

GEND RATUR, QUE REINT EXPLABO. UT
AS NCTIS DE VOLLACCAE ESUNT ET BOS
QUATFANDAND IDELLECU ILLUPTIST

SPEKTAKULÆ RE NORSKE BYGGVERK ITRE



STV JING MAGNE A BJERTNÆ S



Sweco

DEN MEST ENGASJERTE OG KUNDENÆRE PARTNEREN MED ETTERSURT KOMPETANSE

- Multinasjonalt kunnskapsbedrift med rådgivere innen alle tekniske fag.
- 14 500 ansatte fordelt på 15 land
- Norge: 1 400 ansatte fordelt på 30 store og små kontorsteder
- Lillehammer: 6 ansatte med spesialkompetanse på trekonstruksjoner.
 - Trebruer
 - Nordsenga Bru
 - Overgangsbruer over veg og jernbane
 - Gangbruer
 - Landbruksvegbruer
 - Bygg med bærekonstruksjoner av tre
 - Treet
 - OSL T2
 - Vågsøy Ungdomsskole
 - Fåberggata 152 (Om sorgsboliger i CLT)
 - +++++



GEN DATUR, QUE RELUNT EXPLABO . UT AS INCTIS DE
VOLLACCAB SUNT ET BOS QUATANDAND IDELLICU LLUPTIET

Magne Bjertnæs

- Sivilingeniør (NTNU 2005)
- Gruppeleder Lillehammer
 - Oppdragsleder
 - Oppdragsansvarlig
 - Fagansvar
trekonstruksjoner
 - Dynamisk oppførsel av
konstruksjoner



Tem a

- Gardermoen T2 utbyggingen
 - Sentralbygning Vest
 - PirNord
- Treet
- Norsenga bru



OSL T2



GENIATUR, QUE RELUNT EXPLABO . UT AS INCTIS DE
VOLLACAB ESUNT ET BOS QUATFANDAND IDELLICU LLUPTIET

Aktører



OFFICE OF
ARCHITECTURE

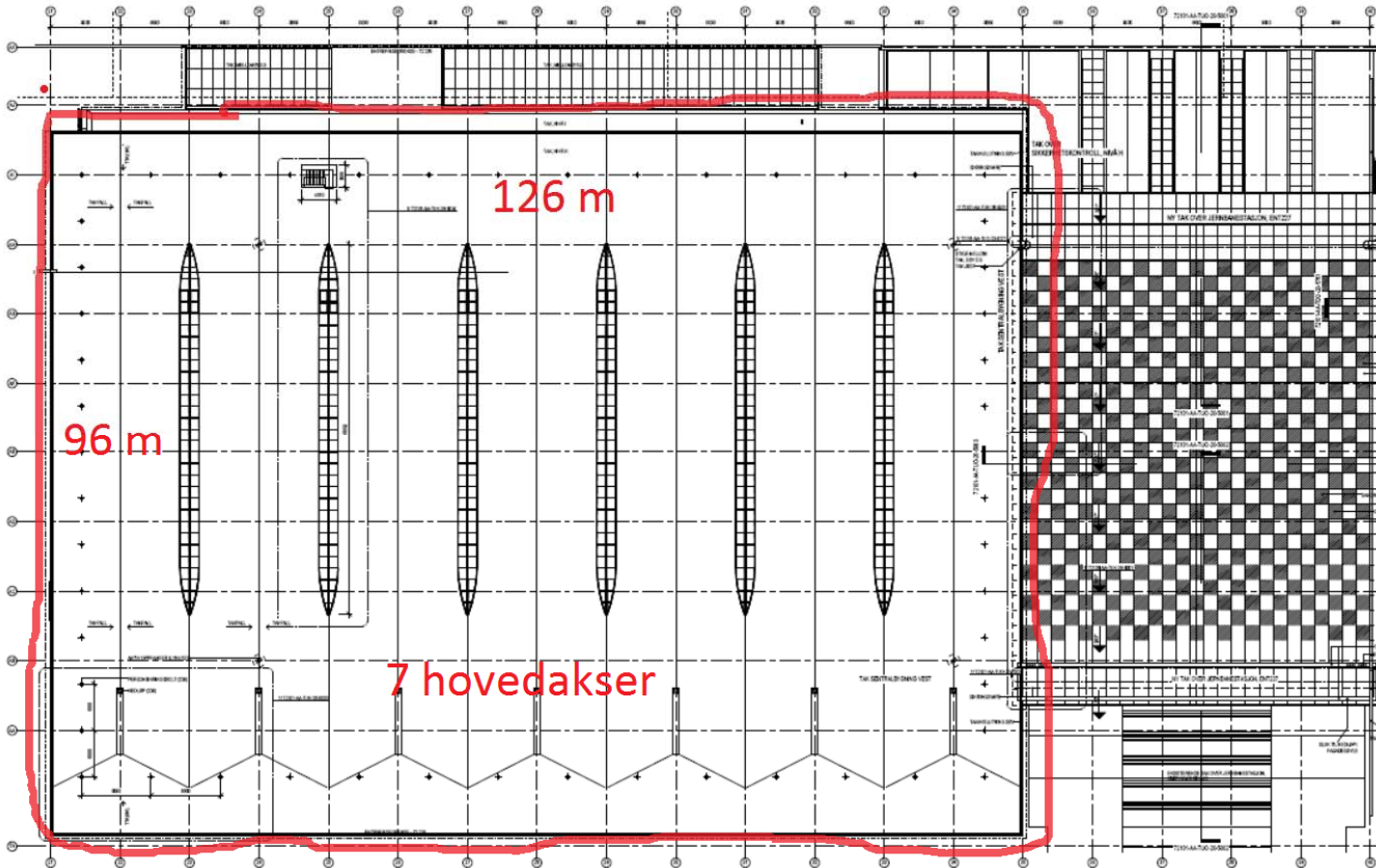


Sentra Bygning Vest (SBV)

- Takkonstruksjon SBV
 - Takareal: 12000 m
 - Lim tre: 1950 m³
 - Slisseplater: 150 tonn
 - Dybler: 29 tonn (41 614 stk)
 - Lengste frie spenn: 54 m
 - Sweco sin rolle:
 - Globalstatikk og stabilitet
 - Detaljprosjektering lim tre med knutepunkt
 - Detaljprosjektering av stål
 - Produksjonsgrunnlag til Derix
 - Montasjevurderinger

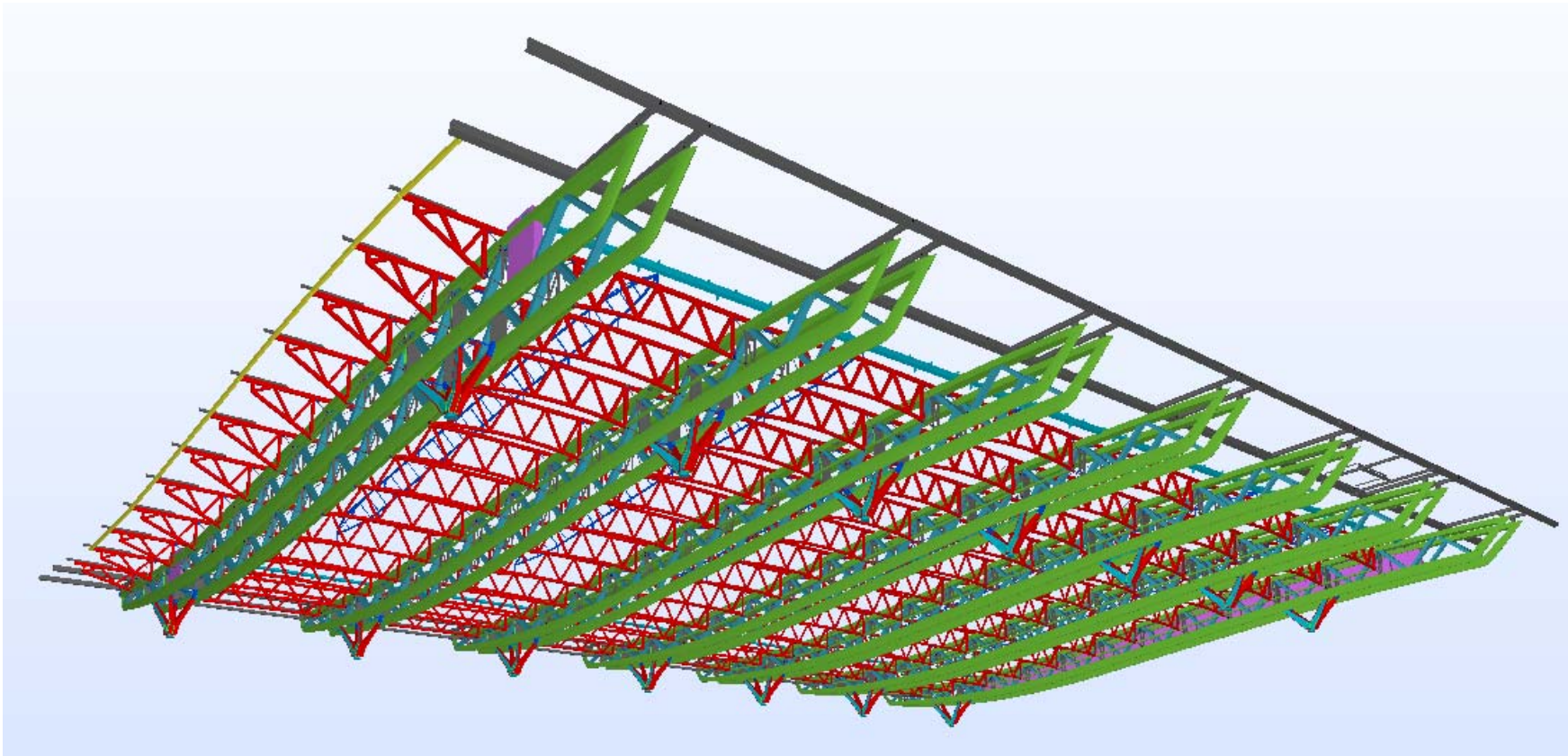


Sentra Bygning Vest (SBV)



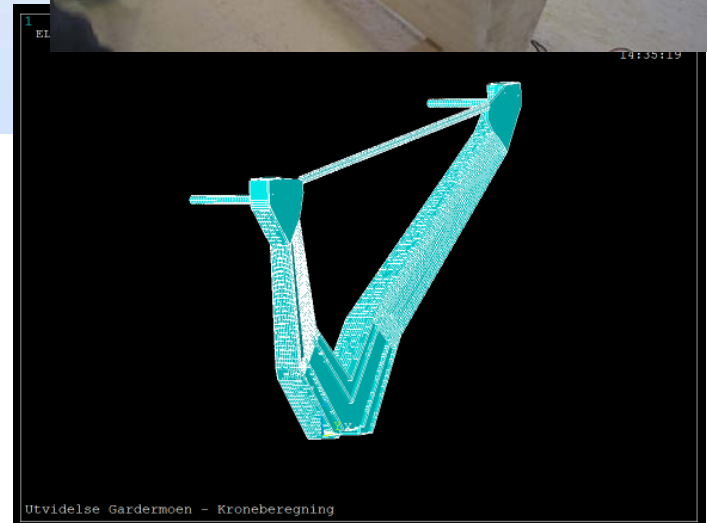
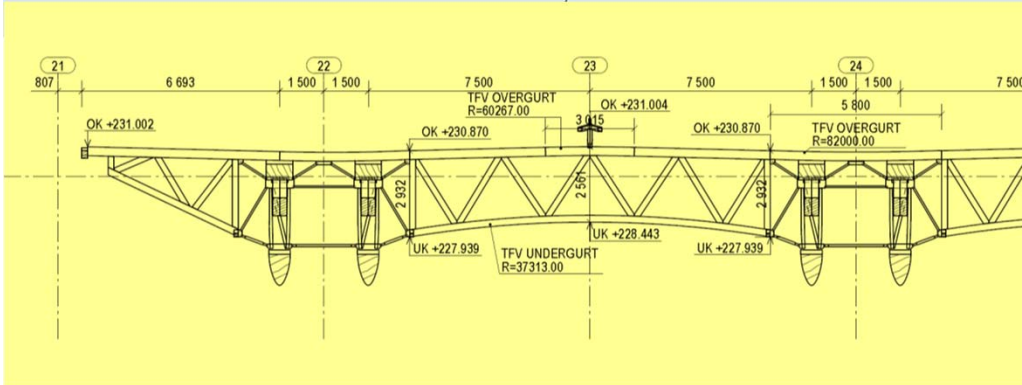
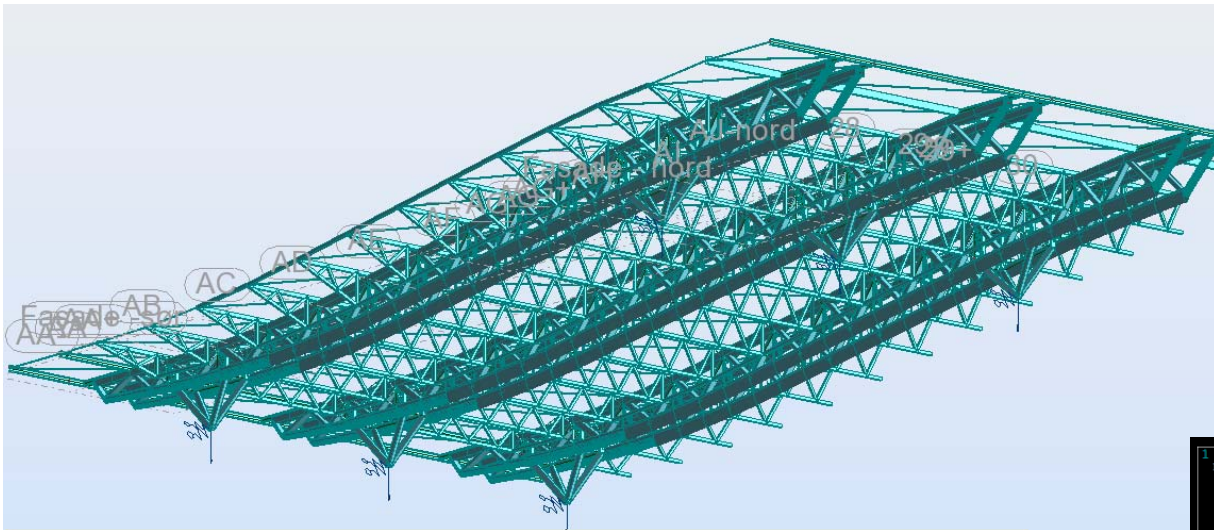
GEN DATUR, QUE RELUNT EXPLABO . UT AS N CTIS DE
VOLLACCAB SUNT ET BOS QUATFANDAND IDELLICU LLUPTIST

Sentra Bygning Vest (SBV)



GENDATUR, QUE RELUNT EXPLABO . UT AS INCTIS DE
VOLLACAB ISUNT ET BOS QUATENDAND IDELLICU LLUPTIST

Sentra Bygning Vest (SBV)



GENEDATUR, QUE RELUNT EXPLABO . UT AS INCTIS DE
VOLLACCAB ESUNT ET BOS QUATENDAND IDELLICU LLUPTIET

Sentra Bygning Vest (SBV)

Produksjon:



GENE D'ATUR, QUE RELUNT EXPLABO . UT AS NCTIS DE
VOLLACCAB ESUNT ET BOS QUATFANDAND IDELLICU LLUPTIET

Sentra Bygning Vest (SBV)

Produksjon/
monteringsfabrik:



GENIUM, QUE REIUNT EXPLABO . UT AS INCTIS DE
VOLLACCAB ESUNT ET BOS QUATENDAND IDELLICU LLUPTIST

Sentra Bygning Vest (SBV)

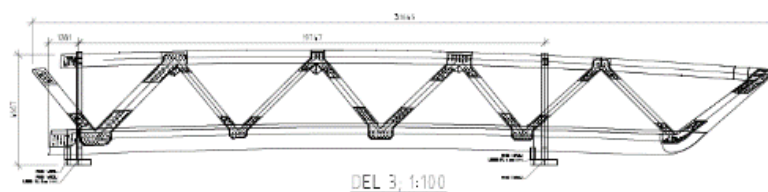
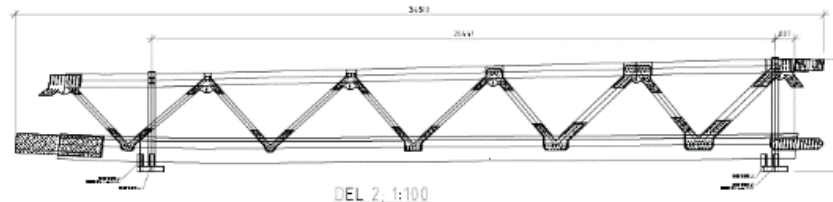
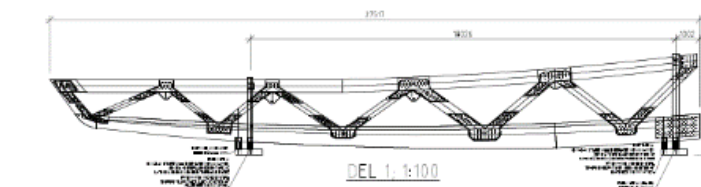
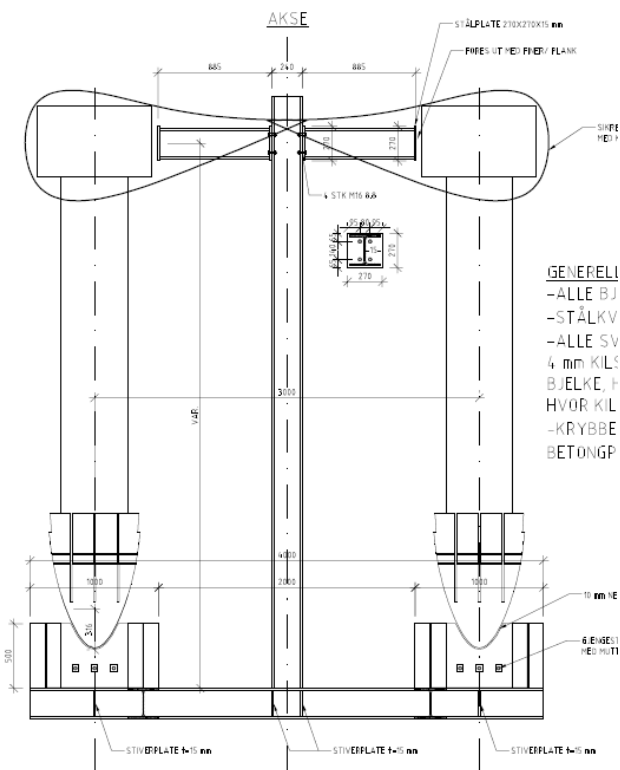
Transport:



GENIATUR, QUE RELINT EXPLABO . UT AS IN CTIS DE
VOLLACCAB ESUNT ET BOS QUATFANDAND IDELLICU LLUPTIST

Sentra Bygning Vest (SBV)

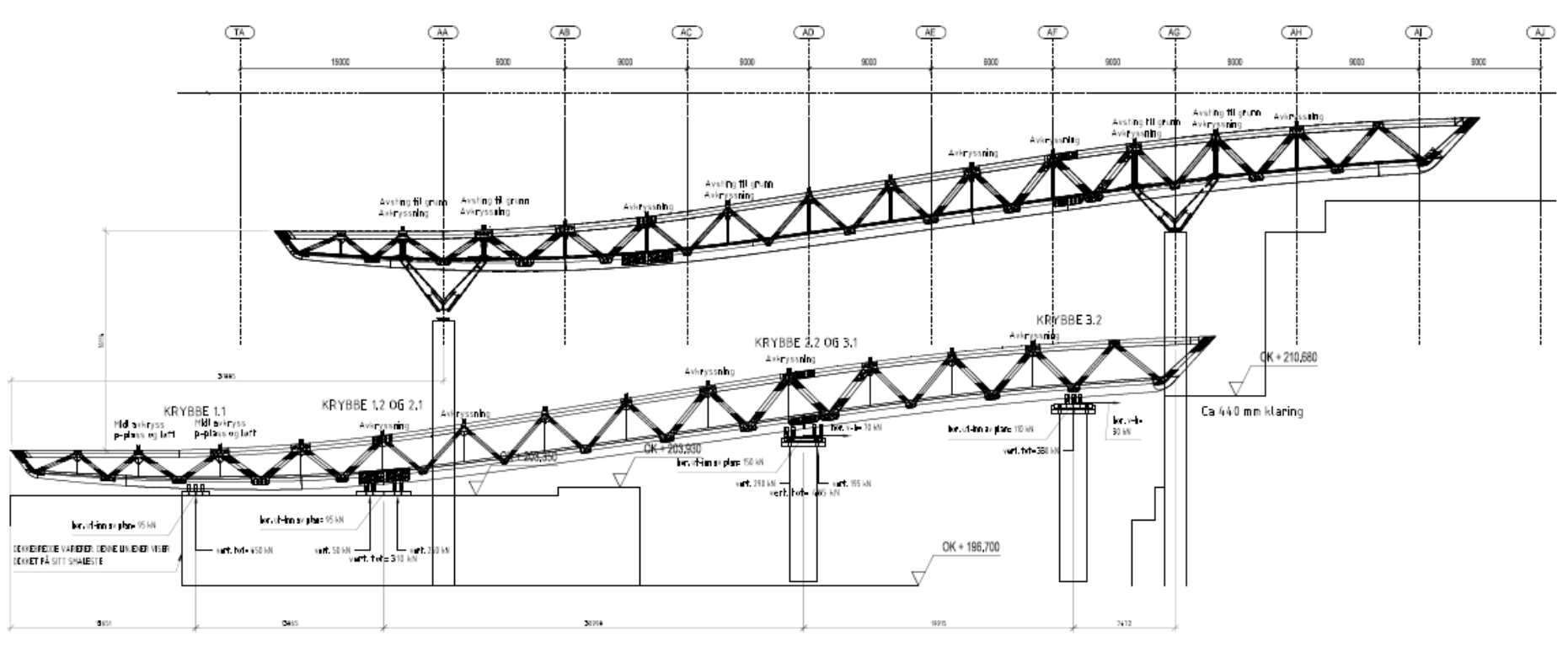
Montasje:



GENÉRATUR, QUE RELUNT EXPLABO . UT AS INCTIS DE
VOLLACCAB ESUNT ET BOS QUATFANDAND IDELLICU LLUPTIST

Sentra Bygning Vest (SBV)

Montasje:



GENOMTAL, QUE RELUNT EXPLABO . UT AS INCTIS DE
VOLLACCAB SUNT ET BOS QUATRANDAND IDELLICU LLUPTIST

Sentra Bygning Vest (SBV)

Montasje:



GENDATUR, QUE RELUNT EXPLABO . UT AS INCTIS DE
VOLLACCAB ISUNT ET BOS QUATFANDAND IDELLICU LLUPTIST

Sentra Bygning Vest (SBV)



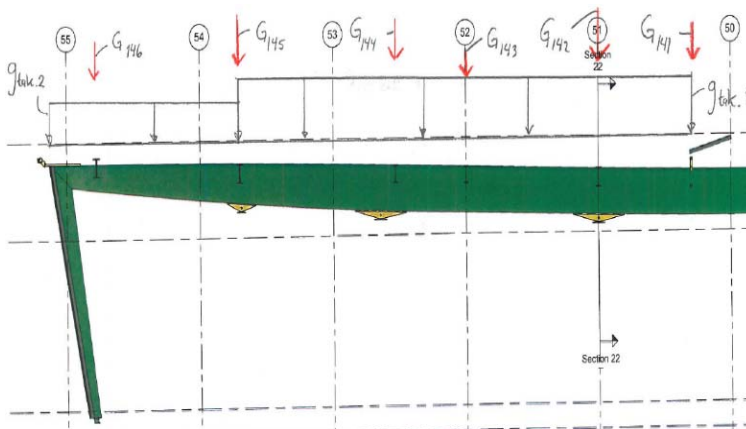
Sentra Bygning Vest (SBV) og PirNord

- PirNord

- Takareal: 9500 m
- Lm t e: 1702 m³
- Slisseplater: 26 tonn
- Dybler: 6 tonn (19 950 stk)
- Lengste frie spenn: 26 m
- Sweco sin rolle:
 - Globalstatikk og stabilitet
 - PGL
 - Detaljprosjektering lm t e m ed knutepunkt
 - Produksjonsgrunnlag til Derix
 - Montasjevurderinger



Prosjektering:



Manuell lastkontroll akse BC
 d. 11. november 17/11-13
 Trond & Myrtekken.

Påført egenlast på ramme BC+.
 Jevn fordelt last. (lasttilfelle 2)

$$g_{tak 1} = 3,7 \text{ kN/m}$$

$$g_{tak 2} = 7,4 \text{ kN/m}$$

$$R_1 = g_{tak 1} \times l_1 = 3,7 \text{ kN/m} \times 12,03 \text{ m} = 44,5 \text{ kN}$$

$$R_2 = g_{tak 2} \times l_2 = 7,4 \text{ kN/m} \times 35,76 \text{ m} = 264,6 \text{ kN}$$

$$R = R_1 + R_2 = 44,5 \text{ kN} + 264,6 \text{ kN} = 309,1 \text{ kN}$$

Samlet last på ramme $309,1 \text{ kN} \times 2 = 618,2 \text{ kN}$

Påført snølast: (lasttilfelle 20-26).
 Σ Punktlaster: $1225,2 \text{ kN} \times 2 = 2450,4 \text{ kN}$

Jevn fordelt last

$$s_1 = 12,2 \text{ kN/m}$$

$$s_2 = 18,2 \text{ kN/m}$$

$$R_1 = 12,2 \text{ kN/m} \cdot 12,03 \text{ m} = 146,8 \text{ kN}$$

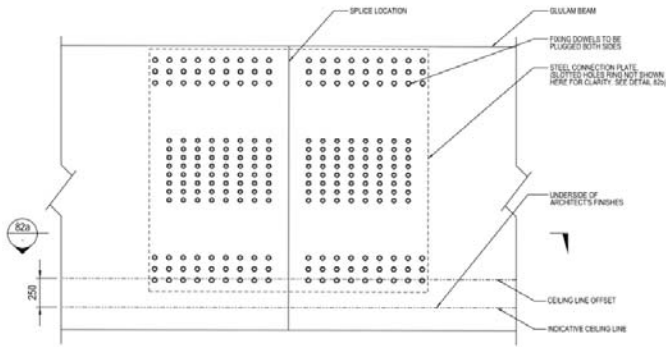
$$R_2 = 18,2 \text{ kN/m} \cdot 35,76 \text{ m} = 650,8 \text{ kN}$$

$$R = 797,6 \text{ kN}$$

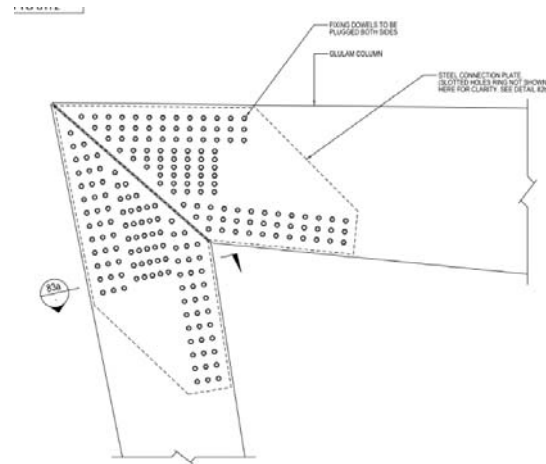
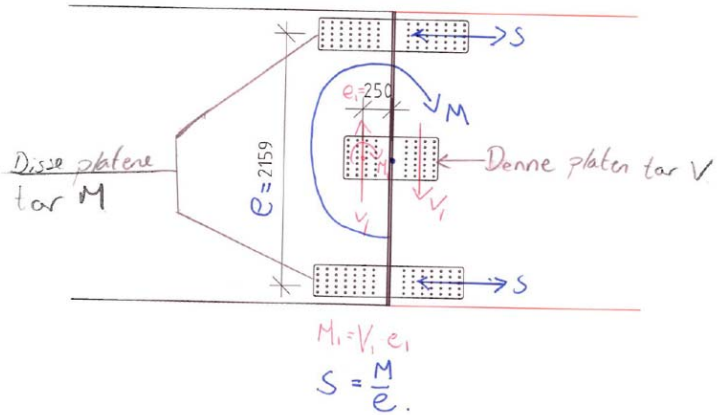
Samlet snølast: $797,6 \text{ kN} \times 2 + 2450,4 \text{ kN} = 4045,6 \text{ kN}$

PirNord

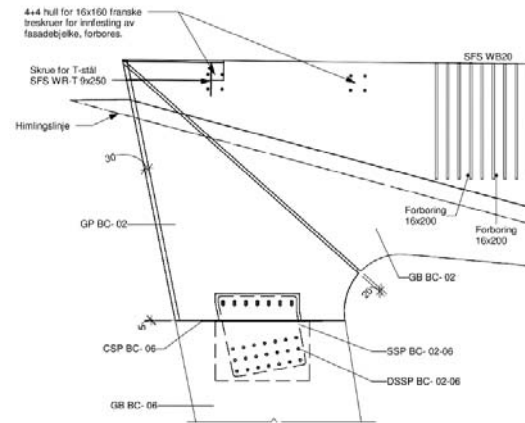
Prosjektering:



DETAIL 82
SPLICE TYPE 1



DETAIL 83



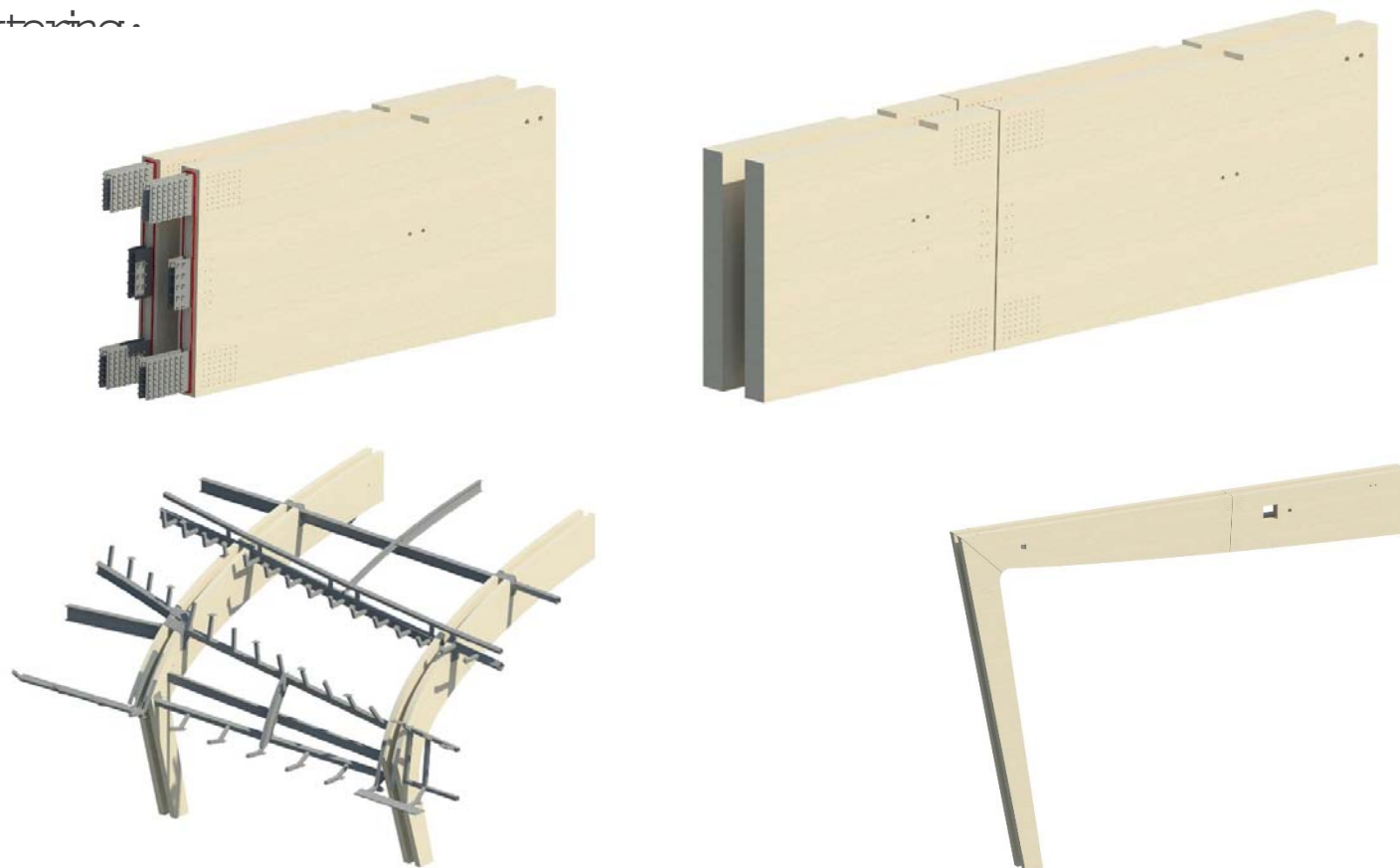
D BC-02

1 · 20

GEN DATUR, QUE REIUNT EXPLABO . UT AS IN CTIS DE
VOLLACCAB ESUNT ET BOS QUATFANDAND IDELLICU ILLUPTIST

PirNord

Dröjnings



GENÉRATUR, QUE REIUNT EXPLABO . UT AS INCTIS DE
VOLLACCAB ESUNT ET BOS QUATENDAND IDELLICU LLUPTIST

PirNord

Produksjon:



PirNord

Produksjon:



GENDIATUR, QUE RELUNT EXPLABO . UT AS INCTIS DE
VOLLACCAB ESUNT ET BOS QUATFANDAND IDELLICU LLUPTIST

PirNord

Transport:



PirNord

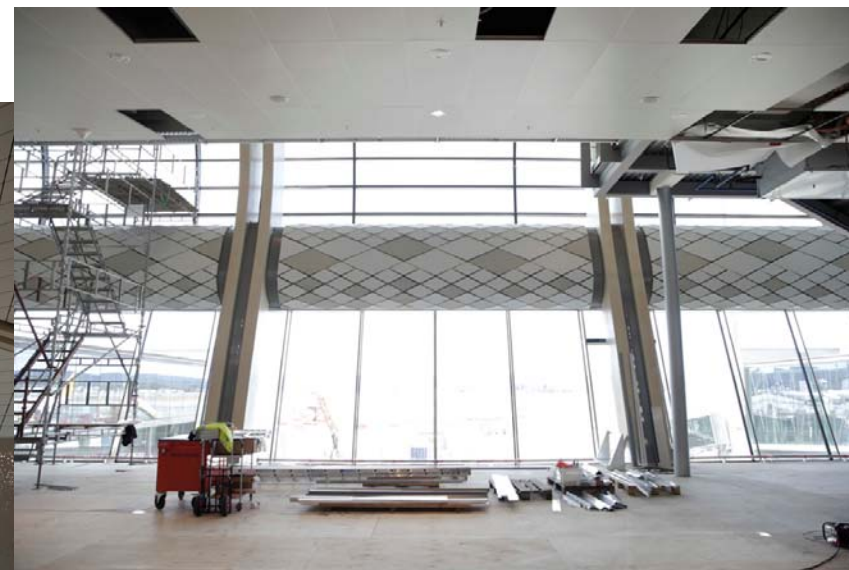
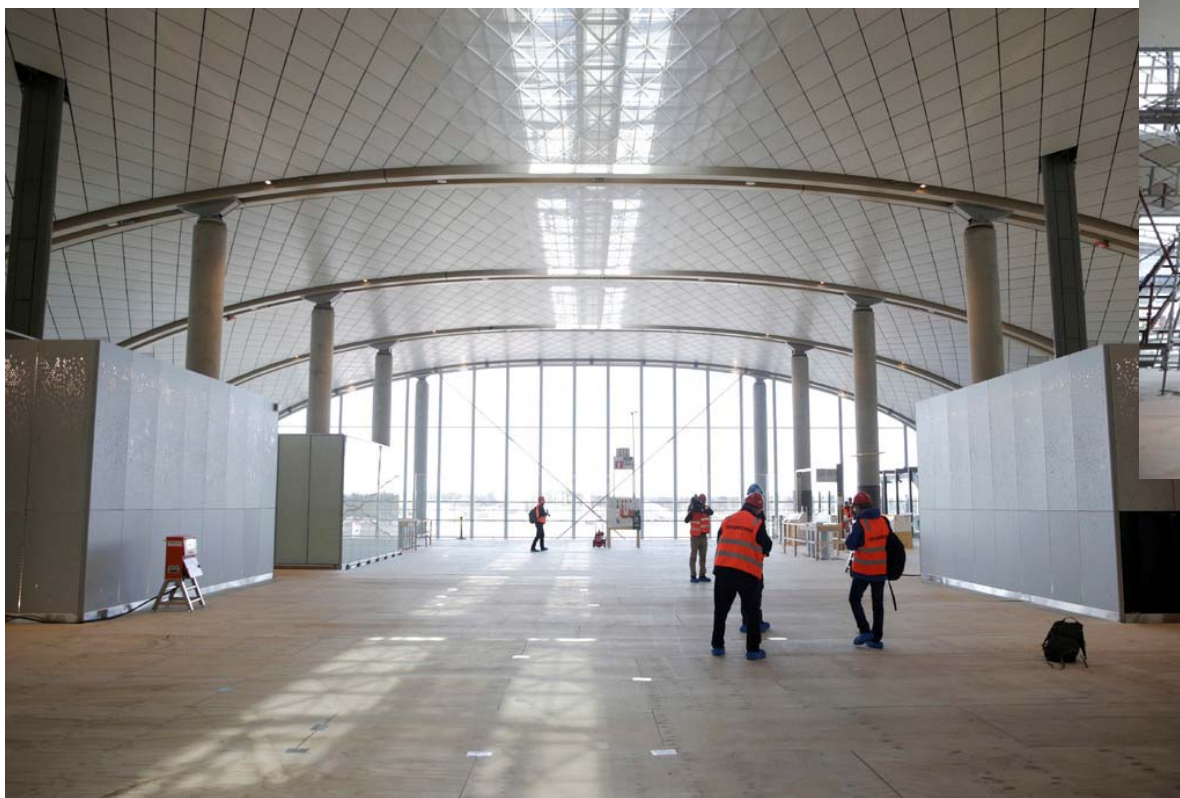
Montasje:



GENI DATUR, QUE RELUNT EXPLABO . UT AS IN CTIS DE
VOLLACCAB ESUNT ET BOS QUATFANDAND IDELLICU LLUPTIST

PirNord

190 dager igjen til offisiell åpning.



Treet



Faktaboks:

- Byggherre: BOB
- 49.4 (52.8) meter høyt
- 14 .etg
- 62 Leiligheter
- Netto areal 5830 m²
- Ca. 550 kubikk meter lim tre
- Ca. 385 kubikk meter CLT
- Parkeringskjeller i betong under bygget
- Fundamentert på peiler til fjell
- Innglassede balkonger
- Uteplass på toppen av bygget



Treet, prosjektgruppe

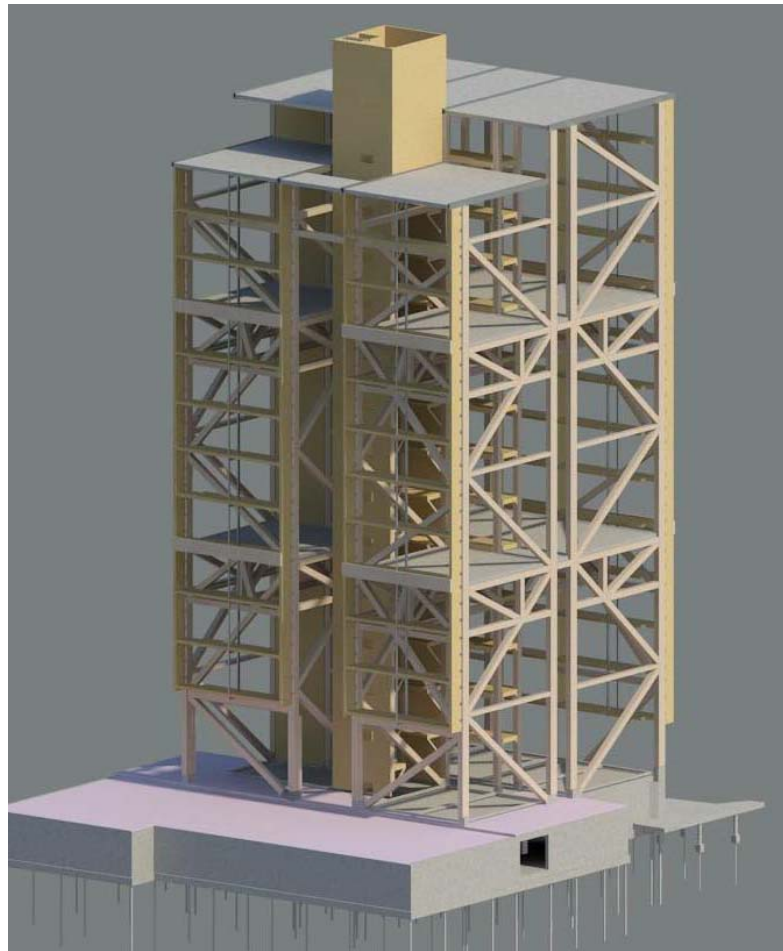
- BOB, Bergen og omegn boligbyggelag, er en norsk utbygger og forvalter.
- I 2010 bestemmer BOB seg for at de skal bygge verdens høyeste trehus.
- Følgende prosjektgruppe etablert
- Sweco – rådgivende ingeniør
- Artec – arkitekt
- MoeIven – limtre og massivtre (CLT Merke)
- Kodumaja – bygge moduler



Bruk av kjente teknikker



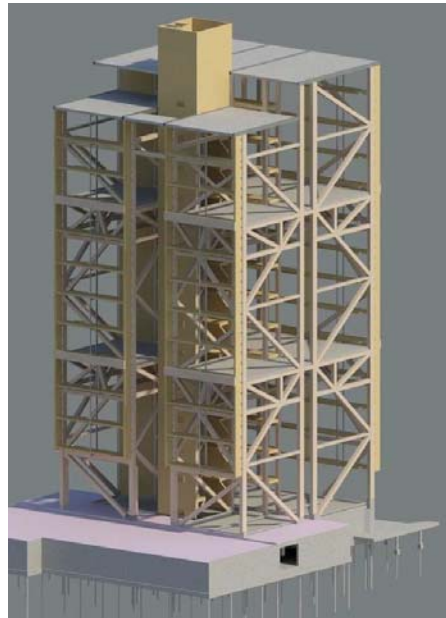
=



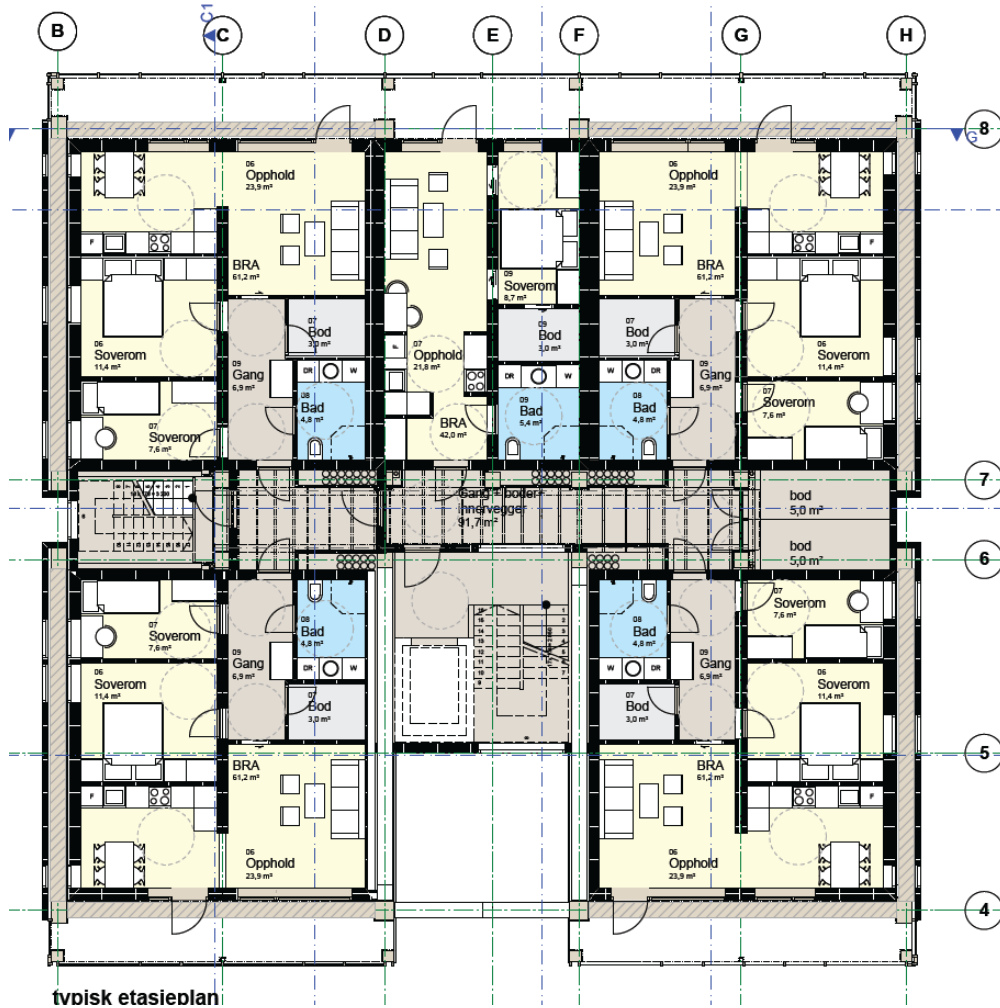
GENIUM, QUE REIUNT EXPLABO . UT AS INCTIS DE
VOLLACAB SUNT ET BOS QUATFANDAND IDELLCU LLUPTIST

Byggtekniske valg

- Stor grad av prefabrikkering
- Ytterkleddning av glass inord og sørog ståliøstog vestgirs vært god beskyttelse av lim tre
- Hovedbæring i lim tre
- Prefabrikkerte byggemoduler
- Betongdekke på tre nivåersom plattform forstabling av modulero g massefordynamisk oppførsel
- Sjøakteriselybærende massivtre
- Kjeileribetong fundamentert på pelertil fjell



Treet-Typisk plan



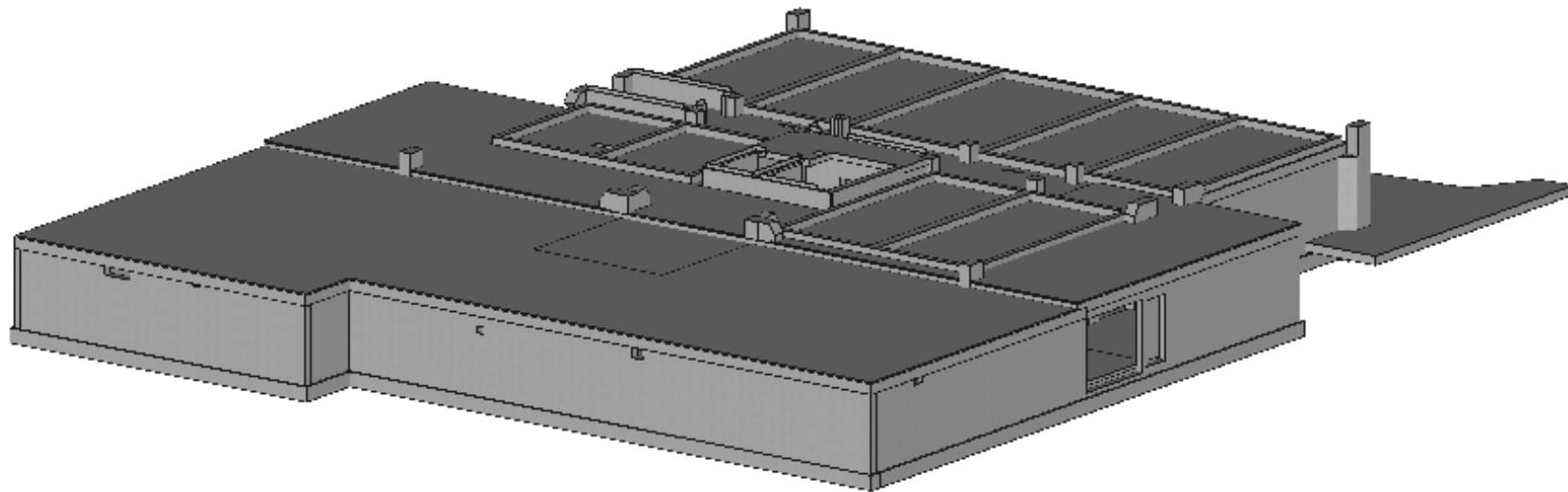
Leilighetene

- Prefabrikerte modulergir mange fordeler:

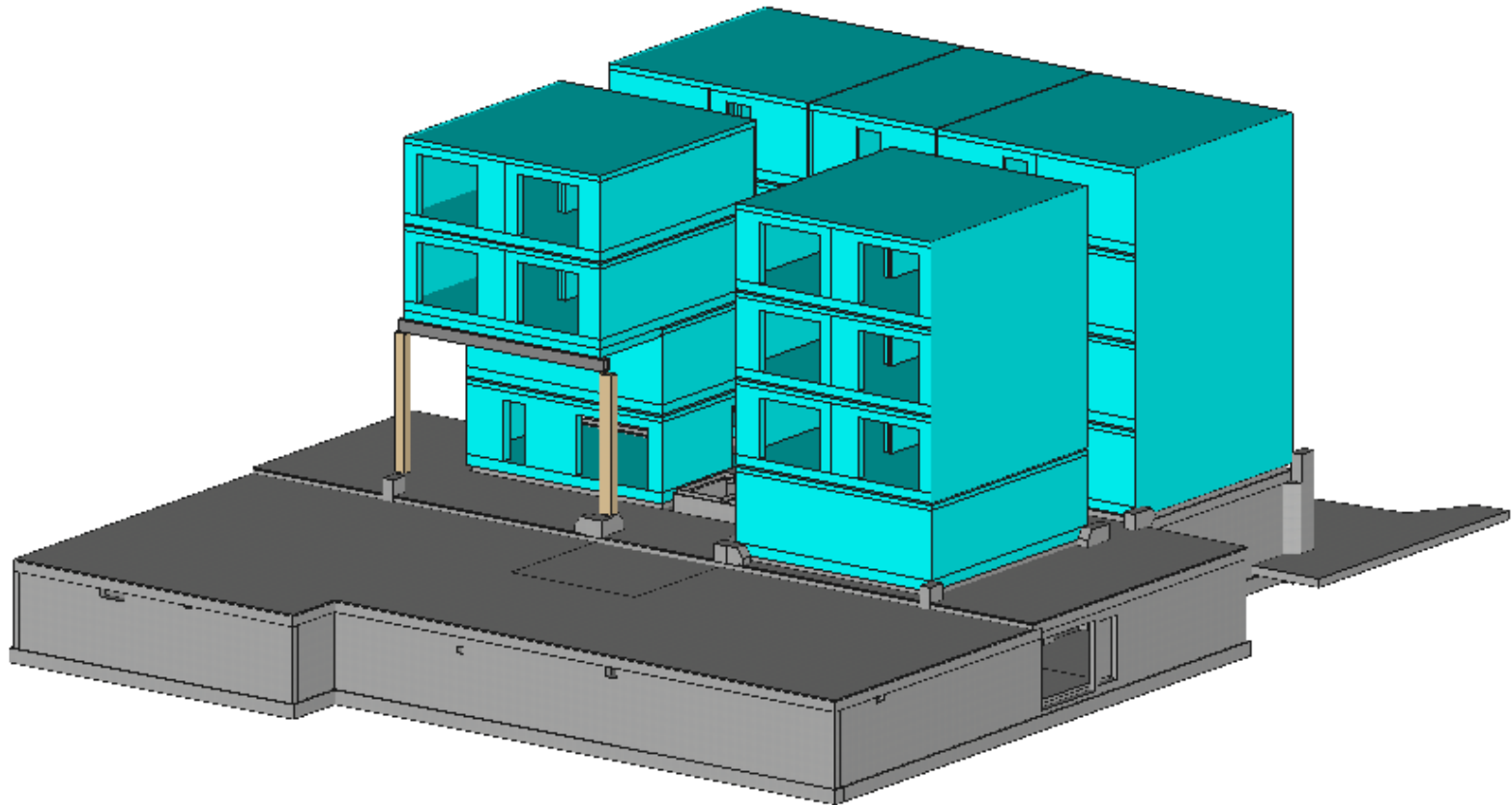
- Rask byggetid
- Mindre byggfukt
- Økt kvalitet
- Passivhus
- Bruk av tre



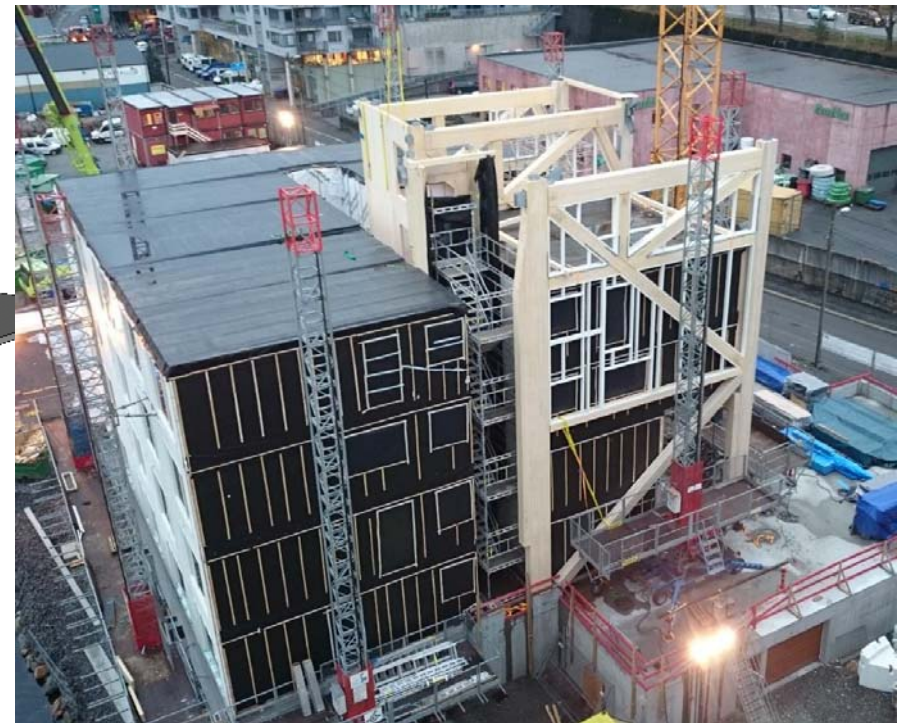
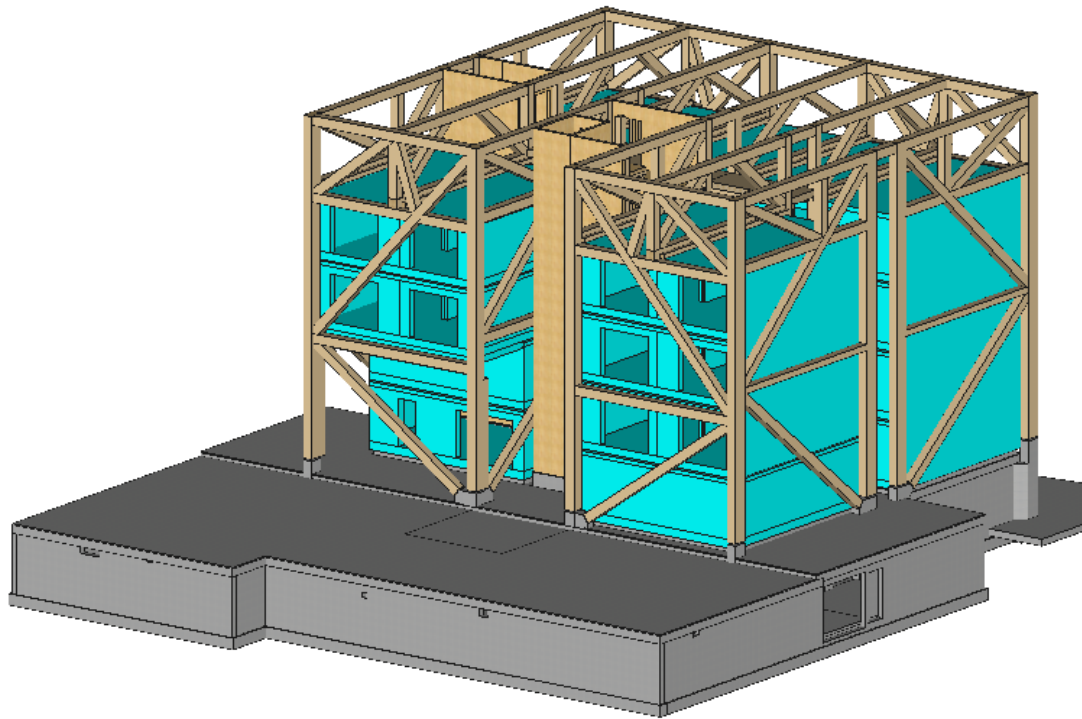
Bygging - steg for steg



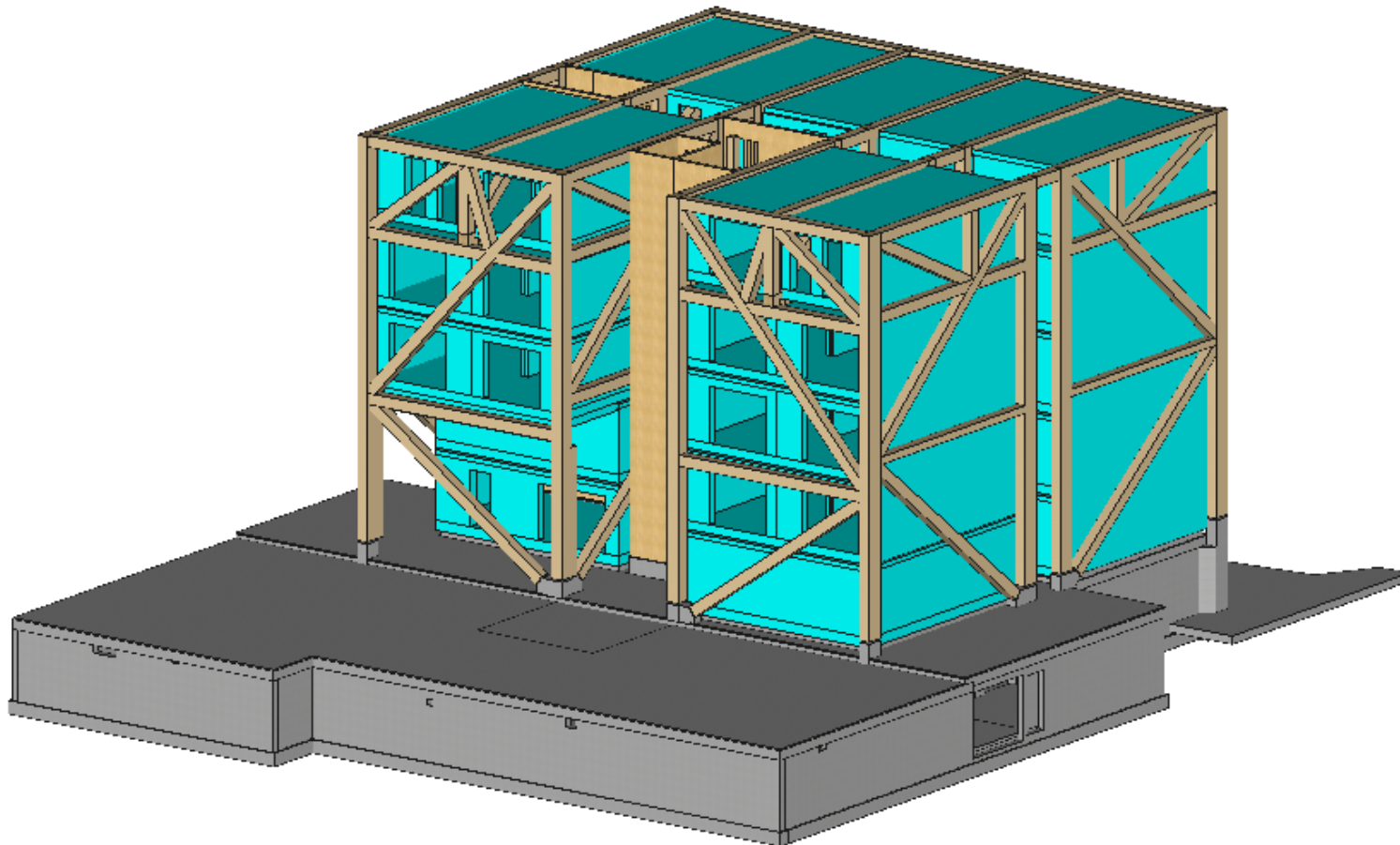
Bygging - steg for steg



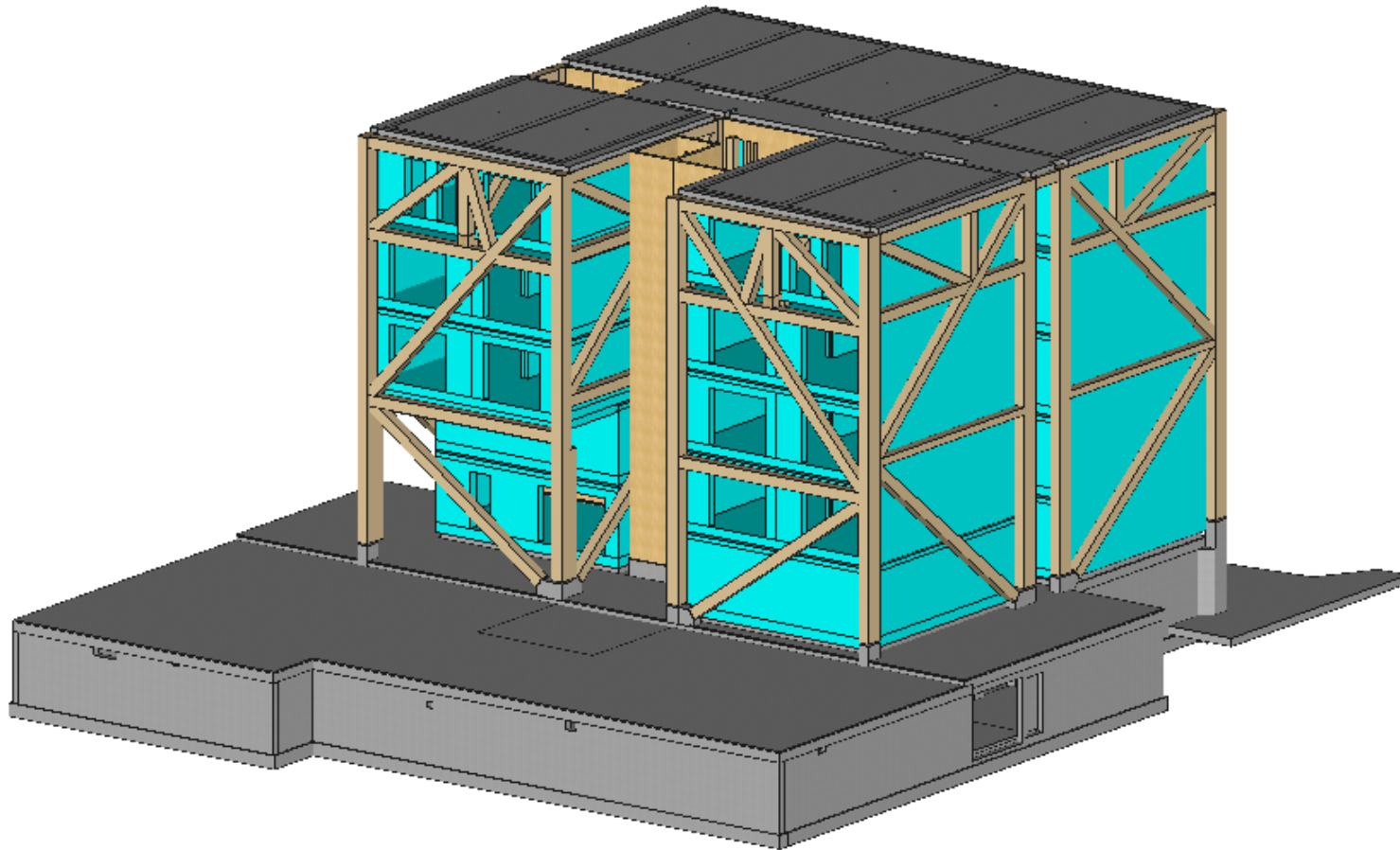
Bygging - steg for steg



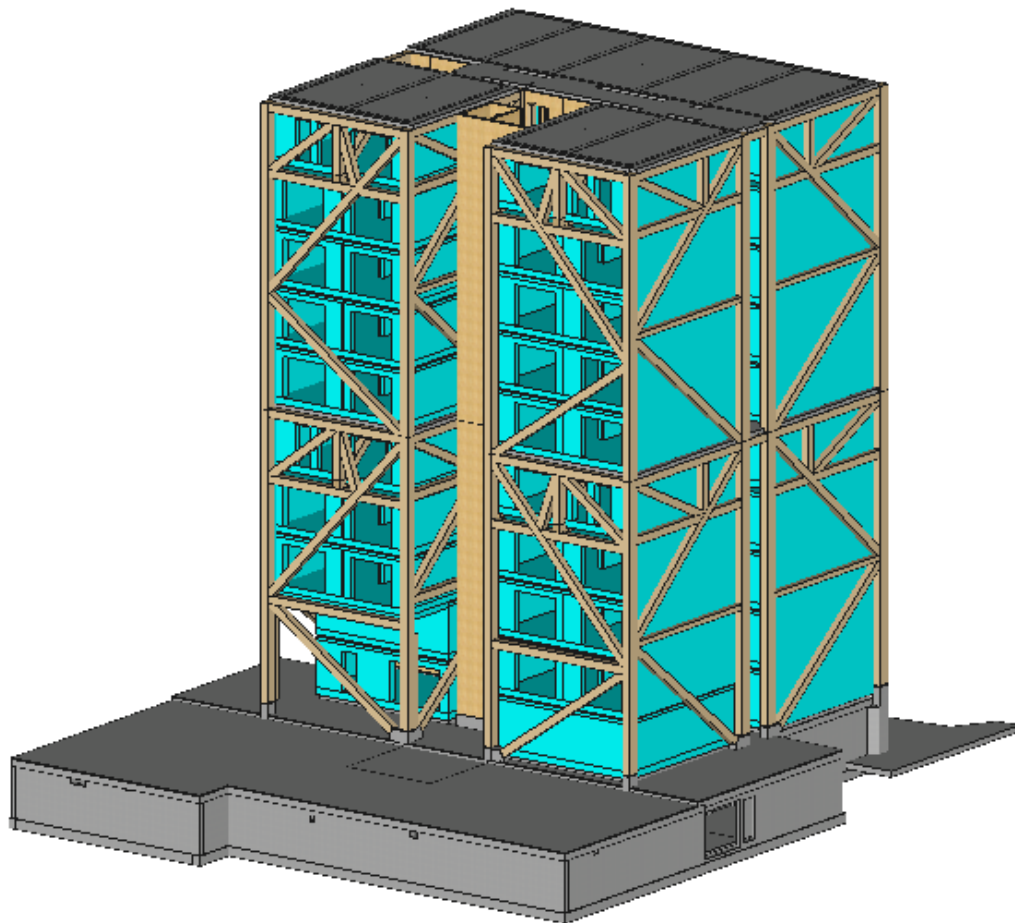
Bygging - steg for steg



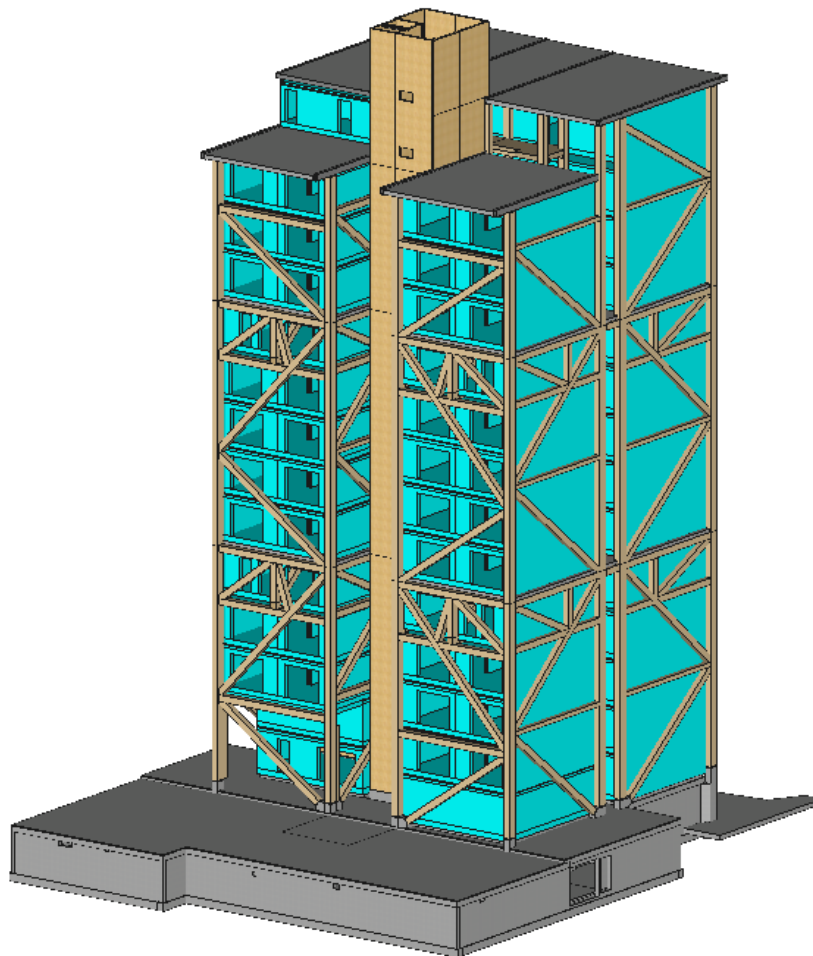
Bygging - steg for steg



Bygging - steg for steg

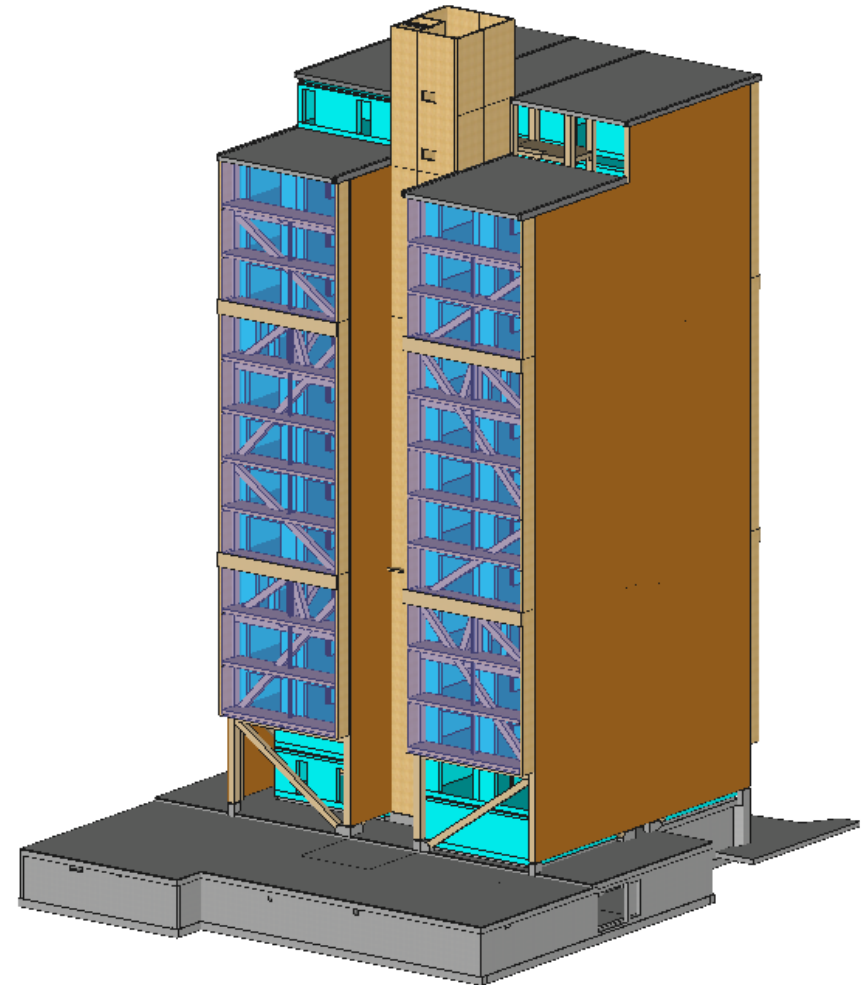
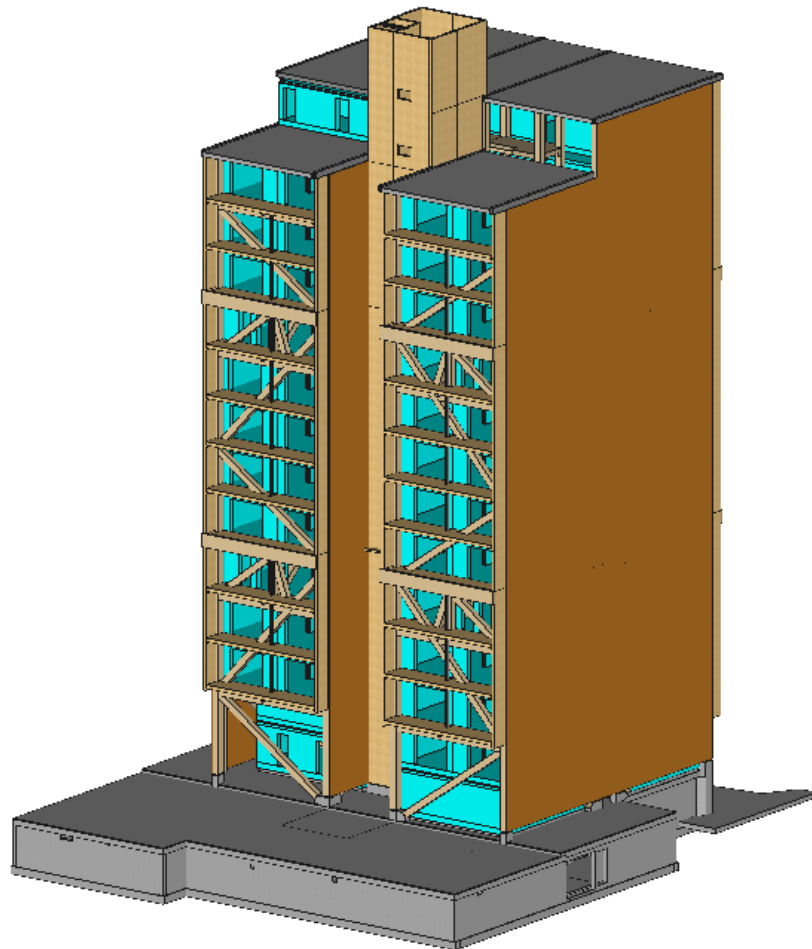


Bygging - steg for steg



GENITORI, QUE REIUNT EXPLABO . UT AS:
VOLLACCAB ESUNT ET BOS QUATENDANDI

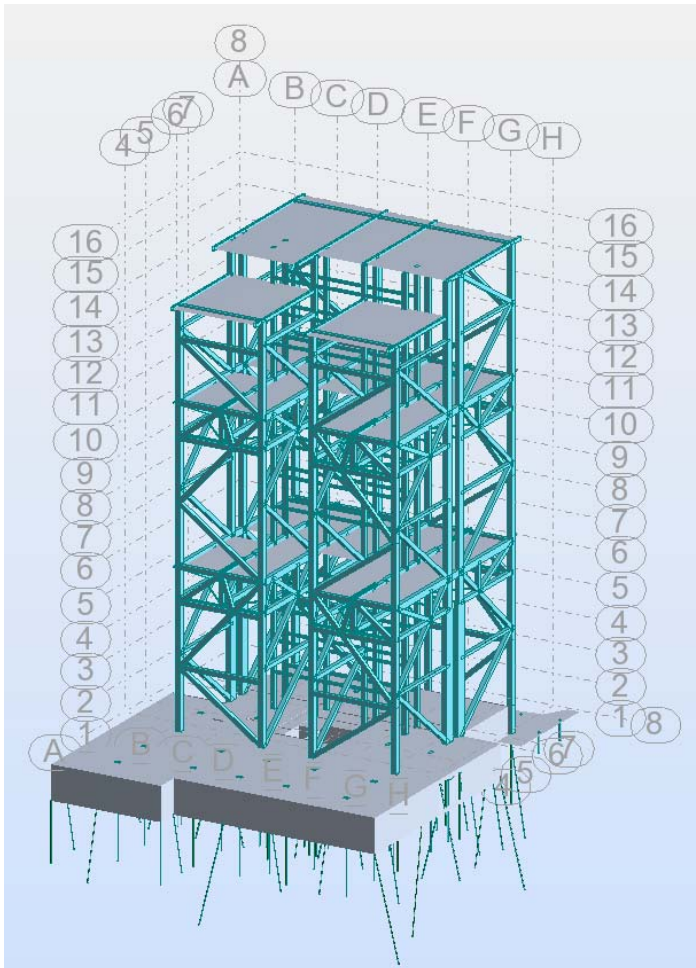
Bygging - steg for steg



Beregningsmodell

Etablert i Robot (Autodesk)

- Horisontallaster:
 - Vind
- Vertikallaster:
 - Egentyngde lin tre, moduler og betong
 - Nyttelaster
- Jordskjælv ikke dimensjonerende.
- Tre tilstander:
 - Bruddgrense
 - Bruksgrense
 - Ulykke (Brann)
- En modifisert versjon av denne modellen er benyttet for de dynamiske vurderingene.



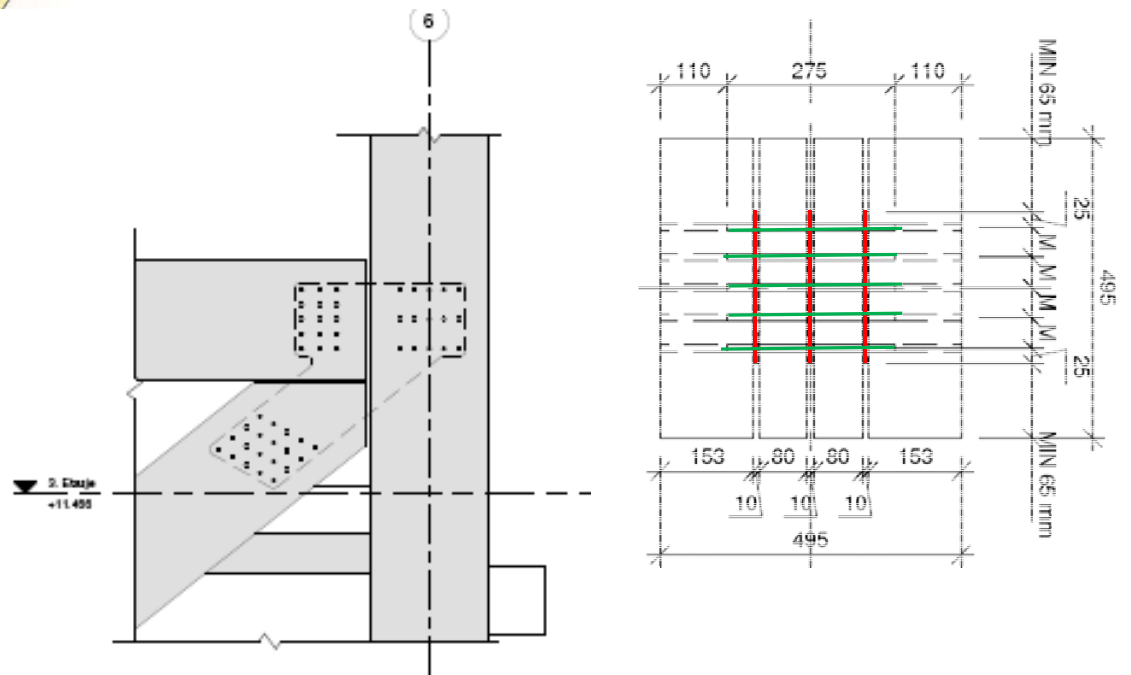
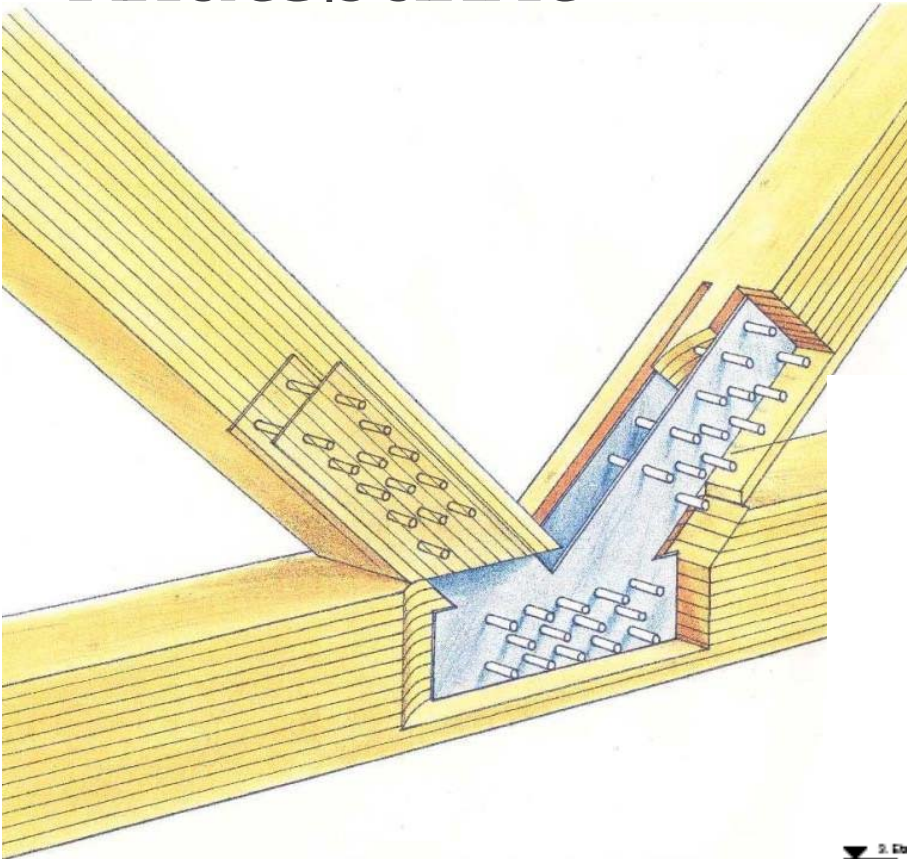
GENIUM, QUE RELIUM EXPLAUM. UT ANCTIS DE
VOLLACAB SUNT ET BOS QUATUNDAND IDELLUCU LLUPTIST

Knutepunkt

Typisk knutepunkt der en diagonal og en horisontal støttesøjle.

Innlåste stålplater med dybeler.

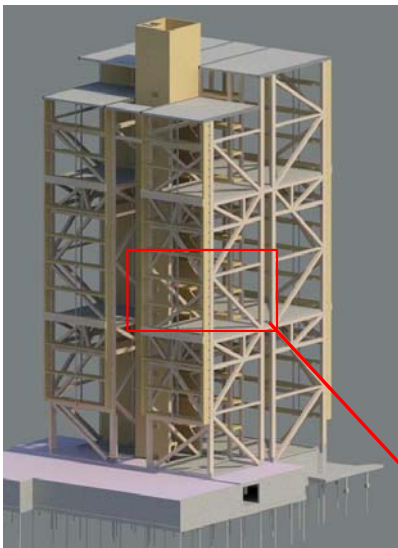
- Alle dybeler $\varnothing 12$
- Alle stålplater $t=8\text{ mm}$



Knutepunkt

Utfordring:

3 D i ensjonale knutepunkt i trestruksjoner



3D knutepunkt i lim tre – krevende og kostbart.

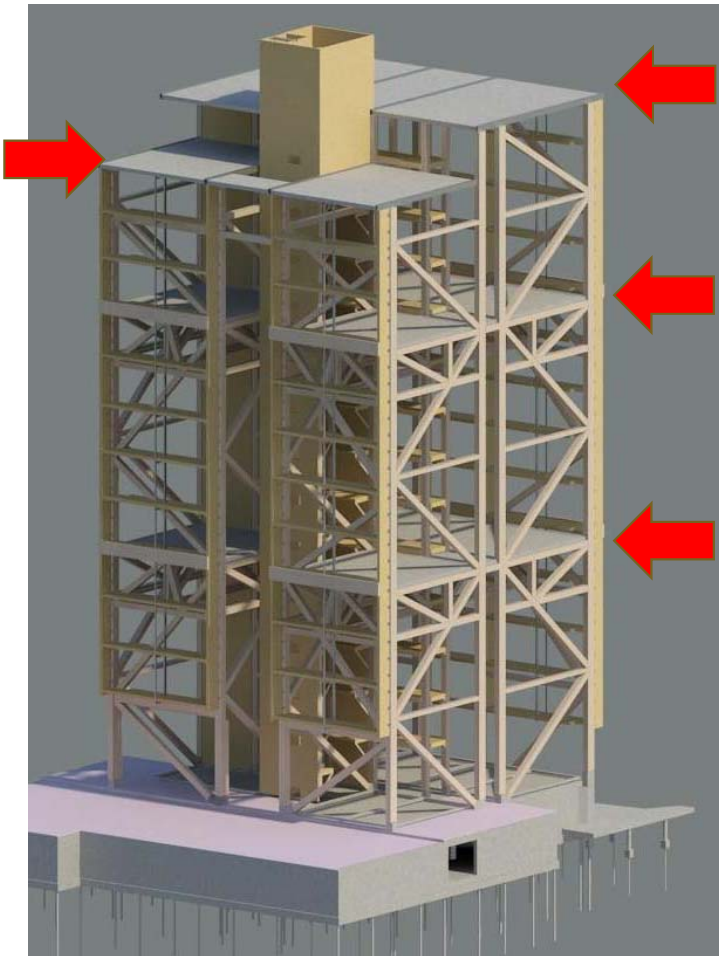


3D knutepunkt i stål –
Ingen problem



Treet – Ingen 3D
Knutepunkt.

Betongdekker



Betongdekken i overkant av 5., 10. og 13./14. etasje har flere funksjoner.

- Etablere nytt «fundament» for modulene
- Avstivende horisontale skiver
- Tilføre masse til bygget som har innvirkning på den dynamiske oppførselen.

Branndimensjonering

- Høyhus i tre er ikke automatisk godkjent i Norge. Norsk regelverk åpner allikevel opp for bruk av tre så lenge brannmotstand dokumenteres.
- Branndimensjonering utført i henhold til Eurokode.
- Tre brenner. Tverrsnitt er valgt så store at de kan brenne i 90 min uten kollaps. Ikke benyttet gips. Moduler dannet mange steder ubrennbare flater.
- Alt stål er gjemt inne i treverk, innenfor forkullingszone. Stål vil ikke påvirkes i brann i løpet av dimensjonerende branntid.
- Sprinklesystem, sjakter i overtrykk og lakkering med brannhemmende lakk på eksponerte flater øker brannmotstand.

Vindinduserte akselerasjoner

- Treet er et relativt høyt bygg med lav konstruksjonsvekt.
- Egenfrekvenser ligger i et område som kan forårsake ubehagelige svingninger og «sjøsyke».
- Det er god kunnskap om stivhets- og masseegenskapene til limt tre og betong. For bygget er det lite dokumentert. På bakgrunn av dette må vi utføre tester.

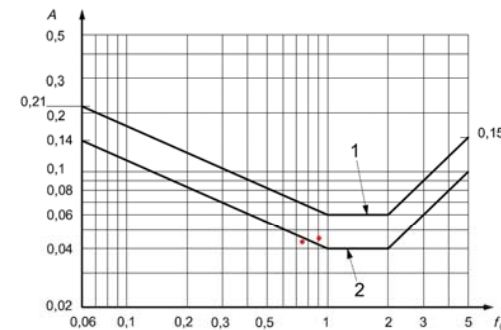


Vindinduserte akselerasjoner

- Evalueringskurver gitt i ISO 10137 benyttet
- Beboere i toppetasjene vil kunne føle svingninger, men det er veldig lite trolig de vil føle det ubehagelig.
- Valgt bærekonstruksjon med hovedbæring i limtrefagverk og bygges med robust design og effektene fra vindinduserte akselerasjoner vil være ubetydelige.

- Masteroppgave utført vår 2016:
 - Noe mer stivhet enn beregnet
 - Akselerasjonene lavere
 - Damping ca 1,6-2,0 %
 - UTFØRTE BEREGNINGER TIL KONSERVATIV SIDE... ..
- IKKE GLEM DYNAMIKK I FORPROSJEKT

ISO 10137:2007(E)



Key

A peak acceleration, m/s^2

f_0 first natural frequency in a structural direction of a building and in torsion, Hz

1 offices

2 residences

Figure D.1 — Evaluation curves for wind-induced vibrations in buildings in a horizontal (x, y) direction for a one-year return period

Bilder fra byggeplass



VOLLACAB ISUNT ET BOS QUATANDAND IDELLECU LLUPTIET



Bilder fra byggeplass



GENDATUR, QUE RELUNT EXPLABO . UT AS NCTIS DE
VOLLACCAB ESUNT ET BOS QUATANDAND IDELLICU LLUPTIST

Bilder fra byggeplass



Bilder fra byggeplass



Bilder fra byggeplass



GENDATUR, QUE RELUNT EXPLABO . UT AS INCTIS DE
VOLLACAB ESUNT ET BOS QUATFANDAND IDELLICU LLUPTIST

Bilder fra byggeplass



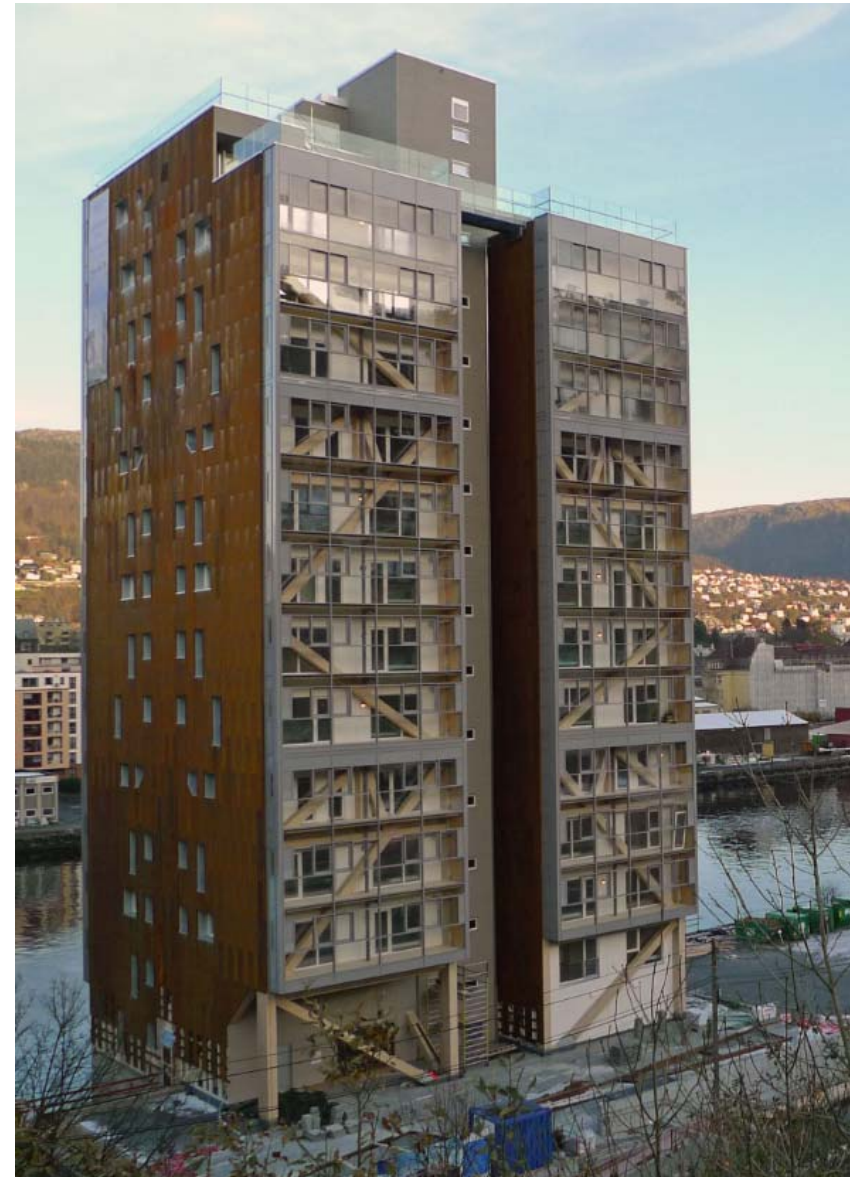
Bilder fra byggeplass



Bilder fra byggeplass



GENE D'ATUR, QUE REIUNT EXPLABO . UT AS IN CTIS DE
VOLLACCAB ESUNT ET BOS QUATFANDAND IDELLUCU LLUPTIET



Norsenga bru

- Konsvinger, Hedem ark
- Eks bru 1960
- Lav lastkap
- Problem tømmertransport
- Ingen fotgjengertrase
- Krysser to jernbanespor, Solørbanen og Grensebanen
- Liten frihøyde overspor
- Ny bru som en del av E16 oppgradering, inkl. felt

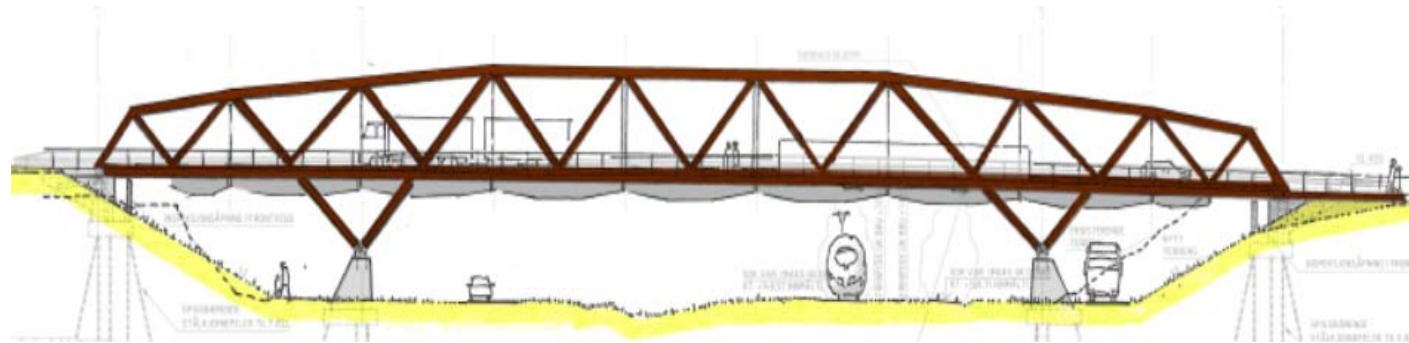


Norsenga bru

Kun en bru-løsning etter forprosjekt.

Forprosjekt utført av SVV, Plan Arkitekter og Sweco.

Fagverksbru i lim tre ble valgt som den foretrukne løsningen.



Andre alt. vurdert, fagverksbru valgt pga:

- Lav vekt, mulighet for store komponenter som kan løftes på plass, reduserer peiling nær spor
- Rask montering, prefabrikasjon
- Estetisk kvalitet, nabo er Norges største tømmerterminal
- Slank dekkekonstruksjon i tre med tverrbærene orientert 45 gr på brua

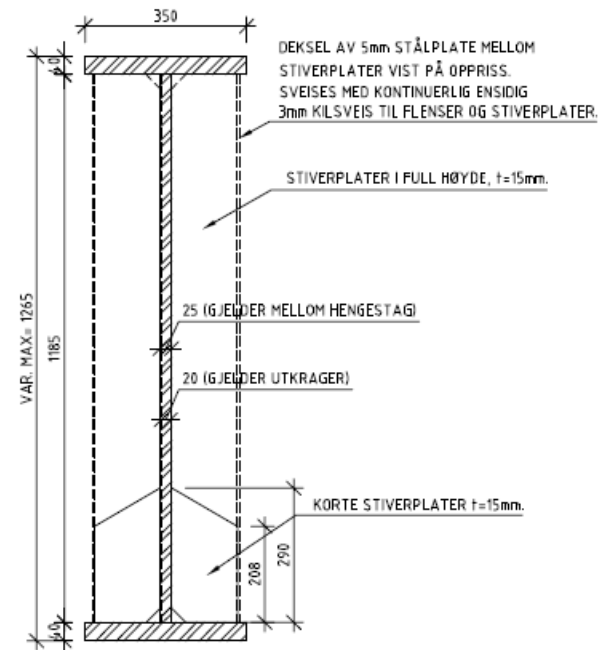
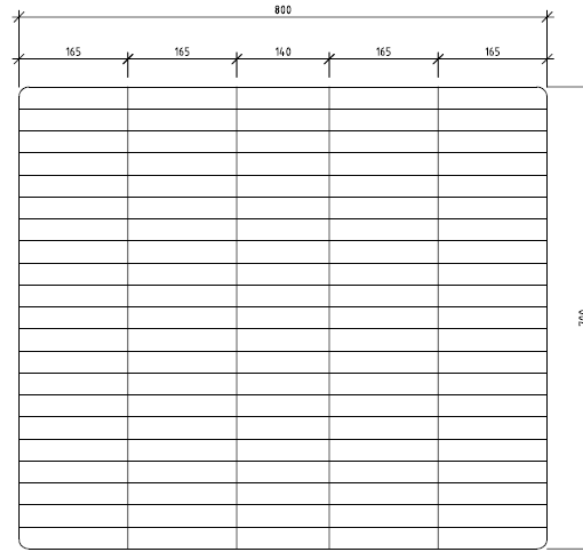
Fakta

- Total lengde 94,5 m , spenn 21,0 m + 54,3 m + 19,2 m
- gs-felt på utside av fagverk
- To felt for trafikk, 8,5 m , og 3,5 m gs-felt



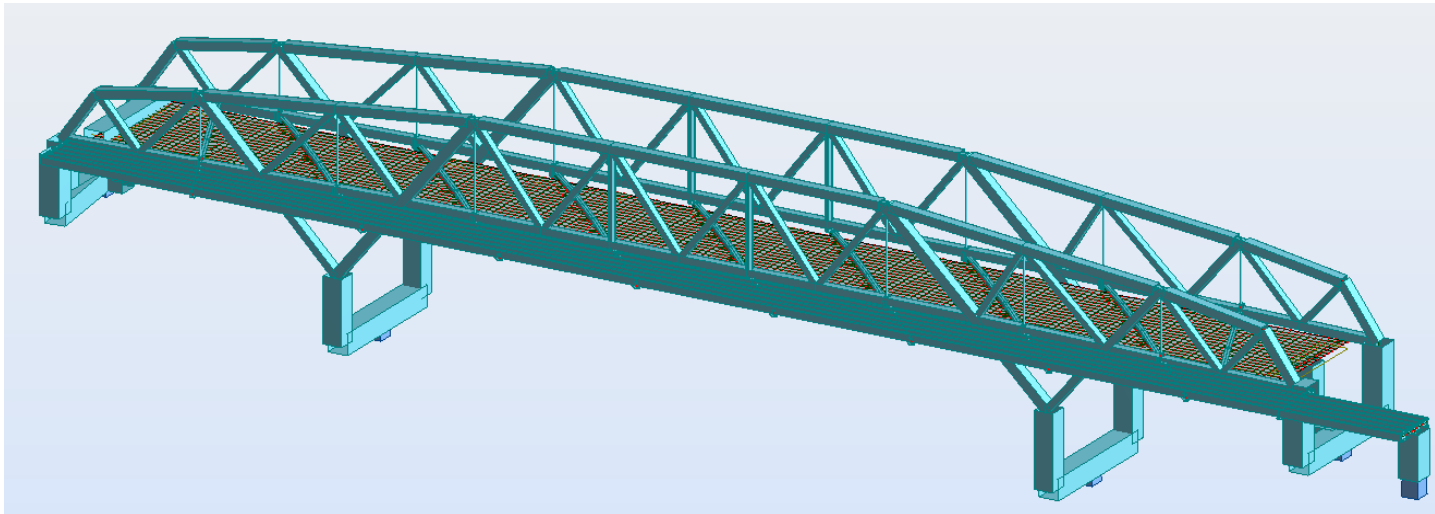
Fakta

- Fulltrafikklast EC
- Overgurt 800x600 m m
- Undergurt 600x533 m m
- Hoveddiagonaler 800x700 m m
- Diagonaler 560x400 m m
- Fagverkshøyde 6,5 m
- Avstand mellom tvbjelker 10,5 m
- Tvenspent lim tredekke 466 m m
- ÅDT 9000

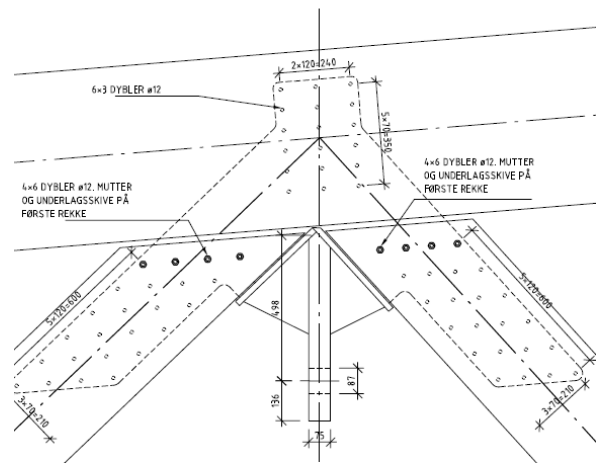
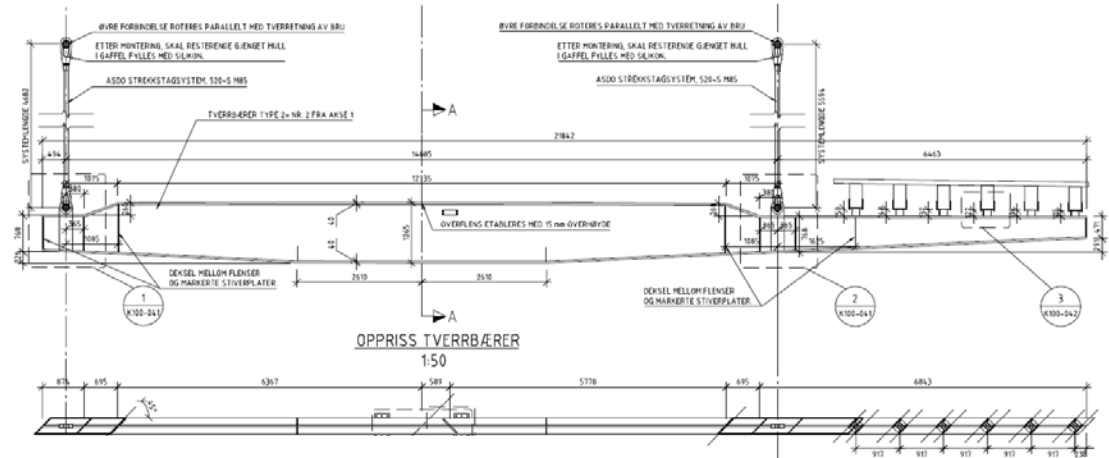
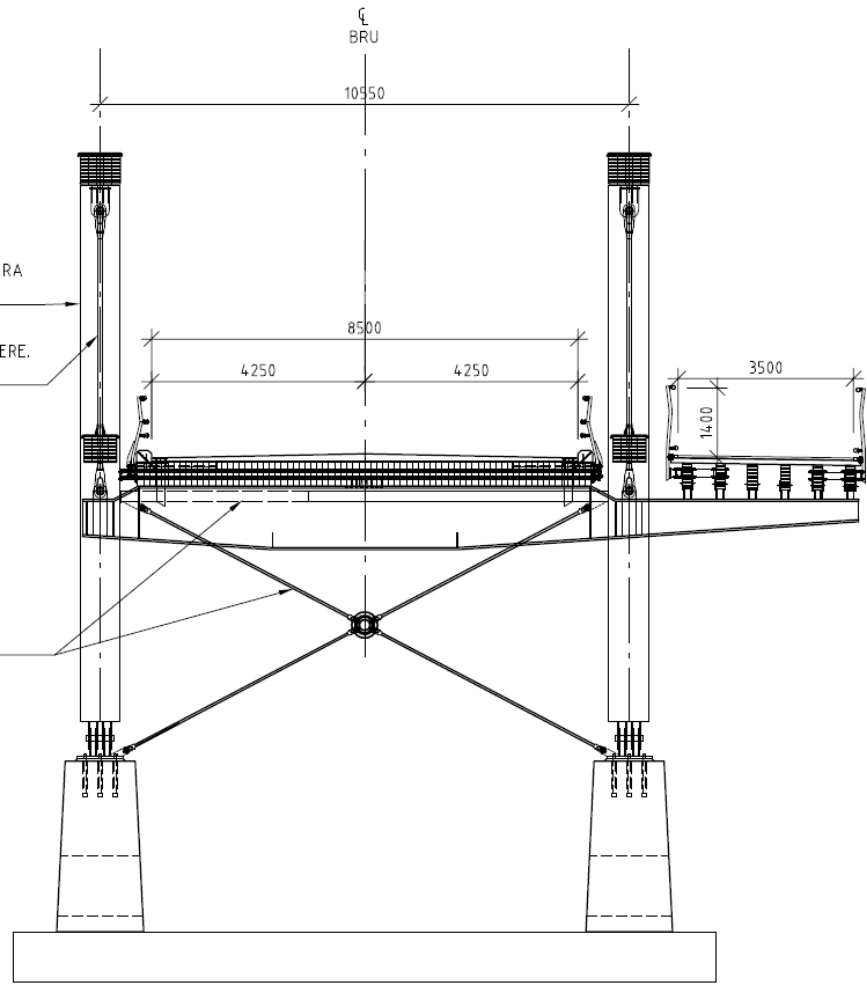


Beregninger

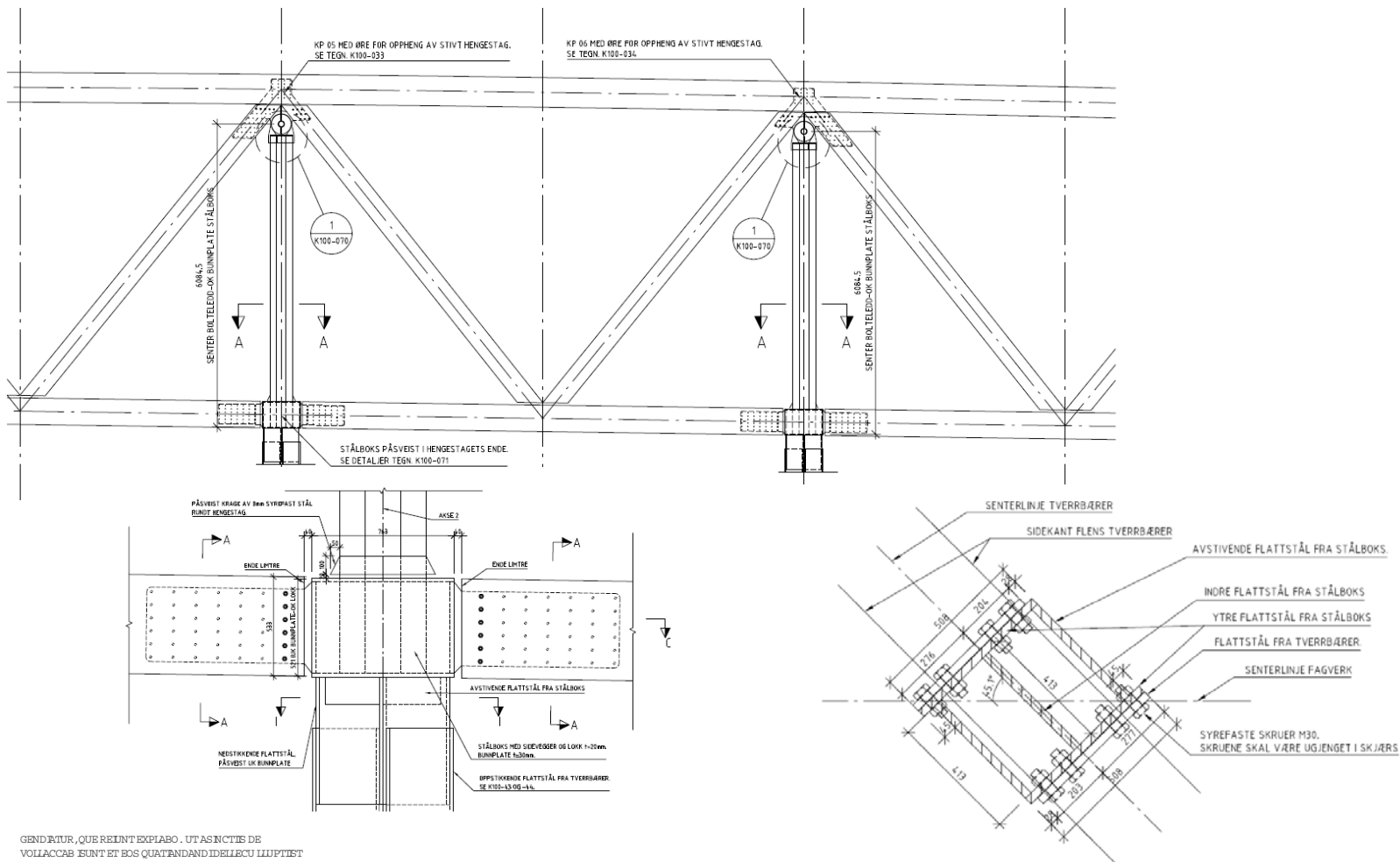
- Robotanalyser, excel og manuelle betragtninger
- Globalstabilitet
- Statisk ubestemt fagværk
- Virkemåte



Tverrbjeler

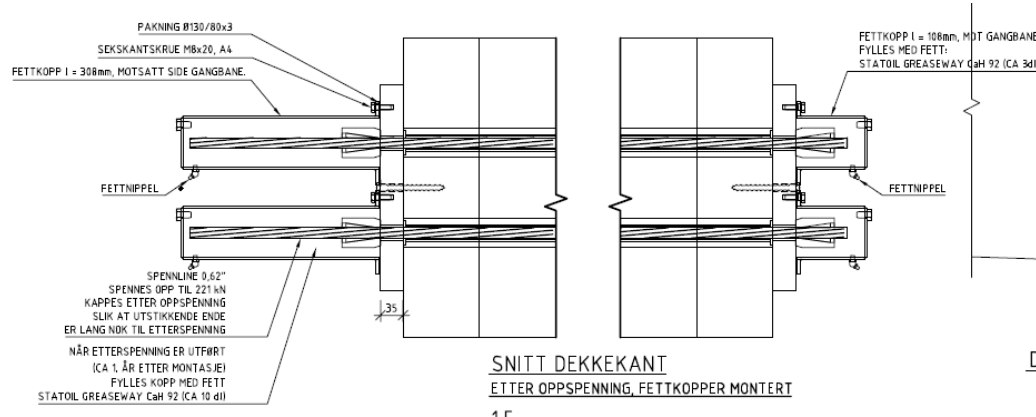
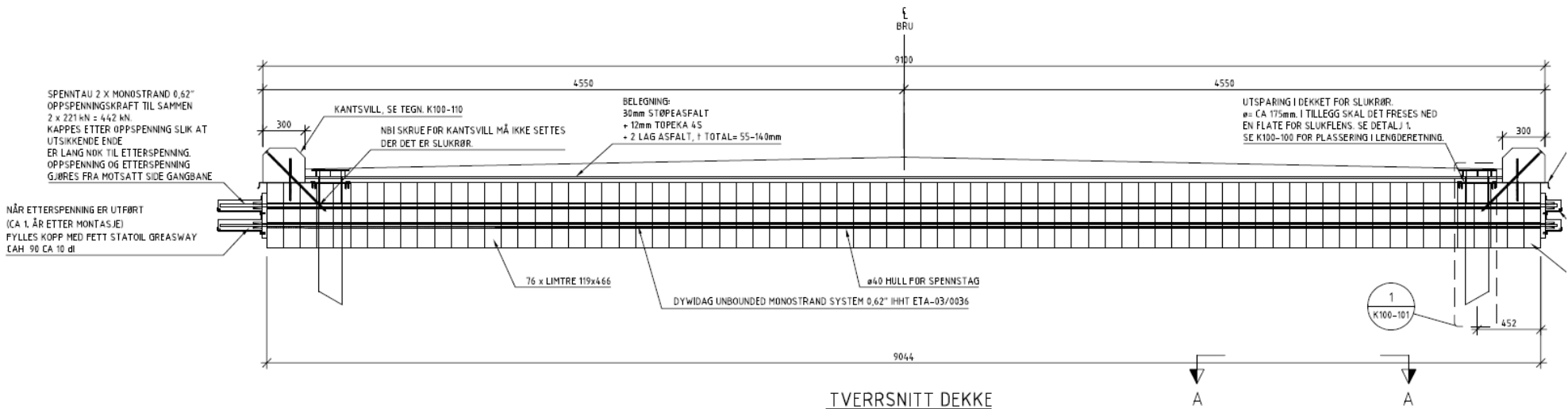


Stive rammer, midtfelt



GENDÅTUR, QUE RELUNT EXPLABO . UT AS NCTIS DE VOLLACCAB ISUNT ET BOS QUATANDAND IDELLUCU LLUPTIST

Stive rammer, midtfelt

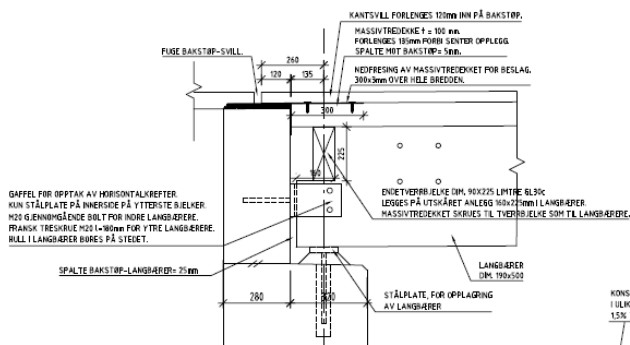
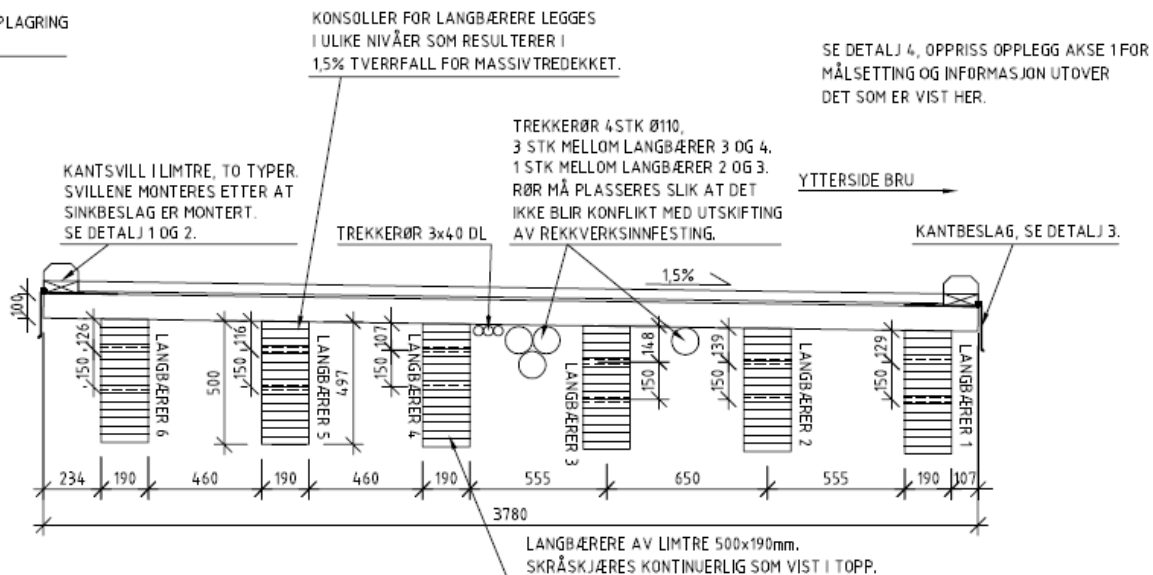


Wire + fett =
korrosjonsmotstand

GENDIATUR, QUE REUNTE EXPLABO . UT AS INCTIS DE
VOLLACCAB SUNT ET BOS QUATRANDAND IDELLERCU LLUPTIST

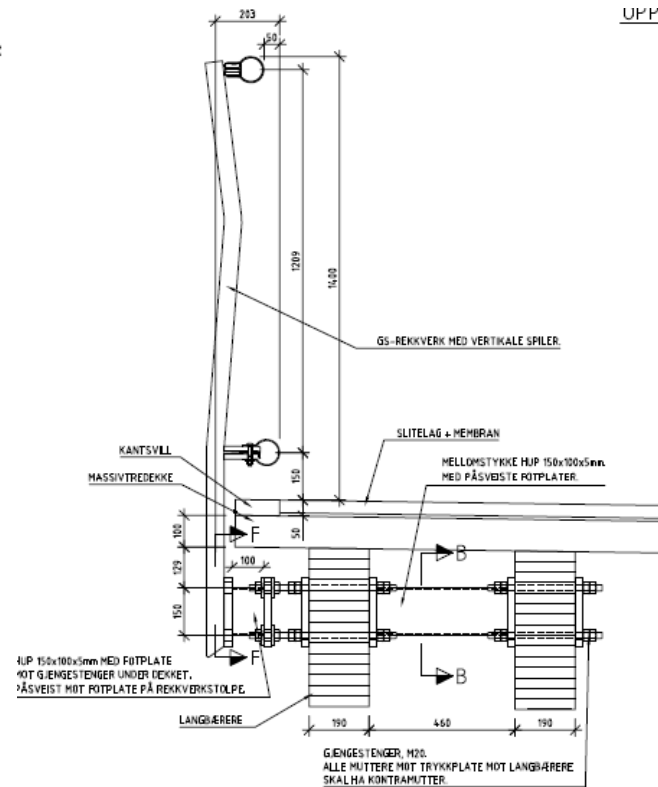
Massivtre gs-felt

PPLAGRING

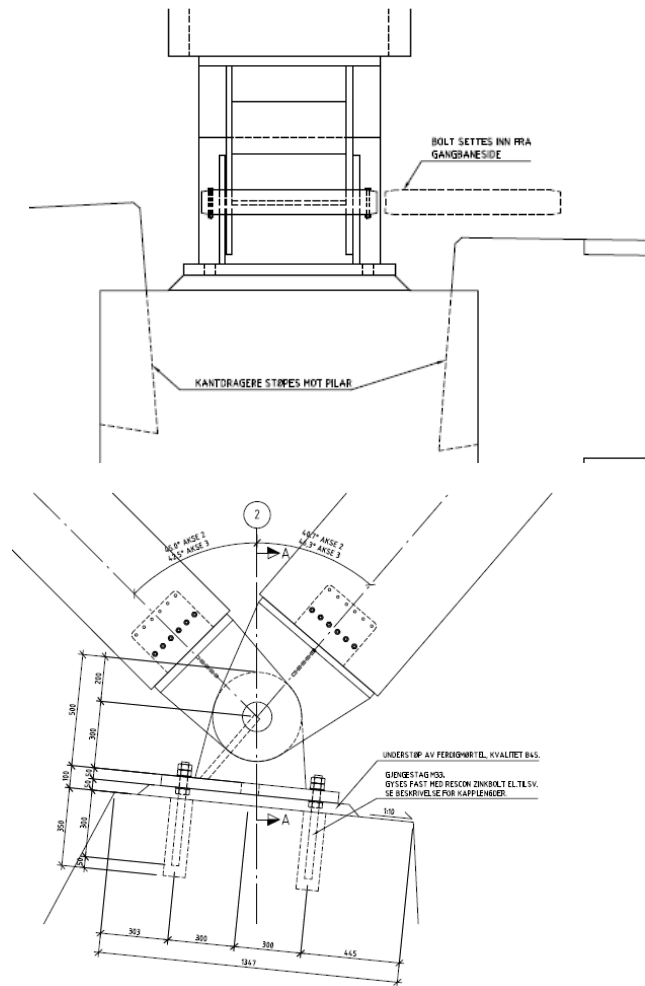
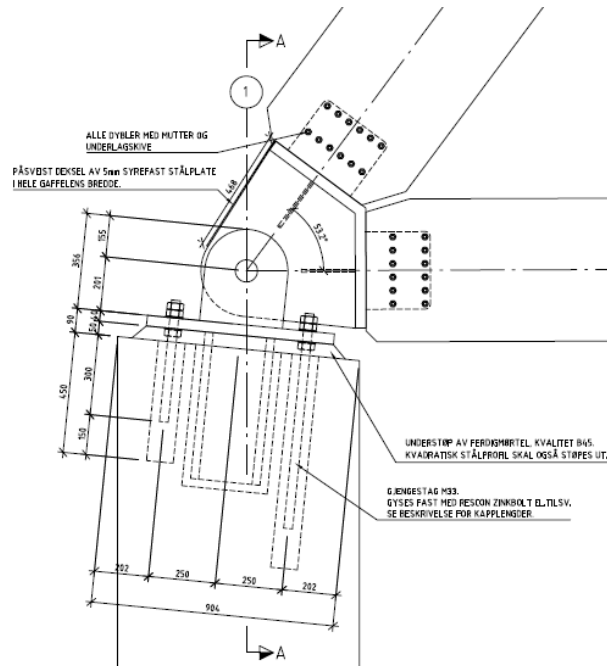


GENDATUR, QUE REINT EXPLABO . UT AS NCTIS DE VOLACCAB SUNT ET BOS QUATFANDAND IDELCU LLUPTIST

UPPKI

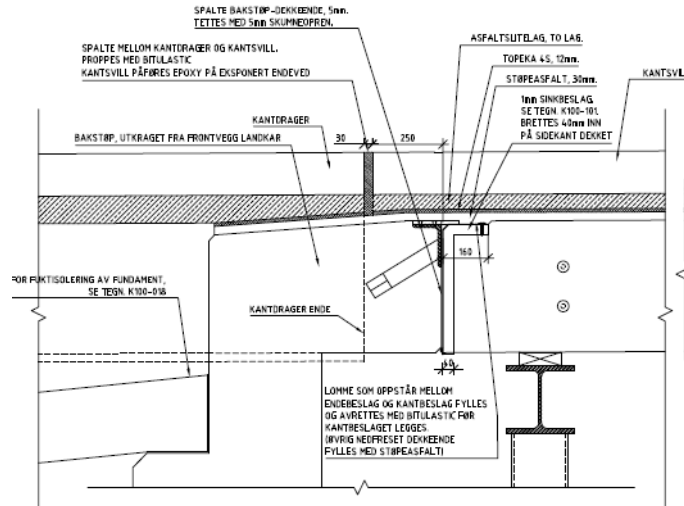


Fagverk, opplager

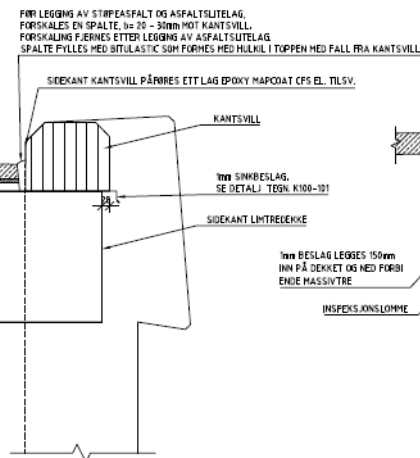


GENDIATUR, QUE REIUNT EXPLABO . UT AS NCTIS DE
VOLLACCAB ESUNT ET BOS QUATFANDAND IDELLUCU LLUPTIST

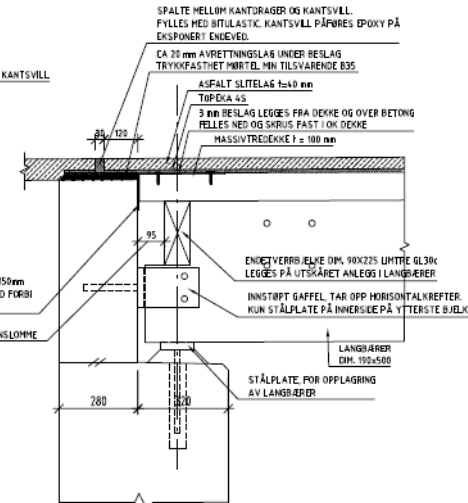
Belegning, fuktisolering, sluk



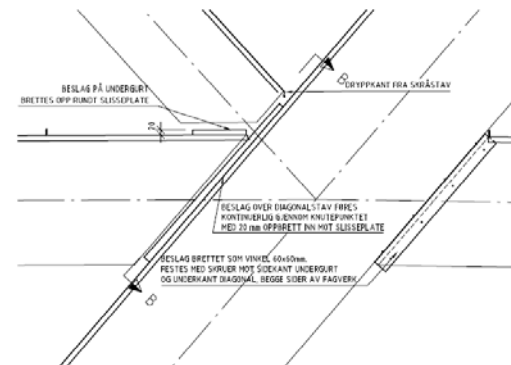
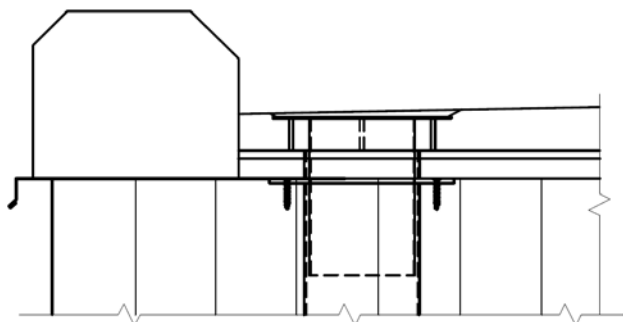
SNITT B-B
1:10



SNITT A-A
1:10

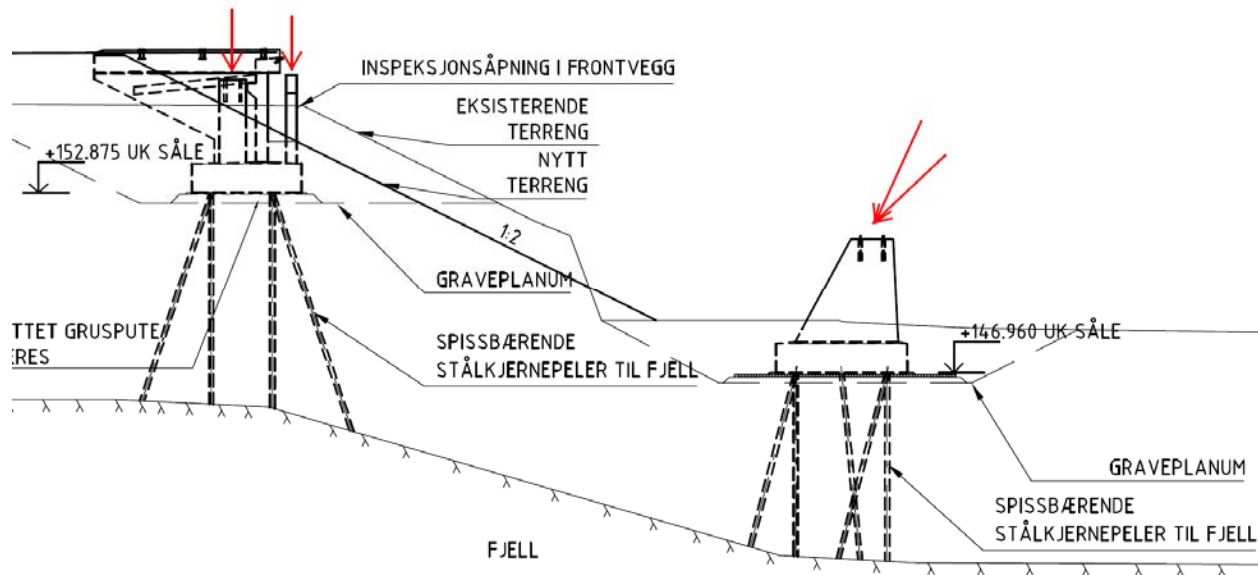


SNITT D-D
1:10



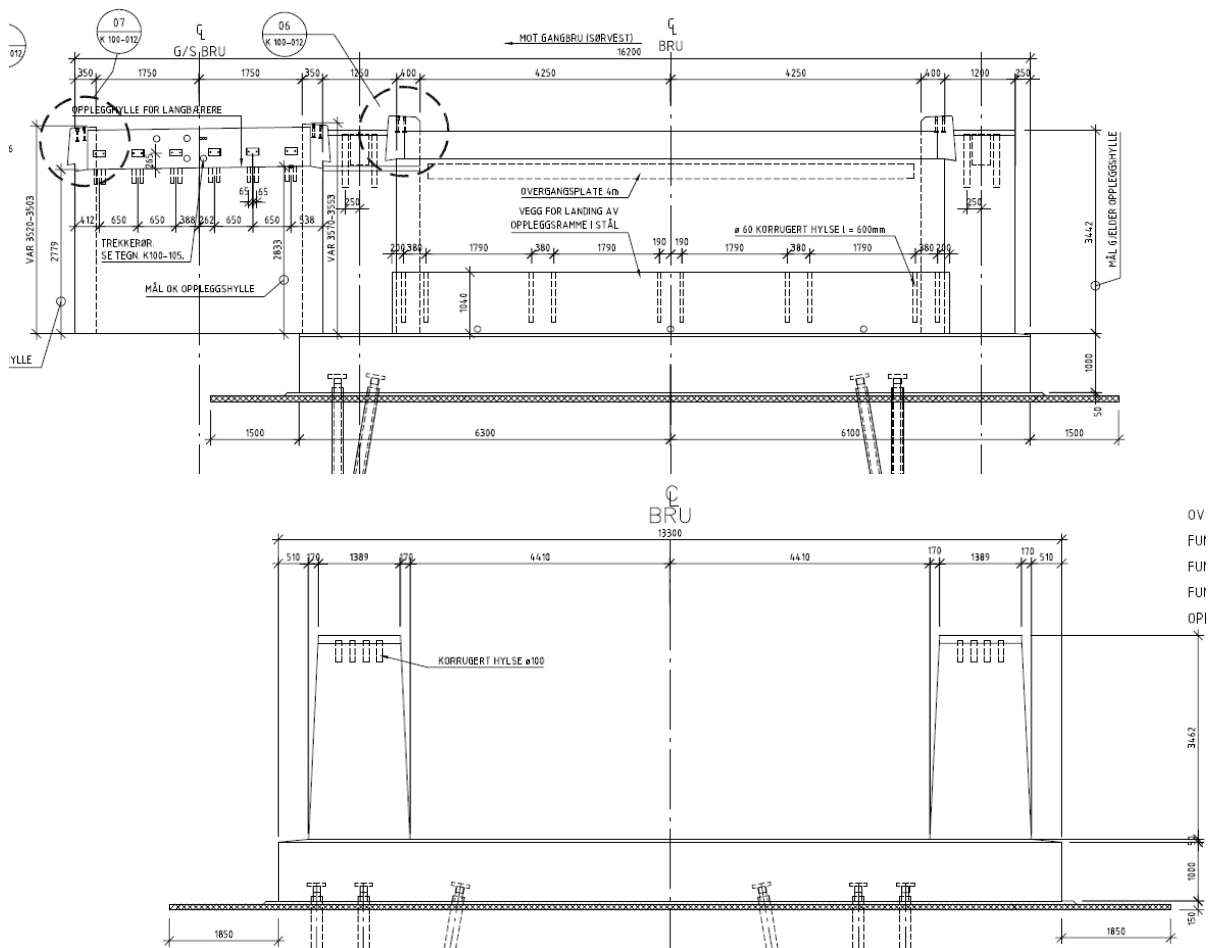
Fundamentering

- Stålkjernepeler
- Ca 8 m til fjell
- Kun trykkpeler



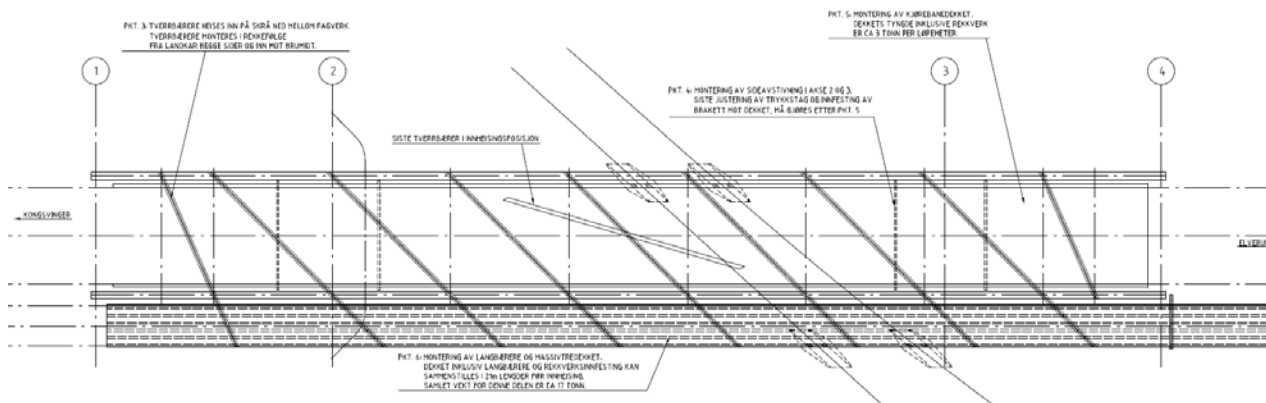
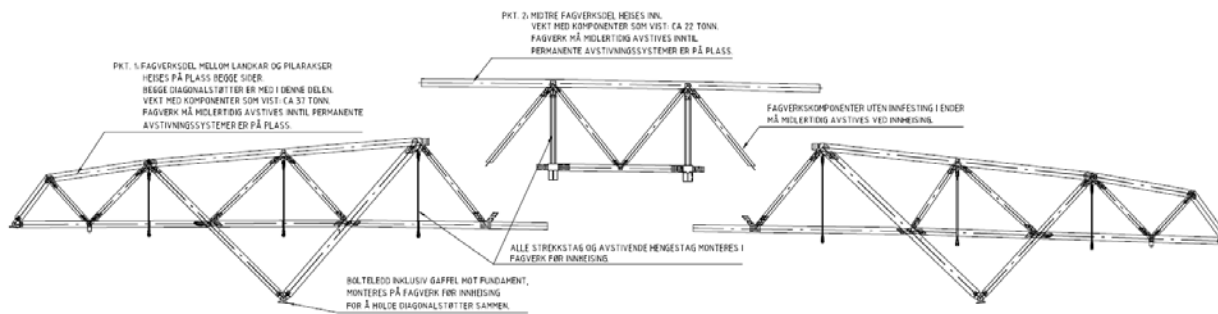
Fundamentering

- Statisk ubestemt fagverk
=> Max/M in stivheter
- Benyttet for å betrakte
«yttergrenser» for krefter



Bygges nå

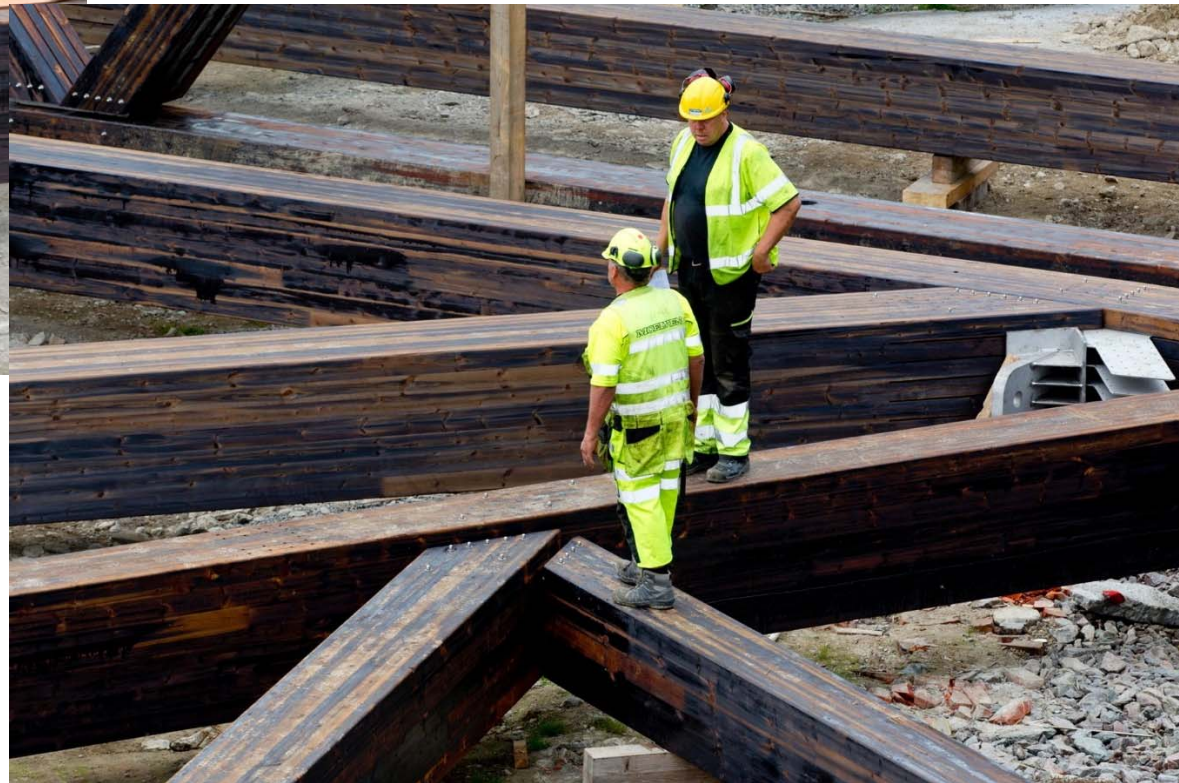
- PEAB hovedentreprenør
- Moe Iven Lim tre, leverandørbruooverbygning



Bilder fra byggeplass



Bilder fra byggeplass



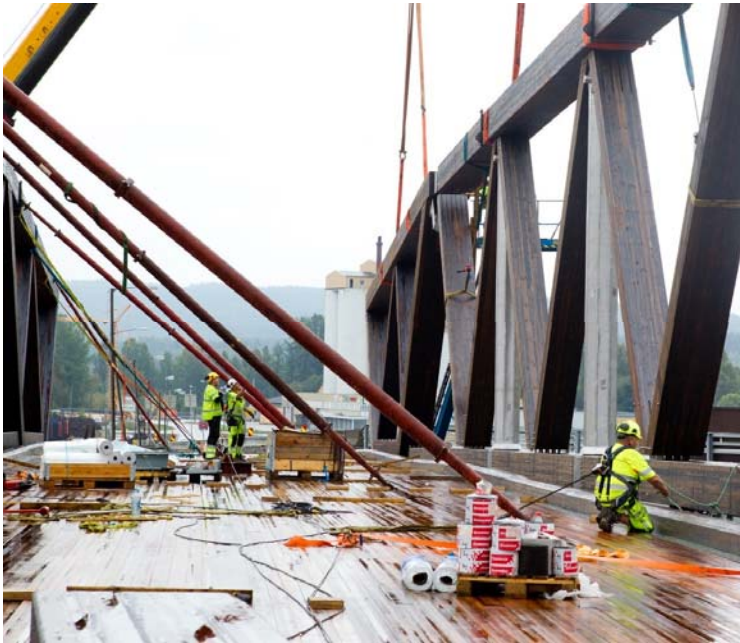
GENE D'ATUR, QUE RELUNT EXPLABO . UT AS N CTIS DE
VOLLACCAB ESUNT ET BOS QUATFANDAND IDELLICU LLUPTIST

Bilder fra byggeplass



GEN DATUR, QUE RELUNT EXPLABO . UT AS IN CTIS DE
VOLLACCAB ISUNT ET BOS QUATFANDAND IDELLUCU LLUPTIST

Bilder fra byggeplass



GENÉRATUR, QUE RELUNT EXPLABO . UT AS NCTIS DE
VOLLACCAB ESUNT ET BOS QUATFANDAND IDELLUCU LLUPTIET

Bilder fra byggeplass



TAKK FOR MEG!
LENGE LEVE
TREKONSTRUKSJONER