

Forskning og utvikling på NMBU

Hva foregår?

3.2.2015

Agenda

- NMBU – fusjon med Veterinærhøyskolen og Veterinærinstituttet fra 2014
- Litt om byggevirksomheten:
 - Rehabilitering: Urbygning mm
 - Nybygg sentralbygning
 - Senter for husdyrforsøk
 - Studentboliger
- Forskning på trekonstruksjoner

NMBU – nytt fusjonert universitet 2014

NMBU-fakta

- 5000 studenter
- 1700 ansatte
- 64 studieprogram
- To campus fra 2014-2019
 - Campus Adamstuen
 - Campus Ås
- Fra 2019 – Kun Campus Ås

Fakultet for miljøvitenskap og teknologi, 3 institutter:

- Matematiske realfag og teknologi
- Miljøvitenskap
- Naturforvaltning

Ca. 1000 studenter
Ca. 90 lærere
Bygg og arkitektur
Ca. 200 studenter

Fakultet for samfunnsvitenskap, 3 institutter:

- Handelshøyskolen
- Internasjonale miljø- og utviklingsstudier
- Landskapsplanlegging

Fakultet for veterinærmedisin og biovitenskap, 7 institutter

- Basalfag og akvamedisin
- Husdyr- og akvakulturvitenskap
- Kjemi, bioteknologi og matvitenskap
- Mattrygghet og infeksjonsbiologi
- Plantevitenskap
- Produksjonsdyrmedisin
- Sports- og familiedyrmedisin

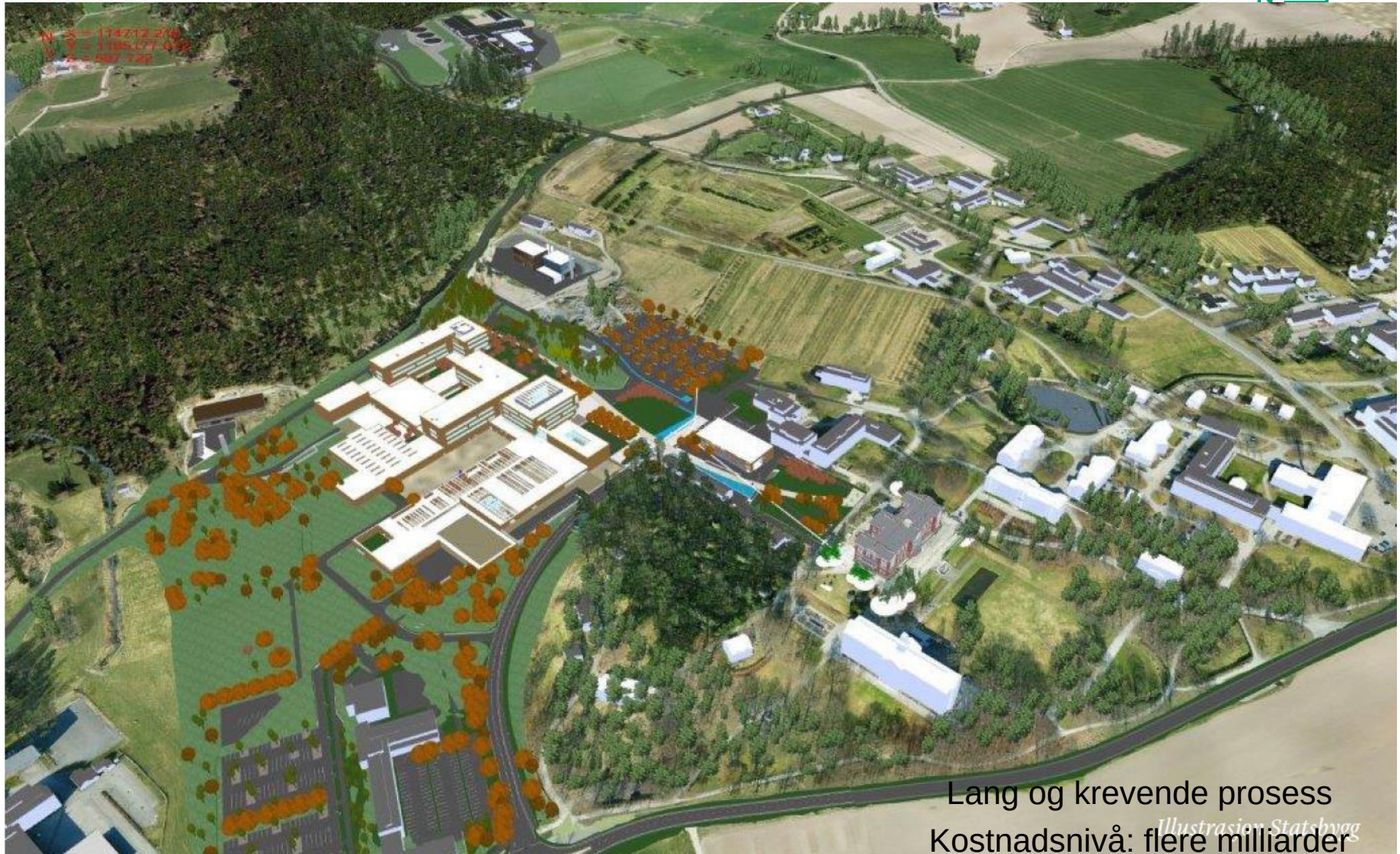
Konstruktiv bruk av tre på NMBU



NMBU har undervisning og forskning på konstruktiv bruk av tre:

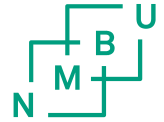
- Seksjon for Bygg og Miljø, IMT
 - Årlig utdannes over 30 sivilingeniører i bygningsteknikk, ca. 1/3-del har studieretning med vekt på tre i bygg og konstruksjoner
 - Trekonstruksjonsteknikk, bygningsfysikk og bygningsfysisk simulering er en del av studiet der instituttet har spisskompetanse
 - Årlig 5-8 mastergradsoppgaver i trekonstruksjonsteknikk for byggstudenter som avslutning av sivilingeniørstudiet
 - 3 lærere er involvert i undervisning knyttet til trekonstruksjoner
 - 2 PhD-stipendiater med tema fleretasjes hus av tre (WBB-prosjektet / oppfølging av Palisaden)
- Seksjon for Treteknologi, INA
 - Landets eneste akademiske fagmiljø på treteknologi
 - Byggstudenter med fordypning i konstruksjonsteknikk tar oftest et hovedkurs i treteknologi (mastergradsnivå)

Nybygging og rehabilitering



Lang og krevende prosess
Kostnadsnivå: flere milliarder

Nybygging og rehabilitering

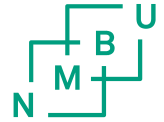


Preget av
monumentale og
«staselige» detaljer



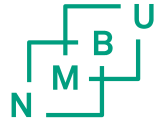
- Urbygningen bygget 1898-1901
- Bygget er fredet
- Rehabiliteres for 383 mill.
- Ferdig i løpet av 2015(?)

Nybygging og rehabilitering



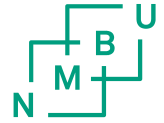
- Urbygningen bygget 1898-1901
- Bygget er fredet
- Rehabiliteres for 383 mill.
- Ferdig i løpet av 2015(?)
- Takkonstruksjon av tre
- Forsterkes, tilleggisoleres

Nybygging og rehabilitering



**Senter for husdyrforsøk (SHF) – Norges største driftsenhet for husdyr 360 mill.
11800 m² driftsbygninger, fem bygg i en etasje**

Nybygging og rehabilitering



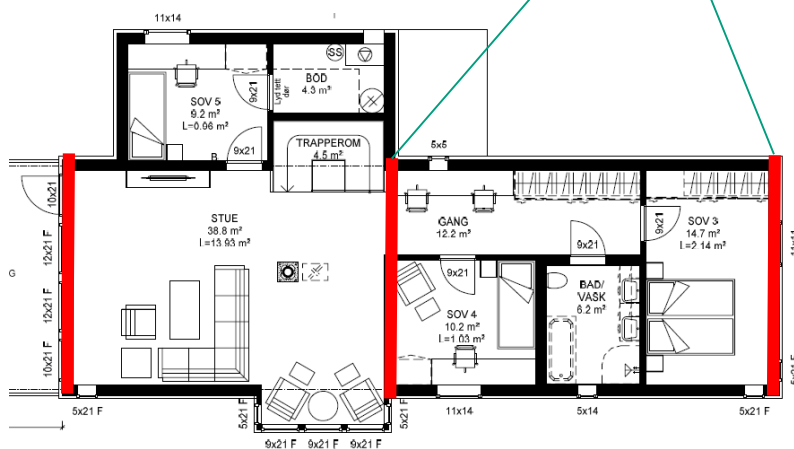
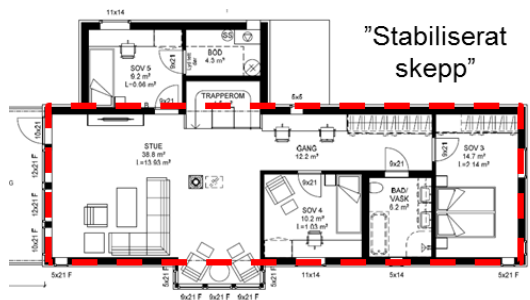
Senter for husdyrforsøk (SHF) – Norges største driftsenhet for husdyr

En mengde større trekonstruksjoner (limtre og takstoler)

Wood/Be/Better-prosjektet og Palisaden-byggene med 2 stk 8.etg studentboliger



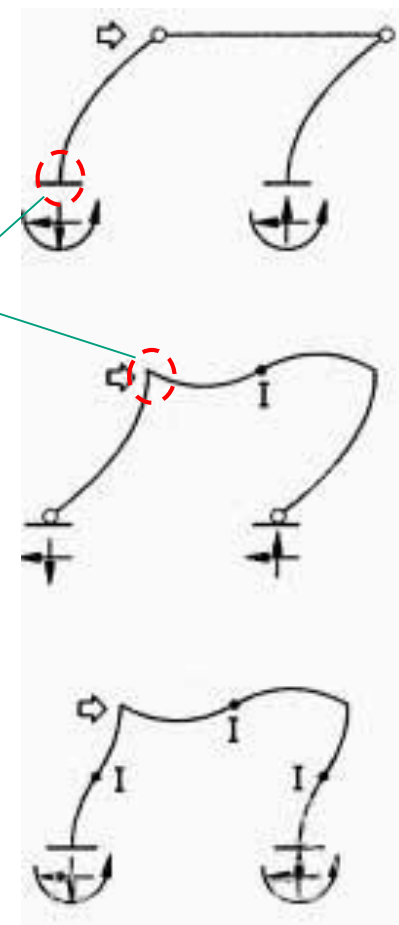
Konseptuell utforming



Maximal avstand?

Innspenning?

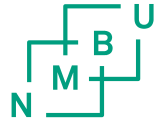
Plassering?



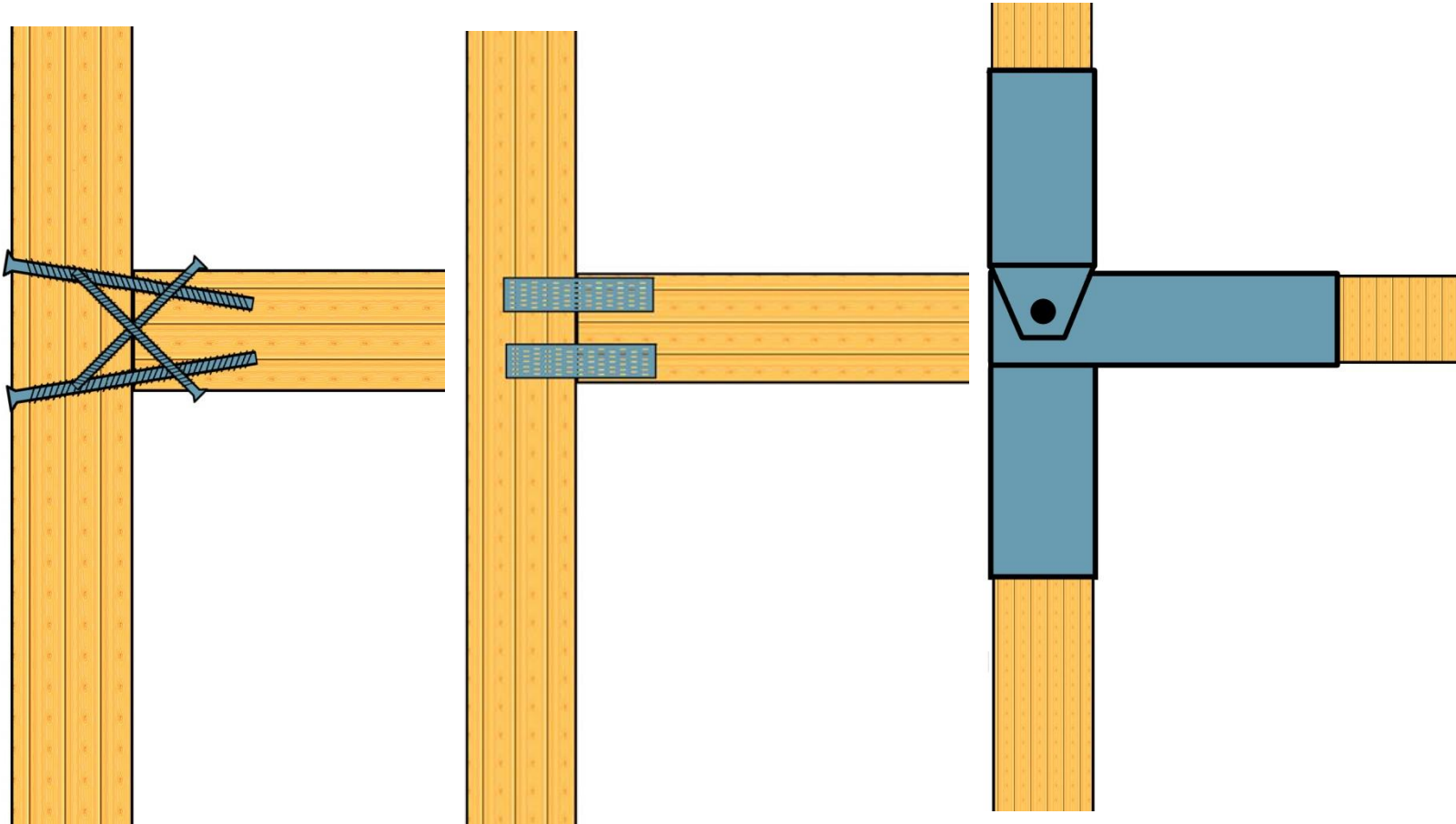
Bæreevne?

Deformasjoner?

Avstivende rammer for funksisbygg



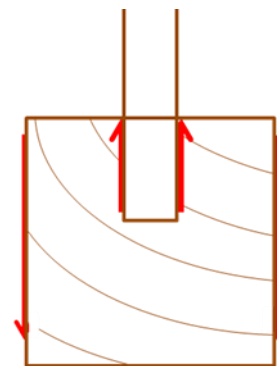
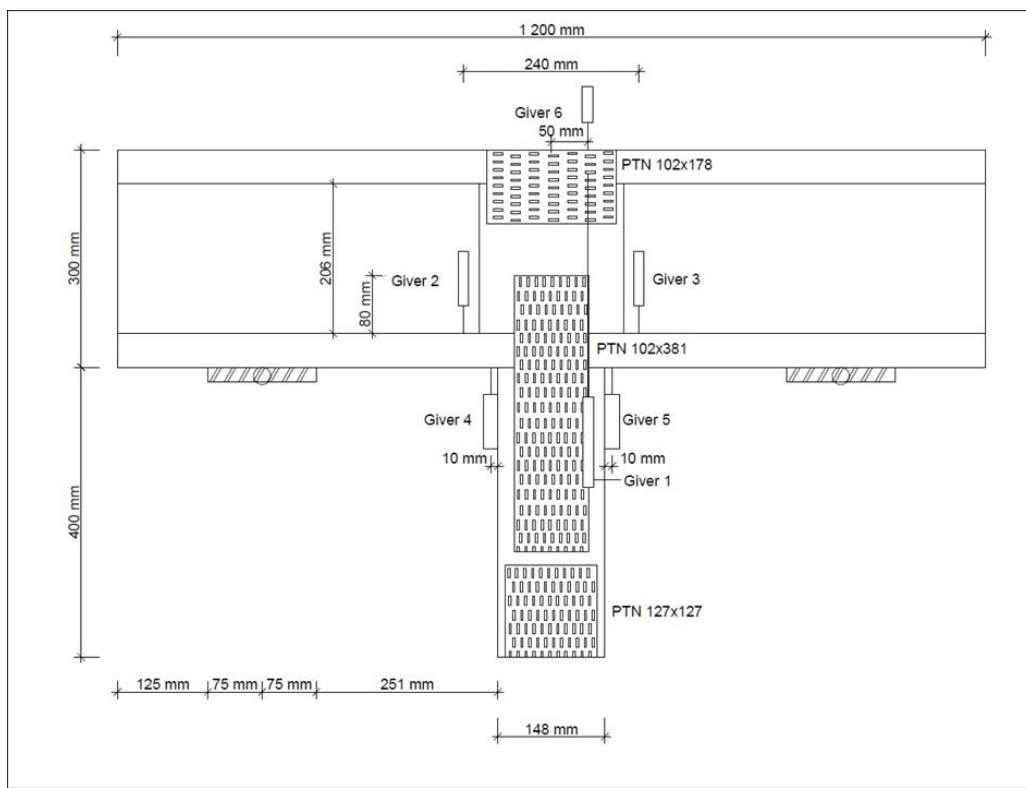
- Kapasitet & deformasjoner



MSc - forbindelser



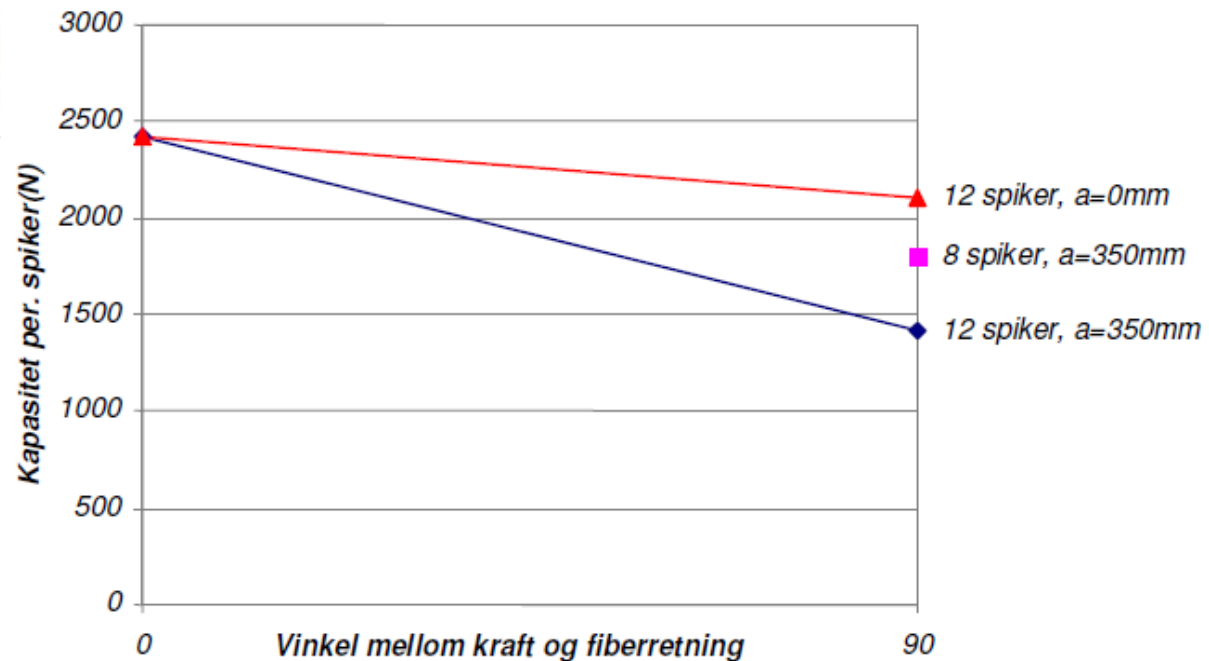
Knutepunkter i rammer med I-bjelker i gurter med spikerplater.
Stivhetsforhold i lasker, flenser og plater er helt avgjørende for bruddform
Eksempel på prøvet knutepunkt:



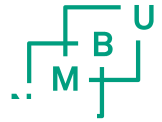
OBS! Skjær-
deformasjon
i flenser

MSc - forbindelser

- Spikerplater / spikrede hullplater



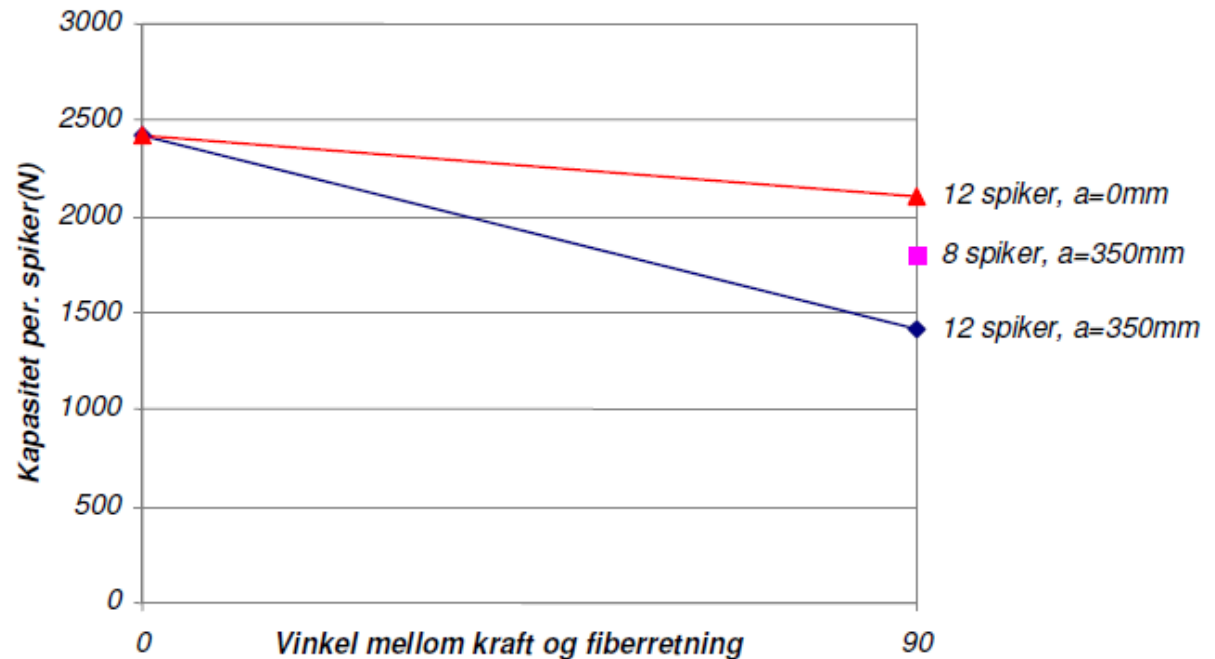
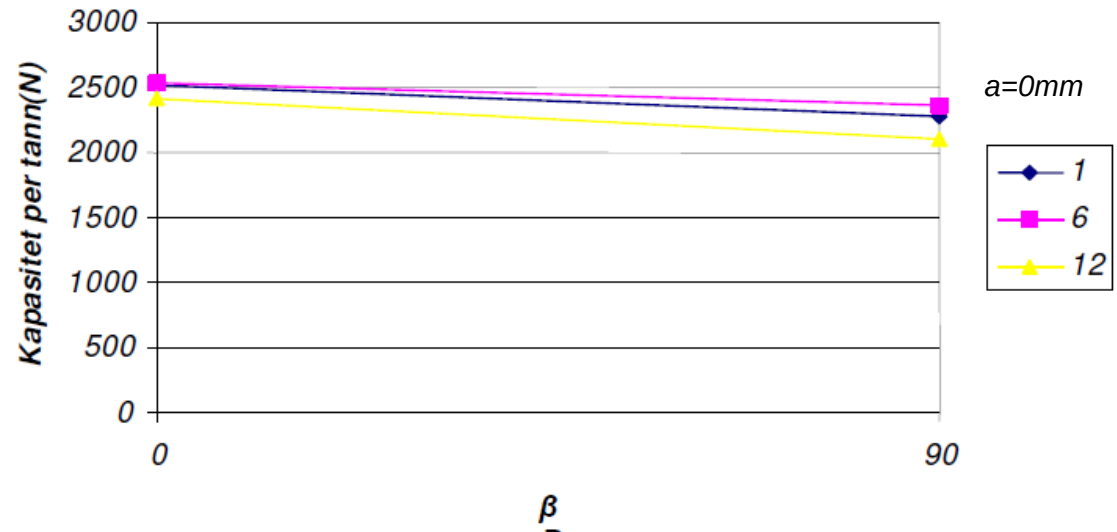
MSc - forbindelser



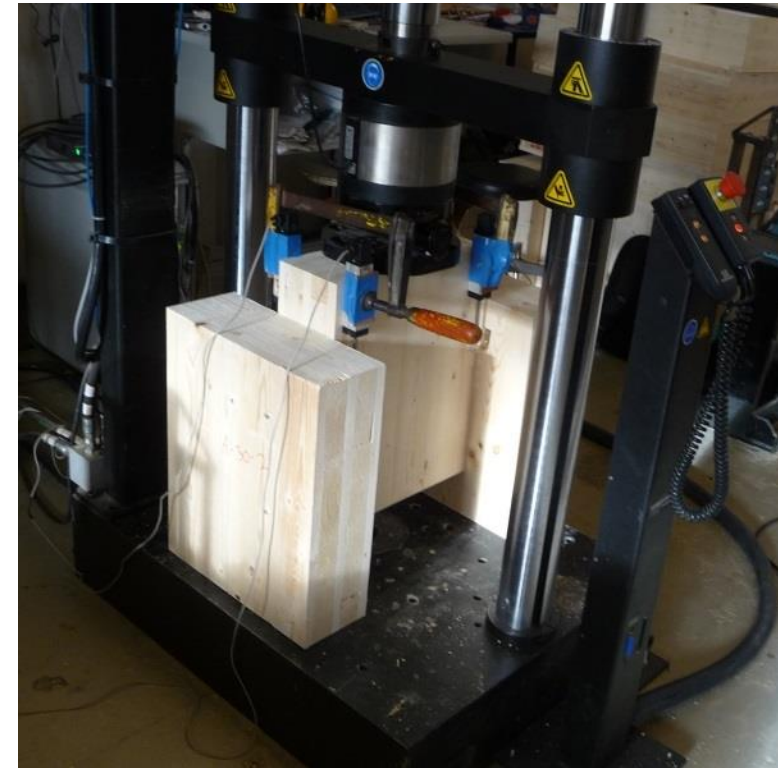
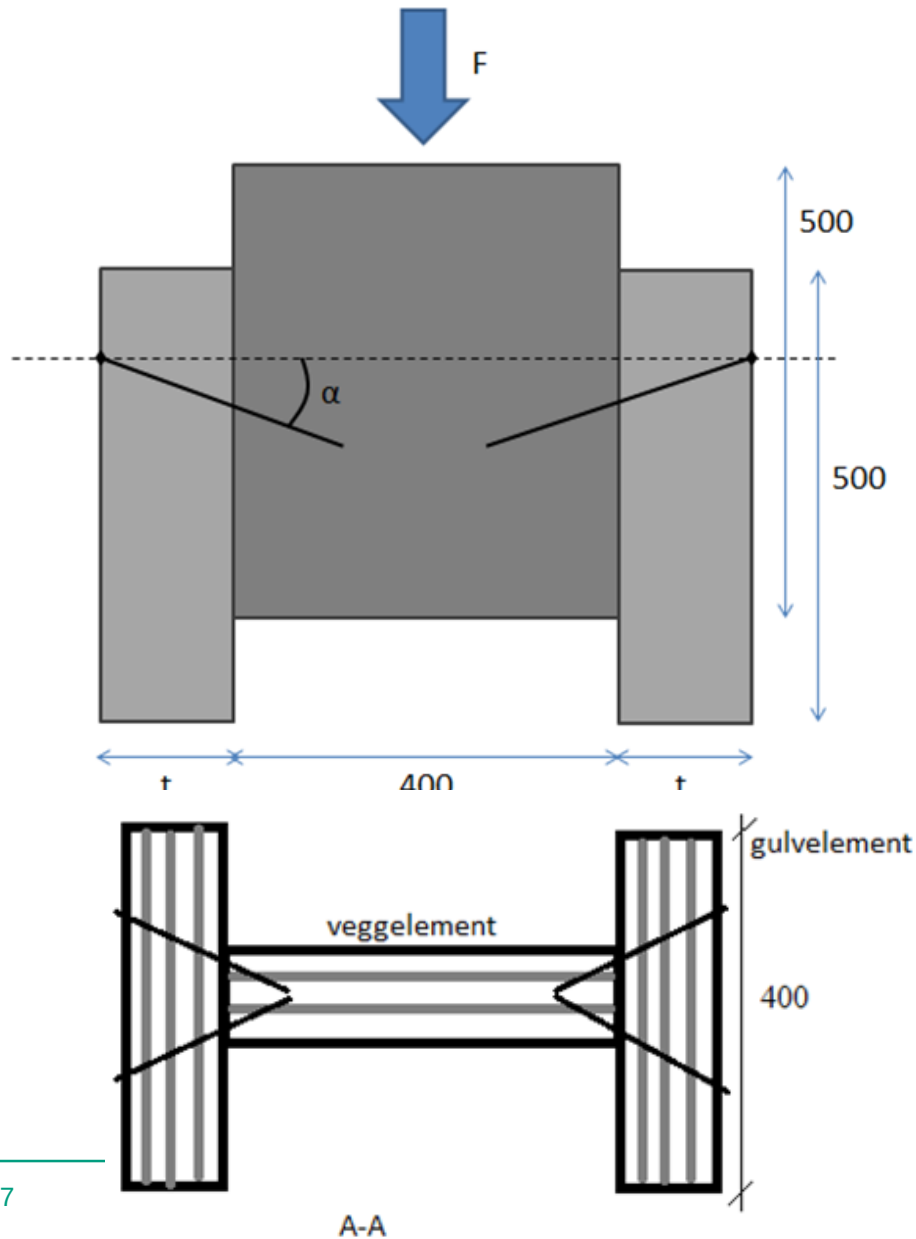
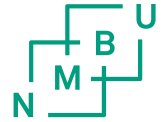
Spikrede hullplater

Forsøkene viser at det er en effekt av vinkel β (vinkel kraft-fiber) på kapasitet på linje med det vi har for spikerplater.

Men EC5 tar ikke hensyn til dette!

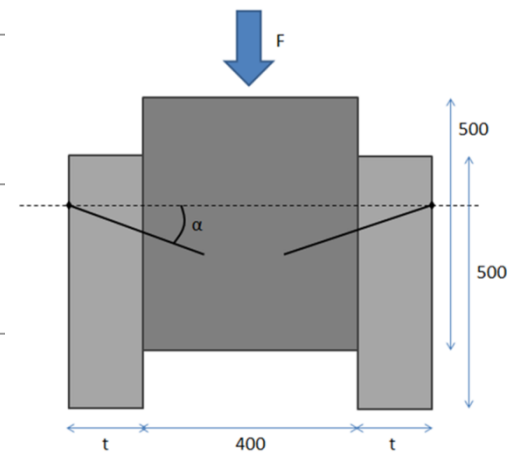
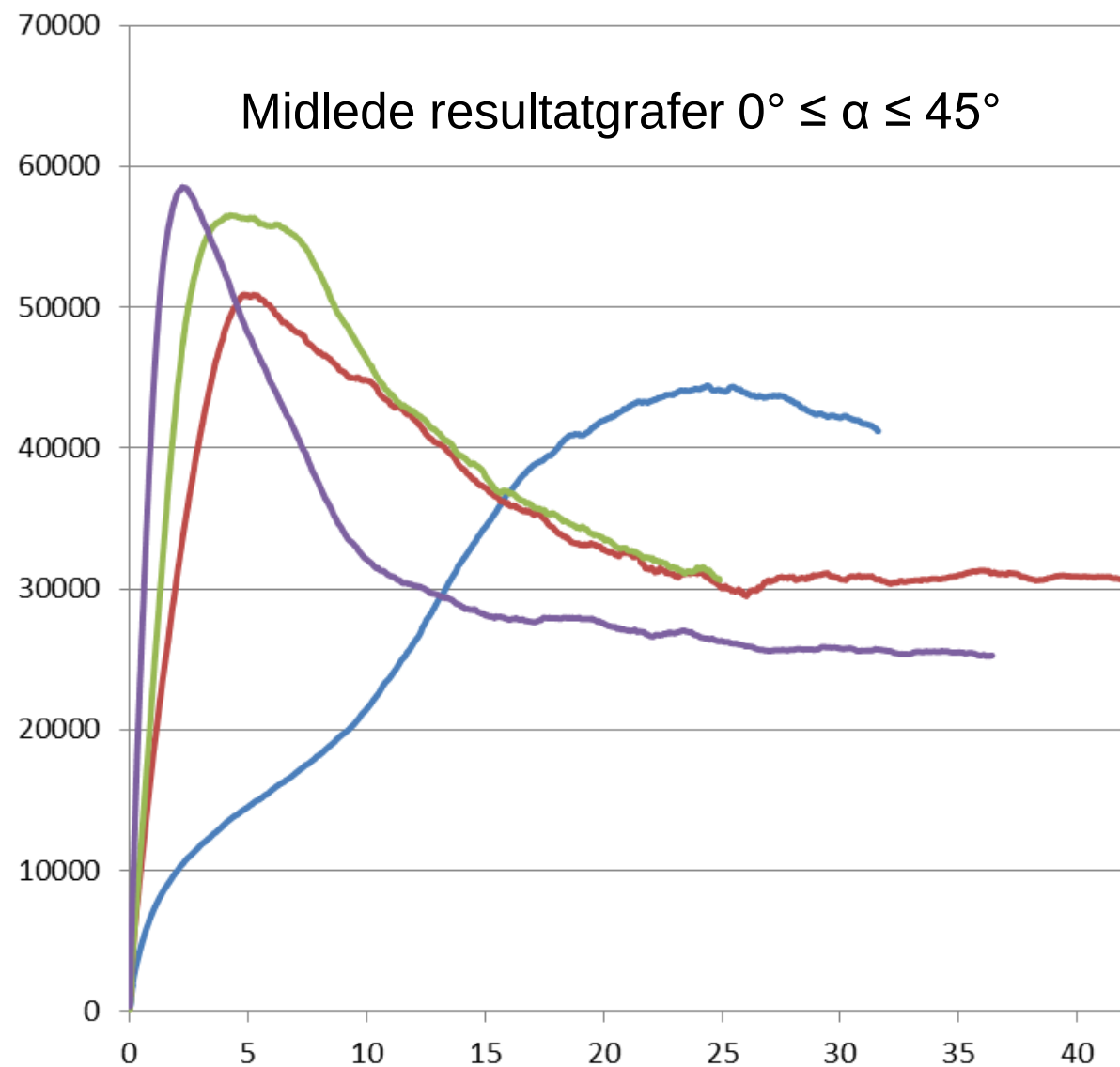


MSc-oppgave Arne Schrøder: Test av massivtre-forbindelser



Eksempel prøvestykke
Test av i alt 40 prøvestykker

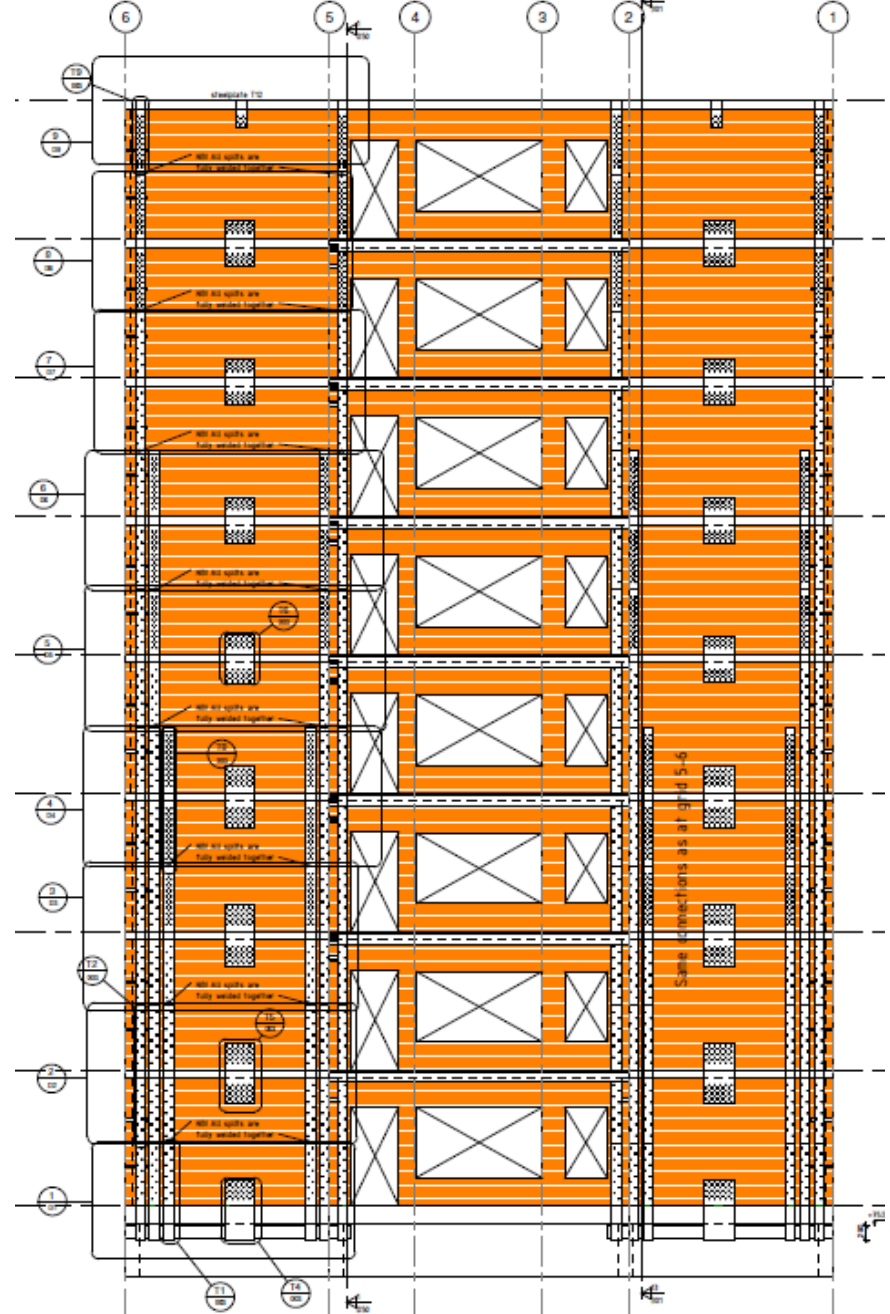
MSc-oppgave Arne Schrøder: Test av massivtre-forbindelser



- 0 grader
- 15 grader
- 30 grader
- 45 grader



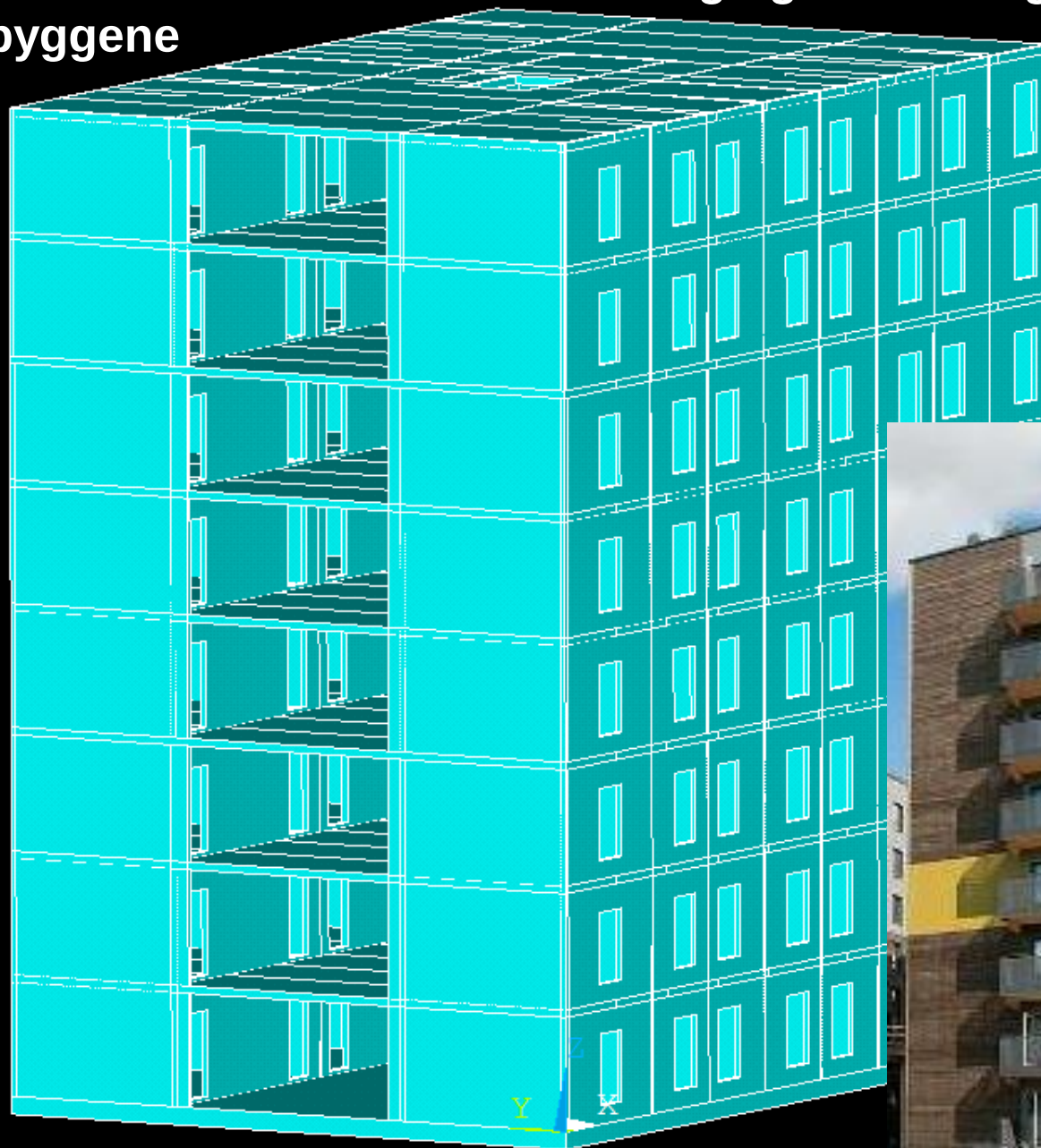
Lars Chr. Mørch: FE-modellering og simulering av Palisaden byggene



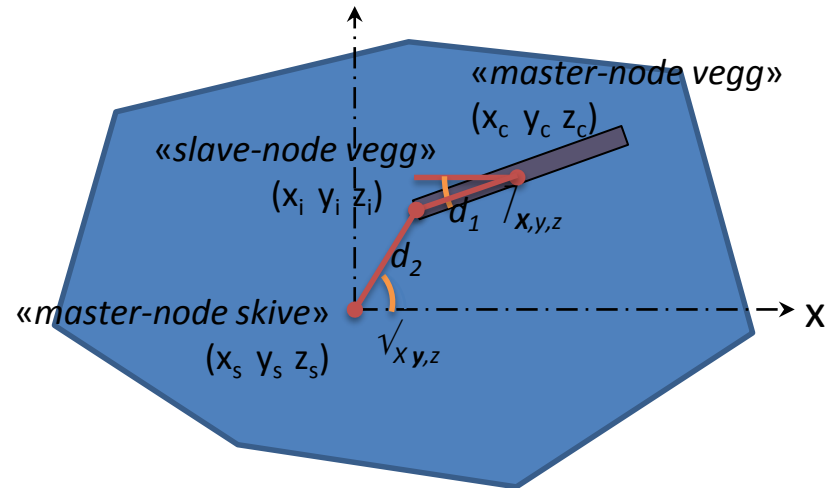
NOV 12 2013

13:10:21

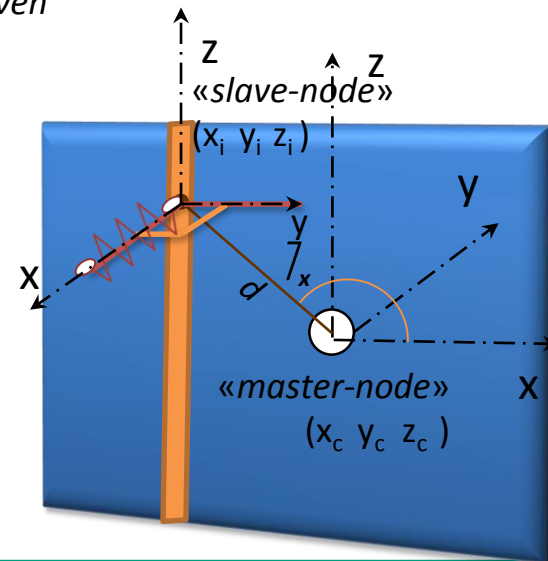
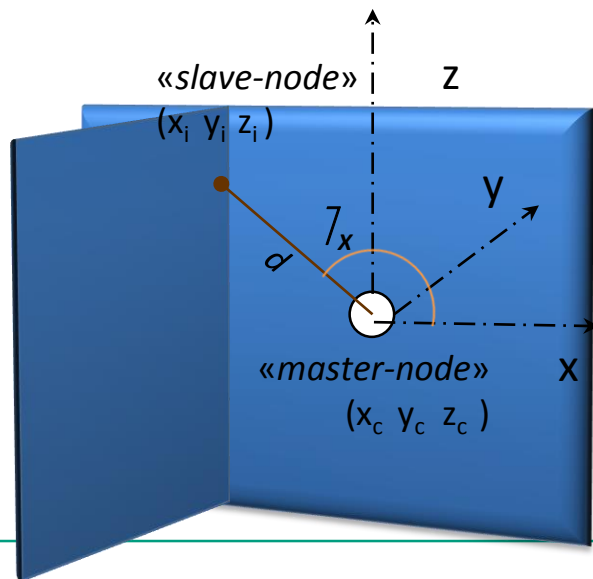
Lars Chr. Mørch: FE-modellering og simulering av Pentagon byggene

1
VOLUMES

TYPE NUM

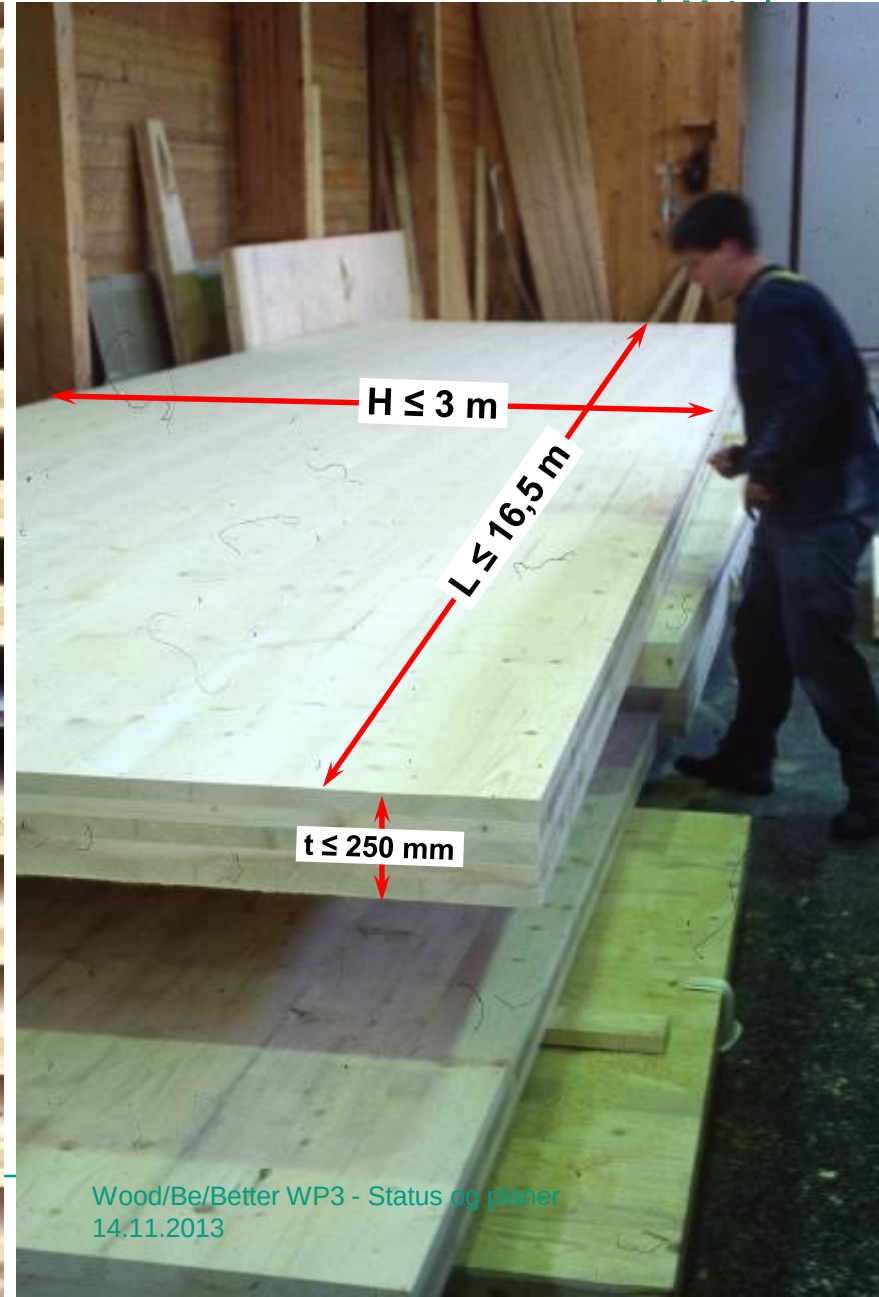


Figur 1. 2-d bilde av skive med en slavenode i den venstre enden festet til skiven



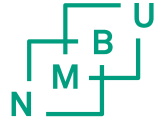
Figur 3. Viser fjærens stivheter som har retning ortogonalt ut fra kontaktflaten mellom de koblede elementen.

Eks. krysslimte massivtre-elementer, Østerrike

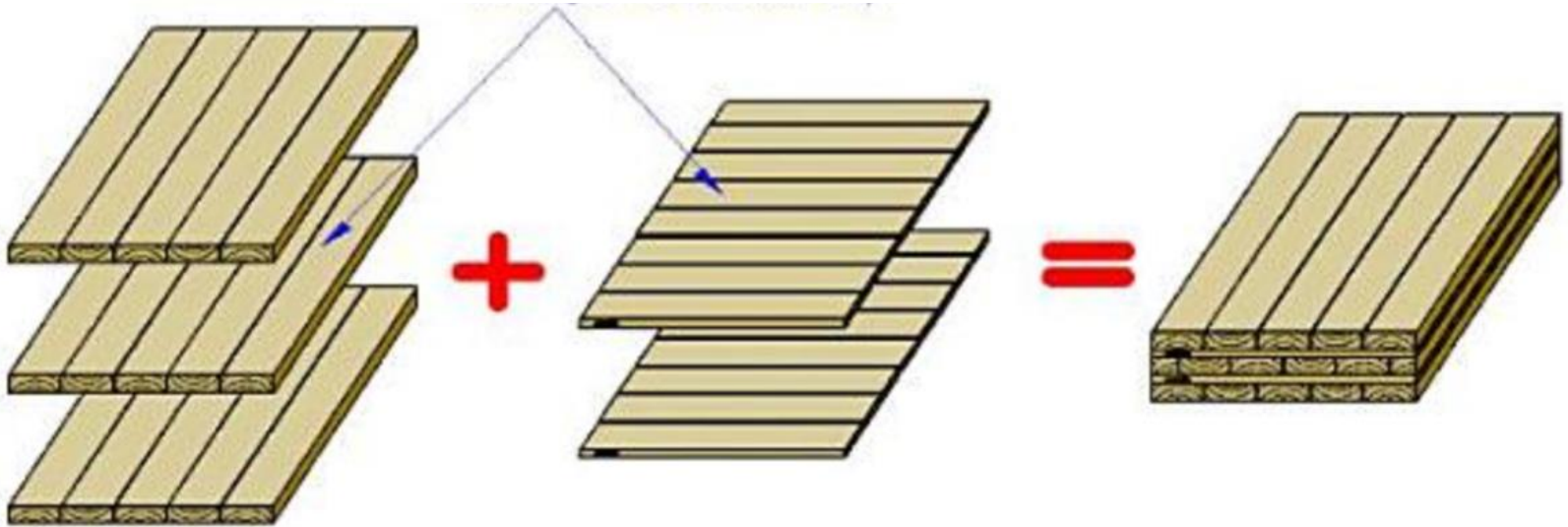


Wood/Be/Better WP3 - Status og planer
14.11.2013

Krysslimte elementer gir i prinsipp stive og sterke veggelementer



Limes vanligvis bare på flatsider



Liming på kantsider kan gi økt stivhet, men limfugene sprekker opp ved vekslende fukt og høye skjærpåkjenninger

Smale elementer (eks. 1,2 m) gir svekket samvirke i vegger, **økt behov for forankringer, samt økte deformasjoner**

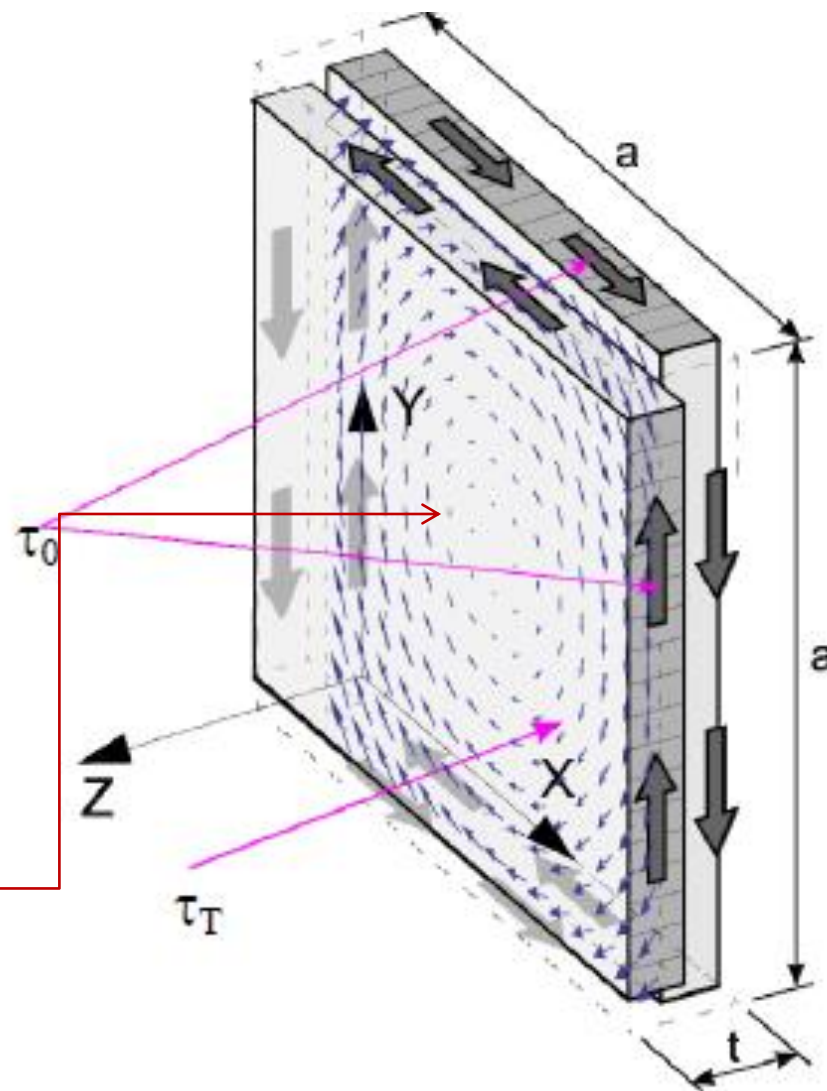
Spenninger i CLT ved skiveskjærpåkjenning



- I CLT (Cross Laminated Timber) resulterer skivepåkjenninger i skjærspenninger fra torsjon i alle limte kontaktflater mellom lamellene.

Deler av limfugen får rulleskjærproblematikk og redusert kapasitet.

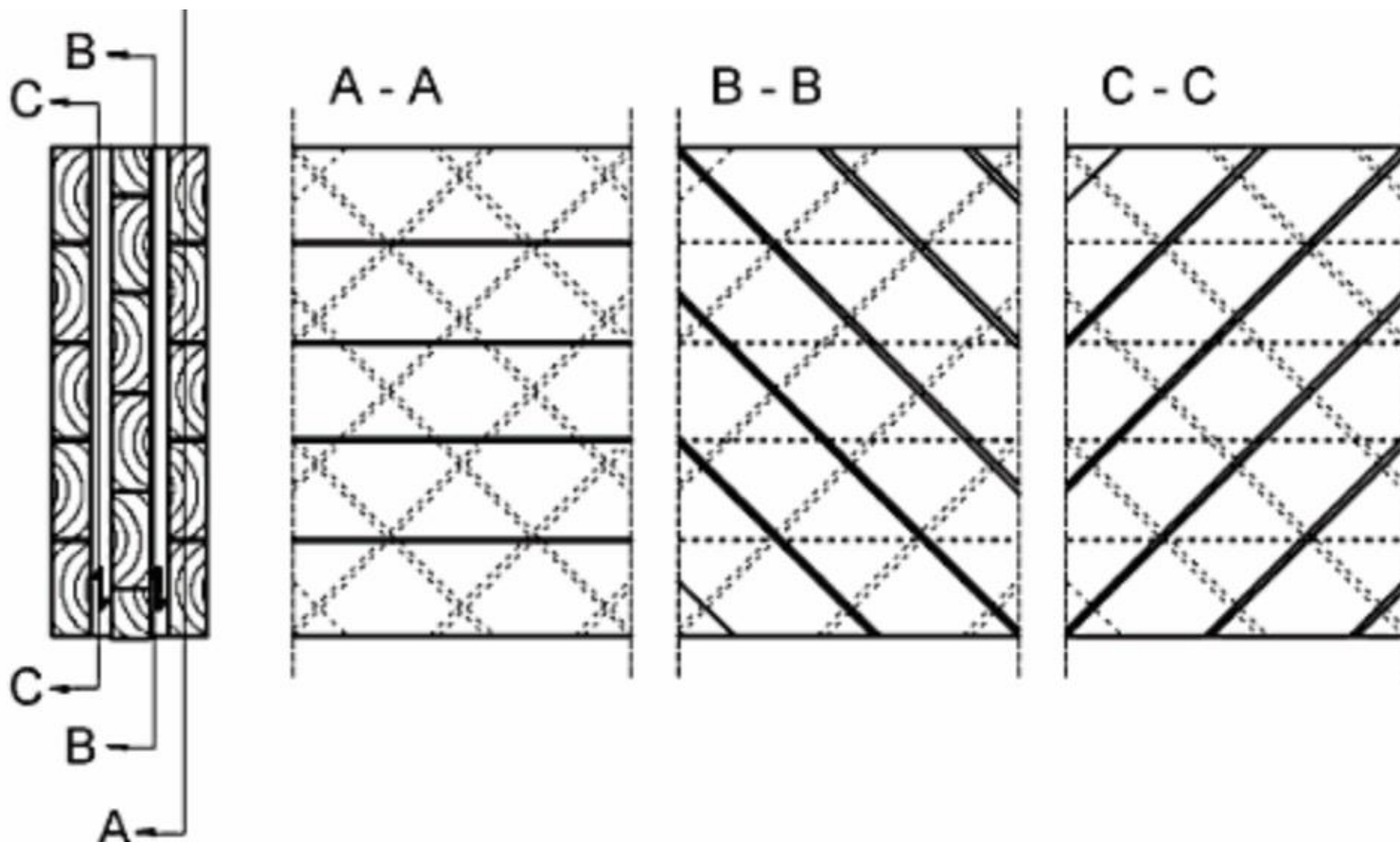
Tyske forsøk viser $f_{v,fuge,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$



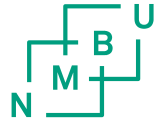
Modellering og simulering av DLT



2 lag med diagonale lameller - gjerne tynne - gir økt skivestivhet og styrke og mulighet for større åpninger

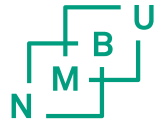


Fra forsøk med massivtre med skivepåkjenning (Bejtka – 2008)



Wood/Be/Better WP3 - Status og planer
14.11.2013

Forsøk med bjelker av massivtre med 2 diagonale lag (Bejtka – 2008)



Wood/Be/Better WP3 - Status og planer
14.11.2013

Spenninger ved hjørner av åpninger og uttak i DLT-elementene

Studier så langt har mest
konsentrert seg om DLT
brukt i bjelker

De skråttstilte lamellene
fungerer som armering
mot oppsprekking ved
hjørner



Masteroppgave 2014 – Simulering av massivtrevegger med ulik oppbygging

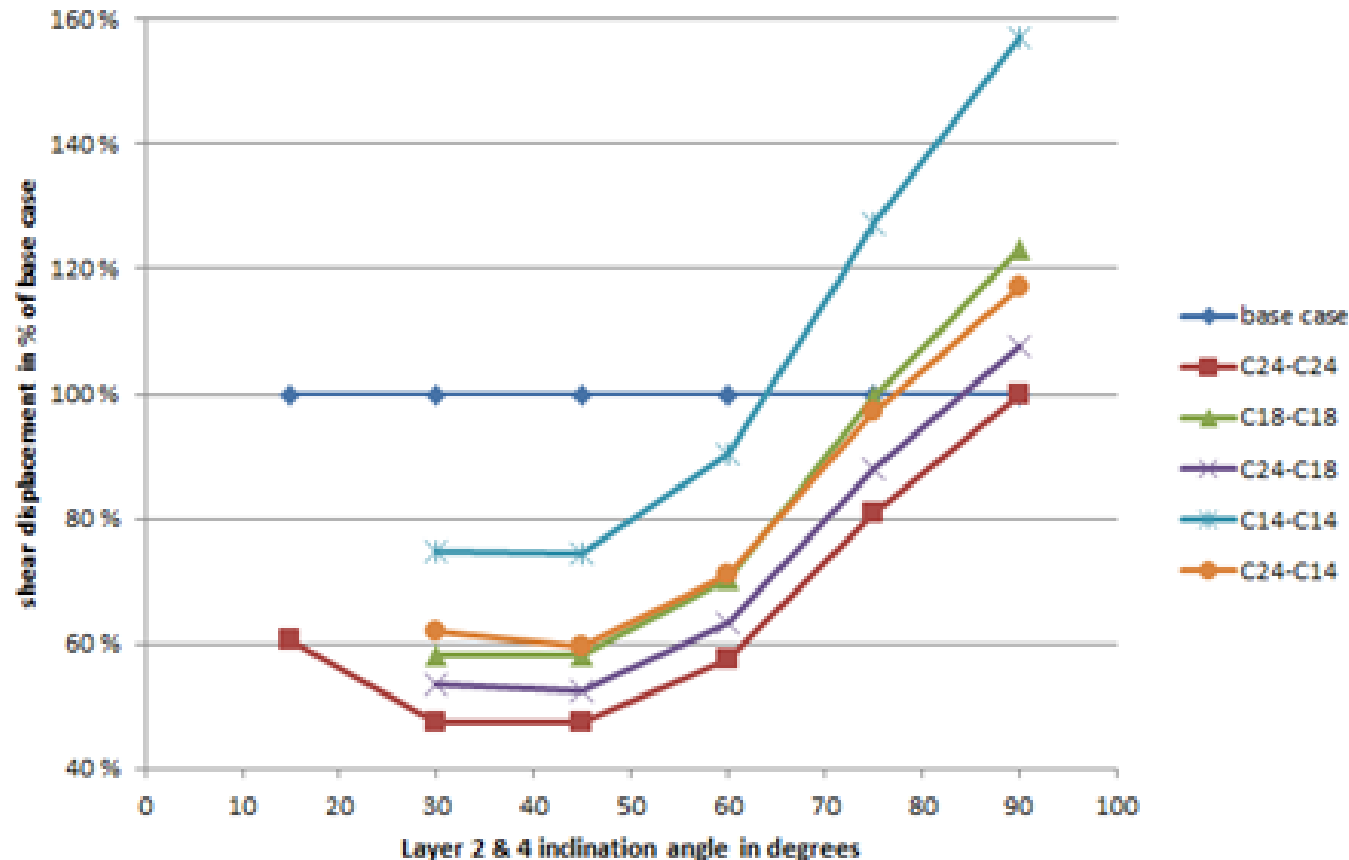
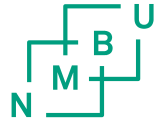


Fig. The effect of inclined boards and different timber material grades

Masteroppgave 2014 – Simulering av massivtrevegger med ulik oppbygging

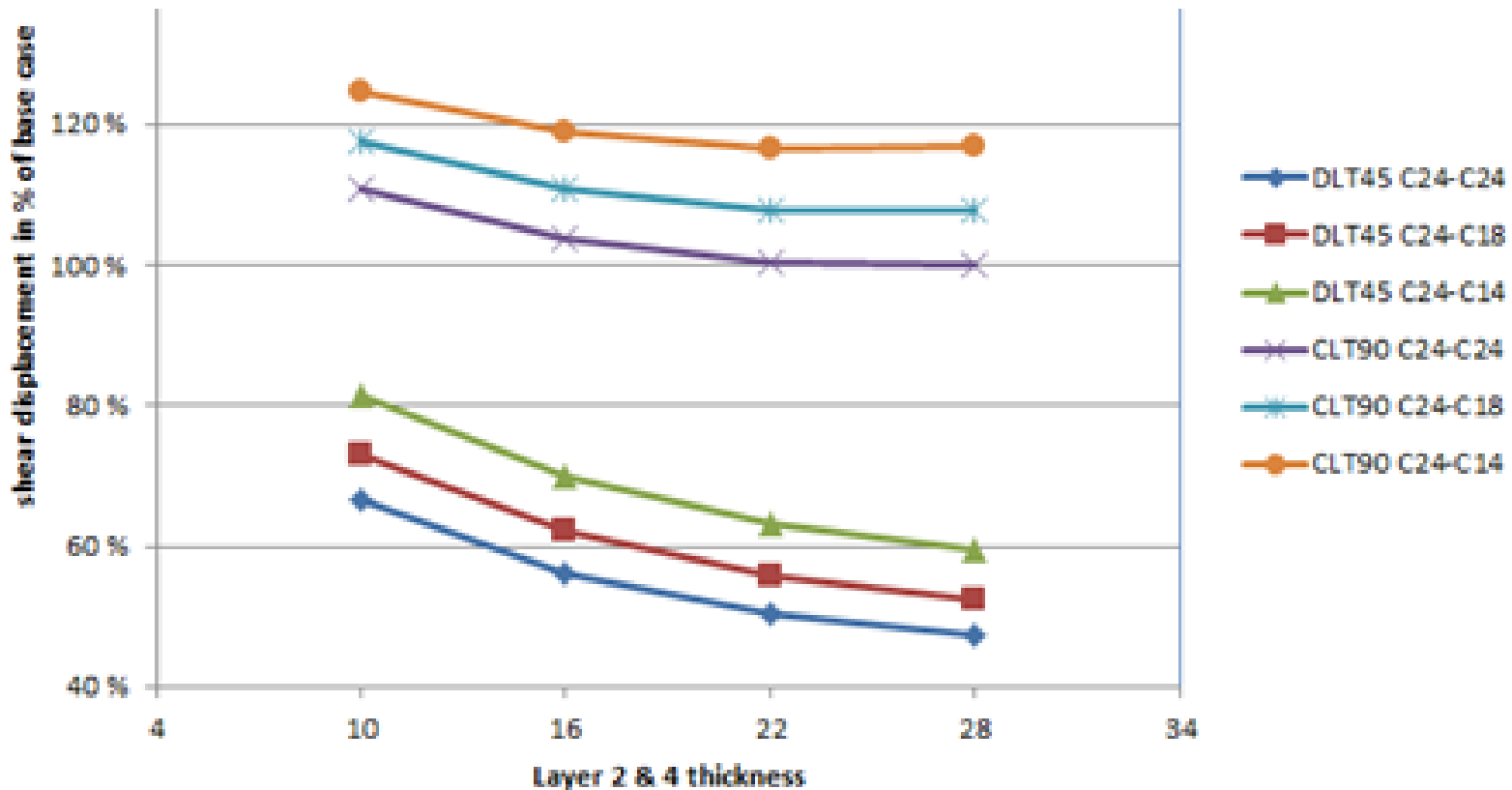
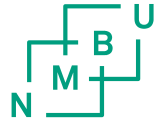


Fig. The effect of thickness of layer 2 and 4 CLT versus DLT

Masteroppgave 2014 – Simulering av massivtrevegger med ulik oppbygging

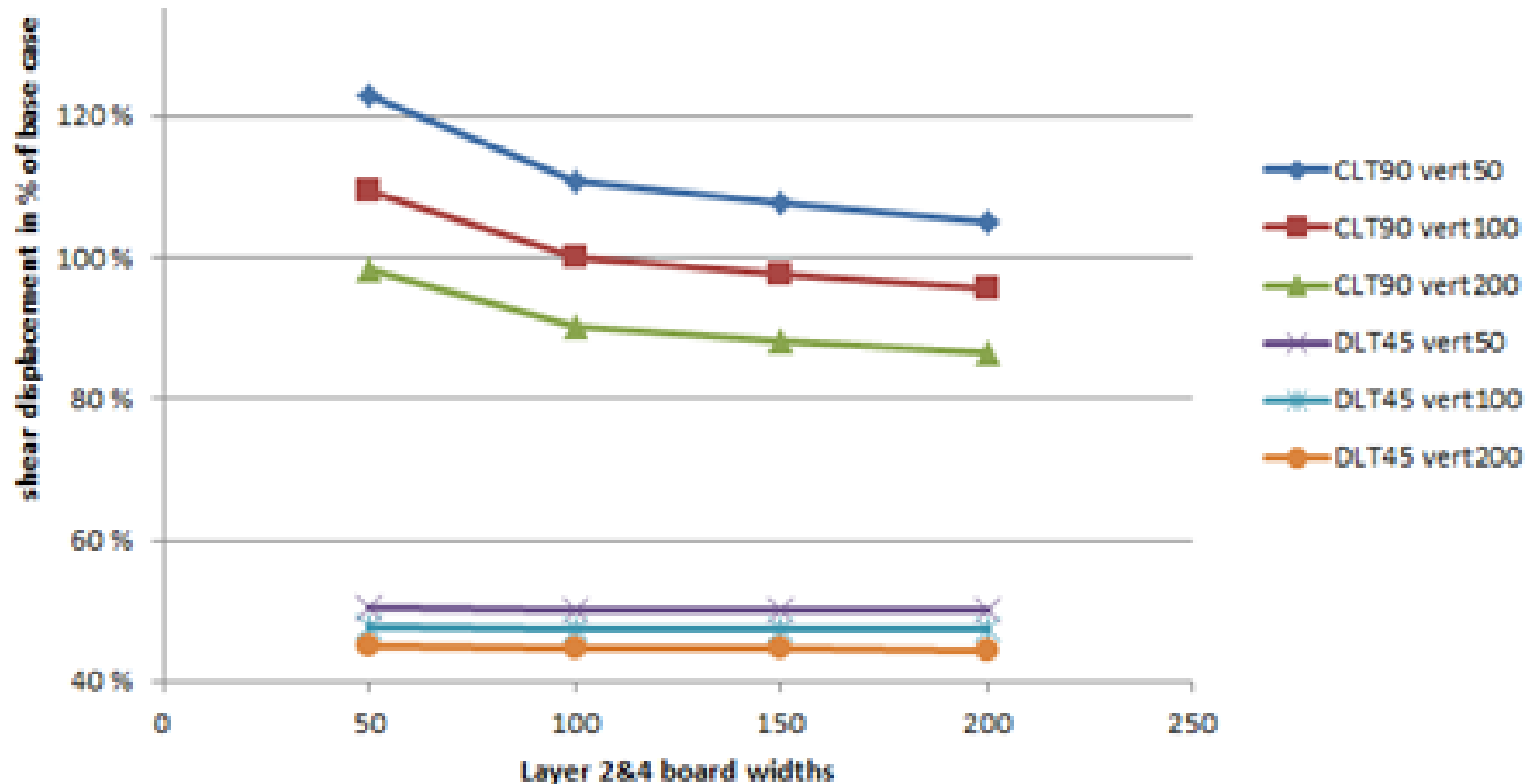
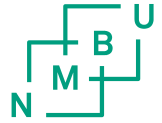
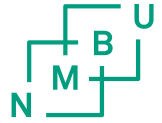


Fig. The effect of width of boards CLT versus DLT

Masteroppgave 2014 – Simulering av massivtrevegger med ulik oppbygging



The results from the analyses indicate:

- **Significant gains in shear stiffness** by using inclined boards as in diagonally laminated timber (DLT) panels compared to more traditional cross laminated (CLT) panels.
- The trade-off is that it can be **possible to use lower grades of material, thinner reinforcement layers** and **boards with lesser width**.
- The performed analyses even indicate the potential to vastly **improve the shear stiffness while reducing the material grade**

10 etasjes bygg med samme massivtre-konsept er bygget i Melbourne, Australia

- Foreløpig det høyeste boligprosjektet basert på massivtre
- 32 m høyt



Tall wood buildings

Canadisk
høyhusprosjekt,
Ledet av ark.
Michael Green,
Vancouver

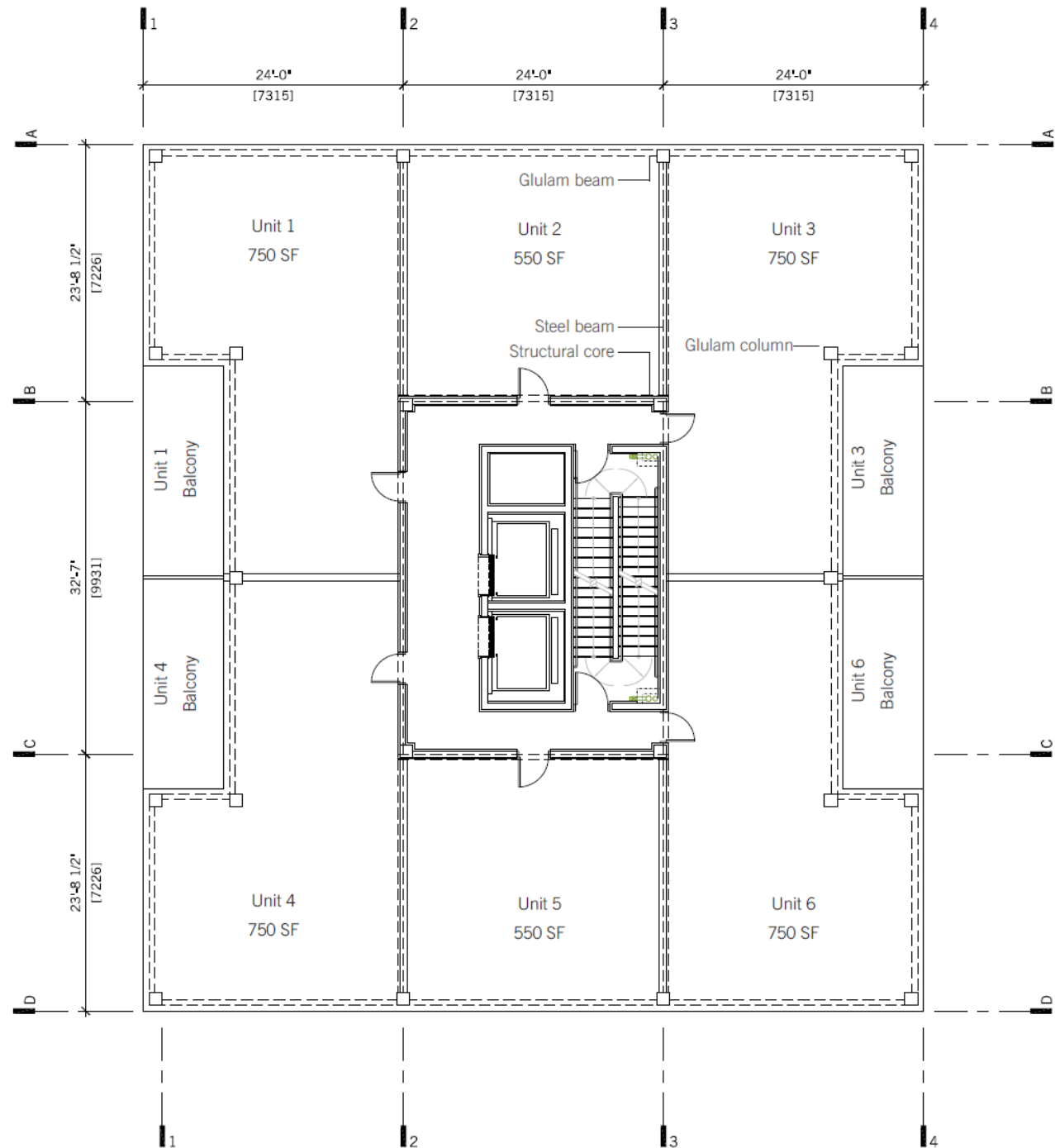
Konseptvurdering
Høyhus i tre fra
12 – 30 etasjer



Tall wood buildings

Canadisk
høyhusprosjekt,
Ledet av ark.
Michael Green,
Vancouver

Typisk grunnplan:
22 x 24,4 m,
6 boenheter,
2 trappeløp





OPTION 1 - Up to 12 Storeys



OPTION 2 - Up to 20 Storeys

Tall wood

Canadisk høyhusprosjekt,
Ledet av ark. Michael Green

Prosjektet har studert konsept basert
på store massivtre-elementer ev.
tilsvarende produkter.

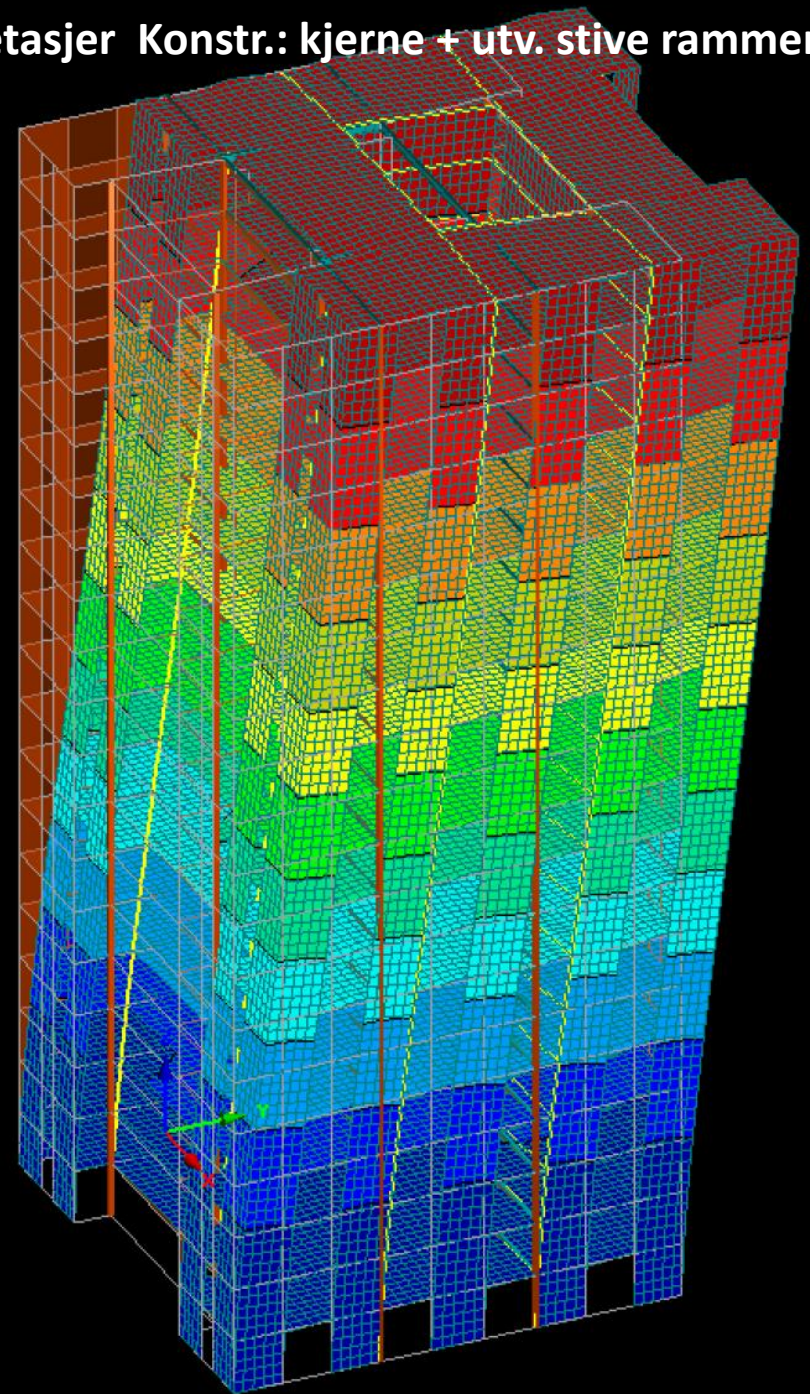
Noen konklusjoner fra prosjektet:

12 etasjer: Kjerne+bjelker/søyler
Konklusjon: Fleksible bygg, ingen
spesielle utfordringer

20 etasjer: Kjerne+utv.stive rammer
Konklusjon: Må ha større veggflater
i fasader, gir noe mindre fleksibilitet

30 etasjer: Kjerne+utv.stive rammer
+ innv. avstivende vegger
Konklusjon: Fullt mulig, men bare
med begrenset fleksibilitet

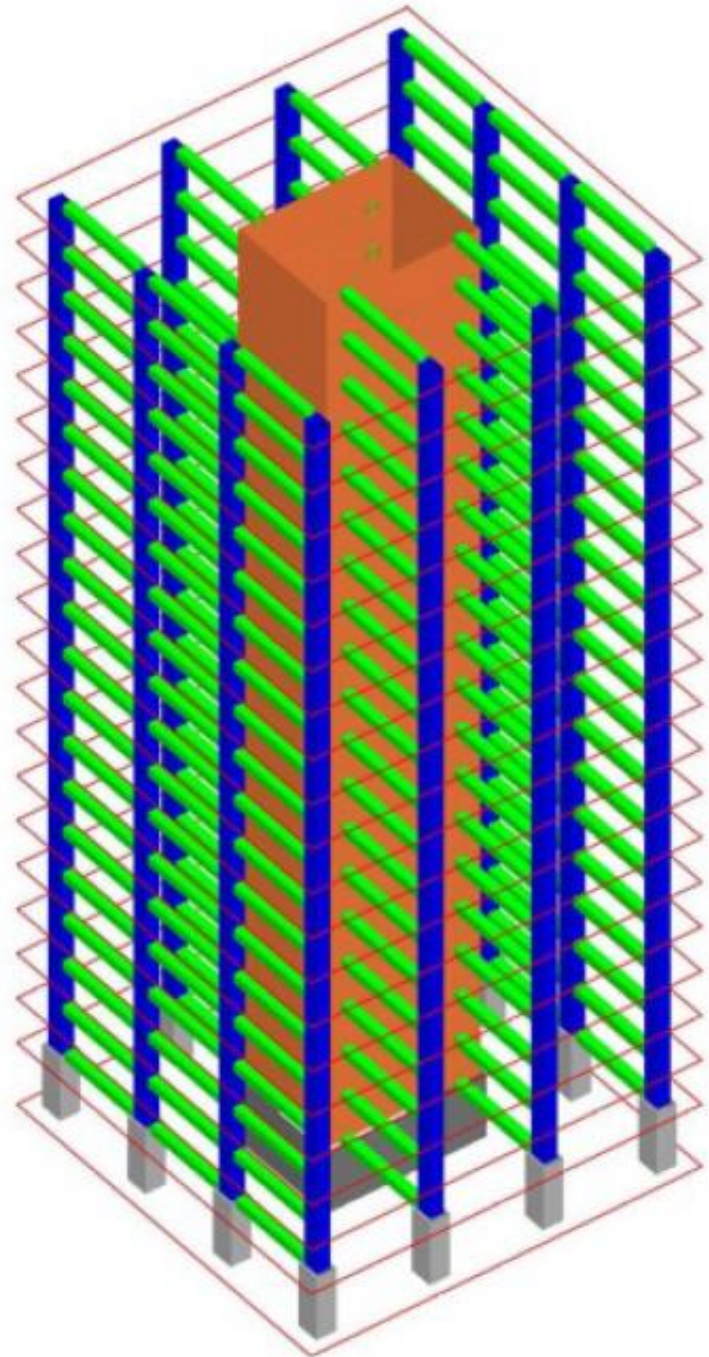
20 etasjer Konstr.: kjerne + utv. stive rammer



Høyhus-prosjekt fra New Zealand

John Chapman, University of Auckland

- 20 etasjes trehus av massivtre, høyde ≈ 66 m, grunnflate $\approx 28 \times 28$ m
- Alle vertikale funksjoner samlet i én kjerne av massivtre
- Kjernen settes sammen av store, vertikale elementer som samvirker ved direkte kontakt tre mot tre og «limte» forbindelser
- Alle vertikale krefter overføres i fiberretningen dvs. høy kapasitet og små setninger/krymp
- Utenfor kjernen er det stor frihet til å utforme bygget arkitektonisk med søyle – drager system



Høyhus-prosjekt fra New Zealand

John Chapman, University of Auckland

- 20 etasjes trehus av massivtre, høyde ≈ 66 m, grunnflate $\approx 28 \times 28$ m
- Alle vertikale funksjoner samlet i én kjerne av massivtre
- Kjernen settes sammen av store, vertikale elementer som samvirker ved direkte kontakt tre mot tre og «limte» forbindelser
- Alle vertikale krefter overføres i fiberretningen dvs. høy kapasitet og små setninger/krymp
- Utenfor kjernen er det stor frihet til å utforme bygget arkitektonisk med søyle – drager system
- Etasjeskillere har stor egenvekt (3 kN/m^2) slik at det hovedsakelig blir trykk i kjerne

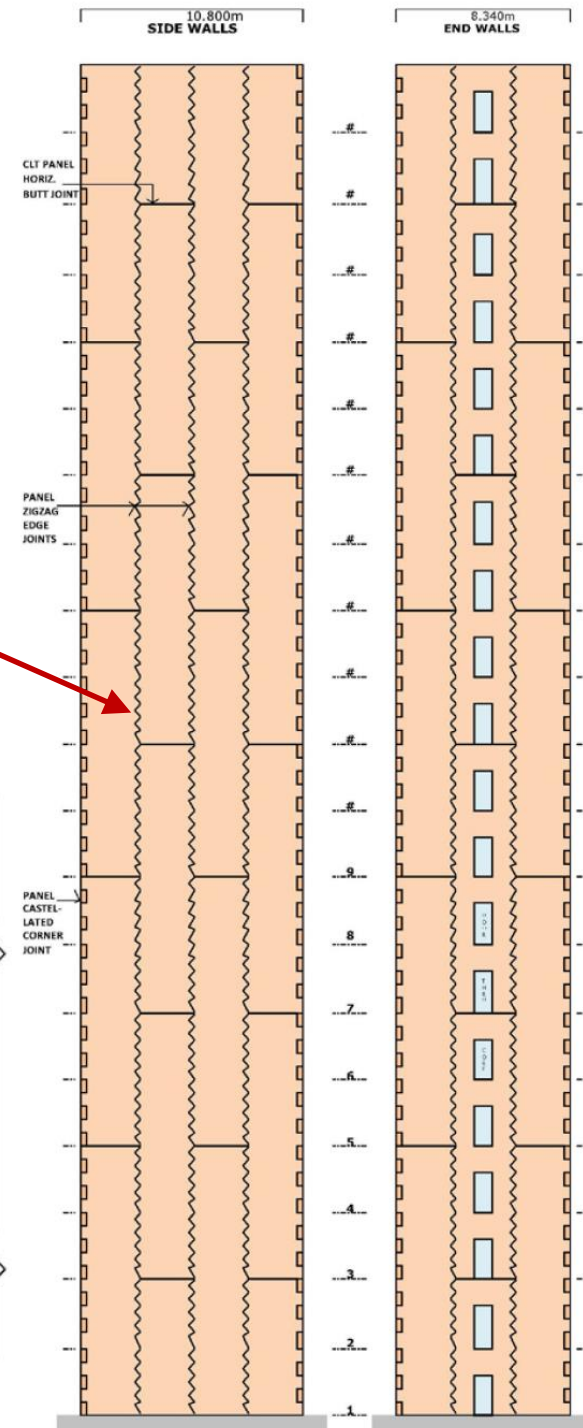
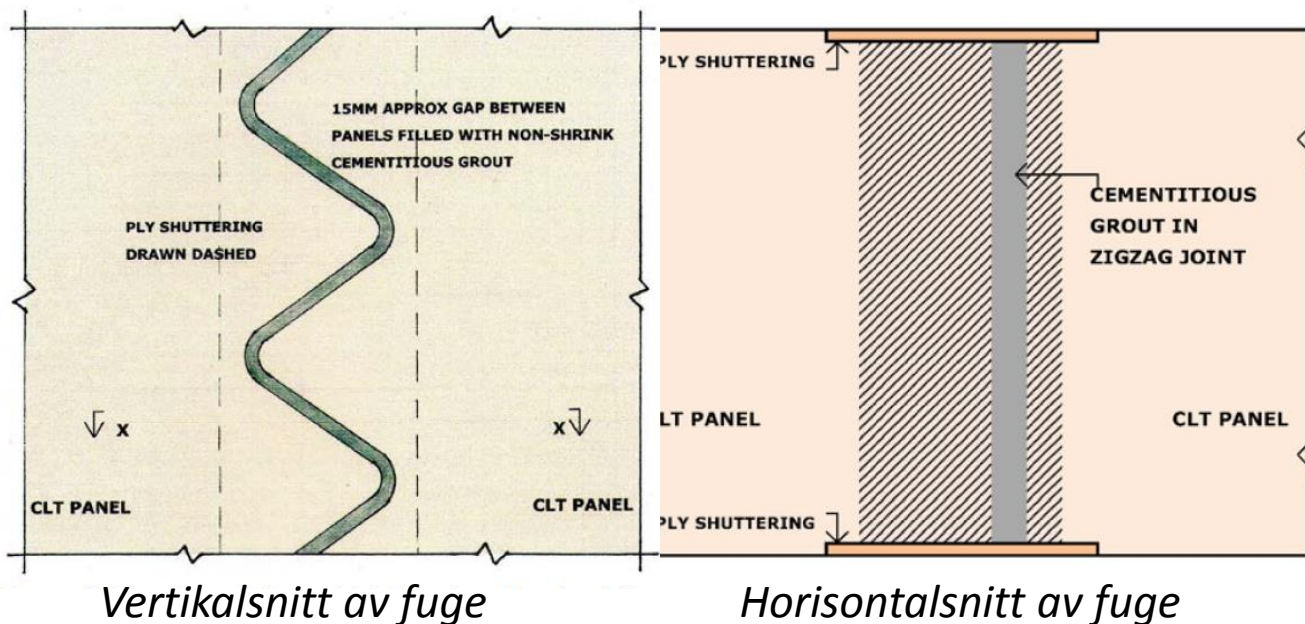


*Tilsvarende bygg i Auckland,
men med kjerne av betong*

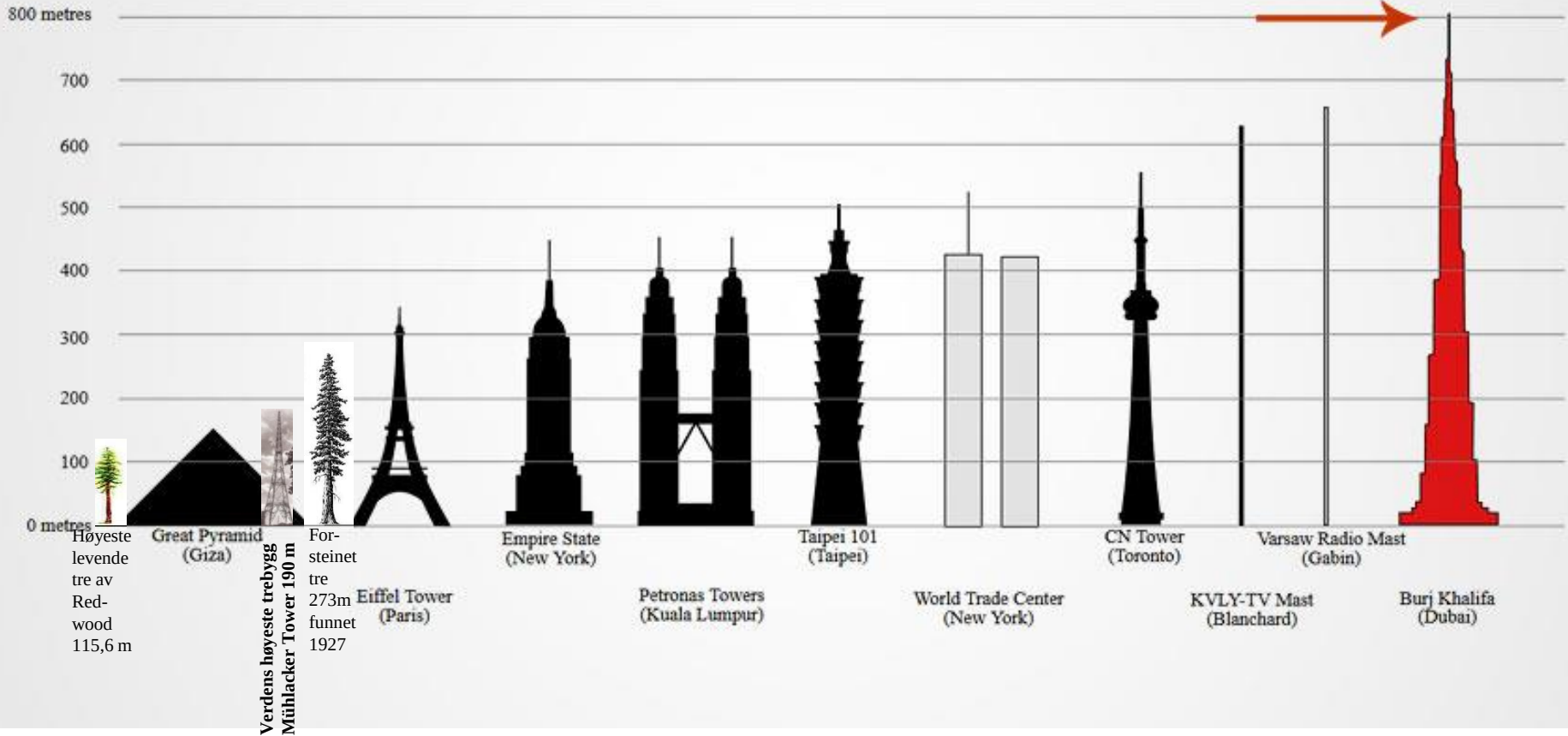
Høyhus-prosjekt fra New Zealand

John Chapman, University of Auckland

- Heis og trappekjernen er utført med massivtre (CLT) og detaljert slik at den skal være så stiv som mulig
- Lange massivtre-elementer er montert vertikalt og sammenføyet med en bølget kontaktflate
- Kontaktflatene er 15 mm tykke og støpes igjen med en Sika-masse som ikke krymper (Sika-grout 215)



Verdens høyeste bygninger og trær





Babels tårn

Slik det er avbildet av flere kunstnere

Man kan si mye om konseptet og potensialet, men her er jo i allefall direktivet om universell utforming tatt på alvor!

Ideen bak Babels tårn finner vi i

1. Mosebok 11.kapittel, vers 1-9:

«Kom, la oss bygge oss en by med et tårn som når opp til himmelen, og skape oss et navn så vi ikke blir spredt ut over hele jorden!»

Kanskje er det slike tanker som leder arkitekter og ingeniører til å bygge stadig høyere trehus og -trekonstruksjoner...

