

Aarhus School of Architecture // Design School Kolding // Royal Danish Academy

Anvendt Byggeteknik i Dansk Arkitektur

Leimand, Nini; Henckel Schultz, Stine ; Scheuer, Pernille

Publication date:
2022

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Leimand, N., Henckel Schultz, S., & Scheuer, P. (2022). *Anvendt Byggeteknik i Dansk Arkitektur: Skeletkonstruktion, Træelement.*

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.

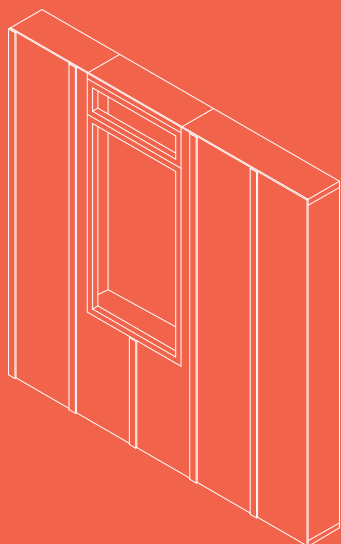
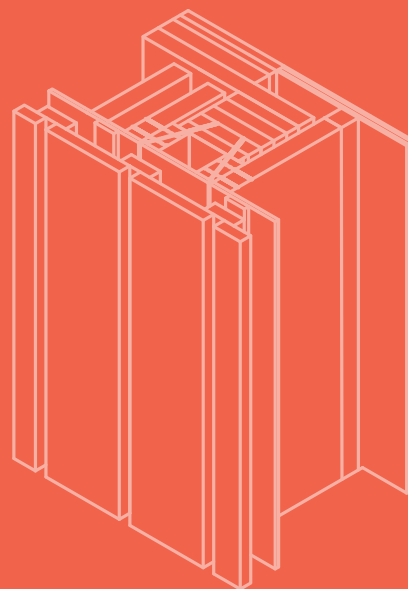
- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in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

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Anvendt Byggeteknik i Dansk Arkitektur

**Skeletkonstruktion
Træelement**



Cinark

Anvendt Byggeteknik i Dansk Arkitektur
Skeletkonstruktion - Træelement

Udgivet med støtte fra
Dreyers Fond

Billedmateriale udlånt af Vandkunsten
Fotograf: Helene Høyer Mikkelsen

Redaktion
Nini Leimand
Stine Henckel Schultz

Grafisk design
Pernille Scheuer

ISBN 978-87-7830-885-6

Det Kongelige Akademi 2022



dreyersfond

Anvendt Byggeteknik i Dansk Arkitektur

Forord

Dette hæfte udgør et af kapitlerne i en kommende håndbog med titlen *Anvendt Byggeteknik i Dansk Arkitektur* udarbejdet på Center for Industriel Arkitektur CINARK på KADK. Arbejdet tager afsæt i en voksende interesse hos studerende og praktiserende arkitekter, konstruktører og ingeniører for en tydeligt formidlet viden om anvendt byggeteknik når den er bedst!

Projektet tager over, hvor vidensportalen 'Danske Bygningsmodeller' stopper. Vidensportalen indeholder digitale 3D-modeller af og udvalgte knudepunktsdetaljer fra etageejendomme fra perioden 1850-2000. Her skildres med udgangspunkt i 5 typiske etageejendomme den teknologiske udvikling fra udfyldningsmurværk i bindingsværkskonstruktioner, massivt murede ydervægge og betontrappekerne som udfaser bagtrappen, hule ydermure med faste bindere, betondæk og betonelementer.

Frem for en udviklingshistorisk vinkel, udpeges der i nærværende og kommende hæfter forbilledlige og distinkte byggeteknikker udtrykt i hver sin boligetageejendom. Bygningstypologier/principper der er baseret på eksisterende bygninger men søgt neutraliseret som netop typer. De udfoldes i kraft af fotografi og tegning, hvor den aksonometriske tegning er gennemgående. Den er metrisk bestemt men samtidig rumligt forståelig som en anatomisk tegning. Herudover er hæfterne rigt illustreret med arkitekturfotografier af materialer, detaljer samt projekter under opførelse.

Kongstanken er at typerne er arkitektonisk bæredygtige! Det er slet og ret eksempler på velbyggede løsninger. Der er en tektonisk strøm der manifesterer sig i bygningens udtryk. Disse 5 typologier/principper kan siges at have en forædlet generalitet. I overensstemmelse med de 5 danske bygningssmodeller 1850-2000, består disse nutidige typer også af en 4-5 etagers rektangulær bygningskrop med fire hjørner og en central trappeopgang. Hver type udfoldes yderligere af en række tekster direkte rettet mod den specifikke byggeteknik eller de pågældende materialer. Den legendariske 'Bygebog' fra 1950'erne, som arkitekt/professor ved Kunstakade-

miets Byggetekniske afdeling Poul Kjærgaard i sin tid var ophavsmand bag, har været et uundværligt opslagsværk for datidens arkitekter og arkitektstuderende, når der skulle søges viden om byggetekniske løsninger i forbindelse med en byggeproces. 'Bygebogen' var et første forsøg på at akademisere byggeriets erfaringer og den viden som lå indlejret i datidens gængse byggeskik. Ligeså var det en samlet oversigt over både traditionelle byggemetoder såvel som nye byggeteknikker, der var under udvikling i en begyndende industrialisering af byggeriets processer og produkter. Denne illustrerede sammenfatning af den håndværkeruddannedes, ingeniørens og arkitektens erfaringer, kunnen og viden om byggeriets problemer og muligheder dannede solidt grundlag for en lang række af den tids arkitekters fornemme virke.

I dag opnås meget af den viden, som arkitekter og arkitektstuderende opsøger, gennem digitale platforme og det vil derfor umiddelbart være nærliggende, udelukkende at ty til digitale opslagsværker. Fordelen ved den digitale platform er, at viden er tilgængelig og i umiddelbar nærhed af arbejdspladsen. Ulempen er imidlertid, at udbuddet af materialer og byggetekniske løsninger i dag er uoverskueligt stort. Detaljeløsninger bliver i mange tilfælde kun repræsenteret på producenternes egne hjemmesider, så selv erfarne brugere af digitale brugerflader kommer til kort, når det gælder om opsøgning af en samlet oversigt over korrekte og, ikke mindst, bæredygtige anvisninger, der er begrundet i en bygningskunstnerisk motivation parret med et byggeteknisk eller bygningskulturelt valg. Nutidens krav til bl.a. energireducerende løsninger, tilgængelighed, regnvandshåndtering i forbindelse med bygninger og en øget opmærksomhed rettet mod begrænsede materialeressourcer kalder ligeså på behovet for et fornyet blik på det byggeteknologiske felt.

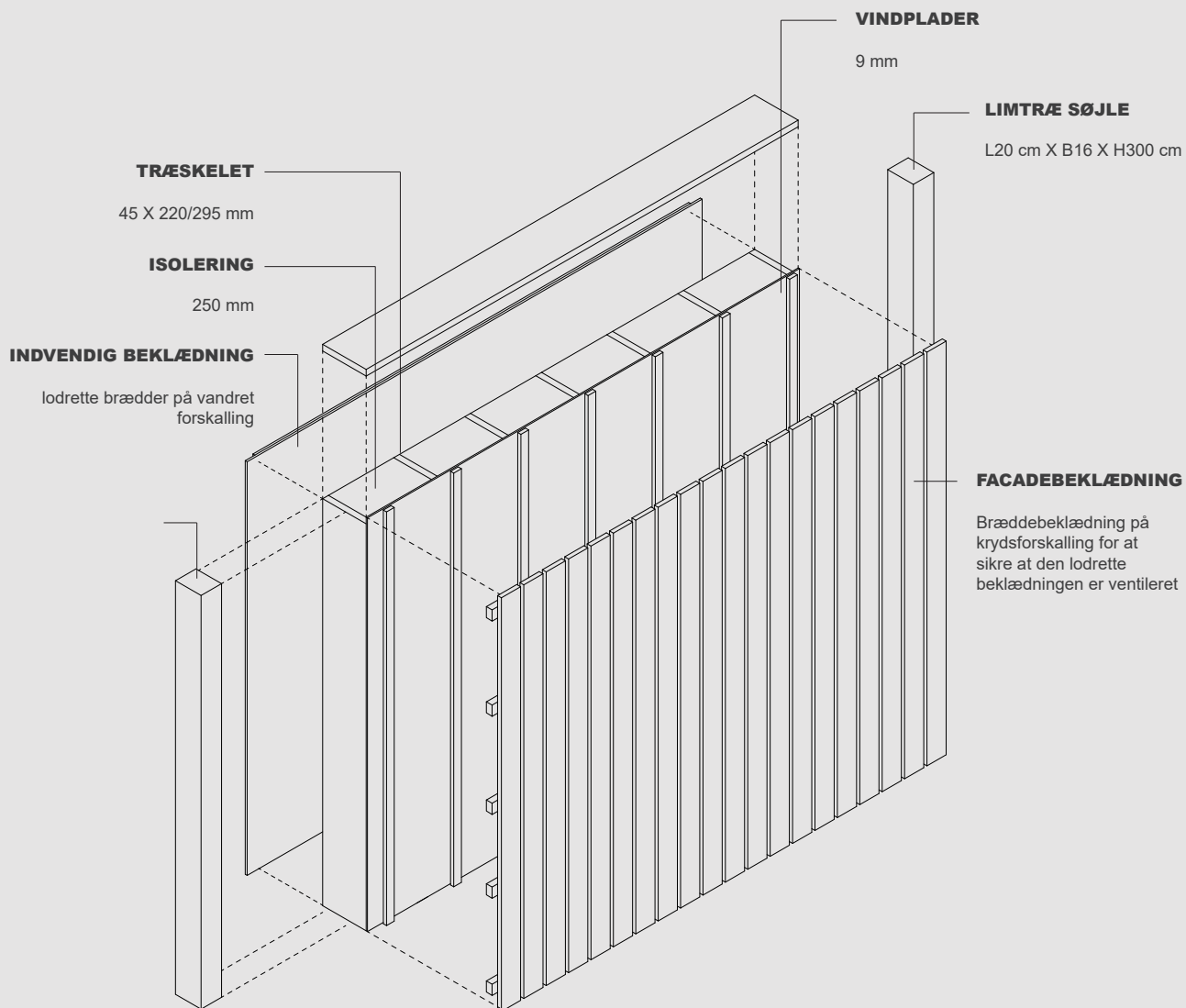
På sigt er det ambitionen at bogen vil kunne udbygges med nye kapitler og dermed udkomme i opdaterede oplag, f.eks. med analyser af byggeteknikkernes evne til at blive ombygget (cirkulær økonomi). Det forventes at bogudgivelsen vil blive de studerendes tro følgesvend gennem studiet og videre ud i faget samt at materialet vil bidrage til uddannelsen af rådgivere inden for byggeriet med langt større teknologisk indsigt. Succeskriteriet vil være at opslagsværket bliver brugt ved tegnebordene på studierne og i praksis, for dermed at bidrage til den byggede kvalitet samt bidrage til en bæredygtig og karakterfuld arkitektur.

Tak til Kim Dalgaard og Anne-Mette Manelius fra Tegnestuen Vandkunsten for at dele deres viden, tegningsmateriale og fotografier. Styregruppe (lektor Nini Leimand, professor Anne Beim) Grafisk opsætning og tegninger (Pernille Scheuer og Stine Henckel Schultz). Tekst om træets anatomi ved Nikolaj Callisen Friis

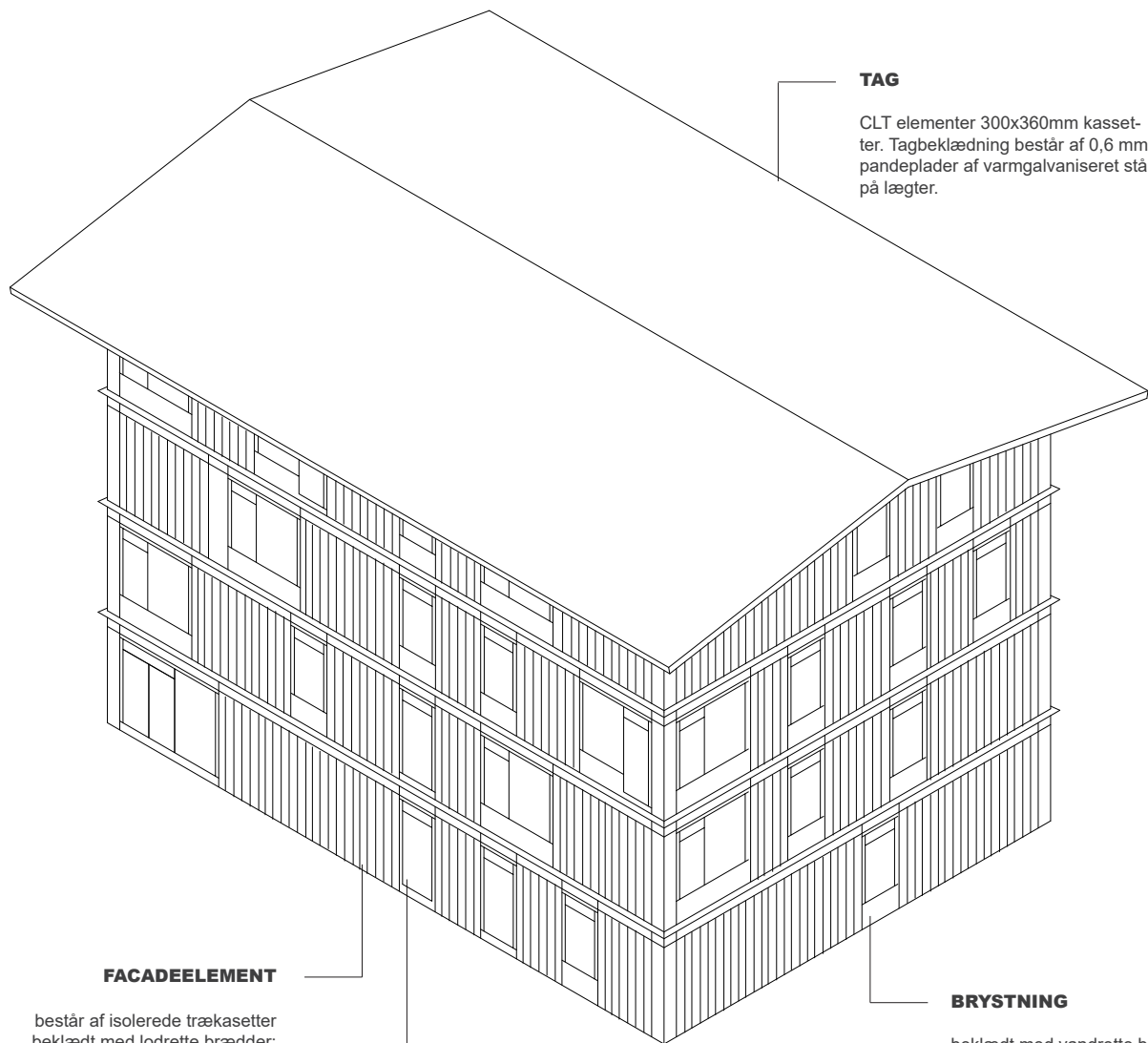
LISBJERG BAKKE

2017
VANDKUNSTEN
40 BOLIGER

Skeletkonstruktion
Trækassetter



LISBJERG BAKKE



TAG

CLT elementer 300x360mm kassetter. Tagbeklædning består af 0,6 mm pandeplader af varmgalvaniseret stål på lægter.

FACADEELEMENT

består af isolerede trækassetter beklædt med lodrette brædder; udvalgte steder er der i stedet indsat et afstivende CLT element med påført isolering på byggepladen samt beklædning

BRYSTNING

beklædt med vandrette brædder

VINDUE

er udført i ubehandlet træ indvendigt og rå aluminium udvendigt

SKALA 1:200



Tagudhænget på 1500 mm er markant og karaktergivende, men tjener også som afgørende konstruktiv træbeskyttelse.

Træelementer Skeletkonstruktion

I dette etagebyggeri i træ, er stort set kun elevator og trappetårne i beton, samt et 9 cm betonlag lagt ud over dækkene mellem etagerne for blandt andet at opnå dæmpning af lyden. Der er tale om en søjle/drager konstruktion med limtræssøjler, stål/træ bjælker, massive elementer i krydslamineret træ (Cross Laminated Timber CLT) og lette facadekassetter. På grund af de brandkrav der er til boliger i over 2 etager er den bærende struktur (søjler, bjælker) adskilt fra den bårne struktur (afstivende CLT elementer, lette udfyldnings facadekassetter).

Konstruktion

Etageboliger udført i søjle/drager konstruktioner er sjældne i Danmark. Skeletkonstruktioner udmærker sig ved at være yderst fleksible i forhold til placering af fx naboskillevægge. Og med en spaciøs repos med plads til hele 4 døre til hver deres lejlighed, er dette byggeprincip robust overfor ønsker om ændringer af antal boenheder. Søjler og dragere samles i et stålbeslag. Desuden er der tværgående stålbjælker hvorpå CLT dækkene hviler af. Man kunne i princippet godt udføre ovenstående samling og bjælker i træ, men det ville kræve et langt større dimension/tværsnit.

Brug af træ

Træ bruger som bekendt begrænset energi i fremstillingen og det kan genbruges eller afbrændes til ny energi. Der er i Lisbjerg Bakke hverken brugt trygimprægneret træ eller maling. De 32 mm tykke planker på facaden er ubehandlet gran, der sættes op med markante vandnæser mellem hver etage. Disse forhindrer dels regnvand i at løbe hele vejen ned af facaden, men adskiller også træbeklædningen, så plankerne er nemme at skifte, når de bliver brudt ned. Det forventes, at de på udsatte steder vil have en levetid på 20 år, mens de andre steder vil klare 30 år, hvorefter de er lette at skifte.

Indeklima

De indvendige skillevægge er udført i 2 rækker lodrette og adskilte lægter med isolering og et lufttæt hulrum imellem på 108mm. Skillevæggene er udvalgte steder beklædt med 2 lag gips og andre steder lodrette brædder. Indvendigt i lejlighed-

erne er der masser af synligt træ med hvid ludbehandling for at undgå at træet bliver for mørkt med tiden. I øvrigt er lejlighederne sprinklet, så de lovligt og med enkle tiltag kan bygges endnu højere og helt op til otte etager. Til udhænget er det valgt en Brettstapel konstruktion.

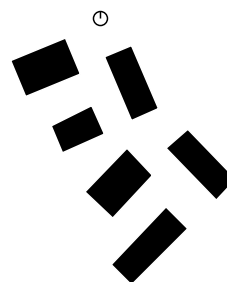
Cross Laminated Timber

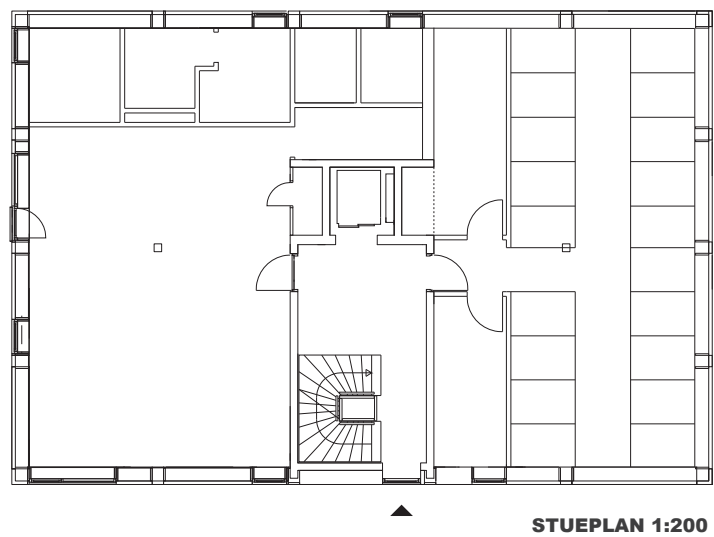
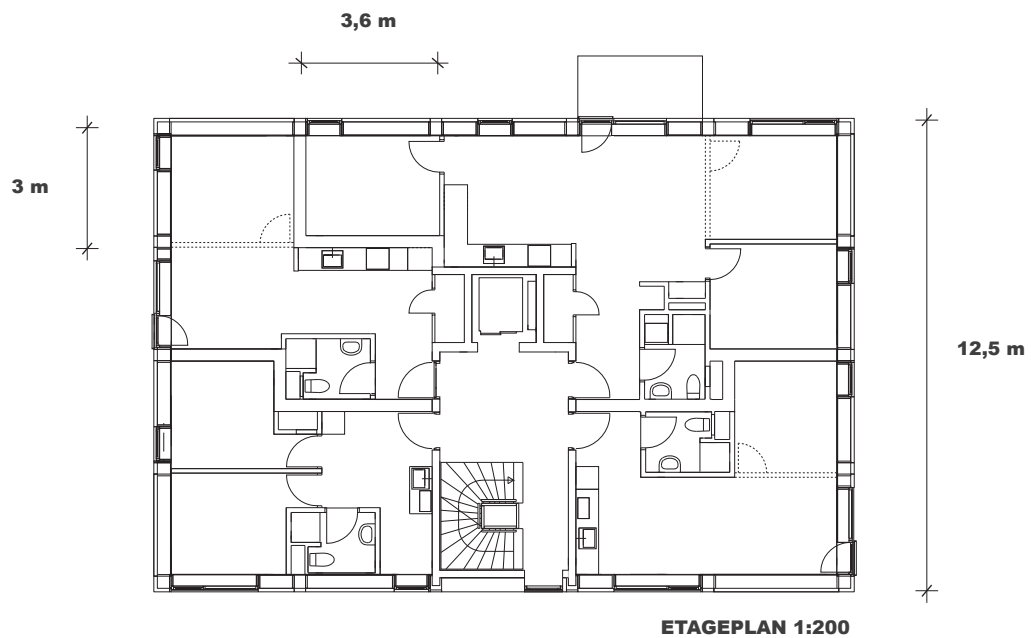
CLT blev opfundet af en fransk opfinder i 1980erne og er en slags limtræ bestående af 3, 5 eller 7 lag brædder limet sammen i 90 graders vinkel mellem lagene. Et element tager omtrent 15-60 minutter at producere. Generelt anvendes rødgran, skovfyr, lærk, pinjefyr eller ædelgran. I kraft af krydslimningen opnår CLT styrkeegenskaber som beton, hvilket gør det muligt at bygge højt. Det er stift, stærkt og ideelt til lange spænd som ved for eksempel etageadskillelser, gulve og lofter. Bredden ligger typisk fra 0,5 til 3 meter, mens længden kan være op til 24 meter. Elementets tykkelse kan være op til 500 mm (50 cm). Det er nemt at bore i og skære huller til gennemføringer uden tungt og støvende værktøj. Dertil kommer, at elementerne vejer fem gange mindre end beton, så man kan nøjes med et mindre og billigere fundament. Andre fordele er træets gode isolerende egenskaber, både i forhold til lyd og varme og det opfører sig forudsigeligt under evt. brand. CLT elementer bliver flittigt brugt i lande som Østrig, Tyskland, England, Norge, Sverige samt Nordamerika og Australien.

Fremtidens bolig

Bygningerne er pga den indvendige bræddebeklædning fuldsprinklet hvorfor det er nødvendigt med nedhængte gipspladelofter. Visionen hos bygherren er, at byggeriet skal være et bæredygtigt bud på fremtidens bolig, og ambitionen er, at det både skal opnå Guld i en DGNB certificering og leve op til de danske 2020 krav. Byggeriet har kostet cirka 11.000 kroner pr. m2 inklusiv veje, forsyninger og parkeringspladser.

Bygherre: AL2bolig
Bruttoareal: 4.100 m²
Færdig til indflytning: jan 2018
Anlægssum: 56 mio. kroner
Arkitekt: Vandkunsten
Ingeniør: Moe
Udførende: Hustømmerne +++
Leverandør: Profile A/S



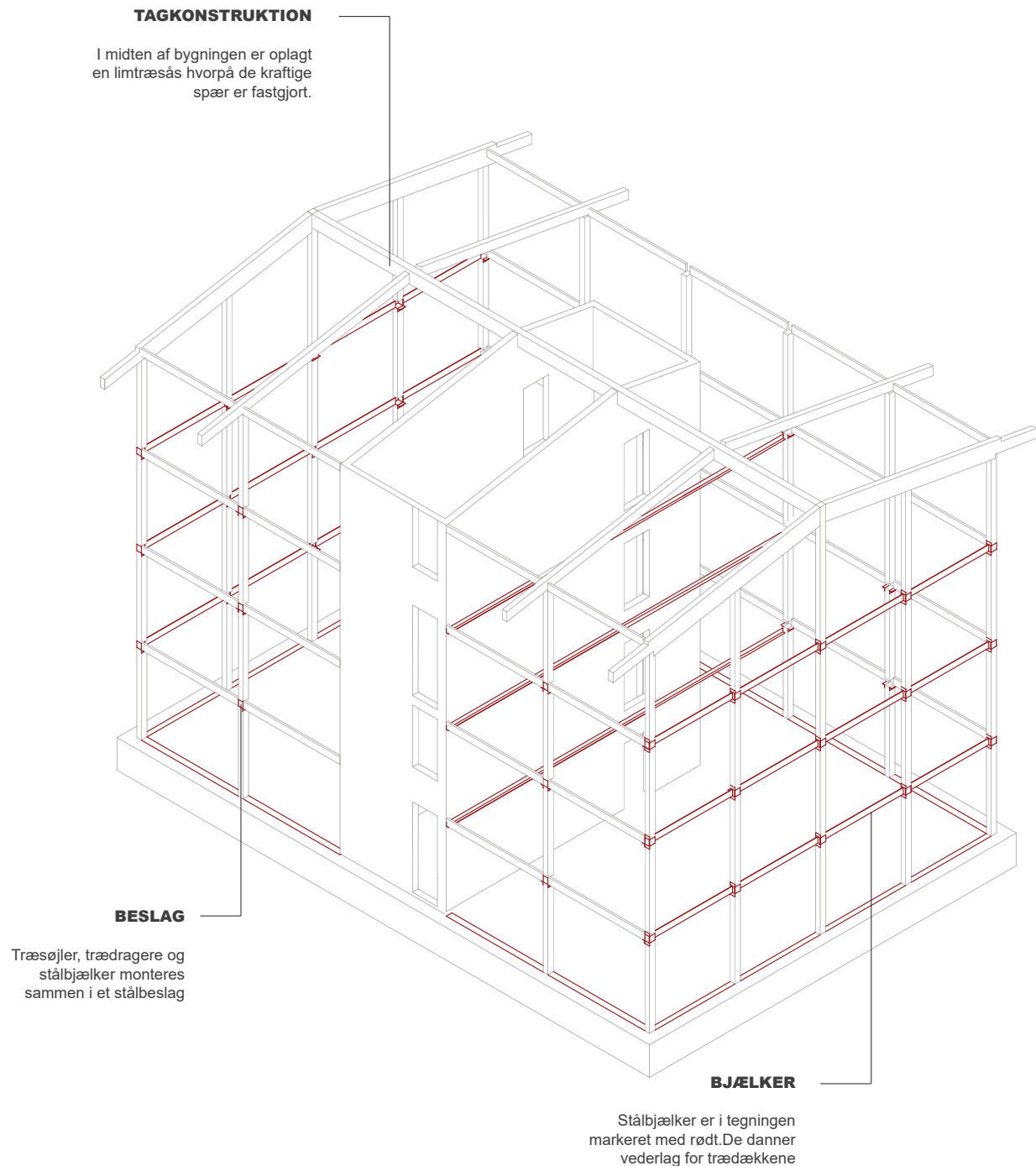


Huset er bygget op over et modul på 3000x3600mm. Lejlighedsadskillelserne er 318mm for at sikre tilstrækkelig akustisk adskillelse lejlighederne imellem.



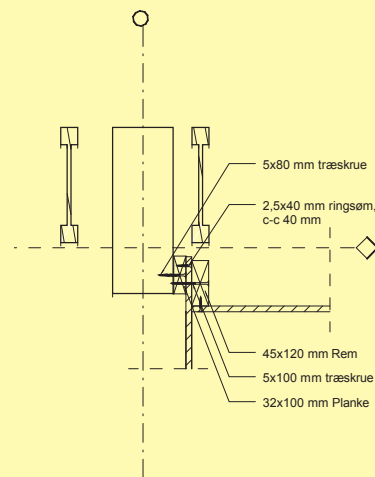
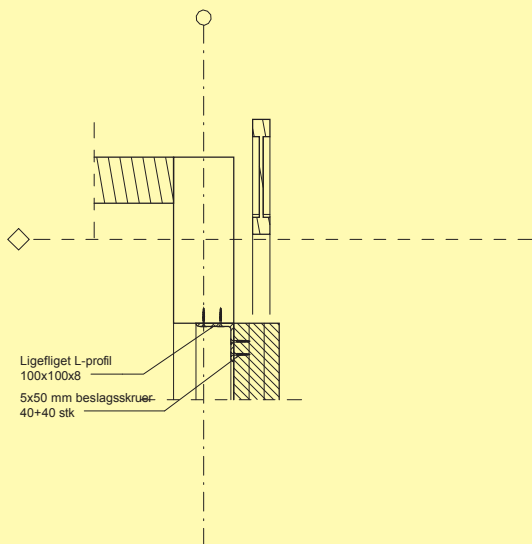
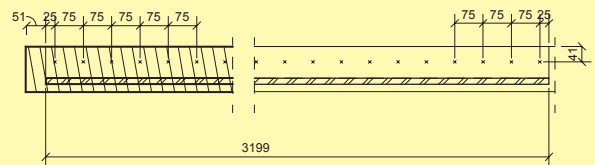
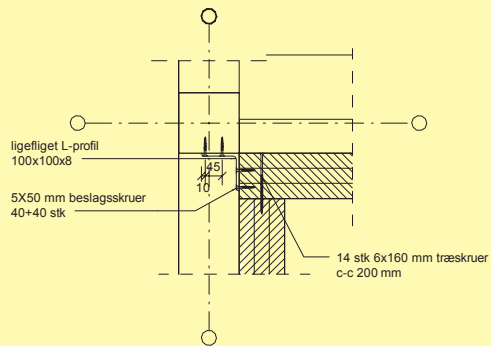
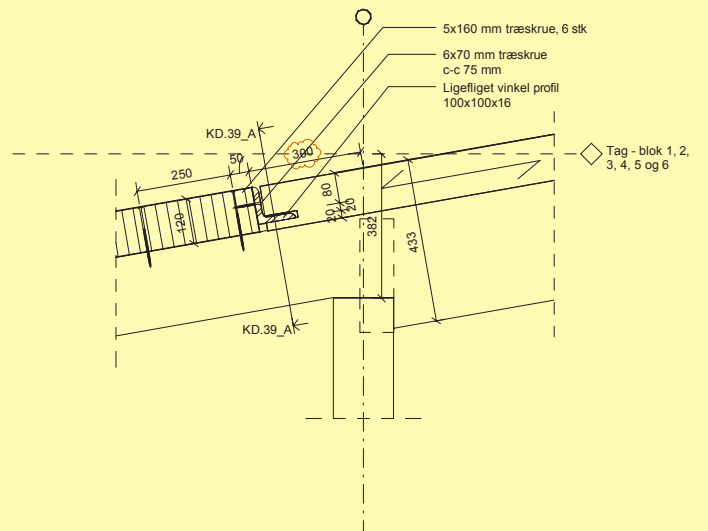
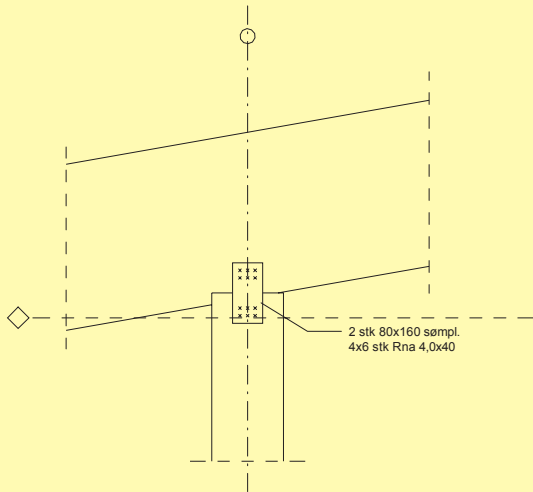
De påsvejste gevindstål er tiltænkt montage af altaner og gangbroer.

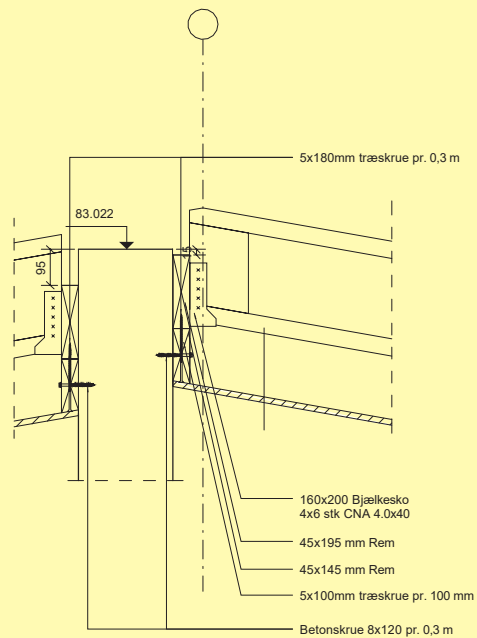
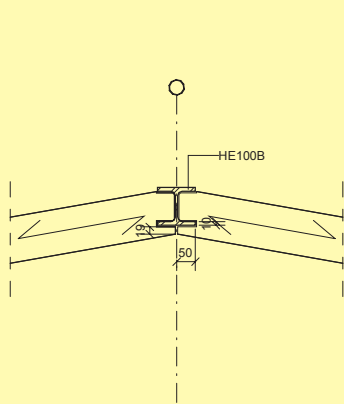
SØJLE BJÆLKE KONSTRUKTION



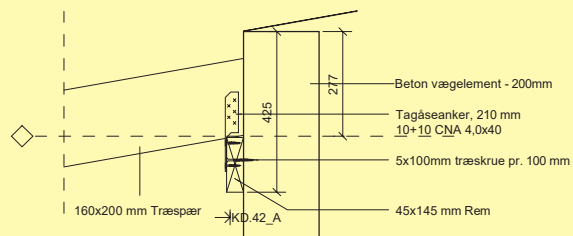
SKALA 1:200

Denne tegning viser placeringen af de brandmalede stålbjælker og stålbeslag. Oprindeligt var byggeriet tænkt udført i træbjælker, men det ville have krævet markant højere dimensioner på bælkene.

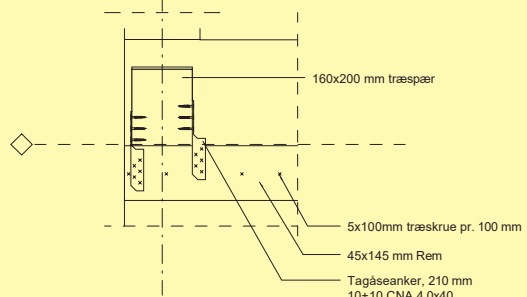




→KD.42_A



⊙



Projekt: Afd. 128 Lisbjerg Bakke v/Al2bolig



Tekst: Konstruktionsdetalje
KD.42

Tegningens: LX_K09.18_H5_EX_N002
Rev.: A

Projektnr.: 7159-001 Dato: 2016-02-01 Rev. Dato: 2016-02-25 Målt: 1 : 10 Side: 043

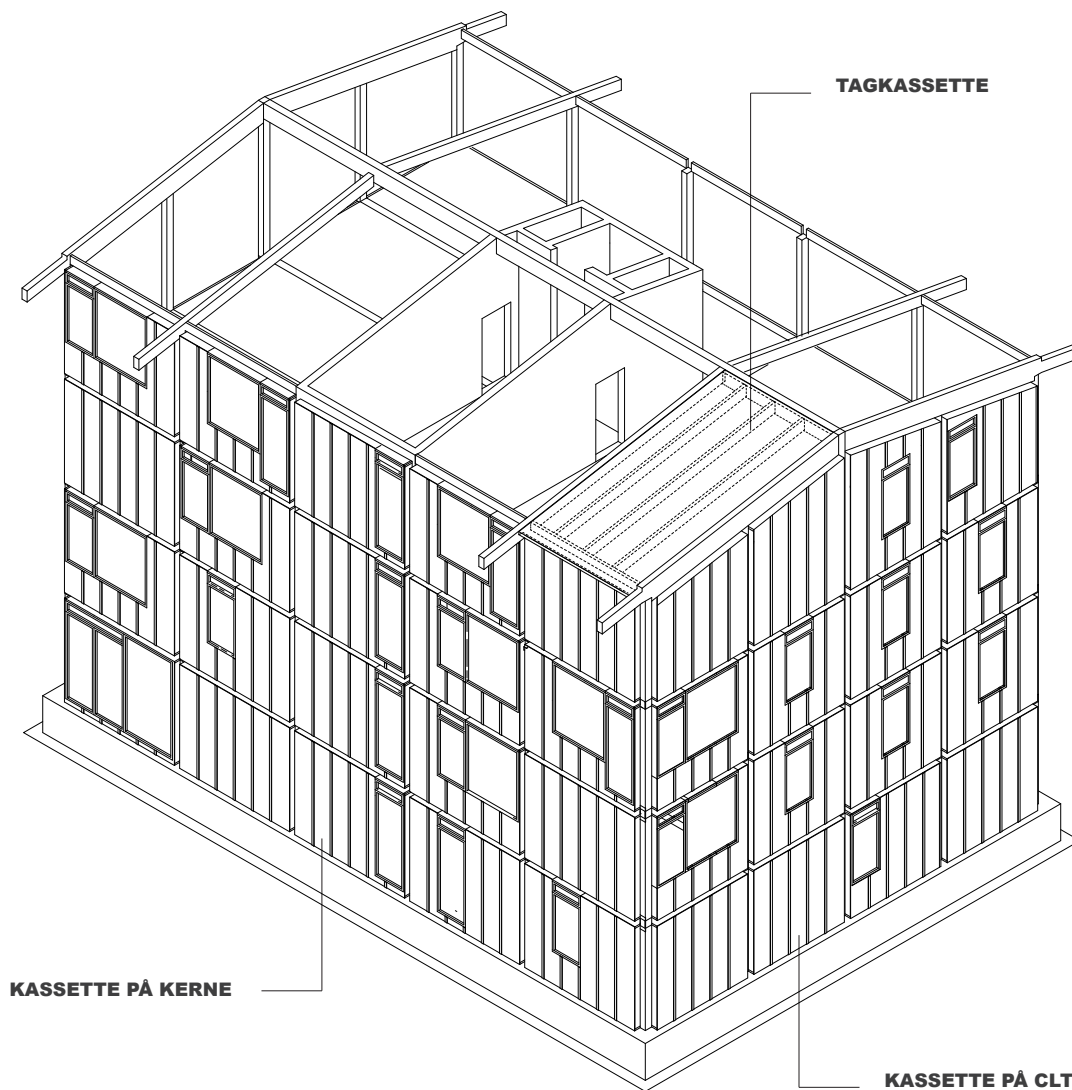
www.moe.dk Fil: C:\Users\k8\Documents\Revit Local Files\7159-001_FA_K09_N000_M.rvt





Byggeriet er alene monteret ved hjælp af kran. Stilladset på billedet er udelukkende nødvendigt for at skaffe adgang til tagfladen i forbindelse med montagen af pandeplader. Den afsluttende facadebeklædning i lærketræ er ligeledes udført fra en platform.

TRÆKASSETTER



SKALA 1:200



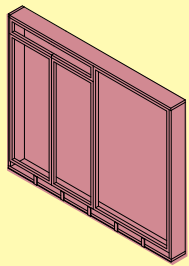
Trækassetter er produceret på en fabrik beskyttet for vejrlig. De lette kassetter med beskyttende vindspærre transporteres til pladsen, løftes på plads og fastgøres til skeletkonstruktion, samt kerner og terrændæk i top, bund og sidder med skruebeslag.



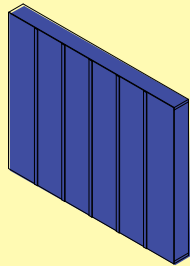
Råhuset er ikke blottet for vejr og vind mere end to-tre uger.

OVERSICHT KASSETTER

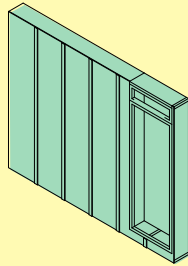
BUNDELEMENTER



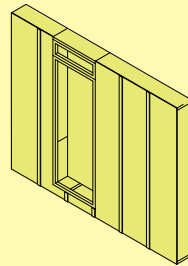
a005-Y1



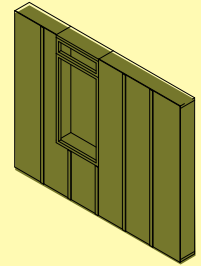
a105-Y2



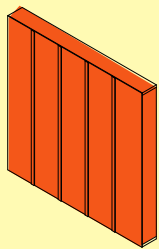
a301-Y2



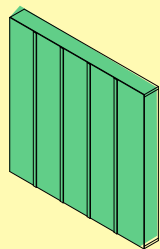
a201-Y1



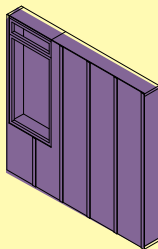
a006-Y1



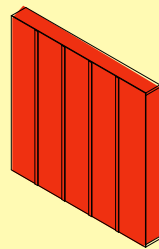
a701-Y1



a002-Y1

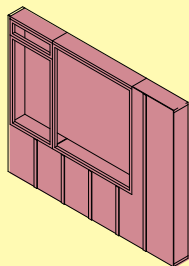


a009-Y1

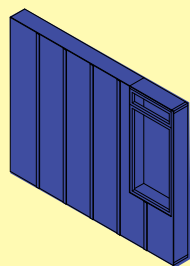


a010-Y1

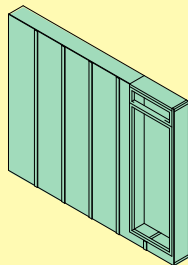
MIDTERELEMENTER



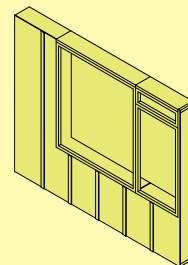
b001-Y1



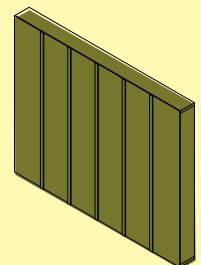
b108-Y1



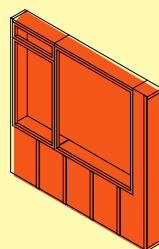
b302-Y2



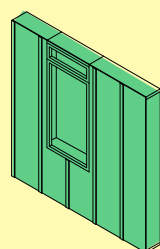
b201-Y1



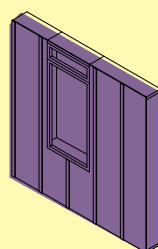
b201-Y2



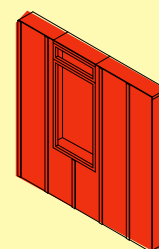
b205-Y1



b009-Y1

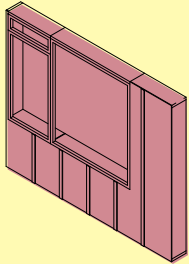


b009-Y1

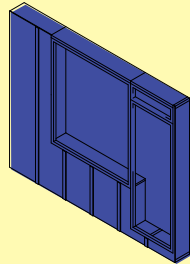


b010-Y2

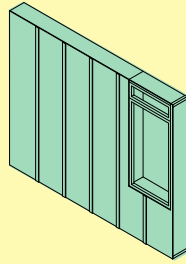
TOPELEMENTER



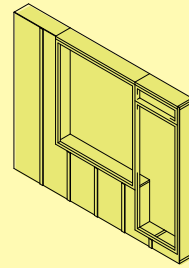
c001-Y1



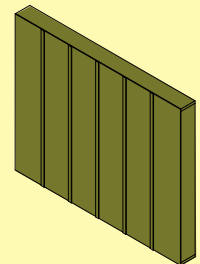
c101-Y1



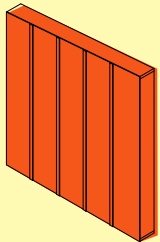
c301-Y2



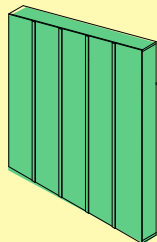
c201-Y1



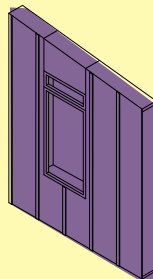
c003-Y2



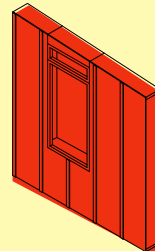
c207-Y2



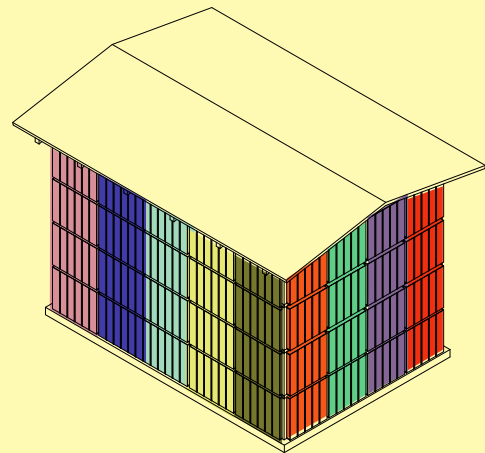
c005-Y1



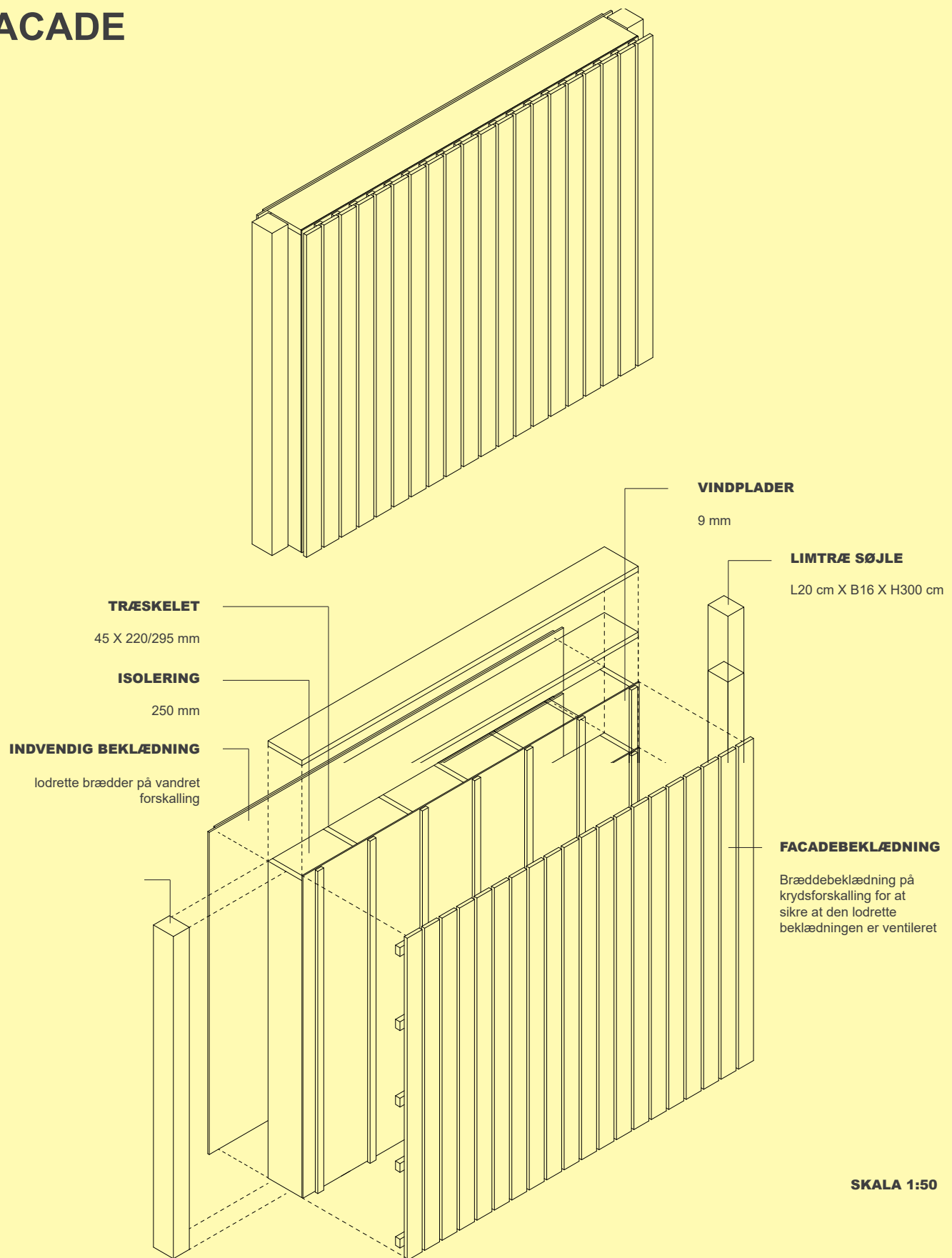
c006-Y1



c105-Y1

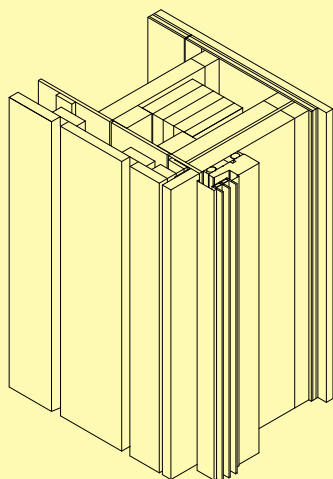


FACADE

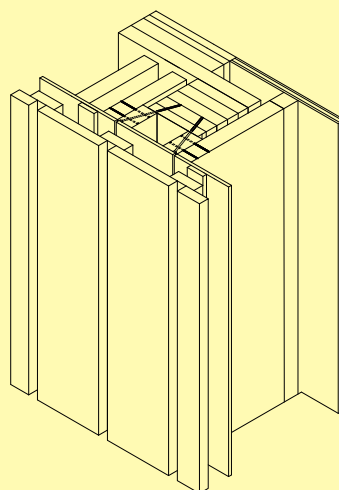


SKALA 1:50

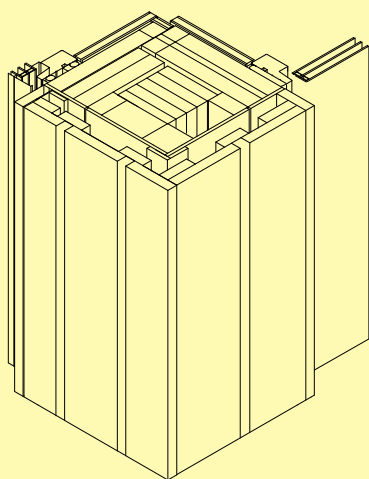
SAMLINGER



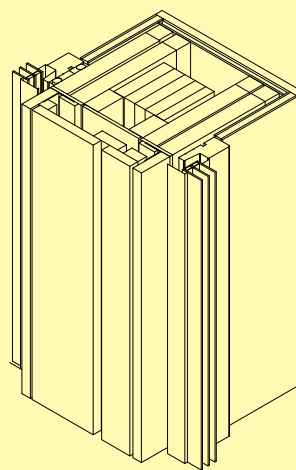
**DETALJE
01**



**DETALJE
02**



**DETALJE
03**



**DETALJE
04**

SKALA 1:20

Varedeklaration iht. CE mærkning EN 14732-1 Træelementer

Certificeret iht. DS/EN 14732-1 Trækonstruktioner - Præfabrikerede vægge, gulve og tagelementer
Styrke og stivhed (prEN 14732-1:2006 pkt; 5,2 metode 4).

Den dokumenterede (beregninger) der forefindes på dette projekt er i henhold til

Erasmus & Partner sag : **Sags nr.**

Møller & Jakobsen sag : **Sags nr.**

prEN 14732-1:2006 pkt 5.3 Limning

- Limning benyttes ikke

prEN 14732-1:2006 pkt 5.4 Termisk isolerings egenskaber

- Metode 1 benyttes.
- Lamda værdier skal være påført, med hver deres værdier.
- Dimensioner fremgår af tegningsmaterialet.
(Fremgår af materiale specifikation)

prEN 14732-1:2006 pkt 5.5 Dampspærre egenskaber

- Tæthedsværdi for dampspærre (Z-værdi). (Fremgår af materiale specifikation)

prEN 14732-1:2006 pkt 5.6.1 Reaktion på brand

- Metode 2 benyttes:
værdier skal være påført, med hver deres værdier. (Fremgår af materiale specifikation)

prEN 14732-1:2006 pkt 5.7.2 Formaldehyd

- Limbaserede pladers formaldehydklasse skal være påført (E1) (Fremgår af materiale specifikation)

prEN 14732-1:2006 pkt 5.8 Stød

- NPD - ingen ydeevne fastlagt

prEN 14732-1:2006 pkt 5.9 Akustiske egenskaber

- NPD - ingen ydeevne fastlagt

prEN 14732-1:2006 pkt 5.10 Holdbarhed

- Hver enkel del af elementet, skal der anføres holdbarhedsklasse

prEN 14732-1:2006 pkt 5.11 Tolerancer

- Tabel fra bilag 9

Løftestroppe Løftetabel

Antal løftepunkter	Type stroppe	Kapacitet
2 punkter	1 Tons Rundsling - Enkelt trukket	1100 kg
3 punkter	1 Tons Rundsling - Enkelt trukket	1700 kg
4 punkter	1 Tons Rundsling - Enkelt trukket	1700 kg
2 punkter	1 Tons Rundsling - Dobbelt trukket	2800 kg
3 punkter	1 Tons Rundsling - Dobbelt trukket	4200 kg
4 punkter	1 Tons Rundsling - Dobbelt trukket	4200 kg

Materiale specifikation

Tagmaterialer

Materiale Anvendelse	Dim. mm.	Montage
Gran	-	Iht. ingeniør
Gran < 22 mm. tykkelse	-	Iht. ingeniør
Krydsfinér, vandfast	12,5	2,5*50 mm ringede s
	15	Kant: pr. 75 mm
	18	Midt: pr. 150 mm
Krydsfinér, Antimugt	15	2,5*50 mm ringede s
	18	Kant: pr. 75 mm
	21	Midt: pr. 150 mm

Isoleringsmateriale

Materiale Anvendelse	Dim. mm.	Montage
Rockwool	-	Skæres i 10 - 15 mm over
Flexibatts	-	fastholdes mellem bjælker
Rockwool, Super flexibatts	-	Skæres i 10 - 15 mm over
Rockwool BD60	-	fastholdes mellem bjælker

Udv. plademateriale

Materiale Anvendelse
Sinat Wether Defence
IVARSSON windpanel
IVARSSON windpanel PREMIUM
Gypros glasroc H-Storm
Cembrit Windstopper
Cembrit Windstopper EXTREAM
Fermacell H2O

Indv. plademateriale

Materiale Anvendelse	Dim. mm.	Montage
Krydsfinér, vandfast	12,5 - 21	2,5*50 mm ringede Kant: pr. 75 mm Midt: pr. 150 mm
Gips	12,5	
Fermacell	10-15	Klammer pr. 200 mm midten
Troldtekt	25	Træbetonskruer

Folier

Materiale Anvendelse	Dim. mm.	Montage
Phønix PF3500	2,9	Svejsu
Phønix PF/GF3500	2,9	Svejsu
Phønix PF3500 SBS	2,9	Svejsu
Icopal Base 411 P	2,4	Svejsu
Icopal Base 400 P		Svejsu
Icopal Base 500 PG		Svejsu
Icopal 500 P		Svejsu
Storm PE-folie	0,20	Fastgør
Dafa Pe-folie ProFoil	0,20	Fastgør
IcoVario	0,3	Fastgør
isover vario duplex	0,2	Fastgør

TOLERANCER

	Densitet Kg/m ³	Lampda W/m K	Formaldehyd klasse	Z-værdi GPa m ² s/kg	Brand Klasse	Anvendels Klasse
	475	0,120	-	-	D-s2, d0	2
	475	0,120	-	-	F-s2, d0	2
jede skudsøm n m	500	0,130	E1	20,00	D-s2, d0	3
jede skudsøm n m	580	0,130	E1	20,00	D-s2, d0	3

	Densitet Kg/m ³	Lampda W/m K	Diffusionstal kg/m ² s GPa	Brand Klasse
overmål så isolering ælderne	30	0,037		
overmål så isolering ælderne	30	0,034	0,14	A1, s1, d0
overmål så isolering ælderne	>30	0,037	0,14	Euroklasse A1

Dim. mm.	Montage	Densitet Kg/m ³	Lampda W/m K	Z-værdi GPa m ² s/kg	Brand Klasse
9,5		890	0,25	0,67	A2-s1,d0
9,5		1050	0,22	0,5	K1,10A1
9,5		1050	0,22	1,7	K1,10A1
9,5		800	0,04	0,4	A2-s1,d0
9		1300	-	1,7	A2-s1,d0 K1,10 B-sl, d01
9		1300	-	2,7	A2-s1,d0 K1,10 B-sl, d01
12,5		1000	0,173	3,5	A1

	Densitet Kg/m ³	Lampda W/m K	Formaldehyd klasse	Z-værdi GPa m ² s/kg	Brand Klasse	Anvendels Klasse
gede skudsøm (S1) m m	500	0,130	E1	20,00	D-s2, d0	3
	720	0,25	-	0,4	A2-s1,d0 (kl A)	1
00 mm langs kanter og i er	1150	0,32	-	0,8	A2-s1,d0	1
	388	0,072	E1		B-s1, d0	1

Montage	Densitet Kg/m ³	Diffusionstal kg/m ² s GPa	Z-værdi GPa m ² s/kg	Brand Klasse
ejseunderpap	1200	-	2700	Broof (t2)
ejseunderpap	1200	-	400	Broof (t2)
ejseunderpap	1150	-	1600	Broof (t2)
ejseunderpap	1200	-	>400	Broof (t2)
ejseunderpap	1200	-	>400	Broof (t2)
ejseunderpap	1250	-	1000	Broof (t2)
ejseunderpap	1000	-	400	Broof (t2)
stgøres med klammer pr. 200 mm	0,13	-	5,7	-
stgøres med klammer pr. 200 mm	0,13	-	5,7	-
stgøres med klammer pr. 200 mm	0,13	-	>600	-
stgøres med klammer pr. 200 mm	0,08	-	6,6 - 109	Euroklasse E

Følgende tolerancer skal overholdes:

Længde L	≤ 3 m.	+0 / -5 mm.
	> 3 m.	+0 / -7 mm.
Højde H	≤ 3 m.	± 3 mm.
Bredde	> 3 m.	+0 / -5 mm.
Tykkelse		± 3 mm.
Diagonal	≤ 6 m.	± 3 mm.
	> 6 m.	± 3 mm.
Udsparinger	Lodret, vandret og diagonal Placering	± 3 mm. ± 8 mm.
Krumning	> 2 m.	± 5 mm.
El-indbygning		± 10 mm.

Tolerancer hidrørende udvendig beklædning:

På ru træskeletunderlag

Lodrette beklædninger:

Planhed på udvendig side af beklædning.	± 10 mm pr. 2m
Kant af beklædning.	± 3 mm pr. 2m

Vandret klinkbeklædning:

Planhed på udvendig side af beklædning.	± 10 mm pr. 2m
Kant af beklædning.	± 3 mm pr. 2m

På ret træskeletunderlag

Lodrette beklædninger:

Planhed på udvendig side af beklædning.	± 5 mm pr. 2m
Kant af beklædning.	± 3 mm pr. 2m

Vandret klinkbeklædning:

Planhed på udvendig side af beklædning.	± 5 mm pr. 2m
Kant af beklædning.	± 3 mm pr. 2m

lade:

led på udvendig side af beklædning.	± 5 mm pr. 2m
af beklædning.	± 3 mm pr. 2m

led på underlag. ± 5 mm pr. 2m

indvendig vægbeklædnings planhed:

lader på træ	± 5 mm pr. 2m
rofilbeklædning på træ	± 5 mm pr. 2m

ancer hidrørende loftsbeklædning:

rofilbeklædning på træunderlag	± 5 mm pr. 2m
eton på træunderlag	± 3 mm pr. 2m
rlag af tæt forskalling til pudsede lofter	± 5 mm pr. 2m

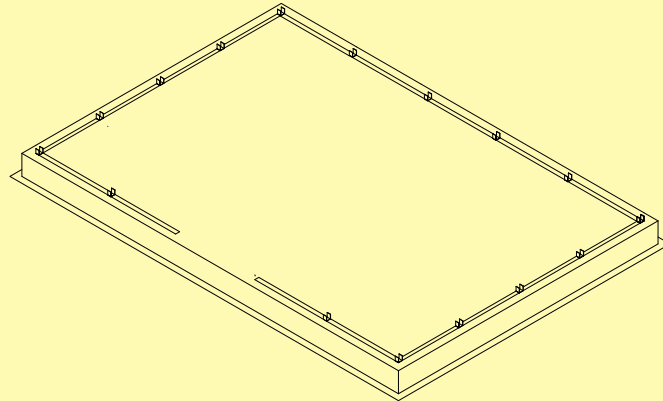
vægselementer:

ancer hidrørende indvendig vægbeklædningers planhed:

lader på træ	± 5 mm pr. 2m
rofilbeklædning på træ	± 5 mm pr. 2m

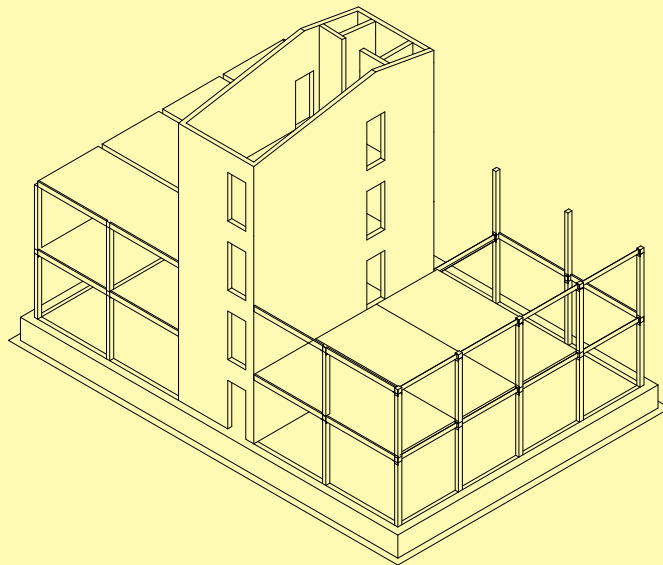
BYGGEPROCES

1

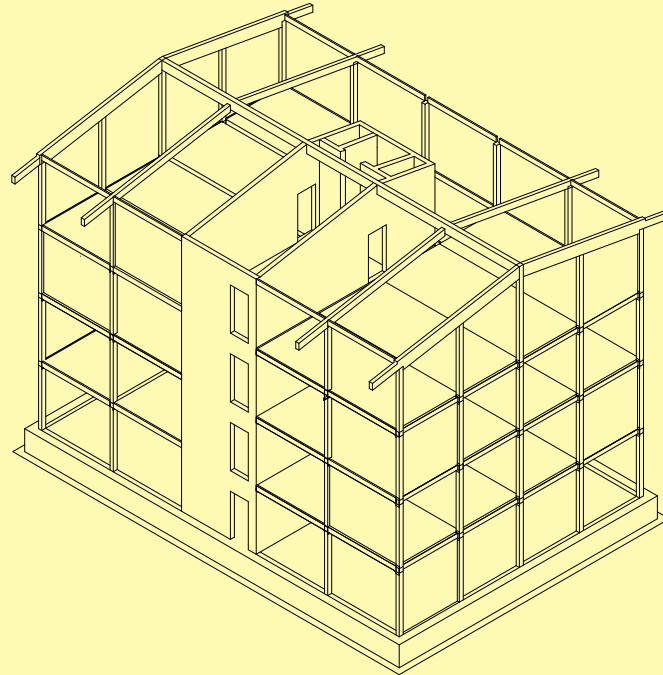


Hvis der, som i dette eksempel, ikke er kælder, støbes et terrændæk i beton. Der opsættes sko til opstilling af søjler.

2

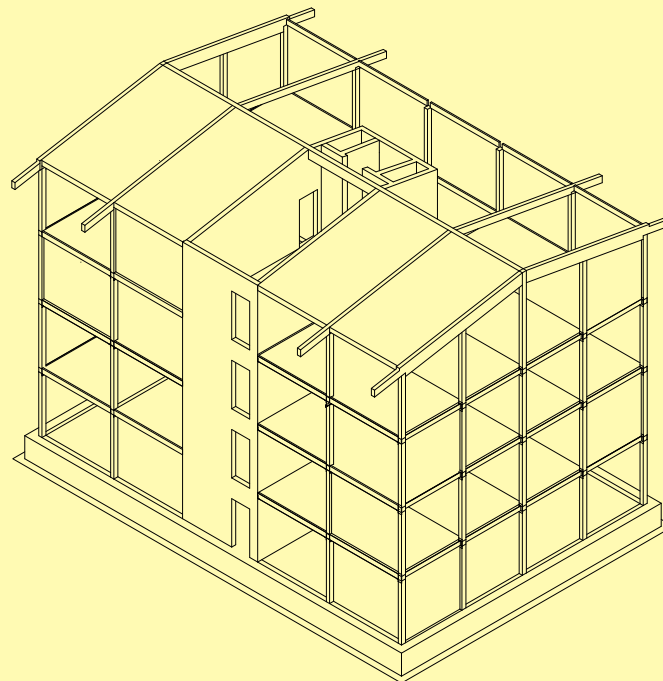


Så støbes den stabiliserende betonkerne omkring trappe og elevator mens opbygningen af søjle bjælkeskelettet påbegyndes. Dækkene løftes på plads og spænder 720mm. Ovenpå trædækkene udstøbes der løbende 9cm beton.



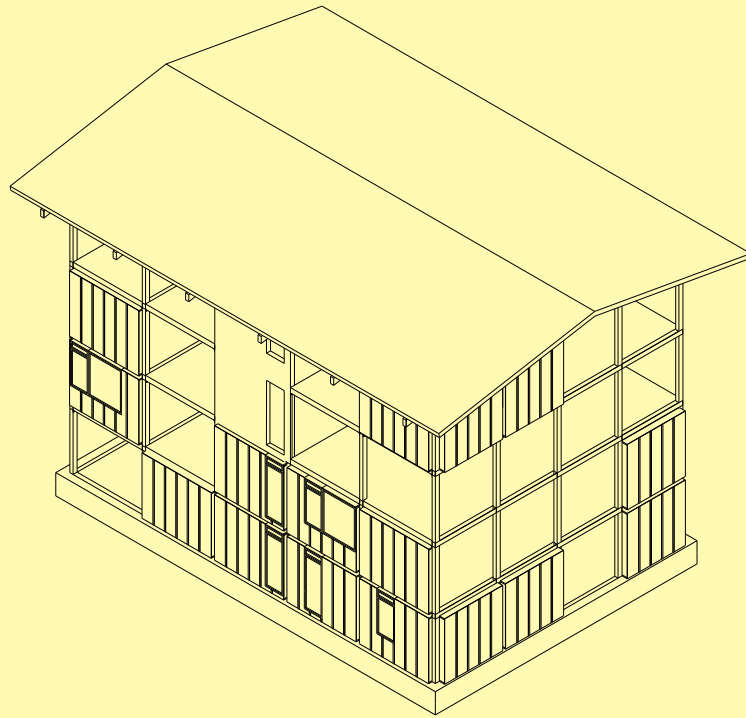
3

CLT facadeelementer opsættes udvalgte steder for stabilitet. Limtræsåsen lægges op i bygningens midterlinie og kraftige spær monteres per hovedmodul.



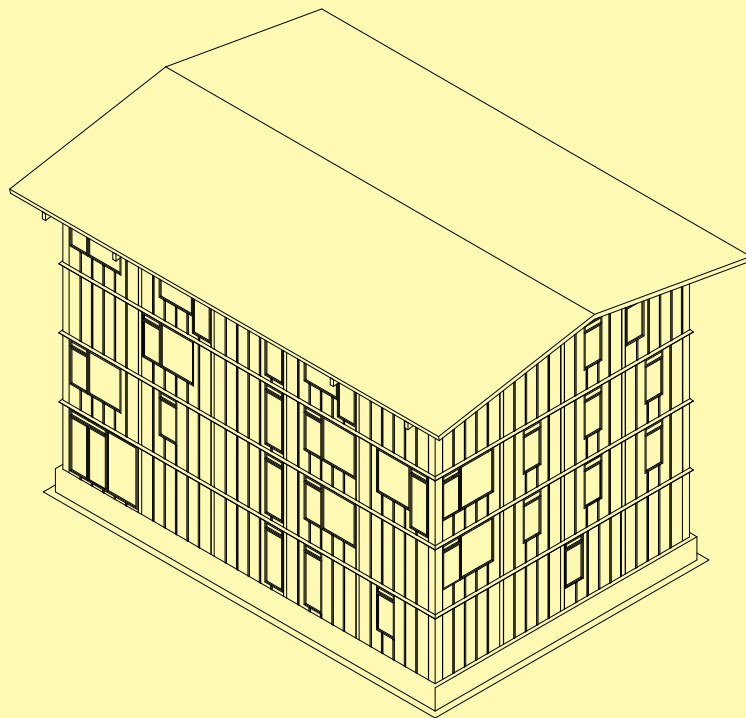
4

Hernæst monteres tagkassetter.



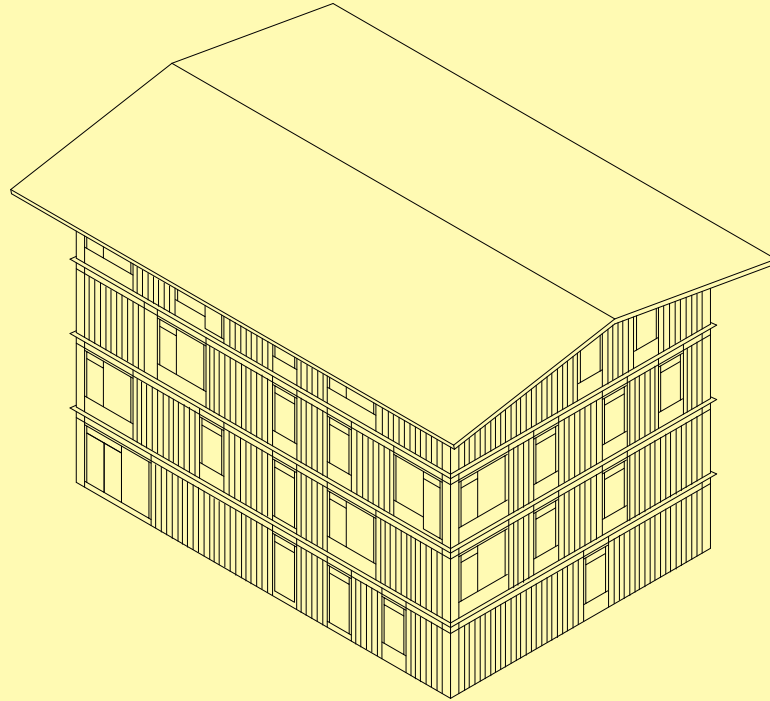
5

Facadekassetter monteres i skelletkonstruktionen, på betongkernen og CLT elementerne. Tagudhænget udføres.



6

Drypnæser monteres ud for hver etage.



7

Bræddebeklædningen opsættes.

BRUG AF BETON



Dækkene i CLT udstøbes løbende med et lag af 9mm beton. Dette gøres dels af hensyn til lyddæmpning, men også pga forskydningsforbindelsen mellem træ og beton. På billedet ses en såkaldt fladstålslås, der består af et stykke fladstål der halvt nedskæres på tværs af træets fiberretning. Den øvre halvdel af stålet indstøbes i betondelen, og optager således forskydningsspændingerne mellem de to materialer.





CLT opnår i kraft af deres krydsende lag på lag limning af brædder samme styrkeegenskaber som betonelementer, samtidig med at de kun vejer cirka en femtedel. Hvilket giver fordele i både transport, behovet for krankapacitet og montering. Desuden kan fundamentet minimeres tilsvarende.



Ligeså snart huset er lukket, kan de udførende gå i gang. De slipper for det tunge værktøj og kvartsstøv fra arbejdet i beton. Indvendig bræddebeklædning opsættes efter installationer og EL er trukket. Der er anvendt ca.45.000 skruer på at samle en boligblok.



Kranen løfter et isoleret tagelement på plads imellem spærrerne. To tømrere, en kranfører og en arbejdsmand samt en smed hver anden dag. Tre uger tager det at opføre en blok med de præfabrikerede elementer, så den er lukket helt af for vind og vejr.



Færdigt interiør





APPENDIX UNDERBYGGENDE TEKSTER

TEK1 MATERIALER - TRÆ

**KUNSTAKADEMIETS ARKITEKTSKOLE, 2014
NIKOLAJ CALLISEN FRIIS
FORELÆSNING**

Træets Anatomi
Hvad fortæller træet os?
Ved savværket
De mest benyttede træsorter

Træets anatomi

Træ er opbygget af vand, stoffer fra atmosfæren og små mængder mineraler fra jorden, og solen leverer den energi, der skaber fotosyntesen. Disse stoffer - kulstof, ilt, brint, kvælstof og forskellige mineraler - danner nogle komplicerede kemiske forbindelser, hvor de tre hovedbestanddele er polymererne cellulose, hemicellulose og lignin. De tre stoffer udgør omtrent 96% af vedstofferne, resten er betegnet som bistoffer. Træ kan sammenlignes med armeret beton hvor cellulosen svarer til armeringen og bidrager til trækstyrken; ligninen svarer til betonen og bidrager til trykstyrken; hemicellulosen udfylder hulrum. Vedstoffernes elementære sammensætning i træer fra den tempererede klimazone er:

50% kulstof, 6% brint, 43% ilt, 0,2% kvælstof og 0,8% andre stoffer.

Disse stoffer indgår i kemiske forbindelser som danner 40-50% cellulose, 25-35% hemicellulose, 18-35% lignin og 1-10% bistoffer.²

Løvtræer, som evolutionært set er den ældre variant, har tre typer celler - vedtaverne giver styrke; karceller sørger for transport af væsker; og i parenkymcellerne opbevares næringsstofferne. Nåletræer har kun to typer celler - trakeider og parenkymceller - de tykvæggede trakeider transporterer væske, og de tykvæggede trakeider giver træet styrke. Parenkymcellerne bruges ligesom i løvtræet til at opbevare næring. Pga. nåletræernes mere simple opbygning, er de oftest mere elastiske end løvtræerne. Mellem cellerne i både nåletræer og løvtræer transporteres der væsker gennem såkaldte porer.

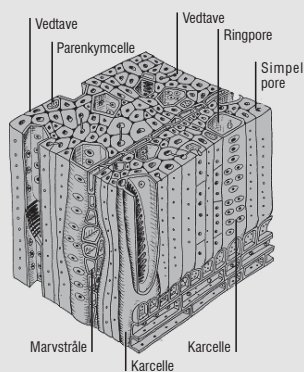
Træet består af rodnet, stamme og grene (ved), blade og frugt. Rødderne suger vand og mineraler op; veddet transporterer næringen og giver mekanisk styrke; bladene er træets kemiske fabrik der via fotosyntesen forsyner træet med næring; og frugterne sørger for videreførelsen af arten.

Nyt ved frembringes af et specielt lag der hedder kambium, eller vækstlaget, der ligger lige under barken. Celledeling her skaber bark på ydersiden, og nyt ved på indersiden, og får dermed træet til at vokse. I et klima hvor der ikke er gunstige vækstbetingelser hele året rundt på grund af f.eks. tørke og kulde vokser veddet i årstidsbestemte tilvækster som danner årringe. I et tropisk klima hvor der er gode vækstbetingelser hele året rundt, kan man ikke aflæse årringe.

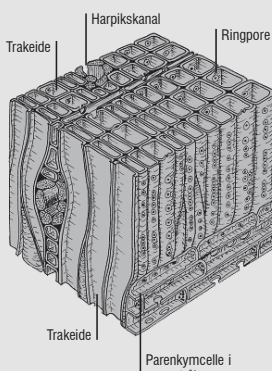
Veddet består af to dele - splintveddet og kerneveddet. Splintveddet er det sidst dannede ved, og det sørger for at transportere vand og mineraler op til bladene. Bladene producerer næring som sendes tilbage i veddet, hvor det enten oplagres eller forbruges omgående til at danne ny vækst. Når træet er vokset tilstrækkeligt, og der er dannet nyt splintved, dør det gamle og bliver til kerneved. I kerneveddet udfældes der en række stoffer (i nåletræer primært harpiks og i løvtræer primært garvestoffer) som virker beskyttende overfor insekt- og svampeangreb, og i mange træer gør denne udfældning veddet mørkere. Kerneveddet er mere dimensionsstabil end splintveddet, og da det har en højere densitet er det også hårdere.

I årringene kan aflæses to typer ved - vårveddet og høstveddet. Vårveddet er vokset hurtigt og har store og tyndvæggede celler og er lyst, mens høstveddet er vokset langsommere og er mørkere. Det er denne vekslen i farver og tykkelse i årringene der gør, at man kan læse alderen på træet.

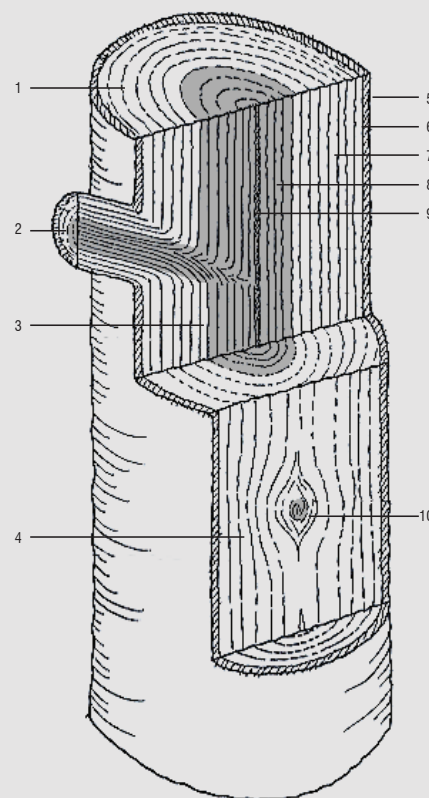
Den vertikale transport af næring og safter foregår som nævnt i splintveddet, mens den radiale transport føres gennem marvstrålerne. Marvstrålerne går fra marven og ud til barken. De sørger for transport af næringsstoffer i radial retning (fra marv til bark). Når træet sprækker pga. tørring er det igennem en marvstråle at bruddet foregår. På et radiale snit aftegnes marvstrålerne som nogle lyse streger, der også kaldes "spejl".



FIGUR 12: Cellernes opbygning i løvtræ.
Kilde: teknologisk institut.



FIGUR 13: Cellernes opbygning i nåletræ.
Kilde: teknologisk institut.



FIGUR 14: To længdesnit i en stamme
Kilde: www.skoven i skolen.dk

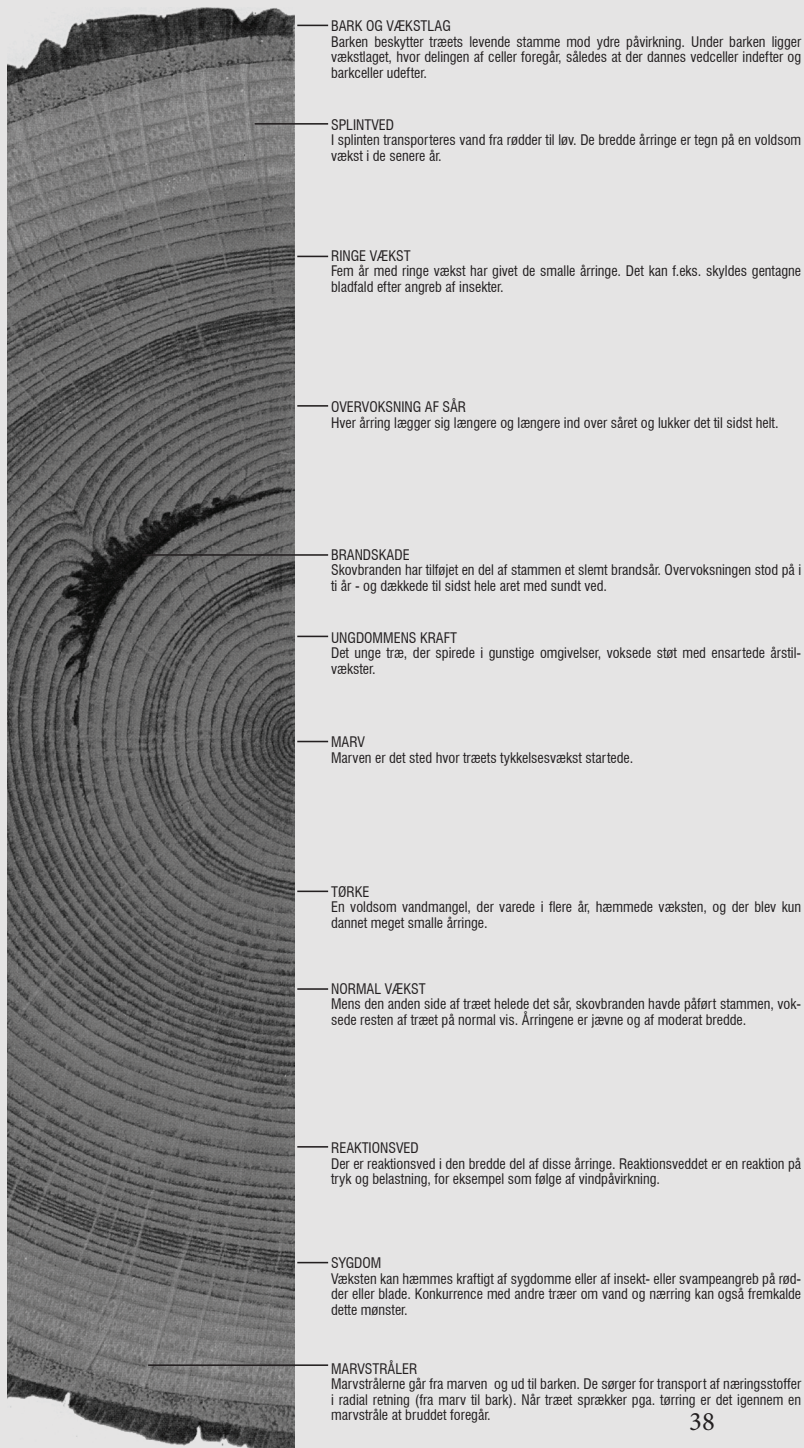
1 Tværnsnit
2 Gren
3 Radiale snit
4 Tangentiale snit

5 Bark
6 Vækstslag
7 Splintved
8 Hjerter/kerneved
9 Marv
10 Gren

Hvad fortæller træet os?

FIGUR 15: Et snit gennem træets stamme fortæller dets historie.

Kilde: Bogen om træ, s. 14.

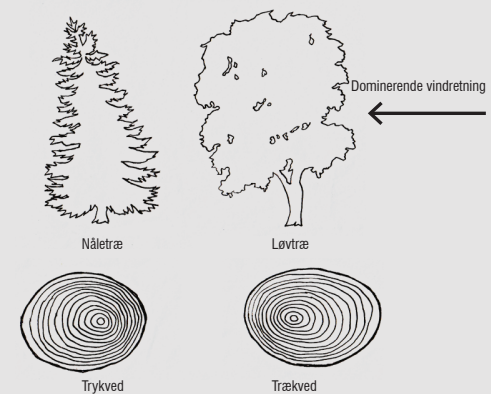


Et træ, der har stået i en skov og konkurreret med de andre træer om lys og næring, har væsentlig dårligere betingelser end f.eks. et parktræ, der har rig adgang til både lys, næring og vand. Andre faktorer kan også spille ind såsom tørke, insekt- og svampeangreb, sygdomme, brandskader mv. Den geografiske placering har også en indvirkning på træets vækst. F.eks. har et træ der vokser meget nordligt, eller i bjergene i nærheden af snegrænsen, en kortere vækstperiode, og har som regel smalle årringe. Mange nåletræer vokser hurtigere end løvtræer, og får større årringe. I nåletræer medfører store årringe som regel lettere og blødere ved med lavere styrke. I løvtræer vil store årringe ofte give tungere og stærkere ved.

Træ er et meget stærkt materiale, men kun i fibrenes retning, altså længderetningen. Det er forholdsvis let at skille ad, hvis man trækker i det på tværs af fibrene - det er det man udnytter, når man kløver brænde, hvor man flækker det ved at adskille fibrene. Man taler om tre slags styrke: trækstyrken, trykstyrken og bøjningsstyrken. De forskellige træsorter har forskellige styrkeegenskaber, men for alle gælder at de er stærkest i træk, noget svagere i bøjning og svagest i tryk. Som grundregel kan man sige at træ er dobbelt så stærkt i træk som i tryk, og bøjningsstyrken ligger typisk derimellem. Men det er variationerne i træsorternes varierende egenskaber, man udnytter til de forskellige brugstyper.

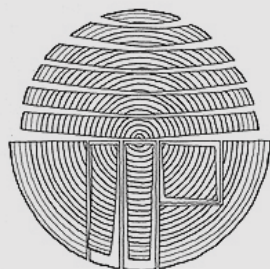
Stammen er sjældent perfekt rund, men oftest snarere oval. Hvis træet bliver påvirket af et vindtryk fra en bestemt retning bliver årringene bredere i den ene side af stammen end den anden. Denne type vækst kaldes for reaktionsved. Det kan også ske, hvis træet står på en skrænt, eller en anden usikker jordbund, hvor træet har brug for at kompensere for den manglende stabilitet i den ene side. Reaktionsved har en unormal struktur med negative brugsegenskaber. Det er tungere og har større tendens til at vride og krumme, da det har et større længdesvind end normalt ved.

I nåletræ udvikles reaktionsveddet på stammens læ- og trykside, og det omvendte er tilfældet med løvtræ, hvor det udvikles på træets vind- og trækside. Det skyldes at nåletræet bruger en øget mængde lignin til at klare det øgede tryk, mens løvtræets strategi er at bruge en øget mængde cellulose for at håndtere det øgede træk.



FIGUR 16: Reaktionsved i et nåletræ og et løvtræ.

Ved savværket



Figur 17: Typisk mønster for svind og krumning forskellige steder i stammen, efter opskæring.
Kilde: Kulturarvstyrelsen



Figur 18: Tørrestue på Hvalsø Savværk
Foto: Nikolaj Callisen Friis

Efter træet er fældet, afgrenes stammen og skæres i passende standartlængder kaldet kævler. Det er bedst at fælde træet om vinteren da vandindholdet er lavest der. Kævlerne vurderes og skæres op efter hvad de er bedst egnede til. Noget skæres op i konstruktionstømmer, andet skæres op i planker. Savværker bruger laseropmåling og andre teknologier til at få så høj en udnyttelsesgrad som muligt. Intet går til spilde - barken kan bruges som brændsel eller i havebrug og savsmuldet bruges til papir eller plademateriale (som spån- eller mdf-plader).

Tørring

Efter det er skåret bliver det sendt til tørring. Det kan foregå i en ovn, også kaldet en tørrestue, eller det kan lufttørres alt afhængig af krav til træets vandindhold. Nyfældet træ består, alt afhængig af sorten, af omkring 50% vand. Når dette vand udtørres opstår der spændinger i cellestrukturen, og træet begynder at arbejde. Træet svinder ikke lige meget på hvert led. Det svinder mindst i længderetningen, noget mere i retningen fra marv og udad og mest rundt langt årringene. Denne usartethed i svind gør at træet kan slå revner på grund af de indre spændinger. Hver træsort har sit svindforhold.

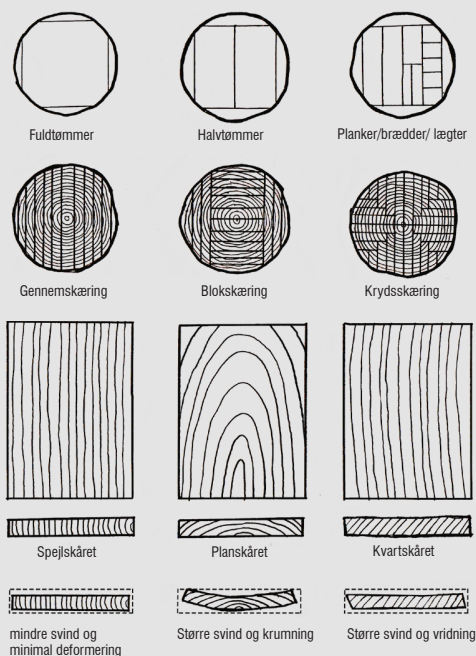
Træ er hygroskopisk - dvs. at det er et materiale der nemt optager vanddamp fra omgivelserne. Derfor vil det aldrig falde helt til ro, og vil arbejde med skiftende luftfugtigheder. Derfor skal man tørre træet til en fugtighed der svarer til den luftfugtighed det skal bruges i:
Indendørs og møbler (ovntørres) 8% + -2%
Bygningssnedkerarbejde (ovntørres)- 12% + -3%
Træfacader - 15% + -3%
Udendørs brug - 18% + -5%

Opskæring

Når træet skal opskæres, kan det skæres på forskellige måder alt afhængig af brugskravet til træet. Det kan enten skæres op i brædder, planker eller tømmer. Når man skal skære det op i brædder, er det er hurtigst og mest materialebesparende at lave en gennemskæring, og her er de fleste brædder planskåre. Omvendt er det mere besværligt og spildet er større ved en krydsskæring, men her får man flere spejlskåre brædder. Man kan se på endetræet om det er spejl- eller planskåret. På det spejlskåre træ ligger årene vinkelret på den lange side, mens på det planskåre løber årene på langs med den lange side.

I det spejlskåre træ har man koncentreret alle træmaterialets bedste egenskaber. Et spejlskåret bræt af kernetræ er stort set vandafvisende, det er hårdt i veddet, det er utilbøjeligt til at revne og flække, det er stabilt, og det svinder og udvider sig næsten ikke, og endelig kræver det mindre vedligeholdelse bl.a. i forbindelse med maling og overfladebehandling. Spejlskåre brædder kan man vende, hvordan man vil, og det er et ideelt materiale til vinduer, bræddebeklædninger, træspån, dæk- og fodbrædder.

Det planskåre træs egenskaber er på mange måder modsat de spejlskåre. Det planskåre bræt er mere vandsugende, fordi marvstrålerne leder vandet ind i veddet, det er blødt, det er tilbøjeligt til at revne og flække,



Figur 19: Eksempler på gennemskæringer af træ.

det er ustabil, fordi det svinder og udvider sig mere end det spejlskåre, og derfor kræver det mere vedligeholdelse. Dette betyder dog ikke, at man ikke kan anvende planskåre brædder til f.eks. udvendig bræddebeklædning. Man skal bare huske at vende marvsiden ud i vejret. Derved vil tværsnittet lukke sig igen, når brættet tørrer, og der vil også være en større andel af det modstandsdygtige kernetræ i marvsiden af brættet.

Tømmer, planker og brædder

Tømmer er træ, der har dimensioner større end 75x75 mm. Heltømmer har lige store sidemål; halvtømmer er gennemskåret heltømmer, som på grund af savsnittet ofte vil være et par mm mindre end det halve mål af heltømmeret; kvarttømmer er firdelt heltømmer, og ofte benævnt krydsskåret. Marven bør ligge nær midten i heltømmeret, da det sikrer størst stabilitet med mindst tendens til vridning.

Planker og brædder kan opskæres på forskellige måder. Man tilstræber gerne, at hver planke får mest muligt kernetræ, og at årringene skæres, så man sikrer, at planken bliver så stabil som mulig, dvs. at der sker mindst mulig krumning ved udtørring. I byggemarkedet skelner man mellem savskåret og høvlet træ. Det høvlede træ er glat og bruges f.eks. til gulvplanker, mens det savskårede er rugt og bruges i konstruktioner.

Træ skæres efter standardregler for mål. Dansk Standard DS-146 for savskåret nåletræ og DS-1002 for høvlet nåletræ.

De mest benyttede træsorter

Der findes over 100 træarter i Danmark, og mange kan bruges kommercielt til forskellige formål. Omtrent 20% af det danske træforbrug dækkes af dansk træ, resten importeres - primært fra Sverige og Finland (Skov og Naturstyrelsen 2004). Visse tropiske træsorter importeres bl.a. pga. deres gode vejrbestandige egenskaber.

Her beskrives de 6 træsorter som bruges mest i Danmark:

Rødgran

Grantræsved er næsten hvidt og har en høj naturlig glans - derfor er det mest brugte træ til fremstilling af papir. Det udmærker sig ved ikke at have en synlig kerne. Det vokser hurtigt, tørrer hurtigt, har lav vægt, har god styrke og er let at bearbejde til en god finish. Det gør det velegnet til kommercielt brug, og i Danmark er det sammen med skovfyren den mest udbredte træart. Det egner sig godt som konstruktionstræ til tagspær, gulvstrøer, stivere mm., og det bruges også til at fremstille limtræ.

Skovfyr

Skovfyr har rødbrunt kerneved, med tydelige årringe. Det er lidt tungere end gran, men er stadig relativt let. Det tørrer hurtigt og er stabilt i brug, og det er ligesom gran let at bearbejde til en god finish. Det bruges også meget inden for byggeriet bl.a. til konstruktionskrydsfiner og limtræ. Det bruges også til billigere, ofte masseproducerede, møbler, hvor der ikke er så høje krav til kvaliteten af træet.

Lærk

Kernen på lærketræ er rødlig og splinten er typisk lys til gullig. Årringene er meget fremtrædende. Det er ret tungt og tæt træ med en høj koncentration af harpiks. Den høje

koncentration af harpiks gør at det har en god resistens over for insekt- og svampeangreb, og det egner sig derfor godt til udendørsbrug. Det bruges ofte til facadebeklædning, skibe, møler og broer. Lærk er det eneste danske nåltræ, som taber nålene hvert år.

Eg

Eg har et blegt, gulbrunt ved med karakteristiske ringporrer der giver en grov tekstur. Kerneveddet er meget modstandsdygtig overfor svamp, råd og insektangreb, fordi det indeholder mange garvestoffer. Det har historisk set gjort det velegnet til bådebyggeri, og de eksponerede konstruktioner i bindingsværkbyggeri. I dag bruges det til møbler, bygningssnedkeri, porte, stolper, og en særlig anvendelse er whiskey- og vinfade.

Bøg

Veddet er hvidt eller lysebrunt med en fin, jævn struktur. Det egner sig ikke til udendørsbrug, med mindre det er behandlet. Til gengæld er det et fremragende materiale til møbler. Det egner sig godt til at bliver drejet eller dampbøjet og det kan skrælles til en flot finer. Det egner sig også til gulve, f.eks. bøgeparket.

Ask

Ask er det højeste løvtræ i de danske skove og kan blive op til 40 meter højt. Veddet er lyst med et svag rosa skær. Det har meget samme egenskaber som bøg, men egner sig ikke lige så godt til møbler, omend det kan bruges. Kvaliteten afhænger meget af hvor hurtigt og hvordan det er vokset. Visse sorter er meget seje og bøjelige og bruges f.eks. til sportsredskaber som ketchere, baseball bats, ski mm.

	Høvlet	Savskåret	75	100	125	150	175	200
Brædder	15	19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	22	25		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	28	32		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	34	38		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Planker	45	50		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

