



RI.
SE

Byggnader i trä – hur högt kan vi gå?

Marie Johansson, RISE

Projekt

- Tall timber buildings – Konzept studier. Formas projektnummer 942-015-115.
- The future biobased building and living. Bioinnovation; Vinnova, Formas and SWEA 2015-05852.
- Design of connections for wind induced sway in tall timber buildings. Formas 2016-00508.
- Description of fire safety in two concept buildings in building class Br0. SBUF 13742
- DynaTTB: Dynamic Response of Tall Timber Buildings under Service Loads. ForestValue; Vinnova, Formas and SWEA 2018-04976

Tack till alla partners



Plusshus



Linnéuniversitetet



BRANDSKYDDSLAGET



CSTB
le futur en construction



Linnæus University



Univerza v Ljubljani



C.F. Møller



FORMAS



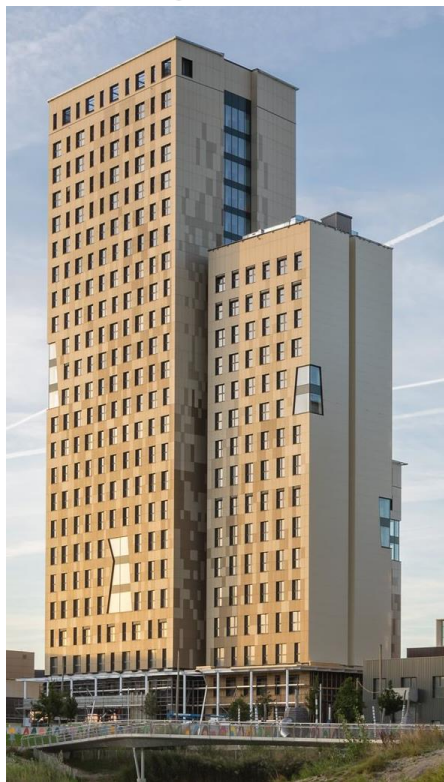
Exempel på höga träbyggnader



Mjöstornet, Norge
18 våningar, limträ



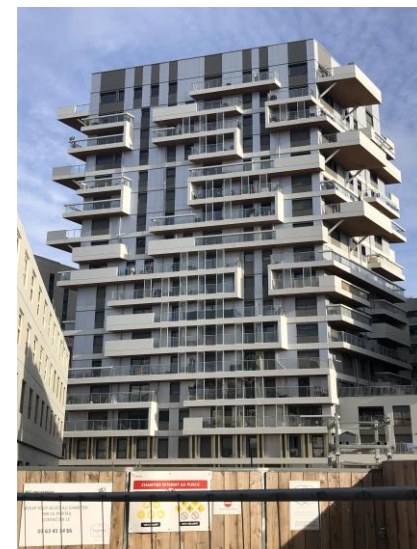
Sara kulturhus, Sverige
19 våningar, KLT



HoHo, Österrike
24 våningar, hybrid



Ascent, USA
25 våningar, hybrid

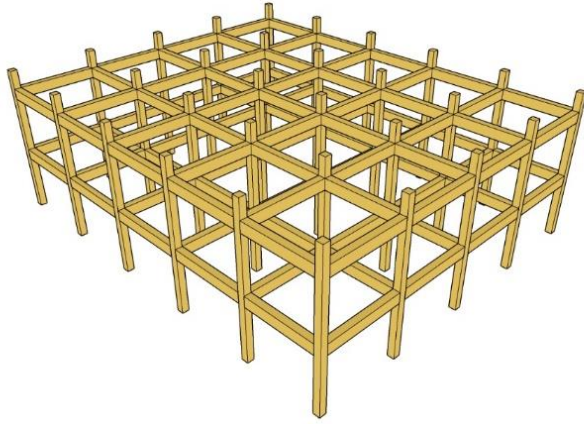


Hyperion, Frankrike
18 våningar, hybrid

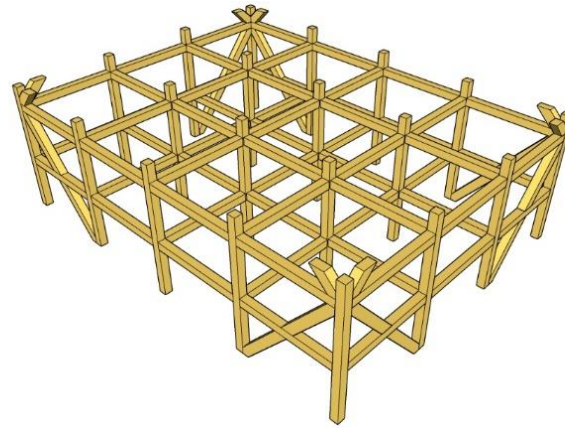
Höga byggnader (i trä)

- Viktiga parametrar i konstruktionshänseende
 - Horisontella laster pga vind
 - Stabiliserande system
 - Horisontell deformation
 - Svaj - acceleration
 - Vertikala laster – hög byggnad
 - Brand
 - Produktion
- I svenskt perspektiv
 - Svaj – acceleration avgörande för konstruktionen över 12-14 våningar
 - Brandsäkerhetskraven ökar
 - > 8 våningar – Br1
 - > 16 våningar – Br0 => analytisk dimensionering

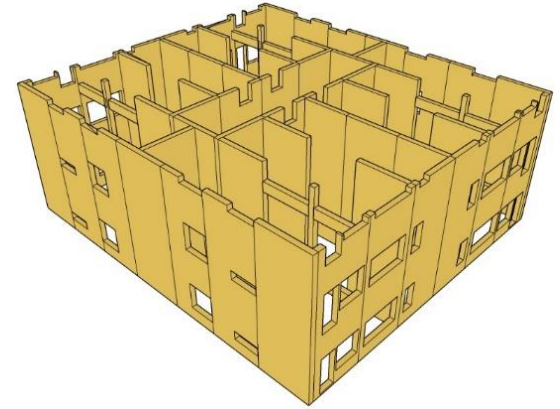
Byggsystem för höga hus i trä



Momentstyva ramar



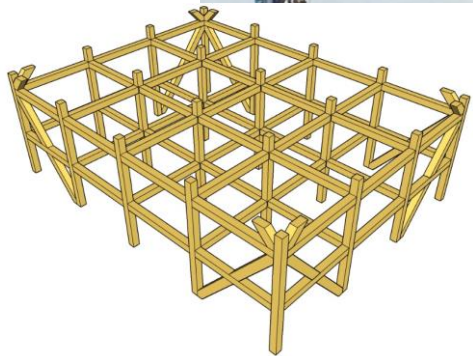
Fackverksystem



Skivsystem

Byggsystem - fackverk

- Limträ eller LVL balkar
- Stabiliserande system – fackverk
 - Fasad
 - Kärna
- Kontinuerliga pelare
- Inhängda balkar och bjälklag
- Exempel upp till 18 vån
 - Högre?

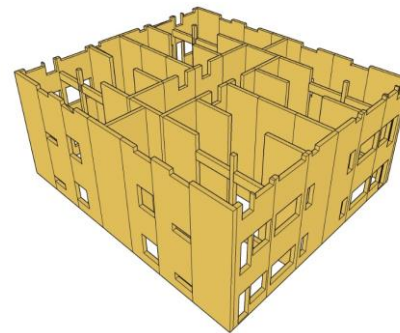


Byggsystem – Skivor

- KLT eller LVL element
- Stabiliserande system
 - Skjuvväggar
- Kontinuerliga väggar
- Inhängda bjälklag
- Exempel upp till 20 våningar
 - Högre?

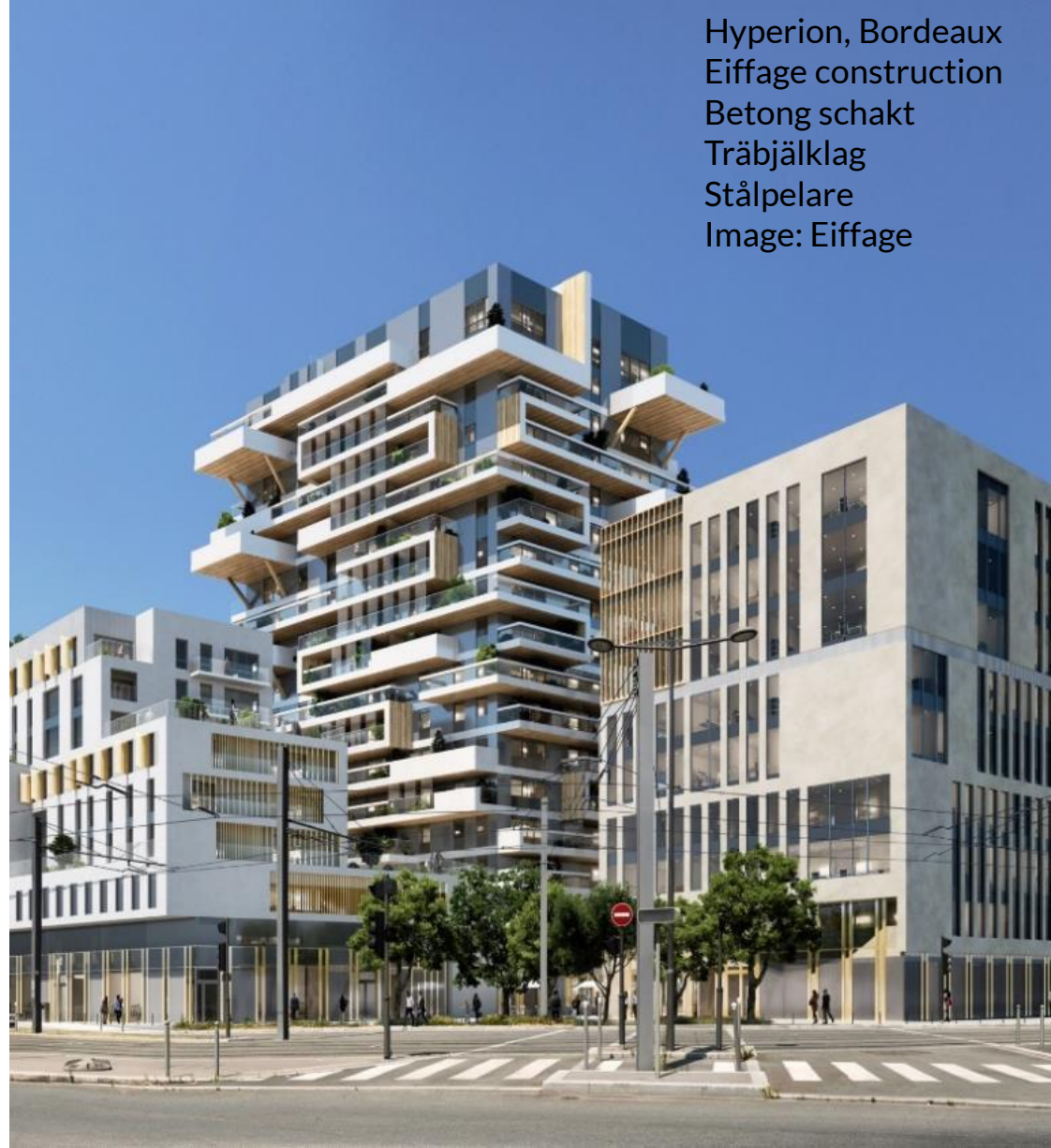


Origine, Quebec city
Nordic structures
Area 20 x 60 m
CLT 300 mm
Image: FPInnovations



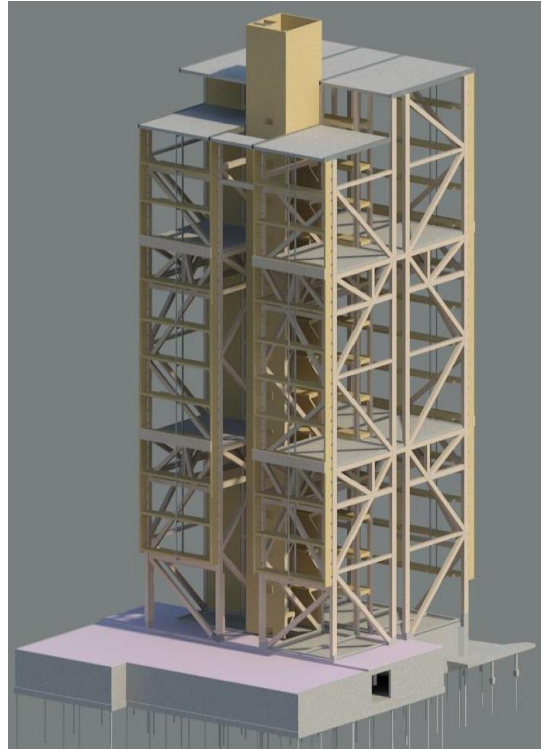
Byggsystem - hybrid

- Betong/stål + trä
- Stabiliserande system
 - Skjuvväggar i betong
 - Fackverk i stål
- Exempel upp till 25 våningar
 - Högre?



Hyperion, Bordeaux
Eiffage construction
Betong schakt
Träbjälklag
Stålpelare
Image: Eiffage

Byggsystem - andra möjligheter



3D-fackverk

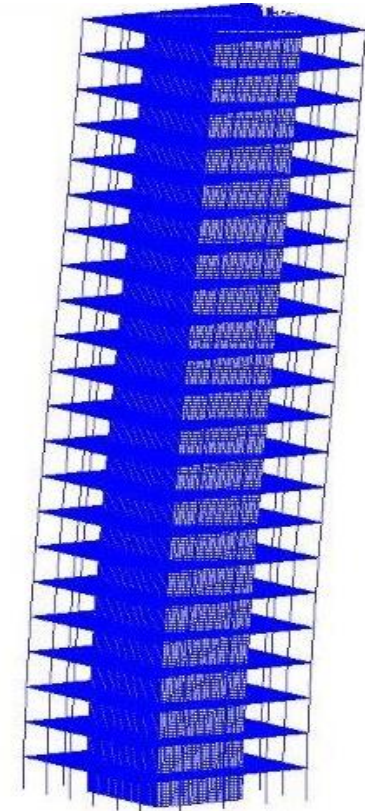
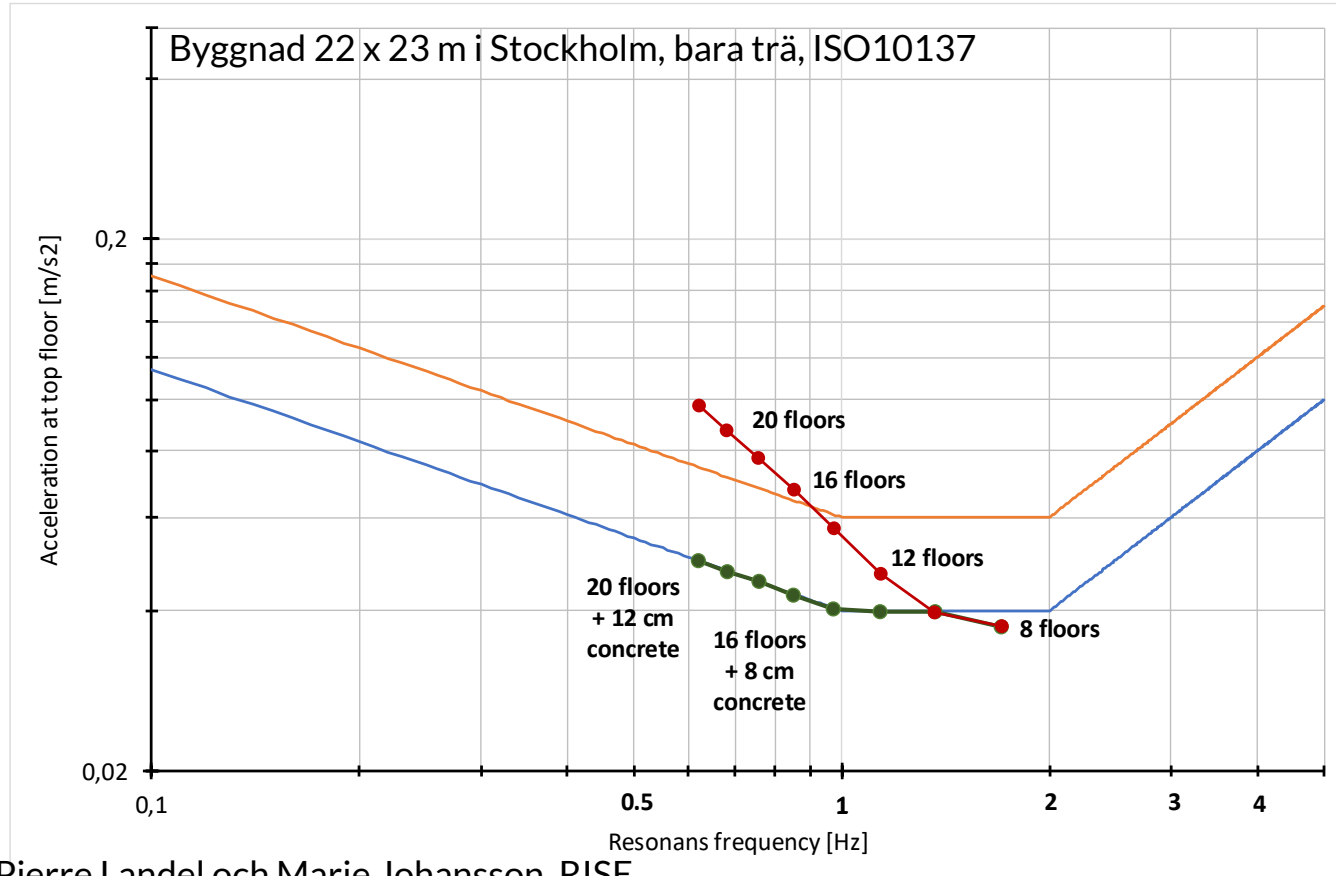


Förspända system

Generella dimensioner

- Våningshöjd > 3.5 meter
- Bjälklagstjocklek > 0.4 meter
- Stabiliserande system > 5-10 meter emellan
- För en 15-20 vånings byggnad
 - Väggtjocklek > 300 mm
 - Pelare > 400 x 400 mm
- Krav på extra massa > 15 våningar för svaj

Utmaning – vind inducerad vibration



Modell av Andreas Linderholt, LNU

Vad kan göras idag?

- Öka massan på byggnaden - betong
- Ändra form på byggnaden
 - Avsmalnande byggnad
 - Kompletterande byggnader
 - Rundade hörn
- Öka styvhet
- Öka dämpning



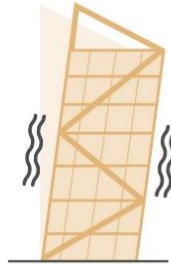
Vad saknas idag?

- Bra verifierade beräkningsmodeller för acceleration
- Verifierade värden och modeller för
 - Styvhet
 - Dämpning

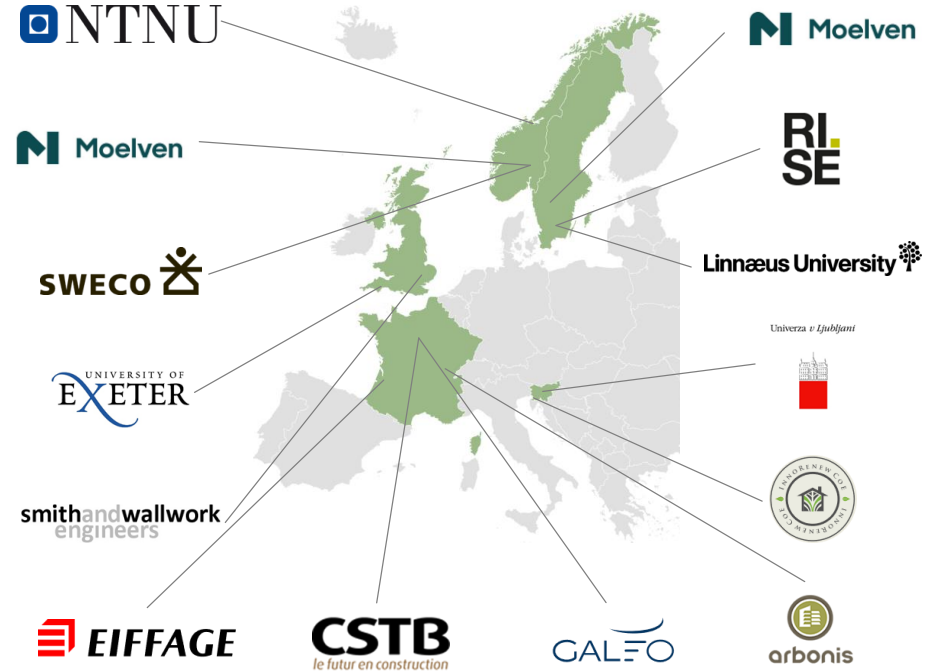
Projekt och partners

DynaTTB

Dynamic Response of Tall Timber Buildings under Service Load



- Project time: March 2019 - October 2022

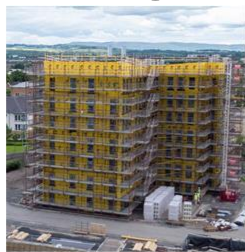


Project Dyna-TTB is supported under the umbrella of ERA-NET Cofund ForestValue by Vinnova – Sweden’s Innovation Agency, Agence Nationale de la recherche, Ministry of Education, Science and Sport, The Research Council of Norway and Forestry Commission. ForestValue has received funding from the European Union’s Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement N° 773324.

FVT genomfördes på åtta träbyggnader



Trinity College building, 4 stories, CLT elements
Measurements: V
FE-model: VI



Yoker, 7 storeys, CLT
Measurements: V
FE-model: VI



Treed-IT, 12 storeys, CLT elements
Measurements: IV
FE-model: IV



Hyperion, 18 storeys, hybrid + CLT
Measurements: IV
FE-model: IV and VI



Eken, 6 storeys, Glulam
Measurements: III and I
FE-model: III and I



Flower Valley, 4 stories, CLT elements
Measurements: VII
FE-model: VII



InnoRenew, 4 stories, CLT elements
Measurements: VII
FE-model: VII



Mjöstårnet, 18 storeys, Glulam
Measurements: V and II
FE-model: II

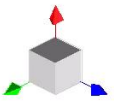
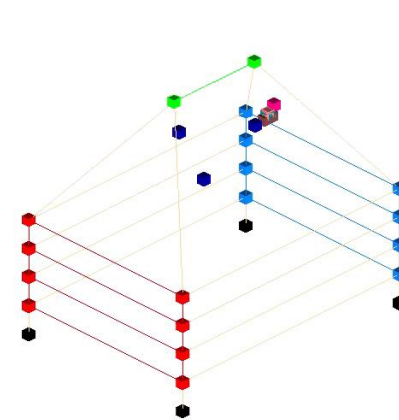
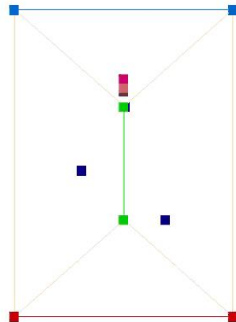
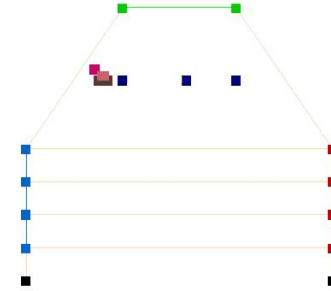
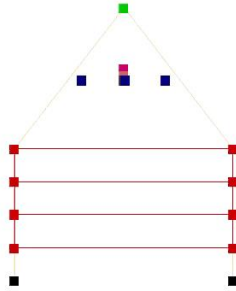
Research partners

- I. RISE
- II. NTNU
- III. Linnaeus University
- IV. CSTB
- V. University of Exeter
- VI. University of Ljubljana
- VII. InnoRenew CoE

Industry partners

- A. Moelven Limtre
- B. Sweco Norway
- C. Moelven Töreboda
- D. Smith and Wallwork engineers
- E. Eiffage
- F. Arbonis

Eken – 7 våningsbyggnad i Mariestad



Linnaeus University
Andreas Linderholt
E-mail: andreas.linderholt@lnu.se

Resultat

| | Building 1 | Building 2 | Building 3 | Building 4 | Building 5 | Building 6 | Building 7 | Building 8 |
|--|----------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|------------|------------|----------------------------|
| Name | Trinity round church | Flower valley | Inno Renew | Eken | Yoker | Treed-it | Hyperion | Mjøstårnet |
| Location | UK | Slovenia | Slovenia | Sweden | UK | France | France | Norway |
| Number of storeys | 4 | 4 | 4 | 6 | 7 | 12 | 17 | 18 |
| Building system | Planar elements | Planar elements | Planar elements | Beams and columns+ trusses | Planar elements | Hybrid | Hybrid | Beams and columns+ trusses |
| Building height [m] | 16 m | 12.7 m | 16.7 m | 24.4 m | 22 m | 36 m | 57 m | 85.4 m |
| Height to highest habituated floor [m] | ~12 m | 8.9 m | 12.5 m | 18.0 m | 18 m | 33 m | 50 m | 68.2 m |
| Building width [m] | 14 m | 14.5 m | 23.6 m | 27 m | 31 m | 47.4 m | 30.6 m | 36.8 m |
| Building depth [m] | 33 m | 21.2 m | 38.7 m | 19 m | 28 m | 18.6 m | 19.1 m | 16.3 m |
| 1 st resonance frequency | | | | 2.4 Hz | 2.8 Hz | 1.4 Hz | 0.9 Hz | 0.5 Hz |
| Damping in 1st mode | | | | 1.6% | 1.4% | 2.0% | 1.0-1.5% | 1.5 % |

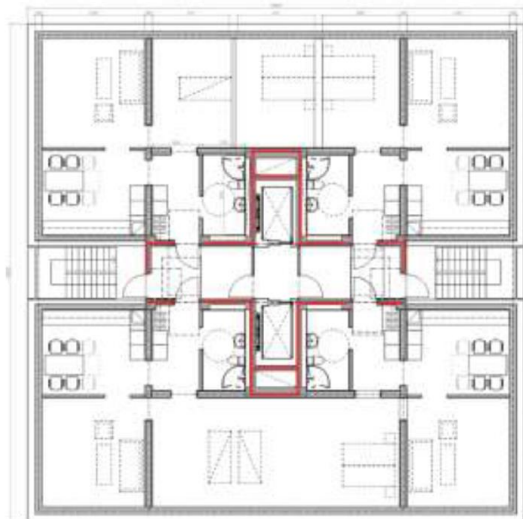
Andra aspekter

Brandsäkerhet

- Genomförd för två 22-våningsbyggnader



White + BTB



CF Möller + Bjerking

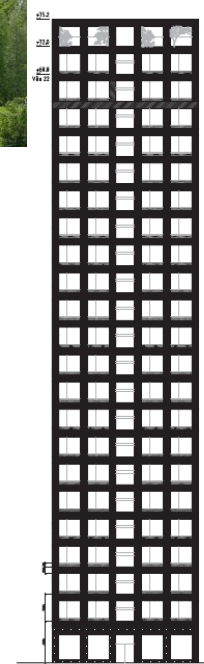


Livscykelanalys

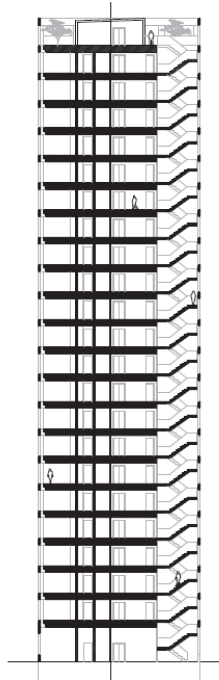
- Jämföra en 5-våningsbyggnad med två 18 våningshus
 - KLT byggnad
 - Hybrid byggnad
- Område A1-A3
 - Råmaterial
 - Transport
 - Produktion



CF Möller + Bjerking

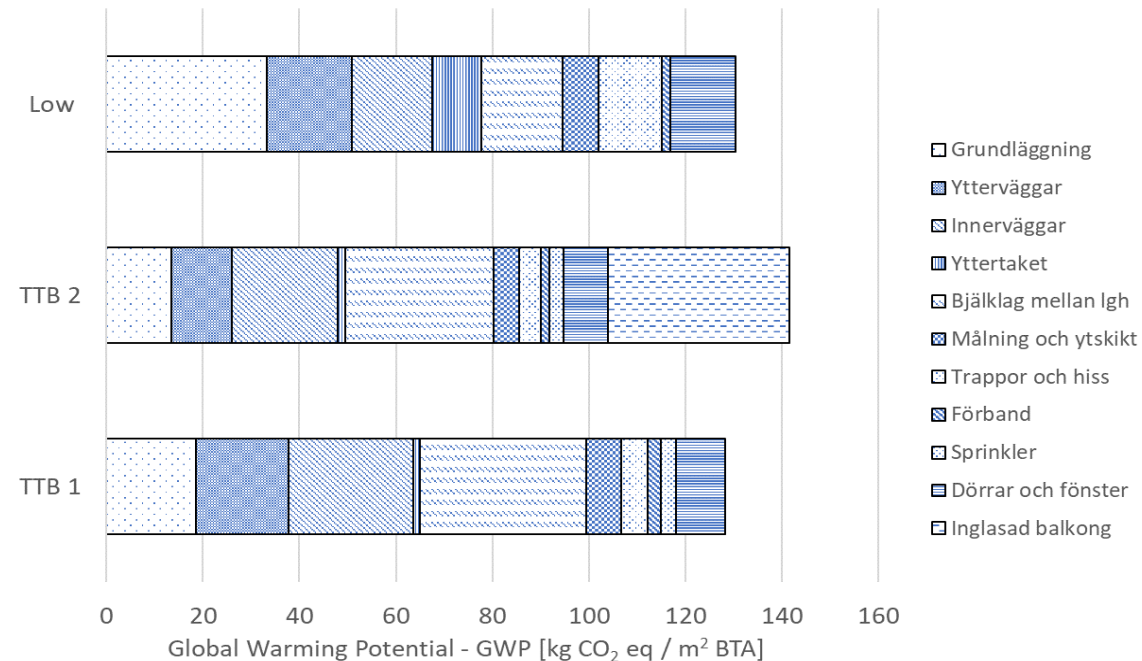


White + BTB



Livscykelanalys

- Ungefär samma kg CO₂ eq/m²
- Mindre bidrag från grundläggning och tak
- Stort bidrag från bjälklagen (betong)
- Stort bidrag från inglasning för balkonger
- Stort bidrag från brandskyddande material
- Bidrag från sprinkler systemet



Slutsatser

- Det är fullt möjligt att bygga 20+ våningar i trä
- Samla alla kompetenser tidigt i projekteringsfasen (A, K, B, Inst)
- För att bygga fler höga byggnader i trä
 - Försök och utveckling => optimerad konstruktion map strukturdynamik
 - Försök och utveckling => optimerad brandsäkerhet
 - Utveckling av nya byggsystem – hybrid system?



Kontakt: Marie Johansson, RISE

Email: marie.johansson@ri.se

Tel: 010 516 62 51