DKK.



Figur 47. Forholdsmæssige Hovedposter Kalkulationsrente 2 % i DKK.

Øgede tilbagediskonterede vedligeholdelses- og genopretningsomkostningerne vil resultere i en større nutidsværdi (en dårligere nutidsværdi), mens restværdien vil have en positiv indflydelse på nutidsværdien (sænke nutidsværdien). Den positive effekt fra restværdien er større end den negative indflydelse fra vedligeholdelse- og genopretningsomkostningerne, hvorfor den samlede nutidsværdi for det konventionelle hus i eksemplet med en kalkulationsrente på 2 % nu er forholdsvis bedre end etageejendommen, hvor der er anvendt mest træ, se Tabel 22, modsat eksemplet med kalkulationsrente på 5 %, se Tabel 19.

Tabel 22. Nutidsværdi i DKK. for etageejendomme ved en kalkulationsrente på 2 %.

Navn	Etageejendom konventionelt	Etageejendom trædæk og -vægge	Etageejendom klimaskærm i træ
Anskaffelse	-19.759.680	-18.905.500	-18.574.600
Engangsudgift	-2.190.000	-2.190.000	-2.190.000
Vedligehold	-7.071.380	-6.950.250	-6.617.850
Genopretning	-4.824.500	-4.934.500	-5.388.250
Forvaltning			
Forsyning			
Renhold			
Løbende indtægt			
Engangsindtægt			
Nutidsværdi uden restværdi	-33.845.560	-32.980.250	-32.770.700
Restværdi	13.889.218	13.306.775	12.940.000
Nutidsværdi	-19.956.342	-19.673.475	-19.930.700

Forudsættes kalkulationsrenten lavere, kan også forudsættes en tilsvarende lavere prisudvikling. I det næste eksempel er prisudviklingen sat til knap halvdelen, se Tabel 23.

Tabel 23. Kalkulationsrente og prisudvikling.

Kalkulationsrente og prisudvikling	
Kalkulationsrente	2,00 %
Prisudvikling generelt	1,00 %
Prisudvikling for drikkevand	2,00 %
Prisudvikling for spildevand	4,00 %
Prisudvikling for energi generelt	2,00 %
Prisudvikling for fjernvarme	2,00 %
Prisudvikling for gas	1.00 %
Prisudvikling for flydende brændsel	2,00 %
Prisudvikling for fast brændsel	2,00 %
Prisudvikling for el	2,00 %
Prisudvikling for skatter og afgifter	1,00 %
Prisudvikling for forsikring	3,00 %
Prisudvikling for administration	1,00 %

En lavere prisudvikling vil have den modsatte effekt end den lavere kalkulationsrente, som det ses på de beregnede nutidsværdier i Tabel 24, hvor etageejendommen med mest træ har den bedste nutidsværdi.

Tabel 24. Nutidsværdi for etageejendomme ved en kalkulationsrente på 2 % og en tilsvarende lav prisudvikling i DKK.

Navn	Etageejendom konventionelt	Etageejendom trædæk og -vægge	Etageejendom klimaskærm i træ
Anskaffelse	-19.759.680	-18.905.500	-18.574.600
Engangsudgift	-2.190.000	-2.190.000	-2.190.000
Vedligehold	-5.556.169	-5.460.994	-5.199.819
Genopretning	-3.653.538	-3.727.710	-4.083.126
Forvaltning			
Forsyning			
Renhold			
Løbende indtægt			
Engangsindtægt			
Nutidsværdi uden restværdi	-31.159.388	-30.284.205	-30.047.544
Restværdi	8.486.681	8.130.793	7.906.684
Nutidsværdi	-22.672.707	-22.153.412	-22.140.861

Højhus

I det følgende eksempel undersøges totaløkonomien for et højhus, hvor der er anvendt mest muligt træ. Der gennemføres to eksempler. Det første er et konventionelt højhus opbygget med letklinkerbetonelementer i vægge og etagedæk og det andet er opbygget med mest muligt træ også i klimaskærmen. Eksemplerne er i princip opbygget som standardeksemplerne, men nu med i en syvetagers ejendom med et samlet Bruttoetageareal på 1864 m^2.

Grundens anskaffelsessum er sat til 11.2 mio. kr.

Etageejendommen har samme ydre dimensioner som standard byggeriet på 14x20 m^2 og er således i princippet udvidet med to ekstra etager, svarende til fire ekstra udlejningsejendomme til beboelse. Tagkonstruktionen er opbygget som fladt tag beklædt med en tagpapløsning. Grundet etagehøjden skal der i eksemplet med bærende konstruktioner i træ indføres forstærkende bjælke- og søjleløsninger i stål i de tre nederste etager. I begge ejendomme etableres forstærkende stabilitetsforanstaltninger. Mængder på primære bygningsdele er angivet i Tabel 25, resterende inddata kan findes i Bilag i: *Inddata LCCbyg beregninger*.

Tabel 25. Mængder i Højhuse.

Type	Mængde	Enhed
Terræn	280	m^2
Trapperum	24	m^2
Etagedæk (6 stk.)	1536	m^2
Yderfacadevægge	588	m^2
Gavlfacadevægge	780	m^2
Lejlighedskel	504	m^2
Hovedskillerum	336	m^2
Indervægge	735	m^2
Tag (<5º)	280	m^2
Indv. vægoverflader	5638	m^2

Overflader indvendige vægge er beregnet som lofter+2 sider indervægge + bagside ydervægge: 7*280+2*735+588+780+588+504+336 = 5638 m^2. Udvendige overflader, herunder til malerbehandling, afhænger af mængden for de forskellige etageejendomme. For det konventionelle hus regnes med tegl

i hele klimaskærmen, der ikke kræver overfladebehandling, mens ejendommen med klimaskærm vil have en træbeklædning i yderfacader på i alt 588 m^2.

Mængder vedrørende VVS, El og andre installationer fremgår af Bilag i: *Inddata LCCbyg beregninger*.

Indvendige døre (7 pr lejlighed og 3 i hver butik i alt 90 stk.) er i træ i begge ejendomme. Udvendige døre, inkl. mod trapperum (2 pr lejlighed og 2 pr butik samt dobbelt hoveddør trapperum i alt 30 stk.) og vinduer (8 pr lejlighed og 15 pr butik i alt 126 stk.) er ALU-døre og -vinduer i den konventionelle ejendom, mens der er forudsat træ yderdøre og -vinduer i ejendommen med flest indbyggede trækonstruktioner. Vinduer regnes som standardvinduer 1,2x1,2 m^2. Vinduer i fuld facadehøjde regnes som to enheder (vedrører mod altaner og butiksfacade).

Ud over døre, vinduer, vægge og dæk er anvendt ens konstruktioner i de 2 ejendomme.

Med disse forudsætninger i de to eksempler med højhuse er nutidsværdierne beregnet med LCCbyg programmet, se Tabel 26.

Det ses, at anskaffelsessummen er størst for det konventionelle énfamiliehus, mens anskaffelsessummen for eksemplet med mere træ er mindre.

Tabel 26. Nutidsværdier i for de 2 eksempler med højhuse i DKK.

Navn	Etageejendom konventionelt	Etageejendom klimaskærm i træ
Anskaffelse	-25.330.760	-23.959.700
Engangsudgift	-2.540.000	-2.540.000
Vedligehold	-5.028.756	-4.743.263
Genopretning	-3.190.075	-3.556.973
Forvaltning		
Forsyning		
Renhold		
Løbende indtægt		
Engangsindtægt		
Nutidsværdi uden restværdi	-36.089.591	-34.799.936
Restværdi	4.092.892	3.817.001
Nutidsværdi	-31.996.699	-30.982.935

Som tidligere ses, at vedligeholdelsesomkostningerne er mindre for etageejendommen, hvor der er anvendt mest træ. Genopretningsomkostningerne er større, hvilket igen skyldes klimaskærmen samt trævinduernes kortere levetid. Det ses, at den samlede nutidsværdi mellem ejendommene afviger med ca. 1.0 mio. kr. I det tidligere eksemplet med den fire og en halv etager høje ejendom var afvigelsen ca. 900 tkr., se Tabel 19. Forklaringen på forskellen ikke er større på trods af de to ekstra etager, ligger i de ekstra anlægsomkostninger der er tilført de bærende konstruktioner i stål i de tre nederste etager, som er anslået til ca. 450 tkr.

Effekt af Bruttoareal

I etageejendommen er der to bygningsdele, som vil påvirke det samlede Bruttoetageareal. Lejlighedsskel vil af hensyn til lydforhold samlet set få en større tykkelse, der vil påvirke Bruttoarealet til ugunst. Facadeydervæggene vil kunne konstrueres mindre tykke, hvis der stilles samme krav til ydervæggens U-værdi, hvilket vil virke til gunst. Disse faktorer vil påvirke den totaløkonomiske beregning, hvilket illustreres i dette eksempel. Det forudsættes at de nedre etager fortsat bæres af forstærkende stålkonstruktioner.

Lejlighedskel i letklinkerbeton vil typisk have en tykkelse på t = 150 mm af hensyn til lydisoleringskrav. Et lejlighedsskel opbygget i trækonstruktioner vil

konstruktivt have en samlet normaltykkelse på 145 mm med stolpeafstand cc 400 mm, men grundet lydkrav skal der monteres ekstra lydisolerende beklædning på 70 mm på begge sider med gipspladebeklædning ca. 2x26 mm på begge sider), hvilket vil give en samlet tykkelse i størrelsesordenen 350 mm. Det vil svare til en forøget tykkelse på 200 mm over en samlet længde på hver etage på 16 m eller et reduceret etageareal på 16*0,2 = 3,2 m^2 pr. etage.

Facadeydervægge har en samlet længde på 2x20 m = 40 m pr. etage. En typisk ydervæg med letklinkerbeton i bagvæg og teglmuret formur vil normalt have en samlet tykkelse på ca. 400 mm (bagvæg 120, luftspalte, 150 mm isolering, formur 110 mm). En typisk ydervæg i konstruktionstræ med pladebeklædt træ som klimaskærm vil typisk have en tykkelse på ca. 250 mm (gipsbeklædning 2x13 mm, baglægter 45 mm, bærende C18 145 mm, klimaskærm 30 mm). Det vil svare til en forøget tykkelse på 200 mm over en samlet længde på hver etage på de 40 m eller et forøget etageareal på 40*0,15 = 6,0 m^2 pr. etage.

Samlet vil denne etageejendom have ca. 3 m^2 pr. etage eller i alt 15 m^2 til gunst i nettoarealet. Bruttoetagearealet er 1304 m^2, hvilket fratrukket ydervægge på 136 m^2 (2*(14+20) m*0,4 m*5 etager) giver et nettoareal på 1168 m^2.

Antages et normal lejeindtægtsgrundlag på 6 %, fratrukket 2 % til renter af lånekapital pog 1 % i ejendomskatter og 1 % i driftsomkostninger (forbrug og renhold mv) vil der være provenu på samlet 2 %. (Der er set bort fra inflation og eventuel værdistigning i ejendommen). Antages der dernæst, at lejeudgiften ikke er afhængig af materialevalg (konventionelt- hhv. træhus), og at lejeindtægten kan baseres på en ca. anskaffelsessum inkl. engangsudgifter på ca. 22 mio. kr., se Tabel 19, vil de give en løbende indtægt på 440.000 kr. pr. år. Denne indtægt vil som udgangspunkt være den samme for de tre forskellige etageejendomme, men antages det, at lejen kan øges i forhold til nettoetagearealet, vil ejendomme i træ kunne indhente en forholdsmæssig merindtægt på 15m^2 / 1168 m^2 = 1,3 % svarende til en merindtægt på ca. 5.700 kr. pr. år. Den totaløkonomiske beregning med en løbende indtægt svarende hertil på træhusene er vist i Tabel 27.

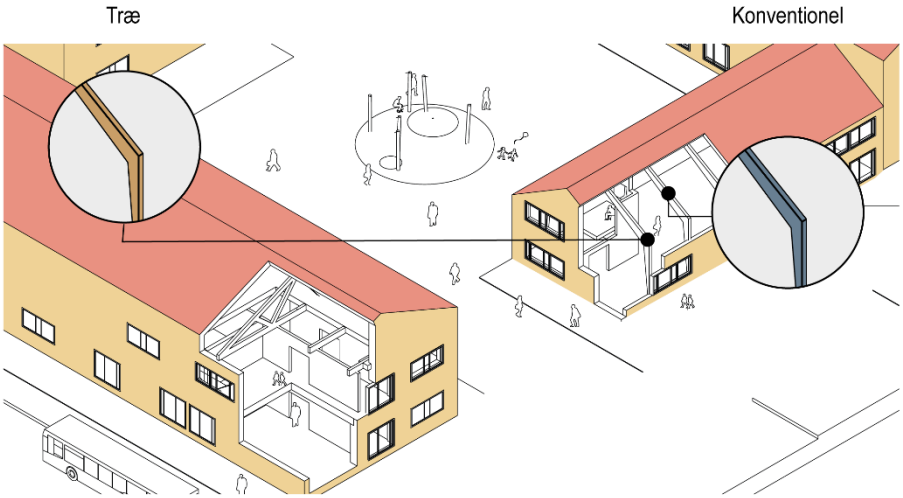
Tabel 27. Nutidsværdier i DKK. for de tre eksempler med effekt af bruttoareal.

Navn	Etageejendom konventionelt	Etageejendom trædæk og -vægge	Etageejendom klimaskærm i træ
Anskaffelse	-19.759.680	-18.905.500	-18.574.600
Engangsudgift	-2.190.000	-2.190.000	-2.190.000
Vedligehold	-3.679.895	-3.616.860	-3.443.881
Genopretning	-2.187.326	-2.221.827	-2.450.292
Forvaltning			
Forsyning			
Renhold			
Løbende indtægt			
Engangsindtægt			
Nutidsværdi uden restværdi	-27.816.902	-26.785.875	-26.510.462
Restværdi	3.260.029	3.123.320	3.037.232
Nutidsværdi	-24.556.873	-23.662.555	-23.473.230

Det ses, at der er en forskel i nutidsværdien mellem den konventionelle ejendom og de to ejendomme med mere træ sit i forhold til anskaffelsessummen inklusiv engangsudgifter på ca. 0.98 mio. kr./ 22 mio. kr. der svarer til ca. 4,5 %. I forhold til de oprindelige beregninger, se Tabel 19, fås en forskel på ca. 0.83 mio. kr. / 22 mio. kr., der svarer til ca. 3,6 %.

Offentlig bygning - skole

Der betragtes en offentlig bygning i form af en skole. Skolen har en kapacitet på ca. 30 klasser fra 0. til 9. klassetrin i folkeskolen, med plads til ca. 700 elever. Skolen er består af fire bygninger. Én bygning til gymnastiksal med en fri rumhøjde til kip 8,0 m og en bredde på 10 m med en rammekonstruktion som hovedbærende system. Gymnastiksalens længde er 24 m. Herudover tre selvstændige bygninger i to etager med bredde på 14 m, hvor de to af bygningerne er 48 m lange og den sidste er 36 m lang. De fire bygninger er placeret omkring en skolegård med et samlet basisbygningsareal på 2088 m^2 og et samlet bruttoetageareal på 3936 m^2. Grundarealet, som bygningerne ligger på, er 4550 m^2. Der er 40 lokaler i bygningerne, de fleste til undervisningsbrug, men også toiletter, bibliotek, lagerrum, fælles fyrrum mv. samt to større lokaler indrettet til henholdsvis kantine og bibliotek, begge med bærevne hovedskillerumsbjælker.



Skole

Figur 48. Skolebyggeri opbygget konventionelt med porebeton og tegl henholdsvis med træ i flest mulige konstruktioner.

Der regnes på to eksempler. Et konventionelt hus med porebetonbagvægge og muret teglstens formur, samt porebetonindervægge og etagedæk i letklinkerbeton. Udvendige døre og vinduer med ALU-rammer. Gymnastiksalens hovedbærende system opbygges i stålrammer med pladebeklædning indvendig. I det andet eksempel regnes på et træbyggeri, hvor den bærende ydervæg er opbygget i konstruktionstræ med pladebeklædning som klimaskærm. De indvendige vægge opbygges i lette gipspladebeklædte skeletvægge i konstruktionstræ. Etagedæk som bjælkelag med tilhørende lydisolerende lag. I træbygningen regnes med udvendige døre og vinduer i trærammer. Gymnastiksalens hovedbærende system opbygges i limtræsrammer med pladebeklædning indvendig.

Ejendommene vil ellers have ens opbygning i resterende konstruktioner, såsom betonfundament, svømmende trægulv oven på terrændæk og tagkonstruktioner som gitterkonstruktion i konstruktionstræ med eternittagbelægning. Tag over rammekonstruktion ligeledes med eternittagbelægning.

Grundens anskaffelsessum er sat til 7.2 mio. kr.

Mængder er udregnet samlet for hele skolen og angivet i Tabel 28, resterende inddata kan findes i Bilag i: *Inddata LCCbyg beregninger*.

Tabel 28. Mængder i skolebebyggelse.

Type	Mængde	Enhed
Terræn	2088	m^2
Ydervægge	2624	m^2
Indervægge	1370	m^2
Etagedæk	1848	m^2
Tag (28º)	2376	m^2
Indv. vægoverflader	9196	m^2
Rammekonstruktion	182	lbm
Stålbjælker	20	lbm

Loft i Gymnastikhus er 11x24 = 264 m^2, loft i resterende bygninger er 2*14*132 = 3698 m^2, i alt 3960 m^2 loft. Overflader indvendige vægge er beregnet som loft+2 sider indervægge + bagside ydervægge (uden gavle = 128 m^2): 3960+2*1370 + (2624 – 128) = 9196 m^2. Udvendige overflader, herunder til malerbehandling, afhænger af mængden for de forskellige hustyper. For det konventionelle hus regnes med tegl i hele klimaskærmen, der ikke kræver overfladebehandling, mens ejendommen med træbeklædning i hele klimaskærmen skal males (2624 m^2).

Mængder vedrørende VVS, El og andre installationer fremgår af Bilag i: *Inddata LCCbyg beregninger*.

Indvendige døre (74 stk.) er i træ i begge skolebygninger. Udvendige døre (4 stk. i hver bygning i alt 16 stk. samt 4 porte) og vinduer (112 stk.) er ALU-døre og -vinduer i den konventionelle ejendom, mens der er forudsat træyderdøre og -vinduer i de skolebygningen med mest indbyggede trækonstruktioner. Vinduer regnes som standardvinduer 1,2x1,2 m^2. Vinduer i fuld facadehøjde regnes som to enheder

Ud over ovennævnte konstruktioner er anvendt ens konstruktioner i de begge eksempler.

Træ i skolebyggeri

Med forudsætningerne for de to eksempler med et konventionelt skolebyggeri og et skolebyggeri, hvor der er anvendt mest muligt træ, er nutidsværdierne beregnet med LCCbyg programmet, se Tabel 29.

Tabel 29. Nutidsværdier for de 2 eksempler med skolebyggeri i DKK.

Navn	Skolebyggeri konventionelt	Skolebyggeri klimaskærm i træ
Anskaffelse	-32.633.740	-29.809.210
Engangsudgift	-4.590.000	-4.590.000
Vedligehold	-7.928.962	-7.411.012
Genopretning	-4.293.497	-5.734.933
Forvaltning		
Forsyning		
Renhold		
Løbende indtægt		
Engangsindtægt		
Nutidsværdi uden restværdi	-49.446.199	-47.545.155
Restværdi	4.289.779	3.790.145
Nutidsværdi	-45.156.420	-43.755.010

Det ses, at anskaffelsessummen også i dette beregningseksempel er størst for det konventionelle skolebyggeri, men også at vedligeholdelsesomkostningerne er mindst, hvilket samlet set giver en bedre nutidsværdi for skolebyggeriet med mest træ indbygget.

Men som det også er nævnt i de andre eksempler, kan der være en stor usikkerhed på de forudsatte anskaffelsesomkostninger, hvorfor den faktiske nutidsværdi kan variere mere end den forholdsmæssige lille forskel, der er på nutidsværdien i de betragtede eksempler. Dette illustreres i næste eksempel.

Anskaffelsesomkostninger

Totaløkonomiske beregninger er følsomme over for de forudsatte anskaffelsesomkostninger. I det følgende eksempel er anskaffelsesomkostningerne reguleret ned med ca. 10 % i eksemplet på det konventionelle skolebyggeri og op med ca. 10 % på skolebygeriet med mest træ. Der er reguleret på bygningsdelene angivet i Tabel 30. De tilhørende data kan findes i Bilag i: *Inddata LCCbyg beregninger*.

Tabel 30. Vedligeholdelsesomkostninger i etageejendomme.

	Konventionel	Træ	Enhed
Bagvægge	990	990	Kr./m^2
Klimaskærm	1160	935	Kr./m^2
Indvendige vægge	990	880	Kr./m^2
Etagedæk	1080	1075	Kr./m^2

Det ses i Tabel 31, at den samlede anskaffelsespris fortsat er størst for det konventionelle skolebyggeri, men at nutidsværdien grundet vedligeholdes- og genopretningsomkostninger nu er bedre for det konventionelle skolebyggeri end for byggeriet med mest træ.

Tabel 31. Nutidsværdi i DKK. for skolebyggerier med en ændring på 10 % i anskaffelsesomkostninger.

Navn	Skolebyggeri konventionelt	Skolebyggeri klimaskærm i træ
Anskaffelse	-31.618.400	-30.525.850
Engangsudgift	-4.590.000	-4.590.000
Vedligehold	-7.572.602	-7.693.065
Genopretning	-4.293.497	-5.868.832
Forvaltning		
Forsyning		
Renhold		
Løbende indtægt		
Engangsindtægt		
Nutidsværdi uden restværdi	-48.074.500	-48.677.747
Restværdi	4.172.160	3.856.156
Nutidsværdi	-43.902.339	-44.821.591

Levetid

Når bygningsdeles levetid er udløbet, skal de genoprettes eller udskiftes helt. Levetiden af bygningsdelene har derfor betydning for resultatet af den totaløkonomiske beregning. Hvis beregningsperioden er længere end levetiden, vil effekten fortsat påvirke resultatet, idet restværdien afhænger af restlevetiden. Totaløkonomiske beregninger er derfor følsomme over for de forudsatte levetider på de enkelte bygningsdele. I det følgende eksempel er le-

vetiderne hævet med ca. 20 % i eksemplet på det konventionelle skolebyggeri og sænket med ca. 20 % på skolebyggeriet med mest træ. Der er reguleret på bygningsdelene angivet i Tabel 32.

Tabel 32. Levetider bygningsdele i skolebyggeri.

Type	Konventionel	Træ	Enhed
Bagvægge	96	96	år
Klimaskærm	144	40	år
Maling udv.	-	8	år
Indvendige vægge	120	80	år
Etagedæk	120	80	år

Restværdien for det konventionelle skolebyggeri i standardeksemplet, Tabel 29, er på 4.29 mio. kr., og restværdien på træskolebyggeriet er på 3.79 mio. kr. Det ses i Tabel 33, at den samlede restværdi er steget for det konventionelle byggeri og faldet for træbyggeriet. Genopretningsomkostningerne er uændrede for det konventionelle byggeri, hvilket skyldes, at levetiderne fortsat er over beregningstiden, mens genopretningsomkostningerne er steget for træskolebyggeriet fra 5.73 til 6.85 mio. kr. Der er altså en betydelig stigning som konsekvens af, at levetiden er blevet mindre end beregningsperioden. Ændringerne i restværdien og genoprettelsesomkostningerne betyder, at forskellen i nutidsværdien fra standardeksemplet på 1.40 mio. kr., jf. Tabel 29, nu er faldet til ca. 300.000 kr. Vi kan altså se, at levetiden har betydelig indflydelse på resultatet af totaløkonomiberegningen.

Tabel 33. Nutidsværdi i DKK. for skolebyggerier med en ændring på 20 % i levetiden på bygningsdele.

Navn	Skolebyggeri konventionelt	Skolebyggeri klimaskærm i træ
Anskaffelse	-32.633.740	-29.809.210
Engangsudgift	-4.590.000	-4.590.000
Vedligehold	-7.928.962	-7.411.012
Genopretning	-4.293.497	-6.852.955
Forvaltning		
Forsyning		
Renhold		
Løbende indtægt		
Engangsindtægt		
Nutidsværdi uden restværdi	-49.446.199	-48.663.178
Restværdi	4.488.590	4.004.617
Nutidsværdi	-44.957.609	-44.658.561

Evaluering af resultater

I en totaløkonomisk beregning er resultatet meget afhængigt af usikkerheden på de indgående parametre. Denne analyse viser, at kalkulationsrenten og levetiden har en meget stor betydning for resultatet. I eksemplet med etageejendommen blev dette illustreret med en ændring i kalkulationsrenten fra 5 % til 2 %, der ændrede forskellen i nutidsværdien, således at den samlede nutidsværdi for det konventionelle hus i eksemplet blev forholdsvis bedre end etageejendommen, hvor der er anvendt mest træ.

Anskaffelsesomkostningernes indflydelse er også betydelig. Anskaffelsesomkostningerne varierer meget, afhængigt af markedet. Dette er illustreret i eksemplet for skolebyggeriet, hvor nutidsværdien er bedre for det konventio-

nelle skolebyggeri end for byggeriet med mest træ, hvis bygningsdelspriserne blev ændret med 10 % til gunst for det konventionelle byggeri henholdsvis 10 % til ugunst for træbyggeriet. 10 % er en forholdsvis lille prisændring inden for byggebranchen. Det tilrådes derfor at basere en totaløkonomisk beregning på gældende priser på det tidspunkt, den udarbejdes.

Analysen indikerer ikke, at mængde, bygningstype eller højde på byggeriet har en afgørende betydning på resultatet af den totaløkonomiske beregning, når der sammenholdes med konventionelt byggeri og byggeri med anvendelse af flere trækonstruktioner. Det er nærmere valget af materialet til de enkelte bygningsdelstyper, der kan få indflydelse på resultatet. Det ses blandt andet i etageejendomsanalysen, hvor flere tekniske parametre, såsom bærevne og projektering i forhold til brand og lyd, har indflydelse på resultatet af den totaløkonomiske beregning.

Forskellige materialer vil som regel også fordre forskellige tekniske løsninger. Det vil have effekt på økonomien for den valgte løsning og dermed hvilket materiale, der vælges. Dette er blandt andet illustreret i analysen af højhusbyggeriet, hvor behovet for en bekostelig stålkonstruktion i de nedre etager har betydning for resultatet af den totaløkonomiske beregning. Men det kan også være mindre samlingsdetaljer eller komplekse udførelser, der kan påvirke resultatet af den totaløkonomiske beregning.

Vedligeholdelses- og genoprettelsesomkostningerne har også stor indflydelse på resultatet. Omvendt er der et stort erfaringsgrundlag for disse, så her kan man med en rimelig sikkerhed udtage de konstruktionsdele, som er særligt følsomme for vedligehold og eller genopretning, og gennemføre nogle vurderinger af *worst-case* i den aktuelle totaløkonomiske beregning. Effekten er blandt andet vist i eksemplet med énfamiliehuset, hvor eksempel 3 benytter en fuldt træbaseret klimaskærm. Her medfører en mindre ændring i vedligeholdelses- og genoprettelsesomkostningerne en bedre nutidsværdi for det konventionelle énfamiliehus.

Tages der højde for, at det reelle nettoareal er større ved træbygggeri, da der kan opnås samme U-værdi for ydervægge for mindre vægtykkelse, vil der være en gunstig effekt, der kan vurderes i forhold til de totaløkonomiske omkostninger i forhold til Bruttoarealet. Analysen viser for etageejendommen, at forskellen mellem nutidsværdier er på ca. 1,0 % (4,5 % - 3,6 %) af anlægsomkostninger inkl. engangsudgifter. De indledende følsomhedsanalyser viser, at ved korrektioner på anskaffelsesomkostninger på 10 % kan påvirke samme med godt 3 – 4 %. Det kan derfor konkluderes, at effekten herfra er begrænset. Men effekten bør tages med i en samlet totaløkonomisk vurdering.

Analysen med de oprindelige forudsætninger indikerer i alle standardeksempler, at byggeriet med træ har en lidt lavere nutidsværdi. Men de følsomhedsanalyser, der er gennemført, viser, at det ikke entydigt kan konkluderes at byggeri, hvor der anvendes mere træ, må forventes at have en bedre nutidsværdi.

Det anbefales derfor, at der gennemføres en totaløkonomisk beregning på det aktuelle byggeri, man ønsker at bygge. På grundlag af de givne forudsætninger, herunder en vurdering af følsomheden af de indgående parametre, vurderes, om den ene eller anden løsning er mest fordelagtig i den givne markedssituation. Her kan andre parametre, såsom investeringshorisont, også være vigtige at tage med i vurderingen.

Opsamling fra nabolande

Den tilgængelige information landene imellem er meget varieret, og derfor er nedenstående oversigt over udviklingen og tiltagene for træbyggeri i en række lande et indblik i, hvordan det står til. Der er ikke forsøgt at lave en udtømmende redegørelse over alle tiltag og referencer, som hvert land har indført, men snarere en oversigt over nogle af de vigtigere tiltag for at give et indblik i situationen og holdningen til træbyggeri (primært i flere etager) i de enkelte lande. De lande, som er medtaget, er Finland, Østrig, Sverige, Tyskland, Norge, Canada samt en kort beskrivelse af det samarbejde, som foregår primært i de nordiske lande. Endvidere er det besluttet kun at nævne få EU-relaterede projekter.

Finland

I dag er ca. 80 % af alle énfamilieshuse i Finland konstrueret i træ, mens markedet for etagebyggeriet endnu har et stort potentiale, som ikke er udnyttet (Jussila & Lähtinen, 2019). Siden 1990´erne, hvor man så de første moderne træ-etagebygninger, har Finland promoveret brugen af industrialiseret træ til bygningskonstruktioner gennem offentlige strategier, hvilket har ledt til forskningsprojekter og teknologiske platforme samt informative kampagner. Dette har givet muligheden for, at træbyggeri med flere etager har kunnet udvikle sig. I 1997 blev brandkravene ændret, således at man tillod træbyggeri op til fire etager for beboelses- og kontorbygninger uden særlige tilladelser. Dette ledte til forskellige fyrtårnsprojekter. I 2011 blev brandkravene igen ændret, således at man nu tillod træbyggeri op til otte etager, og i 2018 blev bygningsreglementet ændret, således at træoverflader i træbyggeri nu delvist kunne efterlades udækket af brandsikre plader, både indvendigt og udvendigt (Vihemäki, Ludvig, Toivonen, Toppinen & Weiss, 2019).

Fra 2011 til 2015 lancerede den finske regering et nationalt træbygge program, hvor de bl.a. havde som målsætning at øge markedsandelen af træbyggeri med flere etager fra 1 % i 2011 til 10 % i 2015. Dette var årsagen til ændringen i brandkrav, som tillod otte etager (Kuzman, Lähtinen & Sandberg, 2017). Et nyt nationalt træbygge-program ´*The Wood Building Programme (2016–2021)*´ blev lanceret af Ministeriet for Miljø, Bolig og Energi under et af regeringens hovedprojekter: ´*The Finish Bioeconomy Strategy*´, som bl.a. har til formål at fremme trækonstruktioner, herunder etagebyggeri. "*Muligheden for vækst inden for træbyggeri som en del af en bæredygtig udvikling er meget positiv i Finland og globalt. Det er også muligt at udnytte vores ekspertise inden for trækonstruktioner og omdanne den til en succesfuld eksportvare. Den største mulighed for træbyggeri findes inden for bygninger i stor skala, løsninger til lejlighedskomplekser, kontorbygninger, haller og andre lignende konstruktioner*." (Ministry of the Environment, 2014).

Det nationale træbygge-program har en målsætning om, at antallet af lejligheder i træ-etagebyggeri skal forøges med 10 % pr. år (Vihemäki et al. 2019) og har fem fokuspunkter:

- Øge brugen af træ i byudvikling.
- Promovere brugen af træ i offentlige bygninger.
- Øge antallet af store trækonstruktioner.
- Styrke kompetencer inden for trækonstruktioner via regionale samarbejder.
- Promovere eksport (Ministry of the Environment, 2018).

Ministeriet for Miljø, Bolig og Energi har endvidere udgivet en køreplan, som skal reducere udledningen af drivhusgasser fra bygningssektoren – også i produktionen af byggematerialer. Det er målet, at dette skal indskrives i bygningsreglementet, der kommer i 2025 (Vihemäki et al., 2019). Derudover har de iværksat et program for at fremme bæredygtige byer (Sustainable Cities – 2019-2023 (Ministry of the Environment, u.å.), hvor de bl.a. samarbejder med og trækker på erfaring fra det nationale træbygge-program (2016-2021).

Siden 2017 har borgmestre og direktører i seks af Finlands største byer forpligtet sig til at øge brugen af træ i konstruktioner som led i at sætte fokus på bæredygtighed ("six cities' climate network" støttet af Ministeriet for Miljø, Bolig og Energi) (Vihemäki et al., 2019).

På trods af ændringer i bygningsreglementet, fokus på forretningsudvikling inden for træ-etagebyggeri samt regeringens promovering af øget brug af træ i konstruktioner via forskellige nationale og lokale programmer og strategier så er markedsandelen af etagebyggeri i træ kun steget fra 1 % i 2010 til 6 % i 2018 (Jussila & Lähtinen, 2019).

Baseret på interviews med byudviklere i Finland tyder det på, at mange har manglende viden omkring brugen af træ i etagebyggeri. Endvidere belyser et studie, at størstedelen af de adspurgte byudviklere ikke mener, at træbyggeri med flere etager har samme betingelser/muligheder i bygningsreglementet som etagebyggeri udført i beton (Jussila & Lähtinen, 2019).

Trods politisk fokus og støtte til uddannelser inden for trækonstruktioner er der ikke sket meget inden for udbuddet af kurser og uddannelser på universitetsniveau.

En undersøgelse lavet af The Finnish Construction Research Ltd (Rakennustutkimus RTS Oy) i 2018 estimerer, at der igangsættes 180 projekter med etagebyggerier i træ i perioden 2018-2020. Eksperter peger stadig på, at der skal iværksættes politiske instrumenter inkl. lovgivning på området for at fremme gennembruddet af træbyggeri i Finland. Det kan eksempelvis være at udtage visse områder i lokalplanerne øremærket til træbyggeri samt ændringer i bygningsreglementet, at træ får samme status/muligheder som andre byggematerialer. Herudover kan økonomisk støtte være med til at fremme træetagebygger samt støtte til uddannelse og forskning (Vihemäki et al., 2019).

Baseret på interview med eksperter på området (Vihemäki et al., 2019) udtalte en tredjedel af de adspurgte, at de estimerede markedsandele af træetagebyggerier, herunder hybridbyggeri af træ og beton, til at udgøre mellem 10-30 % i 2030.

Østrig

Bygningsreglementerne i Østrig er udstedt af ni forbundsstater (Bundesländer), hvilket betyder, at der er forskelle i rammebestemmelserne for træbyggeri med flere etager forbundsstaterne imellem. Hovedstaden Wien udgør én forbundsstat og har dermed sit eget bygningsreglement. Harmoniseringen af reglementerne udføres af det østrigske Institut for Byggeteknik (OIB), De harmoniserede reglementer er udarbejdet på et forholdsvist generelt niveau, dvs. at der ikke er nogle specifikke reguleringer inden for eksempelvis materialer eller specifikt for bygninger udført i træ (Vihemäki et al., 2019).

Der blev foretaget en ændring i Wiens bygningsreglement i 1990'erne, som muliggjorde træbyggeri op til tre etager, hvilket førte til den første moderne træbygning med tre etager i Wien. I 2001 blev bestemmelserne igen ændret til at tillade træbyggeri op til fire etager, og den første fireetages bygning i træ blev konstrueret i Wien i 2005. I 2012 blev en otte-etagers bygning færdiggjort i Dornbirn (Life Cycle Tower 1) som et fyrtårnsprojekt under CREE (Creative Renewable Energy & Efficiency). Bygningen blev bygget

som en hybrid konstruktion af træ og beton med træ som det primære konstruktionsmateriale. Som en del af projektet blev forskning inden for brandmodstand udført, hvilket førte til endnu en ændring i bygningsreglementerne i 2015 således, at man tillod træbyggeri op til seks etager i hele Østrig uden særlige tilladelser (Vihemäki et al., 2019; Build Up – The European Portal for Energy Efficiency In Buildings, 2013).

En 24-etagers bygning udført som en hybrid konstruktion med træ og beton er for øjeblikket under opførelse og forventes færdig i løbet af 2020. Træ udgør 76 % af bygningens konstruktion, der er udført af *Glued Laminated Timber* og *Cross Laminated Timber* (CLT) (Woschitz Group, u.å.).

Den østrigske regering kom i 2018 med en bioøkonomisk handlingsplan, som ikke umiddelbart fremhævede brugen af træ i byggesektoren (Vihemäki et al., 2019), men en nyere udgave i 2019 ("Bioeconomy – A strategy for Austia") fremhæver en liste af tiltag for at fremme træ i byggesektoren, herunder også træ som isoleringsprodukter (Federal Ministry Republic of Austria – Agriculture, Regions and Tourism, 2019). Dog er der ingen af de beskrevne tiltag, som direkte beskriver brugen af træ i bygninger, men snarere forbedrer mulighederne for uddannelse, digitalisering og logistik inden for byggesektoren.

I Østrigs regeringsprogram 2020-2024 (Aus Verantwortung für Österreich - Regierungsprogramm 2020 – 2024) sætter de under emnet: *Bygninger: Opvarmning, afkøling, bygning og renovering på en bæredygtig og energibesparende måde* fokus på *fremme af trækonstruktion og økologiske byggematerialer* vha.

(1) *tilpasning af byggestandarder og aftaler med forbundsstaterne for at ændre byggereguleringer og finansieringsinstrumenter,*

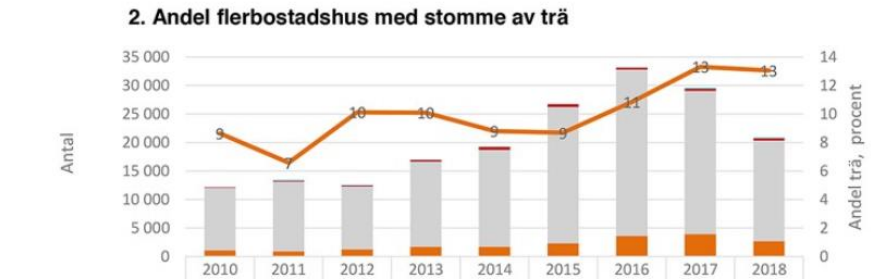
*(2) Den offentlige sektors bygninger skal være rollemodeller, der skal bygges, og der skal fokuseres på forskning inden for træbyggeri. (*Bundeskanzleramt, 2020).

Baseret på interviews med eksperter inden for området mente langt størstedelen, at det var usandsynligt, at markedet inden for træbyggeri med flere etager er blevet betydelig større i 2030 (Vihemäki et al., 2019).

Sverige

Sverige har en lang tradition med at bygge énfamilieshuse i træ. I dag (2018) er ca. 80-90 % af alle énfamilieshuse opført i træ (Regeringskansliet, 2018b). Dog har markedet for træbyggeri i flere etager ikke fulgt samme udvikling. Andelen var i 2018 på 13 %. Udviklingen siden 2010 kan ses på Figur 49. Som det ses af figuren, er andelen af træbyggeri i flere etager steget forholdsvist beskedent i perioden fra 9 % i 2010 til 13 % i 2018. Ordreindgangen for antallet af lejligheder steg med 39 % i løbet af januar-juni 2019 sammenlignet med samme periode året forinden (TMF - Trä och Möbelföretagen, 2019).

Träandel - flerbostadshus



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Annat	0	129	75	30	0	0	30	204	123
Stål	62	129	143	293	506	489	316	323	356
Betong	11 018	12 258	11 035	14 917	17 019	23 916	29 206	25 116	17 622
Trä	1 047	882	1 267	1 711	1 691	2 322	3 598	3 937	2 719
Andel trä procent	9	7	10	10	9	9	11	13	13

Figur 49. Udviklingen af andelen af træbyggeri i flere etager (TMF - Trä och Möbelföretagen, 2019).

Sveriges bygningsreglement (BBR94) blev i 1994 ændret, således at det blev funktionsbestemt. Det betød, at kravene i bygningsreglementet skulle opfyldes uanset materiale. Dermed ophævede man de restriktioner, der tidligere havde været, om, at træbyggeri kun måtte opføres op til to etager. Det betyder, at der i dag ikke er nogle begrænsninger for, hvor højt man må bygge i træ i Sverige, når det gælder brandhæmmende behandlet træ. Derimod må almindelige træskeletkonstruktioner fortsat kun bygges op til to etager, hvis der ikke er installeret et sprinkler-system i bygningen.

Der er i Sverige generelt en mere positiv attitude over for træbyggeri i flere etager sammenlignet med andre EU-lande. Brugerne oplever bygningerne som sunde bygninger med en god atmosfære, og størstedelen i en rundspørge oplevede, at sikkerheden og lydforholdene levede op til deres forventninger. Industrien, herunder arkitekter og ingeniører, reporterede, at den opfattede beton som overlegent til træ og stål, når det kom til ingeniørmæssige aspekter, men når det kom til omkostninger og levetid, mente de, at træ og beton var ligestillet (Gustavsson, Mahapatra & Hemström, 2012).

Der har været en del programmer, som promoverer brugen af træ. I 1997 initierede den svenske regering programmet: ´*Wood, Construction and Furniture Program*´, hvor de finansierede 150 mio. SEK til forsknings- og udviklingsprojekter samt til marketing, for at fremme brugen af træprodukter, primært med fokus på konstruktionssektoren og udviklingen af præfabrikerede produkter. Dette program blev erstattet af programmet ´*Wood Cluster*´ fra 2002-2005. Programmet ´*Nationella träbyggnadsstrategin* (National strategi for trækonstruktioner)´ (2004-2008) satte udelukkende fokus på at fremme træbyggeri i flere etager. Hovedformålet med programmet var at øge konkurrencen i konstruktionssektoren, at støtte brugen af vedvarende og miljøvenlige materialer og at skabe samme muligheder for træ som rammemateriale sammenlignet med andre materialer som beton og stål, der blev understøttet i den periode, hvor trærammer var forbudt i fleretagesbygninger. Nationella Träbyggnadsstategins Fortbildingsprogram (National Træbygningsstrategi Efteruddannelsesprogram) (2006-2008) blev til baseret på analyser udført af det svenske ministerium for erhverv, energi og kommunikation. En række foranstaltninger er blevet gennemført inden for rammerne af strategien, herunder efteruddannelse for dem, der aktivt er involveret i byggesektoren og fyrtårnsprojekter, hvor træbyggeri opføres i flere etager i byerne Växjö, Falun og Skellefteå. Parallelt med dette lavede træindustrien aktioner gennem det svenske træbyggeråd. De to organisationer afholdt en række seminarer og inspirationsdage i hele Sverige i perioden (Gustavsson, Mahapatra & Hemström, 2012).

Projektet ´*Trästad, 2012*´ (2010-2012) udsprang af den nationale strategi for trækonstruktioner, og bestod af sytten kommuner og fire regioner, som sammen havde til formål at forbedre kompetencer og indsigt i måder, hvorpå moderne træbygningssystemer kan forny bymiljøer og skabe attraktive, bæredygtige byer med lav klimapåvirkning (https://www.danskbeton.dk/media/30212/notat-varmekapacitet.pdf). Som følge af bl.a. Trästad-projektet har Växjö (Växjö Kommune, 2013; Växjö Kommune, 2018) og Skellefteå (Skellefteå Kommune, 2014) kommuner udviklet en træbyggestrategi hver. Växjö har bl.a. en målsætning om, at 25 % af alle nye bygninger bygget i kommunalt regi i 2015 skal være bygget af træ og 50 % i 2020. Fra 2020 er målet at kræve en form for klimadeklaration. Växjös træbyggestrategi er en del af Växjö kommunes målsætning om et fossilfrit Växjö 2030 (Växjö Kommune, 2019). Projektet ´*Trästad 2012*´ eksisterer fortsat under navnet ´*Trästad*´ (http://www.trastad.se/) og har som generelt mål at formidle viden og inspiration for at øge træbyggeri i Sverige. De stræber efter et dybere samarbejde mellem den offentlige sektor, erhvervslivet og den akademiske verden og rummer mange forskellige aktører. Dette har ledt til, at et øget antal kommuner tilstræber at udvikle deres egen træstrategi. Eksempler på igangværende pionér-projekter inden for træbyggeriet i Sverige kan findes her: http://www.trastad.se/projekt/.

I 2016 udgav det svenske miljøforskningsinstitut (IVL) en rapport, som omhandlende en LCA-analyse af fleretageshuse i træ, som en opfølgning på en tidligere tilsvarende LCA-analyse på fleretageshuse udført i beton. Rapporten havde bl.a. til formål at sætte fokus på konstruktionsfasen og på, at det er vigtigt at vælge de rette materialer til de rette applikationer for at reducere klimapåvirkningen, herunder også valget af træ, selvom analysen viste, at byggeriet i træ havde en lavere klimapåvirkning i forhold til byggeriet i beton (Larsson, Erlandsson, Malmqvist & Kellner, 2016).

Derudover er der kommet en rapport om fugtsikkerhed i træbyggeri med CLT-elementer udgivet af SBUF (Den svenske byggebranches udviklingsfond) og RI.SE (Research Institutes of Sweden) i 2019. Formålet med rapporten var at øge viden om, hvordan CLT-trækonstruktioner inklusive samlinger, forbindelser og fastgørelsespunkter påvirkes under nedbør i konstruktionstiden og dets fugtighedssikkerhed. Resultaterne viste, at den største andel af skimmelvækst forekom i hulrum, mellemrum mellem plader og forbindelser, hvor vand kan forblive stående, eller hvor dehydrering er begrænset. Vækst var også almindelig på flade overflader, hvor vand blev opsamlet. Skimmelvækst forekom også i løbet af vinteren og i den sene vinter, tidlige forår; sandsynligvis på grund af det mildere vejr, hvoraf det kan konstateres, at CLT-elementer af træ har behov for vejrbeskyttelse hele året. Entreprenørernes egne beskrivelser for håndtering af træ i forhold til fugt var ifølge rapporten vanskelige at følge, fordi det viste sig at være praktisk vanskeligt at forsegle træelementer mod indtrængning af vand og fugtophobning, og at det tog længere tid end planlagt at fjerne vandet med vådstøvsugere. Flere CLT-træmanualer oplyser imidlertid, at CLT-træ skal beskyttes mod fugt og regn. Derudover anfører den svenske CLT-træmanual, at prøvetagning og kontrol af skader udføres på overflader, der er udsat for fugt. Rapporten konkluderer endvidere, at der ser ud til at være mangel på viden, både nationalt og internationalt, om hvordan mikrobiel vækst opdages i virkeligheden, da det er usædvanligt, at dette gøres i praktiske studier. Der synes ikke at være nogen fugtbestandige monteringsmetoder eller løsninger til CLT-elementer uden vejrbeskyttelse. Derfor anbefaler rapporten at bruge vejrbeskyttelse, helst af omfattende karakter (Olsson, 2019).

Ifølge RISE, Sweden's research institute, bør træet i træbyggeri helst blandes med andre byggematerialer for bedre at modstå brand, og de åbne træoverflader bør være så få som mulige. Arkitekter kan ofte lide at se træ, men det kan ifølge RISE føre til, at ilden spredes hurtigt. Ligeledes er det vigtigt, at facaden ikke kun består af træ fra bund til top, men blandes med ikke-brændbare materialer. Derudover er sprinklere altid gode at have. RISE

har også undersøgt, hvordan de mest almindelige bærende trækonstruktioner opfører sig i tilfælde af brand, krydslimet træ (CLT-træ) og limtræ. RISE anslår, at limtræ er lidt sikrere. Det selvslukker næsten altid sig selv, når det begynder at brænde, mens krydslimet træ brænder kraftigere, og konstruktionen bidrager mere til brand (Johansson, u.å., 2020).

Sveriges regering kom i 2018 med en handlingsplan Agenda 2030 (2018-2020), der beskriver, hvordan Sverige skal sikre sig en bæredygtig udvikling ud fra FN's verdensmål. I handlingsplanen sættes bl.a. fokus på, at Sverige skal udvikle en "*socialt gavnlig, cirkulær og biobaseret økonomi"*. I foråret 2018 besluttede regeringen at oprette en cirkulær økonomi-delegation for at styrke en national og regional overgang til en "*ressourceeffektiv, cirkulær og biobaseret økonomi"*. I planen står ligeledes, at "*Sverige er rig på naturressourcer, hvilket giver gode betingelser for at udvikle en mere cirkulær og biobaseret økonomi. Dette skal udvikles for at reducere miljø- og klimapåvirkningen samt brugen af fossile råvarer. Skoven og alle dens værdikæder spiller en afgørende rolle og forudsætter en bæredygtig skovvækst med god og sikker adgang til national biomasse fra den svenske skov, som forvaltes inden for rammerne af at de nationale miljømål nås*". Ydermere står der: "*Yderligere foranstaltninger til en social nyttig, cirkulær og biobaseret finansiering bør implementeres*", herunder: "*Regeringen bidrager med midler til at øge viden om træbyggeri, formidle gode eksempler og fremme innovation og udvikling inden for den industrielle trækonstruktionssektor. Øget træbygning bidrager til et levende landskab og er klimaeffektiv*." (Regeringskansliet, 2018a).

Den svenske stat har lavet et initiativ: "Fossilfrit Sverige - 2045", hvor der er udarbejdet køreplaner for de forskellige sektorer, herunder bygge- og anlægssektoren, hvor træ i byggeriet i høj grad er inkluderet (Elmsäter-Svärd et al., 2018).

I 2018 udgav regeringen:

´*Inriktning för träbyggande*´ (Regeringskansliet, 2018b), som er en plan for, hvordan brugen af træ øges i bygningssektoren. Boligministeren skriver i forordet: "*Flere boliger vil blive bygget til en voksende befolkning. Jeg vil have flere huse bygget i træ. I dag er det mange industrielt fremstillede små huse lavet af træramme. Flerfamiliehuse kan også bygges af træ som det primære byggemateriale. Teknologien udvikles, og viden øges på området i takt med, at den svenske boligproduktion hurtigt ændrer sig. Nye industrielle produktionsmetoder gør fleretagesboliger i træ mere og mere almindelige. Det er innovative virksomheder, arkitekter, skovfirmaer og kommuner, der presser på for at øge træhuskonstruktion. Den svenske regering støtter denne udvikling ved at fjerne vækstbarrierer og forbedre betingelserne for at virksomheder kan udvikle sig og skabe nye arbejdspladser*."… "*I dag er der behov for øget fokus på konstruktionsfasen og dennes klimapåvirkning ud fra et livscyklusperspektiv. Ved at bruge træ bindes kuldioxid i bygningen i lang tid. Træ er også relativt let, hvilket reducerer transporten og forenkler overbygninger på eksisterende byggeri. Det er simpelthen klimaeffektivt at bruge træ som byggemateriale. Træ er også et byggemateriale, der giver gode betingelser for varierende design og arkitektur*".

Smart City Sweden (https://smartcitysweden.com) er en statsfinansieret eksportplatform, der indleder samarbejde mellem Sverige og andre lande inden for smarte og bæredygtige urbane løsninger. Initiativet inkluderer en gruppe på otte statslige agenturer (Energimyndigheten, Business Sweden, Det Svenske Agentur for Økonomisk og Regional Vækst (Tillväxt verket), Det Svenske Miljøbeskyttelsesagentur, Lantmäteriet, Det Svenske Landsstyre for Bolig, Bygning og Planlægning (Boverket), Den Svenske Transportadministration (Trafikverket), Sveriges Innovationsmyndighed (Vinnova)), der leverer ekspertise og viden om bedste praksis inden for deres områder. Formålet er at vise og demonstrere eksempler på urbane løsninger, såsom bo-

ligbyggeri i træ, for at øge udbredelsen og eksporten af disse. Til gennemførelsen har regeringen tildelt 25 mio. SEK i 2018. Regering har ifølge (Regeringskansliet, 2018b) til hensigt at afsætte det tilsvarende beløb for årene 2019-2021.

Andre platforme, som arbejder for at fremme træ i byggeriet, specielt indenfor fleretagebyggeri, offentlige bygninger og større broer er bl.a. Sveriges Träbyggnadskansli (http://trabyggnadskansliet.se/) og Svensk Træ (https://www.svenskttra.se/).

Sverige må altså siges at være et af forgangslandene, når det kommer til træbyggeri i flere etager. Ifølge Svensk Træ (Swedish Wood, u.å) er der udviklet gode tekniske og arkitektoniske løsninger for både lydisolering og brandsikkerhed såsom sprinklersystemer, brandsikker behandling af træ osv., hvilket muliggør udbredelsen af træbyggeriet.

Tyskland

I Tyskland udgjorde træbyggeri i flere etager omkring 2 % i 2014 (Knauf, 2017). Andelen af énfamilieshuse er steget fra 9 % i 1993 til 17,1 % i 2014, så traditionelt byggeri med beton, stål og mursten er stadig klart dominerende. Den største andel af træbyggeri findes i den sydlige del af Tyskland (Gustavsson, Mahapatra & Hemström, 2012; Knauf, 2017).

Den tyske bygningslov består af en juridisk ramme, hvor de specifikke regler på delstats- eller kommunalt niveau styres af den overordnede lov på føderalt niveau. De føderale regler tillader brug af alle former for rammemateriale, men delstaterne har myndighed til at træffe afgørelse om specifikke spørgsmål og har deres egne bygningsreglementer. I 2002 blev den føderale lovgivning ændret, således at træbyggeri op til fem etager blev tilladt (Musterbauordnung MBO, 2002) (Bauministerkonferenz, 2016). Ifølge Gustavsson, Mahapatra & Hemström, (2012) må niveauet for gulvet på den øverste beboelige etage ikke overstige 13 meter fra jordniveau. På trods af denne ændring i lovgivningen er der mange delstater, som ikke har ændret deres bygningsreglementer tilsvarende. Derfor er træbyggeri i flere etager ikke en reel mulighed (Holzbau Deutschland – Bund Deutscher Zimmermeister, 2018). Baden-Württemberg, Hamburg og Berlin har dog ændret deres bygningsreglementer, så de har åbnet mere op for brugen af træbyggeri i flere etager.

Senatet i Berlin har en målsætning om at bygge mere i træ under projektet: *´Bæredygtighed i byggeriet: Berlin bygger med træ´*, hvilket er en del af Berlins energi- og klimabeskyttelsesprogram (BEK 2030). Senator Günther udtrykker ”*Berlin ønsker at bygge endnu mere med træ i sine egne byggeprojekter. Dermed ønsker Berlin at være rollemodel og motivere så mange virksomheder som muligt til at gøre det samme. Mere træbygning er et vigtigt element for klimabeskyttelse*." (Der Regierende Bürgermeister von Berlin, 2019). Beslutningen om at bygge mere i træ i Berlin har også medført ændringer i bygningsreglementet (marts 2018) i delstaten, således at godkendelsen af bygninger lavet af træ eller med bærende dele lavet af træ forenkles. Efter henstilling fra Udvalget for Byudvikling og Bolig den 7. marts 2018 blev tilføjet et nyt stk. 3 til Berlins bygningskodeks § 26, som følger: *"(3) I afvigelse fra stk. 2, punkt 3, er bærende eller afstivende og rumlukkende komponenter meget brandhæmmende eller brandbestandige skal de være tilladt i træbyggeri, hvis den krævede brandmodstand er garanteret.*” Som en del af Berlins energi- og klimabeskyttelsesprogram (BEK 2030) er der afsat finansielle midler, hvor fyrtårnsprojekter og innovationsprojekter til træbyggeri kan få støtte, og der er sat fokus på videreuddannelse og træning på området inden for træbyggeri (Der Regierende Bürgermeister von Berlin, 2019). Netværket *´Klimabeskyttelsespartner Berlin´* har siden 2002 uddelt en pris hvert år til forskellige klimabeskyttelsesprojekter, og består af

en sammenslutning af Berlins Arkitektskammer, Berlins Bygningskammer, Berlin-Brandenburgs Handelsforening, Berlins Håndværkerkammer, Berlin Handels- og Industrikammer og Berlin-Brandenburgs boligforening. Næste pris uddeles til Energidage i Berlin 2020 (Klimaschutzpartner Berlin, u.å).

I regeringens klimaaktionsplan fra 2016 ´*Climate Action Plan 2050: Principles and goals of the German government's climate policy*´ er der ingen direkte fremme af brugen af træ i bygninger. Indirekte udtrykker den dog, at valget af materialer til både nybyg og renovering er vigtigt for at nedbringe CO_2-udledninger i hele bygningerne livscyklus og fremhæver dermed brugen af vedvarende råmaterialer, som eksempelvis træ (Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (BMUB) – Germany, 2016).

Det føderale Ministerium for Fødevarer og Landbrug (BMEL) udkom i 2016 med ´*Climate change mitigation in argriculture and forestry and in the downstream sectors of food and timber use*´ som udtrykker: "*Opbevaring af kulstof og substitutionseffektiviteten af træ er stærkt afhængige af træprodukternes holdbarhed. Denne holdbarhed kan især øges ved brug af træ i byggesektoren. Der er imidlertid mange hindringer for en øget brug af træ til byggeformål. Forbundsregeringen og delstaterne bør derfor hurtigt tilpasse deres bygningsreglementer til de nyeste videnskabelige fund og teknologiske standarder (f.eks. Brandsikkerhed, støjbeskyttelse og sundhedseffekter) for at udvide brugen af træ i byggesektoren. Parallelt skal forbrugere, planlægningseksperter og arkitekter have omfattende information på området.*" (Scientific Advisory Board on Agricultural Policy, Food and Consumer Health Protection and Scientific Advisory Board on Forest Policy, 2016).

Det Føderale Ministerium for Miljø, Naturbevarelse og Nukleare Sikkerhed (BMU) har initieret programmet Charter for Wood 2.0 (https://www.charta-fuer-holz.de/) som en del af regeringens Skov Strategi 2020 (Federal Ministry for the Food, Agriculture and Consumer Protection (BMEL) – Germany, 2016) med seks fokusområder:

- Brug af træ i by- og landdistrikter
- Træets potentiale i bioøkonomien
- Materiale- og energieffektivitet
- Skov og træ som resurser
- Skov- og træ cluster
- Skov og træ i samfundet

Programmet indeholder politiske udsagn til fordel for den materielle anvendelse af træ, som dog ikke umiddelbart er støttet af konkrete finansielle midler eller andre støtteforanstaltninger (Ludwig, 2019).

Eksempler på andre aktører på markedet, som arbejder for at fremme brugen af træ i bygninger er Proholzbw (http://www.proholzbw.de/home/) og Holzbau Deutschland (https://www.holzbau-deutschland.de/).

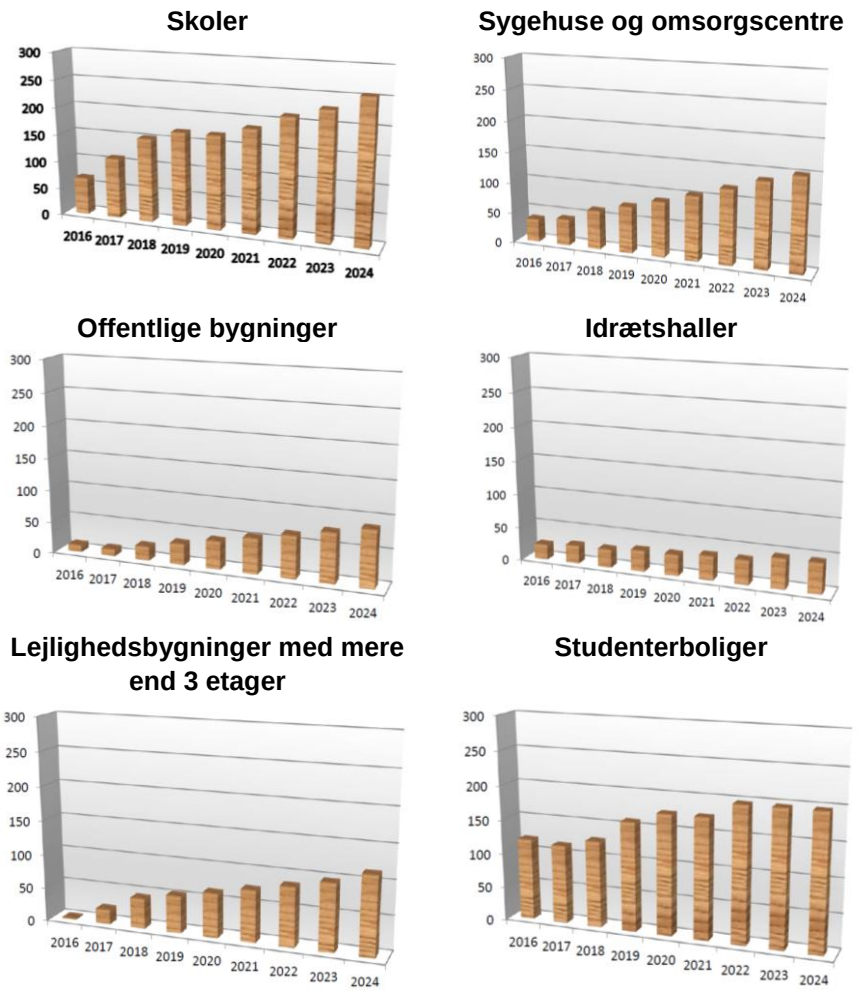
Norge

Markedsandelen af træbyggeri i énfamilieshuse er omkring 90 % i Norge. Markedsandelen af træbyggeri i flere etager lå i 2006 på 56 % og 30 % i 2008 (Schauerte, 2010). Denne høje andel sammenlignet med andre lande skyldes med stor sandsynlighed, at Norges definition af en fleretagesbygning er et minimum af fire lejligheder i samme bygning. Frem til 1997 tillod Norge, som det eneste land i Skandinavien, træbyggeri i op til tre etager, hvilket betyder, at en stor andel af træbyggeri i flere etager må antages at være bygget som to- eller tre-etages bygninger. Ifølge Aasheim & Lier (2017) så lå andelen af træbyggeri over tre etager på under 1 % i 2017. I 1997 blev det norske bygningsreglement (TEK) ændret til et funktionsbaseret bygningsreglement og begrænsningen på tre etager forsvandt (Schauerte, 2010; Personlig kommunikation med Betit Time, SINTEF Norge d.

27.03.2020). I og med, at bygningsreglementet er funktionsbaseret, så er træbyggeri ikke eksplicit nævnt. Der er ifølge markedsanalysen (Aasheim & Lier, 2017) ingen hindringer i eksisterende regler for brug af træ. Kommuneplaner og reguleringsplaner kan, hvis der er politisk vilje, stille krav eller give retningslinjer for materialevalg. Endvidere påpeger markedsanalysen, at det forventes, at der vil ske noget mere i forhold til miljøinitiativet frem til 2024. Det forventes, at indførelsen af en kulstofafgift vil blive en realitet. Dette kan bidrage til at påvirke brugen af træ i en positiv retning. De påpeger endvidere at: "*En vigtig del af rammebetingelserne er udviklingen af tekniske forskrifter. Tekniske forskrifter, vejledning og tekniske godkendelser med forud accepterede løsninger skal tilpasses brugen af massivt træ. Dette er ikke tilfældet i dag, og der skal etableres afvigelsesanalyser i hvert projekt, hvor vi udfordrer vejledning og mangel på forudfattede løsninger. Når nye projekter er afsluttet, kan dokumentationen overføres til det næste projekt, men alle projekter er forskellige, og det tager lang tid, før dokumentationen kan kopieres direkte. Derfor er det vigtigt at gennemføre projekter for at finde udfordringerne og indarbejde disse i tekniske godkendelser. […] På brandområdet er der gennemført et projekt til ændring af retningslinjerne for tekniske forskrifter, så kravet om ikke-brændbar støttestruktur i bygninger over fire etager fjernes. Hvis dette er en succes, fjernes en større barriere for hele træindustrien og vil hjælpe med at gøre højere bygninger i træ til et lettere og mere omkostningseffektivt alternativ*." (Aasheim & Lier, 2017).

Det oplyses af medarbejder Berit Time ved SINTEF Norge (d. 27.03.2020), at der arbejdes på at få opdaterede instruktioner om byggeri med massivt træ ind i Byggforskserien-serien (https://www.byggforsk.no/byggforskserien), som er det etablerede norske videnssystem for industrien.

Ifølge en norsk markedsanalyse om den forventede udvikling af udbredelsen af træbyggeri på det norske marked i perioden 2017-2024 er der ingeniører og arkitekter, som antyder, at over en 10-årig periode vil der blive brugt strukturelt træ i 40 % af alle nye bygninger. Dette er dog ikke den grundlæggende konklusion i markedsanalysen. Figur 50 angiver det forventede markedspotentiale for omsætning af CLT-elementer i udvalgte segmenter af samfundet (Aasheim & Lier, 2017).



Figur 50. Markedspotentiale for omsætning (mio. kr.) af CLT-elementer i træbyggeri mellem 2017-2024 (Aasheim & Lier, 2017).

En rapport fra 2019 (Reitan, Friquin & Mikalsen, 2019) beskriver et litteraturstudie omkring brandsikkerheden i træbyggeri konstrueret med CLT-elementer. For at nedsætte risiko for brand konkluderer rapporten, at:

Designfasen skal tage hensyn til beskyttelsen af strukturen og strukturens bidrag til brandenergien og i en højere grad vurdere detaljerede løsninger og ventilationsforhold. Der bør overvejes, om en brandteknisk analyse af strukturen skal være påkrævet for bygninger i brandklasse 1 og 2, hvor der er mere end en udsat CLT-væg.

Ved at beskytte alle CLT-overflader i strukturen med beklædning kan konstruktionen muligvis fastholde stabiliteten og bæreevnen i den krævede brandmodstandstid.

I bygninger med kun én eksponeret CLT-væg i hver brandcelle kan det også være passende at bruge løsninger, der opfylder den forud accepterede ydeevne, men det bør overvejes, om en langvarig og mere intens varme- og flammeeksponering af facaden uden for vindueåbninger kræver foranstaltninger ud over dem angivet i retningslinjerne til TEK17. Det bør undgås at konstruere værelser med to eller flere udsatte CLT-vægge ud over loftet.

Risikoen for delaminering kan reduceres ved hjælp af varmebestandig klæbemiddel

Der er generelt et behov for relevant dokumentation for brandsikre løsninger til samlinger mellem CLT-vægge og gulve og serviceindtrængninger i CLT-konstruktioner.

Testmetoder til systemtest af samlinger og implementeringer i CLT-konstruktioner skal standardiseres. For eksempel er der ingen standardiseret test for hjørneforbindelser. Der er mangel på brandtestning af tætningspunkter til CLT-strukturer, selvom de kan testes i overensstemmelse med NS-EN 1366-3. CLT er dog ikke en standardkonstruktion i NS-EN

1366-3, og validering er nødvendig for gyldigheden af testmetoden for CLT-elementer. Laminerede træfuger bør også testes, fordi de ofte bruges sammen med forskellige CLT-elementer."

Den norske regering ønsker at fremme brugen af mere træ i konstruktionssektoren og har via Innovasjon Norge (https://www.innovasjonnorge.no/no/) og Forskningsrådet (https://www.forskningsradet.no/) initieret et antal programmer for at fremme innovation og udvikling inden for området. Det vigtigste instrument til at øge brugen af træ som byggemateriale er ´*Wood Based Innovation program (2010-2016)*´. Den norske målsætning er, at Norge skal være pionér inden for processtyret værditilvækst, value-added processing, og nye anvendelser af træ i byggebranchen. Ved processtyret værditilvækst refereres til en proces, der omdanner råvarer eller arbejde til meget mere værdifulde varer og tjenester. Målet med Bioøkonomi-ordningen og BIONAER-programmet er at støtte udvikling af nye anvendelser til skovprodukter og træfiber (Regjeringen.no, Ministry of Argriculture and Food, 2017). Innovasjon Norge støtter bl.a. udviklingsprojekter, som omhandler brugen af træ i byggeriet, herunder nye produkter og løsninger i produktionen (Moen, u.å).

Projektet ´*Skog22 (2013)*´ består af en bred vifte af aktører fra skov- og træindustrien samt de centrale forsknings- og kompetencemiljøer. Fokus er at udvikle en national strategi, der skal bidrage til udviklingen af en konkurrencedygtig skovsektor i Norge. Innovation Norge og det norske forskningsråd er ligeledes en del af dette projekt. I rapporten (Olofsson, 2015) beskriver de, at der er behov for et øget fokus på byggematerialers kulstofaftryk i byggesektoren for at løse klimaudfordringerne. Byggevareforordningen, som trådte i kraft den 1. januar 2014, indførte et bæredygtighedsperspektiv i forbindelse med byggematerialer. Ifølge direktoratet for Bygningskvalitet (DIBK) vil planlægnings- og bygningsloven samt forskrifterne for de tekniske krav til bygninger (TEK) gradvist kræve mere bæredygtige og miljøvenlige byggematerialer. Bæredygtige bygninger er også et af målene i Bygg21-strategien (Eiken et al., 2014).

Endvidere beskriver rapporten for Skog22: "*Ved at udvikle produkter, løsninger og koncepter, der inkluderer træ- og fiberbaserede komponenter sammen med andre materialer, åbnes nye markedsmuligheder for flere af industrierne i byggebranchen. Fokus bør også være på øgede investeringer i industrialisering, standardisering og digitalisering i planlægning og produktion af bygninger. Norge har lange traditioner og solid ekspertise inden for træbygning, også i større konstruktioner såsom terminalbygninger i lufthavne, sportshaller og broer. Dette er et godt udgangspunkt for at bringe træbrug i by-bygninger i større omfang end i dag*". Øget uddannelse på området er ligeledes et mål.

Via ´*Arena Klynge*´ projektet fra 2016 er der i en af arbejdsgrupperne ´*WoodWorks*!´ fokus på at løse udfordringer med lyd og brandkrav i træbyggeri med mere end fire etager. Nogle af fyrtårnsprojekterne, der er under opførelse i Trondheim, er et træbyggeri med fire etager med traditionelt bindingsværk samt et med otte etager med lette trækonstruktioner (WoodWorks! Norweigian Forest & Wood Cluster, u.å).

I Bergen byggede man i 2014 dengang verdens højeste moderne bygning i træ med fjorten etager. I 2019 blev den overgået af et træbyggeri med atten etager (Mjøstårnet i Brumunddal). I Drammen er man i gang med at bygge en 5000m^2 stor tietagers bygning i træ, som forventes færdig i 2021.

Canada

The Canadian Wood Council (CWC) (https://cwc.ca/) repræsenterer den canadiske træproduktionsindustri gennem en national sammenslutning af foreninger. Rådets mission er at udvide markedsadgangen og øge efterspørgs-

len efter canadiske træprodukter gennem ekspertise, der vedrører bygningsreglementer, standarder og forskrifter. Rådet er aktivt i udviklingen af de canadiske bygningsreglementer og forskellige standarder. Herudover har det oprettet programmet Wood WORKS!, også kendt som cecobois in Quebec (http://wood-works.ca/). Programmet er industriledet og er startet med fokus på at øge træbyggeri i mellemstore og store etagebygninger, der hovedsageligt ikke er til beboelse. Initiativet søger at opbygge færdigheder inden for brugen af træ gennem træning, netværk og direkte teknisk support. Herudover har de lanceret programmet woodSMART (https://woodsmart.ca/), som har til formål at støtte post-sekundære institutioner (uddannelsesinstitutioner efter high-school såsom universiteter, colleges osv.), undervisere og studerende, således at fremtidige arkitekter, ingeniører og andre fagfolk inden for byggesektoren har den ajourførte viden og færdigheder inden for træbyggeri.

Den aktuelle udgave af det nationale bygningsreglement (National Building Code of Canada – NBC) offentliggøres i et objektbaseret format, der skal give større fleksibilitet ved evaluering af ikke-traditionelle eller alternative løsninger. Et objektbaseret bygningsreglement forventes at fremme innovation og at skabe nye muligheder for canadiske producenter.

De detaljerede bygningsreglementer relateret til træbyggeri er inddelt som følger og kan findes med nærmere beskrivelser her: https://cwc.ca/how-to-build-with-wood/codes-standards/:

- Akustik
- Brændbar konstruktion
- Indkapslet massetømmerkonstruktion
- Energikode
- National brandkode
- Nationale modelkoder i Canada
- Trædesign i Canada's National Building Code
- Træ i ikke-brændbare bygninger

Træstandarder:

- CSA O86 Ingeniørdesign i træ
- CSA S-6 Canadian Highway Bridge Design Code
- CSA S406 Permanente træfundamenter
- CSA 080 Træbeskyttelse

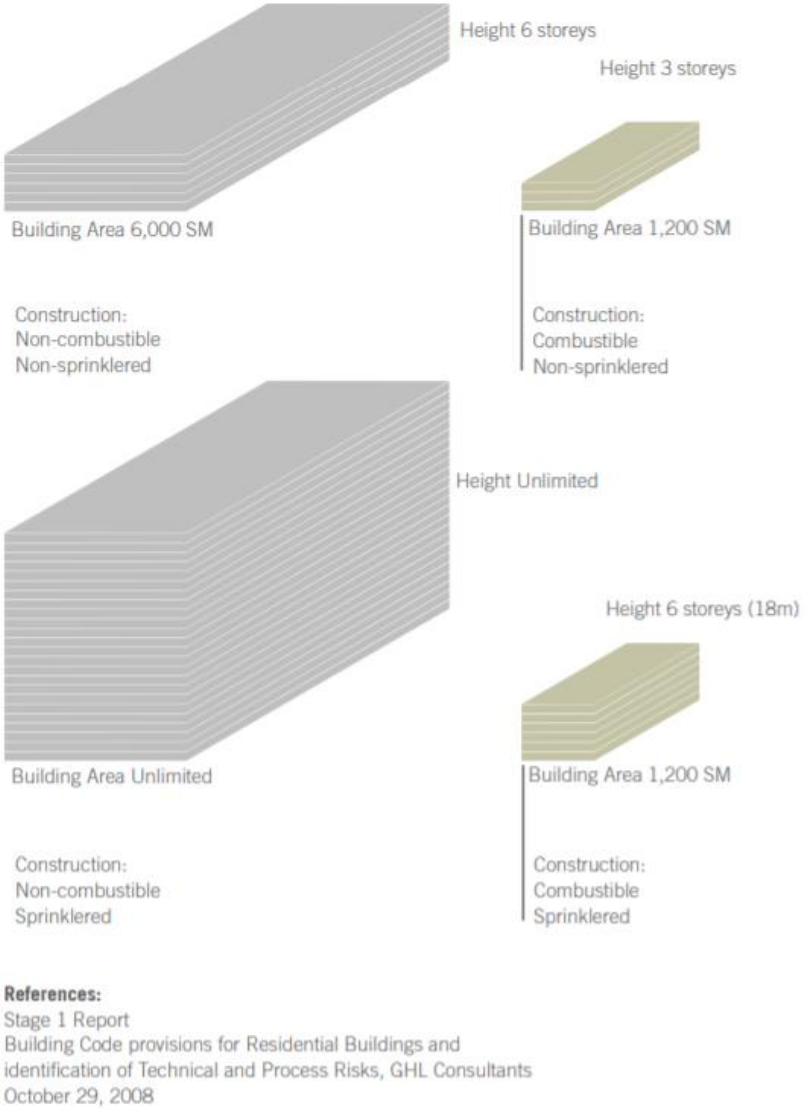
Krav i forbindelse med specifikationen af strukturelle træprodukter og træbygningssystemer, der vedrører sundhed, sikkerhed, tilgængelighed og beskyttelse af bygninger mod brand eller strukturelle skader, er anført i bygningsreglementet. Det nuværende bygningsreglement blev offentliggjort i 2015 og opdateres normalt hvert femte år. Den næste opdatering forventes i 2020.

Med hensyn til strukturelt design specificerer bygningsreglementet belastninger, mens der refereres til materialemodstand ved hjælp af materialestandarder. I tilfælde af teknisk design i træ giver træstandarden *CSA O86* designeren midlerne til at beregne modstandsværdierne for strukturelle træprodukter for at modstå tyngdekraft og sidelast (The Canadian Wood Council, u.å;a).

Bygningsreglementet skelner mellem bygninger af *ikke-brandbar konstruktion* og bygninger af *brandbar konstruktion*. *Ikke-brandbar konstruktioner* udelukker imidlertid ikke brugen af brandbare materialer, men begrænser snarere deres anvendelse. Nogle brandbare materialer kan bruges, da det hverken er økonomisk eller praktisk at konstruere en bygning udelukkende af ikke-brandbare materialer. Træ er sandsynligvis det mest udbredte brandbare materiale, der bruges i ikke-brandbare bygninger og har adskillige anvendelser i bygninger klassificeret som *ikke-brandbar konstruktion*. Mange brandbare materialer er tilladt i skjulte rum og i områder, hvor det under en brand ikke er sandsynligt, at det vil påvirke bygningens brandsikkerhed alvorligt. For eksempel er det tilladt at bruge tunge trækonstruktioner til tag og

tagkonstruktionsstøtter. Det kan også bruges i skillevægge og som vægbeklædning samt ved f.eks. furringstrimler, baldakiner, tagkant, tagbelægning og -beklædning, skabe, skranker, vinduesrammer, døre og gulve. Brugen af træ i fx høje bygninger er mere begrænset i områder ved udgange, korridorer og lobbyer, men selv der kan brandhæmmende behandlet træ bruges for at imødekomme kravene (The Canadian Wood Council, u.å;b)

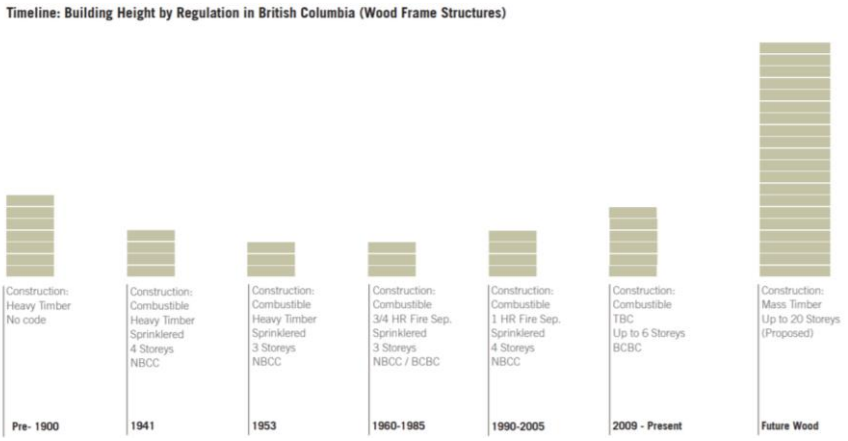
Bygningsreglementet skelner endvidere mellem bygninger med og uden sprinklersystemer. På Figur 51 kan det ses, hvordan der må bygges, alt afhængigt af, om det er en *brandbar* eller *ikke-brandbar* bygning, og om den har sprinklersystem eller ej.



Figur 51. Bygningshøjde og areal for træbyggeri efter bygningstype (Green, 2012).

I Figur 52 ses udviklingen i bygningsreglementet, hvad angår antal etager og højde af træbyggeri gennem tiden. Figuren bruger betegnelserne NBCC, som refererer til det nationale bygningsreglement og BCBC, som refererer til bygningsreglementet i staten British Columbia. Som det ses af figuren, har man i midten af 1900-tallet reduceret den tilladte bygningshøjde til to-tre etager som følge af flere brande. I perioden fra 1990 og frem er de nationale og provinsielle bygningskoder igen blevet ændret for at give mulighed for fireetagers træbyggeri til beboelse og kontor som følge af udviklingen af brandbare behandlinger af træ samt nye træbyggesystemer. Endvidere blev denne ændring baseret på, at man anerkendte fordelene ved automatiske sprinkleranlæg i forbindelse med kontrol af brand samt evakuereringsmulig-

heder under brand. Lignende overvejelser medførte ændring i 2009 i provinsen British Columbia, hvor man tillod træbyggeri op til seks etager (Green, 2012).



Figur 52. Antal tilladte etager for det nationale og British Columbias bygningsreglement (Green, 2012).

En af de større opgaver for det canadiske bygningsreglement, ifølge (Green, 2012), er at regulere størrelsen/højden af de byggede strukturer i forhold til brandsikkerheden. Dette opnås primært ved at begrænse arealet/højden af bygninger, der indeholder *brandbar konstruktion*, og ved at kræve trinvis højere brandbestandighed for høje bygninger af *ikke-brandbar konstruktion*. Samtidig er et af de andre formål at inkorporere nye teknologier, materialer og metoder i kravene, således at de let kan anvendes i design- og byggebranchen.

Regeringen i Ontario under Ministeriet for naturressourcer og skovbrug har i 2017 udgivet en teknisk rapport (Ontario's Tall Wood Building Reference - A Technical Resource for Developing Alternative Solutions under Ontario's Building Code), som har til hensigt at informere og motivere til at bygge med træ i høje bygninger (McGarry, 2017).

I Figur 53 ses en sammenligning af reglerne for træbyggeri i flere etager fra Ontarios bygningsreglementet 2012. Som det ses er det tilladt at bygge op til seks etager baseret på løsninger fra bygningsreglementet.

Category	<= 3 Storeys	<= 3 Storeys*	<= 3 Storeys	<= 3 Storeys	<= 4 Storeys	<= 6 Storeys	7-12 Storeys	> 12 Storeys
OBC Designation	Acceptable Solution (Part 9 residential, some Part 4)	Acceptable Solution (Parts 3 & 4)	Acceptable Solution (Parts 3 & 4)	Acceptable Solution (Parts 3 & 4)	Acceptable Solution (Parts 3 & 4)	Acceptable Solution (Parts 3 & 4)	Alternative Solution	Alternative Solution
Maximum Building Area (area per floor)	1, 2, or 3 storeys: 600m²	1 storey: 2700m² 2 storey: 1350m² 3 storey: 900m²	1 storey: 3600m² 2 storey: 1800m² 3 storey: 1200m²	1 storey: 5400m² 2 storey: 2700m² 3 storey: 1800m²	1 storey: 7200m² 2 storey: 3600m² 3 storey: 2500m² 4 storey: 1800m²	1 storey: 9000m² 2 storeys: 4500m² 3 storeys: 3000m² 4 storeys: 2250m² 5 storeys: 1800m² 6 storeys: 1500m²		
Maximum Physical Height	-	-	-	-	-	18 m from ground floor to top floor		
Sprinklers	None	None	None	NFPA 13R	NFPA 13R	NFPA 13R for 1-4 storeys; NFPA 13 for 5 and 6 storeys		
Floor Assembly Construction	-	45-Minute Fire Rating	1-Hour Fire Rating	45-Minute Fire Rating	1-Hour Fire Rating	1-Hour Fire Rating		
Stairwell Construction	-	45-Minute Fire Rating	1-Hour Fire Rating	45-Minute Fire Rating	1-Hour Fire Rating	1.5 Hour Fire Rating for all exit enclosures (noncombustible construction)		
Elevator Shaft Construction	-	45-Minute Fire Rating	1-Hour Fire Rating	45-Minute Fire Rating	1-Hour Fire Rating	1-Hour Fire Rating		
Building Category	Low-Rise	Low-Rise	Low-Rise	Low-Rise	Low-Rise	Low-Rise & Mid-Rise	Mid-Rise	High-Rise

* Maximum building area applicable if building is facing three streets; smaller areas permitted for facing one and two streets.

Figur 53. Sammenligning af bestemmelserne for træbyggeri I Ontarios bygningsreglement 2012 (McGarry, 2017).

Den canadiske regering har lanceret programmet: *´Green Construction through Wood (GCWood) Program´* med det formål at sikre øget brug af træ i konstruktionssektoren.

GCWood finansierer op til 100 % af de ekstraomkostninger, et projekt måtte have til demonstration af innovative træprodukter og -systemer. Finansieringen skal udligne omkostningerne ved at være ´*first mover*´ inden for træintensive projekter samt støtte udviklingen af viden og værktøjer til fordel for fremtidige projekter. Mere specifikt understøtter programmet Canadas overgang til øget brug af træ i byggebranchen ved at finansiere projekter, der tilskynder:

- Industrialisering af træprodukter til opførelse af innovative høje og lave bygninger samt til træbroer.
- Udførelsen af innovative ikke-traditionelle træbaserede bygninger og træbroer.
- Forskning, der adresserer og præciserer manglende teknisk viden, som er nødvendig for at udvikle Canadas bygningsreglement for 2020 og 2025 med henblik på at tillade træbyggeri med mere end seks etager, som er den nuværende maksimale grænse (Government of Canada, 2020).

Regeringen i British Columbia ønsker ligeledes at øge brugen af træbyggeri i flere etager. Den har lanceret programmet ´*Wood First Program´,* hvor den var den første til at ændre bygningshøjden til seks etager. Ligeledes er opført et fyrtårnsprojekt med en bygning af træ på 54 m og atten etager, som dermed er en af de højeste i Nordamerika (Government of British Columbia, u.å; Government of British Columbia, 2020). Andre fyrtårnsprojekter kan ses her: https://www.theguardian.com/cities/2019/jul/22/canadian-cities-take-wooden-skyscrapers-to-new-heights

Samarbejder på tværs af (nordiske) lande

De nordiske ministre for byggeri og bolig deklarerede i oktober 2019 under Nordisk Ministerråd, at de forpligter sig til at bygge med lavt CO_2-indhold i hele bygningernes levetid samt indføre cirkulære principper i bygningssektoren, herunder stræbe mod CO_2-neutralt byggeri. Dette skal ske via et øget samarbejde og videndeling på området. Herudover erkender de, at der er behov for at udvikle lovgivning og certificeringer på EU-niveau, når det gælder genbrug og cirkulation af byggematerialer. Dette vil de sammen arbejde for at få indført. Målsætningen er, at Norden skal være førende inden for bæredygtigt og CO_2-lavt/-neutralt byggeri. Alt dette uden at gå på kompromis med sikkerheden og kvaliteten af bygningerne. Der lægges i deklarationen stor vægt på cirkulært byggeri, hvor den eksisterende bygningsmasse udgør en stor ressource med nyttige materialer. Der nævnes ikke direkte noget sted i deklarationen, at træbyggeri skal være en del af løsningen (Nordisk Samarbejde, 2019).

´*Nordic Sustainable Cities*´ er et program, som løber fra 2017 til 2020 under det nordiske samarbejde. Programmet har til formål at promovere nordiske bæredygtige løsninger for udvikling af bæredygtige samfund som en del af FN´s Agenda 2030 (mål 11). Programmet bygger videre på det foregående program ´*Nordic Built Cities*´ (2014-2017) (Lind, Malmberg & Buer, u.å;a). Som en del af projekterne startede delprojektet ´*Nordic City Solutions*´ (2018-2019) for at øge eksporten af nordiske løsninger i andre af verdens regioner, herunder Nordamerika, Kina og Indien. På trods af, at programmet er færdiggjort, fortsættes aktiviteter i Nordamerika og Kina (Lind, Malmberg & Buer, u.å;b). Dog er der ikke umiddelbart nogle af projekterne i programmet, som har fokus på træbyggeri.

´*Nordic Wood in Contruction Secretariat*´ under Nordisk Minister Råd har publiceret en rapport med 25 *best practice* eksempler, fra de nordiske lande, med træbyggeri. Der fokuseres på hele værdikæden i byggeriet. Projekterne skal give inspiration til branchen om brugen af træ i byggeriet og viser vejen for, hvor træbyggeri er på vej henad med fem tendenser:

- Multifunktionalitet
- Tids- og omkostningsbesparelser
- Investering i skalerbarhed
- Skubbe til grænserne
- Cirkulært design (Nordic Council of Ministers, 2018; Nordic Council of Ministers, 2019).

Det er ikke forsøgt at gå i dybden med europæisk støttede projekter, men for at nævne et, som sætter fokus på træbyggeri er bl.a. projektet *´Wood for Zero´*, som omhandler næsten nulenergitræhuse i de nordiske lande (Finland, Sverige, Estland og Norge) (Hasu, Lolli, Kurniski, Kalamees & Brynielsson, u.å).

Andre initiativer på området er bl.a. *´Build in Wood´* og *´Building Green´*, som begge er danske initiativer, der har til formål at videndele på området (Build in Wood, 2020; Building Green, u.å).

Udvikling i andre lande, som er relevant for Danmark

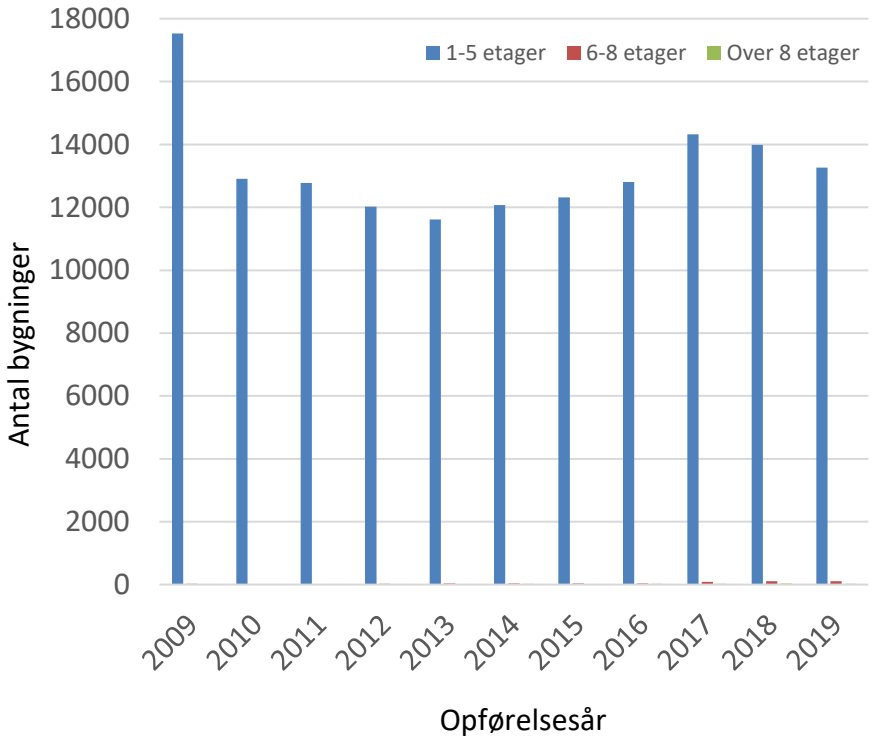
Gennemgangen af, hvordan udviklingen har været i andre lande, peger på, at CLT-elementer er noget af det, som de fleste har fokus på inden for en mere industrialiseret tilgang til træbyggeri i flere etager. Det hænger godt sammen med, at CLT-elementer er fremstillet ud fra nogle af de kendte principper, vi bruger i byggeriet allerede, fx er det de samme kraner, der benyttes på byggepladsen osv., hvilket letter byggeprocessen. CLT-elementer kan indgå som udfyldningselementer eller som helt eller delvist bærende og/eller stabiliserende bygningselementer i byggeriet. En nærmere beskrivelse af CLT-elementer ses under afsnittet *´CLT-elementer´* samt under afsnittet *´Søjle- og bjælkesystemer´*, hvor det bl.a. er beskrevet, at produktionen primært foregår i Mellemeuropa, som har leveret til det meste af verden de senere år, herunder Nordamerika. Dog er der nu også blevet etableret en produktion i Nordamerika. Det oplyses i en norsk markedsundersøgelse fra 2017, at Østrig står for 75 % af al CLT-produktion (Aasheim & Lier, 2017).

En anden tendens, som er noteret under gennemgangen, er brugen af hybridbygninger, hvor dele af bygningen er konstrueret i træ, men hvor et andet materiale, fx beton, også benyttes. Flere mener, at denne løsning er den optimale, når der både skal tages miljømæssige hensyn, og når de strukturelle-, brand- og lydmæssige krav skal opfyldes på optimal vis.

Ud over de bærende dele af bygningen er der også en tendens, som peger på, at der benyttes mere træ som beklædning udadtil. Det ser flot ud rent arkitektonisk i disse tider og giver bygningen et bæredygtigt udtryk.

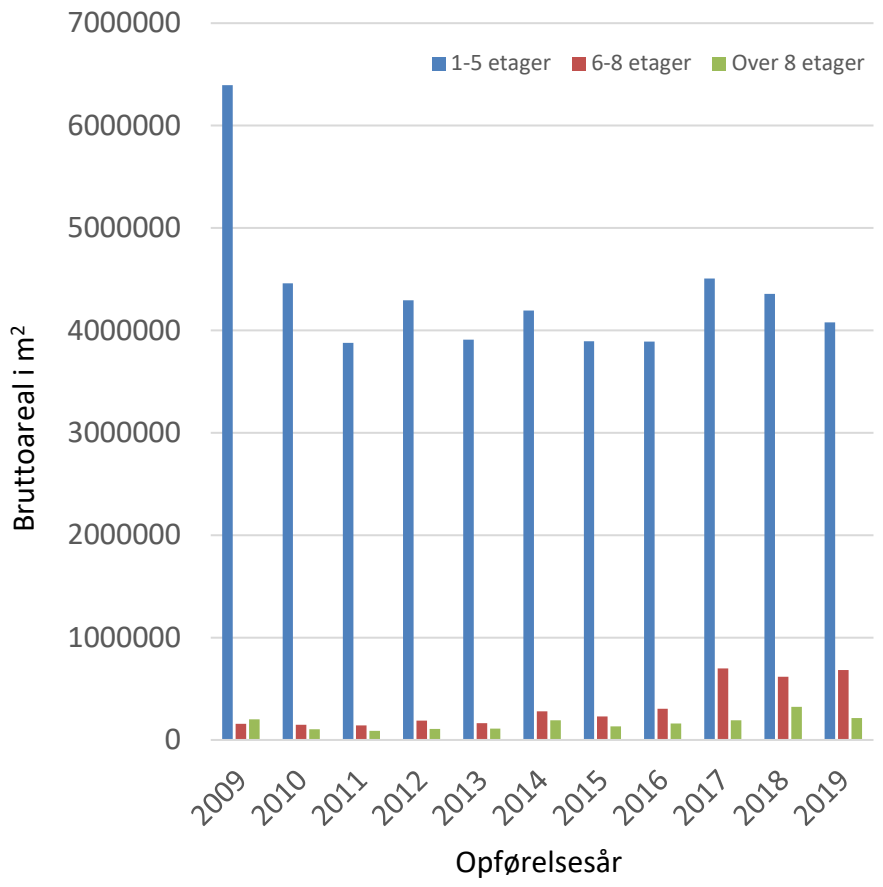
Bygnings- og Boligregistret (BBR) er anvendt i forhold til opgørelser af byggeri i Danmark. Fra BBR er data i forhold til byggeri i én til flere etager indhentet. Ligeledes er opførelsesåret for forskellige typer af byggeri af interesse for undersøgelsen og er derfor ligeledes indhentet og sorteret efter, om bygningerne er opført med facader af træ. Opmærksomheden omkring netop facadebeklædning skyldes, at BBR ikke opgør bygninger efter hvilke materialer, der er anvendt til de bærende konstruktioner, men kun oplysninger vedrørende materialerne på facaden.

Antallet af bygninger opført i Danmark i perioden fra 2009 til 2019 opgjort efter antal etager og er vist i Figur 54. Antallet af etager er inddelt i intervallerne 1 til 5 etager, 6 til 8 etager og over 8 etager.



Figur 54. Antal bygninger opført i Danmark i perioden 2009 til 2019 opgjort efter antal etager. Antallet af etager er inddelt i intervallerne 1-5 etager, 6-8 etager og over 8 etager.

Tilsvarende er opførte arealer af bygninger opført i Danmark i perioden 2009 til 2019 opgjort efter om arealerne er opført i byggeri opført i 1 til 5 etager, 6 til 8 etager og over 8 etager. Arealopgørelsen efter etager er vist i Figur 55. Antallet af etager er opgjort i bruttoarealer inddelt i intervallerne 1 til 5 etager, 6 til 8 etager og over 8 etager.



Figur 55. Bruttoareal i kvadratmeter opført i Danmark i perioden 2009 til 2019 opgjort efter antal etager. Etager er inddelt i intervallerne 1-5 etager, 6-8 etager og over 8 etager.

Årligt opført byggeri i Danmark opgjort efter antal bygninger og samlede kvadratmeter i bruttoarealer fra 2009 til 2019 begge år inklusiv opgjort efter antallet af etager bygningen er opført i, i intervallerne 1 til 5 etager, 6 til 8 etager og over 8 etager er vist i Tabel 34.

Tabel 34. Opført byggeri i Danmark i perioden 2009 til 2019 opgjort efter antal etager inddelt efter, hvor mange etager de er opført i, og opgjort efter intervallerne 1-5 etager, 6-8 etager og over 8 etager, [Kilde :Bygnings- og Boligregistret (BBR)]. Arealer er opgjort i bruttoarealer.

Opførel-	1-5 etager		6-8 etager		Over 8 etager	
sesår	areal i m²	antal	areal i m²	antal	areal i m²	antal
2009	6393104	17527	158289	30	200255	14
2010	4459227	12911	147655	17	103243	5
2011	3878331	12779	141035	16	89167	11
2012	4293568	12024	189435	27	108576	14
2013	3908868	11610	163800	34	110095	12
2014	4193059	12073	278242	37	192548	25
2015	3893748	12313	229250	37	133265	15
2016	3889102	12809	304303	33	161586	22
2017	4505912	14322	699284	89	193167	27
2018	4356310	13985	618407	105	322118	38
2019	4078217	13268	682808	105	214572	26
i alt	47849446	145621	3612508	530	1828592	209

Fra Figur 54, Figur 55 og Tabel 34 ses det, at hovedparten af det byggeri, der opføres i Danmark er mellem 1 og 5 etager såvel opgjort efter antallet af opførte bygninger og i antallet af opførte bruttoetagearealer. Af Figur 55 ses

det, at når der opføres byggerier i intervallet 6-8 etager og over 8 etager indeholder bygningerne et relativt stort antal kvadratmeter, og et stort bruttoetageareal, se også Tabel 37. I Tabel 35 vises andelen af de opførte byggerier i Danmark på 1 til 5 etager opgjort i procent af det samlede antal opførte bygninger fordelt på opførelsesår. Opgørelsen viser, at andelen af opførte bygninger med 1 til 5 etager udgør i omegnen af og over 99 % af det opførte byggeri. En tilsvarende opgørelse er lavet for bruttoetagearealet af det opførte byggeri og vist i Tabel 36

Tabel 35. Andelen af de opførte byggerier i Danmark på 1 til 5 etager angivet i procent af det samlede antal opførte bygninger fordelt på opførelsesår.

Opførelsesår	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Areal i %	99,75	99,83	99,79	99,66	99,61	99,49	99,58	99,57	99,20	98,99	99,02

Tabel 36. Bruttoarealet af de opførte byggerier i Danmark på 1 til 5 etager angivet i procent af det samlede opførte bruttoareal fordelt på opførelsesår.

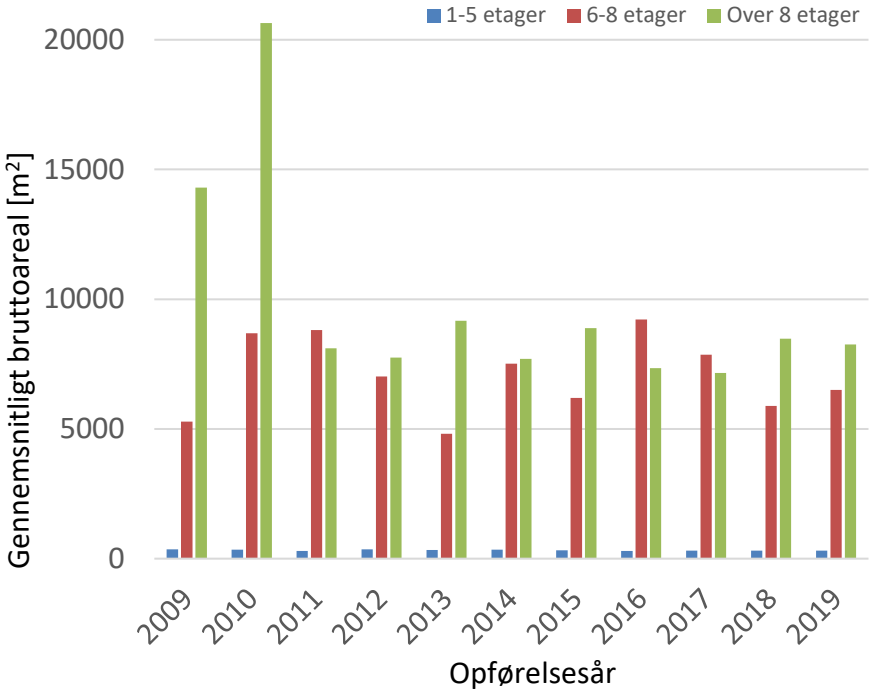
Opførelsesår	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Bruttoareal i %	94,69	94,67	94,40	93,51	93,45	89,91	91,48	89,30	83,47	82,24	81,96

Tabel 37 viser en opgørelse af den gennemsnitlige bygningsstørrelse angivet i bruttoetageareal i kvadratmeter inddelt efter, hvor mange etager en bygning er opført i. Byggerier opført i én til flere etager, inddelt i intervaller, efter 1-5 etager, 6-8 etager og over 8 etager er angivet. Ligeledes er antallet af énfamiliehuse anført for de enkelte år. Énfamiliehuse antages opført i 1-5 etager og har ifølge BBR et gennemsnitligt bruttoareal på 196 m^2.

Tabel 37. Gennemsnitlig bygningsstørrelse angivet i bruttoareal i kvadratmeter inddelt i intervaller for opførte etager, efter 1-5 etager, 6-8 etager og over 8 etager. Ligeledes er antallet af énfamiliehuse anført for de enkelte år.

Opførelsesår	Antal opførte énfamiliehuse	1-5 etager Gennemsnitlig areal af bygning i m^2	6-8 etager Gennemsnitlig areal af bygning i m^2	Over 8 etager Gennemsnitlig areal af bygning i m^2
2009	5864	364,76	5276,30	14303,93
2010	4164	345,38	8685,59	20648,6
2011	4686	303,49	8814,69	8106,09
2012	3818	357,08	7016,11	7755,43
2013	3538	336,68	4817,65	9174,58
2014	3543	347,31	7520,05	7701,92
2015	3952	316,23	6195,95	8884,33
2016	4513	303,62	9221,30	7344,82
2017	5099	314,62	7857,12	71,54,33
2018	5094	311,50	5889,59	8476,79
2019	4747	307,37	6502,93	8252,77

I Figur 56 er den gennemsnitlige bygningsstørrelse angivet i bruttoetageareal i kvadratmeter inddelt i intervaller for, i hvor mange etager bygningen er opført i, efter 1-5 etager, 6-8 etager og over 8 etager angivet efter opførelsesår.

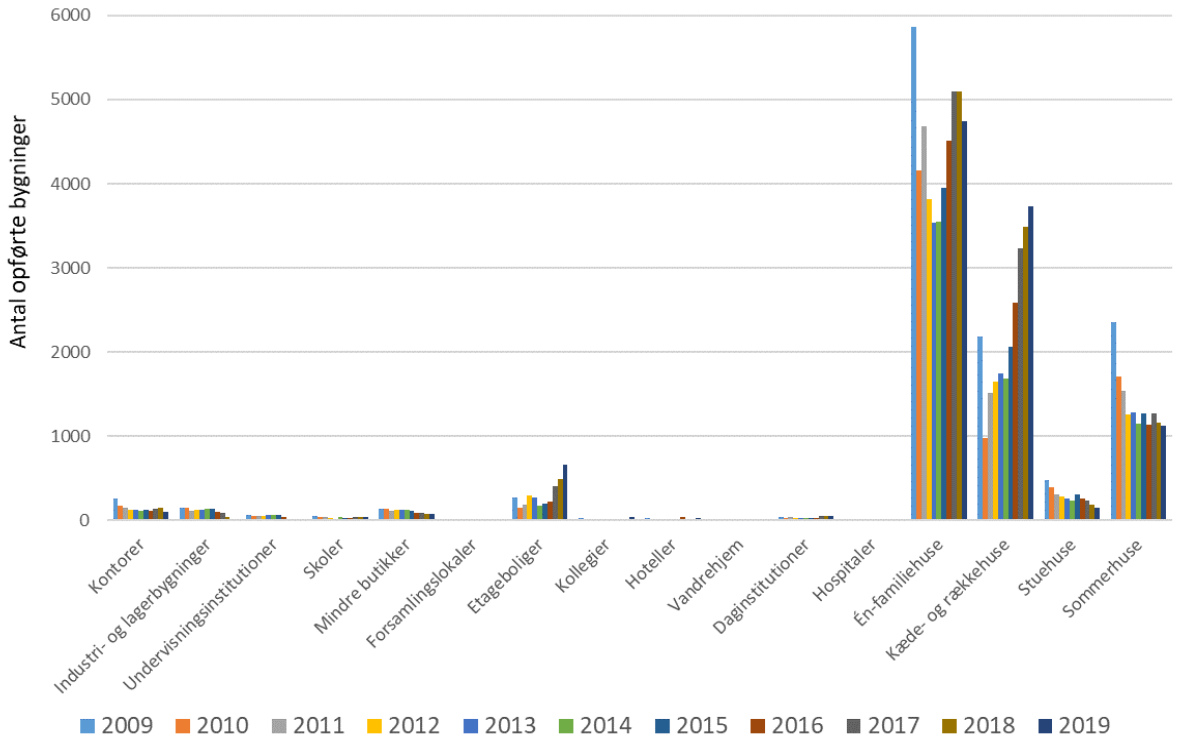


Figur 56. Gennemsnitlig bygningsstørrelse angivet i bruttoareal i kvadratmeter inddelt i intervaller for opførte etager, efter 1-5 etager, 6-8 etager og over 8 etager angivet efter opførelsesår.

For et større udsnit af bygningskategorier er antallet af opførte bygninger opgjort efter opførelsesår. Bygningskategorier, der er opgjort, er:

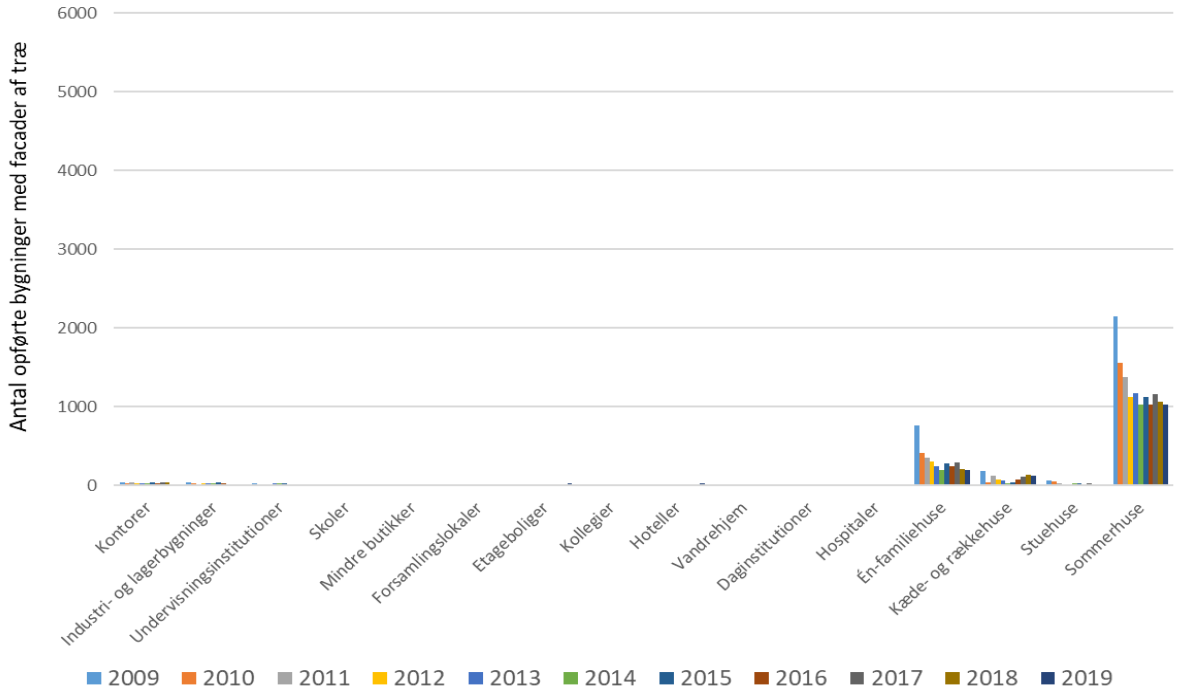
- Kontorer
- Industri- og lagerbygninger
- Undervisningsinstitutioner
- Skoler
- Mindre butikker
- Forsamlingslokaler
- Etageboliger
- Kollegier
- Hoteller
- Vandrehjem
- Daginstitutioner
- Hospitaler
- Énfamiliehuse
- Kæde- og rækkehuse
- Stuehuse
- Sommerhuse.

I Figur 57 er antallet af opførte bygninger inden for de enkelte bygningskategorier vist, både ud fra den enkelte bygningskategori og inden for det enkelte opførelsesår, fra 2009 til 2019. Hovedparten af det opførte byggeri er ifølge Figur 54 under 5 etager og ifølge Figur 57 inden for bygningskategorierne énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, stuehuse og sommerhuse.



Figur 57. Antallet af opførte bygninger inden for bygningskategorierne kontorer, industri- og lagerbygninger, undervisningsinstitioner, skoler, mindre butikker, forsamlingslokaler, etageboliger, kollegier, hoteller, vandrehjem, daginstitutioner, hospitaler, énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, stuehuse og sommerhuse opgjort efter opførelsesår.

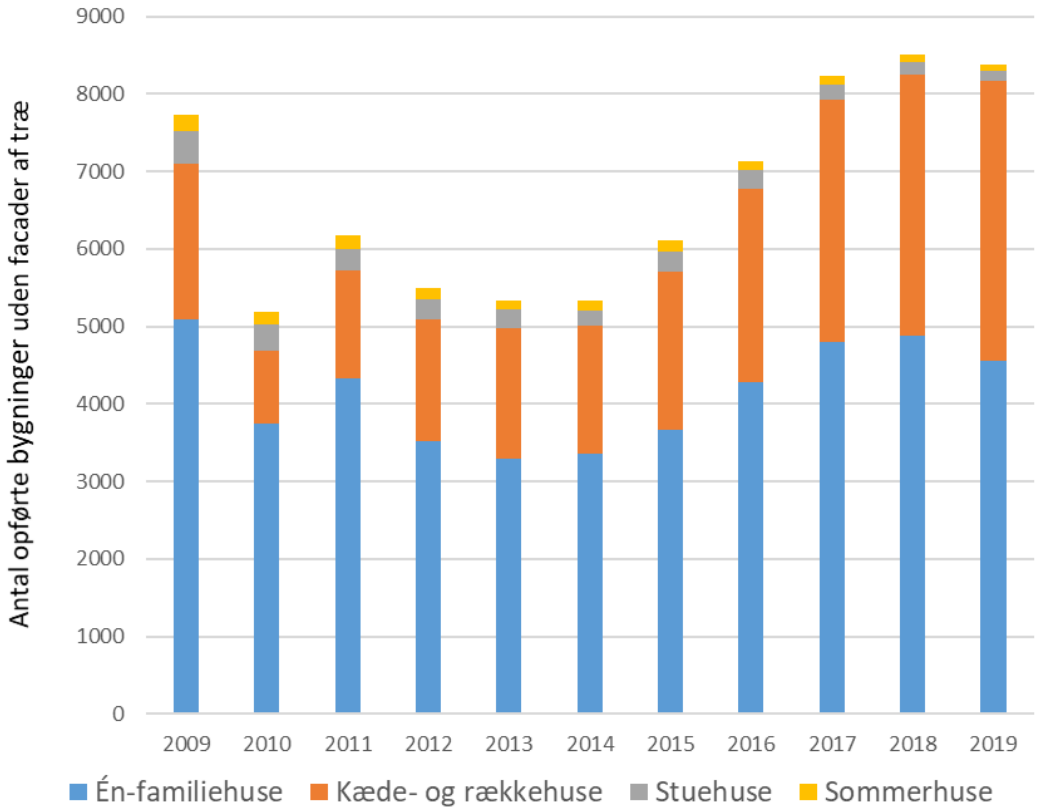
For at kunne anslå potentialet for træbyggeri i Danmark er antallet af bygninger inden for de større udsnit af bygningskategorier med træfacader opgjort efter antallet og opførelsesår. Bygningskategorierne er de nævnte i Figur 57. I Figur 58 er antallet af opførte bygninger med facader i træ inden for de enkelte bygningskategorier vist, både ud fra den enkelte bygningskategori og inden for det enkelte opførelsesår fra 2009 til 2019.



Figur 58. Antallet af bygninger med facader af træ inden for bygningskategorierne kontorer, industri- og lagerbygninger, undervisningsintuitioner, skoler, mindre butikker, forsamlingslokaler, etageboliger, kollegier, hoteller, vandrehjem, daginstitutioner, hospitaler, énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, stuehuse og sommerhuse opgjort efter opførelsesår.

Da der er et stort antal bygninger i bygningskategorierne énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, stuehuse, som ikke er opført med facader i træ, er det inden for disse bygningskategorier, der umiddelbart er et potentiale for træbyggeri inden for allerede kendte konstruktioner og førelsesmetoder. Sommerhuse udføres primært med facader af træ. Figur 60 viser antallet af bygninger inden for bygningskategorierne énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, stuehuse og sommerhuse, som ikke er opført med facader i træ angivet i forhold til opførelsesår. Hovedparten af de bygninger, der opføres per år i Danmark uden facader i træ, er i bygningskategorierne énfamiliehuse og kæde- og rækkehuse. Antallet af bygninger uden facader af træ inden for bygningskategorierne énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, stuehuse og sommerhuse opgjort efter opførelsesår er vist i Tabel 38.

Figur 59. Énfamiliehus opført som træbyggeri. Foto: Scandibyg.



Figur 60. Antallet af bygninger uden facader af træ inden for bygningstyperne énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, stuehuse og sommerhuse opgjort efter opførelsesår.

Figur 61. Kæde- og rækkehuse opført som træbyggeri. Foto Scandibyg.

Tabel 38. Antallet af bygninger uden facader af træ inden for bygningstyperne énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, stuehuse og sommerhuse opgjort efter opførelsesår.

Opførelsesår	Énfamiliehus	Kæde- og rækkehus	Stuehus	Sommerhus
2009	5097	2006	411	210
2010	3748	932	343	157
2011	4332	1395	276	165
2012	3516	1574	264	134
2013	3300	1683	242	116
2014	3352	1651	204	119
2015	3673	2025	274	143
2016	4274	2507	238	108
2017	4802	3118	204	112
2018	4882	3362	173	95
2019	4551	3610	133	89

Potentiale for træbyggeri i Danmark i 2030

Potentialet for træbyggeri i Danmark i nær fremtid er i tidsperspektiv angivet til år 2030. Potentialet for træbyggeri skal findes inden for den allerede kendte byggeskik og allerede anvendte konstruktioner ved anvendelsen af træ. Den anvendte byggeskik for anvendelse af træ ligger i byggerier i op til fem etager og er således sammenfaldende med bygningskategorierne énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, stuehuse og sommerhuse. Antages det, at bygninger opført med træfacade ligeledes er opført med det sigte at signalere træbyggeri, er en stor del af det opførte byggeri i bygningskategorierne énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse og stuehuse at antage opført i andre materialer end træ i tråd med traditionel dansk byggeskik. Tilsvarende er næsten alle sommerhuse opført som træbyggeri ligeledes i tråd med dansk byggeskik. Antallet af opførte stuehuse er begrænset i forhold til énfamiliehuse og kæde- og rækkehuse og udgør ikke en betragtelig del af potentialet for træbyggeri.

Antages potentialet for træbyggeri at ligge i de bygninger, der ikke har valgt at signalere træbyggeri i deres visuelle udtryk, er potentialet for træ-

byggeri givet i Tabel 38. I de efterfølgende beregninger af potentiale for træbyggeri, og vurderinger af de besparelser, der vil være ved substitution med træ i byggeri i Danmark, tages udgangspunkt i bygningskategorierne énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse uden facader af træ.

Et traditionelt opført énfamiliehus betragtes efter samme metode som anvendt i afsnit *Definition af betegnelsen "træbyggeri"*.

Énfamiliehuset er et klassisk moderne énfamilieshus fra 2015 opført i traditionelle materieler, se Figur 62. Boligarealet udgør ifølge BBR 178 m^2. Villaen har fem værelser og er i et plan uden kælder. Huset er opbygget med gasbetonbagvæg og formur af tegl. Hulrummet mellem den bærende indervæg og formuren er udfyldt med mineraluld, ligesom isolering i loftet antages at være mineraluld. Skillevægge er udført i 100mm letklinker helvægselementer. Huset er udført med klinkegulve i to badeværelser, køkken/alrum, bryggers og hall. De resterende værelser samt stuen er udført med trægulve. I denne optegnelse medregnes garage/carport/udhus ikke. Facadearealet udgør totalt 193 m^2, og glasarealet svarer til lige over 20 %. Facadearealet uden glas udgør 154 m^2.

Figur 62. Énfamiliehus opført i 2015. Foto: e-consult.

Fordelingen af materialer og andele af træ (vol%) i den nuværende konstruktion, præsenteres i Tabel 39. I den nuværende konstruktion findes kun træ i tagkonstruktionen samt som trægulve i hhv. stue og værelser.

Tabel 39. Materialefordeling i den nuværende konstruktion.

	Volumen [m3]	vol%	Total andel af træ pr. bygningsdel [%]	Total andel af træ for hele konstruktionen [%]
Ydervæg	**61,57**			
Tegl	16,93	27,50	0	
Isolering	29,25	47,50		
Gasbeton	15,39	25,00		
Tag	83,20			
Tagpap	1,44	1,73		
Brædder	3,95	4,75	6,68	
Isolering	71,54	85,99		
Forskalling	1,60	1,93		2,87
Gips	4,67	5,61		
Terrændæk	**114,31**			
Trægulv	2,37	2,07		
Klinkegulv	2,09	1,83	2,07	
Beton	21,26	18,60		
Polystyren	53,15	46,50		
Sand	35,44	31,00		
Skillevægge	**16,62**		0	
Gasbeton	16,62	100		

Det fremgår af Tabel 39, at træandelen i énfamiliehuset kun er 2,87 %. Betragtes byggeriet over sokkelhøjde, er træandelen 4,73 %. Såfremt man I denne konstruktion udelukkende udskifter glasuld til en cellulosebaseret isolering, samt hvis loftspladerne udskiftes til træbaserede produkter, kan der opnås en samlet træandel på knap 68 % over soklen.

For at betragte potentialet for træ i et byggeri som dette opbygges samme hus nu med bærende konstruktioner af træ, træbeklædning som husets regnskærm og ydre beklædning, med cellulosebaseret isolering tilsat 10 % brandhæmmer, lofter og indervægge beklædes desuden med træbaserede produkter. Der er fortsat klinkegulve i hhv. badeværelser, bryggers, hall og køkkenalrum, og særlige skillevægge ved brusenicher forbliver gasbeton.

Tabel 40. Materialefordeling i konstruktionen, hvor énfamiliehuset opføres som træbyggeri.

	Volumen [m3]	vol%	Total andel af træ pr. byg-ningsdel [%]	Total andel af træ for hele konstruktio-nen [%]
Ydervæg	**62,19**			
Beklædning (træ)	3,09	4,98		
Forskalling (træ)*	0,45	0,73		
Vindspærre (træ)	1,30	2,10	100,00	
Rammekonstruktion (træ)*	4,58	7,37		
Isolering (træbaseret)	50,80	81,69		
Krydsfinér (træ)	1,95	3,14		
Tag	83,20			
Tagpap	1,44	1,73		
Brædder (træ)	3,95	4,75		
Isolering (træbaseret)	71,54	85,99	98,27	
Forskalling og rammekon-struktion (træ)	1,60	1,93		
Træloft (træ)	4,67	5,61		58,80
Terrændæk	**114,31**			
Trægulv (træ)	2,37	2,07		
Klinkegulv	2,09	1,83	2,07	
Beton	21,26	18,60		
Polystyren	53,15	46,50		
Sand	35,44	31,00		
Skillevægge	**16,16**			
Krydsfinér (træ)	2,42	15,00		
Rammekonstruktion (træ)*	0,85	5,25	100,00	
Isolering (træbaseret)	10,46	64,75		
Krydsfinér (træ)	2,42	15,00		
Skillevægge ved bruse-kabiner	0,46			
Gasbeton	0,46	100,00	0,00	

**Antagelser er gjort vedr. forskalling, afstandslister og rammekonstruktioner:*

Ydervæg:

Rammekonstruktion: 45 mm pr. 600 mm og 45 mm pr. 400 mm

Forskalling: 50 mm pr. 450 mm

Skillevægge:

Rammekonstruktion: 45 mm pr. 600 mm

Følges definitionen på træbyggeri, som angivet i afsnit *Definition af betegnelsen "træbyggeri",* hvor andelen af træ beregnes over sokkel og lastfordelende betonplade, og der antages 1 vol% af træet som søm, skruer og beslag, fremgår det af Tabel 40, at der kan opnås en samlet andel af træ på 96,63 % for énfamiliehuset, en høj andel træ.

Potentialet for CO_2 besparelser ved øget anvendelse af træ i byggeriet vurderes på baggrund af LCA-beregningsmetoden. Vurderingerne tager udgangspunkt i beregningerne præsenteret i SBi-rapporten 2020:04 med titlen *Klimapåvirkning fra 60 bygninger: Muligheder for udformning af referenceværdier til LCA for bygninger*, (Zimmermann, Andersen, Kanafani & Birgisdóttir, 2020). LCA-beregningsmetoden er den metode som almindeligvis

anvendes i dag til beregning af byggeriets klimabelastning. Ved beregningen anvendes konstruktionstræ af fyr og gran. Det antages muligt at omlægge 10 % flere bygninger af bygningstyperne fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse hvert år frem til 2030, i forhold til 2019. Det betyder, at ca. 631 flere boliger opføres som træbyggeri hvert år, med et samlet areal på 123.676 m^2. Ved antagelsen tages der udgangspunkt i, at der siden 2009 er opført gennemsnitlig 6308 boliger af bygningstypen fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse hvert år uden træfacader, og at denne tilvækst vil fortsætte frem mod år 2030, hvis ikke omstillingen til træbyggeri gennemføres. Det antages at boliger uden træfacader er konventionelt opført. Ligeledes antages det, at træbyggeriet opføres med en høj andel træ, hvilket for LCA beregningerne er 78 %. LCA beregningerne beregner andelen af træ ud fra en totalvægt af et hus på 30.907 kg hvoraf 24.104 kg er træ.

Det i Figur 62 viste fritliggende énfamiliehus er oprindelig opført hovedsageligt af andre materialer end træ. Eksemplet viser at en højere andel træ kan opnås for træbyggeri end den andel træ LCA beregningerne tager udgangspunkt i.

LCA-beregningerne tager udgangspunkt i enfamiliehuset case nr. 5 (Zimmermann, Andersen, Kanafani & Birgisdóttir, 2020) med en høj andel træ (78%) og enfamiliehuset case nr. 8 (Zimmermann, Andersen, Kanafani & Birgisdóttir, 2020) (tungt byggeri og med forholdsvis høj klimabelastning). LCA-beregningerne viser at byggeri opført med en høj andel træ kan opføres med en CO_2 belastning på 184 kg CO_2 per m^2 når LCA beregnes over en 50 årig periode. Kulstofbindingen i det træ der anvendes til byggeriet er beregnet til 362 kg CO^2 per m^2. LCA beregningerne inkluderer kulstofbindingen som værende midlertidig (til låns). Kulstofbindingen er medregnet når huset bygges, men som beskrevet i afsnit: *Potentialer ved træbyggeri vurderet ved LCA*, skal det lagrede CO_2 modregnes igen ved beregningsperiodens afslutning, uanset om træet fortsat forbliver i huset, forbrændes eller genbruges et andet sted, eventuelt i en ny byggevare.

Opføres 6310 boliger af bygningstypen fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse som byggeri med en høj andel træ (som antaget i år 2030) vil de blive opført med en CO_2 belastning på 227 tusinde ton CO_2 og have en kulstofbinding på 448 tusinde ton CO_2 (som normalt ikke indgår i slutresultatet for LCA-beregninger). Hvis det forudsættes at bygningerne har en meget længere levetid end de 50 år som LCA beregningerne udføres for, og at træet forbliver i bygningerne i en længere periode, kan der ud fra de tal LCA-beregningerne giver, estimeres en netto-klimabelastning, som viser potentialet ved kulstofbinding i træet i byggeriet. Det skal noteres at en sådan betragtning ikke er i overensstemmelse med LCA-standarderne hvor kulstofbindingen modregnes ved beregningsperiodens afslutning. Denne beregningsmetode anvendes for at udregne og vurdere netto-klimabelastningen. Netto-klimabelastningen er 221 tusinde ton CO_2 og placeret i 6310 boliger af bygningstypen fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført som byggeri med en høj andel træ i år 2030.

LCA-beregningerne viser at et konventionelt tungt byggeri med forholdsvis høj klimabelastning kan opføres med en CO_2 belastning på 468 kg CO_2 per m^2 beregnet over en 50 års periode. Opføres 6310 boliger af bygningstypen fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse som konventionelt byggeri med forholdsvis høj klimabelastning vil de blive opført med en CO_2 belastning på 579 tusinde ton CO_2.

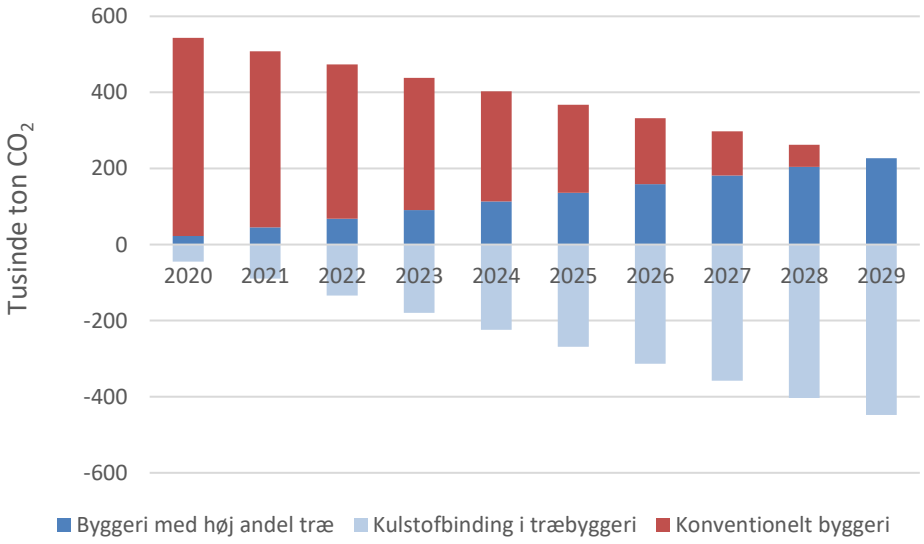
Tabel 41 viser år for år den beregnede CO_2 belastning for opførelse af bygningstypen fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse samt potentialet for kulstofbinding med den antagende omlægning af byggeriet.

Tabel 41. Beregnet CO_2 budget for det enkelte år fra 2020 til 2030 for opførelse af bygningstypen fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse med en omlægning af bygningstypen på 10 %, opgjort i forhold til 2019, om året, til træbygninger med en høj andel træ. Beregningerne er foretaget på baggrund af LCA-beregninger præsenteret i SBi-rapporten 2020:04 *Klimapåvirkning fra 60 bygninger: Muligheder for udformning af reference-værdier til LCA for bygninger* (Zimmermann, Andersen, Kanafani & Birgisdóttir, 2020).

År	Areal træbyggeri [m²]	CO_2 i tusinde ton for træbyggeri med en høj andel træ			CO_2 i tusinde ton for konventionelt byggeri med høj klimabelastning
		Klimabelastning	Kulstofbinding	Netto-klimabelastning*	Klimabelastning
2020	123.676	23	-45	-22	521
2021	247.352	45	-90	-44	463
2022	371.028	68	-134	-66	405
2023	494.704	91	-179	-88	347
2024	618.380	113	-224	-110	289
2025	742.056	136	-269	-132	232
2026	865.732	159	-313	-155	174
2027	989.408	182	-358	-177	116
2028	1.113.084	204	-403	-199	58
2029	1.236.760	227	-448	-221	0
sum	6.802.180	1.248	-2.462	-1.214	2.605

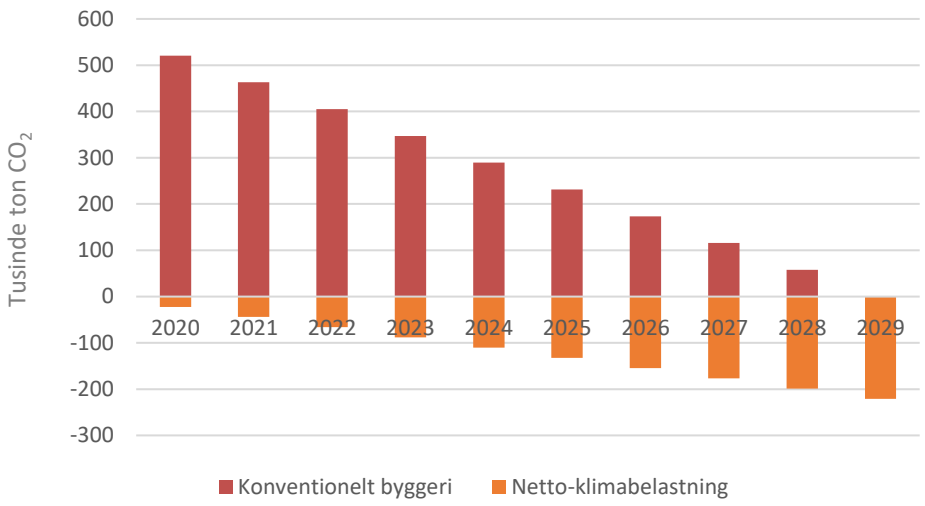
* Netto-klimabelastning beregnes for at anvende tal fra LCA-beregninger til at estimere kulstoflagring ved øget anvendelse af træ i byggeriet. Netto-klimabelastningen er beregnet som en addition af klimabelastning og kulstofbinding. Det skal noteres at dette ikke er i overensstemmelse med fremgangsmåden beskrevet i standarder for bygnings LCA (EN 15978 og EN 15804).

Figur 63 viser CO_2 belastningen år for år fremskrevet fra 2020 til 2030 ved omlægningen af bygningstypen fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført som byggeri med forholdsvis høj klimabelastning, til bygninger med en høj andel træ, med den antagende fremdrift i omlægningen af byggeriet.



Figur 63. CO2 belastningen i tusinde ton fra 2020 til 2030 ved omlægningen af bygningstypen fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført som byggeri med forholdsvis høj klimabelastning, til bygninger med en høj andel træ, med en tilvækst på 10 % (2019 antal) omlægningen af byggeriet år for år.

Figur 64 viser CO_2 belastningen ved konventionelt byggeri og netto-klimabelastning ved træbyggeri år for år fremskrevet fra 2020 til 2030 ved omlægningen af bygningstypen énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført som byggeri med forholdsvis høj klimabelastning, til bygninger med en høj andel træ, med den antagende fremdrift i omlægningen af byggeriet.



Figur 64. CO_2 belastningen ved konventionelt byggeri og netto-klimabelastning ved træbyggeri i tusinde ton fra 2020 til 2030 ved omlægningen af bygningstypen fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse opført som byggeri med forholdsvis høj klimabelastning, til bygninger med en høj andel træ, med en tilvækst på 10 % (2019 antal) omlægningen af byggeriet år for år.

Ud fra disse overslagsberegninger, vil der i år 2030 kunne opføres 6310 boliger som træbyggeri, i stedet for konventionelt byggeri, i form af fritliggende énfamiliehus, kæde- og rækkehuse med et samlet netto-klimabelastning på 221 tusind ton CO_2 i forhold til 2019. En samlet kulstofslagring på 221 tusinde ton CO_2 skal ses i forhold til opførelsen af et tilsvarende antal konventionelt opførte bygninger med en CO_2 belastning på 579 tusinde ton CO_2, altså en besparelse på 800 tusinde ton CO_2.

Yderligere kan der samlet set fra 2020 til 2030 akkumuleres 1,2 millioner ton CO_2 som netto-klimabelastning i træbyggeri, med en tilvækst i netto-klimabelastning på 22 tusind ton CO_2 per år svarende til, at der opføres 631 træbyggerier med en høj andel træ, i stedet for konventionelt byggeri.

Beregningen er simpel, men giver en indikation af, hvor meget træbyggeri umiddelbart kan bidrage med til den bæredygtige grønne omstilling. Foretages den nødvendige omstilling af træbyggeri, indeholder beregningen ikke den yderligere effekt, der vil være på det øvrige byggeri, når først teknologien og ekspertisen inden for træbyggeri er til rådighed på konkurrencemæssige vilkår. Den afsmittende effekt, der må forventes at være på andre bygningstyper opført i op til fem etager eller 9,6 meter til over gulv i øverste etage, er ligeledes ikke medregnet. Gennemføres omstillingen, forventes det, at træbyggeriet vil brede sig i den medgåede periode, hvor byggeskikken breder sig til øvrige bygningstyper, og hvor mere erfaring, risikovillighed og viden i dag opfattes som en barriere. Estimatet vurderes således at være lavt sat.

Diskussion

Kvalitative undersøgelser

Den kvalitative undersøgelse viser, at der er efterspørgsel for byggevarer i træ, primært inden for bærende konstruktioner, modulbyggeri og facader, og der er et uudnyttet potentiale primært for byggeri under seks etager. Især for byggeri af énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse samt etageboliger og offentlige institutioner som skoler, daginstitutioner, kollegier, men også kontorbyggeri.

Ligeledes viser den kvalitative spørgeskemaundersøgelse, at der blandt respondenterne er en vurdering af, at bygningsreglementets krav er med til at begrænse anvendelsen af træ i byggeriet.

Den kvalitative spørgeskemaundersøgelse omfatter 853 respondenter. 35 %, svarende til 295 respondenter, gennemførte besvarelsen, imens 11 %, svarende til 96 personer, besvarede et eller flere spørgsmål, men gennemførte ikke hele besvarelsen. 54 % af respondenterne afgav ikke et svar i undersøgelsen. Respondenterne, som afgav svar i undersøgelsen er fagligt kompetente respondenter, inden for hele værdikæden for træ, med lang erfaring inden for byggeri. Tilsvarende er gældende for deltagerne på de afholdte dialogmøder og for dem, som deltog i et individuelt kvalitativt interview.

Regulative begrænsninger

Der er ikke regulative begrænsninger for at opføre træbyggeri i Danmark, hverken for tæt-lavt-byggeri, énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse eller byggeri i flere etager. Bygningsreglementet er ydeevnebaseret, også kaldet funktionsbaseret. Det vil sige, at der stilles krav til ydeevnen/funktionen af bygningsdele som for det færdige byggeri i sin helhed, i brug. Altså, at de valgte materialer, samlingsdetaljer og den endelige udførelse for enkelte bygningsdele og for det samlede byggeri, skal opfylde de krav, der er stillet i bygningsreglementet. Kravene er således ikke præskriptive lovkrav, som foreskriver anvendelsen af bestemte materialer eller konstruktioner til specifikke bygningsdele.

Til brug for opfyldelse af bygningsreglementets krav findes en række Eurocodes, der sammen med dokumentation af materialer (ydeevnedeklarationer for CE-mærkede produkter) og *alment teknisk fælleseje,* som fx SBi-anvisninger og TRÆ-Information, viser den konkrete anvendelse af en række materialer inden for dansk byggeskik. Disse kan bruges som dokumentation af, at de valgte løsninger lever op til bygningsreglementets krav. Såfremt materialerne og konstruktionerne har de rette egenskaber, er bestemte materialer i anvendelse, som fx bærende konstruktioner i træ, således ikke udelukket.

Oplevede regulative barrierer

Alligevel oplever respondenterne i den kvalitative spørgeskemaundersøgelse, deltagerne på de gennemførte dialogmøder og deltagerne i de kvalitative interviews barrierer. Dette er primært inden for brandsikring og lydmæssige forhold ved træbyggeri. De oplevede barrierer kan ikke føres tilbage til

specifikke krav i bygningsreglementet. Når barriererne alligevel må anses for reelle i forhold til træbyggeri, er det på baggrund af undersøgelsernes uddybende kommentarer. Uddybende kommentarer fremfører, at med den valgte måde at beskrive krav i bygningsreglementet på, kan der opstå udfordringer med de ydeevner, som forventes af konstruktionerne. Det er først efter opførelsen af byggeriet, det viser sig, om kravet i bygningsreglementet er opfyldt i det konkrete byggeri. Kommentarerne uddyber at opfyldelse af bygningsreglementets krav inden for disse områder bygger på viden og erfaring i branchen.

For at imødekomme en sådan udfordring indeholder *alment teknisk fælleseje allerede* en eksempelsamling for byggeri, som angiver præ-accepterede løsninger, der opfylder de funktionsbaserede krav vedrørende brand. I den forbindelse er det vigtigt at understrege, at disse eksempler og præ-accepterede løsninger i sin helhed ikke er lovgivning. Der er fortsat metodefrihed til at opfylde brandkrav ved hjælp af andre løsninger på lige fod med de øvrige krav i bygningsreglementet.

Alligevel udtrykker de kvalitative undersøgelser, at respondenterne oplever barrierer i forbindelse med byggesagsbehandling af træbyggeri med grundlag i bygningsreglementets bestemmelser. Barrierer knyttet til udmøntningen af bygningsreglementets krav vedrørende kapitel 5, Brand, nævnes i forbindelse med vurdering af, hvorvidt et byggeri er indsats-taktisk traditionelt.

Oplevede barrierer i forhold til brand

Respondenter i den kvalitative undersøgelse peger specifikt på bilag 3 i Bygningsreglementet 2018. Bilag 3 i BR18, Tabeller til kapitel 30 - *Kontrol af dokumentation for bærende konstruktioner og brandforhold,* angiver i tabel 1, *Mindstekrav til typer af kontrol afhængig af brand- og konstruktionsklasse,* jf. kravet i § 526, under *Kontrol af dokumentation for bærende konstruktioner og brandforhold*, at der for byggerier i brandklasse 2, 3 og 4, ud over egenkontrol, skal foretages uafhængig kontrol af dokumentation for, hvorvidt byggeriet er indsatstaktisk traditionelt. Der stilles yderligere krav om tredjepartskontrol ved brandklasse 4. Ved disse vurderinger er præ-accepterede løsninger i *Bygningsreglementets vejledning til kapitel 5, Brand,* centrale sammen med redningsberedskabets vurderinger af andre løsninger. For andre løsninger stiller bygningsreglementet krav om, at der skal foretages analyser, som efterviser at samme sikkerhedsniveau, som angivet i præ-accepterede løsninger er opnået. Disse vurderinger, udtrykker respondenter i den kvalitative undersøgelse, kan være individuelle og forskellige regionalt i Danmark, når de præ-accepterede løsninger ikke er tilstrækkeligt omfattende i forhold til de træbyggerier, der er ønske om at opføre fra bygherres side. Vurderingerne er primært knyttede til træbyggeri med mere end 9,6 meter til gulv i øverste etage viser den kvalitative undersøgelse. Vurderinger på baggrund af et utilstrækkeligt udvalg af præ-accepterede løsninger kan forekomme som en barriere, hvis beredskabet må henholde sig til, at et byggeri ikke er indsatstaktisk traditionelt på baggrund af et manglende grundlag af præ-accepterede løsninger fremgår det af den kvalitative undersøgelse. Denne undersøgelse har ikke verificeret de fremsatte udsagn, fra den kvantificerede undersøgelse, på brandområdet.

Regulativer i forhold til Lyd

Lydkravene i det danske bygningsreglement for etageboligbyggeri er primært baseret på erfaringer med tungt byggeri, med bærende konstruktioner af beton, men med supplerende anbefalinger for let byggeri, træbyggeri. For

boligbyggeri af beton findes i SBi-anvisning 237 en række konstruktionsløsninger med varianter af boligadskillende vægge og etagedæk, og disse kan betragtes som hørende til *alment teknisk fælleseje*. Anvisningen indeholder ligeledes et kort principafsnit om let byggeri. For konkrete konstruktionsoplysninger om let byggeri henvises til producenternes løsninger og dokumentation for ydeevne, som defineret i bygningsreglementets krav og anbefalinger.

Build vurderer, at der kan defineres nogle generiske konstruktionsløsninger i forhold til træbyggeri. Disse kan danne grundlag i en videre udvikling af træbyggeri med relaterede lydkrav baseret på opnåede erfaringer med lydisolation, hvad angår måleresultater og brugertilfredshed ud fra fx fyrtårnsprojekter. Det vurderes at der kan etableres et tæt europæisk/internationalt samarbejde for at optimere og effektivisere erfaringsindsamlingen for træbyggeri. I et sådan samarbejde er det relevant at studere konceptet i det britiske system ´*Robust Details*´, som bygger på veldefinerede konstruktionsløsninger og kontrol i et antal færdige bygninger før optagelse i ´*Robust Details Handbook*´.

Innovation af træbyggeri

Ønskes byggeskikken ændret, eller ønskes nye byggesystemer anvendt, kan det blive dyrt at tilegne sig den nødvendige viden om, hvilke materialer og i hvilken sammenhæng materialer eller byggeskik kan opfylde bygningsreglements krav. I den omstilling er videndeling ønskeligt, men også introduceret som en konkurrenceparameter for dem, der har stået for investeringen. At tilvejebringe brugbare eksempler er en metode, hvormed der kan skabes innovation i byggeriet til mere træbyggeri, da den økonomiske barriere er reel, hvilket bekræftes af de kvalitative undersøgelser. Build anbefaler myndighederne at gennemføre gennemsigtige fyrtårnsbyggerier i træ og videndele erfaringer både økonomiske, praktiske og udførelsesmæssige inklusiv anvendte løsning, samt opnåede ydeevne inden for centrale krav, som har de projekterendes og udførendes opmærksomhed. Build vurderer at innovationen af løsninger yderligere kan forstærkes ved at fyrtårnsprojekter benytter sig af ny og forskningsbaseret viden, som også er et af virkemidlerne, Østrig beskriver som et nationalt initiativ for at fremme træbyggeri.

Den viden, der kan deles ved at gennemføre transparente fyrtårnsbyggerier som træbyggerier, kan formidles som case-beskrivelser, som det blev gjort i projektet Solidwood, se Bilag h: *Bygningsbeskrivelser fra SolidWood projektet*. Ud fra de kvalitative undersøgeler ses et behov for, at en sådan information inkluderer:

- Vedligeholdelsesomkostninger
- Udfordringer med håndtering af fugt ved opførelsen, både i det færdige byggeri og under anvendelse
- Beskrivelser af træets patinering og holdbarhed over tid.
- Ligeledes er der behov for at synliggøre de bæredygtige aspekter ved træbyggeri, herunder:
  - Beskrivelser af de ressourcebesparelser, der er forbundet ved transport og opførelse af træbyggeri.
  - Den mulige opnåede CO_2-oplagring (byggeriets bundede CO_2-mængde i træ svarer til 1,6 – 1,8 kg CO_2 per 1 kg).
  - Den mulige opnåede effektive bygge- og montagehastighed.
  - Træ er en fornybar ressource samt beskrivelser af det indeklima som opnås i træbyggeri.

Påvirkninger af indeklimaet

I forhold til indeklimaet er det nødvendigt at være opmærksom på nye udfordringer, der kan opstå ved anvendelse af nye materialer eller nye måder at anvende materialer på. I den gennemførte spørgeskemaundersøgelse vurderer deltagerne, at en af de største potentialer for øget anvendelse af træ i byggeriet i forhold til klima, miljø og økonomi er, at træ kan bidrage til et sundere indeklima, Figur 10. I den forbindelse er det vigtigt at være opmærksom på, at træ og træmaterialer indeholder varierende mængder af flygtige stoffer, hvilket bl.a. gør, at træ dufter, når man fx saver i det. Træ består primært af cellulose, hemicellulose og lignin (træstof). Derudover indeholder træ stoffer, der ofte benævnes ´*ekstraktiver*´. Sammensætning og indhold af ekstraktiver varierer betydeligt, primært mellem træarter, men også mellem forskellige dele af træet og fra træ til træ. De består bl.a. af terpener og harpiksstoffer, sukkerstoffer, fedtsyrer og uorganiske forbindelser. Det er de flygtige stoffer blandt ekstraktiverne, der er interessante i sammenhæng med påvirkning af indeklimaet, men det er samtidig her, hvor den store variation findes (Larsen et al., 1999). Afgivelse af stoffer fra massivt træ til indeklimaet afhænger derfor af en lang række faktorer, der strækker sig fra træart, selve træet og dets voksested til tørringsproces og -temperatur. For de træbaserede plader har limtype- og mængde og produktionsbetingelser også betydning. For træprodukter i brugssituationen er det ligeledes en kombination af træ og de materialer, der tilføres, herunder lime og lakker (Larsen et al., 1999). Afgivelsen af flygtige organiske stoffer (VOC) fra overfladebehandling afhænger af typen af overfladebehandling, påføringsbetingelser, hærdning og eventuelle interaktioner mellem træ og overfladebehandling. For træmaterialer og overfladebehandling har produktets alder, lagring og emballering også betydning for afgivelsen af stoffer (Larsen et al., 1999). VOC kan være carcinogene, mutagene og reproduktionsskadelige stoffer (CMR), som kan forurene indeklimaet.

Forringelse af kvaliteten af indeluften kan karakteriseres ved hjælp af kemiske analyser, der bestemmer en koncentration i luften og en sensorisk bedømmelse af lugt. Der skelnes mellem forskellige typer forureninger, hvor primære emissioner er fysisk frigivelse af stof, der er tilstede i et nyt produkt. Bl.a. træprodukter og overfladebehandlinger kan også være kilde til stoffer, der frigives og reagerer i luften og på overflader og danner nye stoffer (Weschler & Carslaw, 2018). Disse reaktioner vil ofte afhænge af andre forhold, som niveauer af det stærkt oxiderende ozon i indeluften, samt temperatur og relativ fugtighed. Der er også såkaldte sekundære emissioner, hvor stof produceres gennem kemisk reaktion i/på et produkt og derefter frigives (Knudsen et al., 2003; Uhde & Salthammer, 2007). Der er en stigende opmærksomhed på de sekundære forureninger (Salthammer, 2018). Kammerforsøg med udvalgte byggematerialer, bl.a. lakeret gulv, har vist, at nogle sekundære forureninger kan påvirke den oplevede luftkvalitet på længere sigt (Knudsen et al., 1999).

En af de mest kendte VOC-genevoldere i indeklimaet er stoffet formaldehyd, der kan afgasse fra bl.a. en række lime og limede trævarer, fx spånplader. Bygningsreglementet indeholder krav til afgivelse af formaldehyd fra træbaserede plader. Anvendes træbaserede plader på større flader, kan det være nødvendigt at tage ekstra forholdsregler, selvom træpladerne overholder kravene i bygningsreglementet.

Øvrige regulerende forhold kan både virke fremmende og som barrierer i forhold til træbyggeri. Det vil være regulerende forhold, som fx lokalplaner. Lokalplaner kan både indeholde krav til træbyggeri som helhed eller hæmmende ved at indeholde krav til materialer, som ikke et af træ.

Træ er et organisk materiale, hvilket betyder, at fugt skal tildeles en særlig opmærksomhed, når man bygger med træ. Opfugtning af træ i træbyggeri skal forhindres i et omfang, som er kritisk i forhold til vækst af skimmelsvamp

og vækst af trænedbrydende svampe og råd. Fugt skal håndteres i hele værdikæden for træbyggeri.
Dette gøres ved, at håndtere:

- Fugtindholdet af det træ, som anvendes til produktion af elementer i træ, moduler af træ eller stolper af træ.
- Fugt i elementer af træ under opbevaring.
- Fugt i elementer af træ under opførelsen af byggeriet.
- Fugt i elementer af træ, efter at byggeriet er lukket og udtørres.
- Fugt i elementer at træ i brugsfasen af bygningen.

Luft og damptæthed

Ofte anvendes membraner af polyethylen som dampspærre i trækonstruktioner for at sikre luft- og damptæthed. Membranernes funktion er at sikre en høj luft-tæthed og lav vanddampdiffusion. I konstruktioner sikrer en bygnings klimaskærm det termiske indeklima, hvilket om vinteren betyder, at der er en stor temperaturforskel mellem den indvendige side og den udvendige side af klimaskærmen. Jo større temperaturdifferencen er over konstruktionen, des større er betydningen af membranens egenskaber i forhold til at fugtsikre elementer af træ. I klimaskærmen skal membranen sikre, at der ikke transporteres vanddamp og fugtig luft fra indeklimaet til de kolde isolerede dele af klimaskærmen. En dampspærre forhindrer således varm og fugtig luft i at trænge ud i isoleringen og blive kølet ned, hvilket ellers vil øge den relative luftfugtighed på grund af temperaturfaldet. Herved vil fugtigheden i isoleringen og tilstødende konstruktionsdele øges til et niveau, hvor der er risiko for vækst af skimmelsvampe og råd, og i nogle tilfælde vil fugten kondensere i isoleringen.

Membraner af polyethylen er meget tætte over for luftgennemtrængning og har en meget høj vand-dampdiffusionsmodstand. De kan derfor udgøre både det lufttætte – og det damptætte lag i en klimaskærmen. En bygning skal leve op til det bygningsreglement, den er opført efter i hele dens levetid. Levetiden af membraner af polyethylen er undersøgt i forskningsrapporten SBI 2020:06 *Materialeegenskaber - Test af polyethylenmembraners egenskaber før og efter accelereret ældning* (Rasmussen et al., 2020). Andre materialer og membraner kan ligeledes anvendes til at sikre det lufttætte – og det damptætte lag i en klimaskærm.

Træ anses for at være lufttæt, vindridser kan dog forårsage luftutætheder. Ved anvendelse af elementer i træ som det lufttætte- og damptætte plan bør det eftervises, at elementerne er tilstrækkelig tætte, og at samlinger mellem elementer og mod øvrige konstriktioner og gennemføringer udføres tilstrækkeligt lufttæt som damptæt. Blandt entreprenører er der en indstilling til, at tørt byggeri ikke kan gennemføres i praksis og heller ikke er hensigtsmæssigt. På trods heraf er der blandt byggeriets parter et ønske om at opføre og lukke et byggeri så hurtigt som muligt for at begrænse opfugtning af konstruktionerne. Blandt rådgivere og leverandører er der et generelt råd om at undgå opfugtning. Fugt trænger ind i træ primært gennem endestykker, som med fordel kan dækkes af. Bygningsreglementet stiller krav til, at bygninger skal projekteres, udføres og vedligeholdes, så vand og fugt ikke medfører risiko for personers sundhed eller skader på bygningen § 334 til § 338. Disse forhold skal byggeriets parter være særligt opmærksomme på ved træbyggeri.

LCAbyg for træbyggeri

LCA anvendes i stigende grad i Danmark til at vurdere bygningers miljøpåvirkninger og ressourceforbrug. Her er ofte fokuseret på at vurdere bygningers klimabelastning. I de fleste tilfælde anvendes metoden til at lave en beregning på en enkelt bygning, som derefter kan sammenlignes med andre bygninger, der beregnes efter samme metode og datagrundlag.

I en ny publikation, hvor 60 danske bygningers klimabelastning blev beregnet, indgik ni bygninger med bærende konstruktioner i træ (Zimmermann, Andersen, Kanafani & Birgisdóttir (2020). Resultaterne viste, at for den samlede klimabelastning over 50 år for både drift og materialer, at ud af de ti bygninger med lavest klimabelastning, var fem bygninger med bærende konstruktioner i træ. Hvis der alene fokuseres på den indlejrede klimabelastning, dvs. kun på materialerne, var syv ud af ti bygninger med lavest klimabelastning med bærende konstruktioner i træ. De to bygninger med den laveste klimabelastning, var med bærende konstruktioner i træ. Belastningen var lige omkring 4 kg CO_2/m^2/år, hvorimod bygningerne, der havde den højeste klimabelastning var på omkring 10-11 kg CO_2/m^2/år. Forskellen i klimabelastningen er derfor op til 2½ gang, fra den laveste til den højeste.

Der findes en række, især udenlandske studier, hvor LCA er blevet anvendt til direkte at sammenligne bygninger i træ med andre alternativer. Studierne viser en miljømæssig fordel ved anvendelse af træ. Det skal dog nævnes, at der også var nogle eksempler, hvor der er begrænset eller ingen forskel ved anvendelse af træ. Fx var der et eksempel på en norsk analyse (Rønning, A. et al. 2019), som sammenlignede boligbyggeri i fire, otte og seksten etager med bærende elementer i CLT og beton. Her blev der anvendt generiske data for beton, miljøoptimerede data og den bedste miljøoptimerede betondata. Resultaterne fra rapporten var, at forskellen blandt andet afhang af højden på byggeriet, hvor anvendelse af CLT for fire etager havde 20-50 % lavere klimabelastning afhængigt af anvendelse af generisk data, miljøoptimeret eller den bedste betondata. Ved otte etager var klimaaftrykket 20 % lavere for træ end beton med generiske data og 10 % forskel ved miljøoptimerede data. Ved brug af den bedste miljøoptimerede betondata bliver beton lidt bedre end træ. Ved seksten etager ændrer billedet sig. Der er ingen forskel mellem anvendelse af træ og den generiske betondata, hvorimod den miljøoptimerede og bedste betondata bliver 20 % bedre end anvendelse af træ. Dette skyldes, at beton og armering i fundamentet kommer til at fylde relativt meget for den seksten etagers bygning (27 % for træ og 19 % for betonbygningen, Trondheim, seksten etager).

Det er væsentligt at forholde sig til, hvornår påvirkningerne fra en bygnings livscyklus indtræffer. Emissionsprofiler for tre forskellige byggerier, som beregnes i LCAbyg, viser at, emissionsprofilen for træbyggeriet holder sig væsentligt lavere end de to alternativer over bygningens livscyklus. På baggrund af de overordnede CO_2-mål vedrørende en reduktion på 70 % i 2030 og vedrørende carbon-neutralitet i 2050 er det af yderste vigtighed, at der opnås bedre forståelse af, hvorvidt og hvorledes biobaserede materialer kan bidrage til den nødvendige reduktion, og hvilken rolle lagring af CO_2 har i denne omstilling. Det omhandler ikke blot den eksisterende bygningsmasse, men i høj grad også nybyggeriet, fordi 'startomkostningen' af CO_2 i materialerne udgør en stor del af den samlede belastning fra bygningens livscyklus.

Afslutningsvis bør det understreges, at den gunstigere klimapåvirkning ved træbyggeri, som har været omhandlet i de ovenstående eksempler, ikke kan oversættes direkte til også at gælde for andre kategorier af miljøpåvirkninger. Fx kan forsuringspotentialet samt landarealforbruget vise sig at være højere ved brugen af træ. Ligeså potentialerne for toksisk påvirkning af vand og jord, fx ved trykimprægneret træ.

Totaløkonomi for træbyggeri

I en totaløkonomisk beregning er resultatet meget afhængigt af usikkerheden på de indgående parametre. Denne analyse viser, at kalkulationsrenten og levetiden har en meget stor betydning for resultatet. Anskaffelsesomkostningernes indflydelse er også betydelig. Anskaffelsesomkostningerne varierer meget, afhængigt af markedet. En forholdsvis lille ændring i anskaffelsesomkostninger på fx 10 % vil nutidsværdien blive bedre for konventionelt byggeri frem for træbyggeri. Vedligeholdelses- og genoprettelsesomkostningerne har også stor indflydelse på resultatet.

Analysen indikerer ikke, at mængde, bygningstype eller højde på byggeriet har en afgørende betydning for resultatet af den totaløkonomiske beregning, når der sammenholdes med konventionelt byggeri og byggeri med anvendelse af flere trækonstruktioner. Det er nærmere valget af materialet til de enkelte bygningsdelstyper, der kan få indflydelse på resultatet.

Analysen med de oprindelige forudsætninger indikerer i alle standardeksempler, at byggerier med træ har en lidt lavere nutidsværdi. Men de følsomhedsanalyser, der er gennemført, viser, at det ikke entydigt kan konkluderes, at byggeri, hvor der anvendes mere træ, må forventes at have en bedre nutidsværdi.

Det anbefales derfor, at der gennemføres en totaløkonomisk beregning på det aktuelle byggeri, man ønsker at bygge. På grundlag af de givne forudsætninger, herunder en vurdering af følsomheden af de indgående parametre, vurderes om den ene eller anden løsning er mest fordelagtig i den givne markedssituation. Her kan andre parametre som investeringshorisont også være en vigtig parameter at tage med i vurderingen.

Casestudier af træbyggeri

Det ses af casestudierne beskrevet i afsnittet *Nyere træbyggeri i Danmark* og af afsnittet *Potentialet for byggeri i træ i Danmark*, at der er stort potentiale for træbyggeri i Danmark. For de nuværende konstruktioner, der er medtaget i rapporten, hvor træ udgør den bærende konstruktion, er træandelen 8-16 % over soklen. Villaen på Fruering Skovmark, der er opbygget af CLT-elementer og har træfiberisolering i ydervæggene, opnår en træandel på 41 % over soklen. Derved fremgår tydeligt den høje udnyttelse af træ ved CLT-byggeri. Ved at betragte potentialet for udnyttelse af træ-baserede materialer, fremgår det, at der kan opnås meget høje andele af træ i byggeriet, helt op til 97-99 %. Dette gælder hvor fibergips/gips/brandgips/gipsplank erstattes med krydsfinér, mineralsk isolering erstattes med træuld eller papiruld med 10 % brandhæmmer, og gipslofter erstattes af trælofter, beklædning af træ, og gulve antages som trægulve, samt hvis det formodes at 1 vol% af træet er af søm/skruer/beslag. De konstruktionsdele, som ikke umiddelbart kan erstattes af træ, inkluderer klinker på badeværelser, tagpap og lign. Isolering udgør for eksempel store andele af tag og ydervægge, 70-85 %, hvorfor der kan opnås en væsentlig højere træprocent ved udnyttelse af cellulosebaserede isoleringsmaterialer alene. Dermed kan det konstateres, at der er muligheder for at udvide udnyttelsen af træ i byggeriet.

Træbyggeri i andre lande

Der har igennem de senere år været en del fokus på at anvende mere træ i byggeriet i landene omkring os. De andre skandinaviske lande har en lang tradition for at bygge med træ i énfamilieshuse, hvilket betyder, at en meget stor markedsandel heraf består af træ (ca. 80-90 %). Derfor har fokus i disse lande primært været på træbyggeri i flere etager. Både Finland, Sverige og

Norge arbejder generelt proaktivt med brugen af træ i større konstruktioner og har ligeledes fokus på at udvikle konstruktive løsninger og fyrtårnsprojekter, som kan øge produktionen og eksporten af deres træresurser. Dog gælder det generelt, at træbyggeri i flere etager ikke tilnærmelsesvist har samme markedsandele som énfamilieshuse bygget i træ på trods af det stigende fokus inden for området. Dette kan tyde på, at mange ingeniører, bygherrer, arkitekter, byplanlæggere o.a. mangler erfaring med brugen af træ i flere etager.

I Finland har man siden 1990´erne promoveret brugen af industrialiseret træ til bygningskonstruktioner gennem offentlige strategier, hvilket har ledt til forskningsprojekter og teknologiske platforme samt informative kampagner. Dette har givet muligheden for, at træbyggeri med flere etager har kunnet udvikle sig. I 1997 blev brandkravene ændret, således at man tillod træbyggeri op til fire etager for beboelses- og kontorbygninger uden særlige tilladelser. I 2011 blev brandkravene igen ændret, således at man nu tillod træbyggeri op til otte etager, og i 2018 blev bygningsreglementet ændret således, at træoverflader i træbyggeri nu delvist kunne efterlades udækket af brandsikre plader (både indvendigt og udvendigt) (Vihemäki, Ludvig, Toivonen, Toppinen & Weiss, 2019).

Sveriges bygningsreglement blev i 1994 ændret, således at det blev funktionsbestemt. Det betyder, at der i dag ikke er nogle begrænsninger for, hvor højt man må bygge i træ i Sverige, når det gælder brandhæmmende behandlet træ. Derimod må almindelige trærammer fortsat kun bygges op til to etager, hvis der ikke er installeret et sprinkler-system i bygningen.Sverige arbejder generelt proaktivt med træbyggeri i flere etager sammenlignet med andre EU-lande. Brugerne oplever byggerier i træ som sunde bygninger med en god atmosfære og størstedelen i en rundspørge oplevede, at sikkerheden og lydforholdene levede op til deres forventninger. Der har ligeledes i Sverige været politiske programmer siden 1990'erne, som har promoveret brugen af træ i byggesektoren. Sverige må altså siges at være et af forgangslandene, når det kommer til træbyggeri i flere etager. Ifølge Svensk Træ (Swedish Wood, u.å) er der udviklet gode tekniske og arkitektoniske løsninger for både lydisolering og brandsikkerhed, som sprinklersystemer, brandsikker behandling af træ osv., hvilket muliggør udbredelsen af træbyggeriet.

Norge har generelt en højere andel af træbyggeri i flere etager sammenlignet med andre lande (ca. 30 % i 2008). Denne høje andel, sammenlignet med andre lande, skyldes med stor sandsynlighed, at Norges definition af en fleretagesbygning er et minimum af *fire lejligheder i samme bygning*. Frem til 1997 tillod Norge, som det eneste land i Skandinavien, træbyggeri op til tre etager, hvilket betyder, at en stor andel af træbyggeri i flere etager må antages at være bygget som to- eller tre etagers bygninger. I 1997 blev det norske bygningsreglement (TEK) ændret til et funktionsbaseret bygningsreglement, og begrænsningen på tre etager forsvandt (Schauerte, 2010; Personlig kommunikation med Betit Time, SINTEF Norge d. 27.03.2020). Ifølge Aasheim & Lier (2017) lå andelen af træbyggeri over tre etager på under 1 % i 2017, hvilket er på linje med udviklingen i de andre lande. Kommuneplaner og reguleringsplaner kan, hvis der er politisk vilje, stille krav eller give retningslinjer for materielle valg. Endvidere påpeger Aasheim & Lier (2017), at det forventes, at indførelsen af en kulstofafgift vil blive en realitet før 2024, hvilket kan bidrage til at påvirke brugen af træ i en positiv retning.

Både Tyskland og Østrig er opbygget af delstater, som hver har deres bygningsreglementer samt et overordnet bygningsreglement, de skal operere under. Dette betyder, at retningslinjerne for brugen af træ varierer mellem delstaterne. Der er ligeledes et varieret fokus på villigheden til at bygge med træ. Generelt i Tyskland har der været lang tradition for at bygge med mursten, stål og beton frem for træ – også i énfamilieshuse. I 2002 blev den føderale lovgivning ændret således, at træbyggeri på op til fem etager blev tilladt (Musterbauordnung MBO, 2002) (Bauministerkonferenz, 2016). Ifølge

Gustavsson, Mahapatra & Hemström (2012) må niveauet for gulvet på den øverste beboelige etage ikke overstige 13 meter fra jordniveau. På trods af denne ændring i lovgivningen er der mange delstater, som ikke har ændret deres bygningsreglementer tilsvarende, så træbyggeri i flere etager er ikke en reel mulighed i disse (Holzbau Deutschland – Bund Deutscher Zimmermeister, 2018). Baden-Württemberg, Hamburg og Berlin må dog siges at være forgangsstater på træbygge-området, da de har ændret deres bygningsreglementer og åbnet mere op for brugen af træ i byggeriet. I Østrig blev der i Wiens bygningsreglement i 1990'erne foretaget en ændring, som muliggjorde træbyggeri op til tre etager. I 2001 blev bestemmelserne ændret til at tillade træbyggeri op til fire etager. I 2015 tillod man træbyggeri op til seks etager i hele Østrig uden særlige tilladelser (Vihemäki et al., 2019; Build Up – The European Portal for Energy Efficiency In Buildings, 2013).

Canada er et af de lande, som er forholdsvist langt fremme, hvad angår træbyggeri i flere etager. Der er stort fokus på at udvikle retningslinjer, standarder osv., som skal lempe processer inden for træbyggeri. De har dog på trods af deres store træresurser primært importeret CLT-løsninger fra Østrig. Der er nu også etableret en produktion af CLT-elementer i Nordamerika.

Gennemgangen af, hvordan udviklingen har været i andre lande, peger på, at CLT-elementer er noget af det, som de fleste har fokus på inden for en mere industrialiseret tilgang til træbyggeri i flere etager. En anden tendens, som er noteret under gennemgangen, er brugen af hybridbygninger, hvor dele af bygningen er konstrueret i træ, men hvor et andet materiale, f.eks. beton, også benyttes. Flere mener, at denne løsning er den optimale, når der ikke blot skal tages miljømæssige hensyn, men også når de strukturelle, brand- og lydmæssige krav skal opfyldes på optimal vis.

Potentialer ved træbyggeri

Gennemgangen af den seneste litteratur omhandlende potentialer ved øget brug af træ i byggeriet viser, at træ som byggemateriale har et særligt potentiale i forbindelse med håndtering af CO_2-belastningen. Det gælder især vedrørende:

– Skovens bidrag til at opsuge CO_2 fra atmosfæren
– Trækonstruktioners betydning for lagring af opsuget CO_2
– Substitution ved nybyggeri af materialer, som fremstilles under større udledning af CO_2.

CO_2-deponi og -substitution ved træbyggeri

Opgørelsen af hvor mange ton CO_2, der spares, når energitunge materialer substitueres med træ, er vist i Tabel 1. Af tabellen fremgår det, at potentialet ved substitution af stål og beton med træ er stort. Der kan dog være store variationer i potentialet for hvert materiale. Variationen er angivet som 'lav' og 'høj' for de enkelte materialer i tabellen og beror på, hvor energiforbrugende forskellige fremstillingsformer af materialet er. På den baggrund er potentiale for dansk byggeris bidrag til den grønne bæredygtige omstilling vurderet ud fra LCA-beregninger.

Potentiale for anvendelsen af træ i bygeriet

Til vurderingen af potentialet ved øget anvendelse af træ i byggeriet på kort sigt, frem til 2030, tages der udgangspunkt i en omlægningen af det traditionelle byggeri af énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse. Behandlingen af BBR-data over opført byggeri i Danmark viser, at andelen af de opførte byggerier i

Danmark på en til fem etager opgjort i % af det samlede antal opførte bygninger udgør i omegnen af over 99 % af det opførte byggeri. Andelen er rimelig konstant fordelt på opførelsesår fra 2009 til 2019. En tilsvarende tendens ses for bruttoetagearealet af det opførte byggeri i perioden, dog med en anelse lavere procentandel, omkring 90 %, se Tabel 35 og Tabel 36. Sammenholdes andelen af opførte byggerier med en yderligere bearbejdning af BBR-data, hvor et større udsnit af bygningskategorier, sorteres efter antallet af opførte bygninger opgjort efter opførelsesår, ses, at bygningskategorierne énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, stuehuse og sommerhuse udgør hovedparten af det opførte byggeri. Både ud fra den enkelte bygningskategori og inden for det enkelte opførelsesår fra 2009 til 2019. Bygningskategorierne, de er opgjort efter, er:

- Kontorer
- Industri- og lagerbygninger
- Undervisningsinstitutioner
- Skoler
- Mindre butikker
- Forsamlingslokaler
- Etageboliger
- Kollegier
- Hoteller
- Vandrehjem
- Daginstitutioner
- Hospitaler
- Énfamiliehuse
- Kæde- og rækkehuse
- Stuehuse
- Sommerhuse.

Se Figur 57. Laves den antagelse, at bygninger med facadebeklædning af træ er et udtryk for bygningens dominerende konstruktionsmateriale, kan BBR data anvendes til at opgøre, hvor mange énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, stuehuse og sommerhuse, der er opført som træbyggeri, og hvor mange, der er opført af primært andre materialer, da BBR indeholder information om bygningers facadebeklædning. Disse opgørelser er vist i Figur 58, Figur 60 og Tabel 38.

Opgøres antallet af bygninger uden facader af træ inden for bygningstyperne énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, stuehuse og sommerhuse opgjort efter opførelsesår mellem 2009 og 2019, viser det sig, at stuehuse og sommerhuse udgør en marginal andel af det opførte byggeri. Potentialet for en omlægning af bygningstyperne énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse er dominerende. Det vurderes, at teknologierne, processerne og håndværket til opførelsen af bygningstyperne énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, stuehuse og sommerhuse er til stede i Danmark, og en omlægning er mulig i byggebranchen i dag. Bygningstyperne énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse kan således danne grundlag for den nødvendige videns-, proces- og erfaringsopbygning. Kompetenceopbygning er nødvendig for at skabe det forsknings- og uddannelsesmiljø, der skal til for at udvide anvendelsen af træ til øvrige bygningskategorier og byggeri i og over fem etager. Kategorier, der i dag, jævnfør den kvantitative undersøgelse, opfattes som svære at få godkendelse til at opføre, og som konstruktionsmæssigt stadig giver udfordringer i forbindelse med materialeleverance, byggesystemer og i selve opførelsen.

Anvendes bygningstyperne fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse som løftestang for træbyggeri frem til 2030, og vil det være muligt at omlægge 10 % (2019 antal) af bygningstyperne hvert år, vil bygningstypen indeholde en netto-klimabelastning på samlet set 1,2 millioner ton CO_2 akkumuleret fra 2020 og frem til 2030. Hvert år antages det således, at der opfø-

res 631 flere træbyggerier end det foregående år. Årligt øges kulstofbindingen med 45 tusinde ton. Ved antagelsen tages der udgangspunkt i, at der siden 2009 er opført gennemsnitlig 6308 boliger af bygningstypen fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse uden træfacader hvert år, og at denne tilvækst vil fortsætte frem mod år 2030, hvis ikke omstillingen til træbyggeri gennemføres. Ligeledes antages det, at træbyggeriet opføres med en høj andel træ. Kulstofbindingen i byggeriet skal modregnes klimabelastningen for at beregne netto-klimabelastningen, som således reduceres.

Regnestykket er simpelt, men giver en indikation af, hvor meget træbyggeri umiddelbart kan bidrage med til den bæredygtige grønne omstilling. Dertil er der ikke indregnet den effekt, der vil være på det øvrige byggeri, når teknologien og ekspertisen inden for træbyggeri er til rådighed på konkurrencemæssige vilkår. Umiddelbart vurderes det, at der vil være en afsmittende effekt på andre bygningstyper opført i op til fem etager eller 9,6 meter til over gulv i øverste etage. I den følgende periode, hvor byggeskikken breder sig til øvrige bygningstyper, hvor mere erfaring, risikovillighed og viden i dag opfattes som en barriere. Estimatet vurderes således at være lavt sat.

Metoden hvorefter klimabelastning, kulstofbindingen og netto-klimabelastningen beregnes har væsentlig betydning for resultatet. Ved den anvendte metode, LCA-metoden, følges værdikæden for de enkelte komponenter. I grundlaget for beregningerne er der taget udgangspunkt i bygninger præsenteret i SBi-rapporten 2020:04 med titlen *Klimapåvirkning fra 60 bygninger: Muligheder for udformning af referenceværdier til LCA for bygninger* (Zimmermann, Andersen, Kanafani & Birgisdóttir, 2020). LCA-beregningsmetoden er en del af standarderne på området.
Ændres konstruktionsprincippet for de bærende konstruktioner i træbyggeri fx fra massive elementer i træ til et træstolpeskelet kan mængden af træ i bygningen reduceres hvorved belastningen og mængden af indlejret kulstof også reduceres.

Konklusion

Der er potentiale for, at dansk byggeri kan bidrage til den grønne bæredygtige omstilling ved at øge brugen af træ. Træ som byggemateriale har et særligt potentiale i forbindelse med håndtering af CO_2-belastningen. Det gælder især skovens bidrag til at opsuge CO_2 fra atmosfæren, trækonstruktioners betydning for lagring af kulstof og substitution ved nybyggeri af materialer, som fremstilles under større udledning af CO_2 end træ.

Potentialet ved øget anvendelse af træ i byggeriet vurderes på kort sigt, fra 2020 til 2030, knyttet til fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, samlet set at være 1,2 millioner ton CO_2 beregnet som den akkumulerede netto-klimabelastning. Dette svarer til en omlægning på 10 % (631 bygninger) af bygningstyperne fritliggende énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse, til træbyggerier med en høj andel af træ, hvert år frem til 2030.

I år 2030 vil der kunne opføres 6310 boliger som træbyggeri, i stedet for konventionelt byggeri, i form af fritliggende énfamiliehus, kæde- og rækkehuse med en samlet netto-klimabelastning på 221 tusind ton CO_2 i forhold til 2019. En samlet netto-klimabelastning på 221 tusinde ton CO_2 skal ses i forhold til opførelsen af et tilsvarende antal konventionelt opførte bygninger med en CO_2 belastning på 579 tusinde ton CO_2, altså en besparelse på 800 tusinde ton CO_2.

I år 2030 kan der således reduceres med 800 tusind ton CO_2 om året i forhold til i dag.

Metoden hvorefter klimabelastning, kulstofbindingen og netto-klimabelastningen beregnes har væsentlig betydning for resultatet. Ved LCA-beregningsmetoden følges værdikæden for de enkelte komponenter. Selve konstruktionsprincippet for de opførte bygninger har ligeledes betydning for vurderingerne. Mængden at træ i et træbyggeri afhænger af konstruktionsprincippet for de bærende konstruktioner. Benytte træstolpeskelet til de bærende konstruktioner i stedet for massive elementer i træ kan mængden at træ reduceres væsentligt hvilket har indflydelse på beregningerne.

At høste potentialet vil medføre en omlægning af det traditionelle byggeri til træbyggeri. Til ovenstående er der ikke indregnet den effekt, der vil være på det øvrige byggeri, når teknologien og ekspertisen inden for træbyggeri er til rådighed på konkurrencemæssige vilkår. Estimatet vurderes således at være lavt sat.

Træbyggeri defineres som:

Træbyggeri er byggeri, hvor træ eller træbaserede produkter anvendes til en større eller mindre del af de byggematerialer, der er anvendt over terræn eller over den lastfordelende plade af beton i terrændæk, eksklusiv glasarealer. Andelen af træ eller træbaserede produkter defineres som disse produkters volumenandel i procent af byggeriets materialer.

Det vil sige, der bliver opgivet en procentuel ´trævolumenværdi` for en given bygning.

Totaløkonomiske beregninger for træbyggeri i forhold til traditionelt opført byggeri viser, at hverken mængde, bygningstype eller højde på byggeriet har en afgørende betydning på totaløkonomien. Det er valget af materialer til de enkelte bygningsdelstyper, der har indflydelse på totaløkonomien. Ligeledes er det markedssituationen og andre parametre, såsom investeringshorisont, der er afgørende for værdien.

Andre skandinaviske lande har en lang tradition for at bygge med træ i énfamilieshuse, hvorfor disse lande primært har fokus på træbyggeri i flere

etager. Både Finland, Sverige og Norge arbejder generelt proaktivt med brugen af træ i større konstruktioner og har ligeledes fokus på at udvikle konstruktive løsninger og fyrtårnsprojekter rettet mod at øge produktionen og eksporten af deres træresurser. I Finland, Sverige, Norge, Tyskland, Østrig og Canada orienterer man sig mod anvendelsen af CLT-elementer for en mere industrialiseret tilgang til træbyggeri i flere etager. Tillige med anvendelsen af hybridbygninger, hvor dele af bygningen er konstrueret af træ, i kombination med et andet materiale, fx beton og stål.

Ved en serie kvalitative undersøgelser viser det sig, at der er en opfattelse blandt respondenter af, at der er efterspørgsel på byggevarer i træ, primært inden for bærende konstruktioner, modulbyggeri og facader, og at der er et uudnyttet potentiale, særligt for byggeri under seks etager. Især for byggeri af énfamiliehuse, kæde- og rækkehuse samt etageboliger og offentlige institutioner som skoler, daginstitutioner, kollegier men også kontorbyggeri. De kvalitative undersøgelser omfatter en spørgeskemaundersøgelse, tre dialogmøder og interviews. Den kvalitative spørgeskemaundersøgelse omfatter i alt 853. Af disse personer har 35 %, i alt 295 personer, gennemført spørgeskemaet, imens 11 %, i alt 96 personer, har afgivet besvarelse til et eller flere spørgsmål, men ikke gennemført hele besvarelsen af spørgeskemaet. Undersøgelsen viser sig at omfatte fagligt kompetente respondenter inden for hele værdikæden for træ, med lang erfaring inden for byggebranchen. Tilsvarende interessenter ses for deltagerne i dialogmøderne og for deltagerne i de gennemførte interviews.

Blandt barrierer i forhold til træbyggeri identificerer de kvalitative undersøgelser bygningsreglementets krav, primært inden for bestemmelserne om brand og lyd. Barrierer identificeres i forhold til den måde, hvorpå kravene i bygningsreglementet er beskrevet og udmøntes. Barrierer knytter sig til vurderingen af, hvorvidt et byggeri er indsatstaktisk traditionelt. Ved andre løsninger end præ-accepterede løsninger skal disse analyses og vurderes i forhold til at opnå tilsvarende sikkerhedsniveau. Et øget udvalg af præ-accepterede løsninger, vurderes af Build, at ville kunne være med til at imødekomme barrieren. Tilsvarende identificeres for bygningsreglementets krav til lyd. At gennemføre gennemsigtige fyrtårnsbyggerier i træ og videndele erfaringer, både økonomiske, praktiske, design og udførelsesmæssig viden, vurderes af Build, at kunne fremme innovationen og fremme ny- og forskningsbaseret viden samt understøtte et uvildigt forsknings- og undervisningsmiljø inden for træ.

Litteratur

Aagaard, N. (2013): *Bygningsdeles levetid ved vurdering af bæredygtighed*. København. Statens Byggeforskningsinstitut. Aalborg Universitet,

Aagaard, N., Møller E. B., Hansen E. J. P. (2012): *Levetider for bygningsdele omfattet af ejerskifteforsikring og huseftersynsordningen.* SBI rapport 2012:05. Hørsholm. Statens Byggeforskningsinstitut. SBI,

Aasheim, P. A., Lier, B. (2017). *Markedsanalyse massivtremarkedet i Norge 2017 – 2024*. Trebruk 014 AS og Trebruk AS. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://woodworkscluster.no/wp-content/uploads/2017/06/markedsanalyse-massivtre-280217.pdf

ASTM E413:2016. *Classification for Rating Sound Insulation.* Developed by Subcommittee: E33.03, USA. Lokaliseret (11.5.2020) på: https://www.astm.org/Standards/E413.htm

Bauministerkonferenz 24./25. september in Weimar. (2016, 13. maj). *Musterbauordnung (MBO). geändert durch Beschluss der BMK vom 13.05.2016*. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.bauministerkonferenz.de/suchen.aspx?id=762&o=759O762&s=musterbauordnung

Birgisdóttir, H., & Madsen, S. S. (2017). *Bygningers indlejrede energi og miljøpåvirkninger.* SBi 2017:08. SBi forlag. København: Statens Byggeforskningsinstitut. Aalborg Universitet.

Birgisdottir, H. & Rasmussen, F. N. (2015). *Introduktion til LCA på bygninger.* Energistyrelsen. SBi forlag. København: Statens Byggeforskningsinstitut. Aalborg Universitet.

Birgisdottir, H., Malmqvist, T., Moncaster, A., Rasmussen, F. N. & Wiberg, A. H. (2016). *Case Studies and Recommendations for the Reduction of Embodied Energy and Embodied Greenhouse Gas Emissions from Buildings.* IEA Annex 57 (Subtask 4) Evaluation of Embodied Energy and CO2eq for Building Construction. Institute for Building Environment and Energy Conservation. Japan. 2016.

Blazier, W. E., DuPree, R. B. (1994). *Investigation of low-frequency footfall noise in wood frame multifamily building construction*. Journal of the Acoustic Society of America 1994;96 (3). p. 521–32. USA.

Blödt, A., Rabold, A. (2019): *Schallschutz im Holzbau – Grundlagen und Vorbemessung* (Lydisolering i træbyggeri – Grundlag og design). Holzbau Deutschland.
Lokaliseret (11.5.2020) på: https://informationsdienst-holz.de/fileadmin/Publikationen/2_Holzbau_Handbuch/R03_T03_F01_Schallschutz_Grundlagen_Vorbemessung_2019.pdf

Boverkets byggregler. BFS 2011:6 (Building regulations, latest version with amendments BFS 2019:2 – BBR 25). Boverket (Swedish National Board of Housing, Building and Planning).
Lokaliseret (11.5.2020) på: http://www.boverket.se/sv/lag--ratt/forfattningssamling/gallande/bbr---bfs-20116/ og på:

https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad_bbr_2011-6.pdf (incl. BFS 2019:2).

Brandt E., Jensen B., og Thomassen T. (2008). *TRÆ55 Træfacader – Udvendige Bræddebeklædninger.* Træinformation. ISBN 9788790856854.

Build in Wood (2020, 25. og 26. August). Docken, København. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://buildinggreen.eu/buildinwood/

Build Up – The European Portal for Energy Efficiency In Buildings. (2013, 6. 153eptember). *LifeCycle Tower One Building.* Lokaliseret (21.4.2020) på: https://www.buildup.eu/en/practices/cases/lifecycle-tower-one-building
Building Green. (u.å). København. Lokaliseret (23.4.2020) på: http://building-green.eu/om-os/

Bundeskanzleramt. (2020*). Aus Verantwortung für Österreich – Regierungs-programm 2020 – 2024*. PDF Lokaliseret (22.4.2020) på: https://www.bunde-skanzleramt.gv.at/bundeskanzleramt/die-bundesregierung/regierungsdoku-mente.html

Byggforsk (2010). *Byggforsk nr. 700.320 Intervaller for vedlikehold og ud-skiftning av bygningdeler*. Norge: Sintef.

Byggingarreglugerd 2012 – nr. 112/2012 med breytingum (Building regula-tions 2012 – No. 112/2012 with amendments, latest version 722/2017). Lo-kaliseret (12.952020) på https://www.reglugerd.is/reglugerdir/allar/nr/112-2012

Byggteknisk Forskrift (TEK17). Veiledning om tekniske krav til byggverk. (Regulations on technical requirements for building works). Direktoratet for byggkvalitet (Norwegian Building Authority).
Lokaliseret (12.5.2020) på https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/ og (https://dibk.no/globalassets/byggeregler/regulation-on-technical-requirements-for-construction-works--technical-regulations.pdf)

Constructa (2017). *Notat vedr. indlejret energi* til Dansk Beton. Constructa rådgivende ingeniører. oktober 2017. Lokaliseret (12.5.2020) på https://do-cplayer.dk/66784566-Notat-vedr-indlejret-energi.html

Danmarks træportal. TRÆ.DK. *Imprænering – godkendte midler og anvendelser*. Nærum, Danmark. Lokaliseret (12.5.2020) på: https://www.trae.dk/leksikon/impraegnering-godkendte-midler-og-anven-delse/.

Danmarks træportal. TRÆ.DK. Jørgensen R. H. *Varmebehandlet træ*. Nærum, Danmark. Lokaliseret (12.5.2020) på: https://www.trae.dk/leksi-kon/varmebehandlet-trae/.

Danmarks træportal. TRÆ.DK. i samarbejde med Teknologisk Institut. *Nedbrydning af træ.* Nærum, Danmark. Lokaliseret (12.5.2020) på: https://www.trae.dk/leksikon/nedbrydning-af-trae/.

Danmarks træportal. TRÆ.DK. i samarbejde med Teknologisk Institut. *Thuaja (Kæmpethuja)* Lokaliseret (12.5.2020) på: https://www.trae.dk/leksikon/thuja-kaempethuja/.
Danmarks træportal. TRÆ.DK. *Beck S. A. Lærk (europæisk og sibi-risk).* Nærum. Danmark. Lokaliseret (12.5.2020) på: https://www.trae.dk/leksikon/laerk-europaeisk-og-sibirisk/.

Danmarks træportal. TRÆ.DK. i samarbejde med Teknologisk Institut. *Rødgrand.* Nærum. Danmark. Lokaliseret (12.5.2020) på: https://www.trae.dk/leksikon/roedgran/.

Danmarks træportal. TRÆ.DK. i samarbejde med Teknologisk Institut. *Skovfyr.* Nærum. Danmark. Lokaliseret (12.5.2020) på: https://www.trae.dk/leksikon/skovfyr/.

Danmarks træportal. TRÆ.DK. i samarbejde med Teknologisk Institut. *Douglasgran.* Nærum. Danmark. Lokaliseret (12.5.2020) på: https://www.trae.dk/leksikon/douglasgran/.

Danmarks træportal. TRÆ.DK. i samarbejde med Teknologisk Institut. *Eg.* Nærum. Danmark. Lokaliseret (12.5.2020) på: https://www.trae.dk/leksikon/eg/.

Dansk beton. Danskbeton.dk. Nørre Voldgade 106. DK-1358 København K. info@danskbeton.dk: Lokaliseret på: https://www.danskbeton.dk/media/30212/notat-varmekapacitet.pdf

Dansk Standard. (2008). DS/EN ISO 14040:2008. *Miljøledelse – Livscyklusvurdering – Principper og struktur.* København.

Dansk Standard. (2008). DS/EN ISO 14044:2008. *Miljøledelse – Livscyklusvurdering – Krav og vejledning.* København.

Dansk Standard (2012 + 2019) DS/EN 15804:2012 + A1:2019. *Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg - Miljøvaredeklarationer - Grundlæggende regler for produktkategorien byggevarer.* København.

Dansk Standard. (2012). DS/EN 15978:2012. *Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg – Vurdering af bygningers miljømæssige kvalitet – Beregningsmetode.* København.

Dansk Standard. (2013). DS/EN 15804 + A1:2013. *Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg – Miljøvaredeklarationer – Grundlæggende regler for produktkategorien byggevarer,* København.

Dansk Standard. (2014). DS/EN 16449:2014. *Træ og træbaserede produkter – Beregning af det biogene carbonindhold i træ og omdannelsen til carbondioxid,* København.

Dansk Standard. (2014). DS/EN 16485:2014. *Rundtræ og savet træ – Miljøvaredeklaration – Produktkategoriregler for træ og træbaserede produkter til konstruktionsbrug,* København.

Dansk Standard. (2015). DS/EN 16351:2015. *Trækonstruktioner – Krydslamineret træ – Krav. Timber structures – Cross laminated timber – Requirements.* København.

Dansk Standard. (2016). DS/EN 350:2016. *Holdbarhed af træ og træbaserede produkter – Prøvning og klassifikation af træ og træbaserede produkters modstandsevne mod biologiske agenter. Durability of wood and wood-based products – Testing and classification of the durability to biological agents of wood and wood-based materials*. København.

Dansk Standard. (2018) DS 490:2018, *Lydklassifikation af boliger*. (Sound classification of dwellings), København.

Damvad analytics m.fl. (2016). *Potentialer og barrierer for brugen af træ og bæredygtigt træ i byggeriet.* København. Danmark.

Der Regierende Bürgermeister von Berlin (2019, 24. september). *Pressemitteilung [Für den Klimaschutz: Berlin baut mit Holz].* Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.berlin.de/rbmskzl/aktuelles/pressemitteilungen/2019/pressemitteilung.849085.php

Eiken, P., Hovland, I.D., Haugsten, C., Kvifte, G., Langseth, H., Lie, M., Normann, E., Rusten, B., Sannum, H., Skjømming, C.B., Ulvatne, S.C., Aas-Jakobsen, J. (2014). *Sammen bygger vi framtiden. En strategi for en konkurransedyktig bygg- og eiendomsnæring*. Bygg21. Norge. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.bygg21.no/contentassets/e6205a34fc464ceda13f15ee43dcb34b/sammen-bygger-vi-framtiden-2014.pdf

Elmsäter-Svärd, C., Hagman, G., Landelius, H., Wifvesson, H., Meyer, M., Johnsson F., Axelsson, S. (2018, marts). *Färdplan för fossilfri konkurrens kraft [Bygg- och anläggningssektoren].* Fossilfrit Sverige. Lokaliseret (23.4.2020) på: http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/01/ffs_bygg_anlggningssektorn181017.pdf

Energistyrelsen (2018) *Energistatistik 2018 - Data, tabeller, statistikker og kort*. Lokaliseret (27.5.2020) på: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/energistatistik_2018.pdf.

Energistyrelsen (2016). *Potentialer og barrierer for brugen af træ og bæredygtigt træ i byggeriet.*

European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability (2010). *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance.* First edition March 2010. EUR 24708 EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union.

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (BMUB). (2016 November). *Climate Action Plan 2050 [Principles and goals of the German government's climate policy].* Germany. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Broschueren/klimaschutzplan_2050_en_bf.pdf

Federal Ministry for the Food, Agriculture and Consumer Protection (BMEL). (2016*). Forest Strategy 2020 [Sustainable Forest Management – An Opportunity and a Challenge for Society].* Germany. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/EN/Publications/ForestStrategy2020.pdf?__blob=publicationFile

Federal Ministry Republic of Austria – Argriculture, Regions and Tourism. (2019, 29. Juli). *Austria's Bioeconomy Strategy*. Østrig. PDF Lokaliseret (21.4.2020) på: https://www.bmlrt.gv.at/english/environment/Climateprotect/Austria-s-Bioeconomy-Strategy.html

Fischer, H.M., Schneider, M. (2019): *Handbuch zu DIN 4109 - Schallschutz im Hochbau*. Beuth, Germany. Lokaliseret (15.5.2020) på: https://www.beuth.de/de/publikation/handbuch-zu-din-4109-schallschutz-im-hochbau/269560786

Frøslev træ, Padborg. Lokaliseret på: https://www.froeslev.dk/da/forside.

Fynholm P., Kjellow A. & Morsing N. (2017). *Fleretagers træhuse – State of the art.* Innobyg udarbejdet i samarbejde med Teknologisk Institut. Lokaliseret (13.5.2020) på: https://www.innobyg.dk/media/75014/fleretagers-traehuse-state-of-the-art.pdf

Government of British Columbia. (2020). https://woodsmart.ca/*Wood First. Forestry Innovation Investment.* Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.bcfii.ca/investment-funding/wood-first

Government of British Columbia. (u.å). https://woodsmart.ca/*Wood First Initiative [Advancing Wood Use in B.C.].* Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www2.gov.bc.ca/gov/content/industry/forestry/supporting-innovation/wood-first-initiative

Government of Canada. (2020, 20. Februar). *Green Construction through Wood (GCWood) Program.* Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.nrcan.gc.ca/science-data/funding-partnerships/funding-opportunities/forest-sector-funding-programs/green-construction-through-wood-gcwood-program/20046

Green, M.C. (2012, 22. februar). *The Case for Tall Wood Buildings [How Mass Timber Offers a Safe Economical, and Environmental Friendly Alternative for Tall Building Structures]*. Mgb ARCHITECTURE + DESIGN. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.trae.dk/wp-content/uploads/2012/05/tall-wood-buildings-final-report.pdf

Gustavsson, L., Mahapatra, K., Hemström, K. (2012*). Multi-storey wood-frame buildings in Germany, Sweden and the UK. Construction Innovation,* 12:(1), 62-85, DOI 10.1108/14714171211197508

Handboek Houtskeletbouw. (2012). *Handboek Houtskeletbouw - Ontwerp, techniek, uitvoering.* ISSO Kennisbank.
Lokaliseret (13.5.2020) på: https://kennisbank.isso.nl/publicatie/handboek-houtskeletbouw/2012

Hasu, T., Lolli, N., Kurniski, J., Kalamees, T., Brynielsson, C.G. (u.å*). Nearly Zero Energy Wooden Buildings in Nordic Countries.* Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.neroproject.net/

Haugbølle, K., Henriksen, K. R., Østergaard, J. (2000): *Total økonomi i beslutningsprocessen, nybyggeri og renovering.* Byggeriets udviklingsråd (BUR). København.

Haugbølle, K. og Raffnsøe, L. (2019). *Rethinking life cycle cost drivers for sustainable office buildings in Denmark, Facilities.* Vol. 37 (9/10). 624-638. ISSN 0263-2772. Lokaliseret (13.5.2020) på: https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/F-01-2018-0003/full/html

Haugbølle, K., Scheutz, P. og Sørensen, N. L. (2017). *Installationsguide og brugervejledning. LCCbyg version 2.2. 2017:18.* København. Statens Byggeforskningsinstitut. Aalborg Universitet. ISBN: 978-87-563-1864-8.

Haugbølle, K. (2015). *Introduktion til LCC for bygninger.* Energistyrelsen. København. ISBN 978-87-93071-96-4.

Holzbau Deutschland – Bund Deutscher Zimmermeister. (2018, 18. April). *Presseinformation [Änderungen der Berliner bauordnung erleichtert den*

mehrgeschossigen holzbau]. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.holz-bau-deutschland.de/aktuelles/presseinformation/ansicht/detail/aenderungen_der_berliner_bauordnung_erleichtert_den_mehrgeschossigen_holzbau/

Hoeller, Christoph et al. (2017). *Apparent sound insulation in wood-framed buildings*. NRCC, RR-336. Canada. Lokaliseret (13.5.2020) på: https://doi.org/10.4224/23002820

ILCD. ILCD håndbogen (2010). udviklet af Institute for Environment and Sustainability, the European Commission Joint Research Centre (JRC), i samarbejde med DG Environment, Brøndby

Jensen, A.V., Craig, N. (2019). *Wood in Construction [25 cases of Nordic Good Practice].* Nordic Council of Ministers. Lokaliseret (23.4.2020) på: http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1297443/FULLTEXT03.pdf

Johansson, M. (u.å.). *Varför bygger vi inte fler höghus i trä?.* RISE Research Institute of Sweden. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.ri.se/sv/berattelser/varfor-bygger-vi-inte-fler-hoghus-i-tra

Jussila, J., Lähtinen, K. (2019). *Effects of institutional practices on delays in construction – views of Finnish homebuilder families.* Journal Housing Studies, ISSN: 0267-3037. 1466-1810, DOI: 10.1080/02673037.2019.1651831. Finland.

Kanafani, K., Zimmermann, R. K., Birgisdóttir, H., & Rasmussen, F. N. (2019). *LCA i tidlig bygningsdesign - Introduktion til metoden og eksempler på miljøprofiler.* København: Statens Byggeforskningsinstitut. Aalborg Universitet.

Kebony. Lokaliseret(13.5.2020) på: https://kebony.com/dk.

Keflico. info@keflico.com, Lokaliseret på: https://keflico.com/produkter/services/brandimpraegnering/accoya-raatrae/.

Klima-, Energi- og Bygningsministeriet. (2014). *Vejen til et styrket Danmark - Regeringens byggepolitiske strategi.* Regeringen.

Klimaschutzpartner Berlin. (u.å). *Gute Aussichten für den Klimaschutz in Berlin.* Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.klimaschutzpartner-berlin.de/home.html

Knauf, M. (2017). *Market potentials for timber-concrete composites in Germany's building construction sector*. Eur. J. Wood Prod. 75. 639–649. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://doi.org/10.1007/s00107-016-1136-9

Knudsen H. N., Kjær U. D., Nielsen P. A. & Wolkoff P. (1999). *Sensory and chemical characterization of VOC emissions from building products. Impact of concentration and air velocity.* Atmospheric Environment. 33. pp. 1217-1230.

Knudsen H N, Nielsen P A, Clausen P A, Wilkins C K & Wolkoff P (2003). *Sensory evaluation of emissions from selected building products exposed to ozone.* Indoor Air. 13. pp. 223–231.

Kurkinen, E., Peñaloza, D. & Al-Ayish, N. (2015). *Energi och klimateffektiva byggsystem. Miljövärdering av olika stomalternativ.* SP rapport 2015:70. Sverige.

Kuzman, M.K., Lähtinen, K., Sandberg, D. (2017). *Initiatives Supporting Timber Constructions in Finland, Slovenia and Sweden.* IUFRO 2017 Division 5 Conference "Forest Sector Innovations for a Greener Future". Vancouver. BC. June 12-16. 2017. 18p.

Larsen A., Frost L. & Funch L. W. (1999). *Emission af flygtige organiske forbindelser fra træ, træ-baserede materialer, møbler og inventar*. Miljøprojekt nr. 501. Miljøstyrelsen. København. Lokaliseret (13.5.2020) på: https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/1999/87-7909-499-6/html/indhold.htm

Larsen N-H. (2012*). Træ til husbygning.* Kulturstyrelsen, Kulturministeriet. Center for Bygningsbevaring. Kulturstyrelsen. København V. Danmark.

Larsson, M., Erlandsson, M., Malmqvist, T. & Kellner, J. (2016). *Byggandets klimapåverkan. Livscykelberäkning av klimatpåverkan för ett nyproducerat flerbostadshus med massiv stomme av trä*. IVL 2016. – Svenska Miljöinstitutet. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.ivl.se/download/18.29aef808155c0d7f05063/1467900250997/B2260.pdf

LCCbyg, https://www.LCCbyg.dk.

Lind, H., Malmberg, R., Buer, M. (u.å;a). *Nordic Built Cities.* Nordic Innovation. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.nordicinnovation.org/nordicbuilt-cities

Lind, H., Malmberg, R., Buer, M. (u.å;b). *Nordic City Solutions.* Nordic Innovation. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.nordicinnovation.org/programs/nordic-city-solutions

Ludwig, G. (2019). *The Role of Law in Transformative Environmental Policies—A Case Study of "Timber in Buildings Construction in Germany".* Sustainability. 11:(3). 842. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://doi.org/10.3390/su11030842.

Madsen P., Nielsen A. T., Hilbert P., Madsen E. M. (2019). *Klimaskoven – et effektivt redskab til håndtering af CO_2-problemet.* ISBN 978-87-971672-0-5. Forlaget Esben Møller Madsen.

Mahn, Jeffrey et al. (2020) *Apparent sound insulation in mass timber buildings.* NRCC. RR-335.

Malmqvist, T., Nehasilova, M., Moncaster, A., Birgisdottir, H., Rasmussen, F. N., Houlihan Wiberg, A. & Potting, J. (2018). *Design and construction strategies for reducing embodied impacts from buildings – Case study analysis.* Energy and Buildings.

McGarry, K. (2017, oktober). *Ontario's Tall Wood Building Reference [A Technical Resource for Developing Alternative Solutions under Ontario's Building Code].* Ministry of Natural Resources and Forestry and Ministry of Municipal Affairs. ISBN 978-1-7751675-0-1. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://files.ontario.ca/mnrf-ontarios-tall-wood-building-reference-en-2019-10-03.pdf

Miljöministeriets förordning om ljudmiljön i byggnader, 796/2017 (in Swedish). Miljöministeriet. Helsingfors. Lokaliseret (13.5.2020) på: https://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2017/20170796

Ministry of the Environment. (2014). *Sustainable growth from bioeconomy The Finish Bioeconomy Strategy*. Lokaliseret (21.4.2020) på

https://www.biotalous.fi/wp-content/uploads/2014/08/The_Finnish_Bioeconomy_Strategy_110620141.pdf

Ministry of the Environment. (2018, 31. august).*Wood Building Programme*. Lokaliseret (21.4.2020) på https://www.ym.fi/en-US/Land_use_and_building/Programmes_and_strategies/Wood_Building_Program

Ministry of the Environment. (u.å.). *Sustainable City*. Lokaliseret (21.4.2020) på: https://www.kestavakaupunki.fi/en-US

Moen, K. (u.å). *Tilskudd til innovativt bruk av tre*. Innovasjon Norge. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.innovasjonnorge.no/no/tjenester/innovasjon-og-utvikling/finansiering-for-innovasjon-og-utvikling/tilskudd-til-innovativt-bruk-av-tre/

Nordic Council of Ministers. (2018). *Nordic Wood in Construction Secretariat*. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://woodinconstruction.net/

Nordisk Samarbejde. (2019, 10. oktober) *Nordisk deklaration om koldioxidsnålt byggande och cirkulära principer inom byggsektorn* [Deklaration]. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.norden.org/da/node/39201

Olofsson., G. (2015, januar). *Skog22 [Nasjonal strategi for skog- og trenæringen].* Innovasjon Norge og Norges forskningsråd. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.innovasjonnorge.no/globalassets/0-innovasjonnorge.no/verktoy-og-temasider/mulighetsomrader/biookonomi-mat-materialer-og-bioenergi/skog22-nasjonal-strategi-for-skog--og-trenaringen.pdf

Olsson, L. (2019, 20. december). *Fuktsäkerhet vid KL-träbyggande utan väderskydd [Fallstudie, fältmätningar och intervjuer]*. Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond og RISE Research Institute of Sweden. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/812fba34-2bc8-4f0d-bc3c-9e5e8e62e7ae/FinalReport/SBUF%2013548%20slutrapport_Fuktsäkerhet%20vid%20kl-träbyggnade%20utan%20väderskydd%202019-12-20.pdf

Organowood. Frøslev Træ A/S. Jens P. L. Petersens Vej 1. Frøslev.

Österreichisches Institut für Bautechnik, (2019). *Schallschutz*. OIB-330.5-002/19, OIB-Richtlinie 5. Lokaliseret (13.5.2020) på: https://www.oib.or.at/de/oib-richtlinien/richtlinien/2019/oib-richtlinie-5.

Rasmussen, B., & Rindel, J. H. (1994). *Lydforhold i boliger - 'State-of-the-art'*. Bygge- og Boligstyrelsen. København.

Rasmussen, B. (2018). *Building acoustic regulations in Europe – Brief history and actual situation*. *Baltic-Nordic Acoustics Meeting 2018.* Reykjavik. Nordic Acoustics Association. Proceedings. Vol. 2018.

Rasmussen, B., Petersen, C.M. & Hoffmeyer, D. (2011). *Lydisolering mellem boliger - nybyggeri* (SBi-anvisning 237). København: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet.

Rasmussen, B., & Ekholm, O. (2019). *Nabostøj i danske etageboliger – Gener og potentielle helbredseffekter*. Sundhedsstyrelsen, Miljø og sundhed, December 2019, s. 3-14.

Rasmussen, B. (2010). *Sound insulation between dwellings - Requirements in building regulations in Europe*. Applied Acoustics. 71(4):373-385. Available from: 10.1016/j.apacoust.2009.08.011

Rasmussen, B. Rindel JH. (2010). *Sound insulation between dwellings - Descriptors applied in building regulations in Europe*. Applied Acoustics. 71(3), 171-180. Available from: 10.1016/j.apacoust.2009.08.011

Rasmussen, B. (2019). *Sound insulation between dwellings – Comparison of national requirements in Europe and interaction with acoustic classification schemes*. In M. Ochmann, M. Vorländer, & J. Fels (Eds.). Proceedings of ICA 2019. Aachen, Germany. (pp. 5102-5109). Lokaliseret (13.5.2020) på: https://doi.org/10.18154/RWTH-CONV-239983

Rasmussen, F. N. & Birgisdottir, H (2015a). *Bygningens Livscyklus: Identifikation af væsentlige bygningsdele, materialegrupper og faser i en miljømæssig vurdering.* SBi 2015:09. SBI forlag.

Rasmussen, F. N., & Birgisdottir, H. (2015b). *Livscyklusvurdering af større bygningsrenoveringer: Miljømæssige konsekvenser belyst via casestudier.* SBi 2015:29. SBi forlag.

Rasmussen T. V. (2002). *Sætningfri indblæsning af løsfyldsisolering I vægge*. By og Byg Dokumentation 011. Hørsholm. Statens Byggeforskningsinstitut.

Regeringskansliet. (2018a). *Handlingsplan Agenda 2030* [2018–2020]. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.regeringen.se/rapporter/2018/06/handlingsplan-agenda-2030/

Regeringskansliet. (2018b, 26. juni). *Inriktning för träbyggande.* PDF Lokaliseret (22.4.2020) på: https://www.regeringen.se/informationsmaterial/2018/06/inriktning-for-trabyggande/

Regjeringen.no, Ministry of Argriculture and Food. (2017, 9. maj). *Use of wood.* Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.regjeringen.no/en/topics/food-fisheries-and-agriculture/skogbruk/innsikt/bruk-av-tre/id2009518/

Reitan, N.K., Friquin, K.L., Mikalsen, R.F. (2019). *Brannsikkerhet ved bruk av krysslaminert massivtre i bygninger – en litteraturstudie*. RISE Research Institute of Sweden. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://risefr.no/media/publikasjoner/upload/2019/20385brannsikkerhet-ved-bruk-av-klt-rapport-9-2019.pdf

Robust Details, https://www.robustdetails.com/

Rønning, A., Prestrud, K., Saxegård, S., Haave, S. & Lysberg, M. *Klimagassregnskap av tre- og betongkonstruksjoner Kontorbygning - 4, 8 og 16 etasjer. Østfoldforskning*. Rapportnr. OR.26.19

Salthammer, T. (2018). *Release of Organic Compounds and Particulate Matter from Products, Materials, and Electrical Devices in the Indoor Environment. In: Indoor Air Pollution*. Second edition. Volume Editors: Pluschke P. & Schleibinger, Springer H., pp. 1-3. Lokaliseret (13.5.2020) på: https://doi.org/10.1007/978-3-662-56065-5

Schauerte, T. (2010). *Wooden house construction in Scandinavia – a model for Europe* [Holzhausbau in Skandinavien – Vorbild für Europa]. 16. Internationales Holzbau-Forum 10. Lokaliseret (23.4.2020) på: http://www.forum-holzbau.com/pdf/ihf10_schauerte.pdf

Scientific Advisory Board on Agricultural Policy, Food and Consumer Health Protection and Scientific Advisory Board on Forest Policy (2016). *Climate change mitigation in agriculture and forestry and in the downstream sectors of food and timber use. Executive Summary, Berlin.* Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/EN/Ministry/ClimateChangeMitigation.pdf?__blob=publicationFile

Sigmaestimates, www.sigmaestimates.dk. *V&S Prisbøger*. Molio.

Simmons, C. (2019). *Är störande ljud i trähus bara en myt?* Bygg & teknik 3/19.
https://byggteknikforlaget.se/ar-storande-ljud-i-trahus-bara-en-myt/

Skellefteå Kommune. (2014, oktober). *Träbyggnadsstrategi - Antagen av kommunfullmäktige i Skellefteå 2014*. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.skelleftea.se/Samhallsbyggnad/Sidor/Bifogat/Trabyggnadsstrategin.pdf

SP rapport 2015:70 (2015). *Energi och klimateffektiva byggsystem. Miljövärdering av olika stomalternativ,* Lund.

Swedish Wood. (u.å). *Low-rise and multi-storey housing.* Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.swedishwood.com/building-with-wood/construction/a_variety_of_wooden_structures/single_family_houses_and_multi_storey_buildings/

Superwood. Palsgårdvej 3. 7362 Hampen. Lokaliseret på: https://www.superwood.dk/.

The Canadian Wood Council. (u.å;a). *Wood design in the national building code of Canada.* Lokaliseret (23.4.2020) på: https://cwc.ca/how-to-build-with-wood/codes-standards/wood-design-in-the-national-building-code-of-canada/

The Canadian Wood Council. (u.å;b). *Wood in Non-combustible Buildings*. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://cwc.ca/how-to-build-with-wood/codes-standards/building-codes/wood-in-non-combustible-buildings/

TMF - Trä och Möbelföretagen. (2019, april). *Trähusbranchen*. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.tmf.se/siteassets/statistik/statistiska-publikationer/trahusbranschen/trahusbranschen---uppd.-t-om-201904.pdf

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2018a). *Bygningsreglement 2018.* København. Danmark. http://bygningsreglementet.dk

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2018b). *Bygningsreglementets vejledning om forureninger*. https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/13/Vejledninger/Generel_vejledning

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2018c). *Bygningsreglementets vejledning om lydforhold*. https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/17/Krav

Udhe, E. & Salthammer, T. (2007). *Impact of reaction products from building materials and furnishings on indoor air quality—A review of recent advances in indoor chemistry*. Atmospheric Environment 41. pp. 3111–3128

Växjö Kommune. (2013, 26. August). *Växjö - den moderna trästaden.* Lokaliseret (23.4.2020) på: https://vaxjo.se/download/18.157e2afb15d3ac8d0adb456/1500031035431/Tr%C3%A4byggnadsstrategi.pdf

Växjö Kommune. (2018, 16.oktber). *Reviderad Träbyggnadsstrategi stärker Växjös arbete inom hållbart byggande.* Lokaliseret (23.4.2020) på: https://www.vaxjo.se/sidor/bygga-och-bo/nyheter-bygga-och-bo/arkiv/2018-10-16-%E2%80%8Breviderad-trabyggnadsstrategi-starker-vaxjos-arbete-inom-hallbart-byggande.html

Växjö Kommune. (2019, 23. oktober). Klimat. Lokaliseret (23.4.2020) på: https://vaxjo.se/sidor/hallbar-utveckling/klimat-energi-resor-transporter/klimat.html

Vihemäki, H., Ludvig, A., Toivonen, R., Toppinen, A., Weiss, G. (2019*). Institutional and policy frameworks shaping the wooden multi-storey construction markets: a comparative case study on Austria and Finland.* Wood Material Science & Engineering. 14:(5). 312-324. DOI: 10.1080/17480272.2019.1641741

Weschler, C. J. & Carslaw N. (2018). *Indoor chemistry. Environmental Science and Technology.* 52, pp. 2419-2428.

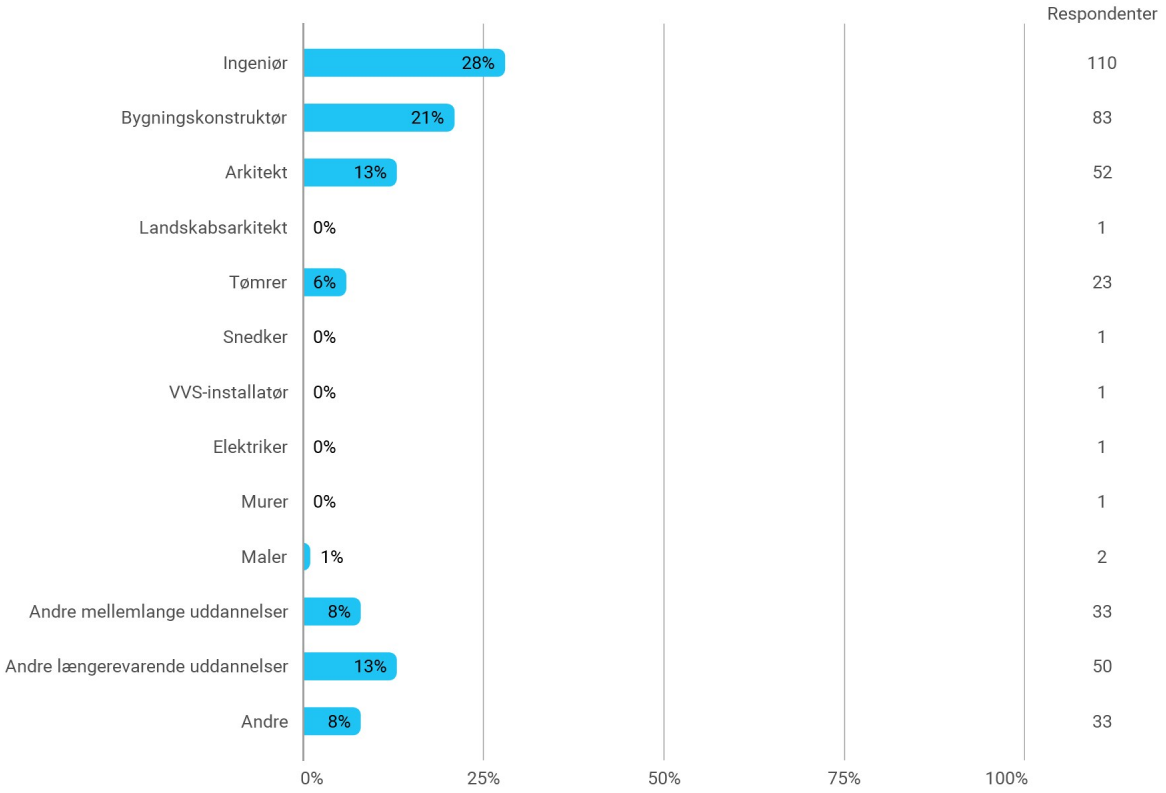
WoodWorks! Norweigian Forest & Wood Cluster. (u.å). *Om Klyngesatsningen WoodWorks! Cluster.* Lokaliseret (23.4.2020) på: https://woodworkscluster.no/om-klyngesatsingen-woodworks-cluster/

Woschitz Group. (u.å.). *Hoho (Wooden Tower) Vienna*. Lokaliseret (21.4.2020) på: (https://www.woschitzgroup.com/en/projekte/hoho-vienna-wooden-tower/

Zimmermann, Andersen, Kanafani & Birgisdóttir (2020). *Klimapåvirkning fra 60 bygninger: Muligheder for udformning af referenceværdier til LCA for bygninger.* SBi 2020:04. Kgs. Lyngby: Polyteknisk Boghandel og Forlag.

Bilag a: Samlet analyse af spørgeskemaundersøgelsen

1. Hvad er din primære faglighed?
*
* (angiv ét svar)

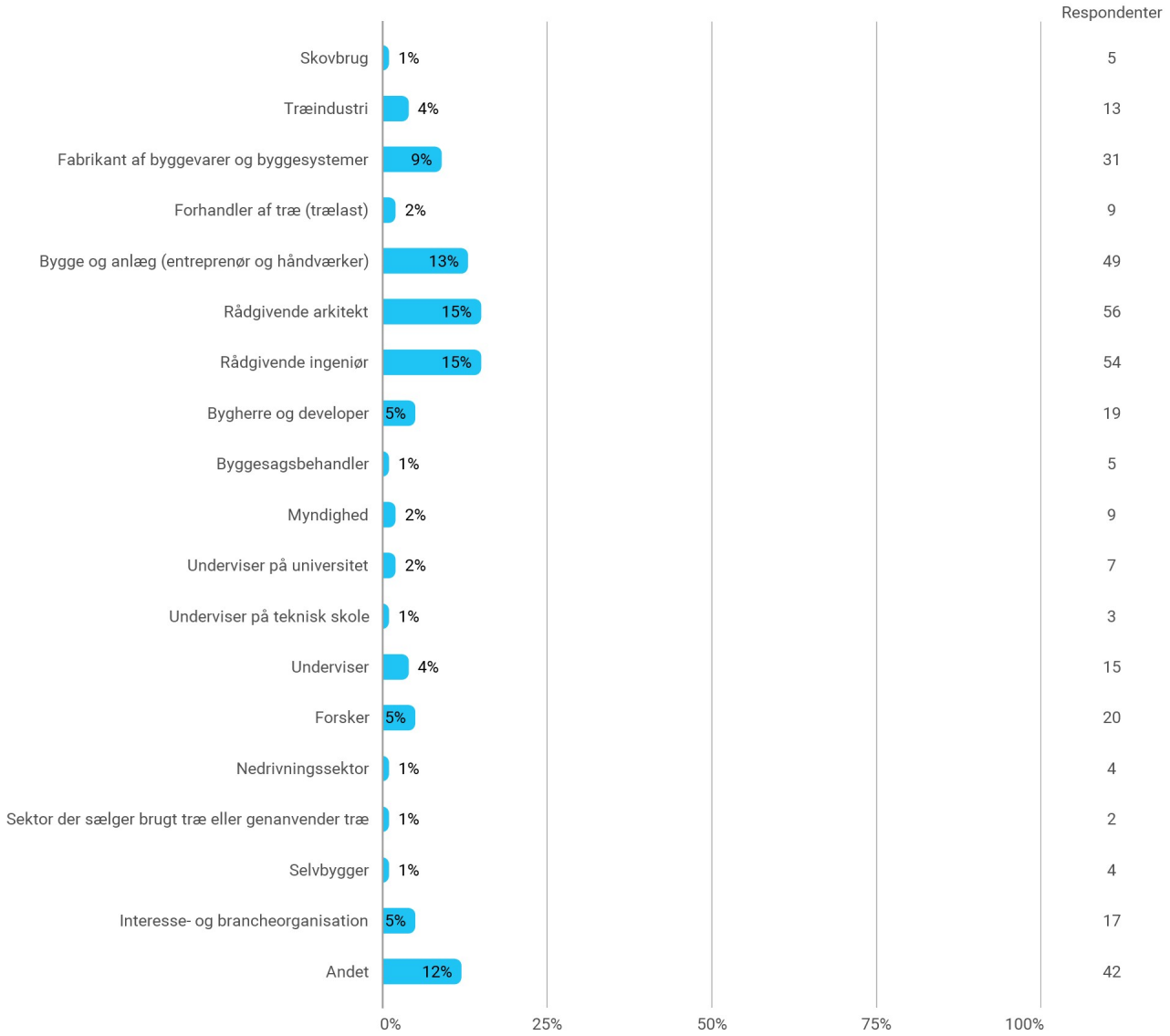


1. Hvad er din primære faglighed?
*
* (angiv ét svar)

- Andre
  - Bygge materialeleverandør
  - Producent
  - Producent af krydsfiner
  - Indeklimaspecialist
  - Bygningskonstruktør og tømrer
  - Bygningskonsulent
  - Kommunikationsrådgiver
  - Lektor i byggeri, UCL og arkitekt maa
  - Underviser
  - Byarkitekt
  - Handel og savværksdrift
  - Savværk
  - kom
  - BK Underviser

- Hovedentreprenør
- Projektleder
- Forstkandidat
- gartner
- Kursus skovbrug, fhv. bestyrelsesmedlem privat skov, timelønnet i naturprojekter, fhv. naturvejledervikar, tidl. arb. planteskole, dendrolog, mine kone ejer et stykke skov
- Isolatør indblæsning af isolering
- skovarbejder
- Teknisk produktchef
- Ingeniør studerende
- Nedriver
- Ingeniør med baggrund som tømrer
- Materiale leverandør af træ
- Rådgiver inden for bæredygtigt træ og certificering
- Projektleder
- Salg og indkøb
- Trælast agent
- Salg

2. Hvad er din primære beskæftigelse?
*
* (angiv ét svar)



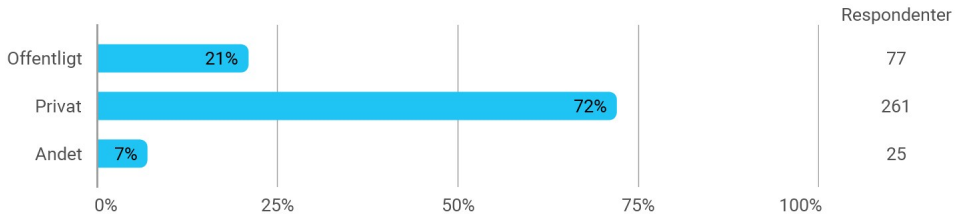
2. Hvad er din primære beskæftigelse?
*
* (angiv ét svar)

- Andet
  - Fond
  - GTS-institut
  - Kommunikator

- Totalentreprenør med modulbyggeri I egenproduktion
- Fond
- Konsulent
- Rådgiver i fugt, skimmel og indeklima
- Boligselskab
- Studerende
- Arbejder i videncentret Bolius
- Bæredygtighedsrådgivning
- Kommunikationsrådgiver
- Studerende
- Studerende til bygningssnedker
- Lektor, underviser kommende bygningskonstruktører
- Formidling
- Affugtning af ny byggeri
- ledig
- Byplanlægger
- Studerende
- UCN bygningskonstruktør
- Liberalt erhverv
- standardsering
- Konsulent
- Uddannelsessekretariat
- pensionist
- Oversætter, nordisk NGO
- byggeteknisk medlemsrådgiver
- Import af træfiber samt Papirisolering
- Byggetekniker, arkitekt
- Laboratorium
- Dansk Standard
- Nyuddannet og jobsøgende
- Kommune
- Bygge jurist
- Myndighet
- Markedsføring & IT
- Nationale godkendelser
- Typehusproducent
- Salg

3. Er du ansat i offentligt eller privat regi?
*

* (angiv ét svar)



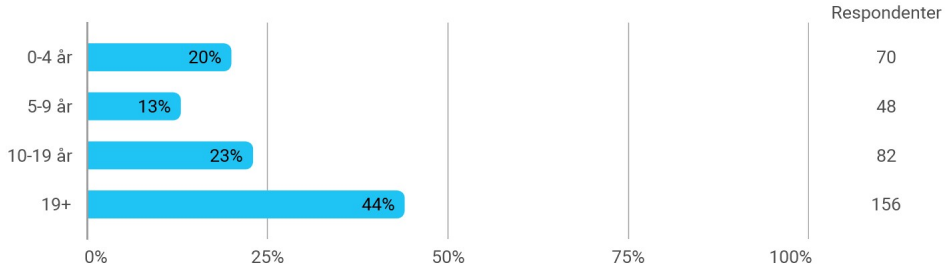
3. Er du ansat i offentligt eller privat regi?
*

* (angiv ét svar)

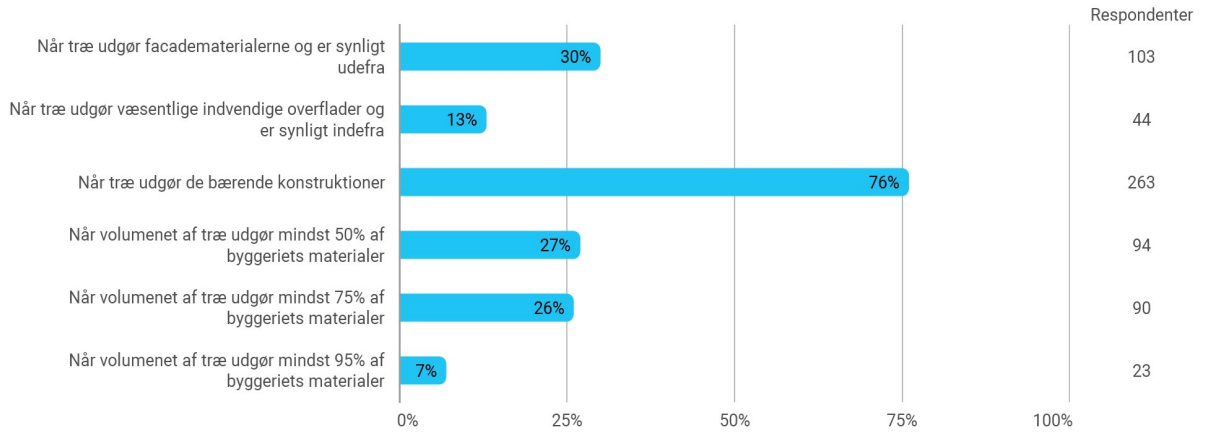
- Andet
  - Selvstændig
  - KU
  - Selvstændig
  - Studerende
  - Studerende
  - Selvstendig
  - Alment
  - Ikke ansat
  - Selvstændig
  - Studerende
  - ledig
  - selvstændig Tømrermester
  - pension
  - GTS
  - pensionist
  - selvstændig
  - selvstændig
  - Selvstændig
  - Ud over at undervise er jeg selvstændig konsulent på bæredygtig omstilling i byggebranchen
  - Iværksætter med egen virksomhed
  - Selvstændig
  - Ledige
  - Endnu ikke noget job
  - Rådgiver
  - Studerende/Jobsøgende

4. Hvor mange års erfaring i byggebranchen har du?
*

* (angiv ét svar)

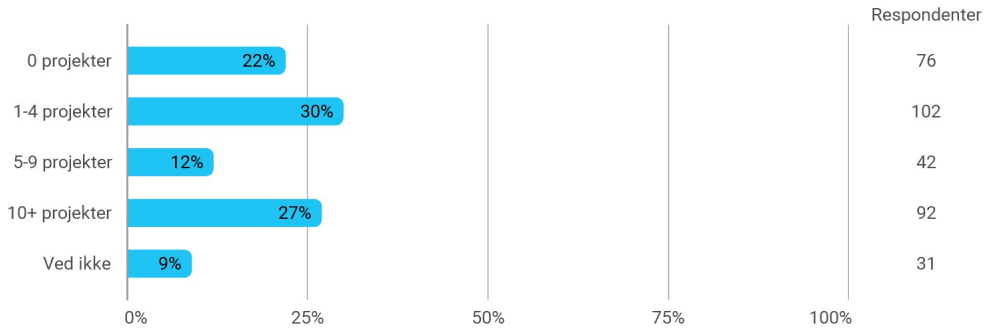


5. Hvordan vil du definere træbyggeri?
 * (angiv op til tre svar)

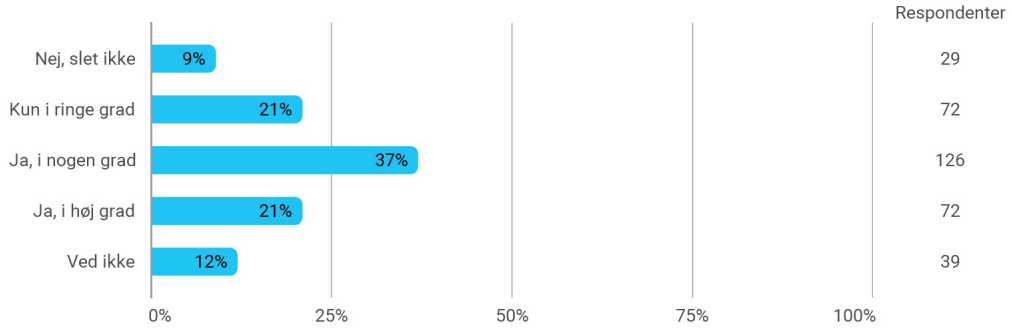


Respondenter i alt	617

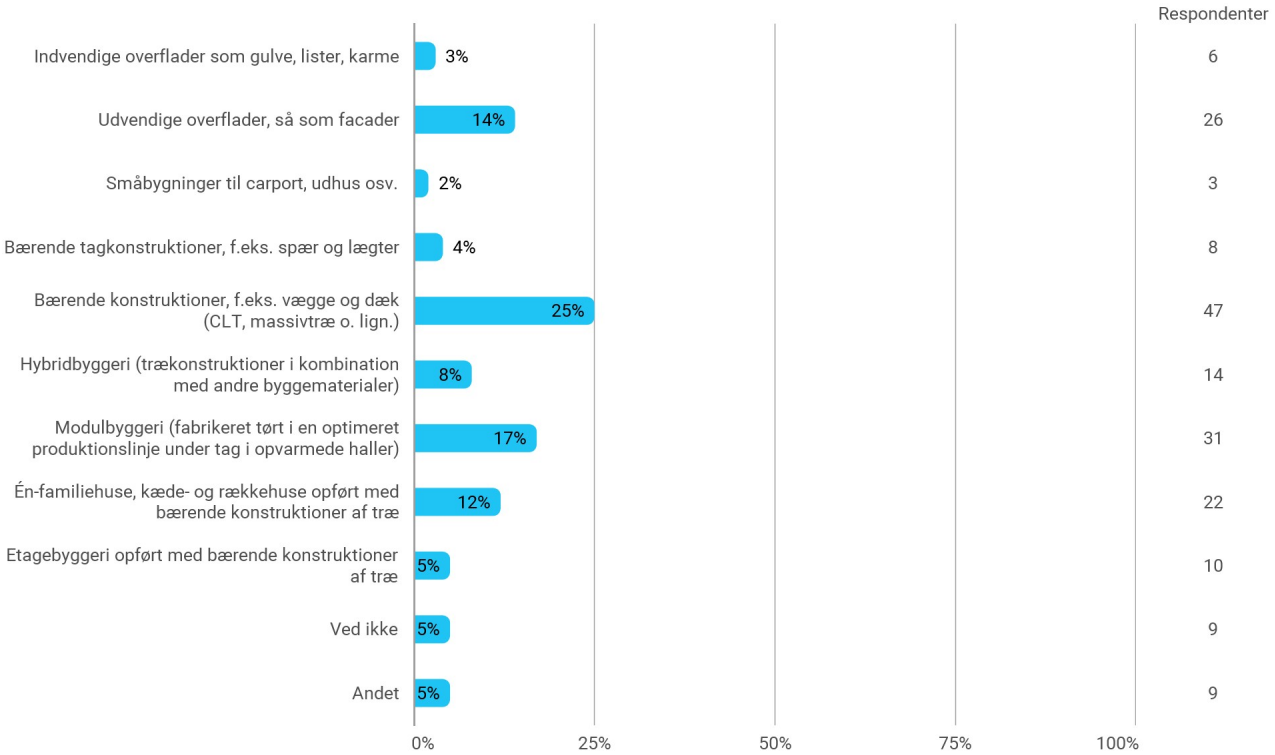
6. Hvor mange træbyggerier har du været involveret i?
 *
 * (angiv ét svar)



7. Har du i løbet af de sidste fem år oplevet en stigende efterspørgsel på at anvende træ i byggeriet?
*
* (angiv ét svar)



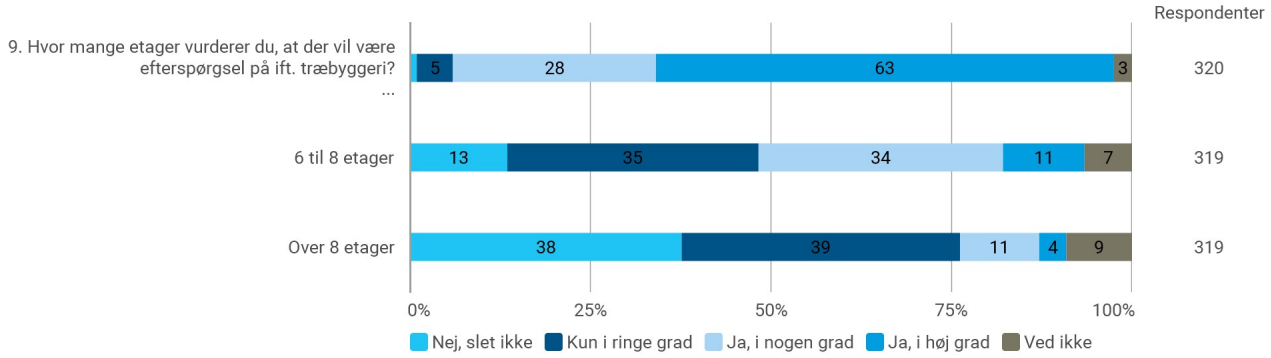
8. Hvis ja, hvad efterspørges primært?
*
* (angiv ét svar)



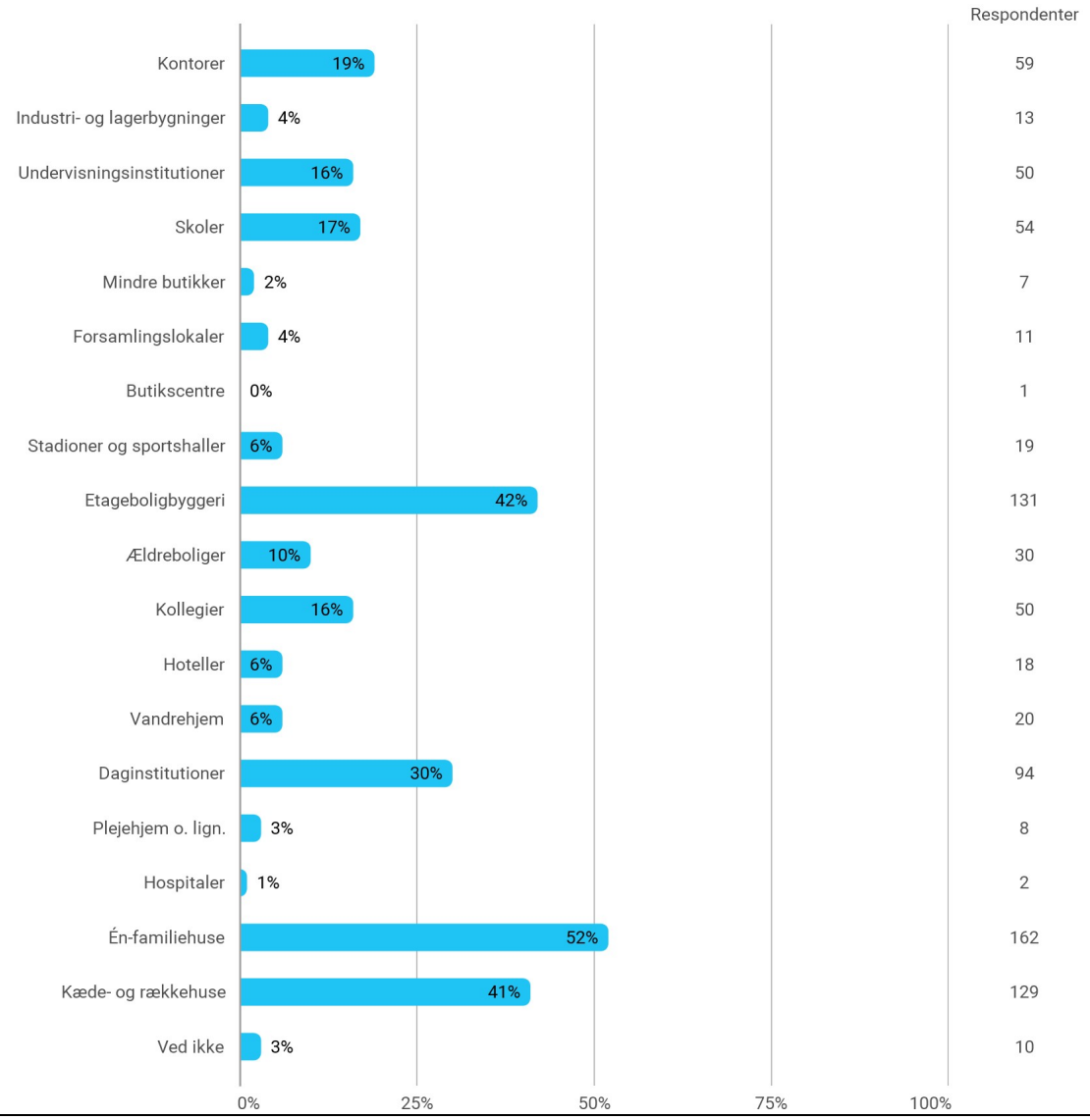
8. Hvis ja, hvad efterspørges primært?
*

* (angiv ét svar)

- Andet
  - det meste af det ovenstående
  - Der kan sættes kryds ved flere ting: hybrid, modul, CLT, bærende konstruktioner
  - Det bæredygtige aspekt
  - Brand, lyd, bæredygtighed
  - Tømmer til industri
  - arbejder Grønland. alle huse er af træ med beton fundament
  - Rådgiverne har store ønsker om at benytte træ, men bygherre/entreprenør er oftest tilbageholden.
  - Analyser nedbrudt træ der skal genbruges eller genanvendes for sundheds- og miljøfarligestoffer
  - Har ingen praktisk erfaring, men oplever at træbyggeri virker til at blive et større emne i byggeriet.

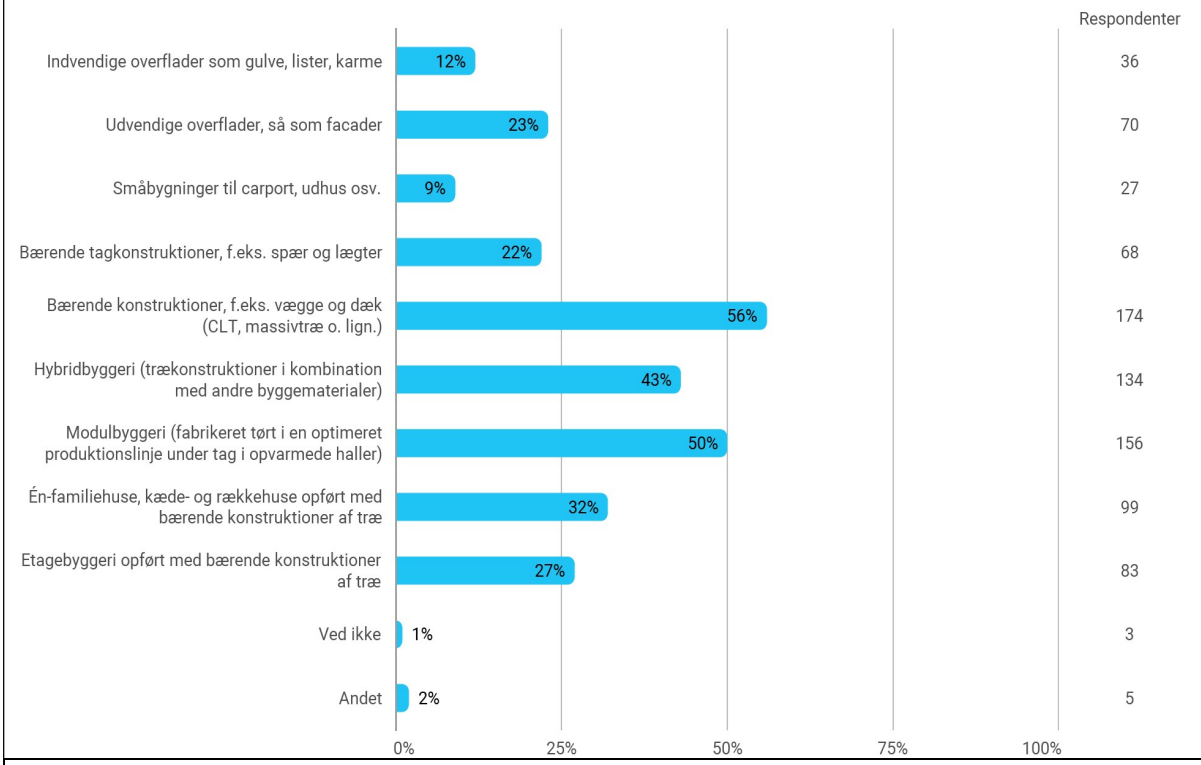


10. Hvilke bygningstyper vurderer du, at der vil være størst efterspørgsel på ift. træbyggeri?
*
* (angiv op til tre svar)



	Respondenter	Korrigeret andel
Kontorer	59	7%
Industri- og lagerbygninger	13	2%
Undervisningsinstitutioner	50	6%
Skoler	54	6%
Mindre butikker	7	1%
Forsamlingslokaler	11	1%
Butikscentre	1	0%
Stadioner og sportshaller	19	2%
Etageboligbyggeri	131	15%
Ældreboliger	30	3%
Kollegier	50	6%
Hoteller	18	2%
Vandrehjem	20	2%
Daginstitutioner	94	11%
Plejehjem o. lign.	8	1%
Hospitaler	2	0%
Én-familiehuse	162	19%
Kæde- og rækkehuse	129	15%
Ved ikke	10	1%
Respondenter i alt		868

11. Hvor vil du vurdere, at de største potentialer for anvendelsen af træ i byggeriet er, ift. øget anvendelse?
* (angiv op til tre svar)

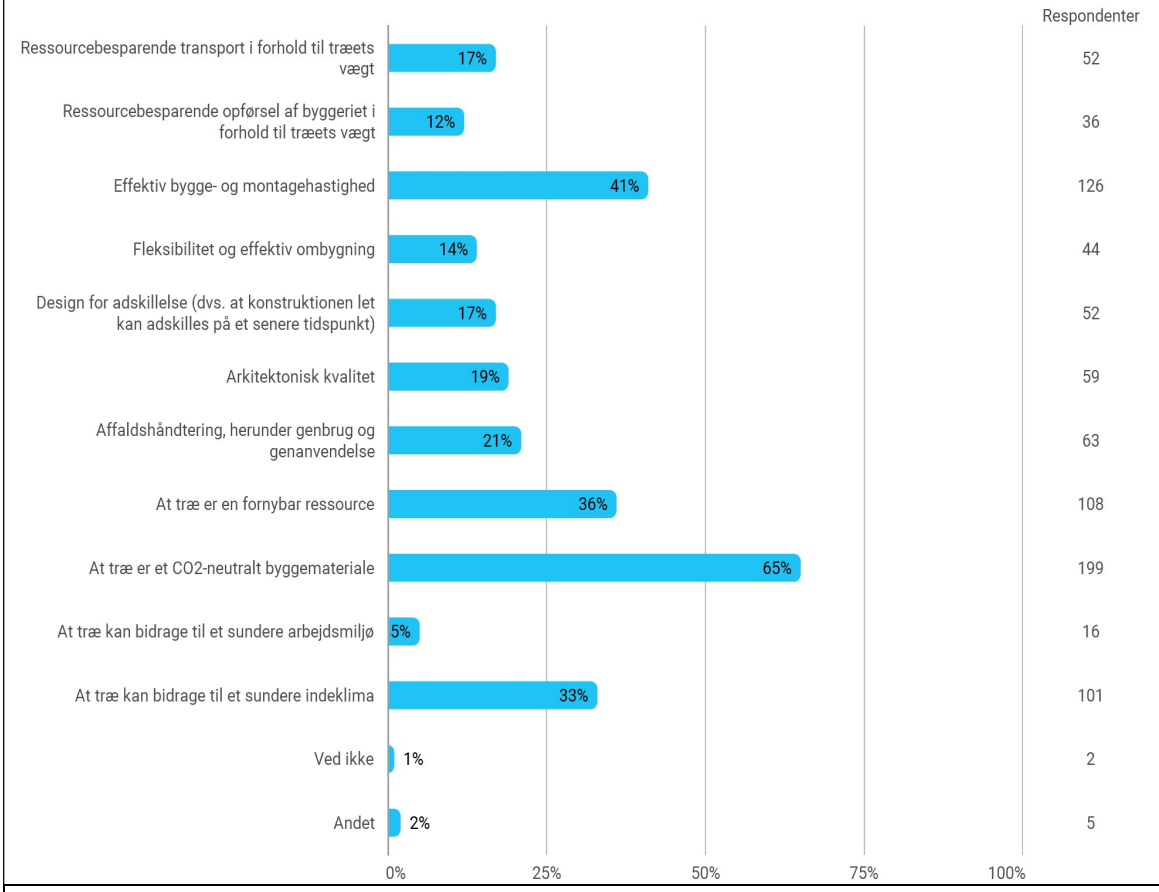


Respondenter i alt	855

11. Hvor vil du vurdere, at de største potentialer for anvendelsen af træ i byggeriet er, ift. øget anvendelse?
* (angiv op til tre svar)

- Andet
  - Det meste af ovenstående
  - ikke nogen
  - Det meste af bygningen bør udføres i organiske materialer, da det binder CO2
  - Overalt - hvis der fældes bæredygtigt og også plantes træer...
  - Bærende søjler og bjælker i limtræ.

12. Hvor vil du vurdere, at de største potentialer for anvendelsen af træ i byggeriet er, ift. klima, miljø og økonomi?
* (angiv op til tre svar)



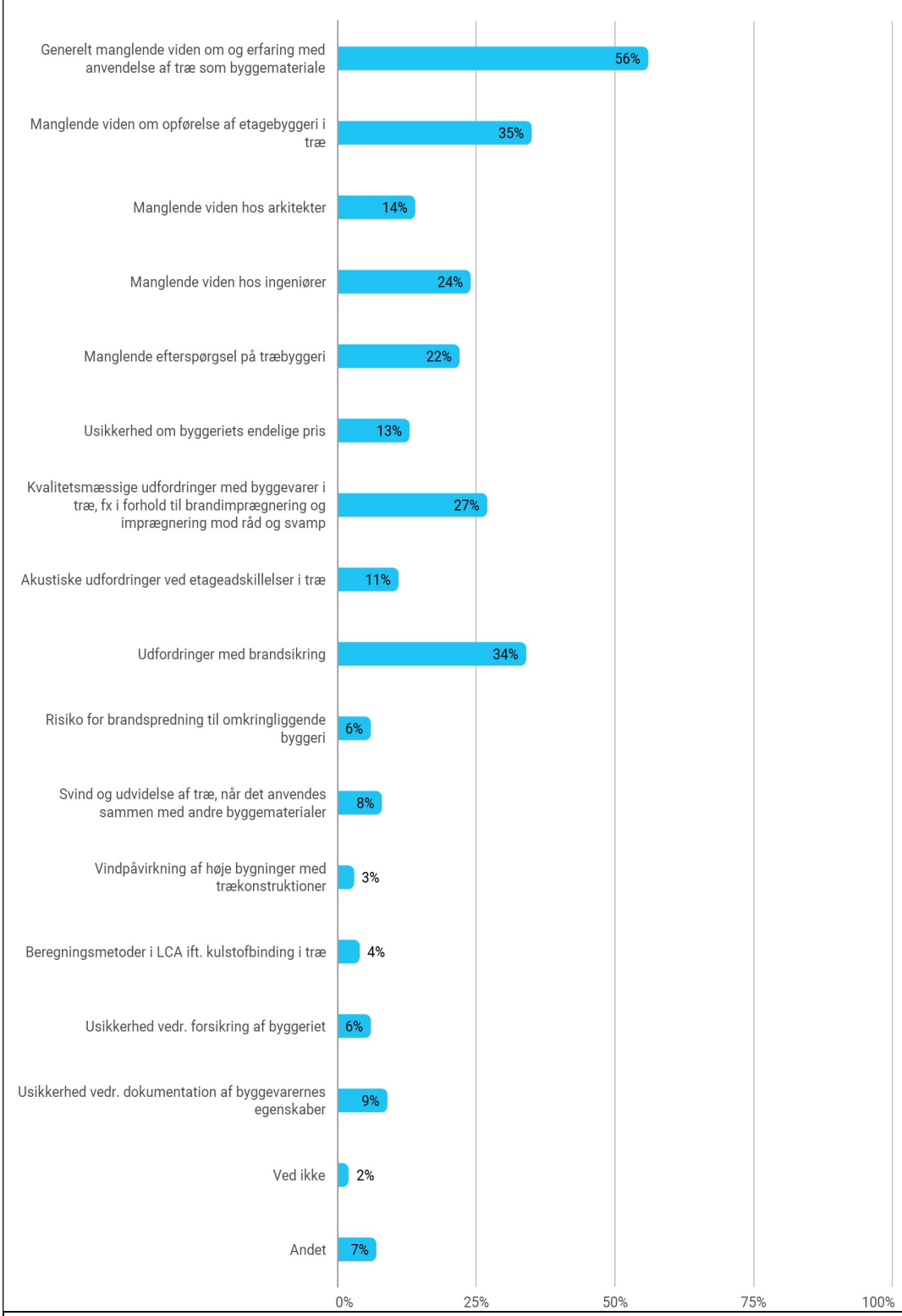
Respondenter i alt	863

12. Hvor vil du vurdere, at de største potentialer for anvendelsen af træ i byggeriet er, ift. klima, miljø og økonomi?
* (angiv op til tre svar)

- Andet
  - Da der er underskud af skove, er det først en god ide at øge brugen af træ, før der er plantet meget mere skov, og at den er vokset op.
  - jeg mener ikke træ er klima venligt
  - det er billigere end alt andet
  - At træ har en dokumenterbar bæredygtig oprindelse og positivt bidrag til sociale forhold og naturværdier i skovene
  - Relativt mindre co2 belastende i forhold til alternativer

13. Hvor vil du vurdere, at de største barrierer for anvendelsen af træ i byggeriet er, ift. idé og projektering

* (angiv op til tre svar)



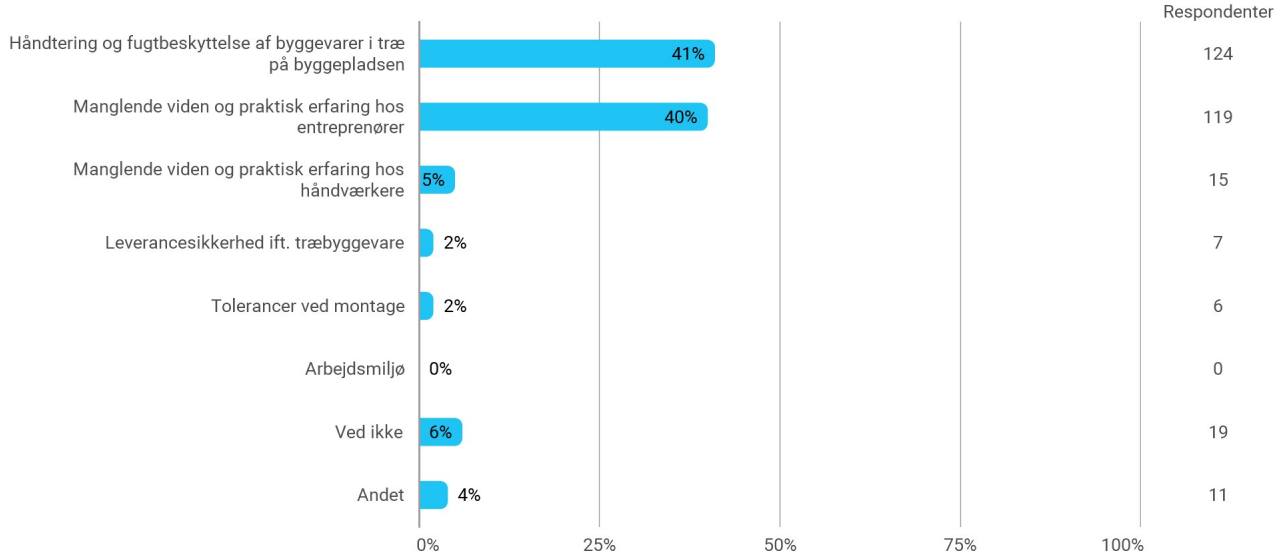
	Respondenter	Korrigeret andel
Generelt manglende viden om og erfaring med anvendelse af træ som byggemateriale	171	20%
Manglende viden om opførelse af etagebyggeri i træ	105	12%
Manglende viden hos arkitekter	44	5%
Manglende viden hos ingeniører	74	9%
Manglende efterspørgsel på træbyggeri	66	8%
Usikkerhed om byggeriets endelige pris	40	5%
Kvalitetsmæssige udfordringer med byggevarer i træ, fx i forhold til brandimprægnering og imprægnering mod råd og svamp	81	10%
Akustiske udfordringer ved etageadskillelser i træ	32	4%
Udfordringer med brandsikring	103	12%
Risiko for brandspredning til omkringliggende byggeri	18	2%
Svind og udvidelse af træ, når det anvendes sammen med andre byggematerialer	23	3%
Vindpåvirkning af høje bygninger med trækonstruktioner	9	1%
Beregningsmetoder i LCA ift. kulstofbinding i træ	12	1%
Usikkerhed vedr. forsikring af byggeriet	19	2%
Usikkerhed vedr. dokumentation af byggevarernes egenskaber	27	3%
Ved ikke	6	1%
Andet	22	2%
Respondenter i alt		852

13. Hvor vil du vurdere, at de største barrierer for anvendelsen af træ i byggeriet er, ift. idé og projektering
* (angiv op til tre svar)

- Andet

- Vedligeholdelse
- Fugt under opførelse
- Byggelovgi
- Fugt
- Regeringen - Vi har kompetencerne til at bygge højt! Lad os komme i gang!
- En reaktiv branche generelt, som ikke er forandringsvillig.
- Fugtstrategi plan og tæthed
- Usikkerhed om behov for øget projektering
- Betonindustrien er for dominerende
- Krav om luftudskiftning medfører udtørring af træ indvendigt - det bliver for tørt - usund for træ og mennesker
- Løse formodninger og antagelser, som bliver til myter
- manglende vilje fra bygherre/devellopere
- Fugtvandring samt risiko for råd og svamp
- facade æstetik - ældning med ynde (PS. der er ingen reel uddannelse indenfor disciplinen på DTU eller AUC - som tidligere)
- Barrierer i lovgivning o.lign.
- Meget få af de større bygherrer (pensionskasser f.eks.) efterspørger træ specifikt. Totalentreprenører endnu mindre da de frygter det ansvar der følger med og risiko for skimmel ved forkert indbygning/håndtering af træmaterialer.
- Fugtfølsomhed og risici for opfugtning under montage
- manglende nytænkning
- barrierer afhænger af det valgte system f.eks. ved boksbyggeri er barriererne få efterhånden.
- Brug af farlige kemi til f. eks. brandimpregning, lim m.m.
- ingen risikoberedskab hos entreprenør / bygherre
- stor lobbyisme fra beton industrien

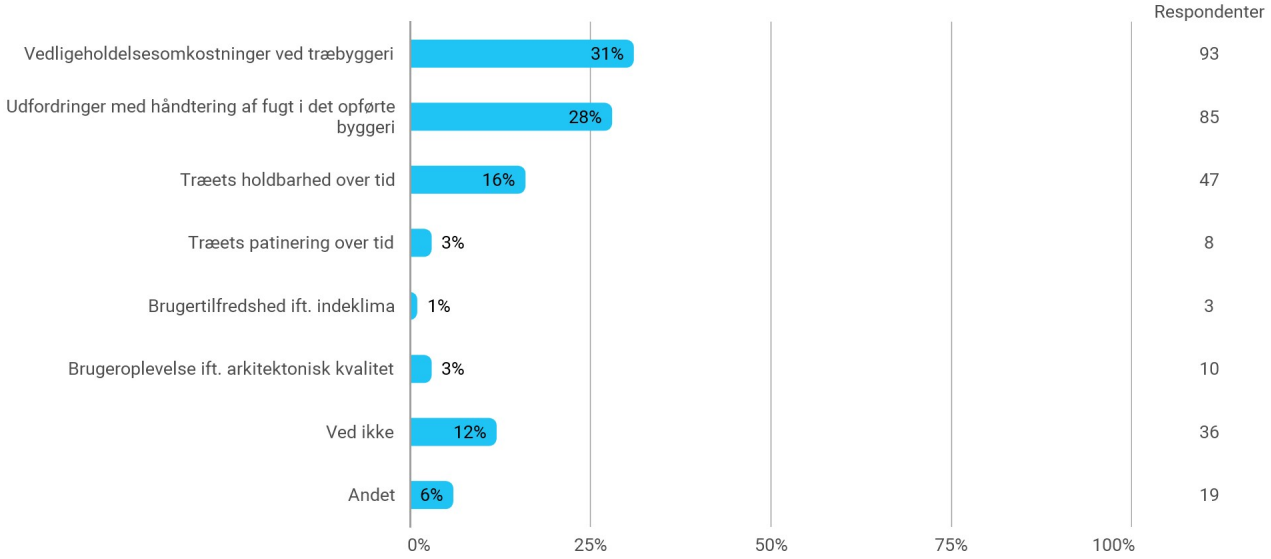
14. Hvor vil du vurdere, at den største barriere for anvendelsen af træ i byggeriet er, ift. udførelse?
* (angiv ét svar)



14. Hvor vil du vurdere, at den største barriere for anvendelsen af træ i byggeriet er, ift. udførelse?
* (angiv ét svar)

- Andet
  - Manglende systemleverancer fra Danske Producenter
  - Branchen fravælger ofte træ fordi vi kigger for meget på de totaløkonomiske omkostninger og ikke mindst fordi man mangler viden inden for projektering med træ.
  - Manglende efterspørgsel fra bygherre betyder at det aldrig når ud på byggepladsen og i udførelse
  - klima
  - Tradition for at bygge i beton
  - Krav om luftudskiftning - medfører for tørt indeklima
  - Manglende uddannelse af nye ingeniører
  - Lovgivning skal fremme brugen træ
  - Brandregler
  - Viden om modulbyggeri på byggepladsen
  - Manglende viden hos myndighederne

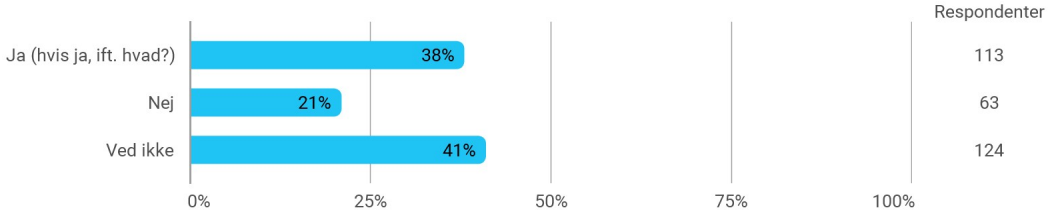
15. Hvor vil du vurdere, at den største barriere for anvendelsen af træ i byggeriet er, ift. drift?
* (angiv ét svar)



15. Hvor vil du vurdere, at den største barriere for anvendelsen af træ i byggeriet er, ift. drift?
* (angiv ét svar)

- Andet
  - Svind i trækonstruktionen som følge af temperatursvingninger
  - Ingen barriere
  - Dårligt udførte detajer, sam manglend konstruktiv træbeskyttelse ved udvendigt brug
  - Ingen af de muliger i har opsat jeres spørgsmål viser også at i mangler viden om træ bygge i træ
  - Fugt ift. Drift, især ved almennyttige boliger
  - Manglende konstruktiv træbeskyttelse pga. vanebetinget 'modernistisk' formsprog (kassearkitektur).
  - Nervøsitet ift. fx Byggeskadefonden der skriver ud om svindrevner, osv. Manglende saglighed.
  - spørgsmål ikke relevante når træbyggeri opfattes som bærende konstriktion i træ
  - Mener ikke der er barrierer ift. drift
  - Tilbageholdenhed ift. at bruge beton, sten, stål og glas, der er normalt i dag.
  - Synes ikke der er udfordringer
  - Uvidenhed om træs lange holdbarhed 400år
  - Ingen barrier - tværtimod kun fordele ift. beton
  - At overkomme ovenstående fordomme ved anvendelse af træ
  - Usikkerhed hos bygherre om drift
  - Manglende kvalitetsbevisthed
  - Hvordan brandsikkerheden vedligeholdes
  - Manglende viden hos byggemyndighederne
  - Hvis man ser på træ som konstruktion, så er eneste betydning for driften, at de store bjælker kan begrænse fleksibiliteten sammenlignet med SWT og konsolbjælker.

16. Er bygningsreglementet med til at begrænse anvendelsen af træ i byggeriet?
* (angiv ét svar)



16. Er bygningsreglementet med til at begrænse anvendelsen af træ i byggeriet?
* (angiv ét svar)

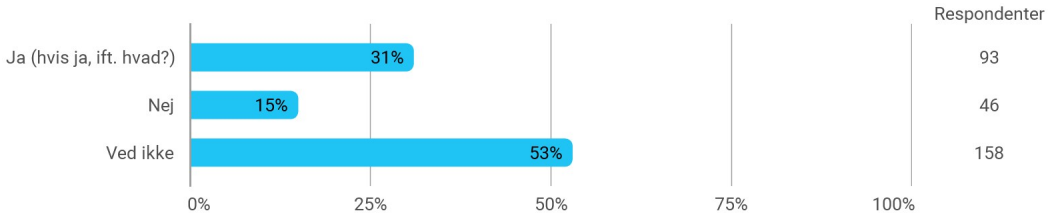
- Ja (hvis ja, ift. hvad?)

- Dokumentationskrav ved fravigelse af præ accepterede løsninger
- Især i forhold til brandreglerne. Hvorfor kan vores nordiske kollegaer bygge i langt over 17 etager men her hjemme knap nok i 5 etager?!
- Brand
- Brand
- Brand over 4 etager
- at bygge præaccepteret højere end 4 etager
- Mangelfuld
- Brand
- Uvidenhed
- Brand
- begrænsninger på etagebyggeri
- brand
- Uklarheder, fejl, henvisninger til ikke relevante prøvninger, afvigelser meller anvisninger og BR, fortolkningsproblemer og uklarheder som altsammen gør dokumentation besværlig
- højde og brand
- Der skal være nogle præaccepterede løsninger ligesom eksempelsamlingen.
- Isolerings kravne er helt i skoven der bygges huse rundt om i verden hvor der er væsenligt kolder end i dk hvor ydervæge kun består af træ
- Det forstår endnu ikke CLT og lign. Der er skarpt behov for øjeblikkelig opdatering
- .
- Energi/dampspærre
- Så vidt jeg er orienteret er kravene til træbyggeri stadig større end kravene til betonbyggeri set i forhold til brand o.l.
- Især på BRAND. Mangel på præaccepterede løsninger gør rådgivning dyrere og uforudsigelig pga vilkårlighed i byggesagsbehandlingen. Desuden mangel på pris på CO2, fx i form sf max CO2/m2 rammekrav hvilket vil kunne give materialebrug et klimalæft helt generelt men i den forbindelse sikre at træs fordel som CO2 neutral får økonomisk værdi og ikke kun klimamæssig værdi.
- Brand
- Brand, lyd mv
- Reglerne omkring brand er for uklare.
- Begrænsninger i præ-accepterede løsninger vedrørende brand
- Brandkravne er for bøvlede
- Beskrivelser af akustik og brand skaber unødig usikkerhed
- Brand, statik, indeklima
- Eksempelsamlingen for brand giver ikke klare anvisninger for træbyggeri.
- fugt og brand
- At bygge i højden pga. brand. Træelementer kan brandbeskyttes ligesom stål kan, så reglerne burde lempes lidt
- Det er svært at leve op til brandkravene.

- Brand brgrænser det til 4 etager efter det skal det specielt tilladese
- Det står ikke klart hvornår man må hvad ift. højere byggeri.
- Brandkrav, herunder at præaccepterede løsninger kun har dækket op til 4 etager og nu synes at kræver 120 min hvor 60 er nok for beton
- Vi kan ikke bygge højt endnu...
- antal etager
- Kravene svarer ikke til dagens muligheder og viden i at bygge i træ
- Brand
- Der er ikke særskilt tale om afsnit vedr. træbyggeri.
- Brand
- Ift. brand
- Tillader kun 2 etagers byggeri
- Hvis der fortsat er krav om at der max må bygges i fire etager grundet brandkrav, så er det en klar barriere (og der er måske fortsat en udbredt forståelse i branchen om, at det ikke er muligt at bygge med træ i højden)
- brand
- kjhkjhlkj
- luftudskiftning - skader træværk pga udtørring indvendigt
- Brand regulativet
- Brand
- Brand og lyd
- Urealistiske, overdrevne og upræcise krav til brandsikring
- Brand
- Brandbestemmelser
- brand primært.
- Brandsikring
- Der er for meget fokus på VVS ventilation binder del af økonomi
- Brand og vejrlig
- ift. brand og lyd
- F.eks. antal tilladte etager opført med træ som bærende konstruktion.
- Reglementet opfordrer ikke til at bruge træ til bærende konstruktioner, men opfordrer til at bruge Eksempelsamlingens anvisninger
- Brand og statik
- bad, højde og brand
- Brand
- Brandkrav
- Brandkrav
- brandkrav
- dokumentation af brandløsninger i byggeri højere end 4 etager vanskelig, samme brandkrav og sikkerhedsniveau for forskellige materialer
- Brandklasser
- Brand
- Brand (eksempelsamling og beregnings metoder), lydkrav, Overflade klasser
- Ift. der er ikke mange prædefinerede løsninger ift. brand.
- Anvendelsen af naturligt rundtømmer
- kravene for isoleringsevne og tæthed har umulig gjort rundtømmer huse
- Brandkrav
- Brandkrav - tal med træbranchens oplysnings råd - det ved de alt om, også historisk
- energikravene er i forhold til drift
- Brand dokumentation
- Etagebyggeri og trykprøvning
- Trykprøvning og Etagebyggeri
- Krav i forhold til type isolering. Det bør fremhæves at det ikke er noget problem at bruge træfiberisolering i fleretages byggeri. (Brand)krav i forhold til etagebyggeri.
- ikke indrettet til træbyggeri
- brand og lyd krav
- brand
- brand
- Reglerne er ikke tlsvarende i forhold til andre materialer
- Brandkrav
- Regler om dimensioner, mv.

- Tror det er svært, at håndtere dokumentaltion for bla brand og konstruktioner
- Brandsikkerhed
- Højere brand og lyd krav end i resten af EU
- Brandsklasser og konstruktion
- Brandkravene og eksempelsamlingen favoriserer betonbyggeri
- Ift. brand er der en stor barriere i BR. Der står ikke i BR, at man IKKE må opføre byggerier med bærende konstruktioner i træ i mere end 4 etager (9,6 m til gulv i øverste etage), men brandvejledningerne anbefaler det ikke og derfor tror jeg træ bliver valgt fra. Der findes ingen vejledninger om, hvordan man bruger træ i høje etageboligbyggerier og derfor skal rådgivere selv lave analyser og beregninger på at træ kan være ligeså godt et materiale ift. brandmodstand som beton eller stål og det tror jeg afskrækker en del rådgivere fra at gøre det.
- Manglende tilstedeværelse af træ som byggemateriale og relevante eksempler og anvisninger.
- brand - eksempelsamling
- Brand
- Genbrug
- Man har ikke taget stilling til hvilke konstruktioner, der kan anvendes med fordel.
- Det er nogen udfordinger i forhold til brand og at ved over x antal etager skal det betragtes som en CC3.
- iht brand
- ikke direkte, men der findes få krav rettet specifikt mod træ-byggeri
- mangel på eksempler og vejledninger
- brand
- Brand
- Brandbestemmelser, flere prescriptive løsninger, eks. etagebyggeri op til 6 etager
- Brand
- Transport forhold fra produktions sted til byggpladsen
- Plan og byg som udføre lokalplaner, vælger i de fleste nye udstykninger at facade skal være mursten eller blank mur. Desværre har det stået på i mange år derfor er dere ikke mange steder træhuse er velkommen i danmark. heller ikke på landet i landzoner hvor vi har en tradition med mursten .
- Brandsikkerhed-for høje bygninger.
- Ved ikke i tilstrækkelig grad at åbne op for nye prægodkendte løsninger for hvad angår brand
- krav til brand og fugt
- BRANDOMRÅDET. Her bør der være standarder for udvaskninger såsom EN16755 - blandt brandmyndighederne fortolkes der forskelligt.
- Brand

17. Mangler der præaccepterede løsninger vedrørende brandsikkerhed ift. byggeri med bærende konstruktioner af træ?
* (angiv ét svar)



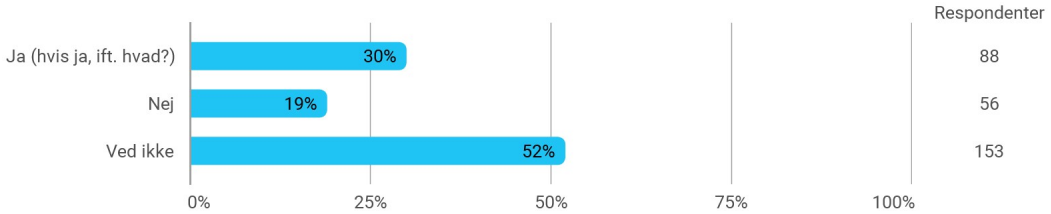
17. Mangler der præaccepterede løsninger vedrørende brandsikkerhed ift. byggeri med bærende konstruktioner af træ?
* (angiv ét svar)

- Ja (hvis ja, ift. hvad?)
- Præaccepteret løsning op til 22 meter
- Eksempler
- Ja for der mangler viden i Danmark

- Risiko
- Ja brand over 4 etager
- Dokumentationsstandarder når der skal laves komparative analyser og brandtekniske dimensioneringer
- Ift. modul bygger
- Flere præaccepterede løsninger på materiale kombinationer og opbygninger, det gælder også for under 4 etager
- De bør udvides til at omfatte flere og nye kombinationer af materialer
- brand certificering i forhold til CLT
- Byggeri over 4 etager
- Alt refererer til beton og sten
- .
- brandhastighed
- Brand
- Konstruktioner, bla i flere etager og med udv beklædning over flere etager og fag
- Komnstruktioner, skal de inddækkes. G ennembrændingstider ift. bæreevne
- Kender ikke de specifikke, men nogle har nævnt usikkerheden
- For bygninger over 4 etager
- manglende erfaringer
- Evt skele til vores nabolande
- X
- Prøvningsstandarder for gennembrændningstid med tilhørende statiske data
- For over 4 etager
- Generelt svært at få afprøvet konstruktioner og få godkendelser på trækonstruktioner
- Kunne være fint med præaccepterede løsninger ved lodrette og vandrette boligskel.
- SbI anvisninger
- Se spm 16. Husk at præaccepterede løsninger ikke er løsninger men krav i form af fx REI og overflader
- Det vil øge vidensniveauet og sikkerheden for et godt resultat. Både for bygherre, rådgiver og udførende.
- Men dette burde være løst med den nye lovgivning, hvor brandingeniører kan godkende brandstrategier for byggerierne
- generelt løsninger der fungerer for DK byggeri
- Standardisering
- Hvordan kan man bygge højre, end de 12 m til færdig gulv
- Brandsektionering, konstruktionskrav
- anvisninger
- .,m.,m
- 1-4 etager (Viden findes hos de få - men ikke bredt hos beslutningstagerne)
- BD-klasser
- Konstruktioner (ydervægge og bærende dele)
- Ja, det skal være nemmere at gå til.
- Klassificering af typer af opbygninger, fx etagedæk eller vægge
- CLT
- Etagebyggeri stabilitet ift. brand
- Test og klassificering af nyeste materialer
- ja i høj grad
- fx. CLT kunne det godt laves preæløsninger eksempelvis i eksempelsmalingen for brandsikring, så byggerriets parter lærer at "tænke" i træløsninger.
- Ift. viden om hvad der er muligt og efteruddannelse af brandrådgivere.
- meget begrænsede præaccepterede løsninger - på en' familie hus niveau
- X
- De fleste præaccepterede løsninger er baseret på kontstruktion med mineraluld-isolering. Der mangler i den grad løsninger med papir- og træfiber-isolering, som brandmæssigt performer meget bedre i beskyttelse af konstruktive dele.
- Eksempler på alternative metoder til minimere risiko for brandudvikling og spredning. Eks. sprinkler, flugtveje, brandsikre etage-/lejlighedsadskillelser, brandhæmmer osv.
- Holdbarhed
- Etagebyggeri op til ca. 8 etager. Der er et enormt potentielt volumen i 4-8 etager.
- det meste
- Sikring ved bevægelser hos træ.

- -
- Løsninger med sprinkling er i højere grad acceptable i nabolande. Bærende konstruktioner i massivt træ er testet i både 60 og 120min men underkendes stadig over en vis højde (4 etager).
- Så meget inde i lovgivningen er jeg ikke
- Reglerne er ikke klare.
- Etagebyggeri
- Etagebyggeri
- Brug af træfiberisolering. Brug af bærende konstruktioner i fleretages byggeri.
- mangler DK tal
- Bærende vægge, etageadskillelser
- Reglerne er i dag alt for "forsigtige"
- -
- Der er ikke rigtig nogen som er klar over hvem og hvad der skal til for at attestere i fht. konstruktioner & brand i BR18 - det gælder nok også for træbyggeri
- a
- Op til 6/8 etager
- Det er vigtigt at løsninger er efterprøvet så de kan acceptered ved
- Eksempelsamlingen indeholder overvejende eksempler på beton, stål og tegl
- Se svar på spørgsmål 16.
- hvordan berandsikre man sig?
- Der mangles relevant viden om brandsikkerhed i træbyggeriet. Kig for eksempel på vore naboer ude i den store verden, deres viden er meget større end i dk. som jo rent faktisk ikke er eksisterende, vi er langt bag efter.
- over 4 etager mangler der præaccepterede løsninger
- Der mangler referancebyggerier. God beskrivelse af opsamlede erfaringer ved disse. Tekniske skoler bør inddrages.
- Løsninger, samlingsdetaljer der opfylder last og sikkerhed samt lyd
- ift. bygværker i CC3
- stort udvalg af gode eksempler
- ja, men jeg kender dem ikke helt.
- En politisk holdning vil være godt, men husk LCA
- naboskel
- Ja - f.eks. de høje brandkrav.. andre lande sprinkler de helt vildt
- Etagebyggeri pt. max. 4 etager, skal ændres til min. 6 etager
- Præaccepterede løsninger i træ skal sidestilles med betonbyggeri
- der mangler generelle anvisning omkring brand
- Det er for kombliceret.
- Ja ved bygninger over 4 etager
- etagedæk og lejlighedsskel ift. 120 min.
- ift. byggeri over 4 etager
- Bærende elementer er ikke min virksomheds spidskompentencer, men under alle omstændigheder mangler der ens retningslinjer for facadebrandtest.
- brandimprægnerings retningslinjer
- Ved ikke

18. Mangler der viden om, hvordan byggeri med bærende konstruktioner af træ på anden vis kan dokumenteres ift. brandsikkerhed?
*
* (angiv ét svar)



18. Mangler der viden om, hvordan byggeri med bærende konstruktioner af træ på anden vis kan dokumenteres ift. brandsikkerhed?
*
* (angiv ét svar)

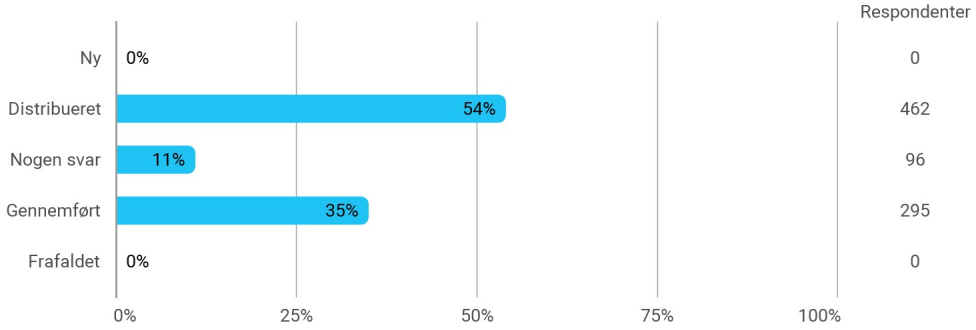
- Ja (hvis ja, ift. hvad?)
  - Ja mange producenter virker til at have svært ved at få produkter godkendt i Danmark men som er godkendt i både Sverige og Norge.
  - Spredning
  - Der skal kigge på reglerne omkring krav til ubrændbare materialer i højere byggerier. Dette er konkurrenceforvridende.
  - Der mangler generel viden omkring brugen af træ i moderne byggerier. Alt fra udførelsen til den efterfølgende drift
  - Høje huse 5-8 etager
  - Se svar på spørgsmå 17
  - Ift. etagebyggeri over 4 etager
  - Der er formange fortolkningsproblemmer i BR og anvisninger, dette skal udredes og forbedres
  - brandsektionering med CLT
  - Igen: Opdateringa af viden. lad os for en gangs skyld arbejde hurtigt!!
  - .
  - Der mangler en "har du nogen kommentarer" boks, så den kommer her. I lægger ud med at spørge hvorfor vi bruger mindre træ i DK sammenlignet med nabolande. Er det ikke nærliggende at antage, at vi simpelthen har færre træer/skov end vores nabolande?
  - brandhastighed
  - .
  - Beregninger
  - I forhold til, som I selv skriver i spørgsmålet, brandsikkerheden!
  - Som ovenfor
  - manglende erfaringer
  - X
  - Der kræves omhyggelige og dyre brandstrategier samt evt simuleringer. Det er besværligt, når betons egenskaber fremgår af en tabel.
  - Alm byggetradition med beton , stål og uorganisk isolering sår tvivl om tryghed ved træbyggeri
  - sBI
  - Der mangler (også) viden om løsninger, der opfylder krav i de præaccepterede løsninger.
  - Eksempelsamlinger/anvisninger.
  - generelt
  - Kan ikke sige hvad, da det jo mangler.

- Der er ikke nok brandingeniører med viden om træ
- -
- generel usikkerhed, særligt om præaccepterede løsninger
- æmÆlÆL
- Bl.a. konstruktionernes levetid under brand (Viden findes hos de få)
- Godkendte forsøg
- Jeg gør i hvert fald på de fleste områder
- Flere eksempler på konstruktioner
- Ja, der må ikke være usikkerhed om træ kan anvendes
- Tilsyneladende er træbyggeri kun muligt, hvis der er sprinkleranlæg
- Mangler datablade ift. containerhus byggeri i sammenhæng med isolering
- Præaccepterede løsninger
- Test, afprøvning og dokumentation er for dyrt at gennemføre på projektbasis
- ja i høj grad
- Måske mangler der brandrådgivere med erfaring i træbyggeri, som er fortalere for træ
- Efteruddanelse til brandrådgiver.
- DTU- AUC m.fl.
- Lim i CLT
- X
- Det er normalt ikke trækonstruktionen der brænder, det er inventaret i bygningen - De fleste brandmænd vil hellere gå ind i en brændende bygning af træ fremfor en brændende bygning af stål/beton da den kollapser lige pludseligt. Træ er meget mere forudsigeligt of branddrøjt, da det soder og kan holde konstruktivt længe i en brænd.
- Testmetoder
- Spredning
- Manglende klarhed i lovgivningen som giver mulighed for fortolkning hos den godkendende instans.
- jeg ved det ikke
- Synliggøre/eksempler på de faktiske omkostninger for en brandrådgivers projektering
- Byggeri med bærende åse
- -
- Træ medfører ikke i lige så høj grad progressivt kollaps (som stål) så stabiliteten i en bygning bevares sandsynligvis i samme omfang som brandbeskyttet stål
- Tal med træbranchens oplysningståd
- Komplekst regelsæt.
- Etagebyggeri
- Etagebyggeri
- Ved ikke præcist hvad.
- Mangler DK undersøgelser
- der mangler forsøgsbyggeri
- klare "regneregler" for brandmodstandsevne
- Der stille større krav til træ endt til andre materialer.
- -
- Der er ikke rigtig nogen som er klar over hvem og hvad der skal til for at attestere i fht. konstruktioner & brand i BR18 - det gælder nok også for træbyggeri
- a
- der er en generel formodning at træ i byggeri er farligt mth. brand
- Viden er der men kræver ekstra tid og penge at eftervise
- Særligt ift lyd samt forhold imellem organisk uorganisk materiales
- Ja, kravet foreskriver en brandtid, som kræver meget mere redegørelse, når den ikke referer til eksempelsamlingen
- Det er en jungle i branchen at forstå kravene, som ikke er defineret tydeligt fra myndigheders side
- Tror ikke der er nok der kompetencer til at dokumentere træ ift. brandsikkerhed, hvis man skal lave komparative analyser, brandteknisk dimensionering eller brandprøvning, hvilket afholder folk fra at kaste sig ud i det da det kan være meget ressourcetungt.
- Oldnordiske krav og normer ,som kan henskrives til KBH`s brande i 1700 tallet der er sket meget siden.
- Det er dyrt og besværligt at lave dokumentation ift. brandsikkerhed
- cases
- gode eksempler fra udlandet der vil kunne godkendes i DK
- De gamle danske materialeklasser mudrer BR's krav til bl.a. træ i byggeriet
- eksempler og vejledninger

- etagedæk
- Ja - ift. beskyttelse og brandforløb
- Ja, ingen erfaringer
- Boligsprinkling, brandbeskyttelsessystemer
- mangler regler og eksempler
- Brand beskyttelse af træ med imprænering
- den lokale brandmyndighed godkender intet nyt byggeri såfremt der ikke indgår "Indsatstaktisk traditionelle" løsninger
- Ja- Materialekravene er såvidt på plads- men hvad med udvaskningstest! Der skal ensartes. Der må helst være skærpede krav - bare de er ens og fortolkes ens i hver byggesag.
- Det har jeg hørt

E-mail

Samlet status



Bilag b: Kvalitative interviews med centrale aktører

Interviewresumé

Interviewresuméerne er opbygget på en sådan måde, at gentagelser ikke vil forekomme. Resuméet af det første interview er derfor længere end de efterfølgende.

Mikael Koch Direktør i Træinformation Uddannet arkitekt

Mikael Koch mener, at en af hovedårsagerne til, at der er kommet et øget fokus på anvendelsen af træ i byggeriet skyldes klimadagsordenen. Ifølge Koch, så er en af fordelene ved træ nemlig, at det lagrer CO2 mens det gror, og at man, hvis man fælder træet og tager det ud til brug i byggeriet, inden det fx går i forrådnelse, kan være med til at skabe en forskydning i CO2 udslippet. Koch fortæller, at træ er CO2 neutralt, idet det lagrer CO2 når det gror, men at det samtidig også frigiver CO2, når det går i forrådnelse. Han udtaler: ”*Der er en cyklisk ting i det [træet], men hvis man udtager det og lagrer det i bygninger, så får man jo en forskydning i co2 udslippet, som egentlig ikke bliver præmieret i nogle af de der beregningsordninger der er*.”

Der har ifølge Koch været et stort fokus på at nedsætte forbrugernes energiforbrug i boligerne og samtidig at regulere på driften, så den har været så energieffektiv som muligt. Men nu har politikerer og byggebranchen fået øjnene op for CO2-forbruget ved fremstillingen af byggematerialer samt opførelsen af byggeriet. Her mener Koch, at der er nogle klare fordele ved at øge anvendelsen af træ. En af fordele er, at træ er CO2 neutralt, da træerne gror af sig selv, ved hjælp af sol og vand. En anden fordel ved træ er, at det er et relativt let materiale at transportere. Det vejer ifølge Koch 20% af, hvad beton vejer, hvilket betyder, at man kan transportere mere træ på den samme plads, og dermed mindske omfanget af transport og dermed også udslippet af CO2 fra transporten. Koch tilføjer, at beton, aluminium, stål og glas, alle er materialer, der har en meget høj procesenergi, hvilket betyder, at der skal høje temperaturer til at forarbejde materialerne. Han understreger, at betonen har den yderligere udfordring, at selvom den er fremstillet med grøn energi, så står den kemiske proces, når kalken kalcineres, stadig for halvdelen af den samlede CO2 udledning. En tredje fordel ved træet er i forlængelse heraf, at det stort set kan bearbejdes med håndværktøj, hvilket gør, at det ikke er særligt energikrævende at bearbejde. Koch fortæller endvidere, at der i træindustrien stort set ikke er noget spild, da de forskellige restprodukter bliver brugt til hhv. fliseelementer, piller og spånplader, som nogle af de eksempler han nævner. Koch mener, at der er en række afledte effekter ved at bruge træet: mindre transport, mindre byggekraner og mindre mandskab. Dertil tilføjer han, at det har en positiv indvirkning på CO2-regnskabet at lave de bærende konstruktioner af træ, frem for beton. Koch mener dog, at træelementer kan være omkring 2% dyrere end betonelementer, men at byggebranchen til gengæld får byggetider, der kan være op til halve år kortere. Det giver byggeriets parter mulighed for at kapitalisere, grundet tidligere ibrugtagningstid og mindre mandskab.

Træ er ifølge Koch meget konkurrencedygtigt, fordi det er muligt at konvertere fra den måde vi bygger på i dag til en anden måde, uden at det vil koste samfundet noget. Han mener, at den største gevinst ligger i at udskifte de bærende konstruktioner med træ i stedet for at opføre dem i beton. Han er mere skeptisk hvad angår facadeelementer, hvor der er langt mindre CO2 reduktion ved at udskifte beton med træ.

Koch mener, at den største udfordring med træ er de akustiske forhold i boligen, og ikke brænd, som mange andre tror. Han fortæller at akustikken er rar for de, der bebor en lejlighed, men at det kan være generende for naboer, grundet det han kalder flanke-transmission, hvor støjen fra lejligheden transmitteres via konstruktionen til nabolejlighederne. Koch mener, at Danmark har det handicap, at der er nogle andre grænseværdier inden for akustikken, hvilket gør, at vi kan ikke kopiere løsninger 1:1 fra vores nabolande, som bygger mere med træ end vi gør, som fx Sverige, Østrig og Schweitz. Han fortæller, at det kan være svært at ramme de danske grænseværdier for akustik præcist, da der ikke er opført meget byggeri af træ, man kan sammenligne med. Derudover nævner han, at bygherrer og entreprenører kan være utilfredse, hvis et byggeri performer bedre end de akustiske grænseværdier, fordi parterne således føler, at de har betalt for meget for byggeriet. Han mener, at man kan løse de akustiske udfordringer ved at lave dobbeltvægge af træ, men at de største udfordringer ligger i etagedækkene og deres kobling.

Koch nævner, at mange i byggeriet bekymrer sig for brand, hvilket ifølge ham skyldes, at vi i Danmark har været i den situation, at der er funktionskravet i bygningsreglementet, men at der samtidig i mange år har været en eksempelsamling med mange præaccepterede løsninger. Koch fortæller endvidere, at der er eksempler på otte og helt op til 16 etager i betonbyggeri, men at der kun findes præaccepterede løsninger for træbyggeri på op til fjerde etage. Det har ifølge ham ført til en udbredt misforståelse om, at man ikke kan bygge højere end fire etager, når man bygger i træ. Han nævner dog, at det kræver, at man laver mere dokumentation, fordi man ikke kan henvise til de præaccepterede løsninger, hvilket er en fordyrende faktor for bygherren. Koch tilføjer yderligere, at der er fordele og ulemper ved at lave flere præaccepterede løsninger. Fordelene er, at der vil være nogle løsninger byggebranchen kan gå til, som vil kunne berolige bygherrer og folk, der ikke er så vant til at bygge med træ. Omvendt kan de præaccepterede løsninger være en bremse for innovationen, fordi byggebranchen kan blive magelige og blot kopierer de løsninger, der allerede eksisterer.

Koch fortæller endvidere, at træ brænder mere forudsigeligt end beton og at man kan sprinkle træet, hvis man ønsker at det skal være eksponeret. Han nævner i den sammenhæng, at vi i Danmark har den udfordring, at der i lovgivningen står, at hvis man sprinkler, så skal vandværket kunne garantere, at de i mange år kan levere en given mængde vand ved et givent tryk. I og med, at der er mange små vandværker og andelsvandværker i Danmark, så mener Koch, at der kan være en nervøsitet hos vandværkerne ift. at forpligtige sig til at levere i fremtiden, hvorfor der er en tøven overfor at benytte denne metode.

Koch nævner, at der er nogle udfordringer med brænd-imprægnering grundet en formulering i bygningsreglementet om at træet skal være homogent, hvilket gør, at man skal kløve brættet og teste det indefra, hvilket ifølge Koch er uhensigtsmæssigt. Derudover er der et dilemma ved, at træ der skal brænd-imprægneres homogent, det vil have en lavere holdbarhed.

Koch mener, at de kritikker der er blevet rettet mod at anvende CLT i de bærende konstruktioner er unuancerede. Han fortæller, at Byggeskadefonden har udgivet en rapport om revner i CLT-elementer der er opstået, fordi materialet er sat op i regnvejr. Han fortæller, at der blev fundet to slags revner i CLT-elementerne. Den ene type revne er det man kalder svind-revner i overfladen og den anden type revne har været nogle åbninger og sprækker, der hvor elementerne møder hinanden. Byggeskadefonden har i den forbindelse over én kam konkluderet, at det skyldes den fugtpåvirkning, der har været. Men det er ifølge Koch at rode to ting sammen. Han mener ikke at det kan undgås, at der opstår revner i det yderste lag af CLT-elementerne, men at det kun opstår i det yderste lag fordi det næste lag ligger på den anden led og de øvrige lag er låste og brættet vil ikke slippe, fordi det er låst fast af lim. Det vil blive nogle koniske revner, men de vil ifølge Koch aldrig forplante sig længere ind i lagene af elementet. Koch anbefaler i den forbindelse, at man laver en fugtstrategi, for at få den fulde gevinst af, at træet det rent faktisk er tørt når

det er opført. En anden god grund til at have en fugtstrategi er, at hvis man har et eksponeret CLT-element der har fået fugt, så vil fibrene rejse sig og så vil det ikke have en pæn overflade. Dette vil ifølge Koch ofte betyde, at man vil slibe overfladen ned og så får man noget støv, som lægger sig nogle forskellige steder og hvis man ikke får fjernet alt det støv, så har man potentielt set noget støv som er organisk, og som kan give skimmel.

Da Koch bliver spurgt, hvordan han vil definere træbyggeri svarer han: ”*Jeg ville kald et hus, hvor de bærende konstruktioner er lavet af træ for et træhus […] jeg ville være forsigtig med, støttemæssigt og lovgivningsmæssigt at sætte en procentsats på [hvor stor en del af bygningen, der skal være af træ], fordi så kan vi måske få nogle byggeriet hvor man sætter betonsøjler op og så har pyntet med en masse træ udvendigt […] og der er det omvendte mere begavet, altså, der er jo rent faktisk nogle der opfører et betonhus og beklæder det med træbrædder som jo nok er det dummeste man kan gøre, så hellere omvendt.*”

Koch mener generelt, at byggebranchen ved for lidt om træ og det han kalder *konstruktiv træbeskyttelse*. Konstruktiv træbeskyttelse går ud på at vandet skal kunne leds væk fra træet, at der skal være drypnæser på ting og at man skal beregne tid til at træ kan udtørre.

Koch fortæller, at de ofte får spørgsmål fra byggebranchen om, hvor lang tid træbygninger kan holde, men at det er et svært spørgsmål for ham at svare på, fordi man ikke har så meget opført træbyggeri i Danmark, sammenlignet med bygninger opført i beton. Han udtaler: ”*Det er noget vi får rigtig mange spørgsmål om, hvor de ligesom rigtig gerne vil have noget på skrift om, at det her produkt det holder i 40 år og det kan man ikke fordi dels er der nødvendigvis ikke erfaring på den pågældende løsning og dels er det netop meget følsomt overfor om man har fulgt spillereglerne for konstruktiv træbeskyttelse, men også afstanden til jorden og hvad er det der er på jorden, hvad er det der sprøjter op. Hvad er der af udhæng på bygningen?*”

Af andre typer af efterspørgsel nævner Koch træbygningernes æstetiske udseende. Flere fra byggebranchen efterspørger viden om, hvordan de kan få byggeriet til at blive ved med at se ud, som da det blev bygget. Koch mener endvidere ikke, at det nødvendigvis kan betale sig for Danmark at udvide deres træproduktion, da produktionen i Danmark efter hans vurdering ikke er lige så effektiv, som i vores nabolande.

En anden fordel ved træet er ifølge Koch, at det kan bruges, når byerne skal fortættes. Træ er godt at bruge, hvis man vil bygge en eller to ekstra etager på det eksisterende byggeri i brokvartererne, fordi det er let og fundamenterne således ikke har problemer med at bære træet. Koch udtaler: ”*Så dels så får man jo en fortættet bygning og dels får man en forrentning af sin investering, så man kan sætte resten af sin bygning i stand, så det er sådan en måde at få finansieret en renovering og modernisering af den eksisterende bygningsmasse, og der kommer det lette byggeri i spil*.”

En af de største udfordringer træbyggeriet står overfor i dag er ifølge Koch, at der ikke er nogle universiteter, der underviser i at anvende træ i de bærende konstruktioner på kandidatniveau, han udtaler: ”*Noget så grotesk som DTU, de har ikke noget undervisning i bærende trækonstruktioner på kandidatniveau. De har ganske få kurser til ikke ret mange Ects point, og det gælder i virkeligheden de fleste af universiteterne her hjemme […] Og DTU de er jo gennemsyrede af, at de laver utrolig meget forskning i beton og det er de skide gode til, og så havde de også nogle gode undervisere, der underviste i trækonstruktioner, som så er blevet pensioneret og så prøvede man at hive to svenskere ind, men da undervisningen den skal være forskningsbaseret, så har man ikke kunnet få forskningsprojekter nok, fordi træindustrien den er så lille her hjemme og så rejste de tilbage til Sverige, og så har der i de sidste fire år ikke været nogen undervisning på kandidatniveau, eller nogen forskning på træområdet og det er jo*

fuldstændig absurd på nuværende tidspunkt. Så det er en anden udfordring vi har, at tegnestuerne og ingeniørvirksomhederne, de har svært ved at finde specialister der ved noget om træ, ligesom at vi også leder med lys og lygte."

Koch påpeger, at der findes en yderligere udfordring i, at man i Danmark har en opfattelse af, at man ud over liv også skal redde værdi, når bygninger brænder. Han udtaler: "*Hvis man gransker bygningsreglementet, så er der ingen steder krav til at redde værdi og det er heller ikke tydeligt i beredskabslovgivningen at man skal, men det er en udbredt opfattelse i beredskaberne, at man skal dimensionere beredskaberne efter at redde værdi og da det er kommunerne der skal godkende beredskaberne, så præger den opfattelse deres sagsbehandling. Nu vil sagsbehandling på brandområdet mange steder være flyttet fra kommunen, men den er så gennemsyret den holdning, at man kommer til at tolke den lovgivning langt mere restriktivt end nødvendigt og i Sverige og Norge, der har man helt klart ikke nogle ambitioner om at redde værdi, der siger man at det handler om at redde liv og så handler det om at hindre brandsmitte til nabobygninger*." Koch mener derudover ikke, at der er noget byggeri der er nemmere at genbruge end andet, efter en brand, på grund af sod-, røg-, og vanskader.

Koch mener, at vi er nødt til at sætte nogle grænseværdier i bygningsreglementet for, hvad vores CO2 udledningen må være i opførelsesfasen. Han udtaler: "*Vi har styr på driften, men ikke på opførslen og så vil der være nogle der opdager, at det kan man netop opfylde i træ og man har jo en plan i betonindustrien om at lave en 50% CO2 reduktion, men det kræver, at de skruer på 10 parametre og at alle 10 parametre lykkedes og det er en 10 års plan. Vi har måske ikke rigtig tid til at vente i 10 år før vi kommer i gang, så der er andre metoder at komme i gang på.*"

Peder Fynholm
Teamleder i Træ og Miljø på
Teknologisk Institut
Uddannet ingeniør

Peder Fynholm fortæller, at han har arbejdet på Teknologisk institut i 19 år og at det først er inden for de sidste 3-4 år, at der rigtig er kommet fokus på at bygge i højden med træ. Han fortæller, at han i de sidste tre til fire år primært har beskæftiget sig med netværk og netværksdannelse i forhold til at anvende træ i højere etagebyggeri, både nationalt og internationalt.

Fynholm mener, at det er vigtigst at bruge træ dér hvor det giver mening, i stedet for ukritisk at bruge træ til alle dele af byggeriet: ”*Men der tror jeg ikke, at det at bygge med træ, det skiller sig ikke ud fra andre materialer, fordi der handler det jo også om at udnytte ressourcen bedst muligt, altså det handler ikke bare om at bruge en masse træ for at bruge en masse træ. Det handler om at bruge træ der, hvor det giver mening, og hvor man kan sige, at det her produkt det er måske mere eller mindre belastende i forhold til det produkt der var alternativet*.”

Fynholm mener, ligesom Mikael Koch, at det generelle vidensniveau om træ ligger meget lavt: ”*Man kan sige, at træ det skal bevæge sig i byggeriet, træet bevæger sig når fugten den ændrer sig, det er et faktum man ikke kan ændre på, så skal man modificere træet på en eller anden måde, det kan man også gøre, men lige når vi snakker om det med CLT, jamen så skal det revne. Det bliver produceret med et fugtindhold der er højere end det, det kommer til at have, når det bliver anvendt. Så det skal helst ikke være en headline og jeg kan se, at i Byggeskadefonden der er det lidt en headline, at det sker i nogle af deres byggesager [at træet revner], og det fortæller også lidt om vidensniveauet hos dem, der laver sådan nogle rapporter, at det kommer bag på dem, det er lidt et problem, ikke? Det fortæller bare mig noget om, at vi er rigtig langt nede, kompetencemæssigt i Danmark, desværre.”*

Fynholm fortæller, at netværket for højere etagebyggeri har fået stor interesse fra byggebranchen, men at der stadig bliver snakket for meget og handlet for lidt. Han nævner dog, at nogle af de store pensionskasser er begyndt at vise interesse for at bygge i træ. Fynholm lægger i den forbindelse vægt på, at det er vigtigt at vi håndterer træet på den rigtige måde, og undgår fejl, som vi allerede kender i forvejen: *”Altså dengang man introducerede betonelementer, der gjorde man det heller ikke uden at der var en masse fejl, så vi skal bare være opmærksomme på det […] Man kan sige, at med et CLT element, det minder meget om et betonelement og så er det nemt bare at udskifte og subsidiere det i tankegangen, men hvis man også subsidierer det i udførelsen og håndteringen, så får du problemer fordi det kan du ikke gøre, det er ikke det samme. Det er nogle andre forudsætninger du skal tage fra det ene produkt til det andet*.”

Fynholm nævner, at det at Danmark ikke har en stærk træindustri er med til at gøre det vanskeligt at booste træbyggeriet i Danmark, sammenlignet med vores naboland Sverige: ”*I Sverige bygger de jo omkring en 10-15 % af deres etageboliger i træ, det gjorde de ikke tilbage i 90’erne, så det er Danmark der er stået af den udvikling og det er meget naturligt, fordi vi har ikke nogen industri, så den industriinteresse der er, den går på nogle andre materialer og i nogle andre retninger. Vi har jo nogle andre råstoffer i vores undergrund, så det er klart, at der er en forskel. Der er ikke en push-funktion i Danmark, det er der i Sverige*.”

Fynholm mener generelt set, at TI bliver spurgt for lidt om træbyggeri: ”*Jamen som sagt, for nogle år siden der fik vi slet ikke nogen efterspørgsel i den her retning. Der var ikke nogen der havde behov for det, nu*

begynder de så at efterspørge fra forskellige led, både fra bygherrer led, men også fra entreprenører og rådgivere, men slet ikke nok. Mange af de ting vi gør, gør vi jo fordi vi tager initiativ til noget og får samlet nogle. Vi bliver spurgt for lidt. Hvis der var nogle, der havde spurgt os hvordan man bygger i CLT og hvad man skulle være opmærksom på, så var der nok nogen ting som ikke var kommet til de problemstillinger. Men det er et problem, at vi bliver spurgt for lidt, fordi hvordan skal vi opretholde kompetencer og ressourcer, hvis ikke der er nogen der spørger. Men det er så derfor vi har lavet de her netværksaktiviteter, fordi der er ikke så mange der spørger, så vi er nødt til at gå lidt mere i samlet flok, for at løse nogle af de her udfordringer der er omkring anvendelsen af træ." Fynholm uddyber og fortæller, at de selvfølgelig får henvendelser om træ, men at de oftest omhandler tagkonstruktioner, gulve og andre emner. De får meget få henvendelser om anvendelse af træ i de bærende konstruktioner.

Peter Andreas Sattrup
Bæredygtighedskonsulent hos ARK
Uddannet arkitekt

Peter Sattrup fortæller, at en af de største udfordringer træbyggeriet står overfor i dag er, at der ikke er særligt mange ingeniører, der er vant til at lave beregninger med træ i de bærende konstruktioner, hvilket gør det mere usikkert at vælge træ frem for beton, som mange ingeniører har stor erfaring med. Han nævner derudover, at bygningsreglementet kan udfordre anvendelsen af træ i byggeriet. Sattrup mener, at Lydisoleringsbestemmelserne i bygningsreglementet er skrevet ud fra en forudsætning om, at man bygger i beton. Når man ifølge Sattrup bygger med beton, så har man nogle måder at beregne konstruktioner og lydoverførsel på. Disse beregningsmetoder kan ifølge ham ikke overføres direkte til træbyggeri, da lydbilledet er anderledes. Dette betyder, at der vil være forskelle i, hvordan man efterviser, at konstruktionen holder og at lydforholdene er okay, om man bygger med træ eller beton.

Sattrup mener endvidere, at man skal undgå at opstille unødvendige barrierer for det at bygge med træ: ”*Man skal sikre sig, at den måde man forsøger at dokumentere et sikkerheds- eller komfortniveau ikke mindsker mulighederne for innovation og forskellige løsninger, men at man har et funktionskrav som kan belyses på forskellig vis og at man ikke i kravet indbygger, at der kun er én løsning. Det er vigtigt at man ikke låser løsningsrummet til én løsning ved måden man stiller et krav på – Jeg hører at der er nogle krav i bygningsreglementet, der favoriserer brugen af beton. Det er hvad jeg hører fra mine medlemmer*”. Sattrup mener at man bør kigge på, om der er nogle kunstige barrierer i bygningsreglementet, der tager udgangspunkt i hvad byggebranchen plejer at gøre.

Af fordele ved at anvende træ frem for beton nævner Sattrup, at man får nogle renere byggepladser, der ikke støver og sviner på samme måde. Årsagen er, at man kan bearbejde træ med håndværktøj hvilket ikke er muligt med betonelementer. Derudover så vurderer han, at man får et bedre arbejdsmiljø på pladserne og et bedre miljø for naboerne imens byggeriet står på. Dette skyldes, at der er mindre støj og støv, når man arbejder med træ frem for beton. Sattrup nævner at støv er et langtidsproblem, der kan volde skader på de håndværkere der går og indånder støvet i løbet af en arbejdsdag.

Sattrup fortæller, at han har en fornemmelse af, at der er mange der godt kan lide træbyggeri, men at der omvendt også er en ”de tre små grise kultur” der går på, at et *rigtigt* hus, det er bygget af mursten, fordi det er traditionen i Danmark og noget vi har gjort de sidste 100 år: ”*Vi har en vaneforestilling om, at træ det ikke er bestandigt og det er ikke rigtigt, det er det hvis du behandler det ordentligt og det er jo både tekniske løsninger, men det er også adfærd*.” Han nævner endvidere, at der eksisterer myter om, at træ det brænder hurtigere end fx beton, men at man er ved at afdække, at det ikke passer.

Jesper Salling
Branchechef for træsektionen, Dansk Byggeri
Uddannet ingeniør

Jesper Salling mener, at man kan spare tid i byggeprocessen, hvis vægelementer bliver valgt i træ frem for beton, sådan at tømrermestrene ikke skal vente på jord- og betonarbejderne, og omvendt. Hvis tømrerne kan klare begge dele, vil man optimere byggeprocessen: ”*Den fysiske og faglige grænseflade bliver mindre, når tømrerne kan klare begge dele. Der er altid, når du skal skifte fra en faglighed til en anden, så er der altid en grænseflade der, hvor der går noget tid*”

Salling nævner at beton tager tid at tørre ud, når det først er opført. Hvis man bygger om vinteren og skal kunne bygge videre hurtigt så er man, ifølge ham, nødt til at sætte varme på i et hus, som ikke er isoleret og færdigbygget, hvilket betyder, at der går meget energi til at tørre et betonbyggeri ud. Der er det mere rentabelt at bygge i træ, såfremt man sørger for at holde træet tørt under opførelsen af byggeriet.

Salling fortæller endvidere, at tømrermestrene har efterspurgt kurser om hvordan man håndterer og bruger CLT i byggeriet. Dansk Byggeri har derfor lavet nogle kurser i dette, på opfordring af deres medlemmer i træsektionen.

Dagmar Øye
Rådgivende ingeniør hos MOE
Uddannet ingeniør

Dagmar Øye arbejder som strukturel ingeniør for MOE, hvor hun primært regner på bærende konstruktioner. Moe har arbejdet med træ i 20 år, og oplever nu, at efterspørgslen på viden om træ i byggeriet stiger. Øye er imidlertid skeptisk over for den stigende efterspørgsel: "Altså der har været lidt en tendens til synes jeg, måske fordi det er nyt, at træ det kan det hele og det er jeg ikke sikker på det kan.".

Øye tog til Canada i praktik fordi de allerede dengang byggede meget i træ. Folkene i Canada fortalte, at CLT er godt til mange ting, men at det også er dårligt til andre ting – det kan være spild af træ. Hun udtaler: "*Man vil meget gerne bygge et meget rent træbyggeri, hvis du forstår hvad jeg mener, det skal helst gerne være helt striks og kun i træ, vi vil ikke have noget beton ind i byggeriet og de skal stå synligt og sådan, men det er bare ikke sikkert, at det er det bedste byggeri man opnår på den måde. Jeg vil sige, at det hele det handler om at man bruger materialerne der hvor de er bedst brugt*"

Øye nævner, at der er udfordringer med vægten af træ ift. akustik og de akustikkrav der er i Danmark. Fordelen ved, at man kan bygge højt og spare lastbiler på byggepladser, fordi træ er et let materiale, giver således udfordringer ift. akustik. Hun fortæller, at hvis man sætter en 200 millimeter betonvæg op, så har man klaret akustikkravet, men hvis man sætter en 200 mm CLT væg op, så har man ikke overholdt de akustiske krav, da lyden vil gå lige igennem. Øye fortæller, at det kan løses med en dobbelt vægkonstruktion, men at det på den anden side giver færre kvadratmeter, hvilket også kan være problematisk for prisen og komforten. Akustik er ifølge hende generelt tricky, især ift. etageadskillelse og trinlyd.

Øye fortæller, at det nye ift. træ det er at bygge højt, man har førhen bygget op til ca. tre etager, som hun husker det. Udfordringen ved at bygge højt er ballast ift. at modstå vindtrykket – den vandrette last på bygningerne – træ vejer for lidt ift. at skabe den ballast. Øye fortæller, at hun ryster på hovedet over de Japanere, der vil bygge et 350 meter højt tårn af træ: "*Jeg forstår ikke hvorfor? Man skal jo netop bruge materialerne hvor det giver mening og det giver ikke mening at bygge 350 etagers højt byggeri i træ.*" Hun mener desuden, at det vil give mening at bygge op til 10 etager i træ.

Øye fortæller, at det er svært at få træbygningerne til at holde til især den vandrette vindbelastning, fordi arkitekter gerne oftest vil have så få vægge som muligt, for at gøre bygningerne fleksible. Hun mener, at det er problematisk at have få vægge, fordi man skal have nogle elementer, der er bærende og som kan holde på bygningen. Hun fortæller, at det oftest er omkring trappetårne, elevatorer og toiletkerner, at de bærende vægge bliver sat, og at mange træbyggerier har betonkerner indeni. Øye nævner dog, at kombinationen af betonkerne og trækonstruktion også har nogle udfordringer, hvis man kommer op i højden, fordi materialerne opfører sig forskelligt. Træ kryber, hvilket betyder at der vil være en etageforkortelse på halvanden millimeter pr. etage og det er ikke noget problem, hvis man bygger i to etager, men jo højere man bygger, jo mere problematisk bliver det for trædækket, der skal spændes fast på betonkernen. Det bliver ifølge Øye problematisk for den samling, der skal kunne bevæge sig. Der mangler løsninger på sådanne praktiske eksempler.

Øye fortæller, at der er en stor udfordring i forhold til vibrationer i trædæk, fordi det gynger, det gør et betondæk ikke på samme måde. Hun fortæller at man ofte mangler tyngde på trædækkene ift. at opfylde

krav om akustisk og komfort. I Lisbjerg bakke projektet lavede de en komposit, hvor de fræsede metal ned i gulvet og støbte beton ovenpå. Denne metode giver ifølge Øye noget tyngde og et stivere dæk. Omvendt mener hun, at man ved denne metode mister fordelen ved at have en "tør" byggeplads, da betonen sal tørre ud til forskel fra træ. Dette er med til at forlænge byggeprocessen. Tid er penge. En anden ulempe er, at det bliver sværere at skille byggematerialerne ad, når man blander træ og beton. Hun udtaler: "*Det er svært at overholde akustik, hvis ikke du har en masse*."

Øye fortæller endvidere, at hvis man bygger højt med CLT så bliver bygningerne meget stive og at det kan være en ulempe på steder med høj seismisk aktivitet i forhold til jordskælv. Der er det bedre, at bygningerne kan give sig og ikke er så stive.

Øye fortæller, at de spørgsmål de får fra deres medlemmer oftest handler om brand og fugt ift. at bygge med træ. Hun udtaler: "*Størstedelen af spørgsmålene, der kan man næsten høre på spørgsmålene, at de ved faktisk ikke hvordan de skal spørge, fordi spørgsmålet er stillet ud fra, hvis jeg nu skulle bygge et betonbyggeri i træ og ikke ud fra, hvis jeg gerne vil bygge det her i træ*." Øye fortæller, at hun oftest er nødt til at tale kunderne tilbage igen og ned af et andet spor, fordi tankegangen skal ændres. Hun fortæller at nogle få er rigtig godt i gang med at bygge i træ og gør det på nuværende tidspunkt, men at rigtig mange først lige akkurat er begyndt at få øjnene op for at bygge i træ. Lige nu er der ifølge hende en kæmpe spredning, hvor der er nogle first movers, der trækker fra og så er der en stor klump, der bliver trukket langsomt med.

Øye definerer træbyggeri på den måde, at hvis den bærende konstruktion er af træ, så er det et træbyggeri, hun mener også at man stadig ville kalde en bygning for en træbygning, hvis der var en betonkerne samtidig med, at den bærende konstruktion er lavet af træ.

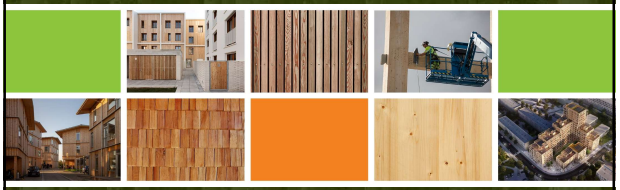
Øye fortæller, at de oftest får henvendelser fra folk der vil bygge et CLT-hus. Hun er imidlertid lidt træt af CLT-efterspørgslerne, fordi materialet ofte bliver fremhævet som en silver bullet: "*Jeg synes at diskussion om CLT bliver unuanceret og jeg synes at den kommer til at låse os lidt i vores løsninger, fordi når det er det eneste der bliver talt om i medierne, så er det dét bygherrer og arkitekter de efterspørger*." Hun fortæller at der kan være *lang vej hjem*, når parterne først har sat sig noget i hovedet og man måske skal overbevise dem om, at CLT ikke er bedst i alle henseender.

Øye fortæller endvidere, at der er meget stor forskel på samarbejdet med de forskellige kommuner. I nogle kommuner må man noget, i andre må man noget andet. Der er ingen strømligning, hvilket kan gøre det vanskeligt at rådgive om brand og sikkerhed ift. at anvende træ i byggeriet.

Bilag c: Oplæg til dialogmøde

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen
Danish transport, Construction and Housing Authority

Dialogmøde om fremme af træ i byggeriet



Dialogmøde om fremme af træ i byggeriet
Scandic Aalborg Øst, Hadsundvej 200, 9220 Aalborg Ø
Mandag 3. februar 2020, kl. 9.30-15.00
v. Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, Kontor for byggeri

Transport- og Boligministeriet

Program

09:30 - 10:00	Introduktion + bordrunde (30 min)
10:00 - 10:15	Pause (15 min)
10:15 - 11:45	Workshop (tre grupper) (90 min)
11:45 - 12:00	Opsamling i grupperne (forbered præsentation) (15 min)
12:00 - 12:45	Frokost (45 min)
12:45 - 14:15	Præsentation og dialog v. de tre grupper (3x30 min)
14:15 - 14:30	Kaffepause (15 min)
14:30 - 15:00	Sammenfatning og anbefalinger (30 min)
15:00	Tak for i dag

LISBJERG BAKKE i Aahus
34 almene og 5 ungdomsboliger
Arkitekt og foto: Tegnestuen Vandkunsten

LISBJERG BAKKE i Aarhus
Foto: Helene Høyer Mikkelsen

Introduktion

- Bordrunde
  Navn, virksomhed og faglig baggrund
- Baggrund
- Workshops

Baggrund

- Fokusområde for ministeren
- Byggeriet skal bidrage til regeringens målsætning om at nedbringe Danmarks CO2-udledning
- Bred politisk opbakning til fremme af træ i byggeriet

DAGENS BYGGERI

Minister vil rykke myte op med rode og fremme træbyggeri

POLITIK | Af hal | 19. dec. 2019 KL. 10:09

Der er både politisk vilje og praktisk vej for at benytte mere træ i byggeriet. Er at træ-visionbevægelse farvels i sidste uge bevæg af boligministeren Kaare Dybvad. Foto: Taasinge Elementer.

Mere træ i byggeriet står højt på boligminister Kaare Dybvads ønskeliste, der i sidste uge besøgte Taasinge Elementer for at få et større indblik i nogle af mulighederne.

CO2-udledningen skal nedbringes, og fordi byggeriet er

Altinget

Boligminister: "Det er klart, vi skal bygge mere i træ"

Maria Reergaard Lorentzen

INTERVIEW: Boligministeren ser et stort potentiale i byggeri med træ. Udfordringen ligger i byggeriets

POLICYWATCH

Boliginister bebuder tiltag til mere bæredygtigt byggeri

Interesser for at bygge bæredygtigt i Danmark er stor, bare ikke nér der gælder boligmarkedet. Det er det, som boligminister Rø ved Christiansborg på torsdag mener man i organisationen Green Building Council Denmark. Regeringen er ifølge boligministeren Kaare Dybvad på vej med nye tiltag.

Læs også

Endestationen alkoven revision: Ny viden kan gøre det svækket at nå klimamål

FOLKETINGET

Folketingets Boligudvalg

Høring om bæredygtigt byggeri i træ

Onsdag den 22. januar 2020 kl. 9.00-11.40 i Landstingssalen, Christiansborg

FAOD

BOLIGMINISTER VIL HAVE MERE TRÆ I BYGGERIET

Bæredygtig omstilling af byggeriet

- Klimapartnerskaber
- Klimahandlingsplan
- National strategi for bæredygtigt byggeri
- Frivillig bæredygtighedsklasse

'Anvendelse af træ i byggeriet' (analyse v. BUILD / tidl. SBi)

1. Status for viden

a) Kortlægning af nyere tids træbyggeri i Danmark. Anvendelsen af og udviklingen inden for træbyggeri over de seneste 10 år. Både i omfang og i hvordan træ anvendes.

b) Analyse af markedet for træbyggeri på baggrund af en kvantitativ spørgeskemaundersøgelse, dialogmøder og et antal kvalitative interviews. Analysen skal ligeledes komme med oplæg til hvordan brugen af betegnelsen "træbyggeri" samt andre relaterede udtryk kan defineres.

2. Potentialer ved øget brug af træ i byggeriet

a) Beskrivelse af hvilke særlige potentialer der er ved anvendelse af træ i byggeriet.

3. Byggetekniske muligheder og udfordringer

a) Beskrivelse af de væsentligste byggetekniske muligheder ved brug af træ til bygningsdele fx CLT-elementer, massivtræselementer, præfabrikerede elementer, moduler, kassetter, præfabrikerede rummoduler og facadebeklædning af træ mv

b) Beskrivelse af de væsentlige udfordringer der er med træ i byggeriet. Både hvorledes udfordringerne opstår og hvordan de kan forebygges. Fx installationer til vand, el og varme, deformationer, tolerancer og risikoen for fugtproblemer, skimmelvækst, angreb af svamp og skadedyr, men også overholdelse af lydkrav og øget vedligeholdelsesbehov. Udfordringer beskrives både i forhold til opførelsen af et byggeri i træ og i driftsfasen.

4. Anlægs- og totaløkonomi samt LCA

a) Analyse af opførelsesomkostninger og betragtninger om totaløkonomi ved det, der kan betegnes som træbyggeri. Analysen sammenholdes med viden fra konventionelt byggeri.

b) Livscyklusvurdering (LCA) af en række byggerier og sammenligning af disse ud fra forskellige materialevalg og bygningstyper.

5. Opsamling fra nabolande

a) Nabotjek – Hvordan er markedet og udviklingen af træbyggeri i nabolandene, som Sverige, Norge, Finland, Tyskland og evt. Holland samt de Baltiske lande, gået.

b) Har politiske initiativer fx handlingsplaner, og ændringer af reguleringen fremmet brugen af træ i nabolandene Sverige, Norge, Finland, Tyskland Holland, men også i lande som Østrig, Frankrig og Canada.

6. Potentialet for byggeri i træ i Danmark i 2030

a) Med udgangspunkt i forskellige relevante forudsætninger laves en vurdering af potentialet for byggeri i træ i Danmark i år 2030.

Projektets resultater offentliggøres og præsenteres på en afsluttende konference d. 4. maj 2020, som også vil fungere som en opfølgning på de afholdte dialogmøder.

3 parallelle workshops
- barrierer, potentialer og anbefalinger

90 min

Workshop 1
- Definition af træbyggeri
- Skovbrug (råmateriale)
- Træindustri (byggevare)
- Projektering (byggeri)

Workshop 2
- Definition af træbyggeri
- Opførelse
- Brug, drift og vedligehold
- Genbrug og genanvendelse

Workshop 3
- Definition af træbyggeri
- Viden og uddannelse
- Erfaring
- Information

LISBJERG BAKKE i Aarhus
Foto: Helene Høyer Mortensen

Introduktion til Workshop 1

- **Definition af træbyggeri**
- **Skovbrug (råmateriale)**
  Muligheder og udfordringer for aktivt skovbrug i Danmark. Hvilke arealer, trætyper, produkter, produktionsformer, anden udnyttelse (fx rekreativ) er der potentiale for i Danmark. Er skovdrift og biodiversitet modsætninger og kan aktivt skovbrug reducere atmosfærens CO2?
- **Træindustri (byggevare)**
  Håndtering af træ og forarbejdning af produkter. Høst, transport og lagring af træ, sortering af kvaliteter, anvendelser af kvaliteter, forarbejdning og hvilke byggevarer er der potentiale for i Danmark?
- **Projektering (byggeri)**
  Hvad skal der til for at projektere i træ? Fx viden i forhold til anvendelser, produkter, tolerancer, deformationer - korte som lange, bæreevne, ensartethed, montage, samlinger, brand, lydforhold og fugt m.m

Workshop 1

Hvordan vil I definere træbyggeri?

- ❑ Når træ udgør facadematerialerne og er synligt udefra
- ❑ Når træ udgør væsentlige indvendige overflader og er synligt indefra
- ❑ Når træ udgør de bærende konstruktioner
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 50% af byggeriets materialer
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 75% af byggeriets materialer
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 95% af byggeriets materialer
- ❑ …
- ❑ …
- ❑ …

Workshop 1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Skovbrug (råmateriale)

Barrierer	Potentialer	Anbefalinger
Top tre	**Top tre**	**Top tre**
1. …	1. …	1. …
2. …	2. …	2. …
3. …	3. …	3. …
Øvrige	**Øvrige**	**Øvrige**
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …

Introduktion til Workshop 2

- **Definition af træbyggeri**
- **Opførelse**
  Hvad skal der til for at opføre træbyggeri? Fx viden i forhold til anvendelser, produkter, tolerancer, deformationer - korte som lange, bæreevne, ensartethed, montage, transport, håndtering, robusthed, byggeskik og fugt m.m
- **Brug, drift og vedligehold**
  Er der særlige hensyn til brug, drift og vedligehold af træbyggeri? Hvilke?
- **Genbrug og genanvendelse**
  Hvilke potentialer er der ved træbyggeri i forhold til genbrug og genanvendelse?
  Hvad er de tilknyttede udfordringer for at opnå potentialet for genbrug og genanvendelse?

Introduktion til Workshop 3

- **Definition af træbyggeri**
- **Viden og uddannelse**
  Er viden og uddannelse for at udnytte potentialet for træbyggeri i Danmark til stede? Vurder udfordringer hos bygherre, rådgivere, arkitekter, entreprenører, håndværkere, driftspersonel og vidensformidlere som leverandører, skoler og universiteter m.m.
- **Erfaring**
  Er den fornødne erfaring til at udnytte potentialet for træbyggeri til stede i Danmark? Vurder status og udfordringer hos rådgivere, arkitekter, entreprenører, håndværkere, driftspersonel og vidensformidlere som leverandører, skoler og universiteter m.m.
- **Information**
  Hvilken, og til hvem er det nødvendig at skabe information til for at udnytte potentialet for træbyggeri i Danmark?

Pause
10:00 - 10:15

WORKSHOP 1
10:15 - 11:45

Introduktion til Workshop 1

- **Definition af træbyggeri**
- **Skovbrug (råmateriale)**
  Muligheder og udfordringer for aktivt skovbrug i Danmark. Hvilke arealer, trætyper, produkter, produktionsformer, anden udnyttelse (fx rekreativ) er der potentiale for i Danmark. Er skovdrift og biodiversitet modsætninger og kan aktivt skovbrug reducere atmosfærens CO2?
- **Træindustri (byggevare)**
  Håndtering af træ og forarbejdning af produkter. Høst, transport og lagring af træ, sortering af kvaliteter, anvendelser af kvaliteter, forarbejdning og hvilke byggevarer er der potentiale for i Danmark?
- **Projektering (byggeri)**
  Hvad skal der til for at projektere i træ? Fx viden i forhold til anvendelser, produkter, tolerancer, deformationer - korte som lange, bæreevne, ensartethed, montage, samlinger, brand, lydforhold og fugt m.m

Workshop 1

Hvordan vil I definere træbyggeri?

- ❑ Når træ udgør facademateriallerne og er synligt udefra
- ❑ Når træ udgør væsentlige indvendige overflader og er synligt indefra
- ❑ Når træ udgør de bærende konstruktioner
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 50% af byggeriets materialer
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 75% af byggeriets materialer
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 95% af byggeriets materialer
- ❑ …
- ❑ …
- ❑ …

Workshop 1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Skovbrug (råmateriale)

Barrierer	Potentialer	Anbefalinger
Top tre	**Top tre**	**Top tre**
1. …	1. …	1. …
2. …	2. …	2. …
3. …	3. …	3. …
Øvrige	**Øvrige**	**Øvrige**
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …

Workshop 1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Træindustri (byggevare)

Barrierer	Potentialer	Anbefalinger
Top tre	**Top tre**	**Top tre**
1. …	1. …	1. …
2. …	2. …	2. …
3. …	3. …	3. …
Øvrige	**Øvrige**	**Øvrige**
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …

Workshop 1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Projektering (byggeri)

Barrierer	Potentialer	Anbefalinger
Top tre	**Top tre**	**Top tre**
1. …	1. …	1. …
2. …	2. …	2. …
3. …	3. …	3. …
Øvrige	**Øvrige**	**Øvrige**
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …

WORKSHOP 2

10:15 - 11:45

Introduktion til Workshop 2

- **Definition af træbyggeri**
- **Opførelse**
  Hvad skal der til for at opføre træbyggeri? Fx viden i forhold til anvendelser, produkter, tolerancer, deformationer - korte som lange, bæreevne, ensartethed, montage, transport, håndtering, robusthed, byggeskik og fugt m.m
- **Brug, drift og vedligehold**
  Er der særlige hensyn til brug, drift og vedligehold af træbyggeri? Hvilke?
- **Genbrug og genanvendelse**
  Hvilke potentialer er der ved træbyggeri i forhold til genbrug og genanvendelse?
  Hvad er de tilknyttede udfordringer for at opnå potentialet for genbrug og genanvendelse?

Workshop 2

Hvordan vil I definere træbyggeri?

- ❑ Når træ udgør facademateriallerne og er synligt udefra
- ❑ Når træ udgør væsentlige indvendige overflader og er synligt indefra
- ❑ Når træ udgør de bærende konstruktioner
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 50% af byggeriets materialer
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 75% af byggeriets materialer
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 95% af byggeriets materialer
- ❑ …
- ❑ …
- ❑ …

Workshop 2 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Opførelse

Barrierer	Potentialer	Anbefalinger
Top tre	**Top tre**	**Top tre**
1. …	1. …	1. …
2. …	2. …	2. …
3. …	3. …	3. …
Øvrige	**Øvrige**	**Øvrige**
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …

Workshop 2 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Brug, drift og vedligehold

Barrierer	Potentialer	Anbefalinger
Top tre	**Top tre**	**Top tre**
1. …	1. …	1. …
2. …	2. …	2. …
3. …	3. …	3. …
Øvrige	**Øvrige**	**Øvrige**
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …

Workshop 2 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Genbrug og genanvendelse

Barrierer	Potentialer	Anbefalinger
Top tre	**Top tre**	**Top tre**
1. …	1. …	1. …
2. …	2. …	2. …
3. …	3. …	3. …
Øvrige	**Øvrige**	**Øvrige**
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …

WORKSHOP 3

10:15 - 11:45

Introduktion til Workshop 3

- **Definition af træbyggeri**
- **Viden og uddannelse**
  Er viden og uddannelse for at udnytte potentialet for træbyggeri i Danmark til stede? Vurder udfordringer hos bygherre, rådgivere, arkitekter, entreprenører, håndværkere, driftspersonel og vidensformidlere som leverandører, skoler og universiteter m.m.
- **Erfaring**
  Er den fornødne erfaring til at udnytte potentialet for træbyggeri til stede i Danmark? Vurder status og udfordringer hos rådgivere, arkitekter, entreprenører, håndværkere, driftspersonel og vidensformidlere som leverandører, skoler og universiteter m.m.
- **Information**
  Hvilken, og til hvem er det nødvendig at skabe information til for at udnytte potentialet for træbyggeri i Danmark?

Workshop 3

Hvordan vil I definere træbyggeri?

- ❑ Når træ udgør facademateriallerne og er synligt udefra
- ❑ Når træ udgør væsentlige indvendige overflader og er synligt indefra
- ❑ Når træ udgør de bærende konstruktioner
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 50% af byggeriets materialer
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 75% af byggeriets materialer
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 95% af byggeriets materialer
- ❑ …
- ❑ …
- ❑ …

Workshop 3 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Viden og uddannelse

Barrierer	Potentialer	Anbefalinger
Top tre	**Top tre**	**Top tre**
1. …	1. …	1. …
2. …	2. …	2. …
3. …	3. …	3. …
Øvrige	**Øvrige**	**Øvrige**
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …

Workshop 3 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Erfaring

Barrierer	Potentialer	Anbefalinger
Top tre	**Top tre**	**Top tre**
1. …	1. …	1. …
2. …	2. …	2. …
3. …	3. …	3. …
Øvrige	**Øvrige**	**Øvrige**
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …

Workshop 3 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Information

Barrierer	Potentialer	Anbefalinger
Top tre	**Top tre**	**Top tre**
1. …	1. …	1. …
2. …	2. …	2. …
3. …	3. …	3. …
Øvrige	**Øvrige**	**Øvrige**
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …
• …	• …	• …

Frokost

12:00 - 12:45

Præsentation og dialog
v. de tre grupper

3 x 30 min

Hvilke initiativer og handlemuligheder, skal der til for at fremme træbyggeriet og en mere bæredygtig byggesektor i Danmark?

Kaffepause

14:15 - 14:30

Workshop 1

Sammenfatning og anbefalinger

10 min

Definition af træbyggeri:

xxx

Opførelse:

1. x

Brug, drift og vedligehold:

1. x

Genbrug og genanvendelse:

1. x

Workshop 2

Sammenfatning og anbefalinger

10 min

Definition af træbyggeri:

xxx

Skovbrug (råmateriale):

1. x

Træindustri (byggevare):

1. x

Projektering (byggeri):

1. x

Workshop 3

Sammenfatning og anbefalinger

10 min

Definition af træbyggeri:

xxx

Viden og uddannelse:

1. x

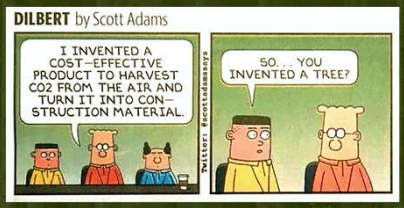
Erfaring:

1. x

Information:

1. x

Tak for jeres tid og input til træbyggeriet



Spørgeskemaundersøgelse

- del af analyse og gennemføres fra fredag d. 17/1 til fredag d. 7/2

Hvordan fremmer vi brug af træ i byggeriet?

Tak fordi du vil gøre os klogere på de barrierer og potentialer, byggebranchen oplever i arbejdet med træ – og fordi du vil være med til at fremme træbyggeriet og derved en mere bæredygtig byggesektor i Danmark.

I det følgende vil du blive præsenteret for 18 korte spørgsmål og udsagn, som vi vil bede dig tage stilling til.

Tak og god fornøjelse.

Undersøgelsen gennemføres af BUILD (tidligere SBi) Aalborg Universitet i samarbejde med Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen.

Dit bidrag vil blive behandlet anonymt.

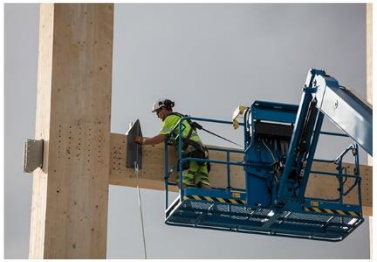
—

LINK: https://www.sbi.aau.dk/Nyheder/nyhed/hvordan-fremmer-vi-brug-af-trae-i-byggeriet-.cid446112

Bilag d: Dialogmøde om-fremme af træ i byggeriet-Aalborg

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen
Danish Transport, Construction and Housing Authority

Dialogmøde om fremme af træ i byggeriet



Dialogmøde om fremme af træ i byggeriet

Scandic Aalborg Øst, Hadsundvej 200, 9220 Aalborg Ø

Mandag 3. februar 2020, kl. 9.30-15.00

v. Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, Kontor for byggeri og Build (SBi)

Transport- og Boligministeriet

Program

09:30 - 10:00	Introduktion + bordrunde (30 min)
10:00 - 10:15	Pause (15 min)
10:15 - 11:45	Workshop 1, 2 & 3 (tre grupper) (90 min)
11:45 - 12:00	Opsamling i grupperne (forbered præsentation) (15 min)
12:00 - 12:45	Frokost (45 min)
12:45 - 13:15	Hvordan vil I definere træbyggeri? (alle grupper)
13:15 - 13:45	Præsentation og dialog v. Workshop 1 (1x30 min)
13:45 - 14:00	Kaffepause (15 min)
14:00 - 15:00	Præsentation og dialog v. Workshop 2 & 3 (2x30 min)
15:00	Tak for i dag

LISBJERG BAKKE i Aahus
34 almene og 5 ungdomsboliger
Arkitekt og foto: Tegnestuen Vandkunsten / Søren Nielsen

Introduktion

- Bordrunde
  Navn, virksomhed og faglig baggrund
- Baggrund
- Workshops

LISBJERG BAKKE i Aarhus
Foto: Helene Høyer Mikkelsen

Baggrund

- Fokusområde for ministeren
- Byggeriet skal bidrage til regeringens målsætning om at nedbringe Danmarks CO2-udledning
- Bred politisk opbakning til fremme af træ i byggeriet

DAGENS BYGGERI

Minister vil rykke myte op med rode og fremme træbyggeri

POLITIK | Af hal | 19. dec. 2019 KL. 10:09

Der er både politisk vilje og praktisk vej for at benytte mere træ i byggeriet. En af træ-virksomhederne havde i sidste uge besøg af boligmininister Kaare Dybvad. Foto: Taasinge Elementer.

Mere træ i byggeriet står højt på boligminister Kaare Dybvads ønskeliste, der i sidste uge besøgte Taasinge Elementer for at få et større indblik i nogle af mulighederne.

CO2-udledningen skal nedbringes, og fordi byggeriet er

Altinget

OMRÅDE MENU SØG

Boligminister: "Det er klart, vi skal bygge mere i træ"

Maria Neergaard Lorentsen

5. januar 2020 kl. 6:00 |

(Foto: Arthur J. Commelbeeck/Altinget)

INTERVIEW: Boligministeren ser et stort potentiale i byggeri med træ. Udfordringen ligger i byggeriets

POLICYWATCH

Christiansborg EU Global Virksomheder Mennesker Debat

Boligminister bebuder tiltag til mere bæredygtigt byggeri

Interessen for at bygge bæredygtigt i Danmark er stor, bare ikke når det gælder boligbyggeri. Det skal der laves om på. Nu skal Christiansborg på banen, mener man i organisationen Green Building Council Denmark. Regeringen er ifølge boligminister Kaare Dybvad på vej med nye tiltag.

Læs også

Embedsmænd advarer minister: Ny viden kan gøre det sværere at nå klimamål

FOLKETINGET

Folketingets Boligudvalg

Høring om bæredygtigt byggeri i træ

Onsdag den 22. januar 2020 kl. 9.00-11.40 i Landstingssalen, Christiansborg

FAOD FORBUNDET ARKITEKTER OG DESIGNERE

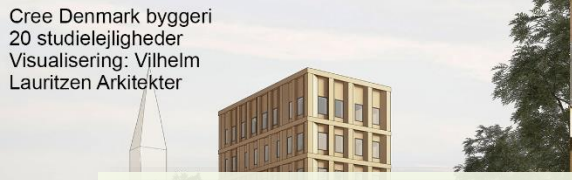
Forside > Boligminister vil have mere træ i byggeriet

NYHED / 8. JANUAR 2020

BOLIGMINISTER VIL HAVE MERE TRÆ I BYGGERIET

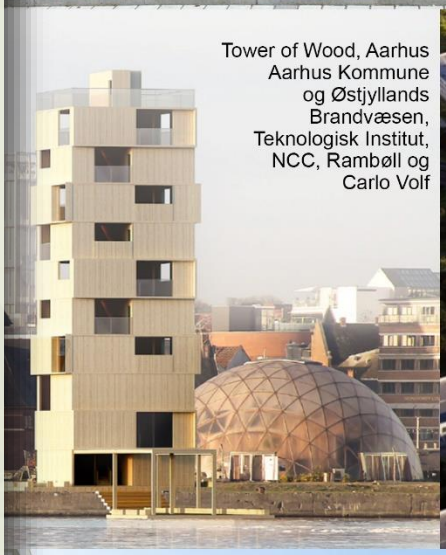
Bæredygtig omstilling af byggeriet

- Klimapartnerskaber
- Klimahandlingsplan
- National strategi for bæredygtigt byggeri
- Frivillig bæredygtighedsklasse


Cree Denmark byggeri
20 studielejligheder
Visualisering: Vilhelm
Lauritzen Arkitekter

Cree by Rhomberg, boligbyggeri i Østrig
Design: Hermann Kaufmann ZT GmbH

Fodboldstadion Forest Green Rovers FC, 5.000 tilskuere
Visualisering: Zaha Hadid Architects


Tower of Wood, Aarhus
Aarhus Kommune
og Østjyllands
Brandvæsen,
Teknologisk Institut,
NCC, Rambøll og
Carlo Volf

Almene boliger, Frankring
Arkitekt: JTB.architecture + MaO architectes
Foto: Fabien Brissaud

Örban, Sundbyberg i Sverige
Boligkvarter af træ
Visualisering: Arkitema Architects

‘Anvendelse af træ i byggeriet’ (analyse v. BUILD / tidl. SBi)

1. Status for viden

a) Kortlægning af nyere tids træbyggeri i Danmark. Anvendelsen af og udviklingen inden for træbyggeri over de seneste 10 år. Både i omfang og i hvordan træ anvendes.

b) Analyse af markedet for træbyggeri på baggrund af en kvantitativ spørgeskemaundersøgelse, dialogmøder og et antal kvalitative interviews. Analysen skal ligeledes komme med oplæg til hvordan brugen af betegnelsen ”træbyggeri” samt andre relaterede udtryk kan defineres.

2. Potentialer ved øget brug af træ i byggeriet

a) Beskrivelse af hvilke særlige potentialer der er ved anvendelse af træ i byggeriet.

3. Byggetekniske muligheder og udfordringer

a) Beskrivelse af de væsentligste byggetekniske muligheder ved brug af træ til bygningsdele fx CLT-elementer, massivtræselementer, præfabrikerede elementer, moduler, kassetter, præfabrikerede rummoduler og facadebeklædning af træ mv

b) Beskrivelse af de væsentlige udfordringer der er med træ i byggeriet. Både hvorledes udfordringerne opstår og hvordan de kan forebygges. Fx installationer til vand, el og varme, deformationer, tolerancer og risikoen for fugtproblemer, skimmelvækst, angreb af svamp og skadedyr, men også overholdelse af lydkrav og øget vedligeholdelsesbehov. Udfordringer beskrives både i forhold til opførelsen af et byggeri i træ og i driftsfasen.

4. Anlægs- og totaløkonomi samt LCA

a) Analyse af opførelsesomkostninger og betragtninger om totaløkonomi ved det, der kan betegnes som træbyggeri. Analysen sammenholdes med viden fra konventionelt byggeri.

b) Livscyklusvurdering (LCA) af en række byggerier og sammenligning af disse ud fra forskellige materialevalg og bygningstyper.

5. Opsamling fra nabolande

a) Nabotjek – Hvordan er markedet og udviklingen af træbyggeri i nabolandene, som Sverige, Norge, Finland, Tyskland og evt. Holland samt de Baltiske lande, gået.

b) Har politiske initiativer fx handlingsplaner, og ændringer af reguleringen fremmet brugen af træ i nabolandene Sverige, Norge, Finland, Tyskland Holland, men også i lande som Østrig, Frankrig og Canada.

6. Potentialet for byggeri i træ i Danmark i 2030

a) Med udgangspunkt i forskellige relevante forudsætninger laves en vurdering af potentialet for byggeri i træ i Danmark i år 2030.

Projektets resultater offentliggøres og præsenteres på en afsluttende konference d. 4. maj 2020, som også vil fungere som en opfølgning på de afholdte dialogmøder.

3 parallelle workshops
- barrierer, potentialer og anbefalinger

90 min

Workshop 1

- Definition af træbyggeri
- Skovbrug (råmateriale)
- Træindustri (byggevare)
- Projektering (byggeri)

Workshop 2

- Definition af træbyggeri
- Opførelse
- Brug, drift og vedligehold
- Genbrug og genanvendelse

Workshop 3

- Definition af træbyggeri
- Viden og uddannelse
- Erfaring
- Information

LISBJERG BAKKE i Aarhus
Foto: Helene Høyer Mikkelsen

Introduktion til Workshop 1

- **Definition af træbyggeri**
- **Skovbrug (råmateriale)**
  Muligheder og udfordringer for aktivt skovbrug i Danmark. Hvilke arealer, trætyper, produkter, produktionsformer, anden udnyttelse (fx rekreativ) er der potentiale for i Danmark. Er skovdrift og biodiversitet modsætninger og kan aktivt skovbrug reducere atmosfærens CO2?
- **Træindustri (byggevare)**
  Håndtering af træ og forarbejdning af produkter. Høst, transport og lagring af træ, sortering af kvaliteter, anvendelser af kvaliteter, forarbejdning og hvilke byggevarer er der potentiale for i Danmark?
- **Projektering (byggeri)**
  Hvad skal der til for at projektere i træ? Fx viden i forhold til anvendelser, produkter, tolerancer, deformationer - korte som lange, bæreevne, ensartethed, montage, samlinger, brand, lydforhold og fugt m.m

Workshop 1

Hvordan vil I definere træbyggeri?

- ❑ Når træ udgør facadematerialerne og er synligt udefra
- ❑ Når træ udgør væsentlige indvendige overflader og er synligt indefra
- ❑ Når træ udgør de bærende konstruktioner
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 50% af byggeriets materialer
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 75% af byggeriets materialer
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 95% af byggeriets materialer
- ❑ …
- ❑ …
- ❑ …

Workshop 1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Skovbrug (råmateriale)

Barrierer

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Introduktion til Workshop 2

- **Definition af træbyggeri**
- **Opførelse**
  Hvad skal der til for at opføre træbyggeri? Fx viden i forhold til anvendelser, produkter, tolerancer, deformationer - korte som lange, bæreevne, ensartethed, montage, transport, håndtering, robusthed, byggeskik og fugt m.m
- **Brug, drift og vedligehold**
  Er der særlige hensyn til brug, drift og vedligehold af træbyggeri? Hvilke?
- **Genbrug og genanvendelse**
  Hvilke potentialer er der ved træbyggeri i forhold til genbrug og genanvendelse?
  Hvad er de tilknyttede udfordringer for at opnå potentialet for genbrug og genanvendelse?

Introduktion til Workshop 3

- **Definition af træbyggeri**
- **Viden og uddannelse**
  Er viden og uddannelse for at udnytte potentialet for træbyggeri i Danmark til stede? Vurder udfordringer hos bygherre, rådgivere, arkitekter, entreprenører, håndværkere, driftspersonel og vidensformidlere som leverandører, skoler og universiteter m.m.
- **Erfaring**
  Er den fornødne erfaring til at udnytte potentialet for træbyggeri til stede i Danmark? Vurder status og udfordringer hos rådgivere, arkitekter, entreprenører, håndværkere, driftspersonel og vidensformidlere som leverandører, skoler og universiteter m.m.
- **Information**
  Hvilken, og til hvem er det nødvendig at skabe information til for at udnytte potentialet for træbyggeri i Danmark?

Pause

10:00 - 10:15

WORKSHOP
1, 2 & 3

10:15 - 11:45

Opsamling i grupperne

Forbered præsentation og dialog

11:45 - 12:00

Frokost

12:00 - 12:45

Workshop 1+2+3

Hvordan vil I definere træbyggeri?

Workshop 1:

- Når træ udgør de væsentlige dele af de bærende konstruktioner kombineret med beklædninger, evt. med en procentsats

Workshop 2:

- Når træ udgør de bærende konstruktioner
- Når volumenet af træ udgør mindst 75% af byggeriets materialer

Workshop 3:

- Når træ (i væsentlig grad (%?)) udgør de bærende konstruktioner over terræn.
- En form for byggeri hvor træ indgår i en væsentlig grad – (Substitution – liste mangler←→ CO2 – Miljøpåvirkning og LCA & LCC (Total regnskab ift. økonomi)

Præsentation og dialog
v. Workshop 1

1 x 30 min

Hvilke initiativer og handlemuligheder, skal der til for at fremme træbyggeriet og en mere bæredygtig byggesektor i Danmark?

Workshop 1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Skovbrug (råmateriale)

Barrierer

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- Kapacitet
- Krævet areal
- Tid for skovrejsning
- Kvalitet vs. Tid
- Biodiversitet vs. effektiv skovbrug
- Statsdrevet skov
- Pris på forarbejdning
- Evne til at forædle træet
- DK er for lille til effektiv skovbrug…
- …

Potentialer

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- Brakjord til skov
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Træindustri (byggevare)

Barrierer

Top tre

1. Dokumentation af individuelle løsninger
2. Viden om korrekt udførelse
3. …

Øvrige

- Beklædninger fra oversøisk pga. holdbarhed
- CLT-træprodukter delaminerer – limen betyder at bindingen slipper, hvormed brandoverfladen øges
- Kemikalier er en barriere ift. Genbrug og genanvendelse
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- Sammensat træ (fingersamlinger)
- Sammensat affaldstræ
- Genbrug af træ (uden kemikalier)
- Lamineret træ
- Konstruktionstræ i Europa
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Projektering (byggeri)

Barrierer

Top tre

1. …Manglende viden/Historier/plejer
2. …Viden ift. Beklædninger (hvad kan det anvendes til og hvad kan det ikke anvendes til?)
3. …Tung proces ift. dokumentation

Øvrige

- Beregning på sammensat træ
- Beregning på genbrugstræ
- Historien tynger (KBH nedbrændinger)
- Brand ift. beklædninger
- Viden ift. beklædninger
- Moderne byggeskik ikke baseret på træ, men stål, beton, glas
- Lyd i etageadskillelser
- Manglende viden om hvad produktet egentligt er godkendt til (fx træbasseret plader, der skæres op i lameller / stokke, hvormed egenskaberne ændres)
- Meromkostning pga. manglende viden
- Manglende viden om mulighederne for at bygge op til fire etager ift. BR
- Mantra om at vi skal bygge meget højt
- Træet opleves nogen gange som helligt – det er ikke enten eller, vigtigt at slå fast.
- Økonomi og usikkerhed ift. Dokumentation (hu. test) af nye løsninger

Potentialer

Top tre

1. Bærende konstruktioner
2. Udbyg de præaccepterede løsninger ift. især beklædninger/overflader

Øvrige

- Flere anerkendte løsninger / produkter, så der er flere standardiserede løsninger at vælge imellem for rådgiverne / arkitekterne.
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

- Styrket viden ift. beklædninger/brand
- Opdele fortællingen om træbyggeri i overflader/beklædninger og konstruktionstræ
- Fortælle om nuværende lovgivningsmæssige muligheder

Øvrige

- Etabler centrale fonde der kan støtte afprøvning mhp. at skabe anerkendte løsninger, inden for nogle klare spilleregler
- Viden ift. Vindspærrer/brand
- …
- …

Kaffepause

13:45 - 14:00

Præsentation og dialog
v. Workshop 2 & 3

2 x 30 min

Hvilke initiativer og handlemuligheder, skal der til for at fremme træbyggeriet og en mere bæredygtig byggesektor i Danmark?

Workshop 2 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Opførelse

Barrierer

Top tre

1. Uvidenhed
2. Konservativ (Som plejer)
3. Brancheorganisationer

Øvrige

- …brandkrav, fugt, lyd
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. …optimeret indeklima
2. Bedre byggeproces ved præfab.

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. LCA / Co2 beregninger
2. Lovpligtig bæredygtighedsklasser?
3. Garantifond (Landsbyggefonden / Grundejerens investeringsfond)

Øvrige

- Hæve rammebeløb ved bæredygtig byggeri
- …Målrettet uddannelse
- Efteruddannelse
- Efteruddannelse blandt både rådgivere og entreprenører, herunder håndværkere
- Omskoling
- …
- …
- …
- …

Workshop 2 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Brug, drift og vedligehold

Barrierer

Top tre

1. Potentiel udskiftning af materialer fx ved vandskader (Nøgleområder)
2. Øget vedligehold (afhænger af om vi snakker facade eller bærende konstruktioner). Vi har glemt hvordan vi vedligeholder.
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. Intuitivt og let tilgængelig information for beboere. Fx digitale brugerflader med kortfilm der let formidler hvordan byggeriet driftes.
2. Standardisering
3. Ensrettet dataformidling

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. Øget overvågning af konstruktioner fx fugtmålere og ventiler på VVS-installationer, så de store vandskader undgås.
2. Formidling (FM) – vigtigt for driften, at de ved hvilken type byggeri de har overtaget.
3. Det rette produkt (man skal ikke nødvendigvis gå efter det billigste produkt, men det korrekte produkt – det er billigst i længden)

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 2 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Genbrug og genanvendelse

Barrierer

Top tre

1. …Besværligheden ved at skille byggematerialer ad
2. …manglende fokus
3. …manglende dokumentation af materialers oprindelse

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. …fokus på de materialer de kan genanvendes mest effektivt
2. …fleksibilitet i myndighedsbehandlingen(fjernvarme, CO2, brand, energiramme) af genbrugte bygningsdele(moduler/elementer)

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. …beskrivelse af genanvendelsespotentiale skal være indeholdt i ansøgning om byggetilladelse
2. …stimulation af samarbejde mellem græsrodsbevægelser og etablerede virksomheder
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 3 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Viden og uddannelse

Barrierer

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- Økonomi
- Risikovillighed
- Manglende generel Know-How vedr. træbyggeri (ift. Præfabrikerede løsninger og stort byggeri i træ)
- Insufficient Know-How ang. teknisk fælleseje på udførelsen
- …Arealudnyttelse ift. traditionelle byggematerialer
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. Vidensudveksling internt byggebranchens deltagere imellem
2. …
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. Støtteordning efter Lavere CO2 belastning ved opførelse (LCA)
2. Få erfaringer fra andre lande & internt i DK
3. Udarbejdelse af teknisk fælleseje på udførelsen af træbyggerier

Øvrige

- Fjern moms på træbyggeri
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 3 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Erfaring

Barrierer

Top tre

1. Manglende know-how om projektering og udførsel
2. Ikke konkurrencedygtig grundet manglende udbredelse.
3. Manglende definition af begrebet

Øvrige

- Manglende erfaringsudveksling
- Manglende risikovillighed
- Mangler autoritet / træ-guruer
- Manglende træ-mafia
- Strenge krav til lyd
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. Opkvalificering af tekniske rådgivere
2. …
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. Start en ”træ-mafia”
2. Lav et ”træ-center”
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 3 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Information

Barrierer

Top tre

1. Manglende fokus på studerende
2. Mangel på forsknings- og studiemiljø

Øvrige

- ...
- ...
- ...
- ...
- ...
- ...
- ...

Potentialer

Top tre

1. Opbygning af større kapacitet i byggebranchen
2. Innovation

Øvrige

- ...
- ...
- ...
- ...
- ...
- ...
- ...
- ...
- ...

Anbefalinger

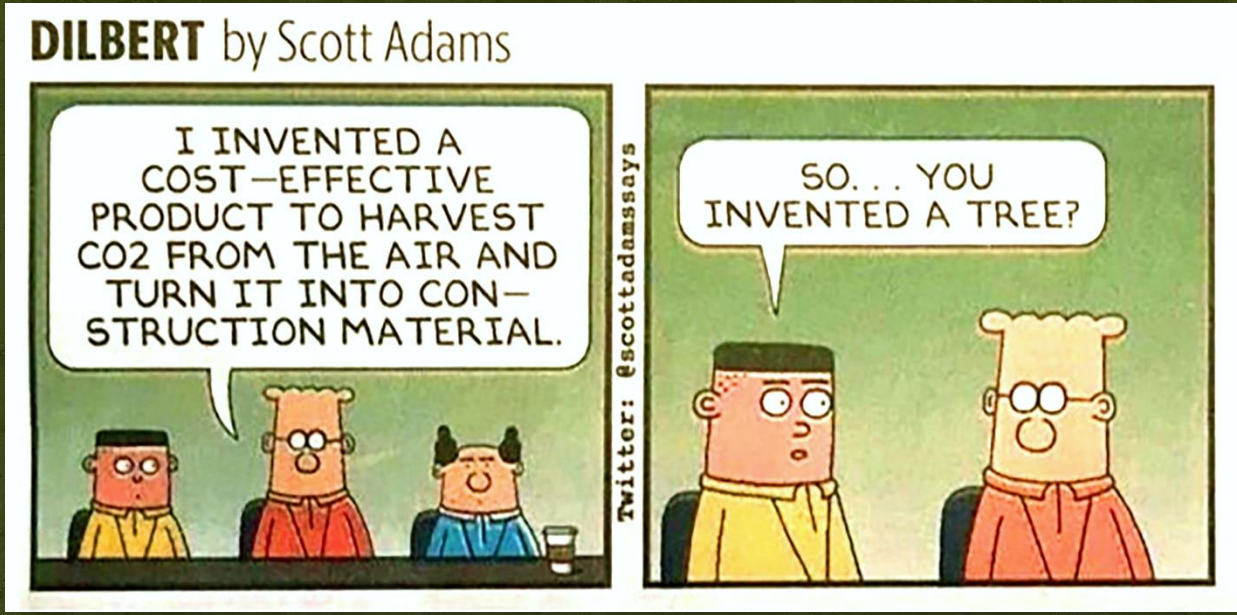
Top tre

1. Lav et ”træ-center” (forskning og udvikling / videnscenter)
2. ...
3. ...

Øvrige

- ...
- ...
- ...
- ...
- ...
- ...
- ...
- ...
- ...

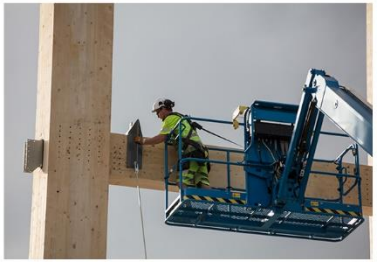
Tak for jeres tid og input til træbyggeriet



Bilag e: Dialogmøde om-fremme af træ i byggeriet-Middelfart

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen
Danish Transport, Construction and Housing Authority

Dialogmøde om fremme af træ i byggeriet



Dialogmøde om fremme af træ i byggeriet

Milling Hotel Park, Viaduktvej 28, 5500 Middefart

Tirsdag 4. februar 2020, kl. 9.30-15.00

v. Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, Kontor for byggeri og Build (SBi)

Transport- og Boligministeriet

Program

09:30 - 10:00	Introduktion + bordrunde (30 min)
10:00 - 10:15	Pause (15 min)
10:15 - 11:45	Workshop 1, 2 & 3 (tre grupper) (90 min)
11:45 - 12:00	Opsamling i grupperne (forbered præsentation) (15 min)
12:00 - 12:45	Frokost (45 min)
12:45 - 13:15	Hvordan vil I definere træbyggeri? (alle grupper)
13:15 - 13:45	Præsentation og dialog v. Workshop 1 (1x30 min)
13:45 - 14:00	Kaffepause (15 min)
14:00 - 15:00	Præsentation og dialog v. Workshop 2 & 3 (2x30 min)
15:00	Tak for i dag

LISBJERG BAKKE i Aahus
34 almene og 5 ungdomsboliger
Arkitekt og foto: Tegnestuen Vandkunsten / Søren Nielsen

Introduktion

- Bordrunde
  Navn, virksomhed og faglig baggrund
- Baggrund
- Workshops

LISBJERG BAKKE i Aarhus
Foto: Helene Høyer Mikkelsen

Baggrund

- Fokusområde for ministeren
- Byggeriet skal bidrage til regeringens målsætning om at nedbringe Danmarks CO2-udledning
- Bred politisk opbakning til fremme af træ i byggeriet

DAGENS BYGGERI

Minister vil rykke myte op med rode og fremme træbyggeri

POLITIK | Af hal | 19. dec. 2019 KL. 10:09

Der er både politisk vilje og praktisk vej for at benytte mere træ i byggeriet. En af træ-virksomhederne havde i sidste uge besøg af boligmininister Kaare Dybvad. Foto: Taasinge Elementer.

Mere træ i byggeriet står højt på boligminister Kaare Dybvads ønskeliste, der i sidste uge besøgte Taasinge Elementer for at få et større indblik i nogle af mulighederne.

CO2-udledningen skal nedbringes, og fordi byggeriet er

Altinget

OMRÅDE MENU SØG

Boligminister: "Det er klart, vi skal bygge mere i træ"

Maria Neergaard Lorentsen

5. januar 2020 kl. 6:00 |

(Foto: Arthur J. Commelbeeck/Altinget)

INTERVIEW: Boligministeren ser et stort potentiale i byggeri med træ. Udfordringen ligger i byggeriets

POLICYWATCH

Christiansborg EU Global Virksomheder Mennesker Debat

Boligminister bebuder tiltag til mere bæredygtigt byggeri

Interessen for at bygge bæredygtigt i Danmark er stor, bare ikke når det gælder boligbyggeri. Det skal der laves om på. Nu skal Christiansborg på banen, mener man i organisationen Green Building Council Denmark. Regeringen er ifølge boligminister Kaare Dybvad på vej med nye tiltag.

Læs også

Embedsmænd advarer minister: Ny viden kan gøre det sværere at nå klimamål

FOLKETINGET

Folketingets Boligudvalg

Høring om bæredygtigt byggeri i træ

Onsdag den 22. januar 2020 kl. 9.00-11.40 i Landstingssalen, Christiansborg

FAOD FORBUNDET ARKITEKTER OG DESIGNERE

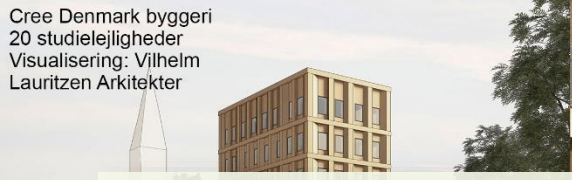
Forside > Boligminister vil have mere træ i byggeriet

NYHED / 8. JANUAR 2020

BOLIGMINISTER VIL HAVE MERE TRÆ I BYGGERIET

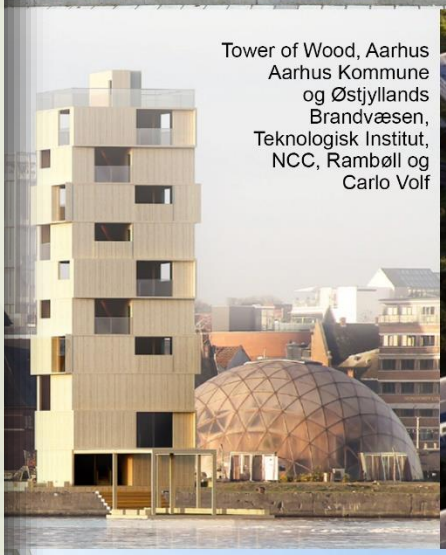
Bæredygtig omstilling af byggeriet

- Klimapartnerskaber
- Klimahandlingsplan
- National strategi for bæredygtigt byggeri
- Frivillig bæredygtighedsklasse


Cree Denmark byggeri
20 studielejligheder
Visualisering: Vilhelm
Lauritzen Arkitekter

Cree by Rhomberg, boligbyggeri i Østrig
Design: Hermann Kaufmann ZT GmbH

Fodboldstadion Forest Green Rovers FC, 5.000 tilskuere
Visualisering: Zaha Hadid Architects


Tower of Wood, Aarhus
Aarhus Kommune
og Østjyllands
Brandvæsen,
Teknologisk Institut,
NCC, Rambøll og
Carlo Volf

Almene boliger, Frankring
Arkitekt: JTB.architecture + MaO architectes
Foto: Fabien Brissaud

Örban, Sundbyberg i Sverige
Boligkvarter af træ
Visualisering: Arkitema Architects

‘Anvendelse af træ i byggeriet’ (analyse v. BUILD / tidl. SBi)

1. Status for viden

a) Kortlægning af nyere tids træbyggeri i Danmark. Anvendelsen af og udviklingen inden for træbyggeri over de seneste 10 år. Både i omfang og i hvordan træ anvendes.

b) Analyse af markedet for træbyggeri på baggrund af en kvantitativ spørgeskemaundersøgelse, dialogmøder og et antal kvalitative interviews. Analysen skal ligeledes komme med oplæg til hvordan brugen af betegnelsen ”træbyggeri” samt andre relaterede udtryk kan defineres.

2. Potentialer ved øget brug af træ i byggeriet

a) Beskrivelse af hvilke særlige potentialer der er ved anvendelse af træ i byggeriet.

3. Byggetekniske muligheder og udfordringer

a) Beskrivelse af de væsentligste byggetekniske muligheder ved brug af træ til bygningsdele fx CLT-elementer, massivtræselementer, præfabrikerede elementer, moduler, kassetter, præfabrikerede rummoduler og facadebeklædning af træ mv

b) Beskrivelse af de væsentlige udfordringer der er med træ i byggeriet. Både hvorledes udfordringerne opstår og hvordan de kan forebygges. Fx installationer til vand, el og varme, deformationer, tolerancer og risikoen for fugtproblemer, skimmelvækst, angreb af svamp og skadedyr, men også overholdelse af lydkrav og øget vedligeholdelsesbehov. Udfordringer beskrives både i forhold til opførelsen af et byggeri i træ og i driftsfasen.

4. Anlægs- og totaløkonomi samt LCA

a) Analyse af opførelsesomkostninger og betragtninger om totaløkonomi ved det, der kan betegnes som træbyggeri. Analysen sammenholdes med viden fra konventionelt byggeri.

b) Livscyklusvurdering (LCA) af en række byggerier og sammenligning af disse ud fra forskellige materialevalg og bygningstyper.

5. Opsamling fra nabolande

a) Nabotjek – Hvordan er markedet og udviklingen af træbyggeri i nabolandene, som Sverige, Norge, Finland, Tyskland og evt. Holland samt de Baltiske lande, gået.

b) Har politiske initiativer fx handlingsplaner, og ændringer af reguleringen fremmet brugen af træ i nabolandene Sverige, Norge, Finland, Tyskland Holland, men også i lande som Østrig, Frankrig og Canada.

6. Potentialet for byggeri i træ i Danmark i 2030

a) Med udgangspunkt i forskellige relevante forudsætninger laves en vurdering af potentialet for byggeri i træ i Danmark i år 2030.

Projektets resultater offentliggøres og præsenteres på en afsluttende konference d. 4. maj 2020, som også vil fungere som en opfølgning på de afholdte dialogmøder.

3 parallelle workshops
- barrierer, potentialer og anbefalinger

90 min

Workshop 1

- Definition af træbyggeri
- Skovbrug (råmateriale)
- Træindustri (byggevare)
- Projektering (byggeri)

Workshop 2

- Definition af træbyggeri
- Opførelse
- Brug, drift og vedligehold
- Genbrug og genanvendelse

Workshop 3

- Definition af træbyggeri
- Viden og uddannelse
- Erfaring
- Information

LISBJERG BAKKE i Aarhus
Foto: Helene Høyer Mikkelsen

Introduktion til Workshop 1

- **Definition af træbyggeri**
- **Skovbrug (råmateriale)**
  Muligheder og udfordringer for aktivt skovbrug i Danmark. Hvilke arealer, trætyper, produkter, produktionsformer, anden udnyttelse (fx rekreativ) er der potentiale for i Danmark. Er skovdrift og biodiversitet modsætninger og kan aktivt skovbrug reducere atmosfærens CO2?
- **Træindustri (byggevare)**
  Håndtering af træ og forarbejdning af produkter. Høst, transport og lagring af træ, sortering af kvaliteter, anvendelser af kvaliteter, forarbejdning og hvilke byggevarer er der potentiale for i Danmark?
- **Projektering (byggeri)**
  Hvad skal der til for at projektere i træ? Fx viden i forhold til anvendelser, produkter, tolerancer, deformationer - korte som lange, bæreevne, ensartethed, montage, samlinger, brand, lydforhold og fugt m.m

Workshop 1

Hvordan vil I definere træbyggeri?

- ❑ Når træ udgør facadematerialerne og er synligt udefra
- ❑ Når træ udgør væsentlige indvendige overflader og er synligt indefra
- ❑ Når træ udgør de bærende konstruktioner
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 50% af byggeriets materialer
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 75% af byggeriets materialer
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 95% af byggeriets materialer
- ❑ …
- ❑ …
- ❑ …

Workshop 1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Skovbrug (råmateriale)

Barrierer

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Introduktion til Workshop 2

- **Definition af træbyggeri**
- **Opførelse**
  Hvad skal der til for at opføre træbyggeri? Fx viden i forhold til anvendelser, produkter, tolerancer, deformationer - korte som lange, bæreevne, ensartethed, montage, transport, håndtering, robusthed, byggeskik og fugt m.m
- **Brug, drift og vedligehold**
  Er der særlige hensyn til brug, drift og vedligehold af træbyggeri? Hvilke?
- **Genbrug og genanvendelse**
  Hvilke potentialer er der ved træbyggeri i forhold til genbrug og genanvendelse?
  Hvad er de tilknyttede udfordringer for at opnå potentialet for genbrug og genanvendelse?

Introduktion til Workshop 3

- **Definition af træbyggeri**
- **Viden og uddannelse**
  Er viden og uddannelse for at udnytte potentialet for træbyggeri i Danmark til stede? Vurder udfordringer hos bygherre, rådgivere, arkitekter, entreprenører, håndværkere, driftspersonel og vidensformidlere som leverandører, skoler og universiteter m.m.
- **Erfaring**
  Er den fornødne erfaring til at udnytte potentialet for træbyggeri til stede i Danmark? Vurder status og udfordringer hos rådgivere, arkitekter, entreprenører, håndværkere, driftspersonel og vidensformidlere som leverandører, skoler og universiteter m.m.
- **Information**
  Hvilken, og til hvem er det nødvendig at skabe information til for at udnytte potentialet for træbyggeri i Danmark?

Pause

10:00 - 10:15

WORKSHOP
1, 2 & 3

10:15 - 11:45

Opsamling i grupperne

Forbered præsentation og dialog

11:45 - 12:00

Frokost

12:00 - 12:45

Workshop 1+2+3

Hvordan vil I definere træbyggeri?

Workshop 1:

- Når træ udgør de bærende konstruktioner og det er klimaet og bæredygtige materialer der er i fokus…

Workshop 2:

- Når træ udgør facadematerialerne og er synligt udefra
- Når træ udgør de bærende konstruktioner
- Når volumenet af træ udgør mindst 50% af byggeriets materialer
- …modulbyggeri ikke synligt, volumen, ”sælge billetter” gør det ”folkeligt” og forståeligt,
- …mere træ i byggeriet ind i byggeriet ikke nødvendigvis synligt
- …profiler træets natur, altså dette materiale patinerer på denne måde
- Ændre arkitektur, konstruktiv træbeskyttelse
- Lavt-hængende frugter, start med parcelhusmarkedet
- Pas på green-washing
- Indholdsdeklaration på bygninger, så det er sammenligneligt (EPD-agtigt)

Workshop 3:

- Når volumenet af træ udgør mindst f.eks.75% af byggeriets materialer
- Når træ udgør de væsentligste elementer i de bærende konstruktioner over terræn. Dvs. Samlinger udføres i f.eks. stål. Beton anvendes til at forbedre akustik dæk.

Præsentation og dialog
v. Workshop 1

1 x 30 min

Hvilke initiativer og handlemuligheder, skal der til for at fremme træbyggeriet og en mere bæredygtig byggesektor i Danmark?

Workshop 1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Skovbrug (råmateriale)

Barrierer

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- Biodiversitet…
- Urskov
- DK: For lidt skovareal…
- DK: For ringe kvalitet
- EU: Import af træ – er det godt eller skidt?…
- Regnskoven forsvinder!…
- Skovindustri…
- Organisering af skovdriften i DK -

Potentialer

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- DK: Bidrage til C02 reduktion …
- Dyrket skov – bedre biodiversitet end landbrugsjord og urskov…
- Bedre kvalitet til bygningskonstruktioner…
- Bedre udnyttelse af træressourcer…og udnyttelse af de forskellige egenskaber
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. Mere skov mindre landbrugsjord i DK…
2. Klimaskov (mosaikskov) rettet mod byggeri…
3. Import af egnede træarter (indtil DK selv kan levere måske)…

Øvrige

- Klimaskov (mosaikskov) rettet mod byggeri
- Træarter: Fokus på egnede træarter…
- Dyrkning baserede på kvalitet og i mindre grad volumen
- Import af egnede træarter (indtil DK selv kan levere)
- …

Workshop 1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Træindustri (byggevare)

Barrierer

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- Godkendelse af nye produkter koster mange penge…
- Fragmenteret branche…
- Brand – mangler konsensus omkring tolkning af lovgivning…
- Håndtering: Skimmel og fugt. …
- Missing link mellem CE mærkning af produkter og national lovgivning
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- …
- …
- Bedre håndtering efterspørges…
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- Mere standardiserede løsninger- ressourcer til deltagelse i standardisering…
- Lovgivning tilpasses
- ”Nye” byggemetoder – kræver at materialerne holdes tørre i byggeproces
- Sikre korrekt anvendelse af byggevarerne…
- Håndtering af missing link - vidensformidling…
- …

Workshop 1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Projektering (byggeri)

Barrierer

Top tre

1. Brand …(- præaccepterede løsn., homogene materialer, ikke brandbare materialer, idag ikke funktionsbaserede krav fremfor materiale specifikke)
2. Lyd…(svært at leve op til med lette konstruktioner)
3. Fugt – forkert anvendelse kan ødelægge alt
4. Risiko – øget
5. LCC - træ bliver ikke belønnet efter fortjeneste
6. LCA – C02 lagring tages ikke til indtægt

Øvrige

Potentialer

Top tre

1. Byggeri over 4 etager…
2. Øget anvendelse af træ i byggeri…
3. Reduceret C02 udslip - uudnyttet genanvendelsespotentiale
4. Færre byggeskader
5. Bedre arbejdsmiljø

Øvrige

- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. Lovgivning (90 min brandklasse op til 8 etager som i andre lande)…
2. Mere præfab. byggeri
3. Præaccepterede løsninger til træ i andre brandklasser – flere penge☺
4. Præaccepterede ”lydløsninger”
5. Hybridløsninger…
6. Uddannelse - lyt til eksperterne…
7. Opdatering af LCA BYG

- VIS VAND VÆK også i byggeprocessen (overdækninger)
- Genbrugstræ – frit tilgængelig

Øvrige

- …

Kaffepause

13:45 - 14:00

Præsentation og dialog
v. Workshop 2 & 3

2 x 30 min

Hvilke initiativer og handlemuligheder, skal der til for at fremme træbyggeriet og en mere bæredygtig byggesektor i Danmark?

Workshop 2 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Opførelse

Barrierer

Top tre

1. Korrekt opbevaring indtil indbygning…
2. Dansk klima…
3. Forbrugerens holdning…

Øvrige

- Byggeproces…
- ”de 6 v´er” sbi anvis. 224…
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. Parcelhuse, tæt lav…
2. isolerende…
3. Massivtræ er brandteknisk forudsigelig…

Øvrige

- Mere træ i byggeriet gavner miljø og klima (både lokalt og globalt)…
- Tørt byggeri…(præfabrikerede elementer)
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. Indholdsdekleration (EPD)…
2. Obligatorisk bæredygtighedsklasse…
3. CO2/bæredygtigheds diplom til parcelhusejere (DGNB?) på de CO2 tungeste bygningsdele…

Øvrige

- …Skattemæssig kompensation, hvis man bygger med en vis %-del træ
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 2 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Brug, drift og vedligehold

Barrierer

Top tre

1. Forbrugeren, holdning…
2. Fugtfølsomt…
3. Manglende viden

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. Bedre indeklima (akustisk og varme)…
2. Let montage og de-montage…
3. arbejdsmiljø…

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. Information og gode eksempler…
2. CO2 regnskab, synlighed/pædagogisk forståeligt, den gode historie
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 2 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Genbrug og genanvendelse

Barrierer

Top tre

1. Hvad har det været brugt til før?(eksport af svamp og kemikalier)…
2. Statiske beregninger…
3. Samlingsmetoder…

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. CO2 neutralt…
2. Hvis skruet, let at demontere…
3. For-patineret…

Øvrige

- Kendt styrkesortering…
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. Design for adskillelse…
2. Bygningspas og materialepas…
3. Skovrejsning…

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 3 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Viden og uddannelse

Barrierer

Top tre

1. Betonlobbyen i DK
2. Manglende generel træviden i uddannelsesinstitutionerne
3. Manglende viden om konstruktiv træbeskyttelse (Arkitektur)…
4. Manglende viden om statik i højhuse af træ (rådgivende ingeniører)…
5. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. Viden er i udlandet, Sverrige, Norge, Tyskland, Østrig, England…
2. Mere uddannelse i træbyggeri…
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. Danske initiativer, som henter viden til DK nu…
2. Oprette nye FU-institutioner for samling af træviden…
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 3 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Erfaring

Barrierer

Top tre

1. Manglende praktisk erfaring…
2. Manglende grundlag for at kunne dokumentere træløsningers opfyldelse af BR-krav…
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. Erfaring fra nabolandes træbyggeri i mere end 20 år…
2. …
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. Eksempelsamlinger som samler viden fra nabolande for hvordan man løser brand, støj mm…
2. Praktiske anvisninger som eks. Træinfo…
3. Brandtekniske standardløsninger for højhuse i træ (Præaccepterede løsninger)…

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 3 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Information

Barrierer

Top tre

1. Bygherre mangler risikovillighed, hvad er fordelene ved træ?…
2. Usikkerhed om ”hvad er træbyggeri”?…
3. ”Træbyggeri kræver meget vedligehold”…

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. Gode (arkitekt)historier…
2. Imødegå fordomme med mere let tilgængelig information …
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

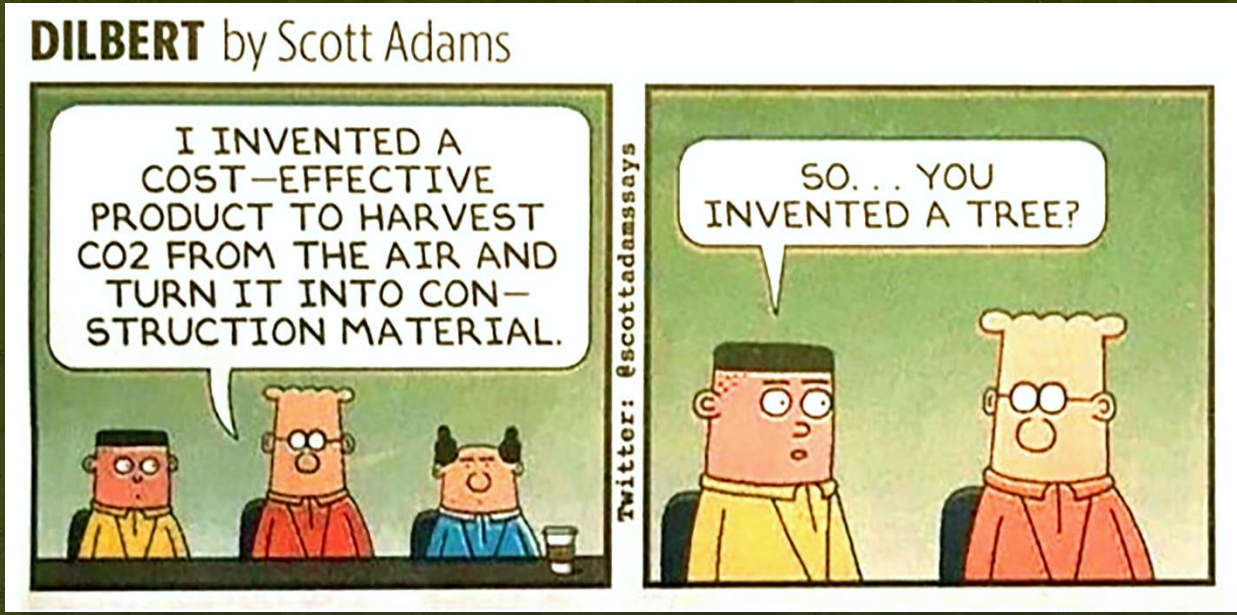
Top tre

1. Sammenkæde mere træbyggeri og klimamål (SDG mål nr. 13) Vigtigheden af at træbyggeri bidrager til en bedre CO_2 balance…
2. Information om, at træbyggeri ikke er brændfælder…
3. Information om at indeklimaet i træbygninger er bedre…

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

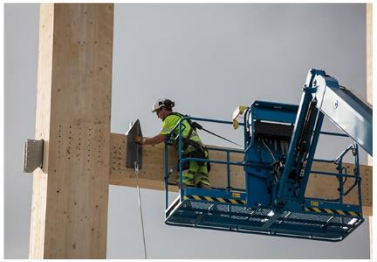
Tak for jeres tid og input til træbyggeriet



Bilag f: Dialogmøde om-fremme af træ i byggeriet-Roskilde

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen
Danish Transport, Construction and Housing Authority

Dialogmøde om fremme af træ i byggeriet



Dialogmøde om fremme af træ i byggeriet

Scandic Roskilde Park, Ved Ringen 2, 4000 Roskilde

Torsdag d. 6. februar 2020, kl. 9.30-15.00

v. Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, Kontor for byggeri og Build (SBi)

Transport- og Boligministeriet

Program

09:30 - 10:00	Introduktion + bordrunde (30 min)
10:00 - 10:15	Pause (15 min)
10:15 - 11:45	Workshop (seks grupper) (90 min)
11:45 - 12:00	Opsamling i grupperne (forbered præsentation) (15 min)
12:00 - 12:45	Frokost (45 min)
12:45 - 13:45	Præsentation og dialog v. Workshop 1 (3x20 min)
13:45 - 13:55	Kaffepause (10 min)
13:55 - 14:55	Præsentation og dialog v. Workshop 2 & 3 (3x20 min)
14:55 – 15:00	Tak for i dag

LISBJERG BAKKE i Aahus
34 almene og 5 ungdomsboliger
Arkitekt og foto: Tegnestuen Vandkunsten / Søren Nielsen

Introduktion

- Bordrunde
  Navn, virksomhed og faglig baggrund
- Baggrund
- Workshops

LISBJERG BAKKE i Aarhus
Foto: Helene Høyer Mikkelsen

Baggrund

- Fokusområde for ministeren
- Byggeriet skal bidrage til regeringens målsætning om at nedbringe Danmarks CO2-udledning
- Bred politisk opbakning til fremme af træ i byggeriet

DAGENS BYGGERI

Minister vil rykke myte op med rode og fremme træbyggeri

POLITIK | Af hal | 19. dec. 2019 KL. 10:09

Der er både politisk vilje og praktisk vej for at benytte mere træ i byggeriet. En af træ-virksomhederne havde i sidste uge besøg af boligmininister Kaare Dybvad. Foto: Taasinge Elementer.

Mere træ i byggeriet står højt på boligminister Kaare Dybvads ønskeliste, der i sidste uge besøgte Taasinge Elementer for at få et større indblik i nogle af mulighederne.

CO2-udledningen skal nedbringes, og fordi byggeriet er

Altinget

OMRÅDE MENU SØG

Boligminister: "Det er klart, vi skal bygge mere i træ"

Maria Neergaard Lorentsen

5. januar 2020 kl. 6:00 |

(Foto: Arthur J. Commelbeeck/Altinget)

INTERVIEW: Boligministeren ser et stort potentiale i byggeri med træ. Udfordringen ligger i byggeriets

POLICYWATCH

Christiansborg EU Global Virksomheder Mennesker Debat

Boligminister bebuder tiltag til mere bæredygtigt byggeri

Interessen for at bygge bæredygtigt i Danmark er stor, bare ikke når det gælder boligbyggeri. Det skal der laves om på. Nu skal Christiansborg på banen, mener man i organisationen Green Building Council Denmark. Regeringen er ifølge boligminister Kaare Dybvad på vej med nye tiltag.

Læs også

Embedsmænd advarer minister: Ny viden kan gøre det sværere at nå klimamål

FOLKETINGET

Folketingets Boligudvalg

Høring om bæredygtigt byggeri i træ

Onsdag den 22. januar 2020 kl. 9.00-11.40 i Landstingssalen, Christiansborg

FAOD FORBUNDET ARKITEKTER OG DESIGNERE

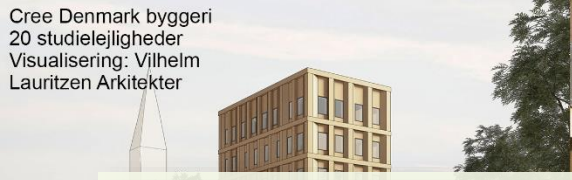
Forside > Boligminister vil have mere træ i byggeriet

NYHED / 8. JANUAR 2020

BOLIGMINISTER VIL HAVE MERE TRÆ I BYGGERIET

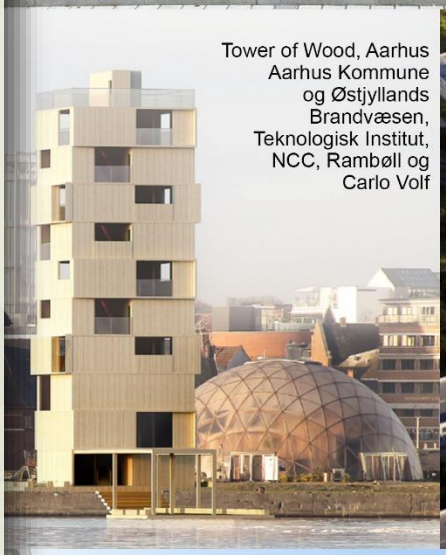
Bæredygtig omstilling af byggeriet

- Klimapartnerskaber
- Klimahandlingsplan
- National strategi for bæredygtigt byggeri
- Frivillig bæredygtighedsklasse


Cree Denmark byggeri
20 studielejligheder
Visualisering: Vilhelm
Lauritzen Arkitekter

Cree by Rhomberg, boligbyggeri i Østrig
Design: Hermann Kaufmann ZT GmbH

Fodboldstadion Forest Green Rovers FC, 5.000 tilskuere
Visualisering: Zaha Hadid Architects


Tower of Wood, Aarhus
Aarhus Kommune
og Østjyllands
Brandvæsen,
Teknologisk Institut,
NCC, Rambøll og
Carlo Volf

Almene boliger, Frankring
Arkitekt: JTB.architecture + MaO architectes
Foto: Fabien Brissaud

Örban, Sundbyberg i Sverige
Boligkvarter af træ
Visualisering: Arkitema Architects

‘Anvendelse af træ i byggeriet’ (analyse v. BUILD / tidl. SBi)

1. Status for viden

a) Kortlægning af nyere tids træbyggeri i Danmark. Anvendelsen af og udviklingen inden for træbyggeri over de seneste 10 år. Både i omfang og i hvordan træ anvendes.

b) Analyse af markedet for træbyggeri på baggrund af en kvantitativ spørgeskemaundersøgelse, dialogmøder og et antal kvalitative interviews. Analysen skal ligeledes komme med oplæg til hvordan brugen af betegnelsen ”træbyggeri” samt andre relaterede udtryk kan defineres.

2. Potentialer ved øget brug af træ i byggeriet

a) Beskrivelse af hvilke særlige potentialer der er ved anvendelse af træ i byggeriet.

3. Byggetekniske muligheder og udfordringer

a) Beskrivelse af de væsentligste byggetekniske muligheder ved brug af træ til bygningsdele fx CLT-elementer, massivtræselementer, præfabrikerede elementer, moduler, kassetter, præfabrikerede rummoduler og facadebeklædning af træ mv

b) Beskrivelse af de væsentlige udfordringer der er med træ i byggeriet. Både hvorledes udfordringerne opstår og hvordan de kan forebygges. Fx installationer til vand, el og varme, deformationer, tolerancer og risikoen for fugtproblemer, skimmelvækst, angreb af svamp og skadedyr, men også overholdelse af lydkrav og øget vedligeholdelsesbehov. Udfordringer beskrives både i forhold til opførelsen af et byggeri i træ og i driftsfasen.

4. Anlægs- og totaløkonomi samt LCA

a) Analyse af opførelsesomkostninger og betragtninger om totaløkonomi ved det, der kan betegnes som træbyggeri. Analysen sammenholdes med viden fra konventionelt byggeri.

b) Livscyklusvurdering (LCA) af en række byggerier og sammenligning af disse ud fra forskellige materialevalg og bygningstyper.

5. Opsamling fra nabolande

a) Nabotjek – Hvordan er markedet og udviklingen af træbyggeri i nabolandene, som Sverige, Norge, Finland, Tyskland og evt. Holland samt de Baltiske lande, gået.

b) Har politiske initiativer fx handlingsplaner, og ændringer af reguleringen fremmet brugen af træ i nabolandene Sverige, Norge, Finland, Tyskland Holland, men også i lande som Østrig, Frankrig og Canada.

6. Potentialet for byggeri i træ i Danmark i 2030

a) Med udgangspunkt i forskellige relevante forudsætninger laves en vurdering af potentialet for byggeri i træ i Danmark i år 2030.

Projektets resultater offentliggøres og præsenteres på en afsluttende konference d. 4. maj 2020, som også vil fungere som en opfølgning på de afholdte dialogmøder.

3 parallelle workshops
- barrierer, potentialer og anbefalinger

90 min

Workshop 1

- Definition af træbyggeri
- Skovbrug (råmateriale)
- Træindustri (byggevare)
- Projektering (byggeri)

Workshop 2

- Definition af træbyggeri
- Opførelse
- Brug, drift og vedligehold
- Genbrug og genanvendelse

Workshop 3

- Definition af træbyggeri
- Viden og uddannelse
- Erfaring
- Information

LISBJERG BAKKE i Aarhus
Foto: Helene Høyer Mikkelsen

Introduktion til Workshop 1

- **Definition af træbyggeri**
- **Skovbrug (råmateriale)**
  Muligheder og udfordringer for aktivt skovbrug i Danmark. Hvilke arealer, trætyper, produkter, produktionsformer, anden udnyttelse (fx rekreativ) er der potentiale for i Danmark. Er skovdrift og biodiversitet modsætninger og kan aktivt skovbrug reducere atmosfærens CO2?
- **Træindustri (byggevare)**
  Håndtering af træ og forarbejdning af produkter. Høst, transport og lagring af træ, sortering af kvaliteter, anvendelser af kvaliteter, forarbejdning og hvilke byggevarer er der potentiale for i Danmark?
- **Projektering (byggeri)**
  Hvad skal der til for at projektere i træ? Fx viden i forhold til anvendelser, produkter, tolerancer, deformationer - korte som lange, bæreevne, ensartethed, montage, samlinger, brand, lydforhold og fugt m.m

Workshop 1

Hvordan vil I definere træbyggeri?

- ❑ Når træ udgør facadematerialerne og er synligt udefra
- ❑ Når træ udgør væsentlige indvendige overflader og er synligt indefra
- ❑ Når træ udgør de bærende konstruktioner
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 50% af byggeriets materialer
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 75% af byggeriets materialer
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 95% af byggeriets materialer
- ❑ …
- ❑ …
- ❑ …

Workshop 1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Skovbrug (råmateriale)

Barrierer

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Introduktion til Workshop 2

- **Definition af træbyggeri**
- **Opførelse**
  Hvad skal der til for at opføre træbyggeri? Fx viden i forhold til anvendelser, produkter, tolerancer, deformationer - korte som lange, bæreevne, ensartethed, montage, transport, håndtering, robusthed, byggeskik og fugt m.m
- **Brug, drift og vedligehold**
  Er der særlige hensyn til brug, drift og vedligehold af træbyggeri? Hvilke?
- **Genbrug og genanvendelse**
  Hvilke potentialer er der ved træbyggeri i forhold til genbrug og genanvendelse?
  Hvad er de tilknyttede udfordringer for at opnå potentialet for genbrug og genanvendelse?

Introduktion til Workshop 3

- **Definition af træbyggeri**
- **Viden og uddannelse**
  Er viden og uddannelse for at udnytte potentialet for træbyggeri i Danmark til stede? Vurder udfordringer hos bygherre, rådgivere, arkitekter, entreprenører, håndværkere, driftspersonel og vidensformidlere som leverandører, skoler og universiteter m.m.
- **Erfaring**
  Er den fornødne erfaring til at udnytte potentialet for træbyggeri til stede i Danmark? Vurder status og udfordringer hos rådgivere, arkitekter, entreprenører, håndværkere, driftspersonel og vidensformidlere som leverandører, skoler og universiteter m.m.
- **Information**
  Hvilken, og til hvem er det nødvendig at skabe information til for at udnytte potentialet for træbyggeri i Danmark?

Pause

10:00 - 10:15

WORKSHOP
1, 2 & 3

10:15 - 11:45

Opsamling i grupperne

Forbered præsentation og dialog

11:45 - 12:00

Frokost

12:00 - 12:45

Præsentation og dialog v.
Workshop 1.1, 1.2 og 1.3

3 x 20 min

Hvilke initiativer og handlemuligheder, skal der til for at fremme træbyggeriet og en mere bæredygtig byggesektor i Danmark?

Workshop 1.1

Hvordan vil I definere træbyggeri?

- ❑ Når træ udgør facadematerialerne og er synligt udefra
- ❑ Når træ udgør væsentlige indvendige overflader og er synligt indefra
- ❑ Når træ udgør de bærende konstruktioner for bygninger på maks. 4 etager
- ❑ Når træ udgør adskillende konstruktion

- ❑ Når træ på overflader udgør mere end XX % af væggens overflade (indvendigt og facadebeklædning)

Workshop 1.1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Skovbrug (råmateriale)

Barrierer

Top tre

1. Kan træproduktionen følge med behov i industrien
2. Lang tid fra beplantning til brug for konstruktionstræ og CLT (40 år) og vinduestræ/gulvtræ (ca. 100 år)
3. Manglende incitament pt. for at plante skov i DK

Øvrige

- Udfordring for biodiversitet?
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. Tilvækst større end hugst
2. Kan dansk træ anvendes i andre sammenhænge end i dag hvor en stor del går til emballage
3. Genanvendelse af træ – upcycling

Øvrige

- Anvendelse af nabolandes træ
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. Oplysning til den almene befolkning om at træ er godt for klima og miljø og at det er en fornybar ressource
2. Mere skovproduktion og områder i DK skal omlægges til skov for at forbedre konkurrenceevne på sigt
3. Indføre virkemidler til at skabe incitament for mere anvendelse og beplantning af træ

Øvrige

- Bliv inspireret af nabolande
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 1.1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Træindustri (byggevare)

Barrierer

Top tre

1. Generel…
2. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. …
2. …
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 1.1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Projektering (byggeri)

Barrierer

Top tre

1. Manglende retningslinjer for byggeri i træ i dokumentationskrav, metode og kontrol ift. brand
2. Mangler tilgængelig dokumentation for hvor længe træ bevarer sin kvalitet i brandforhold i hele bygningens levetid og dermed lovgivningens krav til konstruktionen
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. Billigere at opføre træbyggeri
2. Der er CO2-besparelser – der lagres ca. 1Tons CO2 i 1m3 træ
3. Køber os tid i lagringen

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. Tænk og undersøg fra TBST i helhedsløsninger – miljø, ressourcer, økonomi, sikkerhed og sundhed
2. Undersøgelse af den samlede konstruktions CO2-belastning samt ift. støj- og brandkvalitet ved nye og genanvendelse af træ samt ved forskellige træarter og andre materialer
3. Undersøgelse af nabolandes erfaringer med samlet CO2-belastning over levetid (opførelse, drift og vedligeholdelse) samt brandforhold, herunder indsatsforhold

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 1.2

Hvordan vil I definere træbyggeri?

- I primære konstruktioner når det erstatter fx beton
- Facader og andre sekundære bygningsdele når det erstatter CO2-belastende materialer, fx skalmur

Workshop 1.2 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Skovbrug (råmateriale)

Barrierer

Top tre

1. Klima er for varmt i DK…
2. Arealer er for små…
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. Fornybar ressource
2. Næsten ubegrænsede ressourcer på verdensplan, og i nærområdet…
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. Brug certificeret træ og EPD…
2. Information om transport mv.

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 1.2 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Træindustri (byggevare)

Barrierer

Top tre

1. Manglende og forældede harmoniserede standarder…
2. Dokumentation for brandkrav er uoverskuelig…
3. Manglende samarbejde i branchen…

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. Det meste kan lade sig gøre …
2. Brandforløb er forudseelige…
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. Branchestandarder for anvendelsen i byggeriet…
2. - også for drift og vedligehold…
3. Pres på kommissionen vedr. harmoniserede standarder…

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 1.2 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Projektering (byggeri)

Barrierer

Top tre

1. Brandkrav bygger primært på erfaring …
2. - Ikke kun over 4 etager…
3. Opfylde lydkrav…

Øvrige

- Forebygge fugtskader…
- Pris pga manglende erfaring…
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. Kort byggetid…
2. Industriasiering…
3. Bæredygtigt…

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. Mere videnbaserede krav…
2. Erfaringsudveksling…
3. Bedre uddannelse…

Øvrige

- Forsøgsbyggerier…
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 1.3

Hvordan vil I definere træbyggeri?

- Når træ udgør de bærende konstruktioner over terræn
- Når træ udgør den primære økonomiske volumen mere end 30%
- Hybridbyggeri – træ anvendes hvor det giver menig

Workshop 1.3 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Skovbrug (råmateriale)

Barrierer

Top tre

1. Biodiversitet for skovbrug
2. Tidsperspektiv for DK skov
3. …

Potentialer

Top tre

1. …
2. …Øge skovareal
3. …

Anbefalinger

Top tre

1. …Balanceret tilgang imellem produktion og biodiversitetetn
2. …Fart på forøgelse af skovareal
3. …

Træindustri (byggevare)

Barrierer

Top tre

1. Planter hjemmehørende træer
2. Tilgængelighed, regional
3. Kritisk masse

Potentialer

Top tre

1. Produktudvikling – CLT produktion
2. …
3. …

Anbefalinger

Top tre

1. Fart på tilplantning
2. Fart på træbyggeri
3. …

Workshop 1.3 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Projektering (byggeri)

Barrierer

Top tre

1. Fælles reference nye normer fx brand, lyd
2. Brand, sprinkler
3. Traditioner – fugt, brand, stabilitet

Øvrige

Potentialer

Top tre

1. Tilpassede lydkrav
2. Nationale retningslinjer
3. …

Øvrige

Anbefalinger

Top tre

1. Løsninger fra nordiske naboer
2. Flere præaccepterede løsninger
3. Viden og uddannelse

Øvrige

- Branchestandarder

Workshop 1.3 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Træindustri (byggevare)

Barrierer

Top tre

1. Planter hjemmehørende træer
2. Tilgængelighed, regional
3. Kritisk masse

Potentialer

Top tre

1. Produktudvikling – CLT produktion
2. …
3. …

Anbefalinger

Top tre

1. Fart på tilplantning
2. Fart på træbyggeri
3. …

Kaffepause

13:45 - 13:55

Præsentation og dialog v.
Workshop 2.1, 3.1 og 3.2

3 x 20 min

Hvilke initiativer og handlemuligheder, skal der til for at fremme træbyggeriet og en mere bæredygtig byggesektor i Danmark?

Workshop 2.1

Hvordan vil I definere træbyggeri?

- Træbyggeri består helt af træ
- Træbaseret byggeri omfatter byggeri hvor ”volumenet” af træ udgør mindst 65% af byggeriets materialer.

Workshop 2.1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Opførelse

Barrierer

Top tre

1. Beskyttelse af materialer under opførelse (større krav til depotplads)
2. Manglende erfaring med træ- og træbaseret byggeri
3. Manglende sikkerhed under byggeprocessen ifht. brand

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. Hurtigere
2. Lettere
3. Transport
4. Større præcision
5. Mindre energibehov
6. Mindre spild

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. Just-in-time leverancer
2. Uddannelse af byggefagfolk
3. Faggrupper afklarer hvem der monterer f.eks. CLT-elementer (tømrer/elementfolk)
4. Klarere beskrivelse af f.eks. Flugtvejsforhold i byggefasen (behov for flere flugtveje)

Øvrige

- Anden risikofordeling
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 2.1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Brug, drift og vedligehold

Barrierer

Top tre

1. Manglende erfaring med træ- og træbaseret byggeri
2. Arkitektur understøtter ikke beskyttelse af træfacader
3. Frygt for drifttyngde (maling, råd, svamp)
4. …
5. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. Bedre indeklimaoplevelse
2. Nemmere udskiftning ved skader
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. Større differentiering mellem bygningstyper (en , tre, eller ti etager) og fordele/ulemper ved træmaterialet
2. Særlige krav til træbyggeri i SBI-anvisninger
3. Vidensopsamling fra Danmark og Norden, Østrig mv.
4. Fokuser på andre bygningsdele end facaden

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 2.1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Genbrug og genanvendelse

Barrierer

Top tre

1. …Ukendte materialeparametre ved genanvendelse (styrke og brand)
2. Manglende erfaring med træ- og træbaseret byggeri
3. Logistik – opbevaring frem til ny brug
4. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. Træ kan let adskilles, og opdeles
2. Flere genanvendelsesmuligheder – også som anden type komponent end oprindeligt

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. Krav til sortering ved ombygning/nedrivning
2. Materialebanker
3. Genbrug af fraktioner som f.eks. Papiruld
4. Klassifikation ud fra adskillelse

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 3.1

Hvordan vil I definere træbyggeri?

- Når træ udgør mere end 60%(volumen) af de bærende konstruktioner over jordoverfladen

Workshop 3.1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Viden og uddannelse

Barrierer

Top tre

1. Manglende uddannelse på universitetsniveau
2. Manglende forskningsmiljø
3. Manglende finansieringsgrundlag for pkt 1 og 2

Potentialer

Top tre

1. Indhente viden og erfaringer fra udlandet
2. Samarbejde med forskningsmiljøer i udlandet

Anbefalinger

Top tre

1. Øgede budgetter til uddannelse og forskning i træbyggeri
2. Hente viden fra udlandet…

Workshop 3.1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Erfaring

Barrierer

Top tre

1. Konkurrence bremser videndeling på tværs i branchen
2. Lobbyisme fra betonbranchen
3. Myter/fordomme om brand og fugt

Potentialer

Top tre

1. Benytte erfaringer fra udlandet
2. …
3. …

Anbefalinger

Top tre

1. Eksempelsamling med referencer til udlandet
2. Sanering af produktstandarder og annekser ift. at benytte europæiske erfaringer – matche lyd- og brandkrav
3. Forsøgsbyggeri – offentligt udbud af fyrtårnsbyggeri med videndeling

Øvrige

1. Fælles funktionskrav for alle materialer

- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 3.1 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Information

Barrierer

Top tre

1. Ressourcer
2. Bygningslovgivningen ift træ er meget svær at tolke og dokumentere
3. Støj og misledende argumenter imod træ

Potentialer

Top tre

1. Ministeren bakker op…
2. En god fortælling…
3. Mere information vil øge andelen af træbaseret byggeri…

Anbefalinger

Top tre

1. Faktabaseret kommunikation
2. Etablere Center for Grønt Byggeri i styrelsen…
3. Entydigt Bygningsreglement

Øvrige

- Flere ressourcer til grøn omstillinger i embedsværket
- Informér skolebørn og træs egenskaber
- Mulighed for garantiordning

Workshop 3.2

Hvordan vil I definere træbyggeri?

- ❑ Når træ udgør facadematerialerne og er synligt udefra
- ❑ Når træ udgør de bærende konstruktioner
- ❑ Når volumenet af træ udgør mindst 50% af byggeriets materialer

Workshop 3.2 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Viden og uddannelse

Barrierer

Top tre

1. Manglende finansiering(træindustrien ligesom vi fx ser fra betonindustrien)
2. Manglende forskning
3. Manglende undervisning (grunduddannelsen)

Øvrige

- Manglende viden om CO2 (vugge til grav – hvad er belastning i forhold til at bygge træ kontra andre materialer)
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. Genbrug af materialet
2. Flere byggerier giver mere viden og anvendelse af træ
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. Regulering fx støj
2. Forskningsmidler
3. Krav om minimumsviden/undervisning på bachelor uddannelser

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 3.2 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Erfaring

Barrierer

Top tre

1. Vidensdeling (industri)
2. …
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. Erhvervsuddannelse (fx tømrer)
2. Erfaringer fra historisk byggeri
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

Top tre

1. Referanceopsamling fra større træbyggerier
2. …
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Workshop 3.2 - barrierer, potentialer og anbefalinger

Information

Barrierer

Top tre

1. Undervisningsmateriale
2. Erfaringer (gode & dårlige)
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Potentialer

Top tre

1. Større information til slutbrugeren
2. Flere byggerier
3. Større erfaringer hos ”teams”

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Anbefalinger

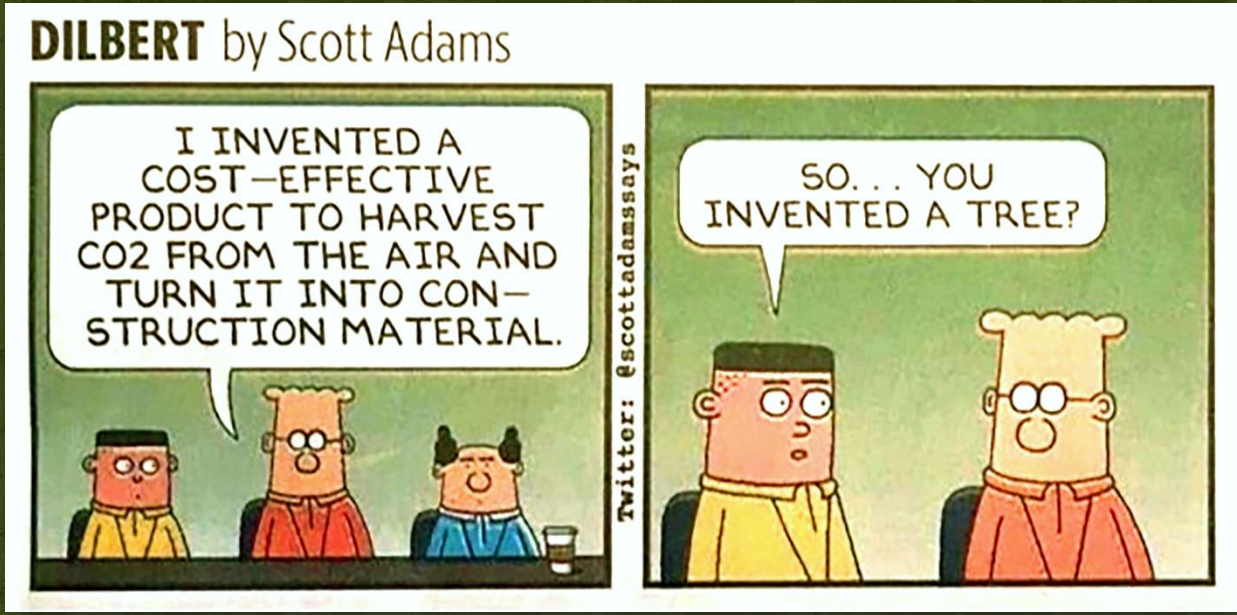
Top tre

1. Videncenter om træ (Alle faser i byggeriet)
2. …
3. …

Øvrige

- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …
- …

Tak for jeres tid og input til træbyggeriet



Bilag g: Noter fra dialogmøder om fremme af træ i byggeriet

Aalborg (3/2), Middelfart (4/2) og Roskilde (6/2)

Definition af træbyggeri

- Træ skal være en væsentlig del af byggeriet.
- Fundamentet skal være i beton, ligesom den stabiliserende kerne ved højt byggeri.
- Økonomisk volumen. Definition ud fra økonomi.

Workshop 1

Skovbrug (råmateriale)

- FSC-certificering tager højde for miljø og sociale forhold.
- Tidsmæssigt aspekt en udfordring på den korte bane.
- DK kan ikke blive selvforsynende med træ.
- Brakmarker – kunne de bruges? Brakjord, opdyrke jord, tage jordbrug ud, vil have andre effekter, større grad af biodiversitet.
- Certificering af genbrugstræ
- Tid og kvalitet
- Er det nødvendigt med lange længder? Vinduesproducenter har sort set ikke noget spild. Robotter skærer knaster fra og derefter limes stykkerne sammen. Vinduesindustrien er super gode til optimering.
- Diversiteten i træsorter er ikke så stor i DK. Forskellige træsorter har forskellige egenskaber. Potentialet ligger i konstruktionstræ. Terrasser og facader kræver hårdt træ, som vi ikke har i DK.
- Vi skal importere nu og plante skov, så vi på sigt kan levere mere selv.
- Vi har snart ikke mere grus.
- Træ er en fornybar ressource.
- Hvor meget træ producerer vi selv i dag?
- Hvor meget dansk træ bliver til byggevarer?
- Hvor stor en del af de anvendte træbyggevarer er dansk produceret?
- Transportenergi er et meget lille problem. Det er helt OK at hente træ fra nabolandene klimamæssigt.
- Træet skal være bæredygtigt.
- Kæmpe potentiale i f.eks. Sydamerika. Frem for at brænde skoven af til omlægning til biobrændsel eller landbrug, skulle der i stedet udvikles bæredygtig skov til konstruktionstræ og trævarer. Træsorter med andre egenskaber.
- Råtræet kan sagtens importeres.
- Afgrænset ressource i dag i DK. Skal ses som en regional ressource.
- Plant de rigtige træer. Nåletræer. Douglas gran.
- Vi har nogle af de bedste produktionsarealer i statens skove.
- Merværdi, rekreation, biodiversitet, rent drikkevand.
- Frem køb af certificeret træ. Frem produktionen af certificeret skovbrug.
- Lille industri i DK, som er meget følsom. Hård konkurrence fra udlandet. Lav svensk krone. Ejersammensætning – mange ejer et lille stykke jord – uorganiseret. Skovejere i Sverige ejer også industrien, de er organiseret som andelsbevægelsen, ejerstrukturen sikrer den store kritiske masse.

Træindustri (byggevare)

- Udfordringer med CLT-elementer ift. brand – CLT delaminerer.
- CLT-området er ikke reguleret. Ikke med i Eurocoden og ikke standardiseret.
- Indebrændingshastigheden er baseret på massivtræ.
- Thermo-modificeret træ er 100 % genanvendeligt.
- Brandimprægneret / -hæmmende produkter, det skal altid afklares hvad det skal bruges til.
- DoP'en (declaration of performance / ydeevnerdeklarationen) læser rådgiverne sjældent.
- Licitationen 22/1
- CLT dumper, der mangler viden om hvordan det laves rigtigt.
- Kan man 'chippe' byggematerialer?
- Kan man flytte et BR08 byggeri uden at det straffes?
- Vi skal ud og fortælle, at nu flytter vi hele industrien fra beton til træbyggeri.
- Modificeret træ.

Projektering (byggeri)

- Hvordan ser CO2-regnskabet ud hvis råhuset er af træ og det hele så pakkes ind i brandgips? Hvis vi ser klimamæssigt på det, hvad så?
- Plejer er den store barriere.
- Byggeriet er rimelig firkantet og traditionelt. Muligheden er der.
- Vurder den samlede brandbelastning i et område.
- Brandcertificeringer kræves ved den mindste afvigelse. Generelt problem ved opbygning af beklædninger. Der mangler viden på det her felt. Der mangler tests og prøvninger, det koster f.eks. nemt 300.000 kr. at få prøvet et nyt vægelement, og det er ingen garanti for at det godkendes. Vi kræver meget, men hvor meget mere brandsikkerhed får vi? Og hvad så, når materialerne er bygget sammen? Det kræver kortere proces.
- Certificeret træbyggeri? Hvad er væsentligt? Hver det er muligt at anvende træ. Noget med CO2-aftryk.
- Lovgivning ift. facader er ikke ændret i 30 år.
- Aftal nogle spilleregler i en periode.
- God dialog med forsikringsselskaber tidligt.
- Meget lobbyarbejde fra beton og teglindustrien.
- Build in wood, Build in CLT.
- Standardisering.
- Eksempelsamlingen er ude pr. 1/1 2020.
- Vil bygherren betale for det?
- Væksten er i byerne. Mange nye 5, 6 og 7 etager i København og Aarhus.
- Præ-accepterede løsninger: Man kan ikke bygge i CLT, det er ikke så godt brandmæssigt.
- Hvorfor har vi ikke en klasse i 90 min?
- Tolkningen af brandkravene er ikke materialeneutral. Hvor hurtigt folk kan reddes ud, burde være i fokus. Beskyttelsesniveauet.
- De har ikke præ-accepterede løsninger i Norge til noget der er højere end 4. etager.
- Diskrimination af træbyggeri, ubrandbare materialer, brandtekniske løsninger.
- Op til 10 etager i CLT er ikke et problem, derover skal der ske noget ift. vindlast.
- LCC > hurtigere byggeproces, altså lavere omkostninger, honoreres ikke.
- Værktøjerne skal være gode nok! Meget forvirring f.eks. er det kommet frem, at beton over 8 etager er bedre LCA-mæssigt.
- Tæller teltoverdækning i LCC-beregning?
- Vis vand væk (konstruktiv træbeskyttelse), væk fra den firkantede arkitektur, mere sadeltag og udhæng.
- De 6 v'er: Vis vand væk - vand volder vanskeligheder.
- Beregning vs. de faktiske forhold.

- LCA tager 100 timer at fylde godt ud. Se på graduering. Vi skal gøre det for at ændre adfærd.
- Hvordan kan vi minimere risikoen ift. brand, fugt og lyd?
- Man skal bygge træbyggerier, som var man snedker.
- Der er ingen krav til den fugtsagkyndige, man stiller ingen krav. Den fugtsagkyndige skal på banen før byggeriet. Nu kommer de først på banen når det er gået galt.
- Overfladefugt, vand- / fugtoptagelse – og -afgivelse. Lavthængende frugter.
- DGNB for parcelhuse er på trapperne. Konsensus om at man skal regne.
- Tilbage til småhusreglementet og så er BR til øvrigt byggeri.
- Funktionsbaseret krav gør det svære at vide hvordan man sikrer et sundt og sikkert byggeri.
- Det er meget kompliceret at være bygherre i dag.
- Savner katalog.
- Simpel indholdsfortegnelse, narrativ / fortællingen er vigtig!
- Alment byggeri skal bruge velkendte og afprøvede materialer, det er en udfordring ift. udvikling.
- Opdel klasserne i parcelhus, 3-4 etager, 5-8 etager og meget højt byggeri.
- Det behøver ikke være træ på facaden
- Lokalplaner kan kun stille krav til det visuelle udtryk og materialevalg, ikke f.eks. at de bærende konstruktioner skal være i træ.
- Brandmodstandsevnen, svækkes den over tid ift. brandimprægne-ring?
- Er der ikke noget miljømæssigt problematisk ift. brandimprægnering og lign. beskyttelse?
- Der findes et nyt Erfa-blad om træimprægnering.
- Brandkrav er baseret på mange års betonbyggeri.
- Brandbeskyttelsessystem
- Reglerne er skrappere.
- Det er svært at ombygge en ejendom med træbjælkelag pga. mang-lende dokumentation.
- Meget bunder i gamle erfaringer.
- Manglende og forældede harmoniserede standarder. Kommissionen blokerer alt.
- Lovgivning er baseret på erfaring – historisk erfaring.
- Flankeprøvninger ift. lyd er svært.
- Meget glidende overgang mellem træ-, hybrid- og betonbyggeri. Træ-hybrid.
- Anbefaling, tilpas lydkrav.
- Differentieret krav i BR med tilhørende anvisninger.
- Kunne den kommende frivillige bæredygtighedsklasse være mere lempelig ift. noget byggeri? Højere krav til lavere byggeri f.eks. ift. lyd.
- LCA-vejen er fair.
- CO2-afgift ved udledning og tilskud ved lagring.
- Arkitekterne vil gerne vise materialerne frem.
- Vi har meget få regler og et tyndt nationalt anneks ift. træ.
- Bør ændre BR til at se på byggeriet som et ressourcespørgsmål.

Workshop 2

Opførelse

- Selve udførelsen er / kan være et issue! Hvordan bygger vi? Doku-mentation.
- Største problem: Viden og uddannelse.
- På byggepladser, det er ikke altid der foregår det der skal.
- Den måde man organiserer byggeriet på, er en udfordring, f.eks. total-entreprenøren har meget magt.
- Hvis det er for svært, holder folk sig væk.
- Man kan fremme træbyggeri ved at gøre det momsfrit.

- Tillad at finanstilsynet kan stille lempeligere krav til belåning ved bæredygtigt byggeri. En lavere bidragssats kan f.eks. sikre at den nødvendige kapital stilles til rådighed.
- Skift i det offentlige byggeri, bruger totalentreprenører, så totalentreprenørerne styrer meget.
- Vi vil være så sikre, at det går ud over innovationen.
- Der er barrierer hos entreprenørerne. Pris. Usikkerhed under udførelse.
- Træindustrien skal bidrage til at definere hvordan produkterne håndteres og bygges ind i byggeriet. Montagekrav.
- Byggetiden er den helt store fordel ved træbyggeri. Det skal ikke udtørre.
- Krav til god byggeskik.
- Krav til afdækning.
- Måske er træbyggeriet på papiret billigere, men i praksis er det dyrere når entreprenøren giver tilbud med usikkerhed.
- Det er super vigtigt at få styr på processerne.
- Mere standardiseret træbyggeri – Erfaringen er, at priserne holdes og der er nogle lærepenge, som entreprenøren på tage på sig.
- Hvem skal betale lærepengene? Der skal investeres i det. Ellers løber de udenlandske entreprenører med opgaverne.
- God byggeskik kan være en barriere.
- Fornuftigt træbyggeri skal bygges under overdækning.
- Hvad skal det koste og hvordan kapitaliserer vi træbyggeriet?
- Hvordan bruger vi træet økonomisk? Økonomisk volumen. Definition ud fra økonomi.
- Vi skal passe på med ikke at overproblematisere tingene. Det regner også i Vancouver.
- Hvorfor skal vi i DK altid opfinde den dybe tallerken?
- Byggepladskrav til opbevaring.
- Faggrupper – CLT – er det elementfolk eller tømre? Montagedelen skal uddannes.
- Anden risikofordeling ift. entreprenører og bygherrer ift. usikkerhed. Statslig pulje kan hjælpe i gang.
- Forunderligt, at der ikke bygges mere i træ, når man ser på fordelene.
- Det skal dokumenteres og kapitaliseres på en anden måde.
- Garantiordning, forsikringsordning, vi skal sælge tryghed.
- Hvorfor ikke punktfundering med træpæle?

Brug, drift og vedligehold

- Vi får skabt nogle gode historier
- Forbrugeren vil have vedligeholdelsesfrit byggeri.
- Træ giver varme gulve.
- Brugeroplevelsen har betydning, når facadetræet bliver gråt, synes mange det er grimt., lost in translation, gode udsagn, forventningsafstemning, casebank der viser hvordan træet ser ud efter 2, 5, 10 år.
- Materialepas, hvad er der sket i den periode materialet har været brugt.

Genbrug og genanvendelse

- Selektiv nedrivning.
- Kan man genbruge træ der er brandimprægneret? Kan det bruges til noget, f.eks. spånplader?
- Krav til sortering ved ombygning og nedrivning.
- Bedre nedrivning i fraktioner.
- Klassifikation ud fra adskillelse – giver point i DGNB
- Chip byggevarerne mhp. dokumentation gennem hele byggevarens levetid.

Workshop 3

Viden og uddannelse

- Mere målrettet uddannelse. Sæt krav til antal uddannet
- Niras har afholdt træ-arrangement for 150 personer.
- Overblik over muligheder for uddannelse.
- Uddanne kandidater, vigtig del af fødekæden, der har ikke været en professor i træ i 10 år! Kunne man slå sig sammen i brancher ift. finansieringen? Men er DK et nemt marked at operere i?
- Uden et uddannelsesmiljø, er der ikke et tilstrækkeligt økosystem. Det er vigtigt, at vi har nogle bannerførere.
- Viden er ikke samlet og synligt – der mangler de danske eksempler.
- Mange fordomme.
- Der er mange politiske ting, som blokerer.
- Det er den overordnede pakke der skal snøres.
- Der mangler viden om konstruktiv træbeskyttelse.
- Bevidsthed om risici.
- Der mangler opbakning fra uddannelsesinstitutionerne
- I 10 år har der ikke være en træ-professor i DK
- Uni-center for træ
- Én indgang til viden – ikke en masse spredt.
- Mere uddannelse generelt.
- Hvis der ikke er en industri eller branche der vil finansiere et træmiljø, bliver det ikke til noget.
- Brug den viden der allerede findes.
- Der skal uddannes kandidater.
- Hele værdikæden skal løftes.
- Nogen skal i gang med at hjælpe rådgiverbranchen.
- Præaccepterede løsninger kunne vi virkelig godt bruge på erhvervsskolerne. Brand, lyd og fugt.
- Vigtigt med holistiske løsninger.
- Varmeegenskaber.
- Slå i bordet hos EU-Kommissionen. De blokerer for al udvikling iht. at godkende og harmonisere standarder.
- Hvem modtager feedback? DS. Standard formular, pkt. vi skal være særligt opmærksomme på. Ting bliver blokeret.
- Denne problemstilling drypper helt ud på byggepladsen. Selv folk der bruger rigtig meget tid på det, har svært ved at finde hoved og hale i det hele.
- BR er funktionsbaseret. Derfor bliver vejledninger hurtigt rettesnoren for efterlevelse.
- Fugt og brand er meget ukonkret, men det bliver bedre på brand efterhånden som vejledningerne udgives.
- Meget forskellig viden, men den bliver ikke delt – brancheforeninger for hhv. facade og konstruktioner.
- Del viden om f.eks. brandtest. Mere åbenhed om prøvninger. Der sidder hvert enkelt firma og holder på viden. Når der laves test / brandtest / prøvninger, så er de ikke offentligt tilgængelige.
- Vidensamling i DBI – hvordan indhentes den? Hvordan deles den?
- DBI er en privat virksomhed, som vi er nogen der konkurrerer med.
- Når man ser en procedure, så ligger der en kvalifikationsrapport der siger hvilke betingelser der er for at få den tildelte klasse.
- Hvad koster et forskningsmiljø?
- De har skåret i basismidlerne – genindfør.
- Kravet til ekstern finansiering bliver større og større.
- Videndeling er svært i vores branche. Hvordan håndterer vi konkurrencen?
- Mange myter og fordomme.
- Mere copy paste mulighed
- Lav nogle fyrtårnsprojekter, som kan danne grundlag for den viden der skal til ift. at revidere BR.
- Der skal flere fornybare løsninger.
- Gennemtænk BR.

- Det offentlige bør gå foran.
- Branche skal være mere åben – mest viden om udfordringer kommer gennem syn og skøn sager.
- Branduddannelserne mangler viden om træ og materialelære.
- Den fri forskning er stort set væk.
- Træbranchen skal kende deres besøgstid og finde finansiering.
- Videndeling i industrien – de holder for meget på det. Hvordan knækker man den nød?
- Meget viden er ved at gå tabt.
- Referenceopsamling fra større træbyggerier ift. klima og brugeroplevelse.
- Udvid træinformation, hvordan gør de i andre lande?
- Erfaringer – både gode og dårlige.

Erfaring

- Der mangler erfaring
- Hvor lang er levetiden? Hvis man vedligeholder sin facade, kan trækonstruktionen blive stående i meget lang tid.
- Wood construction conference med 1.000 bygningseksempeler.
- Katalog over bygningsdetaljer, samlingsdetaljer.
- Alle kigger på de præaccepterede løsninger.
- Kortlægning af støjkrav i DK og nordiske lande – er der noget at hente her?
- Man skal ikke give køb på noget, før man kender helheden, det gælder også lyd.
- Traditioner og pris.

Information

- Kvæl bæredygtighedsbegrebet > Det er sund fornuft.
- What's in it for me?
- Træ giver velvære, man føler sig godt tilpas. Det er et "varmt" materiale.
- Viden / oplysning om det gode træbyggeri.
- Bedre indeklima.
- Bidrager til CO2-balance.
- Afliv myter om brandfælder.

Bilag h: Bygningsbeskrivelser fra SolidWood projektet

Villa i Ebeltoft

Projektidé

Arkitektens opgave bestod i at tegne et hus på en skrående grund bevokset med gamle fyrretræer. Det resulterede i et længehus, bygget vinkelret ud i dalen i to etager. Materialerne består primært af træ, stål og beton. Grundidéen bestod i at huset skulle gennemskæres af et 0,9 m bredt lysbånd placeret i begge gavle og forbundet via et rytterlys i husets rygning.

Konstruktionsprincip

Den konsekvente gennemskæring af huset er muliggjort ved anvendelse af et bærende princip bestående af rammer stabiliseret med skiver. Huset er opbygget af tre limtræsrammer med en indbyrdes afstand på 6 m og en indvendig spændvidde på 7 m. De tre limtræsram mer er placeret med én i hver gavl samt én midt imellem. Limtræsrammerne er støttet og stabiliseret i tre punkter i kippen og seks punkter i fundamentet.

Huset isoleres med 200 mm mineraluldsisolering i to lag.

Husets stabiliserede limtræs-rammer.

Ydermere udgør dækskiven og tagskiven samt udfyldningselemeneterne, mellem husets over- som underetage i massivt træ, en skivestabilisering af huset.

Byggeprocessen

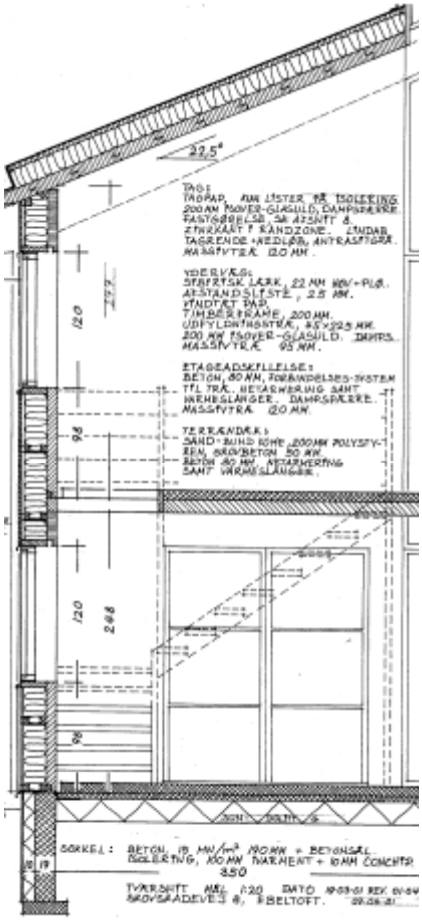
Forud for byggeriet er der foretaget et mindre jordarbejde hvorved byggefeltets højeste niveau er udgravet og brugt som opfyldning for at skabe et plateau for huset mod grundens dal.

Fundamentet er støbt i dobbeltforskalling. I fundamentet er der faststøbt seks kraftige ankerjern til fastgørelse af husets ramme af limtræ. Den udvendige flade af fundamentet er isoleret med et vand-standsende og super varmeisolerende materiale som præcist møder husets yder vægisolering, således at en kuldebro ved væggens bundrem undgås.
Til de indstøbte ankerjern er tre rammer af limtræ fastgjort og stabiliseret af langs-gående hovedremme i såvel over- som underetagen. Derpå er etageadskillel sen udlagt bestående af 120 x 400 mm massive limtræsplanker med en fri spændvidde på 7 m. Herefter er tagfladen monteret bestående af 120 x 400 mm massive limtræsplanker med en fri spændvidde på 7,2 m.
Limtræsplankerne til tagfladen spænder fra den ene limtræsramme til den næste, med en udkragning som efterfølgende sikrer et gavludhæng på 1 m. Umiddelbart efter tagpladernes montering påsvejses en dampspærrende pap som sikrer et tørt byggeri.
Bagmuren i ydervæggene, som består af 95 x 400 mm massive limtræsplanker, placeres lodret. Vægelementerne monteres som udfyldningselemeneter

Montage af tagskiver i massivtræ.

Indvendigt fremstår træet ubehandlet.

mellem husets ramme af limtræ i såvel over- som underetage. Vinduer og døre monteres i formonterede trærammer uden på den massive bagmur i træ.
På den udvendige side af udfyldnings-elemeneterne er en dampspærre fastgjort bestående af 0,25 mm plastfolie. Uden på plastfolien er der isoleret med 200 mm mineraluld i to forskudte lag mellem vandrette timber-frame elementer placeret pr. 0,9 meter. Uden på isoleringen er monteret vindtæt pap fastgjort med 22 mm afstandslister påsat 22 x 125 mm høvlet og pløjet lærketræ.
Tagfladen er isoleret over den varme zone med 200 mm mineraluld afsluttet med listeopbygget sort tagpap.



Arkitektoniske ydre

Udfyldningselementerne som udgør bagmuren i ydervæggene er renhøvlet på den ene side. Denne side vender mod den indvendige side af boligen. Både etageadskillelsens underside samt loftpladen og bagmurens indvendige side fremstår i naturligt og ubehandlet træ. Lodrette rammeben er udført i lærketræ. Ligeledes består boligens yderbeklædning af en lodretstående lærketræsbeklædning. Tagfladen fremstår i listeopbygget sort tagpap afsluttet med antrasitgrå stålstern samt antrasitgrå tagrender.

Faktaboks

- Byggeri
  Villa med integreret erhverv
  (bolig, atelier, tegnestue)
- Adresse
  Skovskadevej 8
  8400 Ebeltoft
- Areal
  Samlet etageareal er 165 m^2, heraf 135 m^2 bolig og erhverv samt 30 m^2 kælder
- Byggeperiode
  April 2001 til December 2001
- Byggekomponenter i massivt træ
  Limtræsrammer
  Limtræsremme
  Etageadskillelse
  Tagflade
  Bagmur i ydervægge
  Skillerumsvægge
- Anvendte forbindelsesmidler
  Sløjfede og skruede
- Bygherre
  Birgit og Kræn Ole Birkkjær
- Entreprenør
  Bdr. Pedersen
  Murer- og tømrerforretning
  Kolding - Djursland
- Rådgiver
  Limtræ Danmark a/s
  Hovedvejen 114
  9850 Hirtshals

  Trecon Advance
  DTU, Brovej, bygning 118
  2800 Kgs. Lyngby

  Kræn Ole Birkkjær
- Arkitekt
  Thomas Birkkjær
  Kræn Ole Birkkjær
- Leverandør af massivt træ
  Limtræ Danmark a/s

Udarbejdelse:
Torben Valdbjørn Rasmussen, By og Byg

Hængende have i Århus

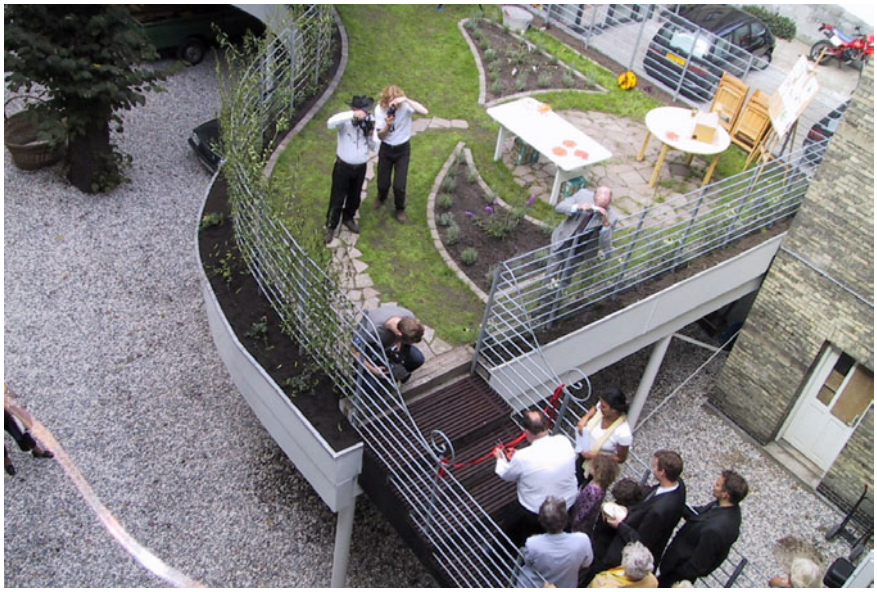
Projektidé

Hængende haver, er benævnelsen for haver, der befinder sig i en højde, hvor træernes kroner begynder. Det er haver med jord, græs, træer og blomster, som man kan træde ud i, når man befinder sig over byens gadeplan. Haverne er et supplement til byens øvrige grønne rum og kan placeres efter behov, hvor der ikke er plads til traditionelle grønne områder. Bygninger, veje og parkeringspladser fylder mere eller mindre byrummet ud, men ved at plante grønt på tage eller ved at opsætte hængende haver kan byrummet gøres grønnere.
Målet med den hængende have i Århus midtby er, at vise en alternativ løsning på den konflikt der er mellem byen og de grønne områder. En løsning der *ikke* betyder biler/bebyggelse kontra beplantning og grønne områder.
Den hængende have giver mulighed for begge dele.
Opgaven bestod i at vise, at man med forholdsvis få pengemidler og en simpel konstruktion i miljøvenlige materialer kunne opføre en hængende have på ca. 100 m^2 til glæde for personale og kursister i Frit Oplysningsforbund. Det skulle ikke bare være en terrasse med planter i kummer, men en rigtig have med græs og anlagte bede. Man skulle kunne mærke græsset under fødderne og tiltrække fugle og insekter til haven. Haven blev opsat i 1. sals højde, så parkeringspladserne i gården kunne bevares.

Konstruktionsprincip

Massive elementer i træ er valgt i forbindelse med opførelse af den hængende have, da træets isolerende evne vil være gunstigt i forhold til de planter, der skal have deres rødder i kun 30 cm jord. De massive elementer af træ, som udgør havens dæk,

Montagen af den hængende have.



Indvielse af haven.

bæres af stålsøjler stabiliseret af kryds ligeledes i stål. Havens dæk er opbygget af et 220 mm massivt element i træ med et 20 mm let skrånende betonlag ovenpå. Ovenover betonlaget der udlagt sort tagpap. Herpå er haven anlagt med 300 mm jord på et 50 mm drænlag af løse letklinker adskilt fra jorden med en filterdug. Undersiden af de bærende elementer i massivtræ fremstår ubehandlet.

Byggeprocessen

De gamle fliser er brudt op og fundamentet til stålsøjlerne er støbt. Stålsøjlerne er opsat og umiddelbart efter blev det bærende element i massivtræ sat op. For at skabe hældning på haven, således at regnvand kan ledes væk, er der udlagt et betonlag med hældning. Udstøbningen foretages direkte på træelementet. Et lag tagpap ovenpå betonen sikrer, at regnvand og fugt fra jord ikke kan trænge ned til træet og betonen. Haven anlægges direkte på tagpappen. Opsætningen af selve konstruktionen varede en uge.

Arkitektoniske ydre

Haven fremstår som en grøn oase med direkte afgang fra 1. sal i den tilknyttede ejendom. Haven er omgivet af et 1,2 m højt hegn med gelænder. Beplantningen langs hegnet og i den øvrige have vil på sigt skabe et frodigt udendørs årstidsvarierende opholdsareal.

Faktaboks

- Byggeri:
  Have over parkeringsareal
- Adresse:
  Guldsmedegade 25
  8000 Århus C
- Areal:
  100 m^2
- Byggeperiode:
  August 2000 til December 2000
- Byggekomponenter i massivt træ:
  Dækelementer
- Anvendte forbindelsesmidler:
  Sømmede elementer
- Bygherre:
  Frit Oplysningsforbund
  Guldsmedevej 25
  8000 Århus C
- Entreprenør:
  Tømrer Ulrik Beck
  Hovedmarken
  9500 Hobro
- Ingeniør:
  Associerede Ingeniører ApS
  Vejlevej 111
  7000 Fredericia
- Arkitekt:
  Marion Søndergaard
  Sølystgade 29,st
  8000 Århus C
- Leverandør af massivt træ:
  Dansk Træemballage A/S
  Banevej 3, Håstrup
  5600 Fåborg

Udarbejdelse:
Torben Valdbjørn Rasmussen, By og Byg

Alment boligbyggeri i Hjortshøj

Projektidé

På en syd-østvendt let skrånende grund med udsigt over grønne marker og en tynd stribe hav i det fjerne er opført 26 boliger og et fælleshus af elementer i massivtræ. Bebyggelsen er opført som en del af andelssamfundet i Hjortshøj, et nygroet økologisk landsbysamfund, der ligger på grænsen mellem det åbne land og byen Hjortshøj placeret ca. 14 km nordøst for Århus. Boligerne er placeret i fire længehuse og er opført i såvel én som to etager. Længehusene er placeret langs terrænets koter for at sikre en niveaufri adgang for de fleste boliger, samt for at sikre et så ubegrænset udsyn fra den enkelte bolig som muligt. Tagfladen er ensidigt hældende. Byggeriets facader mod øst og syd er udfyldt med store vinduespartier, som tilfører den enkelte bolig dagslys og udsyn. Placeringen af vinduespartier sikrer

Andelsboliger i Hjortshøj.

Fælleshus

dagslys i alle rum. Mod sydvest er der etableret et udendørs opholdsareal i form af en lille privat have. Mellem de enkelte længehuse er der udlagt friarealer til fælles benyttelse.

Indgangsparti.

I de fælles friarealer er der etableret et stisystem, som snor sig mellem bygningerne og binder bebyggelsen sammen.

Køkken og opholdsrum.

Arkitektoniske ydre

Bebyggelsen er bestående af fire længehuse og et fælleshus. Længehusene fremstår i en mørk blå-violet malet facade i træ placeret vandret. Vindues- og dørpartier er hvide. Udhæng og vindskeder er holdt i lyse blå nuancer. Et mindre flisebelagt areal foran den enkelte bolig sikrer direkte adgang til boligen og er forbundet til det fælles stisystem. Flisebelægningen afgrænser beboelsens private rum fra det fælles areal. En lille aflukket have er tilknyttet den enkelte bolig. Tagbeklædningen fremstår i sort tagpap. Tagrender og nedløb fremstår i zink. Fælleshuset er placeret centralt i bebyggelsen.

Faktaboks

- Byggeri:
  Almene boliger
- Adresse:
  8530 Hjortshøj
- Areal:
  Samlet etageareal er 2260 m^2 fordelt på 26 boliger og et fælleshus heraf 2095 m^2 er bolig og 165 m^2 er fælleshus
- Byggeperiode:
  Maj 2001 til februar 2002
- Byggekomponenter i massivt træ:
  Dækelementer
  Vægelementer
- Anvendte forbindelsesmidler:
  Sømmede elementer
- Bygherre:
  Boligforeningen Ringgården
- Rådgiver/Arkitekt:
  Arkitektgruppen Aarhus K/S
- Entreprenør:
  Skanska Danmark A/S
- Ingeniører:
  -Carl Bro A/S
  -PlanEnergi Midtjylland
- Fotograf:
  Ulrik Samsøe Figen
- Leverandør af massivt træ:
  Dansk Træemballage A/S
  Banevej 3
  5600 Fåborg

Udarbejdelse:
Torben Valdbjørn Rasmussen, By og Byg

Bilag i: Inddata LCCbyg beregninger

Indhold:

- Énfamiliehus med porebetonvægge og teglmuret klimaskærm.
- Énfamiliehus med træ i bagvæg og indvendige vægge samt delvis beklædt med træ i klimaskærmen.
- Énfamiliehus med træ i bagvæg og indvendige vægge og fuldt beklædt med træ i klimaskærmen.
- Vedligeholdelses- og genopretningsomkostninger standard énfamiliehus.
- Eksempel med ændrede vedligeholdelses- og genopretningsomkostninger énfamiliehus.
- Konventionel etageejendom med letklinkerbetonvægge og –dæk samt teglmuret klimaskærm.
- Etageejendom med træ i bagvægge og delvist træ i indvendige vægge samt bjælkelag som etagedæk.
- Etageejendom med træ i bagvægge og indvendige vægge og beklædt med træ i klimaskærmen.
- Vedligeholdelses- og genopretningsomkostninger standard etageejendom.
- Konventionelt højhus med letklinkerbetonvægge og –dæk samt teglmuret klimaskærm.
- Højhus med træ i bagvægge og indvendige vægge og beklædt med træ i klimaskærmen.
- Konventionelt skolebyggeri med porebetonbetonvægge og letklinkerbetondæk samt teglmuret klimaskærm.
- Skolebyggeri med træ i bagvægge og indvendige vægge samt beklædt med træ i klimaskærmen.
- Skolebyggeri eksempel med ændret anskaffelsesværdi.

Konventionelt énfamiliehus med porebetonvægge og teglmuret klimaskærm.

Grund rådgivn og bygherre

Gruppeegenskaber — Vedligeholdsinterval: 1 Genopretningsinterval: Start: 0 Slut: 50

	Enhed	Mængde	Enhedspris (kr)	Sum (kr)	Bemærkning
Anskaffelse/grundkøb		1	1.200.000	1.200.000	
Geo- og miljøtekniske undersøgelser		1	15.000	15.000	
Arkitekt		1	120.000	120.000	
Ingeniør		1	70.000	70.000	
Bygherrens egne omkostninger		1	40.000	40.000	
Ejendomsmægler		1	70.000	70.000	

Terræn og bygning

Gruppeegenskaber — Vedligeholdsinterval: 1 Genopretningsinterval: Start: 0 Slut: 50

		Enhed	Mængc	Enhedspris (k	Sum (kr)
1.12.	Liniefundamenter *Beton mv.*	lb	48	825	39.600
1.13.	Terrændæk i terrænniveau	m	128	1.045	133.760
2.21.	Ydervægge *Porebeton*	m	136	1.100	149.600
2.21.	Ydervægge *Tegl*	m	136	1.295	176.120
2.21.	Ydervægge, fugt- og varmeisolering *Mineraluld*	m	136	150	20.400
2.22.	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Porebeton*	m	70	1.100	77.000
2.25.	Bærende konstruktioner, øvrige (søjler, bjælker, rammer, skaller) *Porebeton*	lb	15	500	7.500
2.27.	Tagværker *Konstruktionstræ*	m	144	400	57.600
2.27.	Tagværker *Beton mv.*	m	144	1.200	172.800
2.27.	Tage, fugt- og varmeisolering *Mineraluld*	m	144	350	50.400
5.52.	Tagrender og nedløb *Jern, stål & rustfrit stål*	lb	60	250	15.000
3.35.	Påbyggede lofter *Gips*	m	128	200	25.600
4.42.	Indvendige vægoverflader *Malervarer*	m	383	200	76.600
3.31.	Døre, ydervægge *Aluminium*	m	4	5.000	20.000
3.31.	Vinduer, ydervægge *Aluminium*	m	18	2.400	43.200
3.32.	Døre, indervægge *Konstruktionstræ*	m	8	2.000	16.000
3.33.	Svømmende gulve *Træ uklassificeret*	m	128	250	32.000
5.50.	Afløb, stikledninger og overfladeafvanding *Plast og skumplast*		1	50.000	50.000
5.50.	Drænledninger *Plast og skumplast*	lb	60	300	18.000
5.50.	Vand, stikledninger, brandhaner, vandposte *Plast og skumplast*	m	1	20.000	20.000
5.50.	Naturgas, stikledninger *Plast og skumplast*		1	20.000	20.000
5.52.	Afløb under bygning (til nærmeste brønd eller ledning) *Tegl*	m	1	15.000	15.000
5.52.	Forbrugsanlæg (vaske, vaskemaskine mv. inkl. armaturer for vand) *Metal, almen*	m	1	15.000	15.000
5.53.	Distributionsanlæg (rør, ventiler mm.) *Plast og skumplast*	m	1	12.000	12.000
6.68.	El-anlæg, øvrige *Metal, alment*	m	1	25.000	25.000

Inventar og udstyr

Gruppeegenskaber — Vedligeholdsinterval: 1 Genopretningsinterval: Start: 0 Slut: 50

	Enhed	Mængde	Enhedspris (kr)	Sum (kr)	Bemærkning
..79 Inventar og udstyr		1	35.000	35.000	fast aptering, toilet, fliser, borde mv

Énfamiliehus med træ i bagvæg og indvendige vægge samt delvis beklædt med træ i klimaskærmen.

Der er alene medtaget data der er ændret i forhold til den konventionelle ejendom.

2.21.3	Ydervægge *Konstruktionstræ*	m2	136	800	108.800
2.21.3	Ydervægge *Tegl*	m2	96	1.295	124.320
4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader *Træ uklassificeret*	m2	40	500	20.000
4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader *Malervarer*	m2	40	200	8.000
2.21.5	Ydervægge, fugt- og varmeisolering *Mineraluld*	m2	136	150	20.400
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Konstruktionstræ*	m2	70	700	49.000
3.31.2	Døre, ydervægge *Konstruktionstræ*	m2	4	4.000	16.000
3.31.4	Vinduer, ydervægge *Konstruktionstræ*	m2	18	2.000	36.000

Énfamiliehus med træ i bagvæg og indvendige vægge og fuldt beklædt med træ i klimaskærmen.

Der er alene medtaget data der er ændret i forhold til ejendommen med delvis træbeklædt klimaskærm.

4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader *Træ uklassificeret*	m2	136	500	68.000
4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader *Malervarer*	m2	136	200	27.200
2.21.5	Ydervægge, fugt- og varmeisolering *Mineraluld*	m2	136	150	20.400

Vedligeholdelses- og genopretningsomkostninger énfamiliehus standard.

Dataene er medtaget for konventionel énfamiliehus og hus med træ i hele klimaskærmen. Der er alene medtaget data hvor omkostningerne varierer i de tre eksempler.

Konventionelt énfamiliehus:

2.21.	Ydervægge	*Porebeton*	m	136	1.100	149.600

	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut
Anskaffelse			80	0	50
Vedligehold	1.496	1		1	50
Genopretning	187.000	80		80	50

Prisudvikling: Prisudvikling generelt — Materiale: Porebeton — Opgave — Nutidsværdi: -175.358 — Restværdi: 13.168

2.21.	Ydervægge	*Tegl*	m	136	1.295	176.120

	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut
Anskaffelse			120	0	50
Vedligehold	3.522	1		1	50
Genopretning	220.150	120		120	50

Prisudvikling: Prisudvikling generelt — Materiale: Tegl — Opgave — Nutidsværdi: -243.658 — Restværdi: 24.114

2.22.	Indervægge ekskl. kælderindervægge	*Porebeton*	m	70	1.100	77.000

	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut
Anskaffelse			100	0	50
Vedligehold	770	1		1	50
Genopretning	96.250	100		100	50

Prisudvikling: Prisudvikling generelt — Materiale: Porebeton — Opgave — Nutidsværdi: -87.999 — Restværdi: 9.037

4.42.	Indvendige vægoverflader	*Malervarer*	m	383	200	76.600

	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut
Anskaffelse			15	0	50
Vedligehold	766	1		1	50
Genopretning	95.750	15		15	50

Prisudvikling: Prisudvikling generelt — Materiale: Malervarer — Opgave — Nutidsværdi: -212.641 — Restværdi: 11.986

3.31.	Døre, ydervægge	*Aluminium*	m	4	5.000	20.000

	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut
Anskaffelse			60	0	50
Vedligehold	100	1		1	50
Genopretning	25.000	60		60	50

Prisudvikling: Prisudvikling generelt — Materiale: Aluminium — Opgave — Nutidsværdi: -21.820 — Restværdi: 782

3.31.	Vinduer, ydervægge	*Aluminium*	m	18	2.400	43.200

	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut
Anskaffelse			60	0	50
Vedligehold	216	1		1	50
Genopretning	54.000	60		60	50

Prisudvikling: Prisudvikling generelt — Materiale: Aluminium — Opgave — Nutidsværdi: -47.130 — Restværdi: 1.690

Énfamiliehus med træ i hele klimaskærmen:

2.21.3	Ydervægge	*Konstruktionstræ*	m2	136	800	108.800

	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut
Anskaffelse			120	0	50
Vedligehold	2.176	1		1	50
Genopretning	136.000	120		120	50

Prisudvikling: Prisudvikling generelt — Materiale: Konstruktionstræ — Opgave — Nutidsværdi: -150.522 — Restværdi: 14.897

4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader	*Træ uklassificeret*	m2	136	500	68.000

	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut
Anskaffelse			50	0	50
Vedligehold	1.360	1		1	50
Genopretning	85.000	50		50	50

Prisudvikling: Prisudvikling generelt — Materiale: Træ uklassificeret — Opgave — Nutidsværdi: -103.387 — Restværdi: 0

4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader	*Malervarer*	m2	136	200	27.200

	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut
Anskaffelse			10	0	50
Vedligehold	272	1		1	50
Genopretning	34.000	10		10	50

Prisudvikling: Prisudvikling generelt — Materiale: Malervarer — Opgave — Nutidsværdi: -103.676 — Restværdi: 0

2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge	*Konstruktionstræ*	m2	70	700	49.000

	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut
Anskaffelse			100	0	50
Vedligehold	490	1		1	50
Genopretning	61.250	100		100	50

Prisudvikling: Prisudvikling generelt — Materiale: Konstruktionstræ — Opgave — Nutidsværdi: -55.999 — Restværdi: 5.751

2.21.3	Ydervægge	*Konstruktionstræ*	m2	136	800	108.800

	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut
Anskaffelse			120	0	50
Vedligehold	2.176	1		1	50
Genopretning	136.000	120		120	50

Prisudvikling: Prisudvikling generelt | Materiale Opgave: Konstruktionstræ | Nutidsværdi: -150.522 | Restværdi: 14.897

4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader	*Træ uklassificeret*	m2	136	500	68.000

	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut
Anskaffelse			50	0	50
Vedligehold	1.360	1		1	50
Genopretning	85.000	50		50	50

Prisudvikling: Prisudvikling generelt | Materiale Opgave: Træ uklassificeret | Nutidsværdi: -103.387 | Restværdi: 0

4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader	*Malervarer*	m2	136	200	27.200

	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut
Anskaffelse			10	0	50
Vedligehold	272	1		1	50
Genopretning	34.000	10		10	50

Prisudvikling: Prisudvikling generelt | Materiale Opgave: Malervarer | Nutidsværdi: -103.676 | Restværdi: 0

Eksempel med ændrede vedligeholdelses- og genopretningsomkostninger.

Der er alene medtaget data der er ændret i forhold til de oprindelig standardeksempler for de 3 huse.

Konventionelt énfamiliehus:

2.21.3	Ydervægge	*Tegl*	m2	136	1.295	176.120

	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut
Anskaffelse			120	0	50
Vedligehold	1.500	1		1	50
Genopretning	220.150	120		120	50

Prisudvikling: Prisudvikling generelt | Materiale Opgave: Tegl | Nutidsværdi: -191.035 | Restværdi: 24.114

Énfamiliehus med træ i bagvæg og delvist i klimaskærm:

2.21.3	Ydervægge	*Tegl*	m2	96	1.295	124.320

	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut
Anskaffelse			120	0	50
Vedligehold	1.200	1		1	50
Genopretning	155.400	120		120	50

Prisudvikling: Prisudvikling generelt | Materiale Opgave: Tegl | Nutidsværdi: -138.522 | Restværdi: 17.022

4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader	*Træ uklassificeret*	m2	40	500	20.000

	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut
Anskaffelse			50	0	50
Vedligehold	800	1		1	50
Genopretning	25.000	50		50	50

Prisudvikling: Prisudvikling generelt | Materiale Opgave: Træ uklassificeret | Nutidsværdi: -40.816 | Restværdi: 0

4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader	*Malervarer*	m2	40	200	8.000

	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut
Anskaffelse			10	0	50
Vedligehold	80	1		1	50
Genopretning	15.000	10		10	50

Prisudvikling: Prisudvikling generelt | Materiale Opgave: Malervarer | Nutidsværdi: -40.699 | Restværdi: 0

Énfamiliehus med træ i hele klimaskærmen:

4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader	*Træ uklassificeret*	m2	136	500	68.000

	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut
Anskaffelse			50	0	50
Vedligehold	2.600	1		1	50
Genopretning	85.000	50		50	50

Prisudvikling: Prisudvikling generelt | Materiale Opgave: Træ uklassificeret | Nutidsværdi: -135.651 | Restværdi: 0

4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader	*Malervarer*	m2	136	200	27.200

	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut
Anskaffelse			10	0	50
Vedligehold	272	1		1	50
Genopretning	51.000	10		10	50

Prisudvikling: Prisudvikling generelt | Materiale Opgave: Malervarer | Nutidsværdi: -138.376 | Restværdi: 0

Konventionel etageejendom med letklinkerbetonvægge og –dæk samt teglmuret klimaskærm.

Grund rådgivn og bygherre

Gruppeegenskaber — Vedligeholdsinterval: 1 Genopretningsinterval: Start: 0 Slut: 50

	Enhed	Mængde	Enhedspris (kr)	Sum (kr)	Bemærkning
Anskaffelse/grundkøb		1	9.400.000	9.400.000	
Geo- og miljøtekniske undersøgelser		1	50.000	50.000	
Arkitekt		1	950.000	950.000	
Ingeniør		1	650.000	650.000	
Bygherrens egne omkostninger		1	220.000	220.000	
Ejendomsmægler		1	320.000	320.000	

Terræn og bygning

Gruppeegenskaber — Vedligeholdsinterval: 1 Genopretningsinterval: Start: 0 Slut: 50

		Enhed	Mængde	Enhedspris (kr)	Sum (kr)	Bemærkning
1.12.1	Liniefundamenter *Beton mv.*	lbm	68	825	56.100	
1.13.2	Terrændæk i terrænniveau	m2	280	1.045	292.600	
2.21.3	Ydervægge *Letklinkerbeton*	m2	420	1.200	504.000	facader
2.21.3	Ydervægge *Tegl*	m2	420	1.295	543.900	facader
2.21.3	Ydervægge *Letklinkerbeton*	m2	424	1.200	508.800	gavlfacader
2.21.3	Ydervægge *Tegl*	m2	424	1.295	549.080	gavlfacader
2.21.5	Ydervægge, fugt- og varmeisolering *Mineraluld*	m2	844	150	126.600	
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Beton mv.*	m2	360	1.200	432.000	lejlighedskel
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Beton mv.*	m2	240	1.100	264.000	hovedskillerum
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Gips*	m2	525	700	367.500	
2.25.1	Bærende konstruktioner, øvrige (søjler, bjælker, rammer, skaller) *Beton mv.*	m2	178	500	89.000	
2.25.1	Bærende konstruktioner, øvrige (søjler, bjælker, rammer, skaller) *Jern, stål & rustfrit stål*	m2	20	1.500	30.000	
2.23.2	Etagedæk *Beton mv.*	m2	1.024	1.200	1.228.800	
2.24.3	Trapper indvendige *Beton mv.*	m2	124	2.500	310.000	
6.66.1	Elevatorer *Metal, alment*	m2	1	640.000	640.000	
2.27.1	Tagværker *Konstruktionstræ*	m2	340	400	136.000	
2.27.1	Tagværker *Beton mv.*	m2	340	1.800	612.000	
2.27.3	Tage, fugt- og varmeisolering *Mineraluld*	m2	340	350	119.000	
5.52.3	Tagrender og nedløb *Jern, stål & rustfrit stål*	lbm	130	250	32.500	
3.35.2	Påbyggede lofter *Gips*	m2	1.460	200	292.000	
4.42.1	Indvendige vægoverflader *Malervarer*	m2	3.866	200	773.200	
3.31.2	Døre, ydervægge *Aluminium*	m2	22	5.000	110.000	
3.31.4	Vinduer, ydervægge *Aluminium*	m2	94	2.400	225.600	
3.32.1	Døre, indervægge *Konstruktionstræ*	m2	62	2.000	124.000	
3.33.2	Svømmende gulve *Træ uklassificeret*	m2	1.304	250	326.000	
5.50.1	Afløb, stikledninger og overfladeafvanding *Plast og skumplast*		1	450.000	450.000	
5.50.2	Drænledninger *Plast og skumplast*	lbm	140	300	42.000	
5.50.3	Vand, stikledninger, brandhaner, vandposte *Plast og skumplast*	m2	1	180.000	180.000	
5.50.4	Naturgas, stikledninger *Plast og skumplast*		1	70.000	70.000	
5.52.1	Afløb under bygning (til nærmeste brønd eller ledning) *Tegl*	m2	1	45.000	45.000	
5.52.5	Forbrugsanlæg (vaske, vaskemaskine mv. inkl. armaturer for vand) *Metal, alment*	m2	1	150.000	150.000	
5.53.2	Distributionsanlæg (rør, ventiler mm.) *Plast og skumplast*	m2	1	130.000	130.000	
6.68.1	El-anlæg, øvrige *Metal, alment*	m2	1	250.000	250.000	

Inventar og udstyr

Gruppeegenskaber — Vedligeholdsinterval: 1 Genopretningsinterval: Start: 0 Slut: 50

	Enhed	Mængde	Enhedspris (kr)	Sum (kr)	Bemærkning
..79 Inventar og udstyr		1	350.000	350.000	fast aptering, toilet, fliser, borde mv

Etageejendom med træ i bagvægge og delvist træ indvendige vægge samt bjælkelag som etagedæk.

Der er alene medtaget data der er ændret i forhold til den konventionelle etageejendom.

2.21.3	Ydervægge *Konstruktionstræ*	m2	420	900	378.000	facade
2.21.3	Ydervægge *Tegl*	m2	420	1.295	543.900	facader
2.21.3	Ydervægge *Konstruktionstræ*	m2	424	800	339.200	gavlfacade
2.21.3	Ydervægge *Beton mv.*	m2	424	1.000	424.000	gavlfacadekalksandsten
2.21.5	Ydervægge, fugt- og varmeisolering *Mineraluld*	m2	844	150	126.600	
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Beton mv.*	m2	360	1.200	432.000	lejlighedsskel - kalksandsten
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Konstruktionstræ*	m2	240	800	192.000	hovedskillerum
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Gips*	m2	525	800	420.000	træskelet
2.23.2	Etagedæk *Konstruktionstræ*	m2	1.024	800	819.200	
3.38.1	Kompletterende bygningsdele bygning, øvrige *Mineraluld*	m2	1.024	100	102.400	lydisolering
4.43.2	Etagedæk, overflader *Lamineret træ og finér*	m2	1.024	75	76.800	pladebeklædning
2.24.3	Trapper indvendige *Konstruktionstræ*	m2	124	1.500	186.000	
3.31.2	Døre, ydervægge *Konstruktionstræ*	m2	22	4.000	88.000	
3.31.4	Vinduer, ydervægge *Konstruktionstræ*	m2	94	2.000	188.000	

Etageejendom med træ i bagvægge og indvendige vægge og beklædt med træ i klimaskærmen.

Der er alene medtaget data der er ændret i forhold til etageejendommen med delvis træ i indvendige vægge.

2.21.3	Ydervægge *Konstruktionstræ*	m2	420	900	378.000	facade
4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader *Træ uklassificeret*	m2	420	500	210.000	facade
4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader *Malervarer*	m2	420	200	84.000	
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Konstruktionstræ*	m2	360	800	288.000	lejlighedskel
3.38.1	Kompletterende bygningsdele bygning, øvrige *Mineraluld*	m2	360	100	36.000	lydisolering
4.42.2	Indervægge kompletterende dele, overflader *Lamineret træ og finér*	m2	360	75	27.000	

Vedligeholdelses- og genopretningsomkostninger standard etageejendom.

Der er alene medtaget data vedrørende klimaskærm, lejlighedsskel, etagedæk og skeletvægge.

Konventionel etageejendom

2.21.3	Ydervægge *Tegl*						m2	424	1.295	549.080	gavlfacader
	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut					
Anskaffelse			120	0	50					
Vedligehold	10.982	1		1	50					
Genopretning	686.350	120		120	50					
Prisudvikling	Prisudvikling generelt	Materiale	Tegl	Nutidsværdi	-759.638					
		Opgave		Restværdi	75.179					
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Beton mv.*						m2	360	1.200	432.000	lejlighedskel
	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut					
Anskaffelse			100	0	50					
Vedligehold	4.320	1		1	50					
Genopretning	540.000	100		100	50					
Prisudvikling	Prisudvikling generelt	Materiale	Beton mv.	Nutidsværdi	-493.706					
		Opgave		Restværdi	50.699					
2.23.2	Etagedæk *Beton mv.*						m2	1.024	1.200	1.228.800	
	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut					
Anskaffelse			120	0	50					
Vedligehold	12.288	1		1	50					
Genopretning	1.536.000	120		120	50					
Prisudvikling	Prisudvikling generelt	Materiale	Beton mv.	Nutidsværdi	-1.380.285					
		Opgave		Restværdi	168.245					
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Gips*						m2	525	700	367.500	
	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut					
Anskaffelse			80	0	50					
Vedligehold	3.675	1		1	50					
Genopretning	459.375	80		80	50					
Prisudvikling	Prisudvikling generelt	Materiale	Gips	Nutidsværdi	-430.775					
		Opgave		Restværdi	32.347					

Etageejendomme med mest træ

4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader *Træ uklassificeret*						m2	420	500	210.000	facade
	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut					
Anskaffelse			50	0	50					
Vedligehold	4.200	1		1	50					
Genopretning	262.500	50		50	50					
Prisudvikling	Prisudvikling generelt	Materiale	Træ uklassificeret	Nutidsværdi	-319.282					
		Opgave		Restværdi	0					
4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader *Malervarer*						m2	420	200	84.000	
	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut					
Anskaffelse			10	0	50					
Vedligehold	840	1		1	50					
Genopretning	105.000	10		10	50					
Prisudvikling	Prisudvikling generelt	Materiale	Malervarer	Nutidsværdi	-320.177					
		Opgave		Restværdi	0					
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Konstruktionstræ*						m2	360	800	288.000	lejlighedskel
	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut					
Anskaffelse			100	0	50					
Vedligehold	2.880	1		1	50					
Genopretning	360.000	100		100	50					
Prisudvikling	Prisudvikling generelt	Materiale	Konstruktionstræ	Nutidsværdi	-329.137					
		Opgave		Restværdi	33.799					
3.38.1	Kompletterende bygningsdele bygning, øvrige *Mineraluld*						m2	360	100	36.000	lydisolering
	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut					
Anskaffelse			80	0	50					
Vedligehold	360	1		1	50					
Genopretning	45.000	80		80	50					
Prisudvikling	Prisudvikling generelt	Materiale	Mineraluld	Nutidsværdi	-42.198					
		Opgave		Restværdi	3.169					
4.42.2	Indervægge kompletterende dele, overflader *Lamineret træ og finér*						m2	360	75	27.000	pladebeklædning
	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut					
Anskaffelse			30	0	50					
Vedligehold	270	1		1	50					
Genopretning	33.750	30		30	50					
Prisudvikling	Prisudvikling generelt	Materiale	Lamineret træ og finér	Nutidsværdi	-46.058					
		Opgave		Restværdi	2.112					
2.23.2	Etagedæk *Konstruktionstræ*						m2	1.024	800	819.200	
	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut					
Anskaffelse			100	0	50					
Vedligehold	8.192	1		1	50					
Genopretning	1.024.000	100		100	50					
Prisudvikling	Prisudvikling generelt	Materiale	Konstruktionstræ	Nutidsværdi	-936.213					
		Opgave		Restværdi	96.140					
3.38.1	Kompletterende bygningsdele bygning, øvrige *Mineraluld*						m2	1.024	100	102.400	lydisolering
	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut					
Anskaffelse			80	0	50					
Vedligehold	1.024	1		1	50					
Genopretning	128.000	80		80	50					
Prisudvikling	Prisudvikling generelt	Materiale	Mineraluld	Nutidsværdi	-120.031					
		Opgave		Restværdi	9.013					
4.43.2	Etagedæk, overflader *Lamineret træ og finér*						m2	1.024	75	76.800	pladebeklædning
	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut					
Anskaffelse			50	0	50					
Vedligehold	768	1		1	50					
Genopretning	96.000	50		50	50					
Prisudvikling	Prisudvikling generelt	Materiale	Lamineret træ og finér	Nutidsværdi	-96.783					
		Opgave		Restværdi	0					
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Gips*						m2	525	800	420.000	træskelet
	Kr./gang	Interval	Levetid (år)	Start	Slut					
Anskaffelse			80	0	50					
Vedligehold	4.200	1		1	50					
Genopretning	525.000	80		80	50					
Prisudvikling	Prisudvikling generelt	Materiale	Gips	Nutidsværdi	-492.315					
		Opgave		Restværdi	36.968					

Konventionelt højhus med letklinkerbetonvægge og –dæk samt teglmuret klimaskærm.

Grund rådgivn og bygherre

Gruppeegenskaber — Vedligeholdsinterval: 1 Genopretningsinterval: Start: 0 Slut: 50

	Enhed	Mængde	Enhedspris (kr)	Sum (kr)	Bemærkning
Anskaffelse/grundkøb		1	11.200.000	11.200.000	
Geo- og miljøtekniske undersøgelser		1	50.000	50.000	
Arkitekt		1	1.150.000	1.150.000	
Ingeniør		1	750.000	750.000	
Bygherrens egne omkostninger		1	240.000	240.000	
Ejendomsmægler		1	350.000	350.000	

Terræn og bygning

Gruppeegenskaber — Vedligeholdsinterval: 1 Genopretningsinterval: Start: 0 Slut: 50

		Enhed	Mængde	Enhedspris (kr)	Sum (kr)	Bemærkning
2.21.3	Ydervægge *Letklinkerbeton*	m2	780	1.200	936.000	gavlfacader
2.21.3	Ydervægge *Tegl*	m2	780	1.295	1.010.100	gavlfacader
2.21.5	Ydervægge, fugt- og varmeisolering *Mineraluld*	m2	1.388	150	208.200	
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Beton mv.*	m2	504	1.200	604.800	lejlighedskel
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Beton mv.*	m2	336	1.100	369.600	hovedskillerum
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Gips*	m2	735	700	514.500	
2.25.1	Bærende konstruktioner, øvrige (søjler, bjælker, rammer, skaller) *Beton mv.*	m2	178	500	89.000	
2.25.1	Bærende konstruktioner, øvrige (søjler, bjælker, rammer, skaller) *Jern, stål & rustfrit stål*	m2	20	1.500	30.000	
2.25.1	Bærende konstruktioner, øvrige (søjler, bjælker, rammer, skaller) *Jern, stål & rustfrit stål*	m2	144	400	57.600	
2.23.2	Etagedæk *Beton mv.*	m2	1.536	1.200	1.843.200	
2.24.3	Trapper indvendige *Beton mv.*	m2	168	2.500	420.000	
6.66.1	Elevatorer *Metal, alment*	m2	1	870.000	870.000	
2.27.1	Tagværker *Beton mv.*	m2	280	1.200	336.000	
4.47.1	Tage, overflader *Asfalt*	m2	280	500	140.000	
2.27.3	Tage, fugt- og varmeisolering *Mineraluld*	m2	280	350	98.000	
5.52.3	Tagrender og nedløb *Jern, stål & rustfrit stål*	lbm	180	250	45.000	
2.27.3	Tage, fugt- og varmeisolering *Mineraluld*	m2	280	350	98.000	
5.52.3	Tagrender og nedløb *Jern, stål & rustfrit stål*	lbm	180	250	45.000	
3.35.2	Påbyggede lofter *Gips*	m2	1.960	200	392.000	
4.42.1	Indvendige vægoverflader *Malervarer*	m2	5.638	200	1.127.600	
3.31.2	Døre, ydervægge *Aluminium*	m2	30	5.000	150.000	
3.31.4	Vinduer, ydervægge *Aluminium*	m2	126	2.400	302.400	
3.32.1	Døre, indervægge *Konstruktionstræ*	m2	90	2.000	180.000	
3.33.2	Svømmende gulve *Træ uklassificeret*	m2	1.816	250	454.000	
5.50.1	Afløb, stikledninger og overfladeafvanding *Plast og skumplast*		1	620.000	620.000	
5.50.2	Drænledninger *Plast og skumplast*	lbm	140	300	42.000	
5.50.3	Vand, stikledninger, brandhaner, vandposte *Plast og skumplast*	m2	1	250.000	250.000	
5.50.4	Naturgas, stikledninger *Plast og skumplast*		1	90.000	90.000	
5.52.1	Afløb under bygning (til nærmeste brønd eller ledning) *Tegl*	m2	1	45.000	45.000	
5.52.5	Forbrugsanlæg (vaske, vaskemaskine mv. inkl. armaturer for vand) *Metal, alment*	m2	1	210.000	210.000	
5.53.2	Distributionsanlæg (rør, ventiler mm.) *Plast og skumplast*	m2	1	180.000	180.000	
6.68.1	El-anlæg, øvrige *Metal, alment*	m2	1	350.000	350.000	

Inventar og udstyr

Gruppeegenskaber — Vedligeholdsinterval: 1 Genopretningsinterval: Start: 0 Slut: 50

		Enhed	Mængde	Enhedspris (kr)	Sum (kr)	Bemærkning
..79	Inventar og udstyr		1	350.000	350.000	fast aptering, toilet, fliser, borde mv

Højhus med træ i bagvægge og indvendige vægge og beklædt med træ i klimaskærmen.

Der er alene medtaget data der er ændret i forhold til den konventionelle etageejendom.

2.21.3	Ydervægge *Konstruktionstræ*	m2	588	900	529.200	facade
4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader *Træ uklassificeret*	m2	588	500	294.000	facade
4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader *Malervarer*	m2	588	200	117.600	
2.21.3	Ydervægge *Konstruktionstræ*	m2	780	800	624.000	gavlfacade
2.21.3	Ydervægge *Beton mv.*	m2	780	1.000	780.000	gavlfacadekalksandsten
2.21.5	Ydervægge, fugt- og varmeisolering *Mineraluld*	m2	1.368	150	205.200	
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Konstruktionstræ*	m2	504	800	403.200	lejlighedskel
3.38.1	Kompletterende bygningsdele bygning, øvrige *Mineraluld*	m2	504	100	50.400	lydisolering
4.42.2	Indervægge kompletterende dele, overflader *Lamineret træ og finér*	m2	504	75	37.800	pladebeklædning
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Konstruktionstræ*	m2	336	800	268.800	hovedskillerum
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Gips*	m2	735	800	588.000	træskelet
2.25.1	Bærende konstruktioner, øvrige (søjler, bjælker, rammer, skaller) *Jern, stål & rustfrit stål*	lbm	290	1.500	435.000	forstærkning i 3 nedre e
2.23.2	Etagedæk *Konstruktionstræ*	m2	1.536	800	1.228.800	
3.38.1	Kompletterende bygningsdele bygning, øvrige *Mineraluld*	m2	1.536	100	153.600	lydisolering
4.43.2	Etagedæk, overflader *Lamineret træ og finér*	m2	1.536	75	115.200	pladebeklædning
2.24.3	Trapper indvendige *Konstruktionstræ*	m2	168	1.500	252.000	

Konventionelt skolebyggeri med porebetonbetonvægge og letklinkerbeton-dæk samt teglmuret klimaskærm.

Grund rådgivn og bygherre

Gruppeegenskaber — Vedligeholdsinterval: 1 Genopretningsinterval: Start: 0 Slut: 50

	Enhed	Mængde	Enhedspris (kr)	Sum (kr)	Bemærkning
Anskaffelse/grundkøb		1	7.200.000	7.200.000	
Geo- og miljøtekniske undersøgelser		1	240.000	240.000	
Arkitekt		1	2.150.000	2.150.000	
Ingeniør		1	1.400.000	1.400.000	
Bygherrens egne omkostninger		1	800.000	800.000	

Terræn og bygning

Gruppeegenskaber — Vedligeholdsinterval: 1 Genopretningsinterval: Start: 0 Slut: 50

		Enhed	Mængde	Enhedspris (kr)	Sum (kr)	Be
1.12.1	Liniefundamenter *Beton mv.*	lbm	416	825	343.200	
1.13.2	Terrændæk i terrænniveau	m2	2.088	1.045	2.181.960	
2.21.3	Ydervægge *Porebeton*	m2	2.624	1.100	2.886.400	
2.21.3	Ydervægge *Tegl*	m2	2.624	1.295	3.398.080	
2.21.5	Ydervægge, fugt- og varmeisolering *Mineraluld*	m2	2.624	150	393.600	
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Porebeton*	m2	1.370	1.100	1.507.000	
2.25.1	Bærende konstruktioner, øvrige (søjler, bjælker, rammer, skaller) *Jern, stål & rustfrit stål*	m2	202	1.500	303.000	
2.23.2	Etagedæk *Letklinkerbeton*	m2	1.848	1.200	2.217.600	
2.24.3	Trapper indvendige *Beton mv.*	stk	6	18.000	108.000	
6.66.1	Elevatorer *Metal, alment*	m2	3	140.000	420.000	
2.27.1	Tagværker *Konstruktionstræ*	m2	2.376	400	950.400	
2.27.1	Tagværker *Beton mv.*	m2	2.376	900	2.138.400	
2.27.3	Tage, fugt- og varmeisolering *Mineraluld*	m2	2.376	350	831.600	
5.52.3	Tagrender og nedløb *Jern, stål & rustfrit stål*	lbm	450	250	112.500	
3.35.2	Påbyggede lofter *Gips*	m2	3.960	200	792.000	
4.42.1	Indvendige vægoverflader *Malervarer*	m2	9.196	200	1.839.200	
3.31.3	Porte, ydervægge *Aluminium*	m2	4	18.000	72.000	
3.31.2	Døre, ydervægge *Aluminium*	m2	16	5.000	80.000	
3.31.4	Vinduer, ydervægge *Aluminium*	m2	112	2.400	268.800	
3.32.1	Døre, indervægge *Konstruktionstræ*	m2	74	2.000	148.000	
3.33.2	Svømmende gulve *Træ uklassificeret*	m2	3.936	250	984.000	
5.50.1	Afløb, stikledninger og overfladeafvanding *Plast og skumplast*		1	900.000	900.000	
5.50.2	Drænledninger *Plast og skumplast*	lbm	460	300	138.000	
5.50.3	Vand, stikledninger, brandhaner, vandposte *Plast og skumplast*	m2	1	360.000	360.000	
5.50.4	Naturgas, stikledninger *Plast og skumplast*		1	170.000	170.000	
5.52.1	Afløb under bygning (til nærmeste brønd eller ledning) *Tegl*	m2	1	110.000	110.000	
5.52.5	Forbrugsanlæg (vaske, vaskemaskine mv. inkl. armaturer for vand) *Metal, alment*	m2	1	210.000	210.000	
5.53.2	Distributionsanlæg (rør, ventiler mm.) *Plast og skumplast*	m2	1	270.000	270.000	
6.68.1	El-anlæg, øvrige *Metal, alment*	m2	1	650.000	650.000	

Inventar og udstyr

Gruppeegenskaber — Vedligeholdsinterval: 1 Genopretningsinterval: Start: 0 Slut: 50

	Enhed	Mængde	Enhedspris (kr)	Sum (kr)	Bemærkning
..79 Inventar og udstyr		1	650.000	650.000	fast aptering, toilet, fliser, borde mv

Skolebyggeri med træ i bagvægge og indvendige vægge samt beklædt med træ i klimaskærmen.

Der er alene medtaget data der er ændret i forhold til den konventionelle etageejendom.

2.21.3	Ydervægge *Konstruktionstræ*	m2	2.624	900	2.361.600	
4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader *Træ uklassificeret*	m2	2.624	500	1.312.000	
4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader *Malervarer*	m2	2.624	200	524.800	
2.21.5	Ydervægge, fugt- og varmeisolering *Mineraluld*	m2	2.624	150	393.600	
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge *Konstruktionstræ*	m2	1.370	800	1.096.000	
3.38.1	Kompletterende bygningsdele bygning, øvrige *Mineraluld*	m2	1.370	100	137.000	lydisolering
4.42.2	Indervægge kompletterende dele, overflader *Lamineret træ og finér*	m2	1.370	75	102.750	pladebeklædning
2.25.1	Bærende konstruktioner, øvrige (søjler, bjælker, rammer, skaller) *Konstruktionstræ*	m2	202	1.200	242.400	
2.23.2	Etagedæk *Konstruktionstræ*	m2	1.848	800	1.478.400	
3.38.1	Kompletterende bygningsdele bygning, øvrige *Mineraluld*	m2	1.848	100	184.800	lydisolering
4.43.2	Etagedæk, overflader *Lamineret træ og finér*	m2	1.848	75	138.600	pladebeklædning
2.24.3	Trapper indvendige *Konstruktionstræ*	stk	6	15.000	90.000	
3.31.3	Porte, ydervægge *Konstruktionstræ*	m2	4	15.000	60.000	
3.31.2	Døre, ydervægge *Konstruktionstræ*	m2	16	4.000	64.000	
3.31.4	Vinduer, ydervægge *Konstruktionstræ*	m2	112	2.000	224.000	

Skolebyggeri eksempel med ændret anskaffelsesværdi.

Konventionel skolebyggeri.

2.21.3	Ydervægge	*Porebeton*	m2	2.624	990	2.597.760
2.21.3	Ydervægge	*Tegl*	m2	2.624	1.160	3.043.840
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge	*Porebeton*	m2	1.370	990	1.356.300
2.23.2	Etagedæk	*Letklinkerbeton*	m2	1.848	1.080	1.995.840

Skolebyggeri med mest træ.

2.21.3	Ydervægge	*Konstruktionstræ*	m2	2.624	990	2.597.760
4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader	*Træ uklassificeret*	m2	2.624	550	1.443.200
4.41.3	Ydervægge, udvendige overflader	*Malervarer*	m2	2.624	220	577.280
2.22.2	Indervægge ekskl. kælderindervægge	*Konstruktionstræ*	m2	1.370	880	1.205.600
3.38.1	Kompletterende bygningsdele bygning, øvrige	*Mineraluld*	m2	1.370	100	137.000
4.42.2	Indervægge kompletterende dele, overflader	*Lamineret træ og*	m2	1.370	75	102.750
2.23.2	Etagedæk	*Konstruktionstræ*	m2	1.848	880	1.626.240
3.38.1	Kompletterende bygningsdele bygning, øvrige	*Mineraluld*	m2	1.848	100	184.800
4.43.2	Etagedæk, overflader	*Lamineret træ og finér*	m2	1.848	75	138.600

Rapporten *'Anvendelse af træ i byggeriet – Potentialer og barrierer'* samler eksisterende viden om fordele og ulemper ved træbyggeri, og gør status for omfanget af træbyggeri i Danmark.

Spørgsmålet om anvendelse af træ i byggeriet belyses gennem en kvalitativ spørgeskemaundersøgelse, tre dialogmøder og kvalitative interviews med udvalgte nøglepersoner. Det er primært personer med erfaring fra byggebranchen; arkitekter, ingeniører, konstruktører, håndværkere, entreprenører, bygherrer og studerende, der har deltaget i spørgeskemaundersøgelsen og i dialogmøderne.

Der er lavet en definition af træbyggeri, der præsenteres 8 eksisterende eksempler på træbyggeri i Danmark, der oplistes forskellige træarter og det gennemgås, hvordan Sverige, Norge, Finland, Østrig, Tyskland og Canada har forsøgt at øge brugen af træ i byggeriet gennem tiltag, som er beskrevet.

Ud fra en livscyklusanalyse (LCA) er det vurderet, hvor meget CO_2 Danmark kan spare ved at omlægge eksempelvis 10 % af konventionelt byggeri til træbyggeri om året frem til 2030.

1. udgave, 2020
ISBN 978-87-563-1966-9

BUILD
AALBORG UNIVERSITET