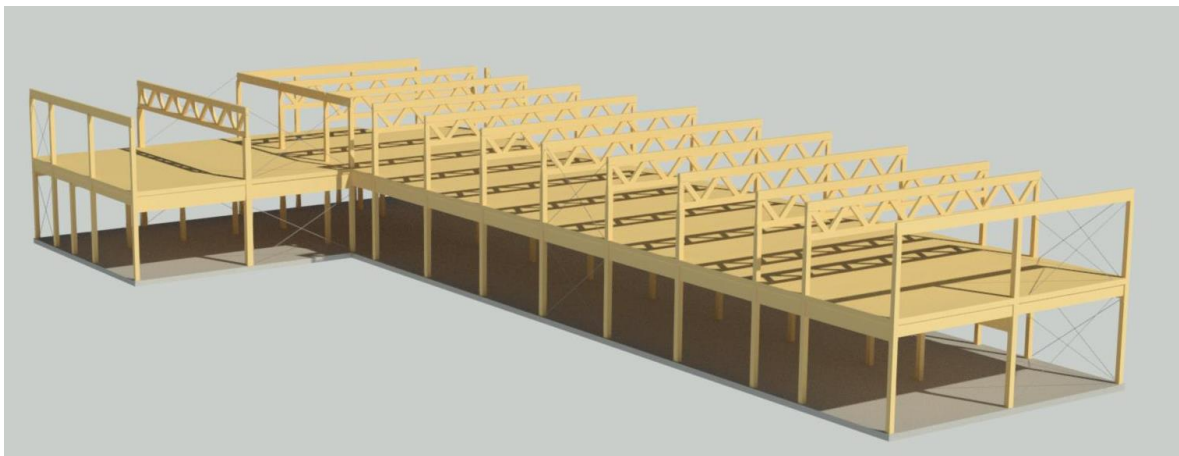


# LIMTREKONSTRUKSJONENS UTFORDRINGER

Bacheloroppgave i ingeniørfag- bygg

Veileder: Arne Ilseng

Mai 2022



*Skrevet av:*

*Martin Leth og Jonathan Fjeldstad*



**NTNU**

Kunnskap for en bedre verden

Oppgavens tittel:	Dato: 19.05.2022		
Limtrekonstruksjonens utfordringer	Masteroppgave		Bacheloroppgave
			X
Navn:			
Martin Leth og Jonathan Fjeldstad			
Veileder:			
Arne Ilseng			
Ekstern Veileder:			
Roger Johannessen, Pro-Consult Innlandet AS			

### Sammendrag

Ifølge statistisk sentralbyrå så ble det bygget 93 kontor og forretningsbygg de siste 4 årene i Norge (Statistisk sentralbyrå, 2022). Basert på antakelser og erfaring mener vår veileder i Pro-Consult at det beste er å bygge slike bygg i stål. Dette på grunn av store spennvidder og en mer økonomisk lønnsomhet. Vi har i denne rapporten utfordret nettopp disse antakelsene og tatt for oss et allerede prosjektert næringsbygg i stål som vi skal prosjektere med limtre som hovedbæresystem. Oppgavens kjerne skal i all hovedsak se på konsekvenser dette medfører, men vil også legge en økonomisk og miljømessig vurdering til grunn for valg av bæresystem.

Dimensjoneringen vil i all hovedsak basere seg på programvaren FEM-design, men legger også andre programmer som Ove Sletten Lastberegninger, Fokus-konstruksjon og Revit som bakgrunn for resultatet.

I resultatene finner vi ut at et bæresystem i limtre må ha en bærelinje midt i bygget. Dette tilfredsstillende ikke bruker sitt behov og blir den mest betydelige konsekvensen.

Grunnet behovet for massivtreelementer som etasjeskiller vil også prisen være nesten det dobbelte av hva stålkonstruksjonen med hulldekker koster.

Når det kommer til de miljøvennlige egenskapene til materialene finner vi ut at limtre vil med god margin være den store vinneren.

Sett på disse faktorene sammen må vi konkludere med at det i dette prosjektet vil være best å bygge næringsbygget i stål. Vi finner også ut at vi ikke kan opprettholde byggets form og utseende med bruk av et bæresystem i limtre.

# Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet ved institutt for vareproduksjon og byggteknikk ved Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet, NTNU i Gjøvik. Oppgaven er en del av det avsluttende arbeidet på en treårig utdanning med fordypning i konstruksjonsteknikk. Oppgaven vil gi 20 studiepoeng og utarbeides i samarbeid med Pro-Consult Innlandet AS. Oppgaven skal belyse fordeler og ulemper som oppstår ved å bytte ut et hovedbæresystem i stål med et hovedbæresystem i limtre. Det vil også bli gjort miljømessige og økonomiske vurderinger av bæresystemene.

I samarbeid med Pro-Consult har vi for vår oppgave tatt utgangspunkt i et av deres tidligere prosjekter. Vi har valgt denne oppgaven som omhandler prosjektering og konstruksjonsanalyse, da dette utfordrer store deler av grunnlaget for vår utdanning.

Vi vil takke vår veileder Arne Ilseng ved NTNU som med sin kompetanse har vært til stor hjelp i arbeidet og spesielt med utformingen av denne oppgaven. Dette har vært helt avgjørende for at helheten og oppgavens kjerne skal komme klart frem. Vi må også rette en stor takk til våre eksterne veiledere i Pro-Consult Innlandet AS, Roger Johannessen, Eirik Olastuen og Lars Ole Hortemo. De har med sin faglige kompetanse, engasjement og erfaring brukt av sin tid slik at oppgaven vår har et godt faglig innhold.



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Martin Leth', written over a thin horizontal line.

Martin Leth



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jonathan Fjeldstad', written over a thin horizontal line.

Jonathan Fjeldstad

# Abstract

"Statistisk Sentralbyrås" report says that there have been 93 office and commercial buildings built in Norway in the last 4 years. (Statistisk sentralbyrå, 2022)Based on theories and past experiences by our supervisor in pro-consult, he believes that such buildings should be built in steel. This is because of larger spans and is more economically friendly. In this report, we wanted to challenge these theories and therefore we decided on a steel building that is already projected, which we will design with wood beams as the main support system. The core of this report will mainly look at the consequences that this entails, but we will also be doing an economic and environmental analysis which will help prove why we made this choice for a support system.

The dimensioning will be based mostly on the FEM design software, but will also use other programs such as "Ove Sletten", "Fokus konstruksjon" and "Revit".

In the results, we found that if you're using wood beams as your support system then you must also have a support beam in the middle of the building. This does not satisfy the user's needs and will be the most significant consequence.

Due to the need to use "solid wood elements" as the floor separator, the price will also be almost double that of using steel construction with concrete slabs as the floor separator.

When we looked at the environmental effect of the materials, we find that wood beams will be the better choice with a good margin.

When we look at these factors together, we have concluded that this project would be best to be built in steel. We also came to the realization that the load-bearing in wood cannot support the building's shape and appearance.

# Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b> .....	<b>iii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>iv</b>
<b>Figurliste</b> .....	<b>vii</b>
<b>Tabelliste</b> .....	<b>ix</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Problemstilling</b> .....	<b>2</b>
<b>3 Forutsetninger og strategi</b> .....	<b>3</b>
3.1 <i>Forutsetninger</i> .....	3
3.2 <i>Strategi</i> .....	4
3.3 <i>Tegningsgrunnlag</i> .....	4
3.4 <i>Programvarer</i> .....	6
<b>4 Teori</b> .....	<b>8</b>
4.1 <i>Limtre</i> .....	8
4.2 <i>Stål</i> .....	12
4.3 <i>Prefabrikkerte løsninger</i> .....	15
4.3.1 <i>Generelt</i> .....	15
4.3.2 <i>Etasjeskiller i massiv tre elementer</i> .....	15
4.3.3 <i>Hulldekker</i> .....	16
4.4 <i>Miljø</i> .....	17
<b>5 Metode</b> .....	<b>18</b>
5.1 <i>Laster</i> .....	18
5.1.1 <i>Egenlast</i> .....	18
5.1.2 <i>Nyttelast</i> .....	20
5.1.3 <i>Snølast</i> .....	21
5.1.4 <i>Vindlaster</i> .....	21
5.2 <i>Lastkombinasjoner</i> .....	25
5.2.1 <i>Bruddgrensetilstand</i> .....	25
5.2.2 <i>Bruksgrensetilstand</i> .....	26
5.2.3 <i>Ulykkestilstand (Branndimensjonering)</i> .....	28
5.3 <i>Brann</i> .....	31
5.4 <i>Limtre</i> .....	32
5.4.1 <i>Bjelker</i> .....	32
5.4.2 <i>Søyler</i> .....	35
5.4.3 <i>Fagverk</i> .....	37
5.4.4 <i>Takbjelke</i> .....	42
5.5 <i>Etasjeskiller i massivtre elementer</i> .....	43
5.6 <i>Horisontalavstivning</i> .....	44
5.7 <i>Miljø</i> .....	45

5.8	Økonomi.....	46
<b>6</b>	<b>Resultat.....</b>	<b>48</b>
6.1	Limtre.....	48
6.2	Etasjeskiller i massivtre.....	50
6.3	Etasjeskiller med hulldekker.....	50
6.4	Horisontalavstivning.....	51
6.5	Stål.....	52
6.6	Miljø.....	53
6.7	Økonomi.....	55
<b>7</b>	<b>Diskusjon.....</b>	<b>56</b>
7.1	Dimensjonering.....	56
7.2	Miljø.....	61
7.3	Økonomi.....	61
<b>8</b>	<b>Konklusjon.....</b>	<b>62</b>
<b>9</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>64</b>
<b>10</b>	<b>Vedlegg.....</b>	<b>66</b>

# Figurliste

Figur 1 - Fasade sør og øst (Bilde fra arkitekt tegninger).....	1
Figur 2 - Plantegning 1.etasje fra arkitekttegning.....	4
Figur 3 - Plantegning 2.etasje fra arkitekttegning.....	5
Figur 4 - 3D-modell av skallet – gitt fra Pro-Consult .....	5
Figur 5 - OVS lastberegninger, (focus software, 2022) .....	6
Figur 6 - FEM-design (Strusoft AB, 2022) .....	6
Figur 7 – Solibri (Solidbri inc., 2022).....	6
Figur 8 - Revit (Roi4cio, 2022) .....	7
Figur 9 - Focus konstruksjon.....	7
Figur 10 - Excel (Symson, 2022).....	7
Figur 11 - Oppbygning av kombinert limtre (K. Bell, 2015, p. 7).....	8
Figur 12 - limtreproduksjonens livssyklus (K. Bell, 2015, p. 6).....	9
Figur 13 - Eksempel på sammensetning av massivtre (Byggmesteren, 2017).....	15
Figur 14 - Hulldekkeelementer (Helgeland betong, 2022).....	16
Figur 15 - FN´s bærekraftsmål (FN-sambandet, 2022).....	17
Figur 16 – Røde linjelaster viser egenlast til provisoriske fagverk/takbjelker .....	19
Figur 17 - Vind X .....	22
Figur 18 - Vind -X .....	22
Figur 19 - Vind Y.....	23
Figur 20 - Vind -Y .....	23
Figur 21 - Vindlaster overside av tak. ....	24
Figur 22 - Vind Z.....	24
Figur 23: Åpen dimensjonert Fagverk .....	31
Figur 24: Åpen dimensjonert takbjelke .....	31
Figur 25 – Dybelforbindelse i fagverk (K. Bell, 2015) .....	31
Figur 27 - Understøttende bjelke til massivtredekket mellom akse 5-7.....	32
Figur 26: Bilde av tverrsnitt. x'-akse går innover i plan.....	32
Figur 28 - Randbjelke og bjelke i yttervegg .....	34
Figur 29 - Søylene i konstruksjonen .....	35

Figur 30 - Fagverket.....	37
Figur 31 - Overgurten i fagverket .....	38
Figur 32 - Undergurten i fagverket.....	39
Figur 33 - Strekkstag.....	40
Figur 34 - Trykkstav .....	41
Figur 35 - Takbjelke .....	42
Figur 36 - Massivtredekket.....	43
Figur 37 - Strekkstag til horisontalavstivningen, se vedlegg 3 .....	44
Figur 38 – Horisontalavstivning.....	45
Figur 39 - Limtrekonstruksjon med fagverk .....	49
Figur 40 - Limtrekonstruksjon med takbjelke .....	49
Figur 41 - Oversikt massivtredekkets spennretninger .....	50
Figur 42 - Oversikt hulldekkets spennretninger.....	51
Figur 43 - 3D-modell av stålkonstruksjonen – Fra Pro-Consult.....	53
Figur 44 - Totalt utslipp CO <sub>2</sub> -ekvivalenter "fra krybbe til grav" .....	54
Figur 45 - Utslipp gjennom en livvsyklus .....	54
Figur 46 - Planløsning 1.etasje .....	57
Figur 47 - Illustrasjon av planløsning i 1.etasje med hulldekke som etasjeskiller .....	57
Figur 48 - Illustrasjon av planløsning i 1.etasje med massivtreelementer som etasjeskiller... ..	58
Figur 49 – Illustrasjon av 1.etasjen(lagerdel) med hulldekke som etasjeskiller .....	58
Figur 50 - illustrasjon av planløsning 1.etasje med massivtreelementer som etasjeskiller ....	59
Figur 51 - Planløsning i 2.etasje.....	59
Figur 52 - Illustrasjon av planløsning 2.etasje .....	60
Figur 53 - Illustrasjon av planløsning 2.etasje med bruk av fagverk .....	60
Figur 54 - Illustrasjon av planløsning 2.etasje med bruk av takbjelke .....	61



# Tabelliste

Tabell 1 - Fasthetsklasser for kombinert limtre, definert av EN 14080 .....	11
Tabell 2 - Fasthetsklasser for homogent limtre, definert i EN 14080 .....	11
Tabell 3 – Nominelle fasthetsklasser for konstruksjonsstål .....	14
Tabell 4 – Anbefalte laster for tak (Byggforskserien, 2013).....	19
Tabell 5 - Brukscategori, NS-EN 1991-1-1:2002/NA:2008 .....	20
Tabell 6 - Formfaktor for snølast (NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018) .....	21
Tabell 7 – Påsatte vindlaster .....	21
Tabell 8 - Påsatte vindlaster 90 grader.....	21
Tabell 9 - Oversikt over lastkombinasjoner brudd .....	26
Tabell 10 - Viser kravet til de forskjellige situasjoner(NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Tabell NA.A1(904)) .....	27
Tabell 11 - Oversikt over lastkombinasjoner bruks.....	27
Tabell 12 - Oversikt over lastkombinasjoner brann .....	28
Tabell 13 - Gaffelfaktor for bygninger(NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016) .....	28
Tabell 14 - Risikoklasse hentet fra TEK17 §11-2 (Direktoratet for byggekvalitet, 2017) .....	29
Tabell 15 - Brannklasse(BKL) for byggverk, TEK 17 §11-3 (Direktoratet for byggekvalitet, 2017).....	29
Tabell 16 -Bærende bygningsdelers brannmotstand avhengig av brannklasse, TEK17, §11-4 (Direktoratet for byggekvalitet, 2017) .....	30
Tabell 17 - Faktor $\beta_n$ i NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 .....	30
Tabell 18 - Resultater limtre .....	48
Tabell 19 - Kapasiteter til strekkstag, se vedlegg 3 .....	51
Tabell 20 - Mengder stål i konstruksjonen .....	52
Tabell 21 - oversikt over totalt utslipp CO <sub>2</sub> -ekvivalenter .....	53
Tabell 22 - Kostnader bæresystem i stål .....	55
Tabell 23 - Kostnader bæresystem i limtre .....	55
Tabell 24 - Prisdifferanse mellom sål og limtre.....	56

# 1 Innledning

Våren 2020 ble det bygget et næringsbygg ved Høvik i Oslo kommune. Denne bygningskonstruksjonen ble prosjektert av Pro-Consult Innlandet AS som var rådgivende ingeniører på prosjektet. Næringsbygget er i dag ferdig oppført og består av en Coop-Prix-butikk i 1.etasje og forretningsarealer i 2. etasjen.

Konstruksjonen er bygget med et bæresystem med søyler og bjelker i stål. Etasjeskilleren består av hulldekkeelementer. Fagverket er i stål og strekker seg over byggets bredde.

Vi har snakket med vår veileder, Roger Johannessen som er daglig leder i Pro-Consult Innlandet AS. Johannessen mener det er rimelig å anta at i de fleste tilfeller blir det bygget slike kontor- og forretningsbygg med stål og betong som bygningskomponenter. Han legger til at det er flere faktorer som ligger til grunn for å bestemme hvilke typer materiell som skal benyttes i et prosjekt. Miljø, økonomi, utforming og «nette» konstruksjoner er gode eksempler på viktige punkter man ofte ser på når man vurderer bæresystemer.

Veileder mener grunnen til at stål og betong ofte er et foretrukket alternativ i kontor- og forretningsbygg er på grunn av materialets egenskap til å oppnå store spenn uten å benytte for store dimensjoner. Pris er også en faktor han mener ligger til grunn for valg av stål fremfor limtre.



Figur 1 - Fasade sør og øst (Bilde fra arkitekt tegninger)

## 2 Problemstilling

Basert på antagelsene fra veileder og rådgivende ingeniør i Pro-Consult, indikerer Johannessen at det beste alternativet for næringsbygget i Høvik var å bygge i stål. Grunnen til dette var at det både ville være mer gunstig løsning økonomisk, samt at det også ville gi en mer fleksibel og åpen planløsning for bygget. Å dimensjonere hovedbæresystemet i limtre som alternativ til stål vil ifølge Johannessen være utfordrende om man skal oppnå like spennvidder uten å bruke enorme dimensjoner, foreta store endringer i planløsningen og sitte igjen med en betydelig prisdifferanse.

Ønsket vårt for bachelor oppgaven er å se nærmere på dette prosjektet for å utfordre disse antakelsene. Med dette som utgangspunkt har vi kommet frem til følgende problemstilling:

«Hvilke konsekvenser får man på en gitt bygningskonstruksjon i stål og betong dersom man dimensjonerer hovedbæresystemet i limtre?»

Oppgaven vil ta for seg prosjektet i Høvik hvor vi skal dimensjonere det nåværende hovedbæresystemet om til limtre for å se hvilke konsekvenser dette får på byggets utforming og planløsning. Vi vil i all hovedsak se på de konstruksjonsmessige utfordringene. Det vil også bli gjort forenklede vurderinger av de økonomiske og miljømessige forskjellene da dette er viktige faktorer å ha begreper om når man skal velge materiell.

## 3 Forutsetninger og strategi

### 3.1 Forutsetninger

I denne oppgaven ønsker vi å belyse vår problemstilling på en god og oversiktlig måte.

For å unngå en for stor og altomfattende rapport vil det ikke være hensiktsmessig å ta for oss alle faktorer i et slikt prosjekt. Vi har derfor sett det som nødvendig å beskrive forutsetninger og avgrensninger som vi skal gjøre i vår analyse.

1. Oppgavens tyngdepunkt ligger i å se på den bærende hovedkonstruksjonen i limtre og se konsekvensene som oppstår i sammenligningen mot bæresystemet i stål.
2. Vi går ikke inn på fundamenteringen til bygget, da vi antar at grunnen tåler de trykk- og løftekreftene som skulle oppstå.
3. I den økonomiske vurderingen så vil vi sammenligne kostnadene som følger med i bygningskonstruksjonene. Siden vi ikke har tilstrekkelig grunnlag for å gjøre en økonomisk analyse, vil estimatet i hovedsak basere seg på tilbud og erfaringspriser fra troverdige og relevante aktører i bransjen.
4. Vår kompetanse er ikke tilstrekkelig til å gjøre en miljøanalyse. Vi vil derfor bruke utarbeidede studier og rapporter som grunnlag for å sammenligne produktenes miljøegenskaper.
5. Vi forutsetter at forbindelser er akseptabel, og tar derfor ikke hensyn til dette i oppgaven.
6. Vi forutsetter at konstruksjonen er beskyttet mot brann bortsett fra fagverket og takbjelkene. Disse vil det utføres brannberegninger på.
7. Det skal opparbeides en FEM-designmodell for å gjøre beregningene og analyse til denne konstruksjonen.
8. Vi får tilsendt ferdig prosjektert IFC-stålmodell fra RIB (Pro-Consult AS) på prosjektet som sammenligningsgrunnlag opp mot limtre.
9. Bygningskomponenter til limtrekonstruksjonen vi dimensjonerer skal bestå av trebaserte løsninger. Vi ser derfor ikke på mulighetene for å kombinere limtre med annet materiell.

Mer detaljerte forutsetninger vil komme frem i de aktuelle delkapitlene.

## 3.2 Strategi

For å løse denne oppgaven så startet vi med å legge frem problemstillingen og forutsetninger. Videre vil vi beskrive om grunnleggende teori og programvare som skal bidra til en bedre forståelse av oppgaven.

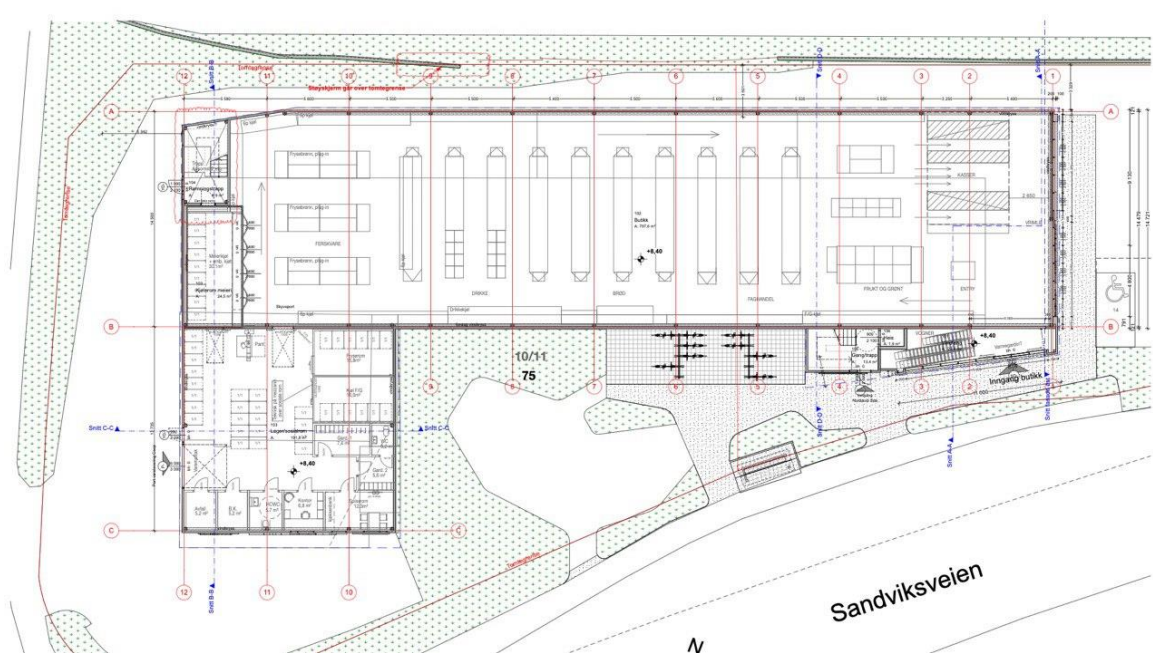
I metodedelen skal vi legge frem beregningsgrunnlaget vi bruker til å løse oppgaven.

Dimensjoneringen av prosjektet blir utført ved bruk av FEM-design og Focus-konstruksjon. FEM-design er et avansert design- og analyseprogram som du kan lese mer om under kapittel 3.4. Med FEM-design vil vi kunne fremlegge tydelige og oversiktlige 3D-analyser av dimensjoneringen. Focus-konstruksjon bruker vi får å beregne lokale beregningssituasjoner som vi ikke har tilstrekkelig kunnskap til å utføre i FEM-design.

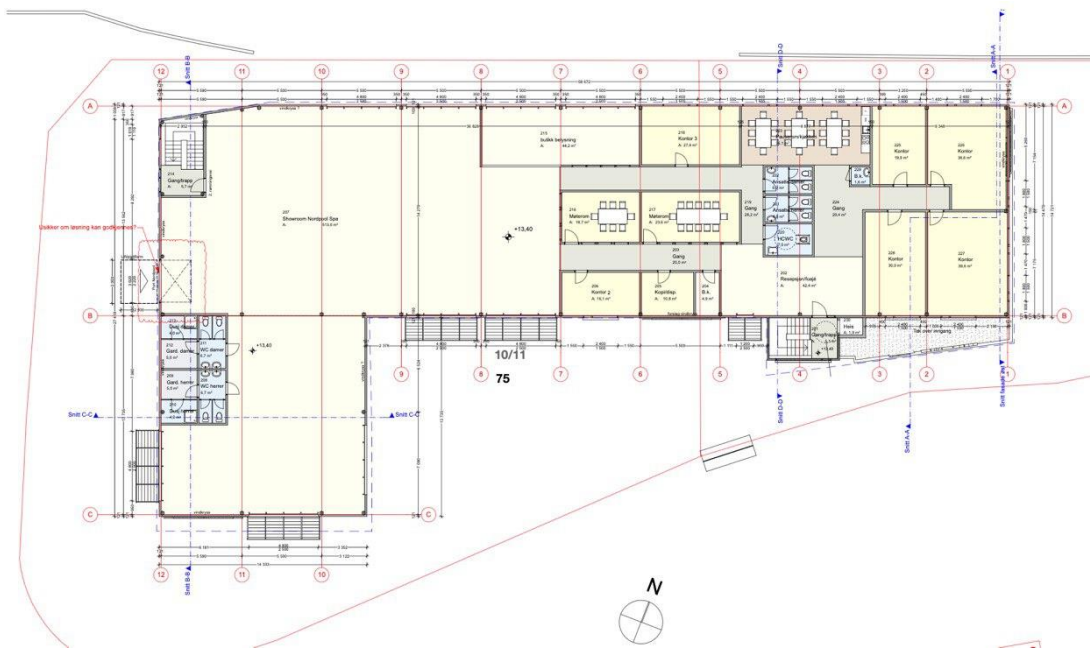
Under kapittel 6 legger vi frem resultatene vi er kommet frem til. Avslutningsvis i oppgaven vil vi diskutere og konkludere rundt problemstillingen og analysene som er gjort.

## 3.3 Tegningsgrunnlag

Figur 2 viser planløsningen i 1. etasje som presenterer brukerens behov for en romslig planløsning. Etasjeskilleren bør derfor ta opp spennet fra akse A-B som er på 14,2 meter uten understøttende søylerekke. Det samme gjelder for lagerdelen.

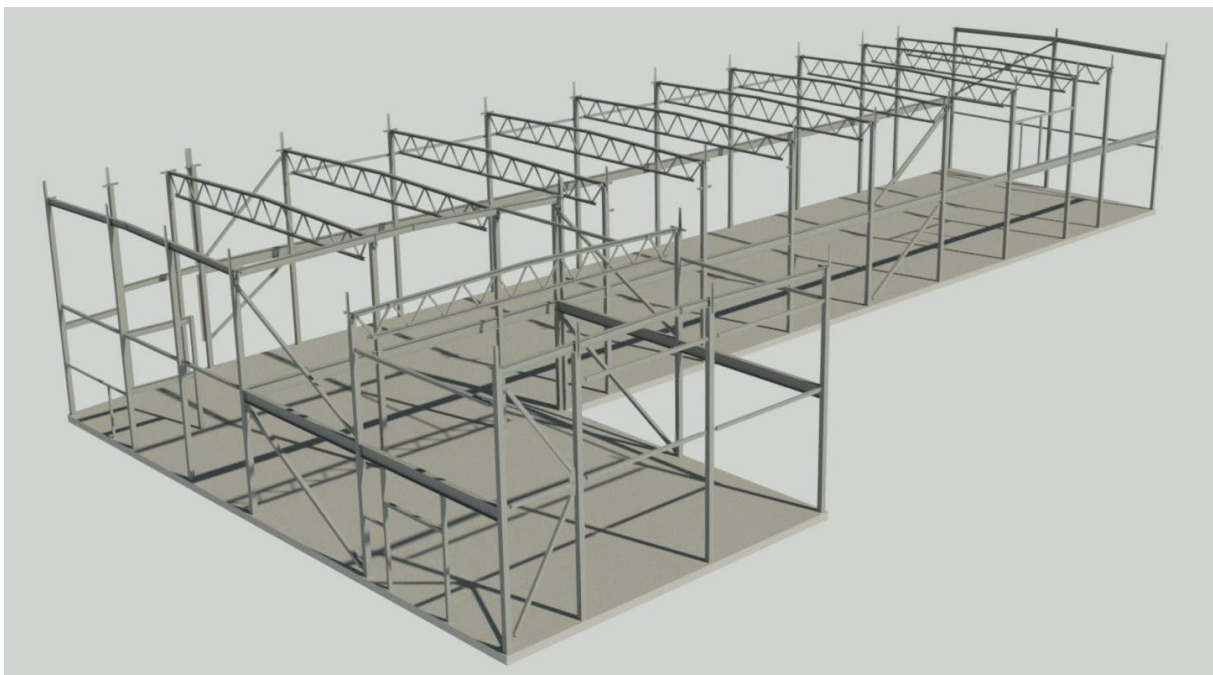


Figur 2 - Plantegning 1.etasje fra arkitekttegning



Figur 3 - Plantegning 2.etasje fra arkitekttegning

Som vi ser i Figur 2 og 3 består bygningen av totalt 12 akser. Fra akse 2-11 blir det benyttet fagverk med lengde på 14,2. I akse 1 og 12 har vi randbjelker. Randbjelkene blir understøttet av søyler som er plassert i gavlveggene.



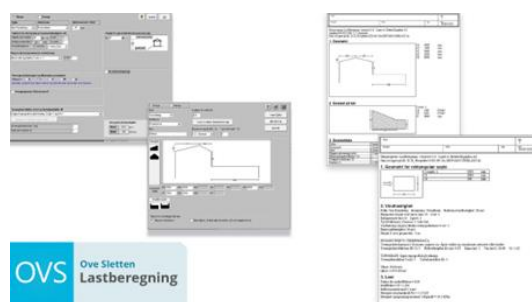
Figur 4 - 3D-modell av skallet – gitt fra Pro-Consult

### 3.4 Programvarer

For å løse vår problemstilling vil vi ved hjelp av ulike programvarer utføre analyser og beregninger som tar for seg konstruksjonssikkerheten. Programvarene er helt avgjørende verktøy å bruke for å kunne komme frem til hensiktsmessige resultater i oppgaven. Vi har derfor lagt ned mye tid og kapasitet i å gjennomgå nødvendig opplæring i disse programmene.

#### ***Ove Sletten Lastberegning***

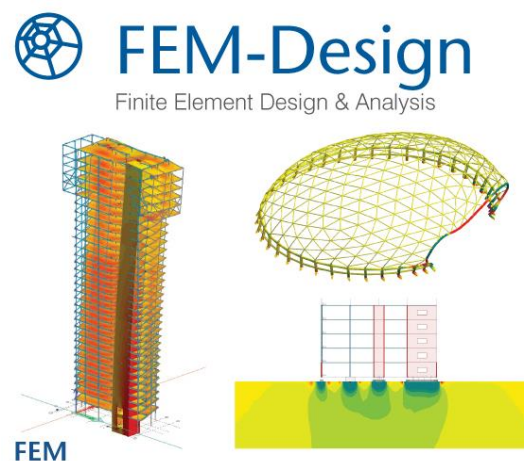
Beregner snølast og vindlast med formfaktorer som angitt i NS-EN 1991-1-3 og NS-EN 1991-1-4. (Focus - software, 2022). Programmet er brukt som grunnlag for våre lastberegninger.



Figur 5 - OVS lastberegninger, (focus software, 2022)

#### ***Strusoft – FEM – design***

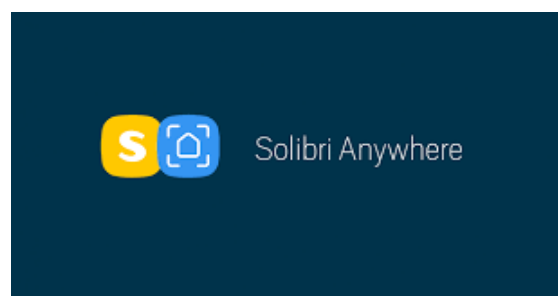
Er et avansert 3D-design program som gir deg mulighet til å analysere forskjellige utfall for å kunne foreta en relevant dimensjonering av konstruksjonen etter eurokoden. Dette er et effektivt og oversiktlig analyseverktøy. FEM-design har vært det viktigste verktøyet for oss og er hovedgrunnlag for våre beregninger. Vi har derfor brukt mye tid og kapasitet i å lære oss bruken av dette programmet.



Figur 6 - FEM-design (Strusoft AB, 2022)

#### **Solibri model viewer (IFC - International Foundation Class)**

Analyseprogram som brukes for å kvalitetssikre og kontrollere IFC-modeller. Vi har benyttet dette programmet til å hente ut datamengder av produkter og visuelle bilder fra modeller.



Figur 7 – Solibri (Solidbri inc., 2022)

### Autodesk Revit

3D-modelleringsprogram utviklet av Autodesk. Programmet er benyttet for å sette opp en limtrebasert modell og hente ut mengder fra materiell og visuelle bilder. Vi har benyttet store mengder med tid og kapasitet for å lære tilegne oss nødvendig brukerkompetanse i dette programmet.



Figur 8 - Revit (Roi4cio, 2022)

### Focus konstruksjon

Analyseprogram som benyttes til beregning av fagverk og takbjelke. Dette er et komplisert beregningsprogram som krever at man fyller inn riktige betingelser. Også dette programmet har krevd mye tid og kapasitet av oss for å kunne benytte det hensiktsmessig.



Figur 9 - Focus konstruksjon

### Excel

Er et regnearkprogram som og benyttes til datavisualisering og analyse. Vi har brukt dette programmet til beregning og fremstilling av miljø og økonomi.



Figur 10 - Excel (Symson, 2022)

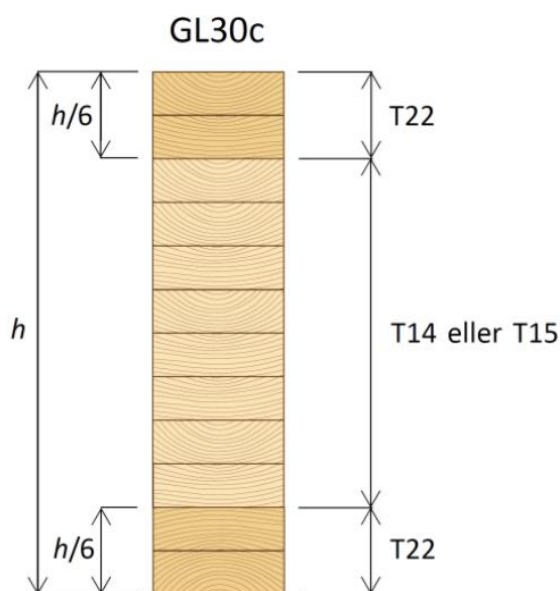


## 4 Teori

### 4.1 Limtre

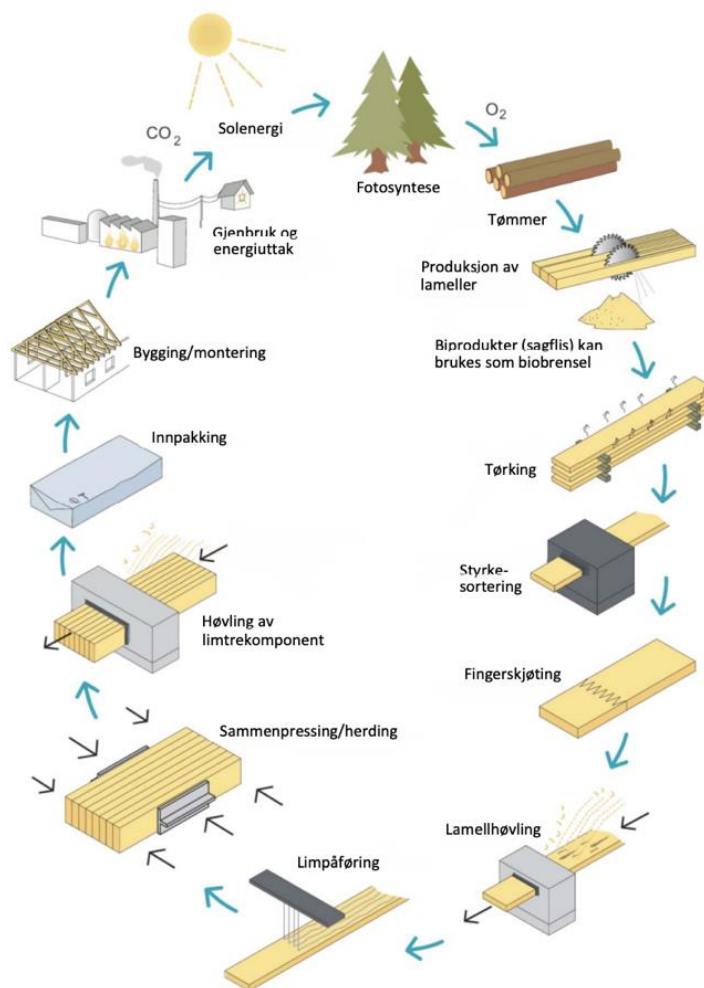
Limtre er en bygningskomponent som består av minst to eller flere lameller som er limt sammen. Lamellene har minimumskrav til en tykkelse på 6mm, hvor maksimumskravet er på 45mm. Det er tykkelsen på 45 mm som er det vanlige å produsere. Lamellene tilpasses med fingerskjøting for å oppnå ønsket lengde. NS-EN 14080 stiller kravene til produksjonen av limtre slik at det oppnår den CE-merkede sertifisering (trefokus, n.d).

Lamellene som blir brukt i produksjonsfasen er styrkesortert konstruksjonsvirke. Når limtreet er bygget opp med lik kvalitet på lamellene så kalles dette for homogent limtre. For bedre utnyttelse er det mest vanlig å plassere lamellene med den beste kvaliteten ytterst i tverrsnittet og dårligere kvalitet legges på den indre delen av tverrsnittet. Denne måten å komponere lamellene på kalles kombinert limtre. Det brukes i all hovedsak trevirke av gran når man produserer limtre. Unntak kan være om konstruksjonen blir utsatt for store svingninger i fuktigheten slik at materialet må trykkimpregneres, da bruker man furu. Ved estetiske hensyn kan det også være aktuelt å benytte andre type materiell som gir et annet visuelt uttrykk. Eksempel på slikt materiell kan være bjørk eller lerk (K. Bell, 2015).



Figur 11 - Oppbygning av kombinert limtre (K. Bell, 2015, p. 7)

Ved produksjonen av limtrebjelken, høvles lamellene rett før limet påføres slik at det gir en bedre herdet overflate. Lamellene tørkes ned til en fuktighet på 10 – 12% for å unngå uønsket krymping som følge av lagring av produktet innendørs. Når lamellene er limt sammen, løftes lamellpakken over til en limpresse. Denne limpressen spenner sammen lamellene slik at det limet ligger under et bestemt presstrykk. Det er under denne prosessen med påføring av presstrykk at man kan forme lamellene til ønsket form. Når presstrykket er påført, herdes limet i kontrollerte klimaforhold før det renkappes, pakkes inn og transporteres videre (K. Bell, 2015).



Figur 12 - limtreproduksjonens livssyklus (K. Bell, 2015, p. 6)

Denne måten og knytte sammen tre på ble oppdaget av den tyske ingeniøren Otto Hetzer(1846-1911) fra Weimar. Han eide et sagbruk hvor han forsket på forskjellige bygningskomponenter i tre. I 1906 beskriver Hetzer hvordan man kan produsere krumme bjelker som kan oppnå store spenn ved å lime sammen lameller. Denne teknikken ble kalt «Hetzer binder». Den norske ingeniøren Guttorm Brekke (1885-1980) sikret seg patentrettighetene på limtre og startet opp et firma for limtreproduksjon i Norge i Kristiania i 1918. Stål var et veldig innarbeidet materiell på denne tiden, og bruken av materialet fikk en kraftig oppgang ettersom tilgjengeligheten økte etter 1.verdenskrig.

Dette medførte til at Brekke la ned fabrikken i 1924. Produksjonen av limtre sto lenge stille generelt i byggebransjen. I Norge kom limtreproduksjonen først tilbake på 1960-tallet, da med fabrikker i Hønefoss og Moelv (K. Bell, 2015).

#### 1. Limtreets egenskaper

Limtre er en unik bygningskomponent som betegnes som et høyt kvalifisert konstruksjonsmaterialet med den gode fasthetsegenskaper. Den kan brukes i de fleste bærende konstruksjoner (K. Bell, 2015).

#### Egenskaper:

- Et utseende som tiltaler de fleste mennesker og derfor gir et verdifullt bidrag til både ytre og indre miljø
- Høy styrke i forhold til egenvekten – muliggjør spennvidder opp mot 150 meter
- Små tilvirkningstoleranser og høy formstabilitet ved normal temperatur og fuktighet
- Høy brannmotstand
- Gode varmeisolerende egenskaper som reduserer
- Lav egenvekt som reduserer transport- og montasjekostnader.
- God bestandighet i kjemisk aggressive miljøer
- Fleksibel produksjon (Spesialiseres til hvert prosjekt)

Egenskaper er hentet fra Limtreboka, 2015 (K. Bell, 2015, p. 3).

Vedlagt ligger tabeller for fasthetsklassene for homogent og kombinert limtre i henhold til NS-EN 14080. Her kan man lese av styrke, stivhet ( $N/mm^2$ ) og densitet ( $kg/m^3$ ) ut ifra hvilken kvalitet det er på limtreet.

Tabell 1 - Fasthetsklasser for kombinert limtre, definert av EN 14080

Egenskap	Symbol	Limtre fasthetsklasse						
		GL20c	GL22c	GL24c	GL26c	GL28c	GL30c	GL32c
Bøøyefasthet	$f_{m,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Strekfasthet	$f_{t,0,g,k}$	15	16	17	19	19,5	19,5	19,5
	$f_{t,90,g,k}$	0,5						
Trykkfasthet	$f_{c,0,g,k}$	18,5	20	21,5	23,5	24	24,5	24,5
	$f_{c,90,g,k}$	2,5						
Skjærfasthet (skjær og torsjon)	$f_{v,g,k}$	3,5						
Rulleskjærfasthet	$f_{r,g,k}$	1,2						
Elastisitetsmodul	$E_{0,g,mean}$	10400	10400	11000	12000	12500	13000	13500
	$E_{0,g,05}$	8600	8600	9100	10000	10400	10800	11200
	$E_{90,g,mean}$	300						
	$E_{90,g,05}$	250						
Skjærmodul	$G_{g,mean}$	650						
	$G_{g,05}$	542						
Rulleskjærmodul	$G_{r,g,mean}$	65						
	$G_{r,g,05}$	54						
Densitet	$\rho_{g,k}$	355	355	365	385	390	390	400
	$\rho_{g,mean}$	390	390	400	420	420	430	440

Tabell 2 - Fasthetsklasser for homogent limtre, definert i EN 14080

Egenskap	Symbol	Limtre fasthetsklasse						
		GL20h	GL22h	GL24h	GL26h	GL28h	GL30h	GL32h
Bøøyefasthet	$f_{m,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Strekfasthet	$f_{t,0,g,k}$	16	17,6	19,2	20,8	22,3	24	25,6
	$f_{t,90,g,k}$	0,5						
Trykkfasthet	$f_{c,0,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
	$f_{c,90,g,k}$	2,5						
Skjærfasthet (skjær og torsjon)	$f_{v,g,k}$	3,5						
Rulleskjærfasthet	$f_{r,g,k}$	1,2						
Elastisitetsmodul	$E_{0,g,mean}$	8400	10500	11500	12100	12600	13600	14200
	$E_{0,g,05}$	7000	8800	9600	10100	10500	11300	11800
	$E_{90,g,mean}$	300						
	$E_{90,g,05}$	250						
Skjærmodul	$G_{g,mean}$	650						
	$G_{g,05}$	540						
Rulleskjærmodul	$G_{r,g,mean}$	65						
	$G_{r,g,05}$	54						
Densitet	$\rho_{g,k}$	340	370	385	405	425	430	440
	$\rho_{g,mean}$	370	410	420	445	460	480	490

## 4.2 Stål

Stål er en blanding av jern og karbon der karboninnholdet i materialet er på opp mot 2,1% (Store Norske leksikon, 2022). Stålets evne til fleksibilitet i utforming, holdbarhet og kapasitet i forhold til strekkfasthet og flytespenningen, gjør det materialet til noe av det mest brukte konstruksjonsmaterialet i verden. Fra 1.Juli 2014 kom det krav om at stål brukt som konstruksjonsmateriale måtte være CE-merket. Stålkonstruksjoner må sertifiseres av et godkjent kontrollorgan mot NS-EN 1090-1 for å sikre at CE-merkingen opprettholdes (stålforbund, n.d).

Produksjon av stål gjøres ved flytende råjern som sildres for forurensning og legeres med ønsket mengde legeringselementer. Den flytende massen blir videre traktert og utstøpt i en vannkjølt form. Siste del av prosessen omfatter en varmebehandling. Ønsket styrke og egenskapsverdier til materialet oppnår man ved valg av type legeringselementer og varmebehandling (Jansen, 2019).

Man antar at kjennskapen til stål går helt tilbake til 200 år f.kr, men mer moderne metoder for stålproduksjon ble ikke oppdaget før på midten av 1700-tallet av Benjamin Huntsman. Det var først på 1800-tallet at det ble produsert godt stål i større skala. Dette spesielt ved Bessemerprosessen som var en metode utviklet av den britiske ingeniøren Henry Bessemer i 1855. Denne metoden gikk i hovedsak ut på å blåse luft inn i en steinbeholder fylt med flytende råjern. Metoden førte til en kraftig økning i produksjonskapasiteten av stål. Stål som konstruksjonsmateriale er som tidligere nevnt blitt veldig populært å benytte seg av. En av de mest omtalte stålkonstruksjonene gjennom tidene er Eiffeltårnet i Paris, Frankrike (Almar-Næss, 2020).

## Stålets egenskaper

Stål er et ofte foretrukket materiell å benytte som bærende konstruksjon.

### Egenskaper:

- Forutsigbar og enkel prosjektering
- Kort produksjonstid
- Nøyaktig og effektiv montering
- Fleksibel utforming
- Høy kapasitet ifht. Strekkfasthet og flytespenning
- Oppnår store spennvidder med små dimensjoner

Egenskaper er hentet fra (ABT bygg as, n.d)

En utfordring med bruk av stål er at det kan oppstå korrosjon. Faren for dette reduseres ytterligere ved bruk av rustfritt stål, men også dette materialet er utsatt for rust under de rette betingelsene (Wikipedia, 2021). Ved høye temperaturer som følge av brann mister stålet fort sine kapasitetsevner. I Tabell 3 presenteres de nominelle fasthetsklassene for konstruksjonsstål.

Tabell 3 – Nominelle fasthetsklasser for konstruksjonsstål

Stålsort	$t \leq 40$ mm		$40$ mm $< t \leq 80$ mm <sup>6)</sup>	
	$f_y$	$f_u$	$f_y$	$f_u$
NS-EN 10025 <sup>1)</sup>				
NS-EN 10210-1				
NS-EN 10219-1				
S235	235	360	215	340
S275	275	430	255	410
S355	355	510	335	490
NS-EN 10113 <sup>2)</sup>				
S275 N/NL	275	390	235	370
S355 N/NL	355	490	335	470
S420 N/NL	420	540	390	520
S460 N/NL	460	570	430	550
S275 M/ML	275	380	255 <sup>4)</sup>	360 <sup>4)</sup>
S355 M/ML	355	470	335 <sup>4)</sup>	450 <sup>4)</sup>
S420 M/ML	420	520	390 <sup>4)</sup>	500 <sup>4)</sup>
S460 M/ML	460	550	430 <sup>4)</sup>	530 <sup>4)</sup>
NS-EN 10137 <sup>3)</sup>				
S460 Q/QL/QL1	460	570	440	550
NS-EN 10155 <sup>5)</sup>				
S235 W	235	360	215	340
S355 W	355	510	335	490

1) Vanlig konstruksjonsstål.  
 2) Finkornstål.  
 3) Seigherdingsstål.  
 4) Gjelder for plater med  $40$  mm  $< t \leq 63$  mm.  
 5) Rusttrege stål.  
 6) For  $t > 80$  mm kan verdiene fra produktstandarden legges til grunn.





egenskaper da det skapes forkulling ved brann. Utfordringene ved bruk av massivtre er lydoverføring. Her kan et slikt dekke få utfordringer med å innfri krav til luftlydisolasjon og trinnlyd (Glasø, n.d) (Trefokus, n.d.).

### 4.3.3 Hulldekker

Hulldekker er elementer som er laget i betong og som benyttes både som etasjeskiller og takkonstruksjoner. Elementene har som regel forspent armering i lengderetningen, men produseres også med slakkarmert armering. Hulldekker produseres i all hovedsak med en bredde på 1,2 meter, men kan også tilpasses hvert enkelt prosjekt. Med slike dekker er det mulig å oppnå spennlengder på opptil 17 meter uten understøttende bærekomponenter. Dette gir mulighetene for gode, å åpne romløsninger (Dekkesystemer AS, n.d.).

Hulldekker sikrer kort byggetid og har veldig gode lyd- og brannhemmende egenskaper. Med hullene i dekket sparer man produksjon av forurensende betong. Hullene kan også virke som kanaler for tekniske installasjoner. Slike dekker er derfor veldig populære og kan anvendes i alle typer nærings- og forretningsbygg, skoler og industribygg (Contiga, n.d.).



Figur 14 - Hulldekkeelementer (Helgeland betong, 2022)

## 4.4 Miljø

«Definisjonen på miljø er omgivelser og ytre livsvilkår» (Store norske leksikon, 2020). Den globale utviklingen har ifølge FN-sambandet lenge hatt en negativ trend, å internasjonale miljøorganisasjoner lagt press på et mangelfullt søkelys på miljø og de menneskeskapte klimaendringene. Den 25. September 2015 lanserte FN en felles arbeidsplan for alle land som er knyttet til FN. Denne planen skal jobbe mot å utrydde fattigdom, bekjempe ulikheter og stoppe klimaendringene innen år 2030 (FN-sambandet, 2022).

FN's bærekraftsmål består av 17 hoved mål med 169 delmål.



Figur 15 - FN's bærekraftsmål (FN-sambandet, 2022)

FN's bærekraftsmål har ført til at nasjoner i hele verden har aksjonert. Det innføres krav til måten det bygges på og hvordan vi utnytter og utvinner naturressurser. Staten stiller stadig flere miljøkrav og regler til hvordan det skal bygges. Dette påvirker åpenbart byggebransjen i stor grad. Det blir viktig å øke effektiviteten, resirkulere materiell og øke bruken av fornybare kilder for å redusere klimaavtrykket. Dette er også grunnen til at man i mange tilfeller må vurdere hvilke typer materiell man skal ha i en bygningskonstruksjon. Det er altså ikke bare det økonomiske aspektet som skal med i planleggingen, men også hvilke tiltak som må gjøres for å oppnå gitte miljøbestemmelser som er satt av statlige organ (Superoffice, n.d.).

## 5 Metode

### 5.1 Laster

Alle konstruksjoner blir påvirket av laster. I dette tilfellet må vi ta med: Egenlast, nyttelast, snølast og vindlast. Alle laster vi påfører i FEM-modellen og Focus beregningene er karakteristiske og hentet ifra henviste kilder eller begrunnet ut ifra faglig kompetanse av vår veileder i Pro-Consult.

#### 5.1.1 Egenlast

I konstruksjonen vi skal ta for oss, ser vi kun på de lastene som påvirker hoved-bæresystemet.

Egenlasten på taket:

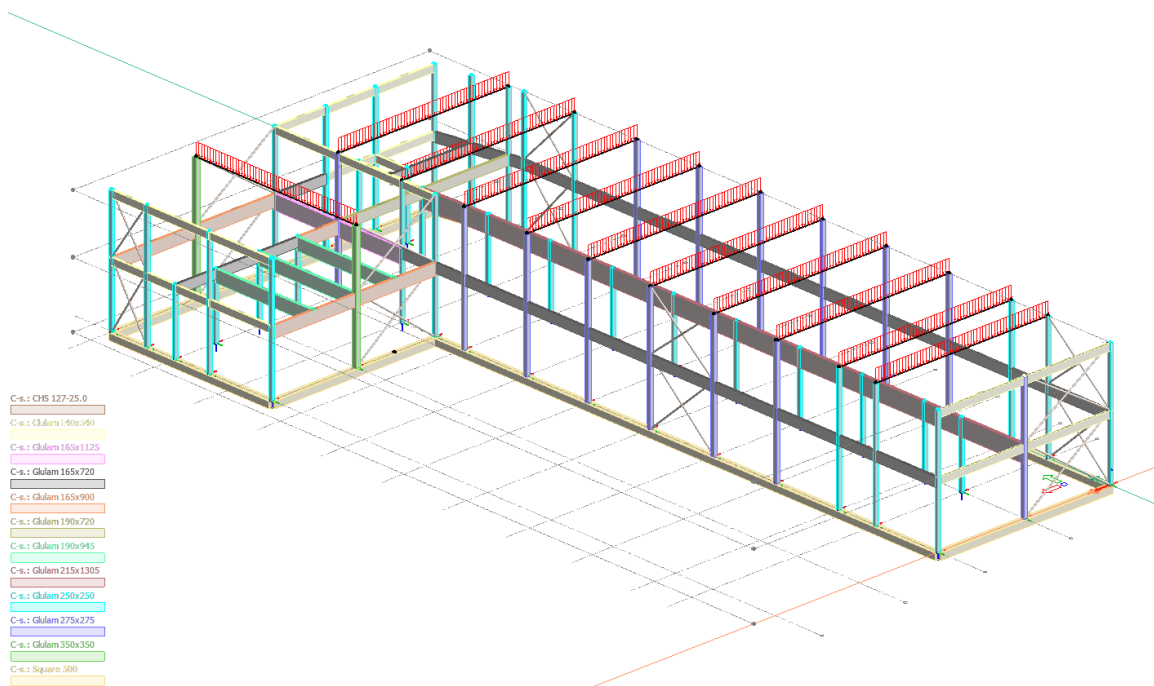
Den jevnt fordelte egenlasten til taket er på 0,7kN/m<sup>2</sup>. tabell 4 (Byggforskserien, 2013).

Grunnet høy kompleksitet ved modellering av fagverk i FEM-design har vi valgt å beregne fagverket i Focus-konstruksjon. Derfor legger vi heller inn linjelast som beskriver fagverk/takbjelke sin egenlast.

Egenlasten til fagverket og takbjelken er på henholdsvis 0,89kN/m og 1,35kN/m. Tallene er hentet ifra Focus vedlegg 6 og 8. Vi har valgt last til takbjelke for å ta høyde for det verste tilfellet.

$$\text{Linjelast} = \frac{(\text{Vekten på bjelke})19,22kN}{14,2m} \approx 1,35kN/m$$

$$\text{Linjelast} = \frac{(\text{Vekten på Limtrefagverket})12,64kN}{14,2m} \approx 0,89kN/m$$



Figur 16 – Røde linjelaster viser egenlast til provisoriske fagverk/takbjelker

Tabell 4 – Anbefalte laster for tak (Byggforskeren, 2013)

#### 42 Tretak



Konstruksjon	Taktekning og undertak	Egenlast <sup>1)</sup> kN/m <sup>2</sup>
Takstoler eller sperrer med senteravstand 0,6 m og ca. 350 mm mineralull og himling	Asfalttakbelegg eller shingel og undertak av plater eller bord av tre	0,7
	Lette plater (takpanner) og med undertak av folie, fiberplater e.l.	0,5
	Takstein og undertak av plater eller bord av tre med asfalttakbelegg	1,1
	Torv, ca. 200 mm, og undertak av plater eller bord	4,0
Reduksjon for tak uten varmeisolasjon og himling: ca. 0,23 kN/m <sup>2</sup>		
Tillegg for nedhengt himling, se <a href="#">pkt. 37</a>		

<sup>1)</sup> Egenlasten er angitt for den skrå flaten. Ved omregning til horisontalprojeksjonen øker egenlasten med  $1/\cos \alpha$ , hvor  $\alpha$  er takvinkelen.

Når vi har tatt hensyn til egenlasten som kommer i 2. etasje har vi sett på tre faktorer. Disse faktorene har vi rådført oss med vår veileder som sier at det er normalt å legge til grunn følgende laster:

1. 0,5kN/m<sup>2</sup> Lettvegger
2. 0,5kN/m<sup>2</sup> Gulvoppbygning
3. 0,5kN/m<sup>2</sup> Himling under massivtredekke

Total egenlast som er påført i 2. etasje blir da på 1,5kN/m<sup>2</sup>.

## 5.1.2 Nyttelast

Vi tar kun hensyn til nyttelast i 2. etasje når det er den eneste nyttelasten som påvirker hovedbæresystemet.

Nyttelast for kategori D er på 5kN/m<sup>2</sup>. (NS-EN 1991-1-1:2002/NA:2008, Tabell NA 6.1.) Se Tabell 5.

Tabell 5 - Brukscategori, NS-EN 1991-1-1:2002/NA:2008

Kategori	Spesifikk bruk	Min Jevnt fordelt last qk (kN/m <sup>2</sup> )	Min. Punktlast Qk (kN/m <sup>2</sup> )	
A (inneaktiviteter og hjemmeaktiviteter)	Gulv	2,0	2,0	
	Trapper	3,0	2,0	
	Balkonger og verandaer	4,0	2,0	
	Loft med liten takhøyde eller begrenset adgang	1,0	1,5	
B	Kontor	3,0	2,0	
C (der personer kan samles)	C1 (Arealer med bord)	3,0	4,0	
	C2 (Arealer med faste seter)	4,0	4,0	
	C3 (Arealer uten hindringer for personer i bevegelse)	5,0	4,0	
	C4 (Arealer med mulighet for fysiske aktiviteter)	5,0	7,0	
	C5 (arealer som lett overfylles)	5,0	4,0	
D (forretningsarealer)	D1 (vanlig detaljhandel)	5,0	4,0	
	D2 (varehus)	5,0	7,0	
E1	Akkumulert gods, typisk arkiv	7,5	7,0	
E2	Industriell bruk	Egenvurdering. Dersom kraner osv. Kfr. NS-EN 1991-3		
F	Brutto kjøretyngde ≤ 30 kN	2,5	20	
G	30 kN < Brutto kjøretyngde < 160 kN	5,0	90	
H	Tak som det ikke er atkomst til annet enn for vedlikehold og reparasjon	α < 20°	0,75	1,5
		α > 40°	0,0	1,5
I	Tak som det er atkomst til for brukerne	Ref. kategori A til D		
K	Tak som det er atkomst til for spesielle formål, f.eks. helikopterlandinger	Se Tab. 6.11 NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2008		

### 5.1.3 Snølaster

Vi henviser til vedlegg 1 om snølast som er beregnet i Ove Sletten lastberegninger.

$$S_k = 3,5 \text{ kN/m}^2$$

0,8 som er formfaktor for takvinkler mellom 0 og 30 grader.

(Se tabell 5.2 NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018)

$$\text{Snølast på tak} = 3,5 \text{ kN/m}^2 \times 0,8 = \underline{\underline{2,8 \text{ kN/m}^2}}$$

Tabell 6 - Formfaktor for snølast (NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018)

**A1** Tabell 5.2 Formfaktorer for snølast

Takvinkel $\alpha$	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1(\alpha)$	$\mu_1(0^\circ) \geq 0,8$	$\mu_1(0^\circ) \frac{(60^\circ - \alpha)}{30^\circ}$	0,0
$\mu_2(\alpha)$	0,8	$0,8 \frac{(60^\circ - \alpha)}{30^\circ}$	0,0
$\mu_3(\alpha)$	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	--

### 5.1.4 Vindlaster

Henviser til vedlegg 2 om vindlast som er beregnet i Ove Sletten lastberegninger.

Har valgt å forenkle ved å legge sammen sug og trykk siden i samme lastfelt i FEM-analysen og forenklet tallene til **0,85 kN/m<sup>2</sup>**.

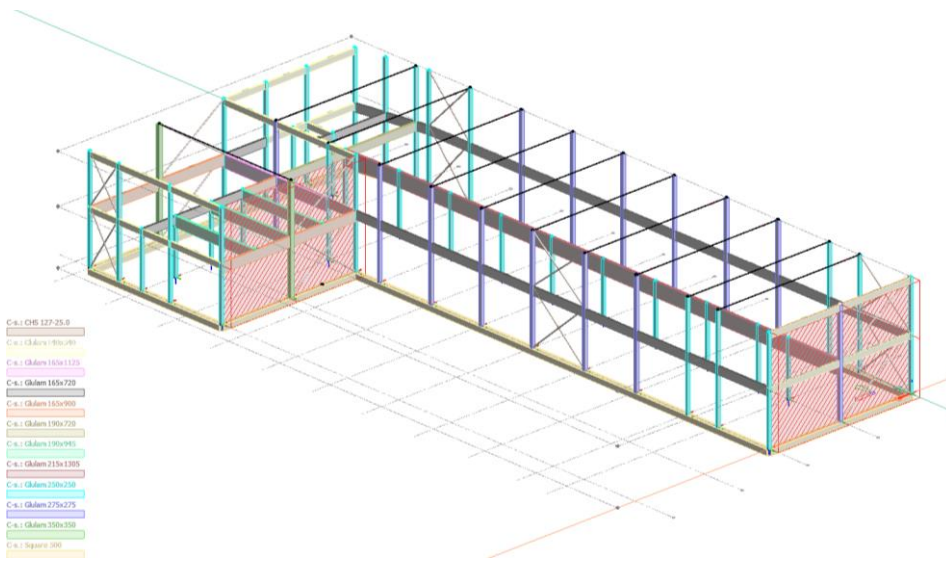
Tabell 7 – Påsatte vindlaster

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,71	-0,32
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,00	-0,66	-0,42	0,59	-0,27
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,32
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,16	-0,91	-0,42	0,83	-0,27
Utstrekning (mm)	3800	15200	9000	59000	59000

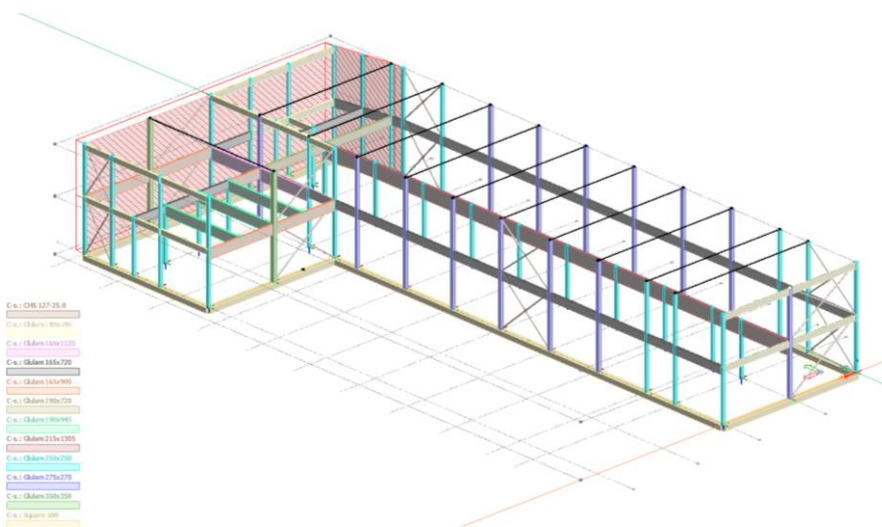
Tabell 8 - Påsatte vindlaster 90 grader

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,70	-0,30
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,00	-0,66	-0,42	0,58	-0,25
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,30
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,16	-0,91	-0,42	0,83	-0,25
Utstrekning (mm)	3800	15200	40000	28000	28000

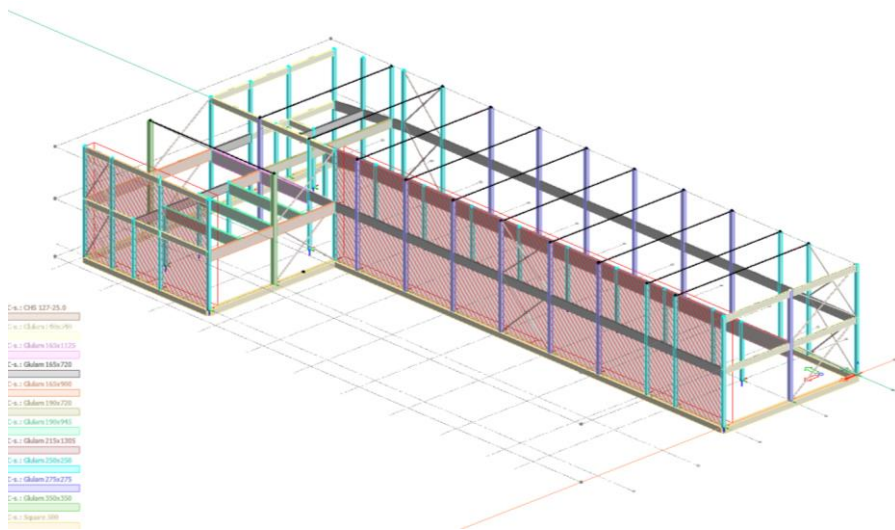
På figurene nedenfor vises de forskjellige lastretningene som er påført på konstruksjonen.



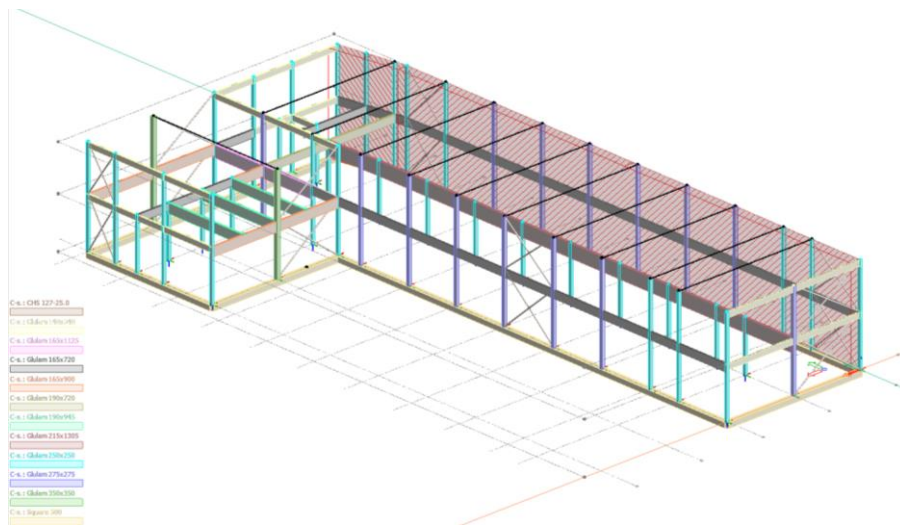
Figur 17 - Vind X



Figur 18 - Vind -X



Figur 19 - Vind Y



Figur 20 - Vind -Y

Vindlast som kommer ifra Z-retning. Henviser til vedlegg 2.

Her forenkler vi det slik at vi får lik jevnt fordelt last over hele konstruksjonen.

$$Vind Z = \frac{2AFx1,5 + AGx1 + AHx0,58 + AIx0,17}{A_{total}} = \frac{566,752 \text{ kN}}{59m \times 28m} \approx 0,35 \text{ kN/m}^2$$



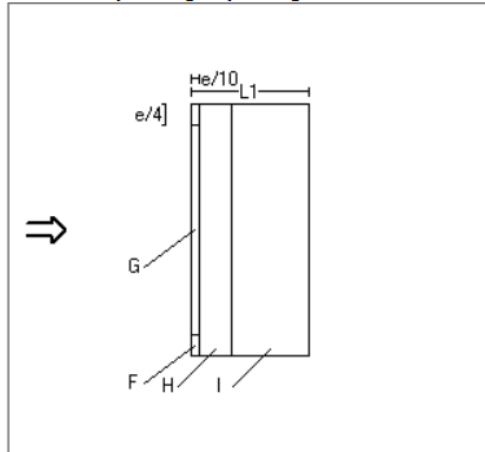
#### 4 Overside av tak

Taktype: Flatt tak

L1=28000 mm L2=59000 mm

Cpe,10 Gjelder for hele bygget. (>=10m2)

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.



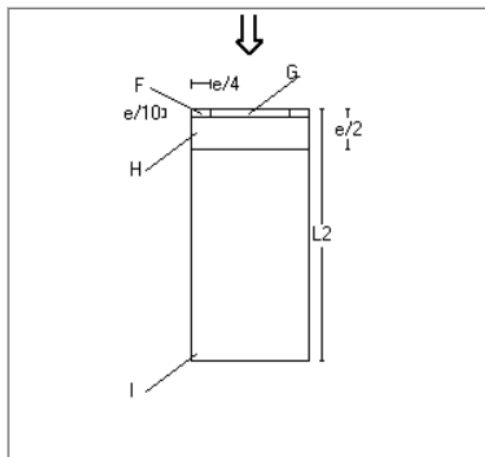
Utstrekning (mm)

e=19000

e/4=4750

e/10=1900

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	-1,80	-1,50	4750x1900
G	-1,20	-1,00	49500x1900
H	-0,70	-0,58	59000x7600
I	+/-0,20	+/-0,17	59000x18500



Utstrekning (mm)

e=19000

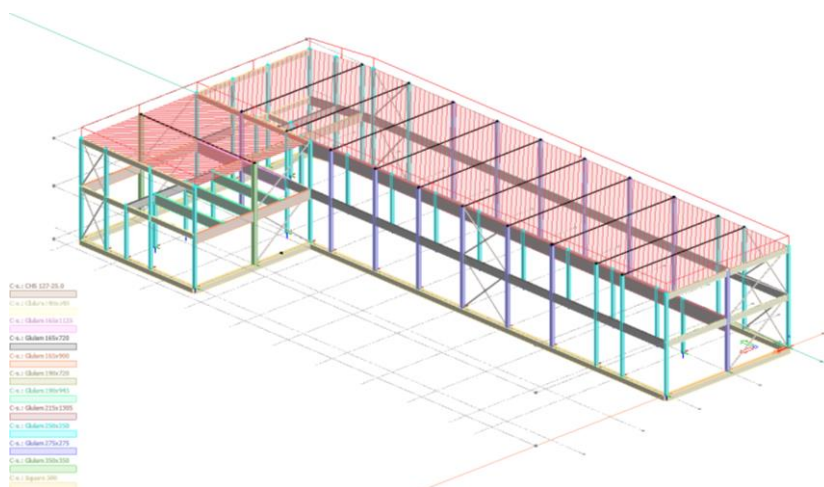
e/4=4750

e/10=1900

	Cpe,10	Last (kN/m2)	Hor.projeksjon (mm)
F	-1,80	-1,50	4750x1900
G	-1,20	-1,00	18500x1900
H	-0,70	-0,58	28000x7600
I	+/-0,20	+/-0,17	28000x49500

Figur 21 - Vindlaster overside av tak.

I Figur 22 ser vi hvordan lasten treffer konstruksjonen. Bildet er hentet ifra FEM-analysen.



Figur 22 - Vind Z

## 5.2 Lastkombinasjoner

Lastkombinasjoner trenger vi for å sjekke de ulike lastbildene. Det kan variere basert på hvilken last som er dominerende. Derfor bruker vi  $\psi$ -faktorer som lastreduksjoner, i og med at det er mindre sannsynlig at forskjellige laster inntreffer på samme tidspunkt. For eksempel er det sjeldent at det arrangeres en stor fest med mange mennesker på en balkong samtidig som det er full snøstorm.

$G_{k,j}$  = Egenlast

$Q_{k,1}$  = Dominerende nyttelast

$Q_{k,i}$  = Andre nyttelaster

$\psi$ - faktorene kan du finne i Tabell NA.A1.1 – Anbefalte verdier for  $\psi$ - faktorer for bygninger.

For å se hvordan de forskjellige lastkombinasjonene opptrer henviser vi til vedlegg 9 av FEM-analysen og beregningene fra Focus (vedlegg 5-8).

### 5.2.1 Bruddgrensetilstand

Ved bruddgrensetilstand kontrollerer vi mulig tap av likevekt (velting), brudd med store deformasjoner eller tap av stabilitet og utmattingsbrudd. Her handler det om sikkerheten til mennesker og husdyr. Vi dimensjonerer for konstruksjonens levetid (vedvarende situasjon). (Eie, 2018)

$$6.10a: q_d = 1,35 * G_{k,j} + 1,5 * \psi_{0,1} * Q_{k,1} + 1,5 * \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

$$6.10b: q_d = 1,2 * G_{k,j} + 1,5 * Q_{k,1} + 1,5 * \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

Tabell 9 - Oversikt over lastkombinasjoner brudd

Navn på kombinasjon	Faktor	Lasttype	Formel
Brudd A	1.35	EL	6.10a
	1.05	NL	
	1.05	Snø	
Brudd B	1.20	EL	6.10b
	1.50	NL	
	1.05	Snø	
Brudd C	1.20	EL	6.10b
	1.05	NL	
	1.50	Snø	
Brudd Max 1	1.20	EL	6.10b
	1.50	NL	
	1.05	Snø	
	0.90	Vind 1	
	0.90	Vind 2	
Brudd Max 2	1.20	EL	6.10b
	1.05	NL	
	1.50	Snø	
	0.90	Vind 1	
	0.90	Vind 2	
Brudd Max 3	1.20	EL	6.10b
	1.05	NL	
	1.05	Snø	
	1.50	Vind 1	
	1.50	Vind 2	

### 5.2.2 Bruksgrensetilstand

Ved bruksgrensetilstand sjekker vi konstruksjonen evne til «bruk i det daglige liv». Her ser vi ikke på store påkjenninger av konstruksjonen ved å legge på lastfaktor høyere enn 1. Vi setter heller på reduksjonsfaktorer for å begrense nedbøyning av konstruksjonen (Eie, 2018). Vi har tre forskjellige brukssituasjoner se tabell 10 (NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Tabell NA.A1(904)).

Tabell 10 - Viser kravet til de forskjellige situasjoner(NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Tabell NA.A1(904))

Tabell NA.A1(904) – Krav til maksimal nedbøyning

Konsekvenser	Lastsituasjon som brukes	Anbefalte største tillatte nedbøyningsverdier
Konstruksjon der nedbøyning fører til skader	<i>karakteristisk</i>	fastsettes i det enkelte prosjektet
Konstruksjoner der det på grunn av bruk eller utstyr stilles krav	<i>ofte forekommende</i>	fastsettes i det enkelte prosjektet
Konstruksjoner med alminnelige brukskrav eller estetiske krav	<i>tilnærmet permanent</i>	<b>L/200 - L/250</b>

**Karakteristisk:**  $6.14a: q_d = 1 * G_{k,j} + 1 * Q_{k,1} + 1 * Q_{k,i}$

Her ser vi for eksempel på dragere over glassfelt der det er fare for skade, meget kritisk og lite rom for nedbøyning.

**Ofte forekommende:**  $6.15b: q_d = G_{k,j} + \psi_{1,1} * Q_{k,1} + \psi_{2,i} * Q_{k,i}$

Her er snakk om dragere som for eksempel går over skyvedører der det stilles gitte krav fra utstyret om nedbøyning, middels kritisk og rom for noe nedbøyning.

**Tilnærmet permanent:**  $6.16b: q_d = G_{k,j} + \psi_{2,1} * Q_{k,1} + \psi_{2,i} * Q_{k,i}$

Dette er situasjonen for nedbøyning som vi benytter oss av i dette prosjektet. Vi har i dette prosjektet benyttet oss av L/200 og skal ligge innenfor dette kravet. Det kan være elementer som er gjemt inne i veggkonstruksjoner slik som bjelker. Dette er lite kritisk og det er rom for mer nedbøyning enn ofte forekommende og karakteristisk.

Tabell 11 - Oversikt over lastkombinasjoner bruks

Navn på kombinasjon	Faktor	Lasttype	Formel
Bruks Karakteristisk	1.00	EL	6.14b
	1.00	NL	
	1.00	Snø	
Bruks Ofte forekommende	1.00	EL	6.15b
	0.70	NL	
	0.50	Snø	
Bruks Tilnærmet permanent	1.00	EL	6.16b
	0.60	NL	
	0.20	Snø	

### 5.2.3 Ulykkestilstand (Branndimensjonering)

Her ser vi på situasjoner som har liten sannsynlighet for å oppstå, slik som brann, eksplosjon og støt osv... (NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016, Punkt 1.5.2.5). I dette prosjektet har vi valgt å se på brannsituasjonen.

$$6.11b: q_d = G_{k,j} + (\psi_{1,1} \text{ eller } \psi_{2,i}) * Q_{k,1} + \psi_{2,i} * Q_{k,i}$$

Tabell 12 - Oversikt over lastkombinasjoner brann

Navn på kombinasjon	Faktor	Lasttype	Formel
Brann 1	1	EL	6.11b
	0.2	Vind 1	
	0.2	Vind 2	
	0.2	Snø	
Brann 2	1	EL	6.11b
	0	Vind 1	
	0	Vind 2	
	0	Snø	

Tabell 13 - Gaffelfaktor for bygninger(NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016)

Tabell NA.A1.1 – Verdier for  $\psi$ -faktorer for bygninger

Last	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Nyttelastkategorier i bygninger (se NS-EN 1991-1-1):			
Kategori A: boliger	0,7	0,5	0,3
Kategori B: kontorer	0,7	0,5	0,3
Kategori C: forsamlingslokaler, møterom	0,7	0,7	0,6
Kategori D: butikker	0,7	0,7	0,6
Kategori E: lager	1,0	0,9	0,8
Kategori F: trafikk- og parkeringsarealer for små kjøretøyer (kjøretøyvekt $\leq$ 30kN og høyst 8 seter utenom førersete)	0,7	0,7	0,6
Kategori G: trafikk- og parkeringsarealer for mellomstore kjøretøyer, 30kN < kjøretøyvekt $\leq$ 160kN på to akslinger	0,7	0,5	0,3
Kategori H: tak	0	0	0
Snølast (se NS-EN 1991-1-3)	0,7 <sup>1)</sup>	0,5 <sup>1)</sup>	0,2 <sup>1)</sup>
Vindlast (se NS-EN 1991-1-4)	0,6 <sup>1)</sup>	0,2 <sup>1)</sup>	0 <sup>1)</sup>
Temperatur (ikke brann) i bygninger (se NS-EN 1991-1-5)	0,6 <sup>1)</sup>	0,5 <sup>1)</sup>	0 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Eventuell modifisering for ulike geografiske områder kan kreves av lokale myndigheter

#### 5.2.3.1 Branndimensjonering

Vi dimensjonerer for brann i programvaren Focus-konstruksjon for fagverk og takbjelke. I tillegg til riktig lastkombinasjon må vi sette inn riktige betingelser. Bygget tilhører brannklasse 2 med brannkrav R60. Dette finner vi i ved å lese i «Kapittel 11 Sikkerhet ved brann» i «Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning» (Direktoratet for byggekvalitet, 2017).

Tabell 14 - Risikoklasse hentet fra TEK17 §11-2 (Direktoratet for byggekvalitet, 2017)

Virksomhet	Risikoklasse
Salgslokale	5

Tabell 15 - Brannklasse(BKL) for byggverk, TEK 17 §11-3 (Direktoratet for byggekvalitet, 2017)

Risikoklasse	Etasje			
	1	2	3 og 4	5 eller flere
1	-	BKL 1	BKL 2	BKL 2
2	BKL 1	BKL 1	BKL 2	BKL 3
3	BKL 1	BKL 1	BKL 2	BKL 3
4	BKL 1	BKL 1	BKL 2	BKL 3
5	BKL 1	BKL 2	BKL 3	BKL 3
6	BKL 1	BKL 2	BKL 2	BKL 3

Tabell 16 -Bærende bygningsdelers brannmotstand avhengig av brannklasse, TEK17, §11-4  
(Direktoratet for byggekvalitet, 2017)

Bygningsdel	Brannklasse		
	1	2	3
Bærende hovedsystem	R 30 [B 30]	R 60 [B 60]	R 90 A2-s1,d0 [A 90]
Sekundære, bærende bygningsdeler, etasjeskillere og takkonstruksjoner som ikke er del av hovedbæresystem eller stabiliserende	R 30 [B 30]	R 60 [B 60]	R 60 A2-s1,d0 [A 60]

Tabell 17 - Faktor  $\beta_n$  i NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010

Table 3.1 – Design charring rates  $\beta_0$  and  $\beta_n$  of timber, LVL, wood panelling and wood-based panels

	$\beta_0$ mm/min	$\beta_n$ mm/min
<b>a) Softwood and beech</b>		
Glued laminated timber with a characteristic density of $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
Solid timber with a characteristic density of $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,8
<b>b) Hardwood</b>		
Solid or glued laminated hardwood with a characteristic density of $290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
Solid or glued laminated hardwood with a characteristic density of $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,50	0,55
<b>c) LVL</b>		
with a characteristic density of $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
<b>d) Panels</b>		
Wood panelling	0,9 <sup>a</sup>	–
Plywood	1,0 <sup>a</sup>	–
Wood-based panels other than plywood	0,9 <sup>a</sup>	–

<sup>a</sup> The values apply to a characteristic density of  $450 \text{ kg/m}^3$  and a panel thickness of 20 mm; see 3.4.2(9) for other thicknesses and densities.

- I tabell 17 Finner vi  $\beta_n$
- Forkullingsdybde for GL30c finner vi i NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 3.4.2 & 4.2.2

$$\text{Nominell forkullingsdybde } d_{char,n} = \beta_n * t(\text{tid}) \quad (3.2)$$

$$\text{Nominell forkullingsdybde } d_{char,n} = 0,7 \text{ mm/min} * 60 \text{ min} = 42 \text{ mm}$$

$$\text{Effektiv forkullingsdybde } d_{ef} = d_{char,n} + k_0(t \geq 20 \text{ min}) * d_0(7 \text{ mm}) \quad (4.1)$$

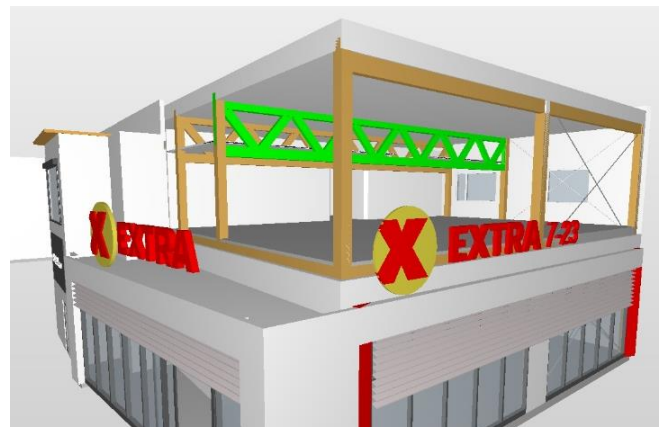
$$\text{Effektiv forkullingsdybde } d_{ef} = 42 \text{ mm} + 1 * 7 \text{ mm} = 49 \text{ mm}$$

## 5.3 Brann

Når vi i denne oppgaven skal beregne hovedkonstruksjonen ser vi bort ifra branndimensjonering på alle konstruksjoner da vi forutsetter at alle konstruksjoner er beskyttet mot brann, altså kledd inn slik at det holder R60 brannkrav. På grunn av at fagverket/takbjelken er åpne konstruksjoner som ikke har beskyttelse, velger vi å legge opp til lastkombinasjon for branndimensjonering på disse konstruksjonene. Henviser til vedlegg for branndimensjonering av takbjelke (Vedlegg 5) og fagverk (Vedlegg 7).

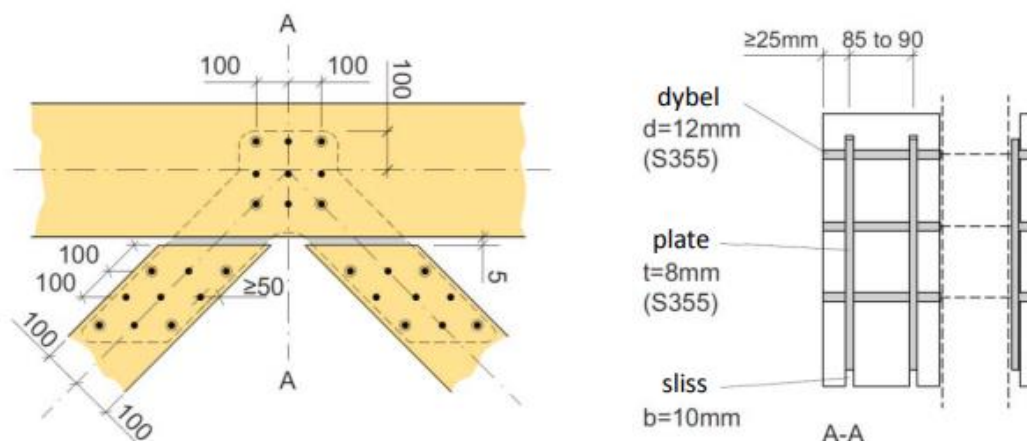


Figur 24: Åpen dimensjonert takbjelke



Figur 23: Åpen dimensjonert Fagverk

Fagverket er ekstra svake i forbindelsene på grunn av stålplater + dybler som er tilført i forbindelsen slik vi ser på Figur 25, hentet fra limtreboka. Vi forutsetter at forbindelsene er brannbeskyttet og tar derfor ikke hensyn til dette i våre beregninger for branndimensjonering. Utdypende redegjørelser om brannbeskyttende forbindelser er å finne i Limtreboka Kapittel 15 «limtre og brann» - 15.4 «Forbindelsers brannmotstand» (K. Bell, 2015).

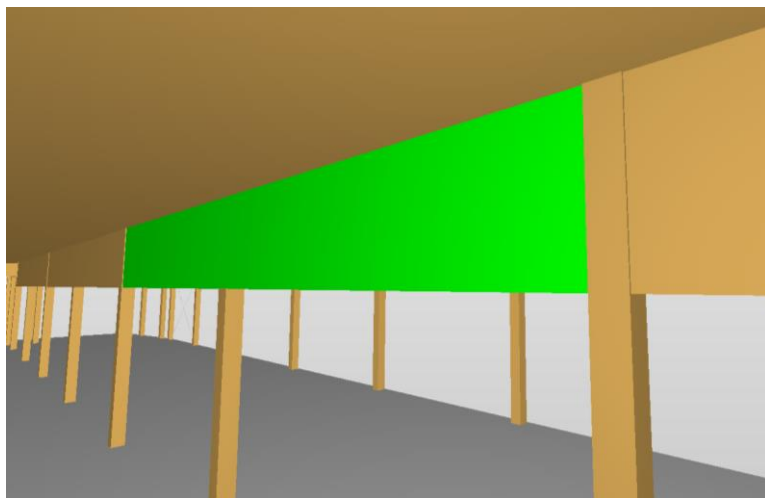


Figur 25 – Dybelforbindelse i fagverk (K. Bell, 2015)

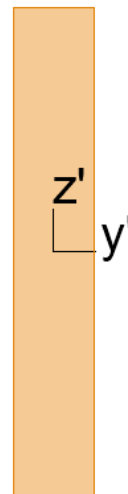


## 5.4 Limtre

### 5.4.1 Bjelker



Figur 27 - Understøttende bjelke til massivtredekket mellom akse 5-7



Figur 26: Bilde av tverrsnitt. x'-akse går innover i plan

Velger å ta denne bjelken mellom akse 5-7. Den bærer egenlast + nyttelast i 2. etasje. Bjelken har en dimensjon på  $b \times h = 215 \times 1305$ . Den holder oppe massivtredekket med egenlasten og nyttelasten den har. Den må oppfylle følgende ligninger i henhold til NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010.

#### 6.1.7 Skjær - NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (6.13)$$

$\tau_d$  er den dimensjonerende skjærspenning

$f_{v,d}$  er den dimensjonerende skjærfasteheten under de faktiske forhold

#### 6.2.3 Kombinert bøyning og aksielt strekk - NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.17)$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.18)$$

$\sigma_{t,0,d}$  dimensjonerende strekkspenning i fiberretningen

$\sigma_{m,y,d}$  dimensjonerende bøyepening om hovedakse y

$\sigma_{m,z,d}$  dimensjonerende bøyepening om hovedakse z

$f_{t,0,d}$  dimensjonerende strekkfasthet i fiberretningen

$f_{m,y,d}$  dimensjonerende bøyefasthet om hovedakse y

$f_{m,z,d}$  dimensjonerende bøyefasthet om hovedakse z

$k_m$  faktor tar hensyn til omfordeling av bøyepenninger i et tverrsnitt

#### 6.1.4 Trykk i fiberretning - NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \quad (6.2)$$

$\sigma_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkspenningen i fiberretningen

$f_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkfasthet i fiberretningen

#### 6.2.4 Kombinert bøyning og aksialt trykk - NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.19)$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.20)$$

$\sigma_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkspenningen i fiberretningen

$f_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkfasthet i fiberretningen

$\sigma_{m,y,d}$  dimensjonerende bøyepennning om hovedakse y

$\sigma_{m,z,d}$  dimensjonerende bøyepennning om hovedakse z

$f_{m,y,d}$  dimensjonerende bøyefasthet om hovedakse y

$f_{m,z,d}$  dimensjonerende bøyefasthet om hovedakse z

$k_m$  faktor tar hensyn til omfordeling av bøyepenninger i et tverrsnitt

#### 6.3.2 Søyler utsatt for trykk eller en kombinasjon av trykk og bøyning -

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.23)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.24)$$

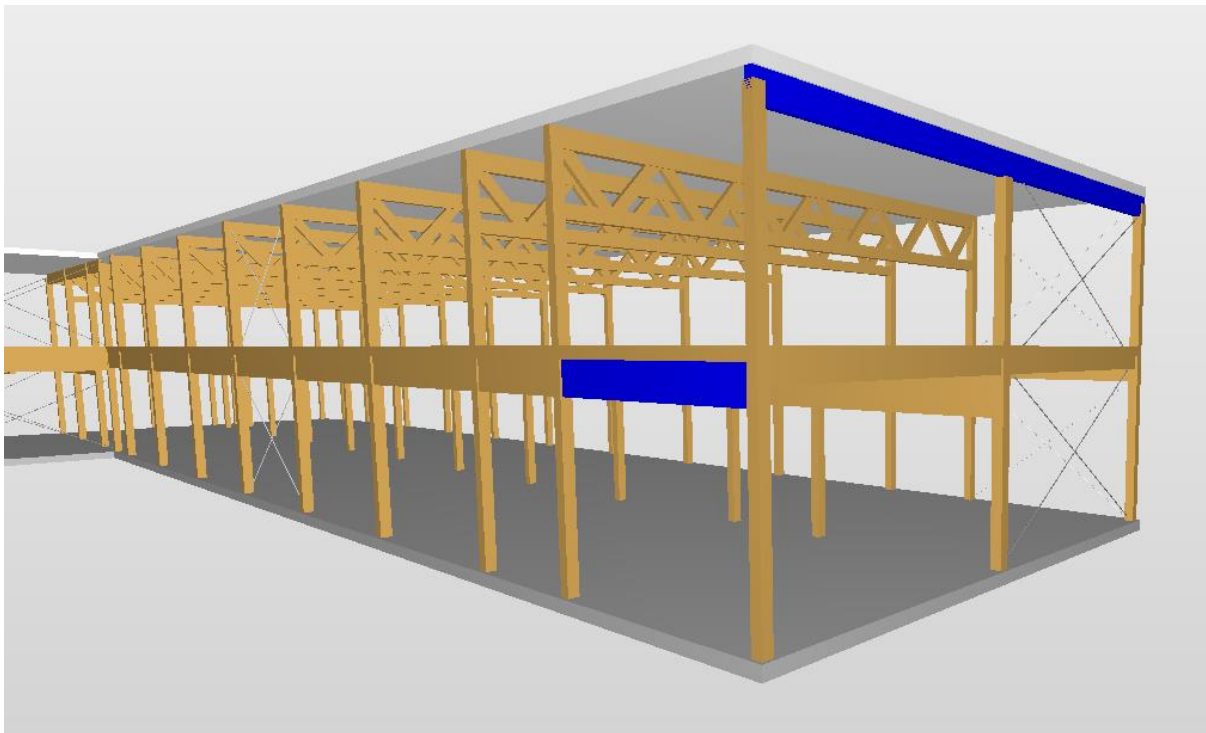
$\sigma_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkspenningen i fiberretningen

$f_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkfasthet i fiberretningen

$\sigma_{m,y,d}$  dimensjonerende bøyepennning om hovedakse y

$\sigma_{m,z,d}$	dimensjonerende bøyespenning om hovedakse z
$f_{m,y,d}$	dimensjonerende bøøyefasthet om hovedakse y
$f_{m,z,d}$	dimensjonerende bøøyefasthet om hovedakse z
$k_m$	faktor tar hensyn til omfordeling av bøyespenninger i et tverrsnitt
$k_{c,y}$ eller $k_{c,z}$	instabilitetsfaktor

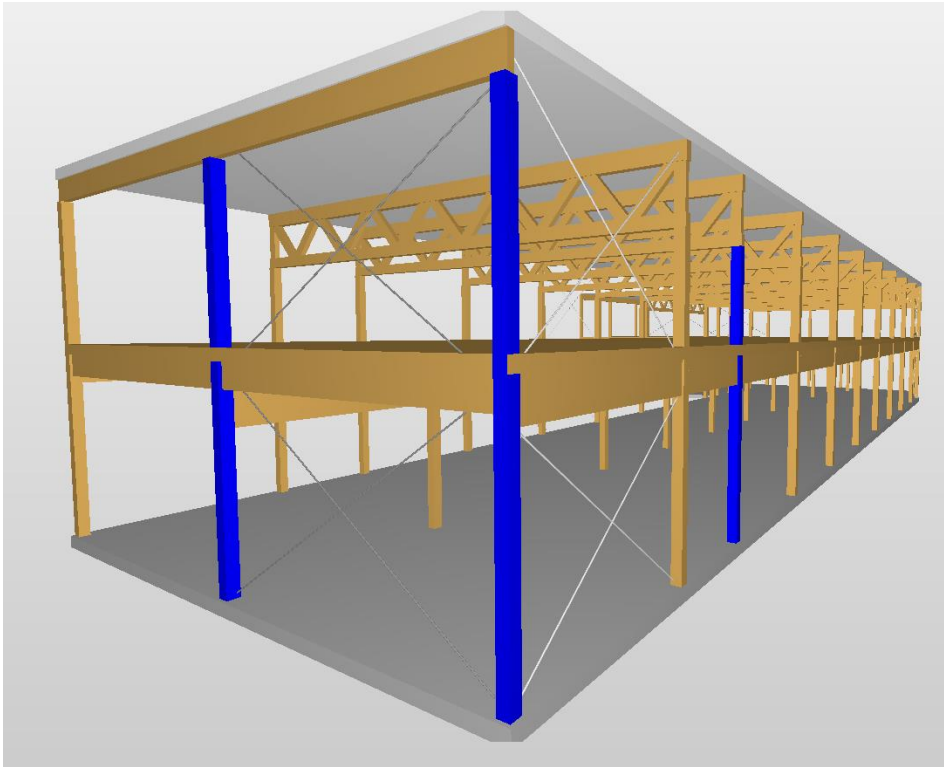
Dette er en ligning som benyttes på søyler, men ved å plassere søylen vannrett, får samme tilfellet. Her er det naturlig å se at det aksielle trykket ikke er så stort.  $\sigma_{c,0,d}$  er tilnærmet lik null på grunn av lite trykk i fiberretning, når hovedlasten kommer på tvers av fiberretningen.  $\sigma_{m,z,d}$  neglisjeres på grunn av bjelken er fastholdt i toppen med bjelkelagene som kommer inn på hver side. Det hindrer bøyning om z' akse.



Figur 28 - Randbjelke og bjelke i yttervegg

På randbjelken og bjelke i yttervegg gjelder de samme betingelser som bjelken mellom akse 5 - 7. Her er bjelken fastholdt i toppen med taket/massiv-tredekket så det hindrer vipping og knekking om z' akse. Laster som kommer ned på randbjelke er EL til tak konstruksjon + Snølast/NL + Vindlast. Nyttelast og egenlast treffer bjelke i 2. etasje.

## 5.4.2 Søyler



Figur 29 - Søylene i konstruksjonen

Ovenfor er søylene i konstruksjonen avbildet, med en hjørnesøyle, en søyle i gavelvegg og en standard søyle i en langvegg. Laster som påvirker søylene er egenlasten til taket + Snølast + Vindlast fra forskjellige retninger. Nedenfor følger en overikt over hva disse må oppfylle.

### 6.1.4 Trykk i fiberretning - NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \quad (6.2)$$

$\sigma_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkspenningen i fiberretningen

$f_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkfasthet i fiberretningen

### 6.1.7 Skjær - NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (6.13)$$

$\tau_d$  er den dimensjonerende skjærspenning

$f_{v,d}$  er den dimensjonerende skjærfastheten under de faktiske forhold

#### 6.2.4 Kombinert bøyning og aksialt trykk - NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.19)$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.20)$$

$\sigma_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkspenningen i fiberretningen

$f_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkfasthet i fiberretningen

$\sigma_{m,y,d}$  dimensjonerende bøyepening om hovedakse y

$\sigma_{m,z,d}$  dimensjonerende bøyepening om hovedakse z

$f_{m,y,d}$  dimensjonerende bøyefasthet om hovedakse y

$f_{m,z,d}$  dimensjonerende bøyefasthet om hovedakse z

$k_m$  faktor tar hensyn til omfordeling av bøyepeninger i et tverrsnitt

#### 6.3.2 Søyler utsatt for trykk eller en kombinasjon av trykk og bøyning -

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.23)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.24)$$

$\sigma_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkspenningen i fiberretningen

$f_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkfasthet i fiberretningen

$\sigma_{m,y,d}$  dimensjonerende bøyepening om hovedakse y

$\sigma_{m,z,d}$  dimensjonerende bøyepening om hovedakse z

$f_{m,y,d}$  dimensjonerende bøyefasthet om hovedakse y

$f_{m,z,d}$  dimensjonerende bøyefasthet om hovedakse z

$k_m$  faktor tar hensyn til omfordeling av bøyepeninger i et tverrsnitt

$k_{c,y}$  eller  $k_{c,z}$  instabilitetsfaktor

#### 6.3.3 Bjelker utsatt for bøyning eller en kombinasjon av bøyning og trykk -

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} f_{m,d} \quad (6.33)$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (6.35)$$

$\sigma_{m,d}$  er den dimensjonerende bøyespenningen

$f_{m,d}$  er den dimensjonerende børefastheten

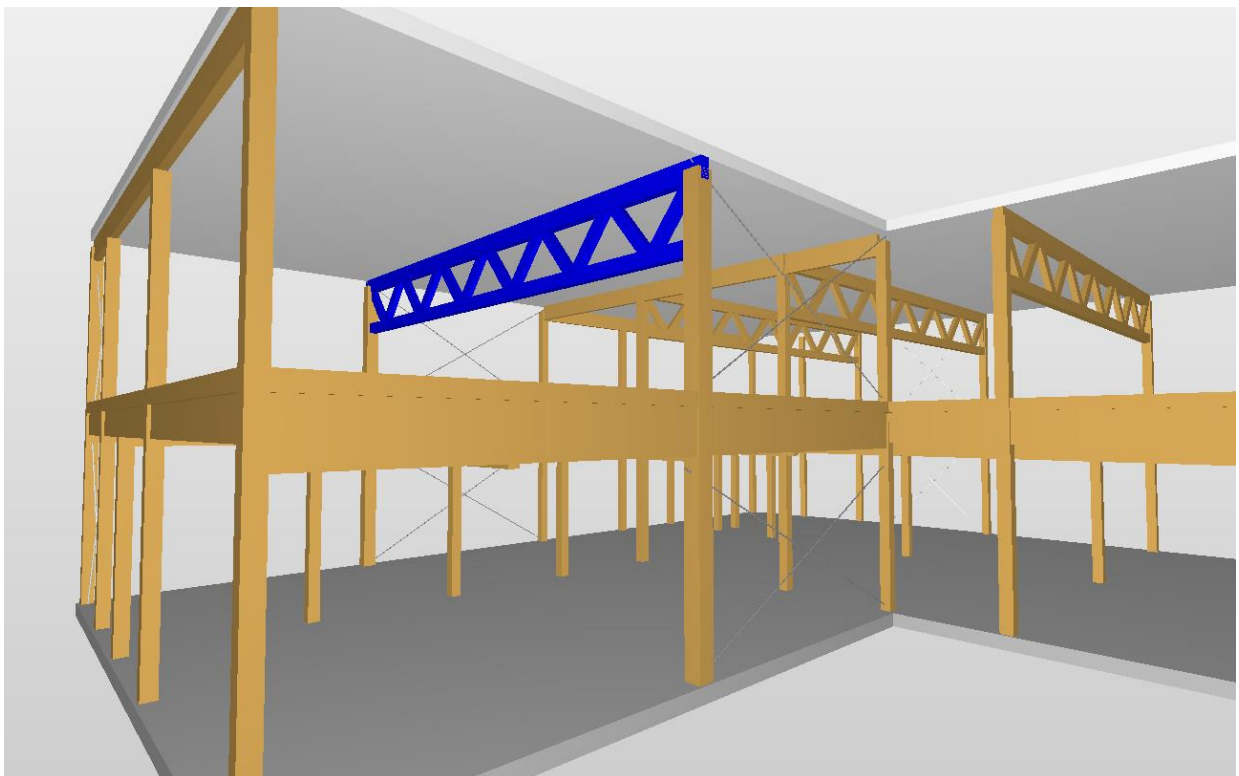
$\sigma_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkspenningen i fiberretningen

$f_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkfastheten i fiberretningen

$k_{c,z}$  instabilitetsfaktor

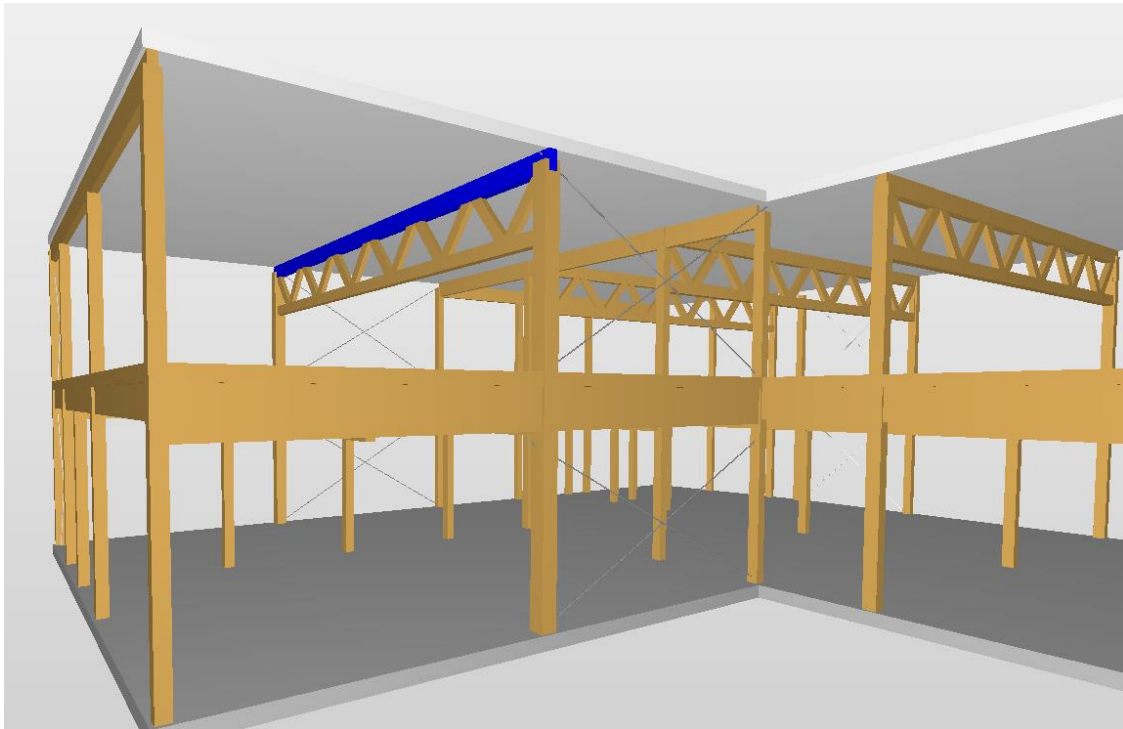
$k_{crit}$  er en faktor som tar hensyn til den reduserte børefastheten som følge av sideveis utbøying

### 5.4.3 Fagverk



Figur 30 - Fagverket

Fagverket får laster ifra egenlasten til taket + Snølast + Vindlast. Det består av 12 trykk/strekk staver med dimensjon b x h = 155mm x 260mm. Overgurten med dimensjon b x h = 200mm x 400mm og en undergurt med dimensjoner b x h = 200mm x 300mm. Når vi har dimensjonert fagverket har vi tatt utgangspunkt der det kommer størst laster. Fagverket i akse D fra FEM-analysen har størst lastområde.



Figur 31 - Overgurten i fagverket

Overgurt bxh = 200mmx400mm. Nedenfor følger ligninger som må oppfylles for at overgurt skal ha tilstrekkelig kapasitet:

### 6.3.2 Søyler utsatt for trykk eller en kombinasjon av trykk og bøyning -

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.23)$$

$\sigma_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkspenningen i fiberretningen

$f_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkfasthet i fiberretningen

$\sigma_{m,y,d}$  dimensjonerende bøyesspenning om hovedakse y

$\sigma_{m,z,d}$  dimensjonerende bøyesspenning om hovedakse z

$f_{m,y,d}$  dimensjonerende bøyefasthet om hovedakse y

$f_{m,z,d}$  dimensjonerende bøyefasthet om hovedakse z

$k_m$  faktor tar hensyn til omfordeling av bøyesspenninger i et tverrsnitt

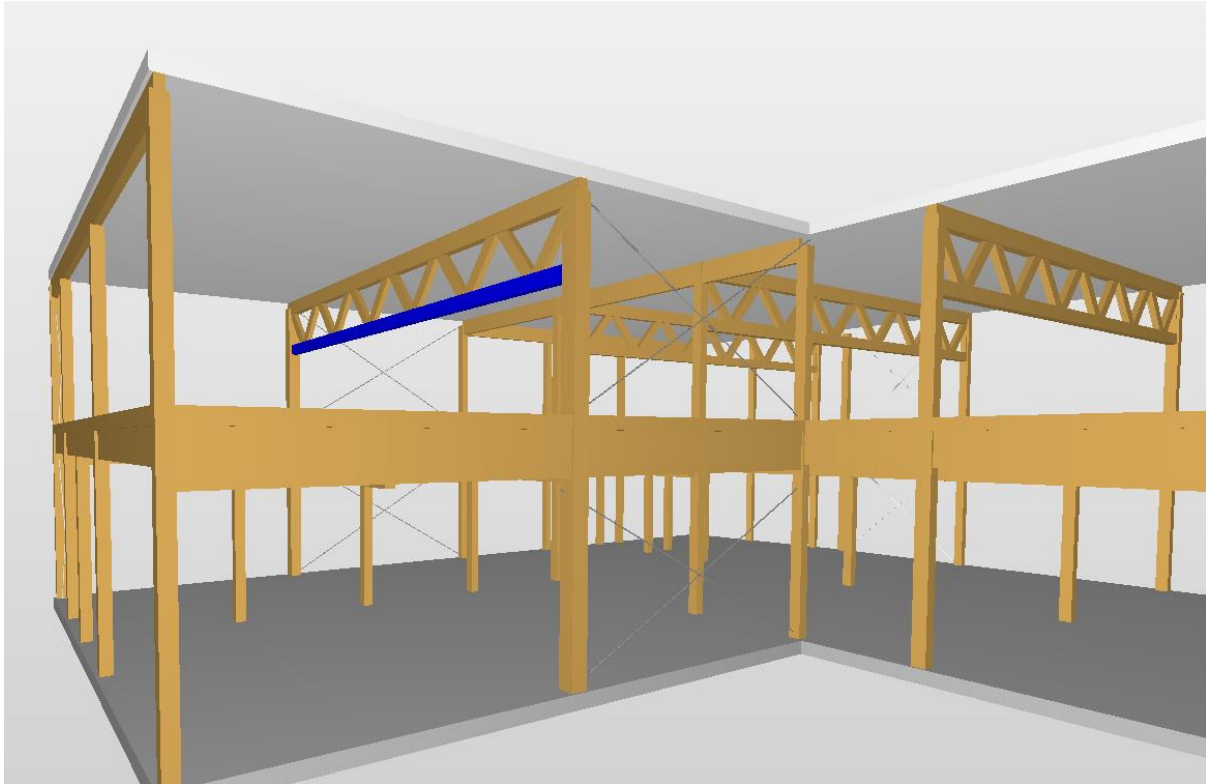
$k_{c,y}$  instabilitetsfaktor

### 6.1.7 Skjær - NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (6.13)$$

$\tau_d$  er den dimensjonerende skjærspenning

$f_{v,d}$  er den dimensjonerende skjærfasteheten under de faktiske forhold



Figur 32 - Undergurten i fagverket

Undergurten  $b_{xh} = 200\text{mm} \times 300\text{mm}$ . Nedenfor følger ligninger som må oppfylles for at undergurten skal ha tilstrekkelig kapasitet:

### 6.1.7 Skjær - NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (6.13)$$

$\tau_d$  er den dimensjonerende skjærspenning

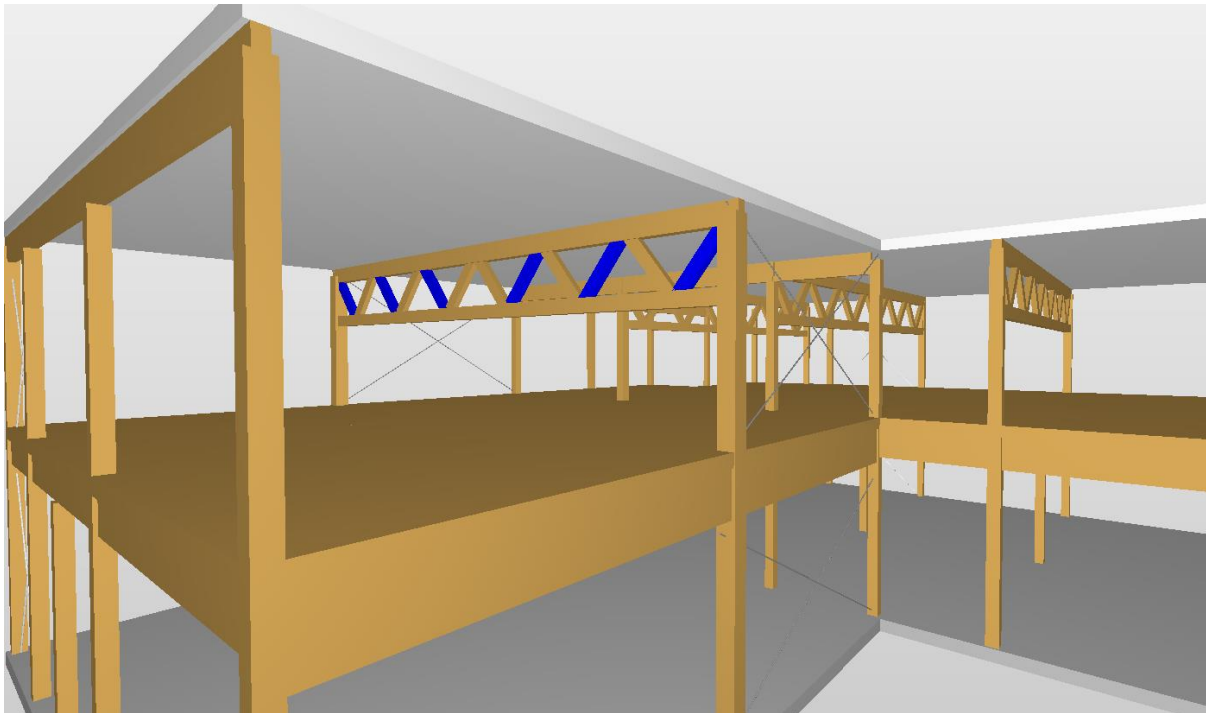
$f_{v,d}$  er den dimensjonerende skjærfasteheten under de faktiske forhold

### 6.2.3 Kombinert bøyning og aksielt strekk - NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.17)$$



- $\sigma_{t,0,d}$  dimensjonerende strekkspenning i fiberretningen
- $\sigma_{m,y,d}$  dimensjonerende bøyespenning om hovedakse y
- $\sigma_{m,z,d}$  dimensjonerende bøyespenning om hovedakse z
- $f_{t,0,d}$  dimensjonerende strekkfasthet i fiberretningen
- $f_{m,y,d}$  dimensjonerende bøøyefasthet om hovedakse y
- $f_{m,z,d}$  dimensjonerende bøøyefasthet om hovedakse z
- $k_m$  faktor tar hensyn til omfordeling av bøyespenninger i et tverrsnitt



Figur 33 - Strekkstag

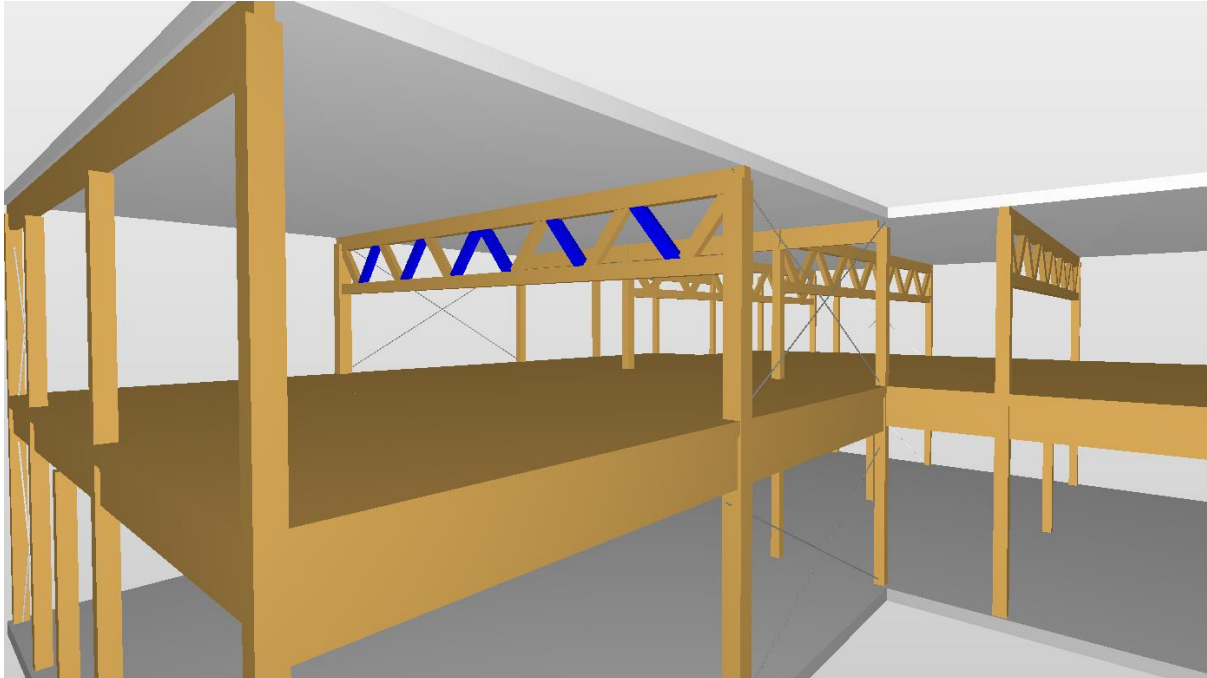
Dimensjon på strekkstag  $b \times h = 155 \text{ mm} \times 260 \text{ mm}$ . Nedenfor følger ligninger som må oppfylles for at det skal være dimensjonerende.

### 6.2.3 Kombinert bøying og aksielt strekk - NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.17)$$

- $\sigma_{t,0,d}$  dimensjonerende strekkspenning i fiberretningen
- $\sigma_{m,y,d}$  dimensjonerende bøyespenning om hovedakse y
- $\sigma_{m,z,d}$  dimensjonerende bøyespenning om hovedakse z
- $f_{t,0,d}$  dimensjonerende strekkfasthet i fiberretningen

- $f_{m,y,d}$  dimensjonerende bøyefasthet om hovedakse y
- $f_{m,z,d}$  dimensjonerende bøyefasthet om hovedakse z
- $k_m$  faktor tar hensyn til omfordeling av bøyespenninger i et tverrsnitt



Figur 34 - Trykkstav

Dimensjon på trykkstag  $b \times h = 155 \text{ mm} \times 260 \text{ mm}$ . Nedenfor følger ligninger som må oppfylles for at trykkstagene skal være dimensjonerende:

### 6.3.2 Søyler utsatt for trykk eller en kombinasjon av trykk og bøyning -

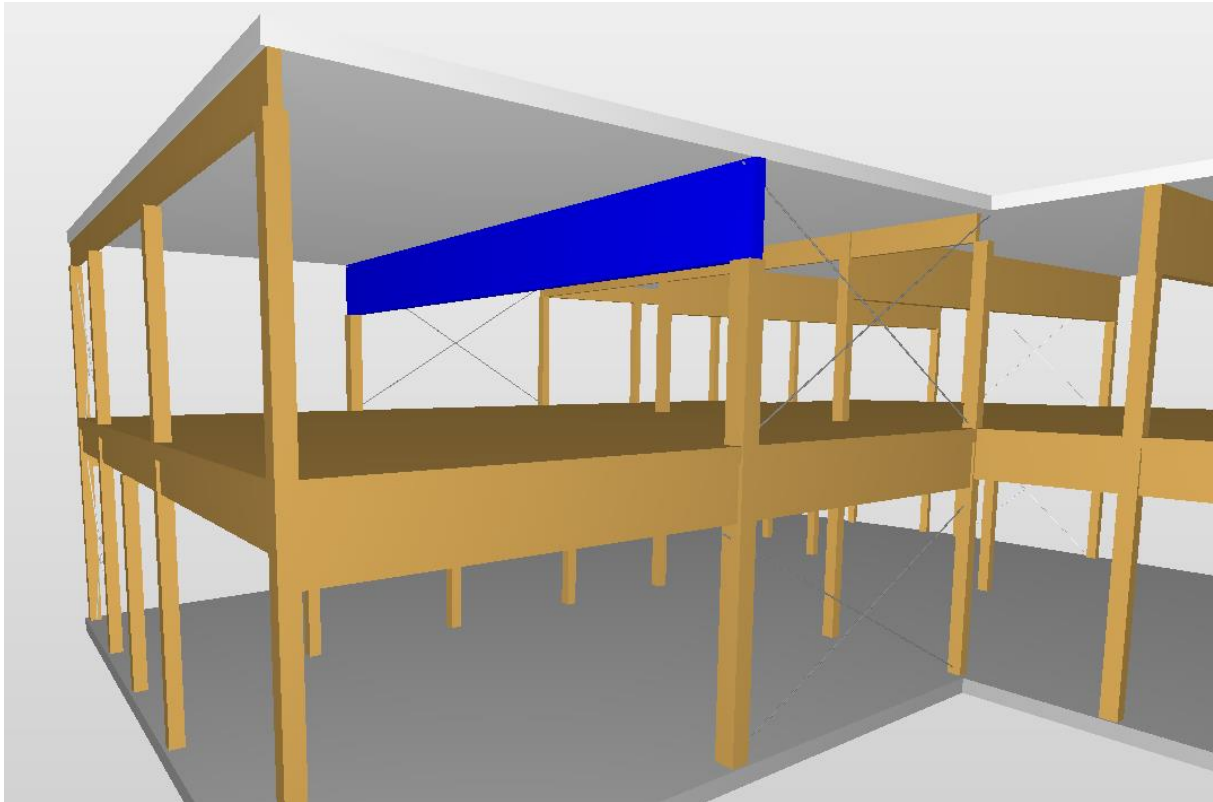
NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.24)$$

- $\sigma_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkspenningen i fiberretningen
- $f_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkfasthet i fiberretningen
- $\sigma_{m,y,d}$  dimensjonerende bøyespennning om hovedakse y
- $\sigma_{m,z,d}$  dimensjonerende bøyespennning om hovedakse z
- $f_{m,y,d}$  dimensjonerende bøyefasthet om hovedakse y
- $f_{m,z,d}$  dimensjonerende bøyefasthet om hovedakse z
- $k_m$  faktor tar hensyn til omfordeling av bøyespenninger i et tverrsnitt

$k_{c,z}$  instabilitetsfaktor

#### 5.4.4 Takbjelke



Figur 35 - Takbjelke

For at bjelken skal kunne dimensjoneres må den oppfylle følgende ligninger nedenfor:

##### 6.1.7 Skjær - NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (6.13)$$

$\tau_d$  er den dimensjonerende skjærspenning

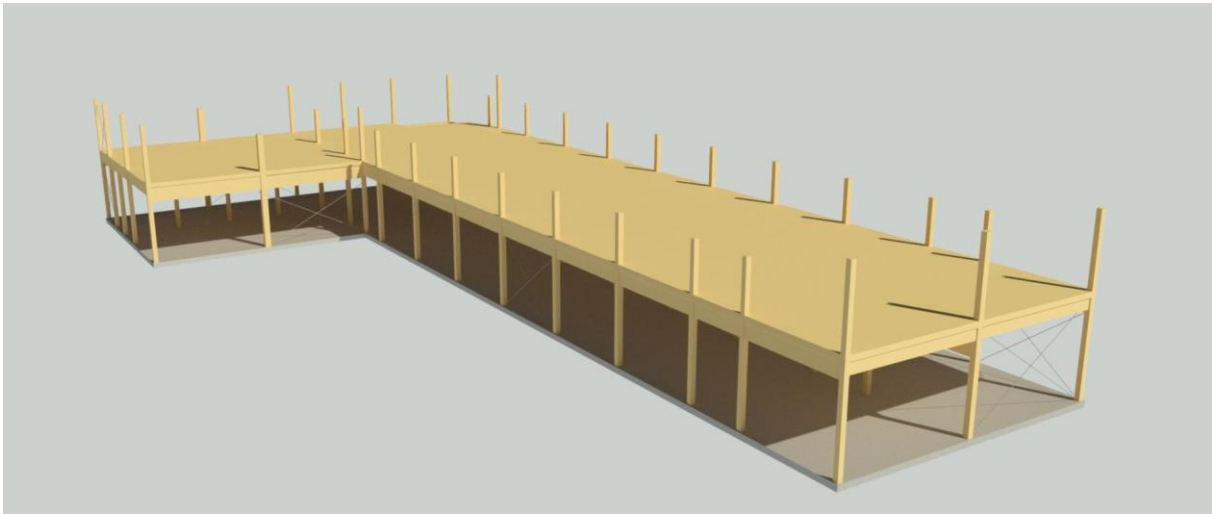
$f_{v,d}$  er den dimensjonerende skjærfasteheten under de faktiske forhold

##### 6.3.3 Bjelker utsatt for bøyning eller en kombinasjon av bøyning og trykk -

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} f_{m,d} \quad (6.33)$$

## 5.5 Etasjeskiller i massivtre elementer



Figur 36 - Massivtredekket

Hele dekket fungerer som en stiv horisontalplate. Det blir utsatt for egenlast til vegger, himling (under), gulvoppbygging, sin egen egenlast og nyttelaster. Følgende ligninger må være oppfylt for at dekket skal være dimensjonerende.

### 6.1.4 Trykk i fiberretning - NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \quad (6.2)$$

$\sigma_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkspenningen i fiberretningen

$f_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkfasthet i fiberretningen

### 6.1.7 Skjær - NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (6.13)$$

$\tau_d$  er den dimensjonerende skjærspenningen

$f_{v,d}$  er den dimensjonerende skjærfastheten under de faktiske forhold

### 6.2.3 Kombinert bøyning og aksielt strekk - NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.17)$$

- $\sigma_{t,0,d}$  dimensjonerende strekkspenning i fiberretningen
- $\sigma_{m,y,d}$  dimensjonerende bøyespenning om hovedakse y
- $\sigma_{m,z,d}$  dimensjonerende bøyespenning om hovedakse z
- $f_{t,0,d}$  dimensjonerende strekkfasthet i fiberretningen
- $f_{m,y,d}$  dimensjonerende bøyefasthet om hovedakse y
- $f_{m,z,d}$  dimensjonerende bøyefasthet om hovedakse z
- $k_m$  faktor tar hensyn til omfordeling av bøyespenninger i et tverrsnitt


### 6.2.4 Kombinert bøyning og aksialt trykk - NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \tag{6.19}$$

- $\sigma_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkspenningen i fiberretningen
- $f_{c,0,d}$  er den dimensjonerende trykkfasthet i fiberretningen
- $\sigma_{m,y,d}$  dimensjonerende bøyespenning om hovedakse y
- $\sigma_{m,z,d}$  dimensjonerende bøyespenning om hovedakse z
- $f_{m,y,d}$  dimensjonerende bøyefasthet om hovedakse y
- $f_{m,z,d}$  dimensjonerende bøyefasthet om hovedakse z
- $k_m$  faktor tar hensyn til omfordeling av bøyespenninger i et tverrsnitt

## 5.6 Horisontalavstivning

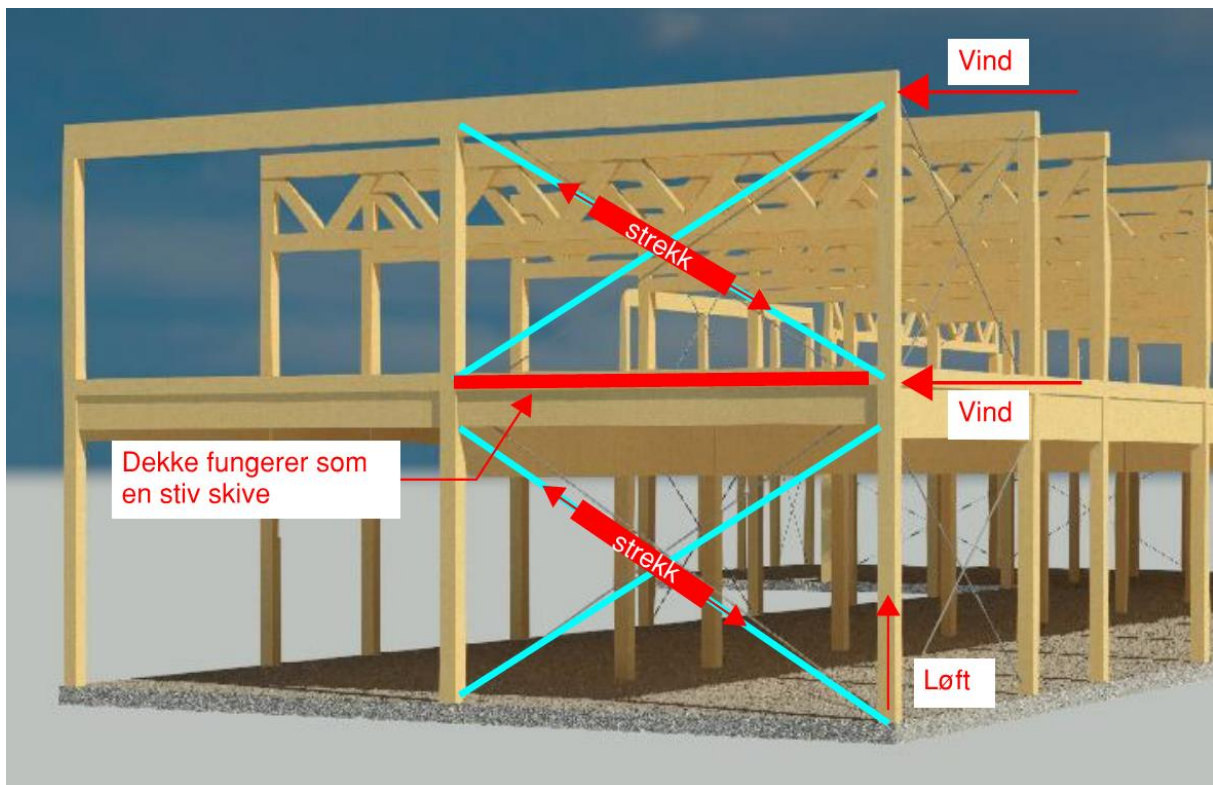
For å ta hensyn til horisontale krefter som påvirker bygget har vi satt inn vindkryss. I modell og FEM-analysen har vi satt inn provisoriske strekkstag. Strekkstagene som vi benytter i prosjektet er produkter ifra ASDO. Henviser til produktblad, vedlegg 3.



**Table 3 - Carbon steel**

Dimensional data		M12	M16	M20	M24	M27	M30	M36	M42	M48	M56	M60	M66	M72	M78	M84	M90	M96	M102	M108	M114	M120	M126	M132	M138	M144	M150	M156				
Nominal thread size																																
Nominal shaft size	mm	12	16	20	24	27	30	36	42	48	56	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144	150	156				
Shaft area, A <sub>s</sub>	mm <sup>2</sup>	113	201	314	452	573	707	1,018	1,385	1,591	1,810	2,134	2,643	2,827	3,217	3,632	4,072	4,538	5,027	5,675	6,342	7,088	7,894	8,659	9,503	10,387	11,310	12,273	15,394	17,471	20,106	
Thread pitch	mm	1,75	2	2,5	3	3	3,5	4	4,5	5	5	5,5	5,5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		
Thread stress area, A <sub>s</sub>	mm <sup>2</sup>	84	157	245	353	439	541	817	1,121	1,266	1,473	1,736	2,030	2,242	2,476	2,855	3,240	3,649	4,044	4,748	5,311	6,273	6,795	7,755	8,554	9,395	10,276	12,149	14,181	16,276		
Weight per metre (steel)	kg/m	0,7	1,4	2,5	3,4	4,2	5,5	8,2	10,9	12,5	14,2	16,7	19,3	22,2	25,3	28,5	32,0	35,8	39,7	44,5	49,3	55,4	61,7	68,0	74,4	81,5	89,8	104,2	120,8	138,7	157,8	
Load capacity (steel)	kN																															
		ASDO300-5 Ultimate	31	85	122	170	218	282	441	625	705	795	949	1,094	1,275	1,465	1,650	1,848	2,100	2,344	2,672	2,987	3,362	3,657	4,084	4,500	5,019	4,472	7,654	8,934	10,313	11,791
		ASDO300-5 Ultimate	43	110	171	247	322	392	572	795	914	1,031	1,230	1,421	1,653	1,873	2,139	2,422	2,723	3,041	3,443	3,914	4,391	4,894	5,584	6,074	6,670	7,294	8,626	10,068	11,623	13,289
		ASDO300-5 F <sub>102</sub>	30	79	123	178	232	283	412	565	658	742	886	1,023	1,190	1,349	1,540	1,744	1,960	2,189	2,494	2,818	3,162	3,525	3,945	4,374	4,803	5,252	6,210	7,249	8,368	9,568

Figur 37 - Strekkstag til horisontalavstivningen, se vedlegg 3



Figur 38 – Horisontalavstivning

## 5.7 Miljø

I vår sammenligning av stål og limtre vil vi gjøre en forenklet miljøberegning som legger til grunn utarbeidede miljødeklarasjoner fra EPD(Enviromental Product Declaration) Norge. «EPD er et tretrinnsverifisert og registrert dokument med informasjon om produkters miljøprestasjon gjennom hele livssyklusen» (EPD Norge, n.d.). Rapportene er basert på en LCA(Livsløpsvurdering) og internasjonale standarder. Dette dokumentet utvikles av seriøse aktører som er leverandør av produktet.

Det er verdt å nevne at det er flere faktorer som kan vurderes når man skal vurdere påkjenningen et produkt har på miljøet. I deklarasjonene fra EPD Norge fremstilles 7 forskjellige indikatorer i miljøprofilen. Vi ønsker i vår sammenligning å se konkret på GWP(Global warming potential) som er en av disse sju indikatorene. GWP benyttes for å finne akkumulert oppvarmingseffekt i forhold til CO<sub>2</sub> over en gitt periode (LCA.no AS, n.d.).

Vi ønsker å se på tidsperioden “fra krybbe til grav”. På denne måten får vi et bilde av CO<sub>2</sub> avtrykket som gis i hele produktets levetid fra den produseres til det skal gjenvinnes/resirkuleres.

I denne miljødelen av oppgaven ønsker vi å belyse miljøpåkjennelsen til stål og limtre. Vi vil derfor begrense oss til å se på bygningskonstruksjonen uten etasjeskiller da hulldekker bestående av betong vil gi et CO<sub>2</sub>-avtrykk som forstyrrer sammenligningen av stål og limtre.

Beregningsgrunnlaget skal, som beskrevet ovenfor ta utgangspunkt i miljødeklarasjonene fra EPD Norge. Deklarasjonene vi benytter er henholdsvis utført av ledene leverandører innen limtre og stål, Moelven limtre AS og Norsk stål AS.

- Bjelker og formstål: NEPD – 2526-1260-NO
- Standard Limtre: NEPD –1576-605-NO

## 5.8 Økonomi

Oppgaven har også som mål og belyse det økonomiske aspektet ved valg av materiell. Vi har derfor sammenlignet prisene for stål og limtre og funnet kostnadene som følger med materiell, transport og montering av et slikt næringsbygg. Vi har ikke forutsetninger til å utføre en økonomisk analyse, så det økonomiske estimatet som legges frem baserer seg i all hovedsak på erfaringspriser og tilbud hentet fra relevante og troverdige leverandører.

En viktig presisering er at vurderinger og tilbud baserer seg på hovedbæresystemet til næringsbygget i Høvik. Fundamentering, tak, drift og utførelse av utvendige fasader er ikke med i estimatet. Det er også en nødvendighet å påpeke at prisene i Europa er preget av ettervirkningene som fulgte med covid-19 pandemien og dagens (Mai 2022) konflikt mellom Ukraina og Russland.

### Stål

Basert på tilbud hentet fra Smith stål, IPOA og SL mekaniske har vi kommet frem til en veiledende gjennomsnittspris:

- 32 kr,- pr. Kilo stål. (pr.Mars 2022) eks. Moms

Inkluderer transport og montering.

### Hulldekker

Basert på tilbud fra dekkesystemer AS som er leverandør av hulldekker og montasjetjenester vil det

forekomme følgende kostnader for hulldekke:

- 1 512 000 kr,- for dekket på 1000 m<sup>2</sup> (tilsvare dekket på prosjektet i Høvik)
- 170 000kr,- i montasjekostnader

### **Limtre**

Prisene på limtre baserer seg i all hovedsak på tilbud og korrespondanse med Splitkon og Moelven limtre. Veiledende gjennomsnittspris for limtre:

- 10 500 kr,- pr. m<sup>3</sup> eks. Moms

Inkluderer transport og montering

### **Etasjeskiller i massivtre**

Etter samtale med Norsk Massivtre AS som er produsert og leverandør av massivtreelementer og Byggmester Henriksen som har sin ekspertise i montering av massivtre har vi kommet frem til følgende priser:

- 15 000kr,- pr.m<sup>3</sup> eks moms, ink transport
- 150.000 kr,- i monteringskostnader



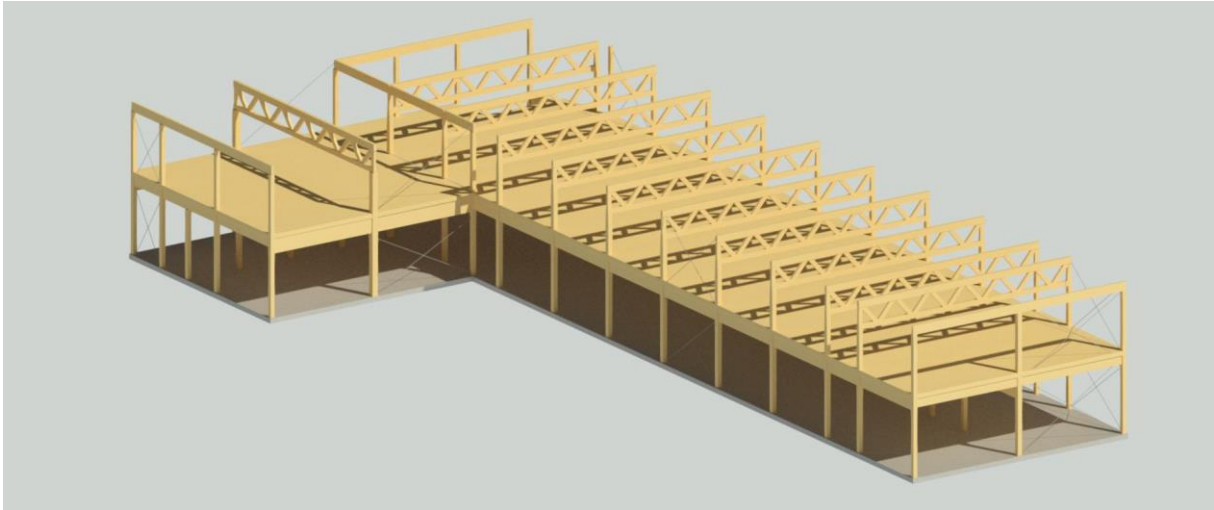
## 6 Resultat

### 6.1 Limtre

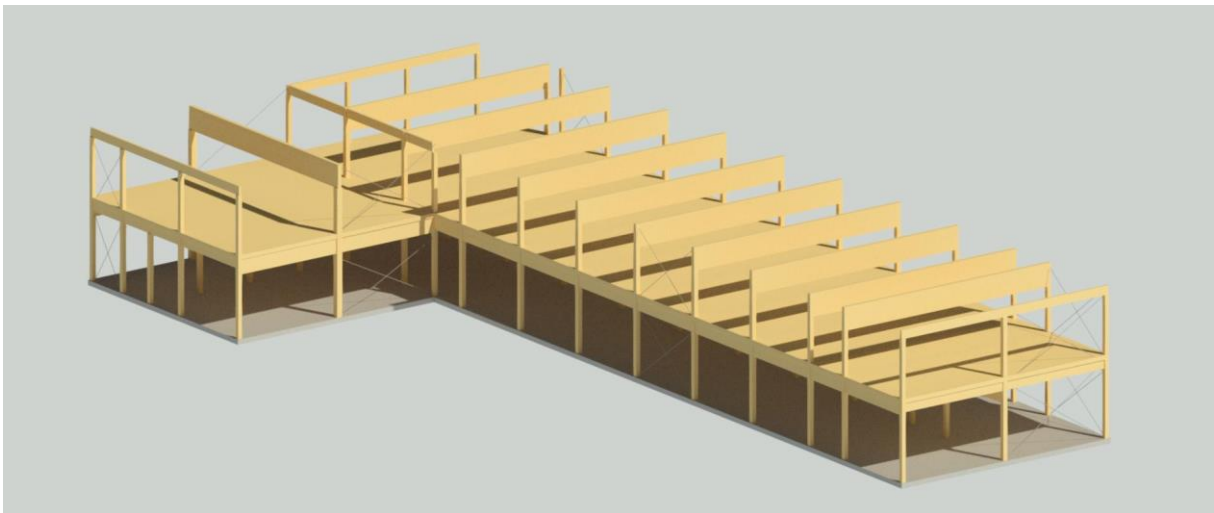
Ved våre beregninger i FEM-analysen og beregninger fra Focus-konstruksjon har vi kommet frem til følgende resultater hovedbæresystemet for limtre.

Tabell 18 - Resultater limtre

Type	Dimensjon	Kommentar	Antall	Høyeste utnyttelsesgrad (Brudd)
<b>Bjelker</b>				
GL30c	140x540	Randbjelker/Bæring etasjeskiller	25	93 %
GL30c	165x1125	Bæring etasjeskiller	2	90 %
GL30c	165x720	Bæring etasjeskiller	28	95 %
GL30c	165x900	Bæring etasjeskiller	5	85 %
GL30c	190x720	Bæring etasjeskiller	2	80 %
GL30c	190x945	Bæring etasjeskiller	3	94 %
GL30c	215x1305	Bæring etasjeskiller	5	96 %
<b>Søyler</b>				
GL30c	250x250		36	90 %
GL30c	275x275		14	78 %
GL30c	350x350		2	80 %
<b>Fagverk</b>				
Overgurt GL30c	200x400	Hoved bæresystem	22	71 %
Undergurt GL30c	200x300	Hoved bæresystem	11	90 %
Staver GL30c	155x260	Hoved bæresystem	154	50 %
<b>Takbjelke</b>				
Bjelke	230x1395	Hoved bæresystem	11	88 %



*Figur 39 - Limtrekonstruksjon med fagverk*

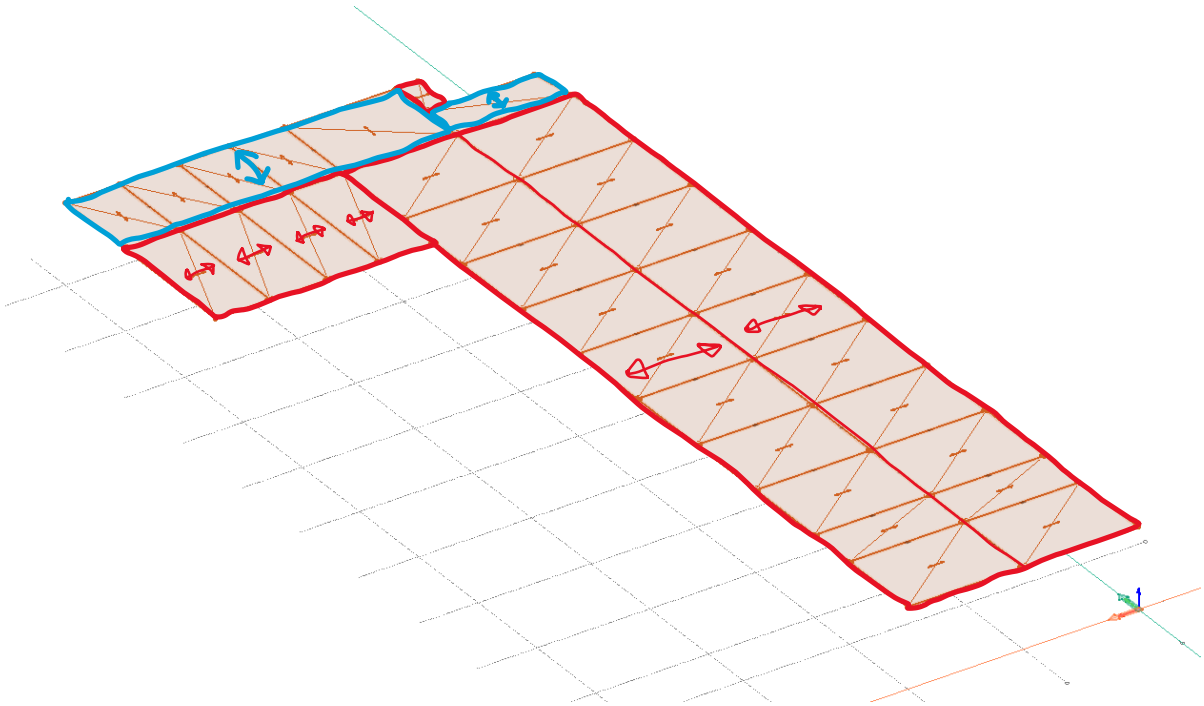


*Figur 40 - Limtrekonstruksjon med takbjelke*

## 6.2 Etasjeskiller i massivtre

Som etasjeskiller bruker vi CLT 260 L7s – 2. Høyeste utnyttelse på massivtre element er på 89%.

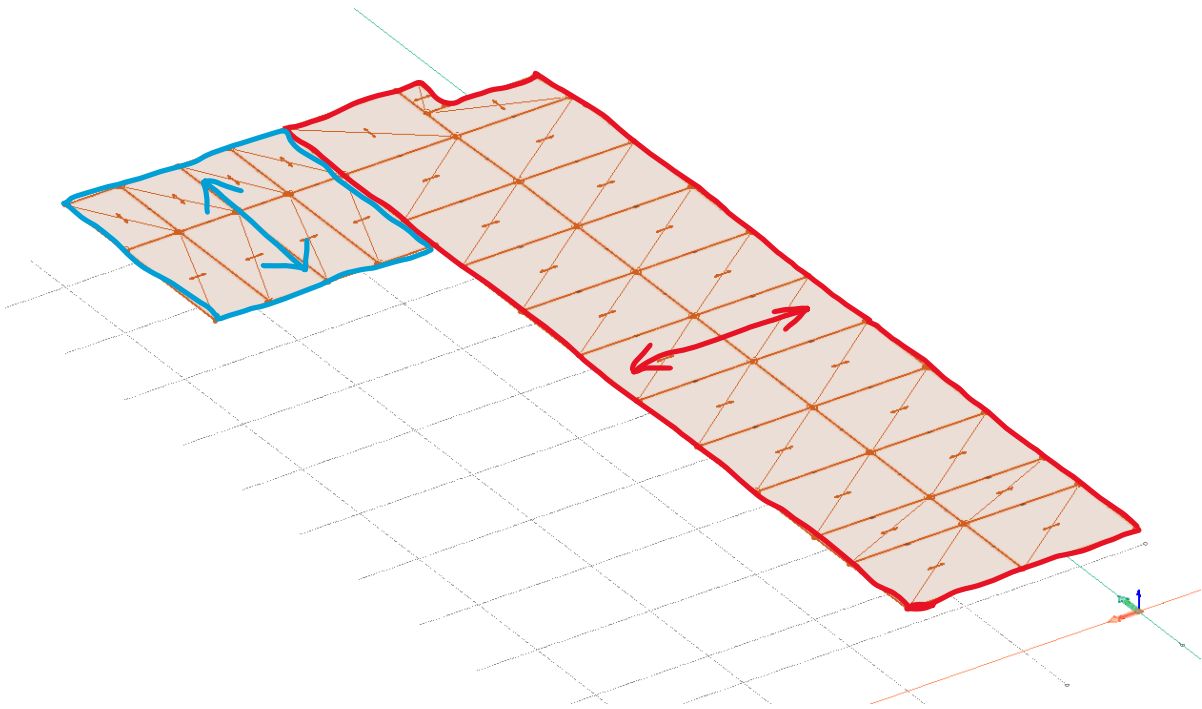
Arealet som massivtredekket opptar er på 1020m<sup>2</sup>.



Figur 41 - Oversikt massivtredekkets spennretninger

## 6.3 Etasjeskiller med hulldekker

Ut ifra arealet har vi antatt +/- 60stk hulldekker-elementer med standardbredde på 1200mm. Det er gitt ut ifra prosjektet at hulldekke elementene er 400mm høye. Dette er det vi har lagt til grunn for våre beregninger i økonomidelen. Under kan du se en skisse illustrasjoner på hvordan hulldekke-elementene spenner.



Figur 42 - Oversikt hulldekkets spennretninger

## 6.4 Horisontalavstivning

For valg av strekkstag som vindkryss velger vi å ta ut aksialkraft (strekk) fra FEM – analysen. Høyeste strekk er på 267kN. Vi velger «Table 3 – Carbon steel M30» med kapasitet på 283kN i alle vindkryss. Strekk stagene har vi ikke lagt til grunn i den økonomiske analysen på grunn av at de ville vært like på et stålbygg. Henviser til vedlegg 3 produktblad fra ASDO.

Tabell 19 - Kapasiteter til strekkstag, se vedlegg 3

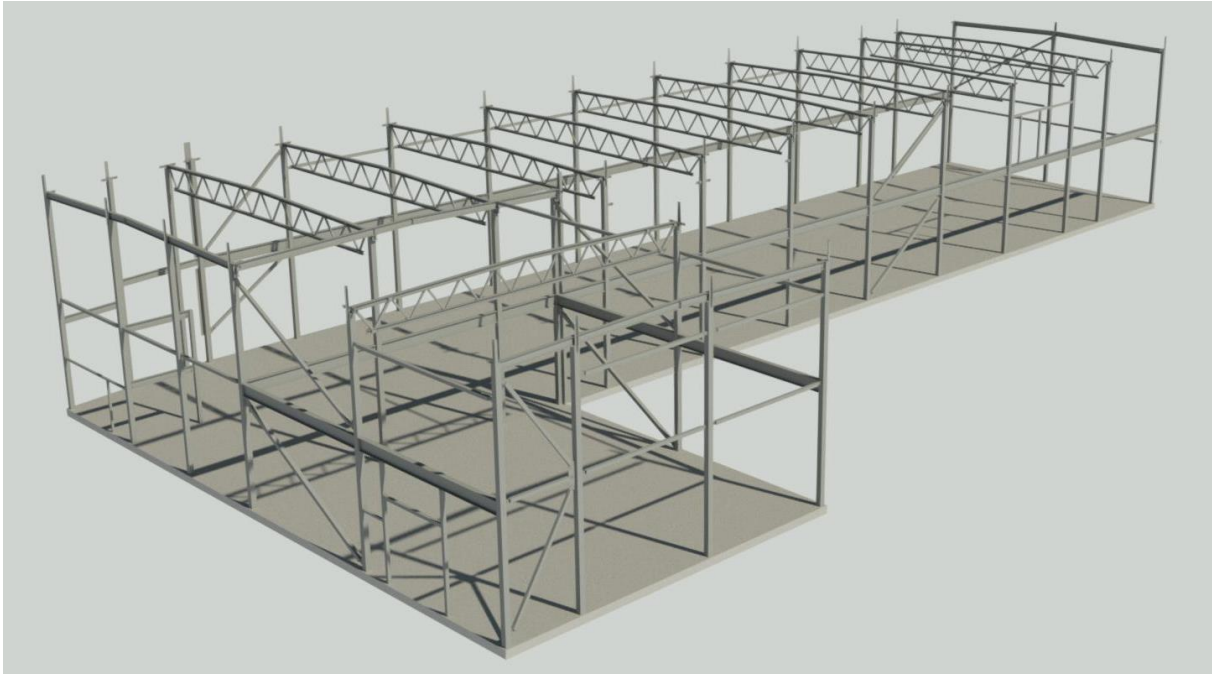
Table 3 - Carbon steel				M12	M16	M20	M24	M27	M30	
Dimensional data	Nominal thread size			M12	M16	M20	M24	M27	M30	
	Nominal shaft size			mm	12	16	20	24	27	30
	Shaft area, $A_s$			mm <sup>2</sup>	113	201	314	452	573	707
	Thread pitch			mm	1.75	2	2.5	3	3	3.5
	Thread stress area, $A_s$			mm <sup>2</sup>	84	157	245	353	459	561
Weight per metre (bar)			kg/m	0.9	1.6	2.5	3.6	4.5	5.5	
Load capacities	ASD0350-S	Yield	kN	-	-	-	-	-	-	
		Ultimate	kN	-	-	-	-	-	-	
	ASD0540-S	Yield	kN	31	85	132	190	248	303	
		Ultimate	kN	43	110	171	247	322	392	
Design resistance <sup>1</sup>	ASD0350-S	$F_{t,Rd}$	kN	-	-	-	-	-	-	
	ASD0540-S	$F_{t,Rd}$	kN	30	79	123	178	232	283	

## 6.5 Stål

Stålet er beregnet og gitt av Pro-Consult AS. Vi har fått en IFC – modell hvor vi har hentet ut dimensjoner og antall. Og vi har kun sett på hoved-bæresystemet. Alle andre stål dimensjoner er sett bort ifra.

Tabell 20 - Mengder stål i konstruksjonen

Type	Dimensjon	Kommentar	Antall
Bjelker			
IPE	270	Bæring etasjeskiller	10
IPE	450	Bæring etasjeskiller	26
Søyler			
RHS	180x6		7
RHS	200x6		19
RHS	200x8		9
RHS	200x10		1
Fagverk			
HEA	140	Overgurt	22
HEA	120	Undergurt	11
RHS (fagverk)	60x5	Skråstag	176
RHS (fagverk)	60x6	Skråstag	40



Figur 43 - 3D-modell av stålkonstruksjonen – Fra Pro-Consult

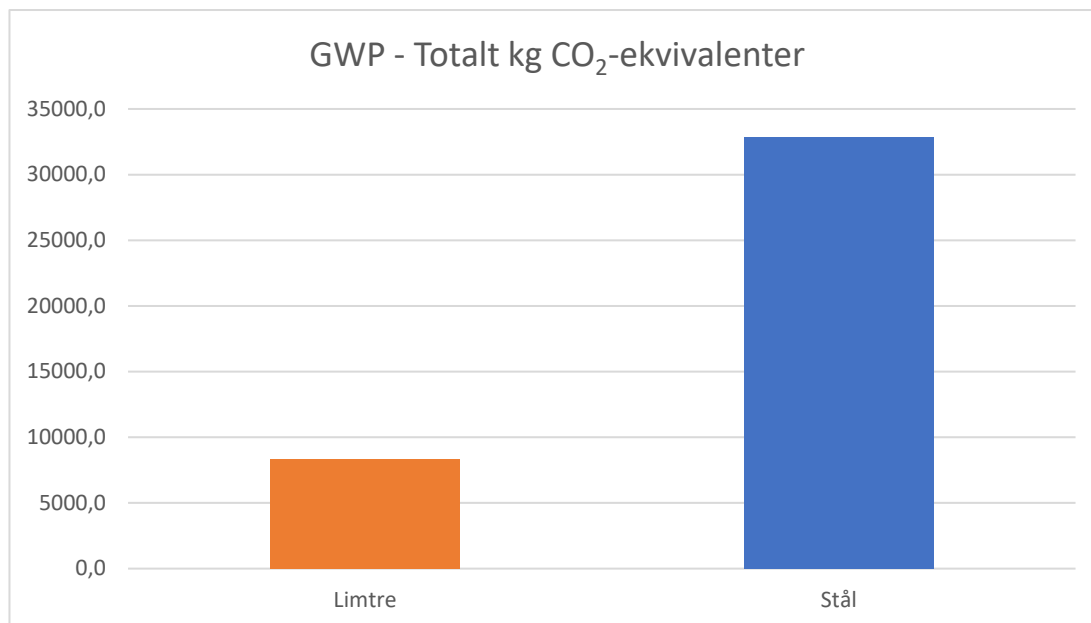
## 6.6 Miljø

For å finne hvilket CO<sub>2</sub> avtrykk produktene limtre og stål setter, fra produksjonsfase til endt levetid har vi benyttet oss av følgende miljødeklarasjoner:

- Bjelker og formstål: NEPD – 2526-1260-NO
- Standard Limtre: NEPD –1576-605-NO

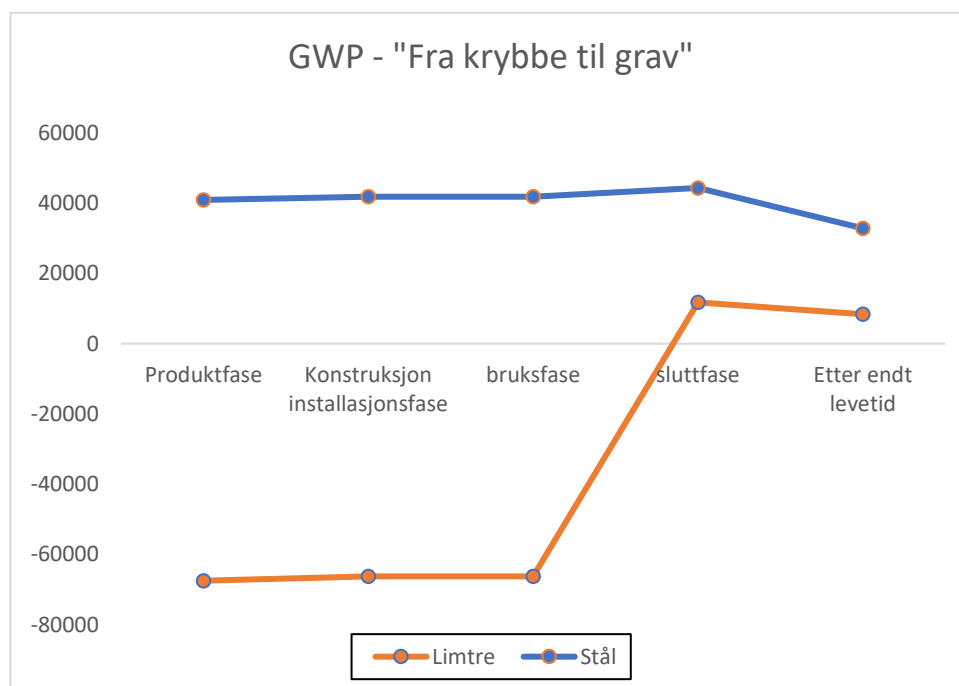
Tabell 21 - oversikt over totalt utslipp CO<sub>2</sub>-ekvivalenter

Materiale	Leverandør	Masse		GWP		Totalt kg CO <sub>2</sub> ekvivalenter
Limtre	Movelven limtre AS	75	m <sup>3</sup>	75,3	kg CO <sub>2</sub> ekvivalenter pr. m <sup>3</sup>	8358,8
Stål	Norsk stål	34687	kg	0,95	kg CO <sub>2</sub> ekvivalenter pr. Kg	32867,4



Figur 44 - Totalt utslipp CO<sub>2</sub>-ekvivalenter "fra krybbe til grav"

Disse rapportene har gitt oss nødvendig data til å avdekke det globale oppvarmings potensialet (GWP). Dette har vi gjort for å kunne sammenligne klimagassenes oppvarmingseffekt. Vi har lagt sammen samlet totalt antall kg CO<sub>2</sub> ekvivalenter per kilo stål og per m<sup>3</sup> limtre. Vi har hentet tall fra produksjonsfasen til produktets levetid er over og skal gjenvinnes. Ser vi på Figur 44 så er det liten tvil om at limtre er den suverene vinneren når vi skal tenke på produktets miljøvennlige egenskaper.



Figur 45 - Utslipp gjennom en livsytklus

Figur 45 gir oss et bedre bilde på produktenes avtrykk i de ulike fasene. Her ser vi at det allerede i produksjonsfasen utgjør en stor forskjell som også er utslagsgivende når vi til slutt ser på det totale avtrykket. Grunnen til at limtre starter på minus 15200 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenter pr m<sup>3</sup> er fordi trevirke har egenskapen til å binde mer CO<sub>2</sub> enn hva som brukes i produksjonen. Vannkraft og bruk av biobrensel gjør at energien som brukes i produksjonen er fornybar (Splitkon, n.d.).

Til forskjell fra stål, brukes det en del mer CO<sub>2</sub> ekvivalenter i bruksfasen til limtre. Dette er som en følge av behovet limtre har for vedlikehold, reparasjon og reovering. Denne «ekstra» energibruken vises i Figur 45 og vi kan se at denne har en stor innvirkning. Til tross for denne faktoren er det allikevel mulig å konkludere med at bruk av limtre som materiell i byggekonstruksjoner gir et mer positivt bidrag til miljøet enn stål.

## 6.7 Økonomi

### Bygningssystem i stål

Tabell 22 - Kostnader bæresystem i stål

Kostnader	volum/areal	pris
Stål (ink.frakt og montering)	34678 kg	kr 1 109 984,00
Hulldekke 400	1008 m <sup>2</sup>	kr 1 512 000,00
Montering hulldekke		kr 170 000,00
<b>sum</b>		<b>kr 2 791 984,00</b>

### Hovedbæresystem i Limtre

Tabell 23 - Kostnader bæresystem i limtre

kostnader	volum/areal	pris
Limtre (ink. Frakt og montering)	111 m <sup>3</sup>	kr 1 165 500,00
Etasjeskiller i massivtre	266 m <sup>2</sup>	kr 3 990 000,00
Montering etasjeskiller i massivtre		kr 150 000,00
<b>sum</b>		<b>kr 5 305 500,00</b>



## Sammenligning av totale kostnader ved limtre og stål

Tabell 24 - Prisdifferanse mellom stål og limtre

Bygningsystem	Totale kostnader
Stål	kr 2 791 984,00
Limtre	kr 5 305 500,00
<b>Prisdifferanse</b>	<b>kr 2 513 516,00</b>

Med næringsbygget i Høvik som utgangspunkt for det økonomiske estimatet ser vi at ved å benytte bygningssystemet i limtre vil kostnadene være nesten det dobbelte av prisen for bygningssystemet i stål. Det er verdt å merke seg her er at prisene for etasjeskillerer utgjør den store differansen i dette regnestykket. Ser vi på prisen for materialene isolert sett så vil de være langt mer sammenlignbare.

Vi kan da ut ifra dette estimatet konkludere med at det i dette prosjektet ikke er noen særlig tvil om at stål vil være en rimeligere løsning. Allikevel skal man ikke avskrive de økonomiske forutsetningene til limtre som konstruksjonsmateriale, da man for eksempel i næringsbygg og haller uten etasjeskiller, vil kunne få en mer konkurransedyktig på pris.

## 7 Diskusjon

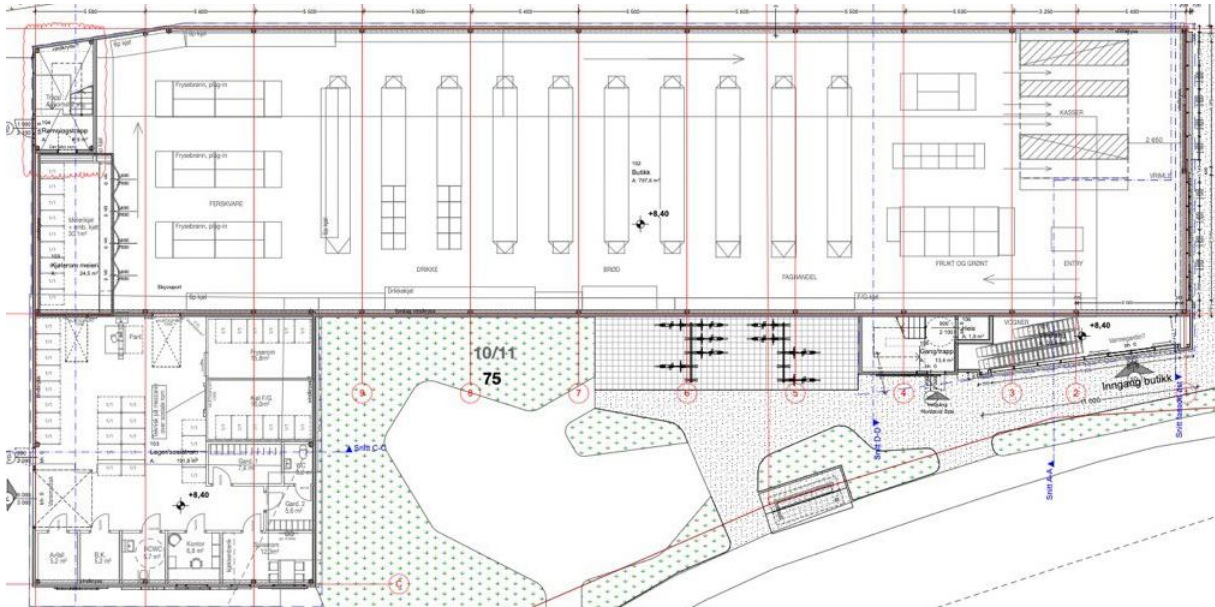
### 7.1 Dimensjonering

Denne oppgavens kjerne besto i å dimensjonere en gitt bygningssystem i stål, med limtre som bæresystem for å se hvilke konsekvenser dette vil gi dagens bygg. Behovet til brukeren var en åpen planløsning i 1. etasje og forretningsarealer i 2. etasje. Dette så vi raskt utfordringer med.

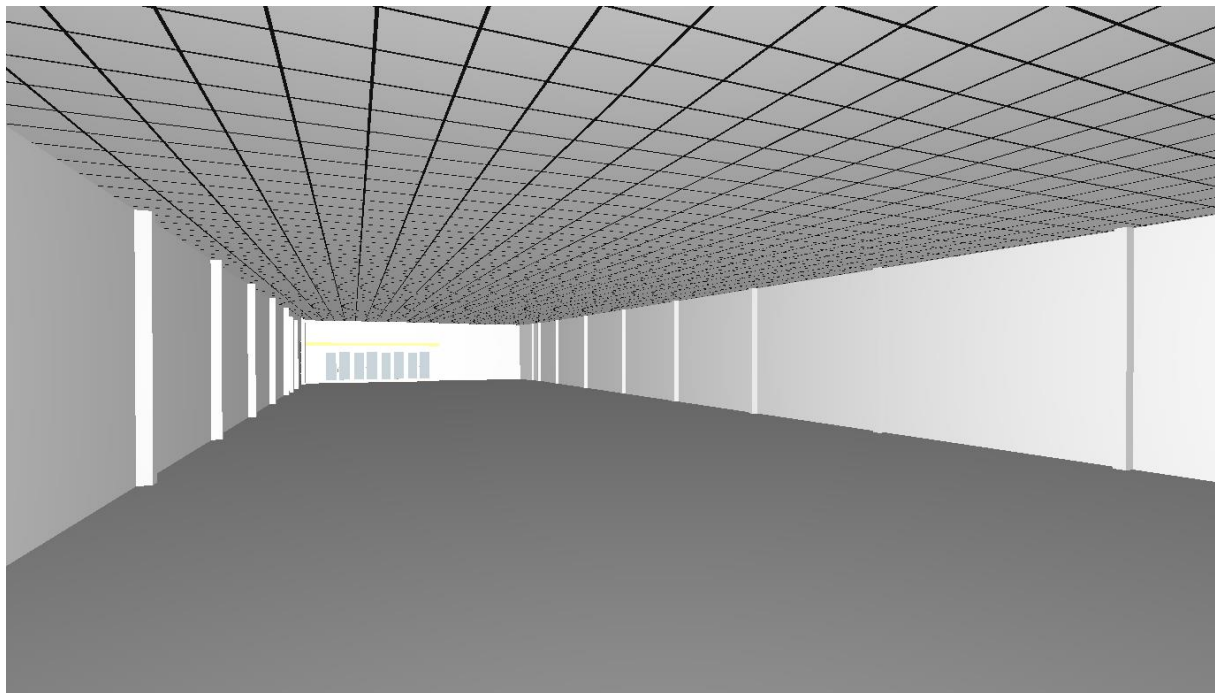
Med bruk av trebaserte løsninger må vi benytte oss av massivtre elementer. Massivtre elementer har ikke egenskapene som skal til for å ta et spenn på 14,2 meter. Man ville derfor ha behov for en ny bærelinje, noe som krever flere søyler i rommet og som dermed også naturligvis vil påvirke planløsningen for bygget. En annen utfordring er at man også får en synlig bærende drager som plasseres oppunder taket i 1. etasje. Her kan det oppstå konflikt med høye reoler som skulle vært plassert midt i bygget.

Vi har som nevnt i forutsetninger kapittel 3.1 kun dimensjonert limtrekonstruksjonen med trebaserte løsninger. Det er dermed ikke sagt at man ikke kan benytte hulldekke som etasjeskiller på et bæresystem i limtre, men dette har vi sett bort ifra i denne oppgaven.

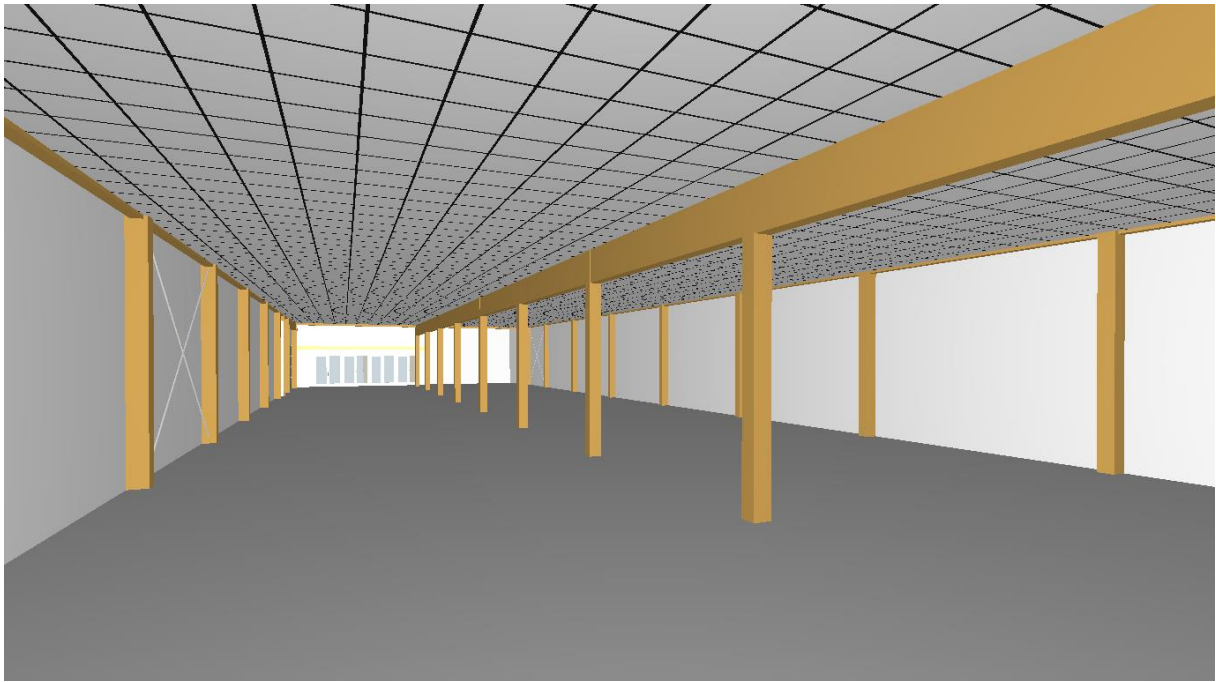
I figurene nedenfor ser vi planløsning for 1.etasjen og illustrasjonsbilder som viser hvordan planløsningen vil se ut i praksis ved bruk av massivtre elementer og hulldekke som etasjeskiller.



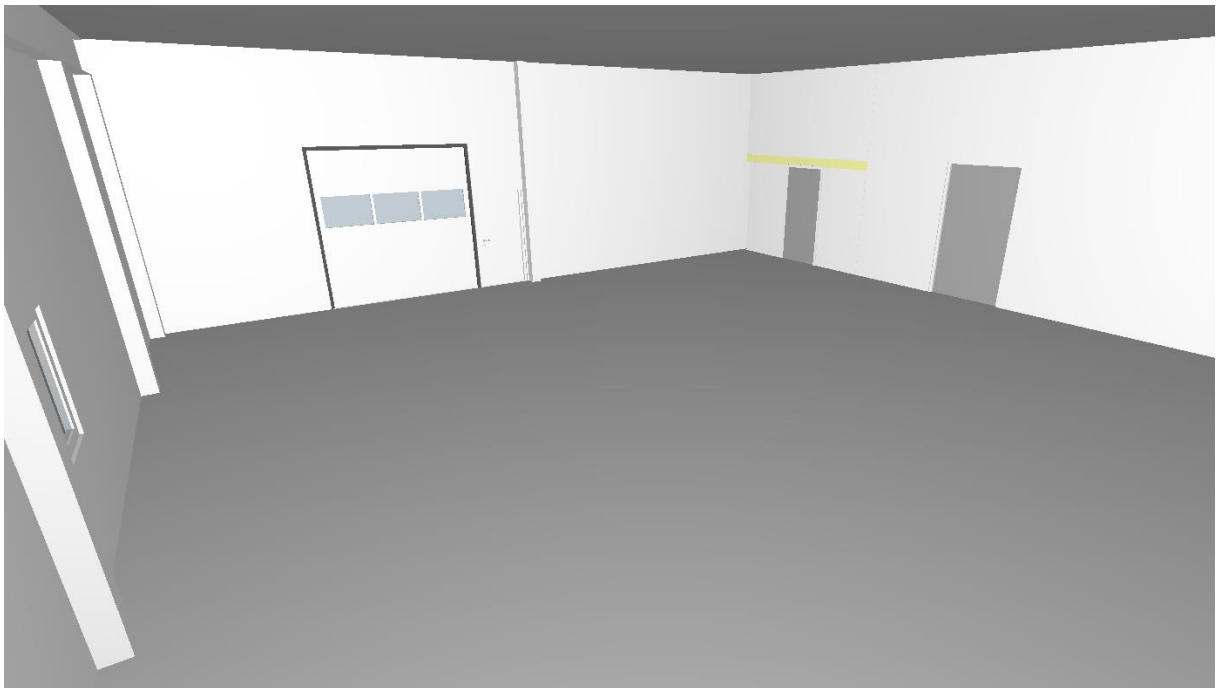
Figur 46 - Planløsning 1.etasje



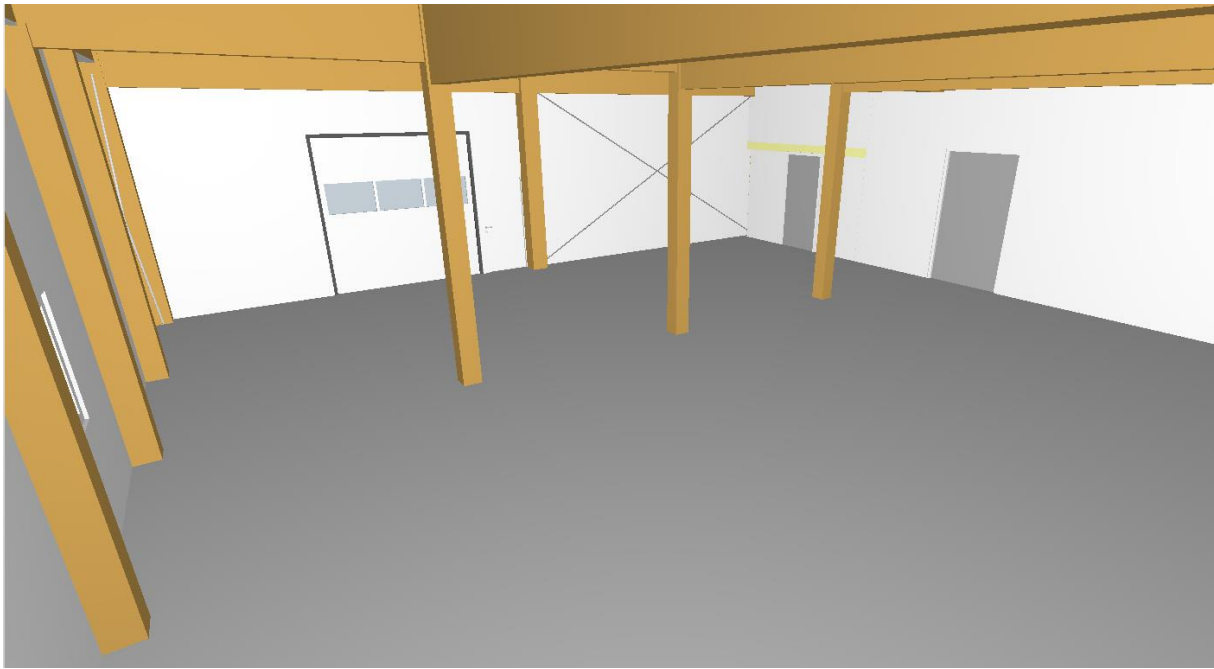
Figur 47 - Illustrasjon av planløsning i 1.etasje med hulldekke som etasjeskiller



*Figur 48 - Illustrasjon av planløsning i 1.etasje med massivtreelementer som etasjeskiller*

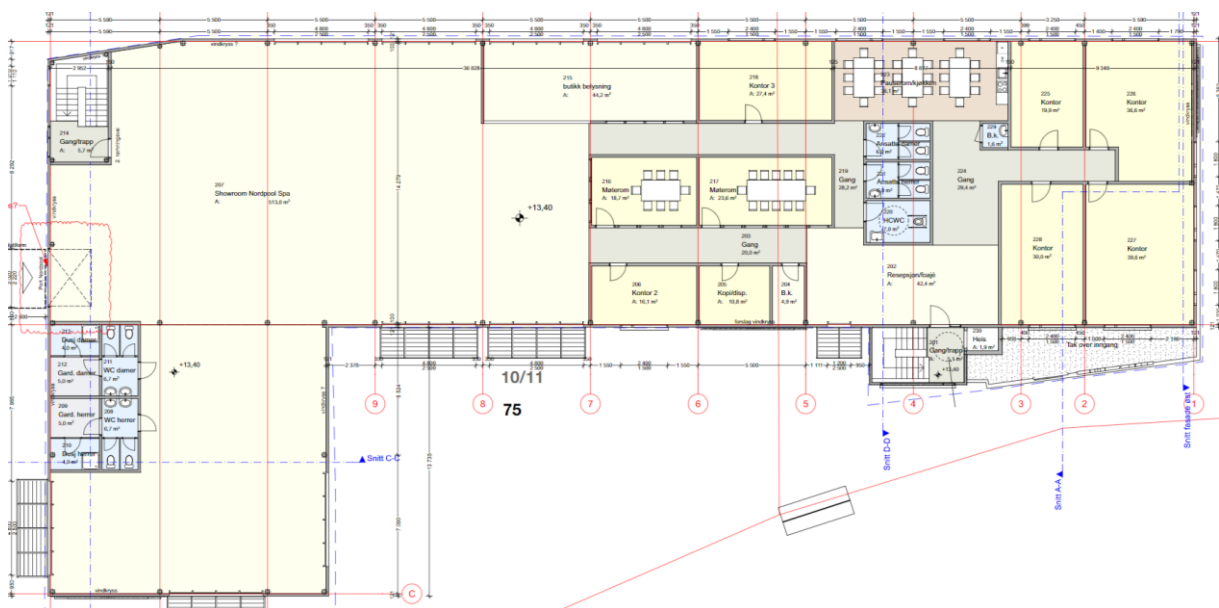


*Figur 49 – Illustrasjon av 1.etasjen(lagerdel) med hulldekke som etasjeskiller*

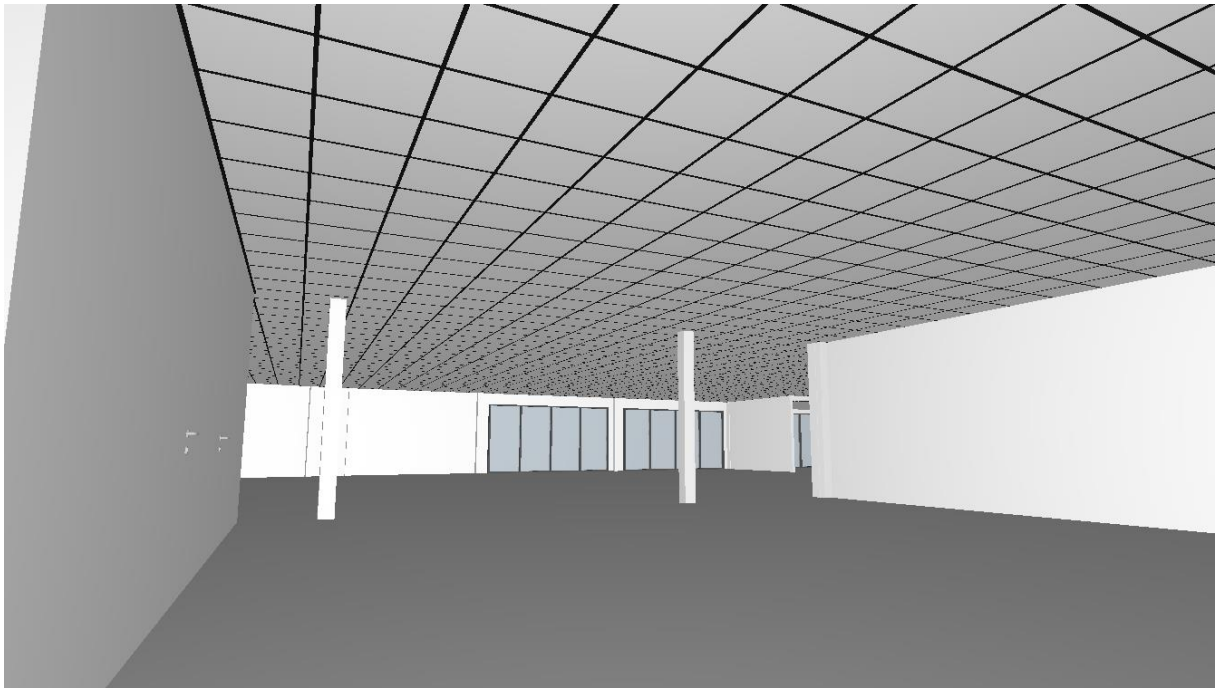


Figur 50 - illustrasjon av planløsning 1.etasje med massivtreelementer som etasjeskiller

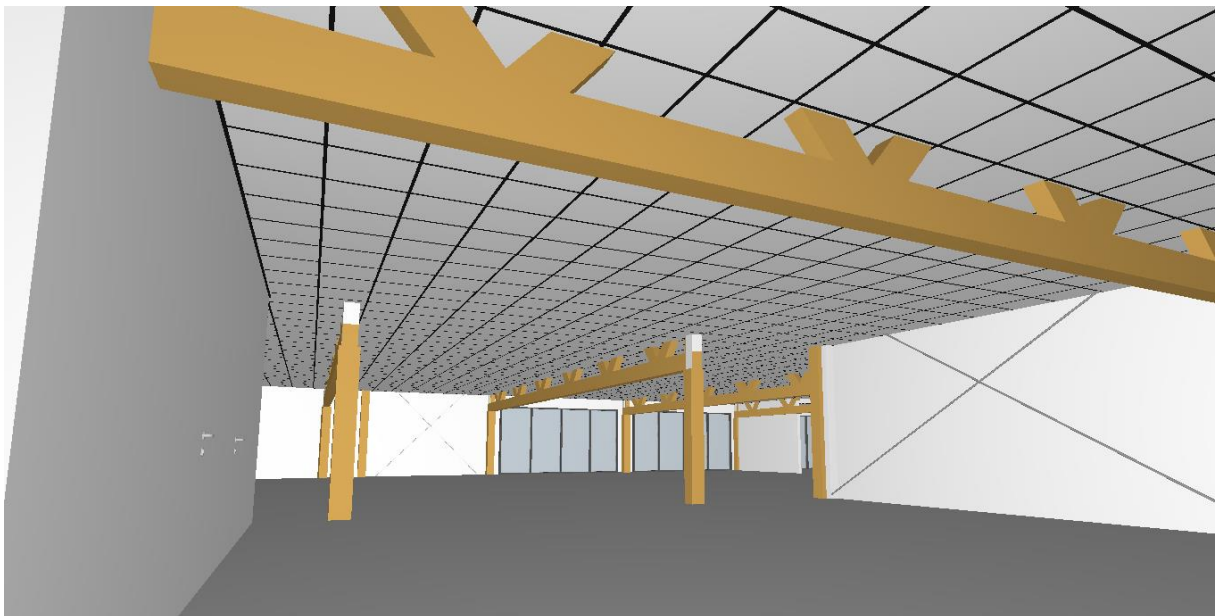
I 2. etasje skal brukeren ha forretningsarealer. Her klarer vi å dimensjonere for fagverk/takbjelke i tre som tar hele spennet. Vi må benytte oss av større dimensjoner og dette påvirker høyden på taket i 2. etasje. For å opprettholde samme høyde i 2. etasje som man får i stålkonstruksjonen så kan man heve høyden på bygget. Vi har ikke sett om reguleringsplanen tillater et høyere bygg i dette området, men har valgt å holde oss til problemstillingen. I figurene nedenfor ser vi planløsning i 2. etasje og illustrasjonsbilder som viser hvordan planløsningen blir i praksis ved bruk av de ulike takkonstruksjonene.



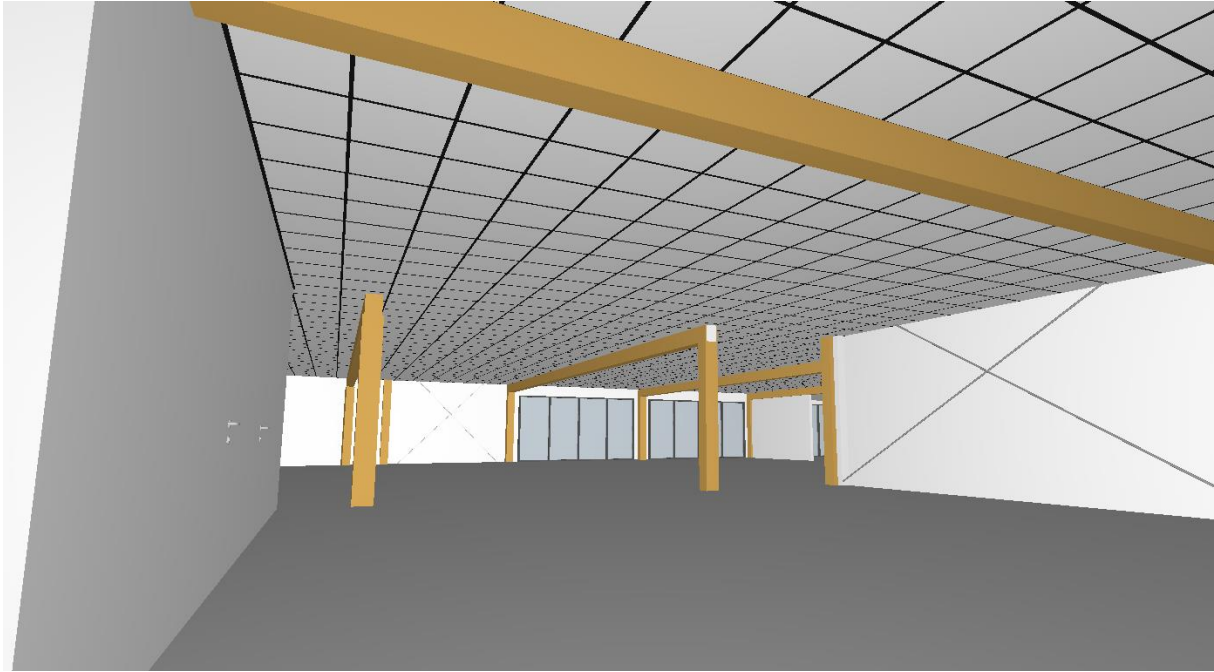
Figur 51 - Planløsning i 2.etasje



*Figur 52 - Illustrasjon av planløsning 2.etasje*



*Figur 53 - Illustrasjon av planløsning 2.etasje med bruk av fagverk*



Figur 54 - Illustrasjon av planløsning 2.etasje med bruk av takbjelke

## 7.2 Miljø

Det finnes flere programmer og metoder for å gjøre omfattende miljøanalyser på. I vår analyse av miljøprestasjonene hos stål og tre valgte vi å basere undersøkelsene våre på ferdige utarbeidede EPD'er fra ledene aktører i markedet.

Miljøanalysen er noe begrenset da vi kun hentet tall på produktets oppvarmingseffekt. En faktor som ikke kommer klart frem i analysen er hvor stor andel av stålet i produksjonsfasen som er gjenvunnet. Dette bidrar til en liten usikkerhet. Vi mener allikevel at vi ved bruk av disse EPD-rapportene har kommet frem til et reelt bilde produktenes miljøprestasjon.

## 7.3 Økonomi

For å komme frem til det økonomiske estimatet i oppgaven samlet vi priser fra ledene og relevante aktører i byggebransjen. Prisene baserer seg som tidligere nevnt på tilbud vi har fått, samt erfaringspriser som bedriftene har fra tidligere prosjekter.

Priser på prosjektering, materiell og montering varierer ofte fra prosjekt til prosjekt. Verden er også i dag (Mai 2022) inne i en tid hvor ettervirkninger av Covid-19 pandemien og den pågående krigen mellom Ukraina og Russland preger det økonomiske bilde. Dette er usikkerhetsmomenter som bidrar til at prisestimatet vi har funnet kan inneholde avvik i forhold til den reelle prisen til prosjektet i oppgaven. Etter konsultasjonen med aktører vi hentet priser fra, hevder flere av dem at prisveksten har vært tilnærmet lik på stål og limtre. Derfor antar vi at prisdifferansen vi fant på de forskjellige bæresystemene er reell.

## 8 Konklusjon

*«Hvilke konsekvenser får man på en gitt bygningskonstruksjon i stål og betong dersom man dimensjonerer bæresystemet i limtre?»*

Dette er problemstillingen vi ønsket å belyse. Oppgaven var i all hovedsak å se på endringer som ville oppstå i konstruksjonen og utformingen ved bruk av limtre. Vi ønsket i tillegg til dette å gi et innblikk i hvor store forskjellene disse bæresystemet er med tanke på økonomi og miljø.

Etter å ha utført beregninger på bygningskonstruksjonen har vi sett at konsekvensene er markante. Det er ikke mulig å oppnå samme planløsning og oppbygning ved å benytte limtre istedenfor stål og betong uten større endringer visuelt og i dimensjon. Det er fordi vi ikke klarer å oppnå store nok spenn med etasjeskiller i massivtre.

Ut ifra miljøanalysen av materialene «fra krybbe til grav» kan vi konkludere med at det i dette prosjektet uten tvil er bedre for miljøet å benytte limtre som bæresystem fremfor stål. I produksjonsfasen så vil limtreets CO<sub>2</sub> opptak sammenlignet med stålets utslipp skape en stor differanse. Selv om det følger med et utslipp i vedlikehold og reparasjoner av en konstruksjon i limtre som du ikke har i en stålkonstruksjon, vil ikke limtre kunne ta igjen stålets totale utslipp gjennom en livssyklus.

Når det kommer til det økonomiske aspektet, er det ingen tvil om hvem som ble vinneren. Med et bæresystem i limtre måtte man belage seg på en kostnad på nesten det dobbelte av hva prisen som stålkonstruksjonen ligger på.

Så for å komme med en konklusjon på problemstillingen, så vil de mest betydelige konsekvensene som oppstår ved endring i bæresystemet være:

1. Søylerrekken som limtrekonstruksjonen må ha midt i bygget. Dette skaper problemer for bruker sitt behov for den åpne planløsningen i 1. etasje.
2. Kostnadene ved endring til bæresystem i limtre blir betraktelig dyrere. Nesten det dobbelte av prisen for stålkonstruksjonen.
3. Miljøavtrykket man får av limtrekonstruksjonen vil være mye bedre enn stålkonstruksjonen

Vi kan se at resultatene ikke er sjokkerende og at antakelse fra vår veileder Roger Johannessen stemte ganske bra. Vi syntes allikevel arbeidet med oppgaven har vært veldig interessant og lærerik. Det har gitt oss en bedre innsikt om fordeler og ulemper man har med limtre og stål som bæresystemer. Vi har også fått et stort læringsutbytte ved opplæring av programvare som vi måtte ha for å løse oppgaven.



## 9 Referanser

ABT bygg as, n.d. *abt*. [Internett]

Available at: <https://www.abt.no/produkter/bygg-i-stal>

[Funnet 13 05 2022].

ASDO, 2021. M12-M160 Architectural Structural Tie Bars. I: Dortmund: ASDO, p. 9.

Almar-Næss, N. R. o. A., 2020. *Store norske leksikon*. [Internett]

Available at: <https://snl.no/bessemersprosessen>

[Funnet 13 05 2022].

Byggforskserien, 2013. *Byggforskserien*. [Internett]

Available at:

[https://www.byggforsk.no/dokument/215/egenlaster\\_for\\_bygningsmaterialer\\_byggevarer\\_og\\_bygningsdeler](https://www.byggforsk.no/dokument/215/egenlaster_for_bygningsmaterialer_byggevarer_og_bygningsdeler)

Byggmesteren, 2017. *Byggmesteren*. [Internett]

Available at: <https://byggmesteren.as/2017/06/08/unnga-skadekonstruksjoner-i-massivtre/>

[Funnet 18 Mai 2022].

Contiga, n.d.. *Contiga*. [Internett]

Available at: <https://www.contiga.no/no/Hulldekker>

[Funnet 13 05 2022].

Dekkesystemer AS, n.d.. *Dekkesystemer*. [Internett]

Available at: <https://dekkesystemer.no/hulldekker/om-hulldekke/>

[Funnet 13 05 2022].

Direktoratet for byggekvalitet, 2017. *Byggeteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*.

[Internett]

Available at: <https://dibk.no/regelverk/byggeteknisk-forskrift-tek17/>

Eie, J., 2018. *Konstruksjonslære - Grunnlag for dimensjonering - Last og Sikkerhet*.

Kristiansand: Fagbokforlaget.

EPD Norge, n.d.. *epd-norge*. [Internett]

Available at: [https://www.epd-norge.no/?lang=no\\_NO](https://www.epd-norge.no/?lang=no_NO)

[Funnet 13 05 2022].

FN-sambandet, 2022. *FNs bærekraftsmål*. [Internett]

Available at: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>

[Funnet 13 05 2022].

focus software, 2022. *focus*. [Internett]

Available at: <https://www.focus.no/en/about-us/>

[Funnet 18 Mai 2022].

Glasø, J. A. o. G., n.d. *Fokus på massivtre*, Postboks 13 Blindern, 0313 Oslo: Trefokus AS.

Helgeland betong, 2022. *helgelandbetong*. [Internett]

Available at: <https://www.helgelandbetong.no/produkter/hulldekker/>

[Funnet 18 Mai 2022].

Jansen, J., 2019. *tsbfengineering*. [Internett]

Available at: <http://www.tsbfengineering.com/jorgen/2018/7/18/herding-og-andre-egenskaper-ved-varmebehandling-av-stl>

[Funnet 13 05 2022].

K. Bell, H. L., 2015. *Limtreboka*. s.l.:Norske Limtreprodusenters Forening.

K. Bell, H. L., 2015. *Limtreboka*. I: N. I. forening, red. 2 red. s.l.:Norske limtreprodusenters forening, p. 6.

K. Bell, H. L., 2015. *Limtreboka*. I: s.l.:Norske limtreprodusenters forening, p. 7.

K. Bell, H. L., 2015. *Limtreboka. I: s.l.:Norske limtreprodusenters forening*, p. 2. LCA.no AS, n.d.. *lca*. [Internett]  
Available at: <https://lca.no/miljopavirkninger/>  
[Funnet 13 05 2022].

Nordic entertainment group, 2018. *p4*. [Internett]  
Available at: <https://www.p4.no/underholdning/derfor-er-det-ulovlig-til-a-ta-bilde-av-eiffeltarnet-pa-natten/artikkel/734436/>  
[Funnet 18 Mai 2022].

Roi4cio, 2022. *roi4cio*. [Internett]  
Available at: <https://roi4cio.com/catalog/en/product/autodesk-revit>  
[Funnet 18 Mai 2022].

Solidbri inc., 2022. *Solidbri*. [Internett]  
Available at: <https://www.solibri.com/download-solibri-anywhere?step=1>  
[Funnet 18 Mai 2022].

Splitkon, n.d.. *Splitkon*. [Internett]  
Available at: <https://splitkon.no/baerekraft/>  
[Funnet 13 05 2022].

Statistisk sentralbyrå, 2022. *ssb.no*. [Internett]  
Available at: <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/bygg-og-anlegg/statistikk/bygningsmassen>  
[Funnet 18 Mai 2022].

Store norske leksikon, 2020. *Miljø*. [Internett]  
Available at: <https://snl.no/milj%C3%B8>

Store Norske leksikon, 2022. *SNL*. [Internett]  
Available at: <https://snl.no/st%C3%A5l>

Strusoft AB, 2022. *cpi-worldwide*. [Internett]  
Available at: <https://www.cpi-worldwide.com/fr/buyers-guide/company/72/StruSoft%20AB>  
[Funnet 18 Mai 2022].

stålforbund, N., n.d. *Stålforbund*. [Internett]  
Available at: <https://www.stalforbund.no/ce-merking/>  
[Funnet 13 05 2022].

Superoffice, n.d.. *Superoffice*. [Internett]  
Available at: <https://www.superoffice.no/ressurser/artikler/trender-byggebransjen/>  
[Funnet 13 05 2022].

Symson, 2022. *symson*. [Internett]  
Available at: <https://symson.com/how-dynamic-pricing-software-can-replace-excel/>  
[Funnet 18 Mai 2022].

Trefokus, n.d.. *Trefokus*. [Internett]  
Available at: <http://www.trefokus.no/treveilederen/temaer/byggesystemer/massivtre>  
[Funnet 13 05 2022].

trefokus, n.d. *trefokus*. [Internett]  
Available at: <http://www.trefokus.no/proff/artikler/materialer/limtre>  
[Funnet 13 05 2022].

Wikipedia, 2021. *Wikipedia*. [Internett]  
Available at: <https://no.wikipedia.org/wiki/St%C3%A5l>  
[Funnet 13 05 2022].

## 10 Vedlegg

- Vedlegg 1 Snølast
- Vedlegg 2 Vindlast
- Vedlegg 3 ASDO – produkt egenskaper (ADSO, 2021, p. 9)
- Vedlegg 4 FEM-design Analyse
- Vedlegg 5 Takbjelke – Brann
- Vedlegg 6 Takbjelke – Brudd
- Vedlegg 7 Fagverk – Brann
- Vedlegg 8 Fagverk – Brudd
- Vedlegg 9 IFC Stålmodell
- Vedlegg 10 IFC Arkitektmodell
- Vedlegg 11 IFC Limtremodell med takbjelke
- Vedlegg 12 IFC Limtremodell med fagverk
- Vedlegg 13 Revit 2021 Limtremodell takbjelke
- Vedlegg 14 Revit 2021 Limtremodell fagverk

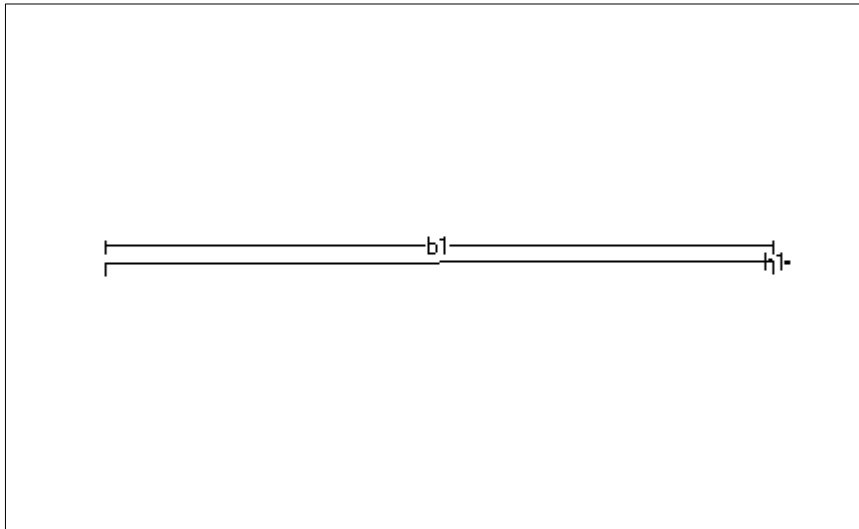
Tittel Bachelor prosjekt Martin og Jonathan - Vedlegg 1		Side 1	
Prosjekt Bachelor prosjekt Martin og Jonathan	Ordre	Sign	

Dataprogram: LastBeregning versjon 7.1.1 Laget av Sletten Byggdata AS

Standard NS-EN 1991-1-3: Snølaster

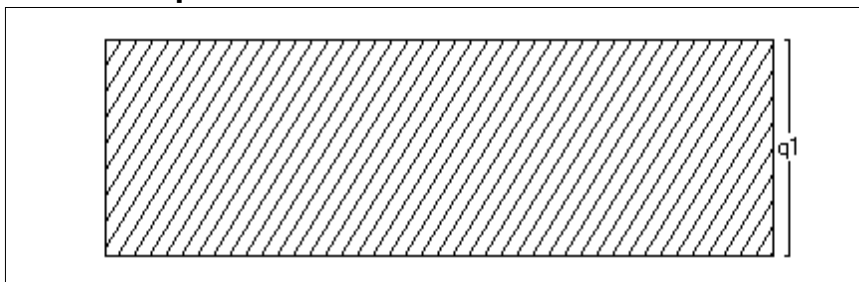
Data er lagret på fil: C:\Dropbox (Pro-consult I AS)\03 Administrasjon\05 Diverse\jonathan\Snølast.sls

## 1. Geometri



b1 59000 mm  
h1 100 mm

## 2. Snølast på tak



Last nr.:1  
q1 2,80 kN/m2

## 3. Snølastdata

Fylke	Akershus
Kommune	Bærum
Sted	Sandviksveien 73, Bæ
Byggets plassering (moh)	8 moh
Eksponeringskoeffisient $C_e$	1
Termisk koeffisient $C_t$	1
Snølast, $S$ :	3,5 kN/m2

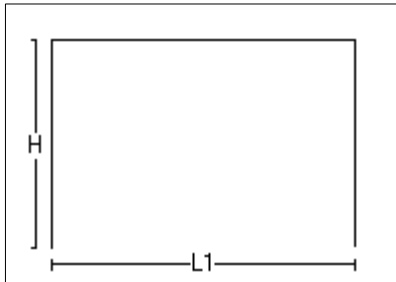
Tittel Bachelor prosjekt Martin og Jonathan - Vedlegg 2		Side 1	
Prosjekt Bachelor prosjekt Martin og Jonathan	Ordre	Sign	

Dataprogram: LastBeregning versjon 7.1.1 Laget av Sletten Byggdata AS

Standard NS-EN 1991-1-4: Vindlaster

Data er lagret på fil: C:\Dropbox (Pro-consult I AS)\03 Administrasjon\05 Diverse\jonathan\vindlast.sls

## 1. Geometri



H 9500 mm  
L1 28000 mm

Byggets lengde, L2: 59000 mm  
Takvinkel : 0,00 (grader)

Vertikalsnitt

## 2. Vindhastighet

Fylke: Akershus Kommune: Bærum Referansevindhastighet: 22 m/s

Byggested, høyde over havet (m): 8 Calt: 1

Returperiode (år):50 Cprob: 1

Årstidsfaktoren, Cseason: 1 hele året

Vindretning (region):Bruker retningsfaktoren C-ret: 1

Basisvindhastighet: 22 m/s

Høyde Z over grunnivået: 9,5 m

### BYGGSTEDETS TERRENGDATA

Terrengruhetskategori I: Kystnær, opprørt sjø. Åpne vidder og strandsoner uten trær eller busker.

Terrengruhetsfaktoren Kt: 0,17 Ruhetslengden Zo (m): 0,01 Zmin (m): 2 Vm (m/s): 25,64 Cr: 1,17

TOPOGRAFI: Ingen topografisk påvirkning.

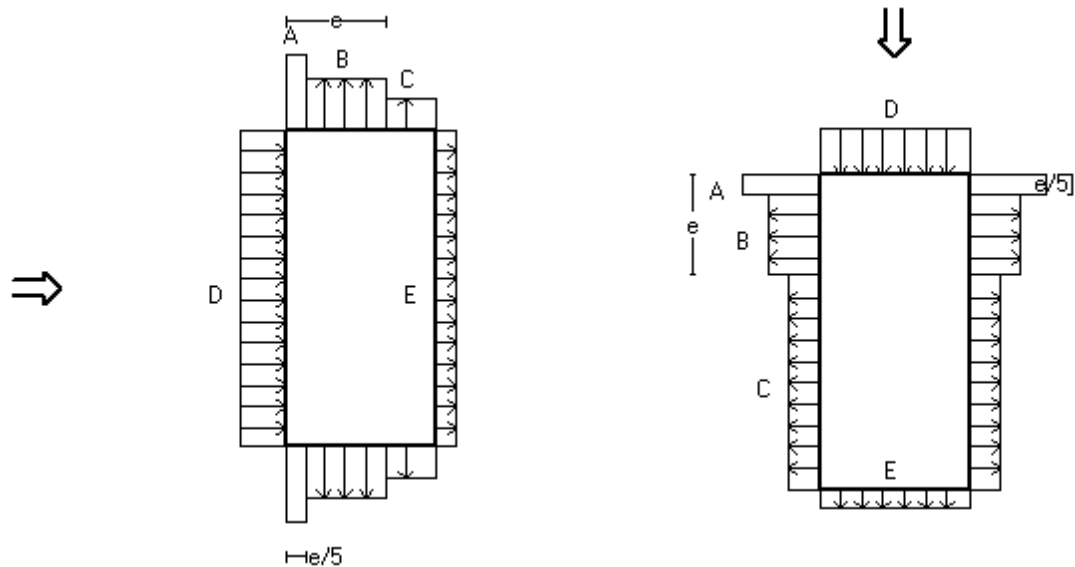
Terrengformfaktor Co(z): 1 Turbulensfaktor Ki: 1

Vkast: 36,45 m/s

Qkast: 0,831 kN/m<sup>2</sup>

### 3. Yttervegger

#### 3.1 Utvendig vindlast



Vindretning 0 grader.  $e=19000$  mm

Vindretning 90 grader.  $e=19000$  mm

##### Vindinnfallsretning på 0 grader.

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,71	-0,32
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,00	-0,66	-0,42	0,59	-0,27
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,32
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,16	-0,91	-0,42	0,83	-0,27
Utstrekning (mm)	3800	15200	9000	59000	59000

##### Vindinnfallsretning på 90 grader.

	A	B	C	D	E
Formfaktor $C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,70	-0,30
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,00	-0,66	-0,42	0,58	-0,25
Formfaktor $C_{pe,1}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,30
Utvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-1,16	-0,91	-0,42	0,83	-0,25
Utstrekning (mm)	3800	15200	40000	28000	28000

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.

#### 3.2 Innvendig vindlast

Bygning uten dominerende vindfasade

Beregn innvendig vindlast for  $u=0.2$  overtrykk og  $u=-0.3$  (undertrykk)

	Undertrykk	Overtrykk
Formfaktor	-0,30	0,20
Innvendig last (kN/m <sup>2</sup> )	-0,25	0,17

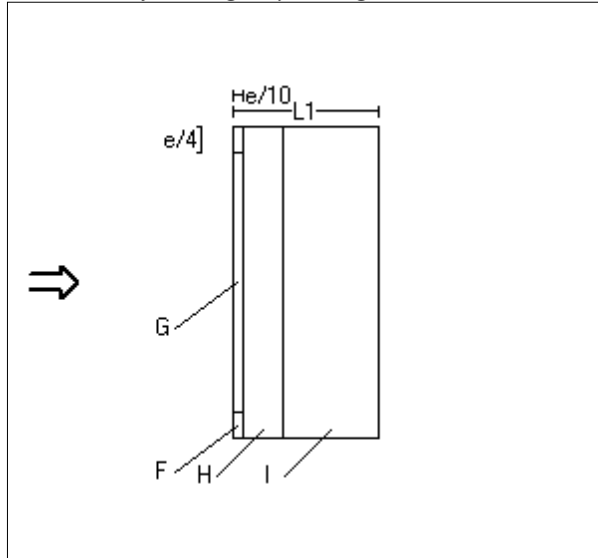
## 4 Overside av tak

Taktype: Flatt tak

L1=28000 mm L2=59000 mm

Cpe,10 Gjelder for hele bygget. ( $\geq 10m^2$ )

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.



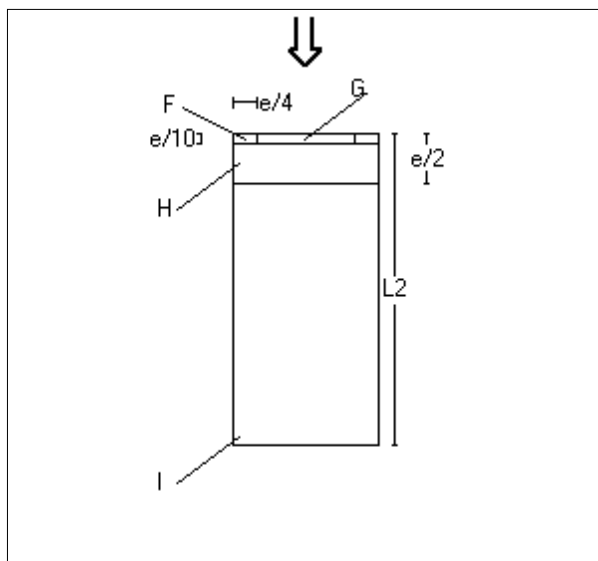
### Utstrekning (mm)

e=19000

e/4=4750

e/10=1900

	Cpe,10	Last (kN/m <sup>2</sup> )	Hor.projeksjon (mm)
F	-1,80	-1,50	4750x1900
G	-1,20	-1,00	49500x1900
H	-0,70	-0,58	59000x7600
I	+/-0,20	+/-0,17	59000x18500



### Utstrekning (mm)

e=19000

e/4=4750

e/10=1900

	Cpe,10	Last (kN/m <sup>2</sup> )	Hor.projeksjon (mm)
F	-1,80	-1,50	4750x1900
G	-1,20	-1,00	18500x1900
H	-0,70	-0,58	28000x7600
I	+/-0,20	+/-0,17	28000x49500

Tittel Bachelor prosjekt Martin og Jonathan - Vedlegg 2		Side 4	
Prosjekt Bachelor prosjekt Martin og Jonathan	Ordre	Sign	

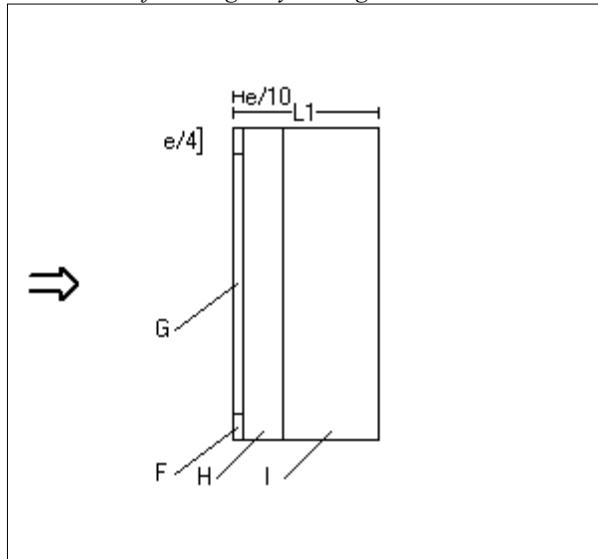
Taktype: Flatt tak

L1=28000 mm L2=59000 mm

$C_{pe,1}$  Gjelder for en lokal flate på 1m<sup>2</sup>. Benyttes ved dimensjonering av limfuger, spikring, båndstål o.l.

Interpoleringsformel for belastet areal A mellom 1 og 10 m<sup>2</sup> :  $C_{pe} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) * \log_{10}A$

Positiv verdi for last gir trykk. Negativ verdi hvis last er sug.



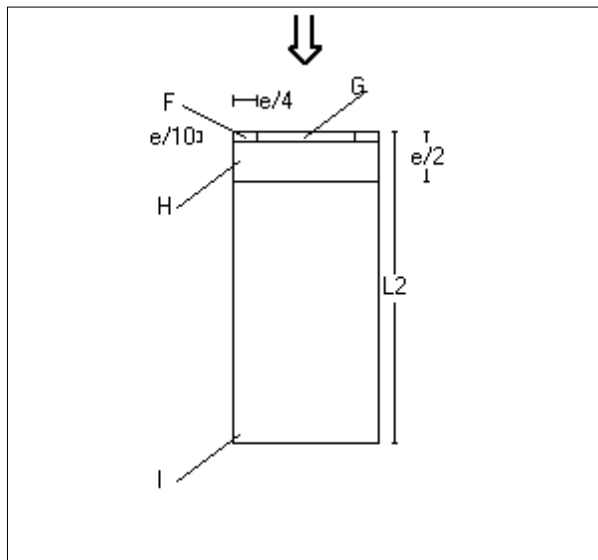
#### Utstrekning (mm)

$e=19000$

$e/4=4750$

$e/10=1900$

	Cpe,1	Last (kN/m <sup>2</sup> )	Hor.projeksjon(mm)
F	-2,50	-2,08	4750x1900
G	-2,00	-1,66	49500x1900
H	-1,20	-1,00	59000x7600
I	+/-0,20	+/-0,17	59000x18500



#### Utstrekning (mm)

$e=19000$

$e/4=4750$

$e/10=1900$

	Cpe,1	Last (kN/m <sup>2</sup> )	Hor.projeksjon(mm)
F	-2,50	-2,08	4750x1900
G	-2,00	-1,66	18500x1900
H	-1,20	-1,00	28000x7600
I	+/-0,20	+/-0,17	28000x49500



# ASDO TIE BAR DESIGN CAPACITIES - Vedlegg 3

ASDO tie bars can be supplied in two grades of carbon steel and stainless steel. All components are designed to exceed the capacity of the bar.

Table 1 - ASDO grade

	ASDO350-S	ASDO540-S						ASDOE600-S	
Nominal thread size	M100 - M130	M12	M16-42	M45-85	M90 - M100	M105 - M160*	M12 - M42	M48 - M56	
$f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	355	355	540	540	520	630	600	460	
$f_{ub}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	510	510	700	700	700	710	800	650	

Minimum elongation for all grades 17%; Minimum charpy for all grades 27J @ -20 °C; ASDO350-S M140-M160 differ from above, refer to table 3 for design resistance  
\*ASDO540-S bars M105-M160 are quench and tempered and should not be galvanized

Table 2 - Standard stock bar lengths

Nominal thread size	ASDO350-S	ASDO540-S	ASDOE600-S
M16-M42 m	-	12	6
M45-M100 m	-	16	6
M105-M160 m	16	12	-

For longer system lengths bars are connected using couplers or turnbuckles. M12 available in 6m lengths only.



Table 3 - Carbon steel

Dimensional data		M12	M16	M20	M24	M27	M30	M36	M42	M45	M48	M52	M56	M60	M64	M68	M72	M76	M80	M85	M90	M95	M100	M105	M110	M115	M120	M130	M140	M150	M160	
Nominal thread size																																
Nominal shaft size	mm	12	16	20	24	27	30	36	42	45	48	52	56	60	64	68	72	76	80	85	90	95	100	105	110	115	120	130	140	150	160	
Shaft area, $A_s$	mm <sup>2</sup>	113	201	314	452	573	707	1,018	1,385	1,590	1,810	2,124	2,463	2,827	3,217	3,632	4,072	4,536	5,027	5,675	6,362	7,088	7,854	8,659	9,503	10,387	11,310	13,273	15,394	17,671	20,106	
Thread pitch	mm	1.75	2	2.5	3	3	3.5	4	4.5	4.5	5	5	5.5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		
Thread stress area, $A_s$	mm <sup>2</sup>	84	157	245	353	459	561	817	1,121	1,306	1,473	1,758	2,030	2,362	2,676	3,055	3,460	3,889	4,344	4,948	5,591	6,273	6,995	7,755	8,556	9,395	10,274	12,149	14,181	16,370	18,716	
Weight per metre [bar]	kg/m	0.9	1.6	2.5	3.6	4.5	5.5	8.0	10.9	12.5	14.2	16.7	19.3	22.2	25.3	28.5	32.0	35.6	39.5	44.5	49.9	55.6	61.7	68.0	74.6	81.5	88.8	104.2	120.8	138.7	157.8	
Load capacities	ASDO350-S	Yield	kN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,483	2,753	3,037	3,335	3,647	4,313	4,183	4,829	5,334	
	ASDO540-S	Yield	kN	31	85	132	190	248	303	441	605	705	795	949	1,096	1,275	1,445	1,650	1,868	2,100	2,346	2,672	2,907	3,262	3,637	4,886	5,390	5,919	6,472	7,654	8,934	10,313
Design resistance <sup>1</sup>	ASDO350-S	$F_{t,Rd}$	kN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,535	2,795	3,067	3,352	3,650	4,284	4,128	4,739	5,209	
	ASDO540-S	$F_{t,Rd}$	kN	30	79	123	178	232	283	412	565	658	742	886	1,023	1,190	1,349	1,540	1,744	1,960	2,189	2,494	2,818	3,162	3,525	3,965	4,374	4,803	5,252	6,210	7,249	8,368

Table 4 - Stainless steel

Dimensional data		M12	M16	M20	M24	M27	M30	M36	M42	M48	M56	M60+
Nominal thread size												
Nominal shaft size	mm	10.8	15	18	22	25	28	34	39	45	52	
Shaft area, $A_s$	mm <sup>2</sup>	92	177	254	380	491	616	908	1,195	1,590	2,124	
Thread pitch	mm	1.75	2	2.5	3	3	3.5	4	4.5	5	5.5	
Thread stress area, $A_s$	mm <sup>2</sup>	84	157	245	353	459	561	817	1,121	1,473	2,030	
Weight per metre [bar]	kg/m	0.7	1.4	2.0	3.0	3.9	4.9	7.3	9.6	12.7	17.0	
Load capacities	ASDOE600-S	Yield	kN	51	94	147	212	276	336	490	673	934
	ASDOE600-S	Ultimate	kN	67	125	196	282	368	448	653	897	1,320
Design resistance <sup>1</sup>	ASDOE600-S	$F_{t,Rd}$	kN	47	87	136	195	255	311	453	621	900

Notes for tables 3 & 4:  
 1. Design tensile resistance  $F_{t,Rd} = \min \{ f_t \times A_s / \gamma_{M2}, 0.9 \times f_{ub} \times A_s / \gamma_{M2} \}$  as per EN1993-1-8 with partial factors  $\gamma_{M2} = 1.0$  &  $\gamma_{M2} = 1.25$  for carbon steel and  $\gamma_{M2} = 1.1$  &  $\gamma_{M2} = 1.25$  for stainless steel according EN1993-1-4  
 2. For the full design resistance to be utilised connection plates must be fabricated from S355J2 to EN10025 (or equivalent) and to minimum dimensions given in table 5  
 3. All threads are cut threads and are not suitable for dynamic loads. Rolled threads with higher fatigue resistance can be made on request - please contact our technical department  
 4. For full design capacity threads must be engaged at least 1.2 x thread diameter, see installation guide page 17  
 5. Stainless steel bar grades M12-M42 are austenitic 1.4401/4, M48+ are duplex 1.4462.

## Corrosion protection

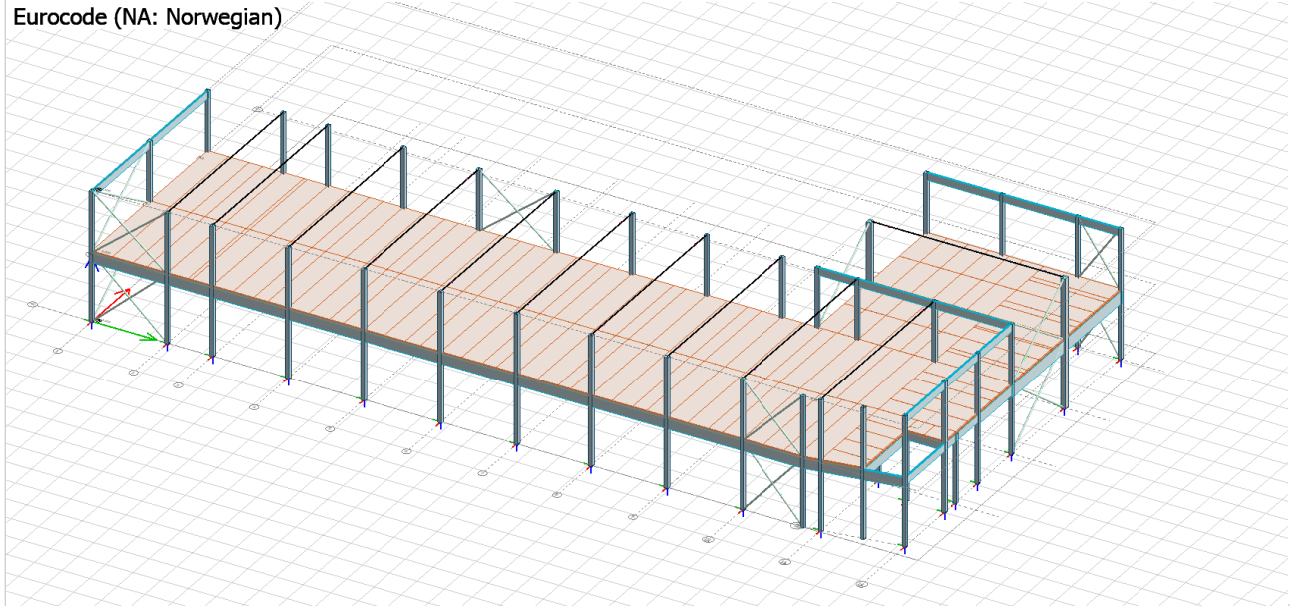
ASDO systems can be supplied self colour or galvanized as standard. Sizes up to M42 are supplied with forks, pins, turnbuckles, couplers and thread-cover sleeves hot dip galvanized as standard. Note ASDO540-S bars M105-M160 are quench and tempered steel and therefore should not be galvanized.

Bar threads can be formed after galvanizing or are re-machined to size following galvanizing; repairs to the zinc coating are made in accordance with DIN EN ISO 1461. Spanner flats on the tie-rods are pressed following hot galvanizing to prevent brittle fracture. Note, due to the nature of the galvanizing process the visual finish of galvanised product is variable. If a high level of aesthetic finish is required systems should be subsequently painted after a suitable primer has been applied. ASDO tie bars cannot be supplied with 'top-coat' finishes, this should be applied by the customer. Please advise us before placing an order if bars are intended to be painted.



Please contact our technical department for more detail.

- 1 Orientering..... 1
- 2 Inndata..... 2
  - 2.1 Geometri..... 2
  - 2.2 Laster..... 19
- 3 Resultater..... 29
  - 3.1 Deformasjoner..... 29
  - 3.2 Lastvirkning i konstruksjonsdeler..... 39
  - 3.3 Kodesjekk tre..... 52
  - 3.4 Detaljert beregning..... 53



### 1 Orientering

Foreliggende analyse oppsummerer inndata og resutater for forretningsbygg satt opp våren 2020 i Bærum, Sandviksveien.

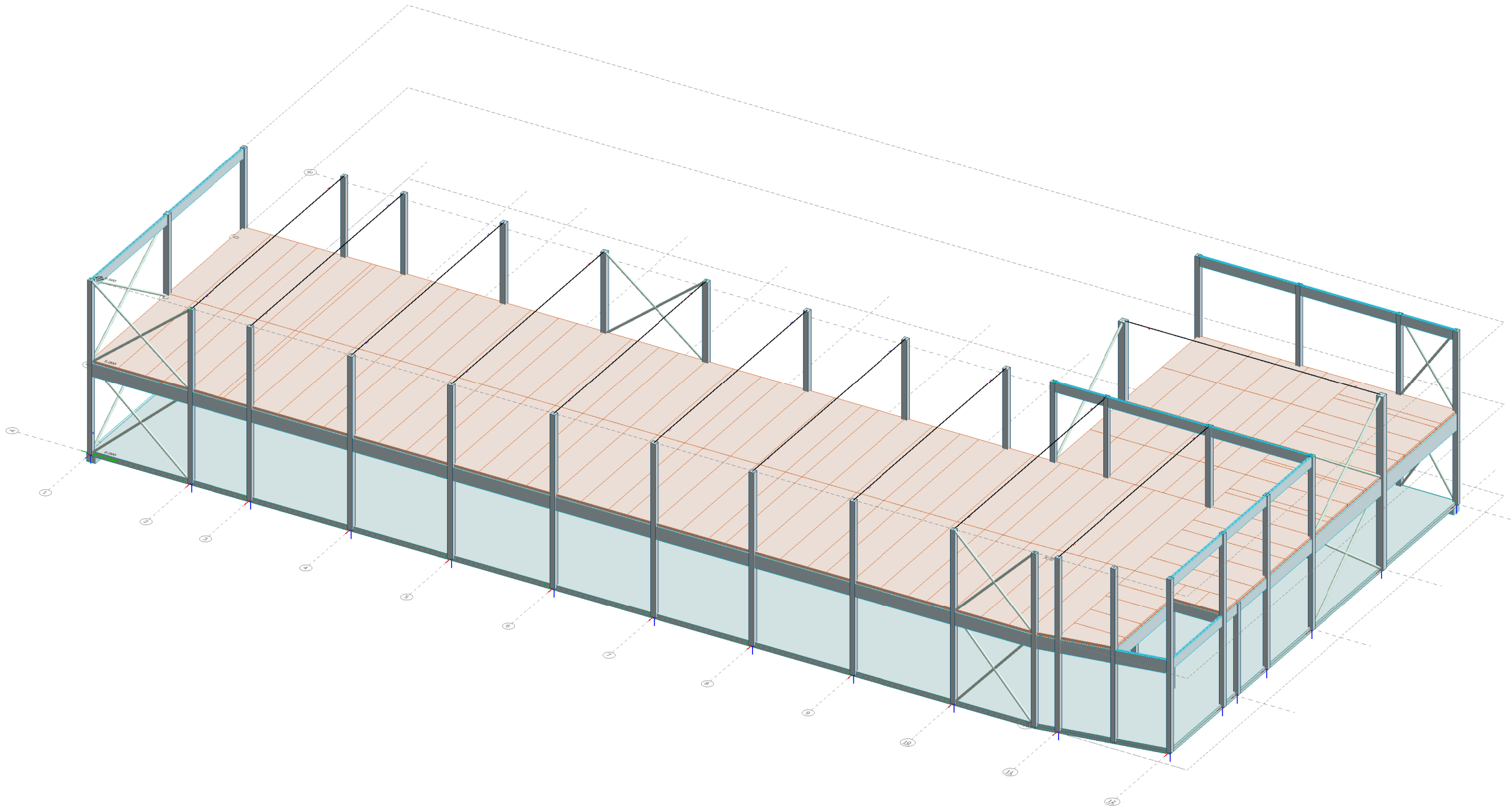
Analysen er utført i programmet FEM Design 3D

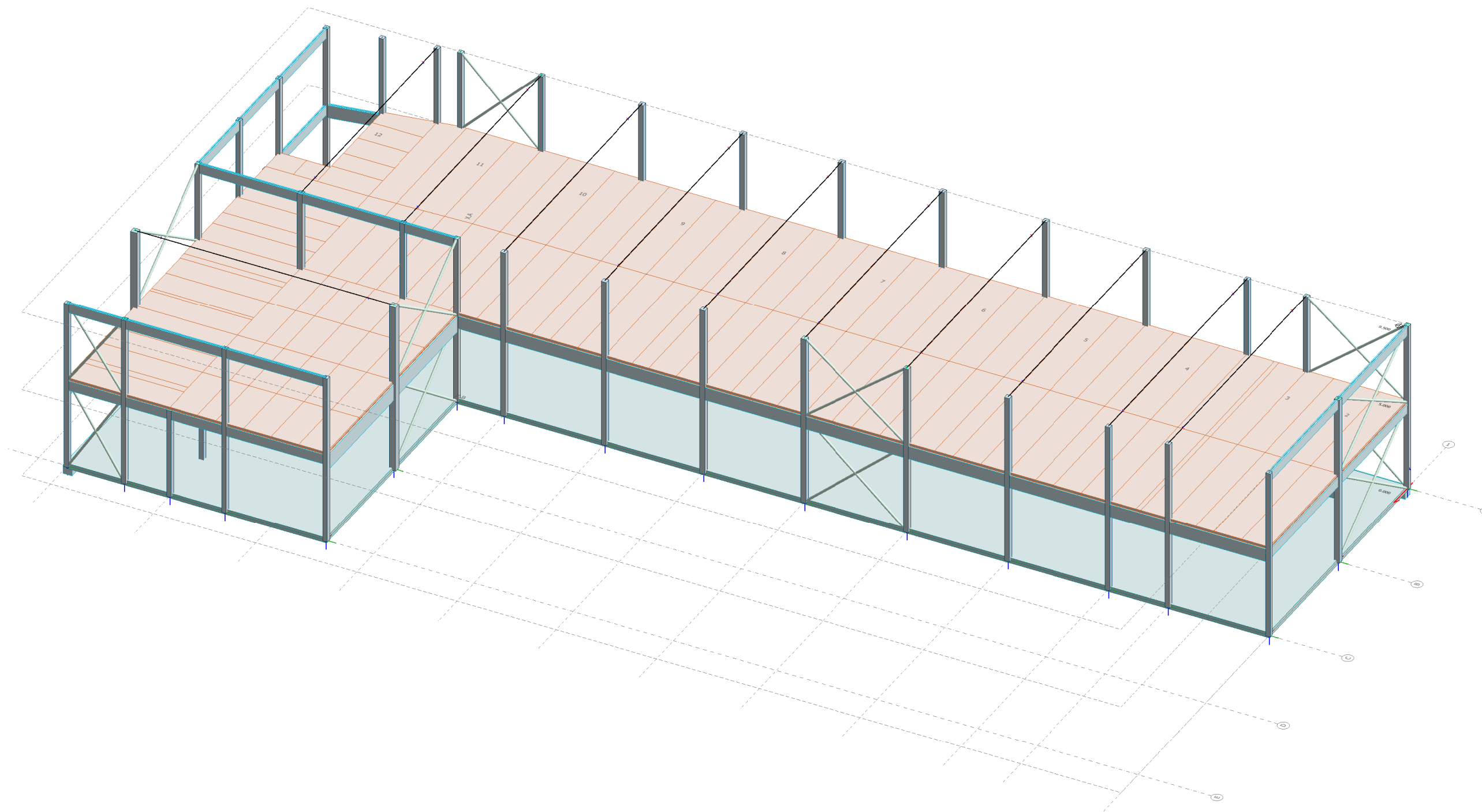
Akseforklaring: X:grønn, Y:rød, Z:blå.

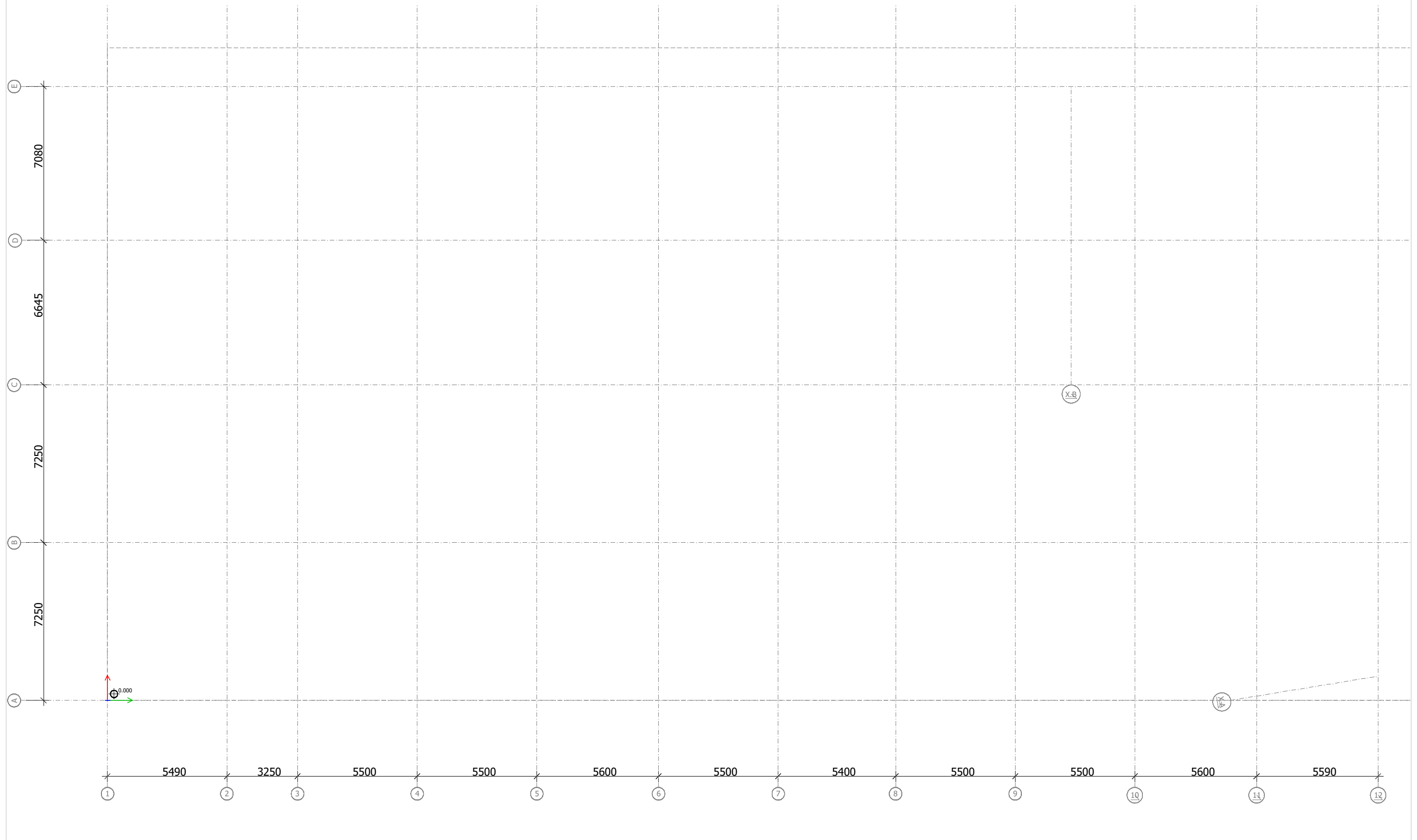
2 Inndata

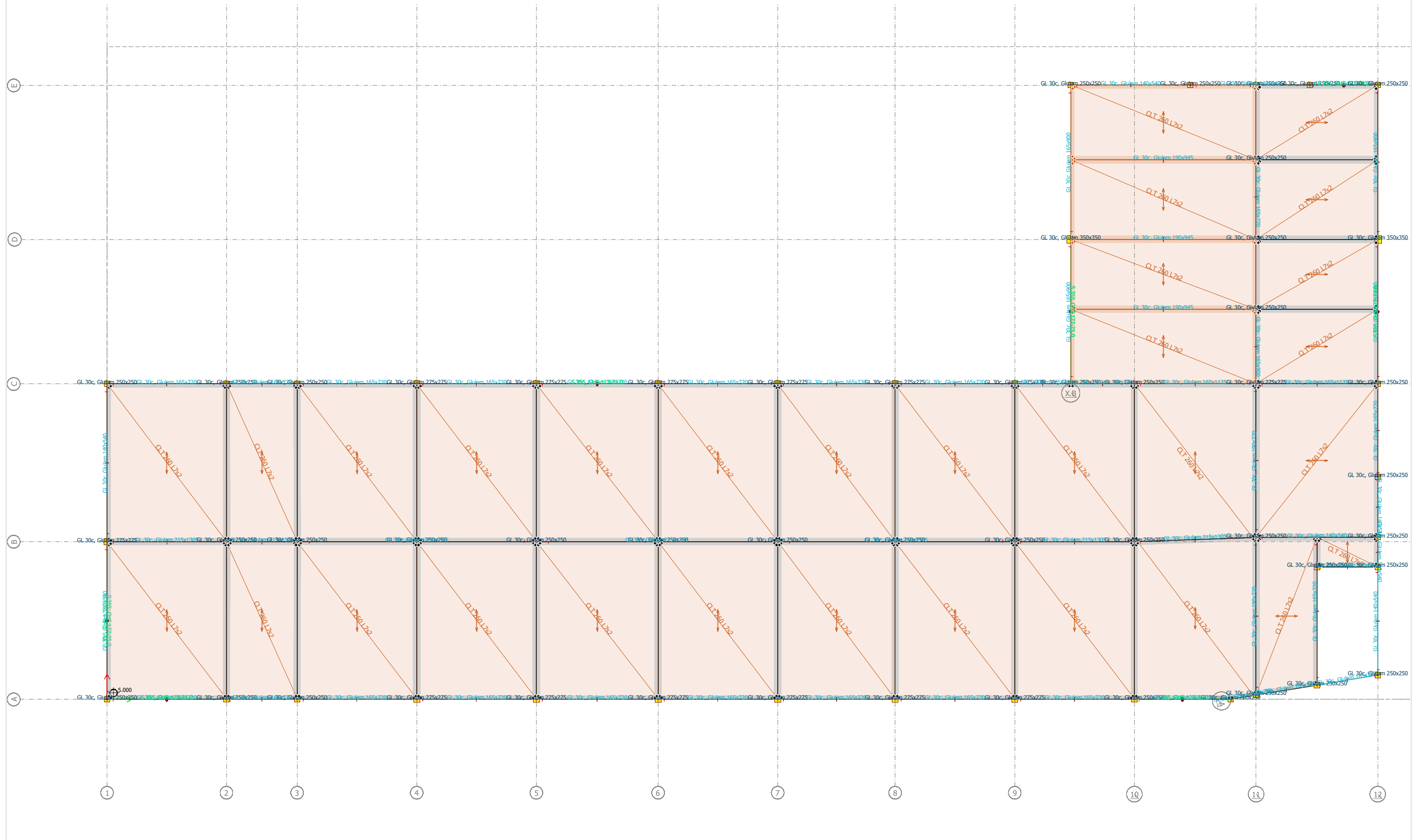
2.1 Geometri

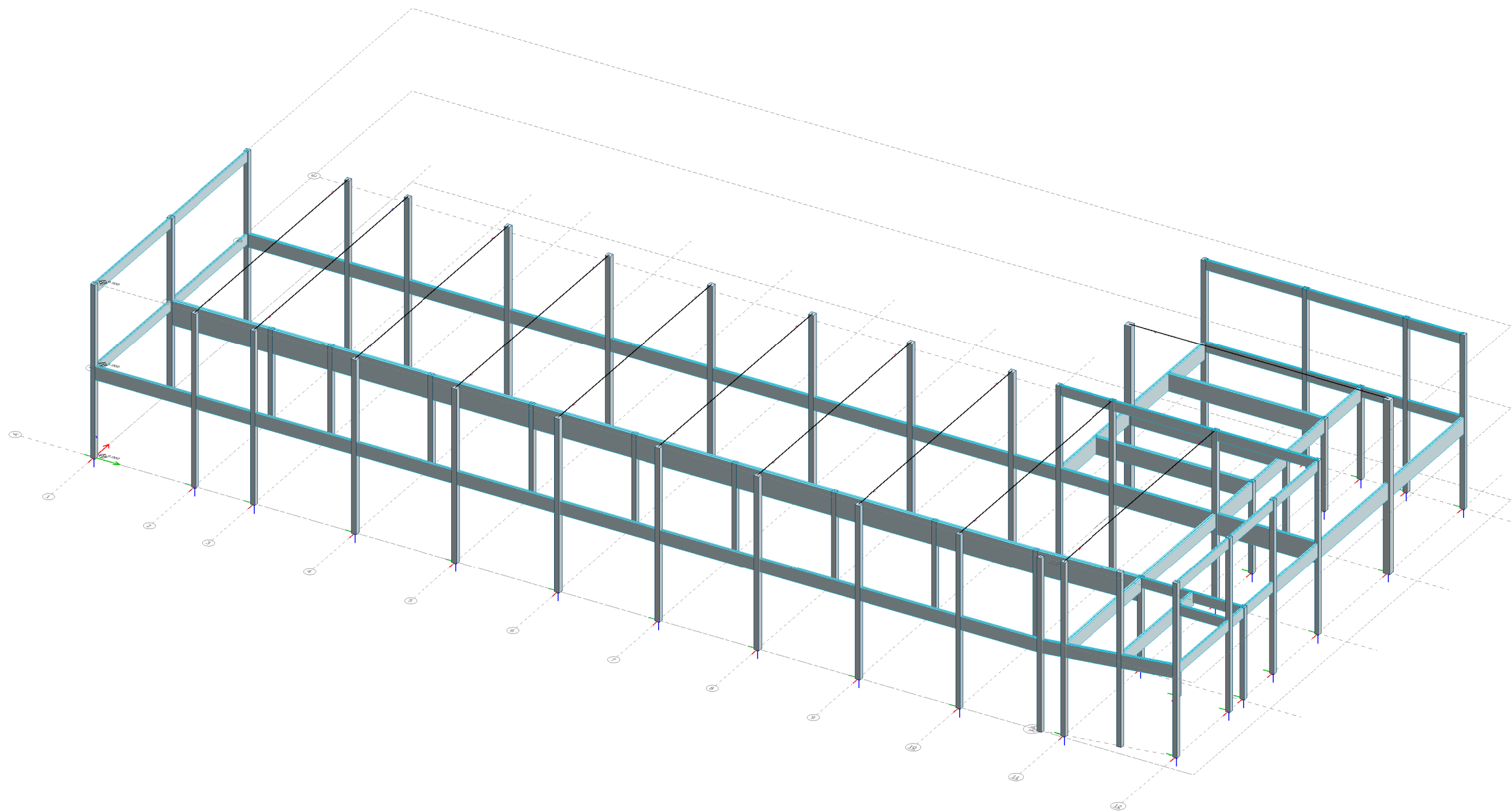
Eurocode (NA: Norwegian)

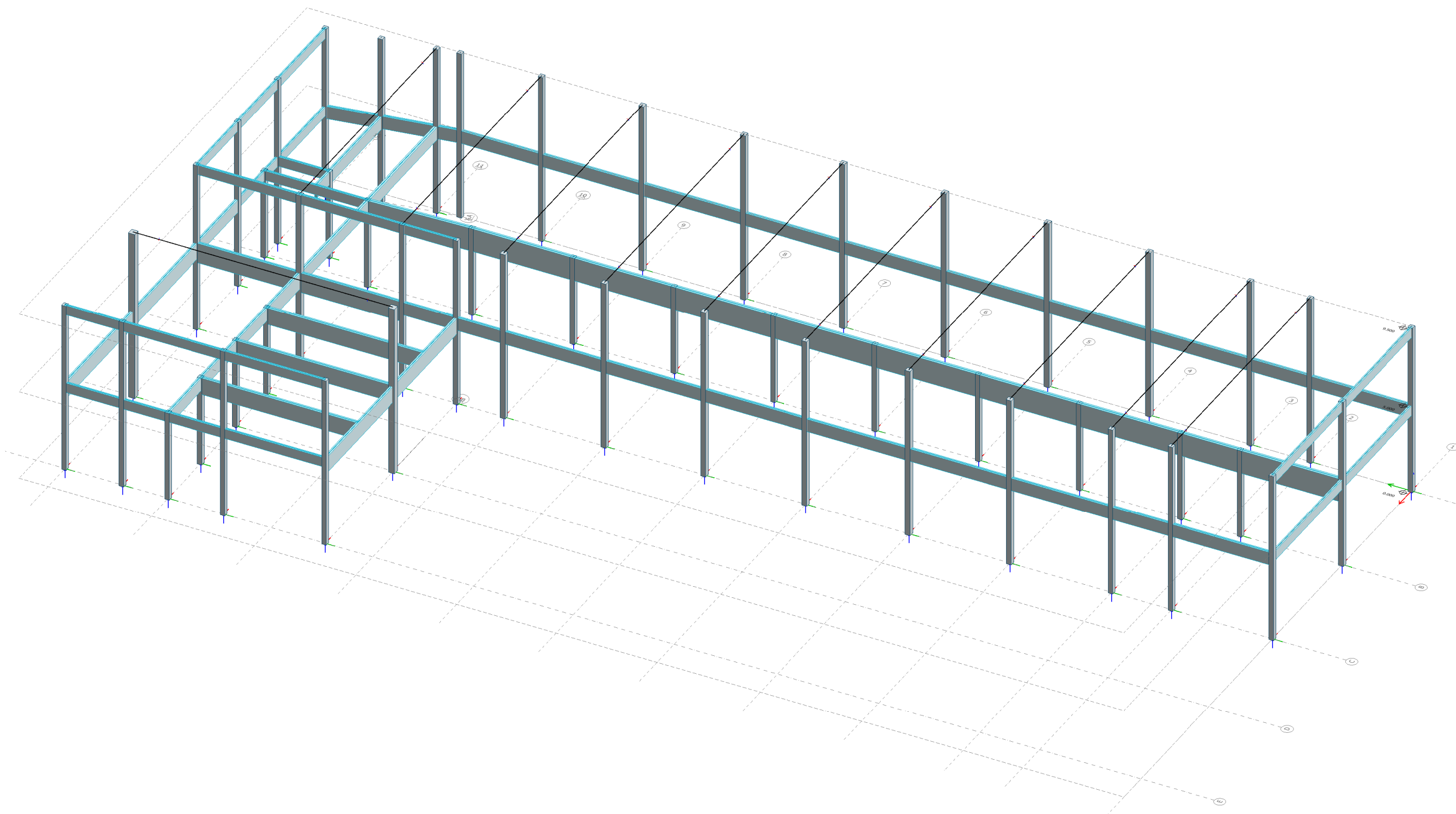




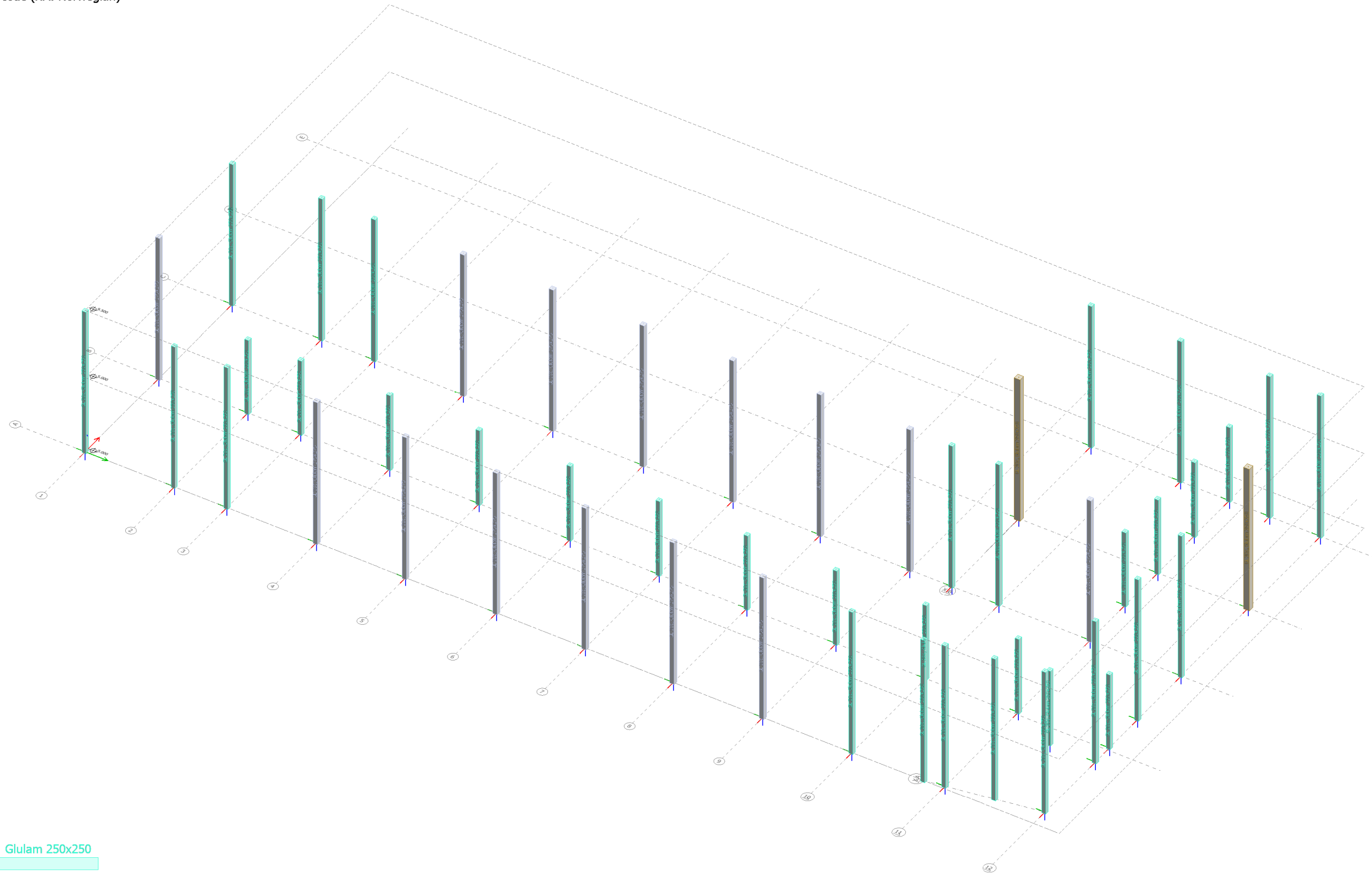








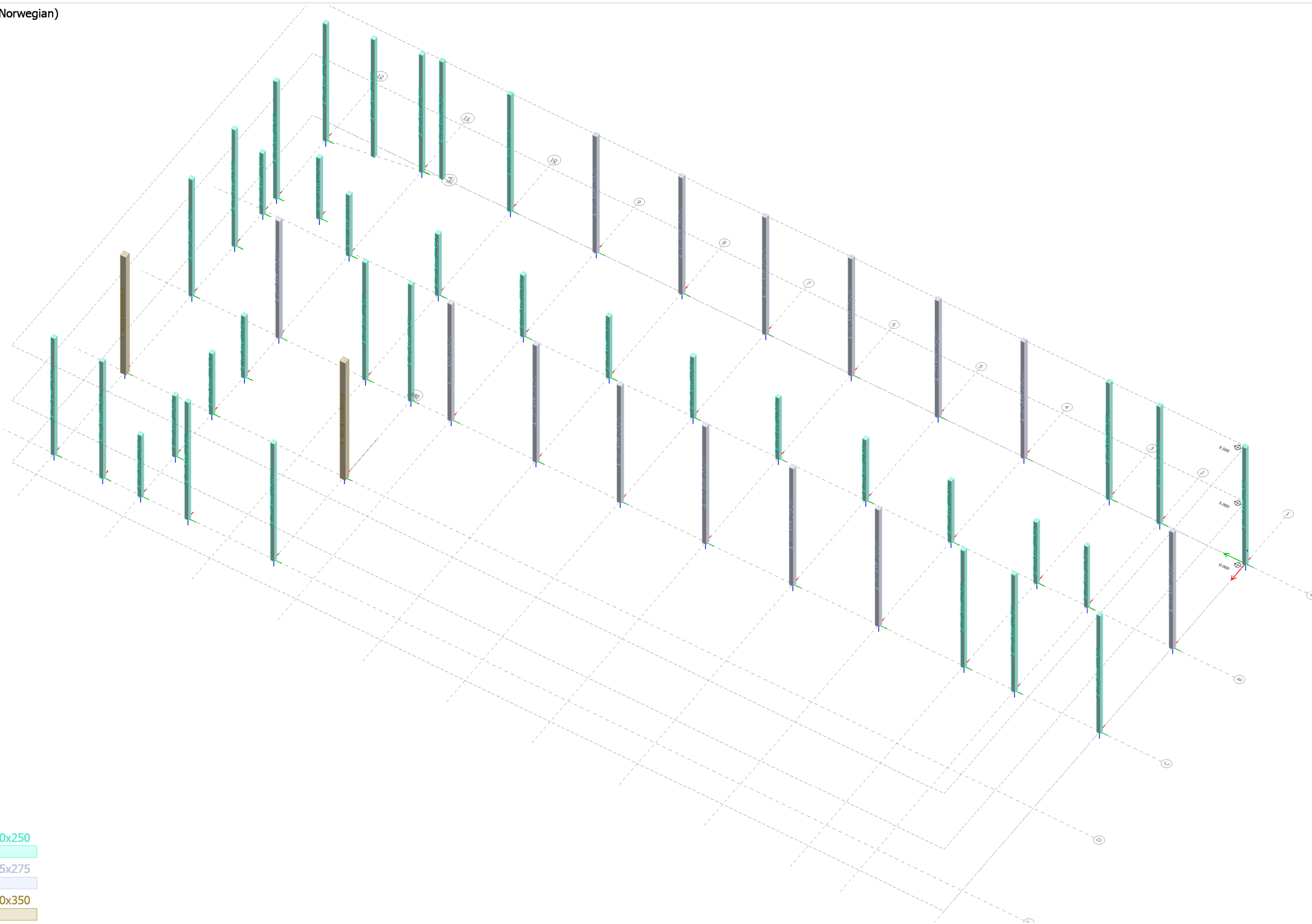




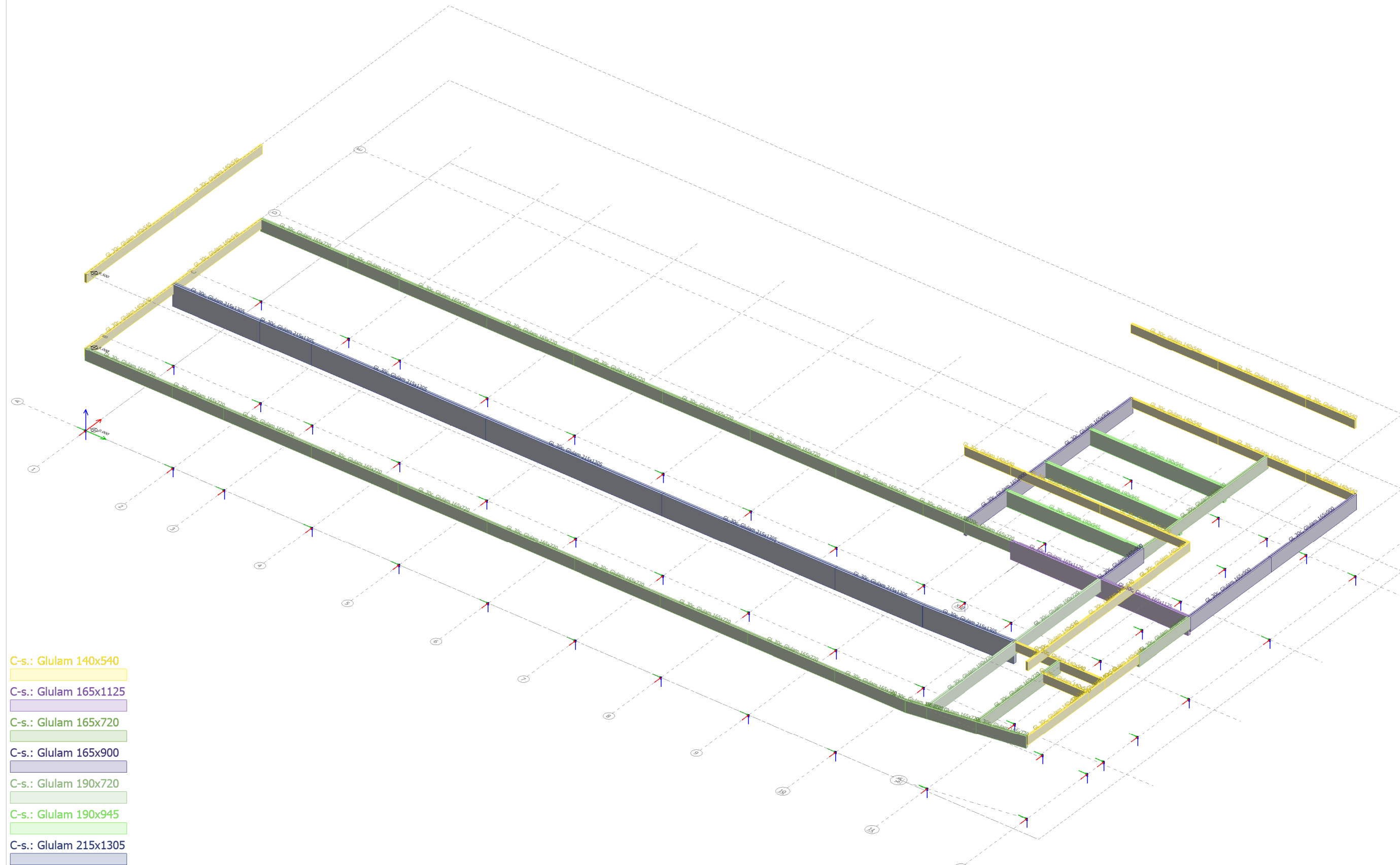
C-s.: Glulam 250x250

C-s.: Glulam 275x275

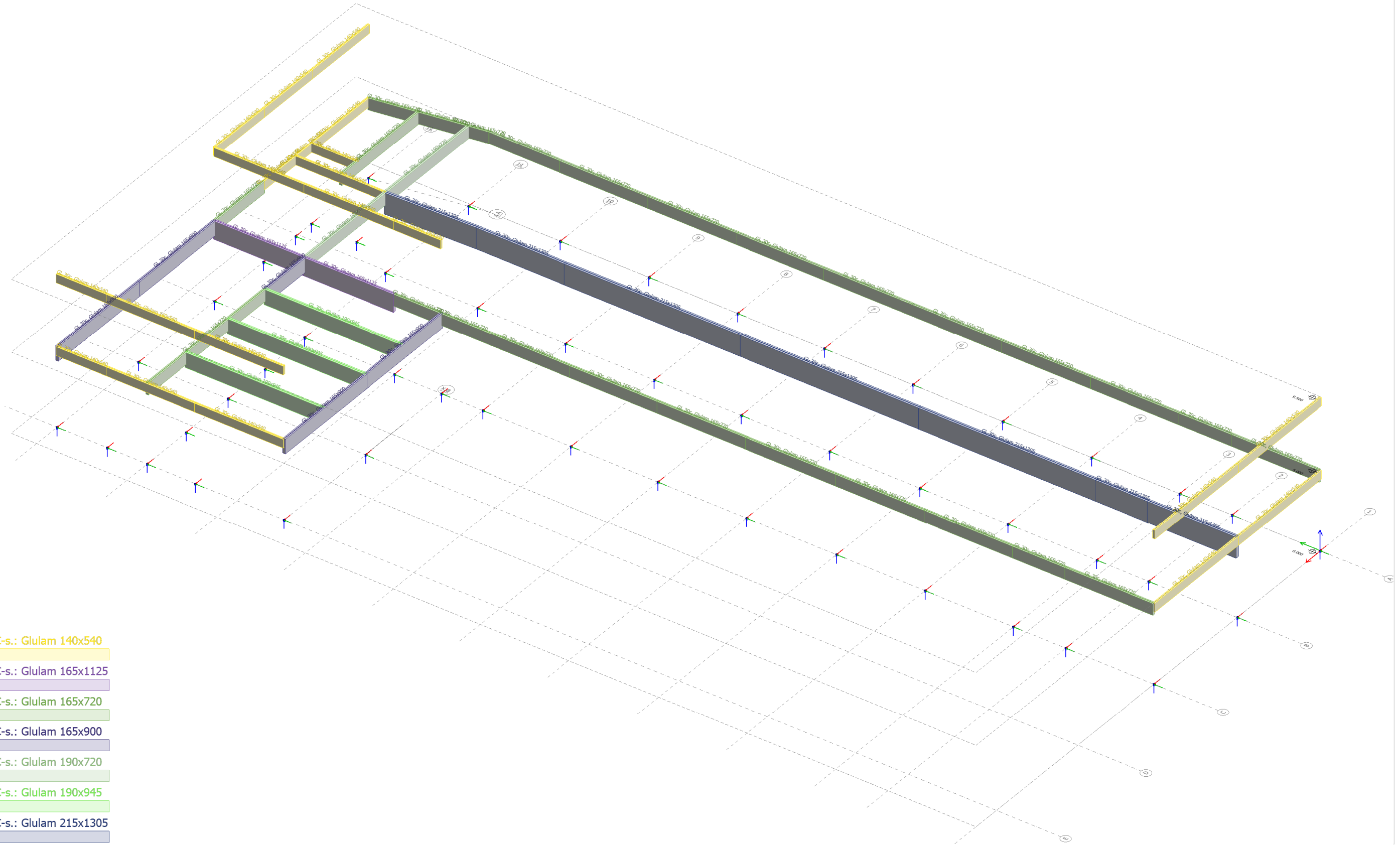
C-s.: Glulam 350x350



- C-s.: Glulam 250x250
- C-s.: Glulam 275x275
- C-s.: Glulam 350x350



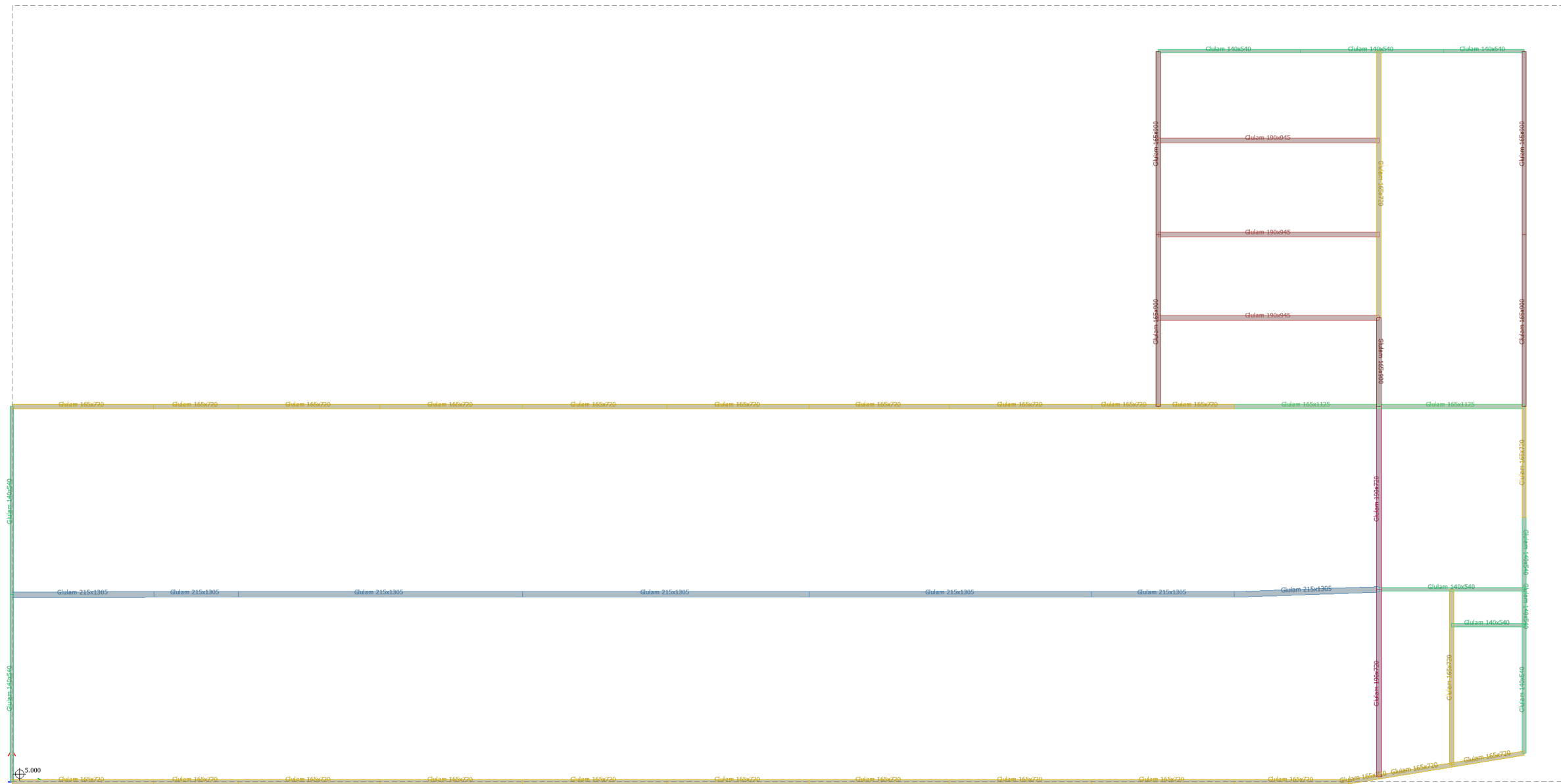
- C-s.: Glulam 140x540
- C-s.: Glulam 165x1125
- C-s.: Glulam 165x720
- C-s.: Glulam 165x900
- C-s.: Glulam 190x720
- C-s.: Glulam 190x945
- C-s.: Glulam 215x1305



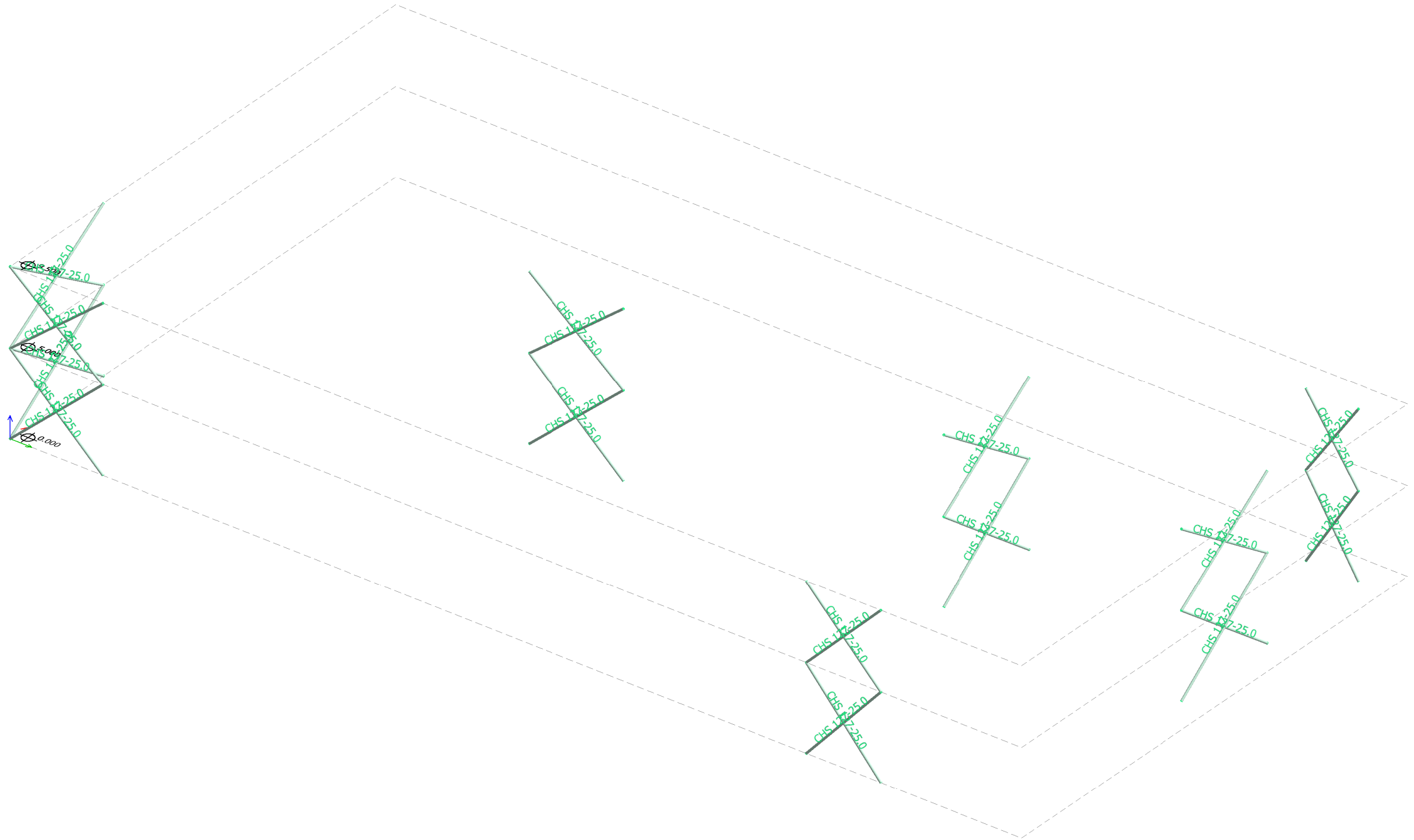
- C-s.: Glulam 140x540
- C-s.: Glulam 165x1125
- C-s.: Glulam 165x720
- C-s.: Glulam 165x900
- C-s.: Glulam 190x720
- C-s.: Glulam 190x945
- C-s.: Glulam 215x1305



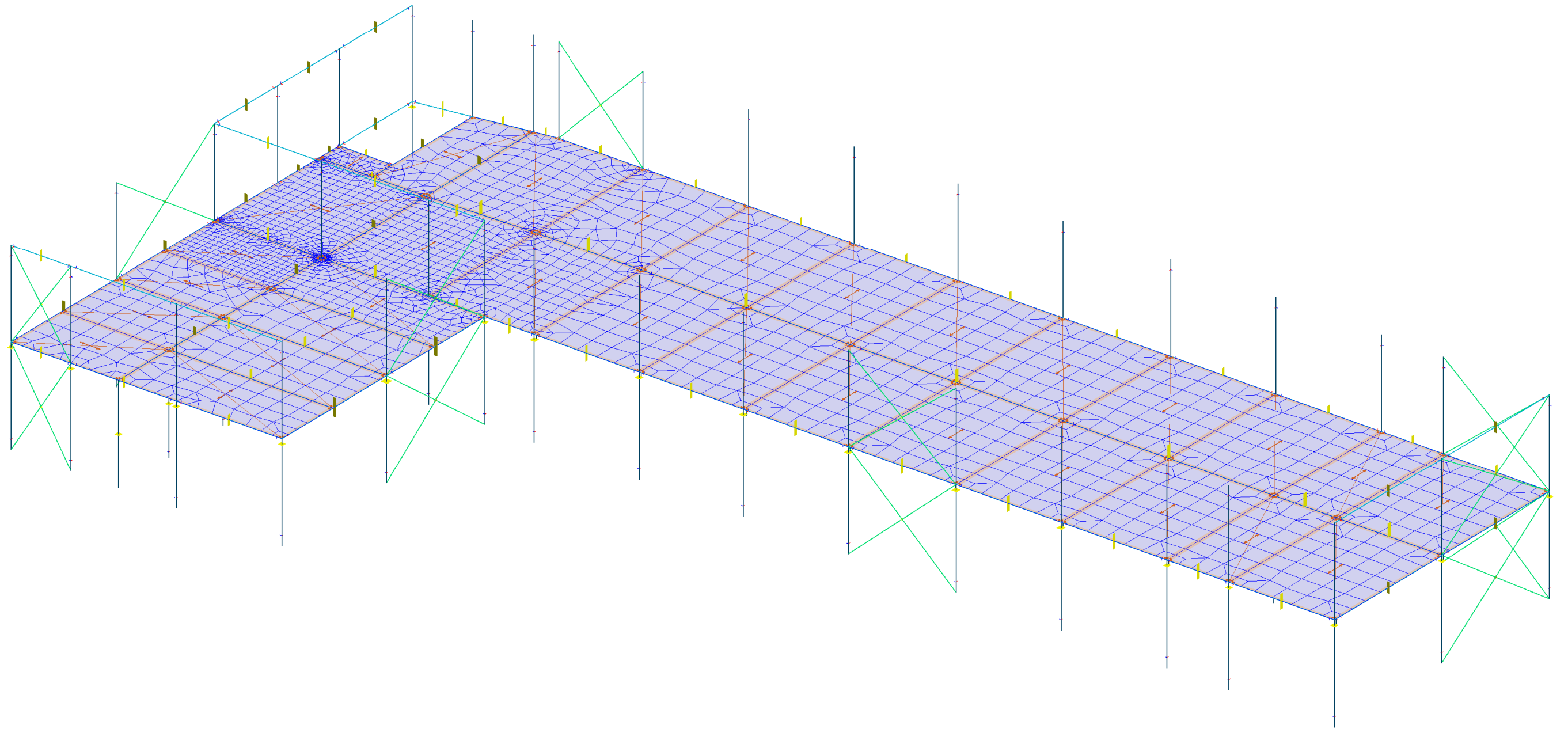
C-s.: Glulam 140x540



- C-s.: Glulam 140x540
- C-s.: Glulam 165x1125
- C-s.: Glulam 165x720
- C-s.: Glulam 165x900
- C-s.: Glulam 190x720
- C-s.: Glulam 190x945
- C-s.: Glulam 215x1305



C-s.: CHS 127-25.0





Timber materials

No.	Name	Type	Gamma M	Gamma M, Acc	Gamma Mfi	Service class	System factor	k cr factor	f m,0,k	f m,90,k	f t,0,k	f t,90,k	f c,0,k	f c,90,k	f v,k	E 0,mean	E 90,mean	E 0,05	G mean	G 0,05	Rho k	Rho mean
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[kg/m3]	[kg/m3]
1	GL 30c	Glued laminated	1.150	1.000	1.000	1	1.000	0.800	30.000	30.000	19.500	0.500	24.500	2.500	3.500	13000.000	300.000	10800.000	650.000	540.000	390.000	430.000

Thermal coefficient x'	Thermal coefficient y'	Thermal coefficient z'	kdef,App (U)	kdef,App (Sq)	kdef,App (Sf)	kdef,App (Sc)
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
0.000	0.000	0.000	0.00	0.60	0.60	0.60

Storeys

No.	Name	Height	Level
[-]	[-]	[m]	[m]
1	Storey 1	5.000	5.000
2	Storey 2	4.500	9.500

Quantity estimation, Timber

Storey	Struct.	Identifier	Quality	Section/ Thickness[m]	Unit weight [t/m, t/m2]	Subtotal [m,m2]	Total weight [t]	Painted area [m2]
1	Beam	B.1	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	5.490	0.280	9.717
1	Beam	B.2	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	3.250	0.166	5.752
1	Beam	B.3	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	5.500	0.281	9.735
1	Beam	B.4	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	5.500	0.281	9.735
1	Beam	B.5	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	5.600	0.286	9.912
1	Beam	B.6	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	5.500	0.281	9.735
1	Beam	B.7	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	5.400	0.276	9.558
1	Beam	B.8	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	5.500	0.281	9.735
1	Beam	B.9	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	5.500	0.281	9.735
1	Beam	B.10	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	4.417	0.226	7.818
1	Beam	B.11	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	1.199	0.061	2.122
1	Beam	B.12	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	2.832	0.145	5.013
1	Beam	B.13	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	2.832	0.145	5.013
1	Beam	B.14	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	5.490	0.280	9.717
1	Beam	B.15	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	3.250	0.166	5.752
1	Beam	B.16	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	5.500	0.281	9.735
1	Beam	B.17	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	5.500	0.281	9.735
1	Beam	B.18	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	5.600	0.286	9.912
1	Beam	B.19	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	5.500	0.281	9.735
1	Beam	B.20	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	5.400	0.276	9.558
1	Beam	B.21	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	5.500	0.281	9.735
1	Beam	B.22	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	2.575	0.132	4.558
1	Beam	B.23	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	2.925	0.149	5.177
1	Beam	B.24	GL 30c	Glulam 165x1125	0.080	5.600	0.447	14.448
1	Beam	B.25	GL 30c	Glulam 165x1125	0.080	5.590	0.446	14.422
1	Beam	B.26	GL 30c	Glulam 165x900	0.064	6.645	0.424	14.154
1	Beam	B.27	GL 30c	Glulam 165x900	0.064	7.090	0.453	15.102
1	Beam	B.28	GL 30c	Glulam 165x900	0.064	6.645	0.424	14.154
1	Beam	B.29	GL 30c	Glulam 165x900	0.064	7.090	0.453	15.102
1	Beam	B.30	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	4.962	0.161	6.748
1	Beam	B.31	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	4.270	0.218	7.558
1	Beam	B.32	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	5.500	0.179	7.480
1	Beam	B.33	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	5.500	0.179	7.480
1	Beam	B.34	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	3.115	0.101	4.236
1	Beam	B.35	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	7.240	0.235	9.846
1	Beam	B.36	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	7.260	0.236	9.874
2	Beam	B.37	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	7.240	0.235	9.846
2	Beam	B.38	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	7.260	0.236	9.874
2	Beam	B.39	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	4.962	0.161	6.748
2	Beam	B.40	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	4.157	0.135	5.654
2	Beam	B.41	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	4.270	0.139	5.807
2	Beam	B.42	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	5.500	0.179	7.480
2	Beam	B.43	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	5.500	0.179	7.480
2	Beam	B.44	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	3.115	0.101	4.236
2	Beam	B.45	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	2.925	0.095	3.978
2	Beam	B.46	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	5.600	0.182	7.616
2	Beam	B.47	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	5.590	0.182	7.602
1	Beam	B.53	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	2.795	0.091	3.801
1	Beam	B.54	GL 30c	Glulam 215x1305	0.121	10.990	1.326	33.410
1	Beam	B.55	GL 30c	Glulam 215x1305	0.121	11.100	1.339	33.744
1	Beam	B.56	GL 30c	Glulam 215x1305	0.121	10.900	1.315	33.136
1	Beam	B.57	GL 30c	Glulam 215x1305	0.121	5.500	0.664	16.720
1	Beam	B.58	GL 30c	Glulam 215x1305	0.121	5.500	0.664	16.720
1	Beam	B.59	GL 30c	Glulam 215x1305	0.121	3.250	0.392	9.880
1	Beam	B.60	GL 30c	Glulam 215x1305	0.121	5.603	0.676	17.034
1	Beam	B.61	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	5.590	0.182	7.602
1	Beam	B.62	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	2.781	0.090	3.782
1	Beam	B.63	GL 30c	Glulam 140x540	0.033	1.376	0.045	1.872
1	Beam	B.64	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	6.794	0.347	12.026
1	Beam	B.65	GL 30c	Glulam 190x720	0.059	7.250	0.426	13.195
1	Beam	B.66	GL 30c	Glulam 190x720	0.059	7.056	0.415	12.842
1	Beam	B.67	GL 30c	Glulam 165x720	0.051	10.301	0.526	18.233
1	Beam	B.68	GL 30c	Glulam 165x900	0.064	3.434	0.219	7.314
1	Beam	B.69	GL 30c	Glulam 190x945	0.077	8.525	0.658	19.352

Storey	Struct. type	Identifier	Quality	Section/ Thickness[m]	Unit weight [t/m, t/m2]	Subtotal [m,m2]	Total weight [t]	Painted area [m2]
1	Beam	B.70	GL 30c	Glulam 190x945	0.077	8.525	0.658	19.352
1	Beam	B.71	GL 30c	Glulam 190x945	0.077	8.525	0.658	19.352
-	Column	C.1	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	9.500	0.255	9.500
-	Column	C.2	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	9.500	0.255	9.500
-	Column	C.3	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	9.500	0.255	9.500
-	Column	C.4	GL 30c	Glulam 275x275	0.033	9.500	0.309	10.450
-	Column	C.5	GL 30c	Glulam 275x275	0.033	9.500	0.309	10.450
-	Column	C.6	GL 30c	Glulam 275x275	0.033	9.500	0.309	10.450
-	Column	C.7	GL 30c	Glulam 275x275	0.033	9.500	0.309	10.450
-	Column	C.8	GL 30c	Glulam 275x275	0.033	9.500	0.309	10.450
-	Column	C.9	GL 30c	Glulam 275x275	0.033	9.500	0.309	10.450
-	Column	C.10	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	9.500	0.255	9.500
-	Column	C.11	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	9.500	0.255	9.500
-	Column	C.12	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	9.500	0.255	9.500
-	Column	C.13	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	9.500	0.255	9.500
-	Column	C.14	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	9.500	0.255	9.500
-	Column	C.15	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	9.500	0.255	9.500
-	Column	C.16	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	9.500	0.255	9.500
-	Column	C.17	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	9.500	0.255	9.500
-	Column	C.18	GL 30c	Glulam 350x350	0.053	9.500	0.500	13.300
-	Column	C.19	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	9.500	0.255	9.500
-	Column	C.20	GL 30c	Glulam 275x275	0.033	9.500	0.309	10.450
-	Column	C.21	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	9.500	0.255	9.500
-	Column	C.22	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	9.500	0.255	9.500
-	Column	C.23	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	9.500	0.255	9.500
-	Column	C.24	GL 30c	Glulam 275x275	0.033	9.500	0.309	10.450
-	Column	C.25	GL 30c	Glulam 275x275	0.033	9.500	0.309	10.450
-	Column	C.26	GL 30c	Glulam 275x275	0.033	9.500	0.309	10.450

Storey	Struct. type	Identifier	Quality	Section/ Thickness[m]	Unit weight [t/m, t/m2]	Subtotal [m,m2]	Total weight [t]	Painted area [m2]
-	Column	C.27	GL 30c	Glulam 275x275	0.033	9.500	0.309	10.450
-	Column	C.28	GL 30c	Glulam 275x275	0.033	9.500	0.309	10.450
-	Column	C.29	GL 30c	Glulam 275x275	0.033	9.500	0.309	10.450
-	Column	C.30	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	9.500	0.255	9.500
-	Column	C.31	GL 30c	Glulam 350x350	0.053	9.500	0.500	13.300
-	Column	C.32	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	9.500	0.255	9.500
-	Column	C.33	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	9.500	0.255	9.500
-	Column	C.34	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	9.500	0.255	9.500
-	Column	C.35	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	9.500	0.255	9.500
-	Column	C.36	GL 30c	Glulam 275x275	0.033	9.500	0.309	10.450
1	Column	C.37	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	5.000	0.134	5.000
1	Column	C.38	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	5.000	0.134	5.000
1	Column	C.39	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	5.000	0.134	5.000
1	Column	C.40	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	5.000	0.134	5.000
1	Column	C.41	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	5.000	0.134	5.000
1	Column	C.42	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	5.000	0.134	5.000
1	Column	C.43	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	5.000	0.134	5.000
1	Column	C.44	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	5.000	0.134	5.000
1	Column	C.45	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	5.000	0.134	5.000
1	Column	C.46	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	5.000	0.134	5.000
1	Column	C.47	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	5.000	0.134	5.000
1	Column	C.48	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	5.000	0.134	5.000
1	Column	C.49	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	5.000	0.134	5.000
1	Column	C.50	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	5.000	0.134	5.000
1	Column	C.51	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	5.000	0.134	5.000
1	Column	C.52	GL 30c	Glulam 250x250	0.027	5.000	0.134	5.000
TOTAL							34.458	1146.388

Cross laminated timber panels

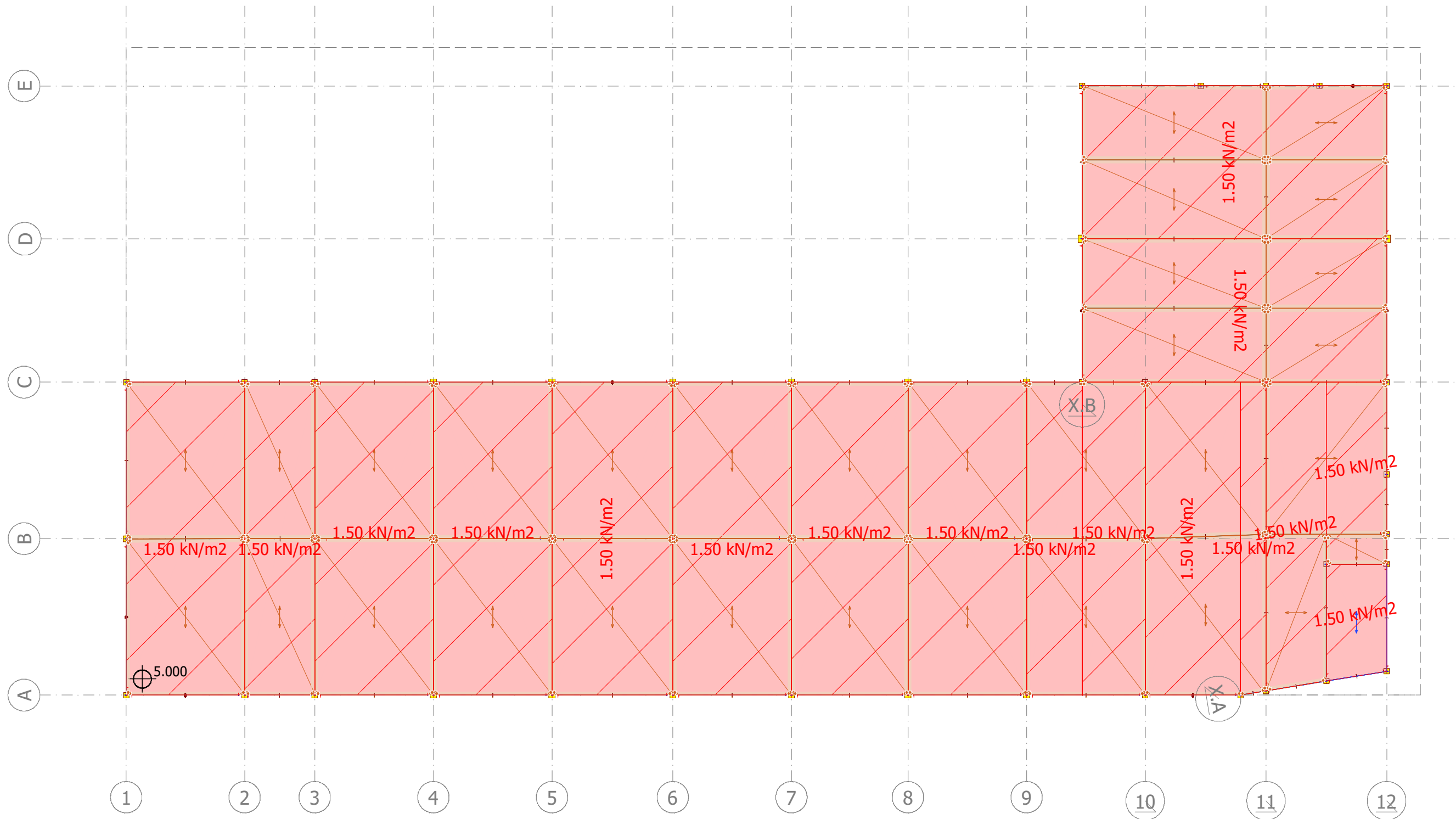
ID	Panel type	Alignment	Eccentricity	Gamma M, Ult	Gamma M, Acc./seis.	Gamma M, Acc. (Fire)	Service class	System factor	kdef,App (U)	kdef,App (Sq)	kdef,App (Sf)	kdef,App (Sc)	Consider shear coupling
[-]	[-]	[-]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	
TP.1	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.2	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.3	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.4	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.5	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.6	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.7	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.8	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.9	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.10	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.11	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.12	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.13	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.14	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.15	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.16	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.17	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes

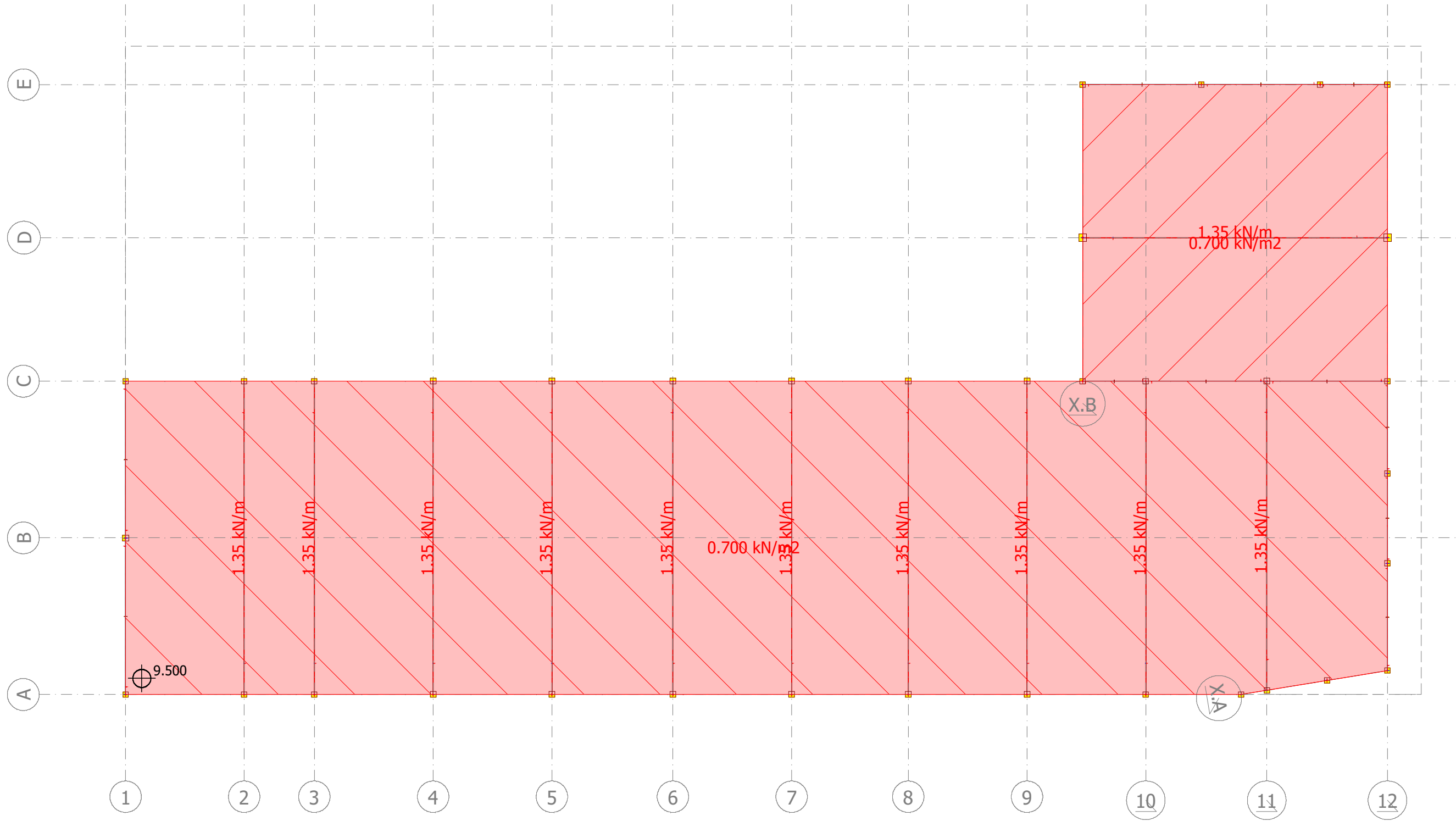
ID	Panel type	Alignment	Eccentricity	Gamma M, Ult	Gamma M, Acc./seis.	Gamma M, Acc. (Fire)	Service class	System factor	kdef,App (U)	kdef,App (Sq)	kdef,App (Sf)	kdef,App (Sc)	Consider shear coupling
[-]	[-]	[-]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	
TP.18	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.19	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.00	0.00	0.00	Yes
TP.20	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.21	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.22	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.23	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.24	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.25	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.26	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.27	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.28	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.29	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.30	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes
TP.31	CLT 260 L7s2	Center	0.000	1.300	1.000	1.000	1	1.000	0.00	0.60	0.60	0.60	Yes

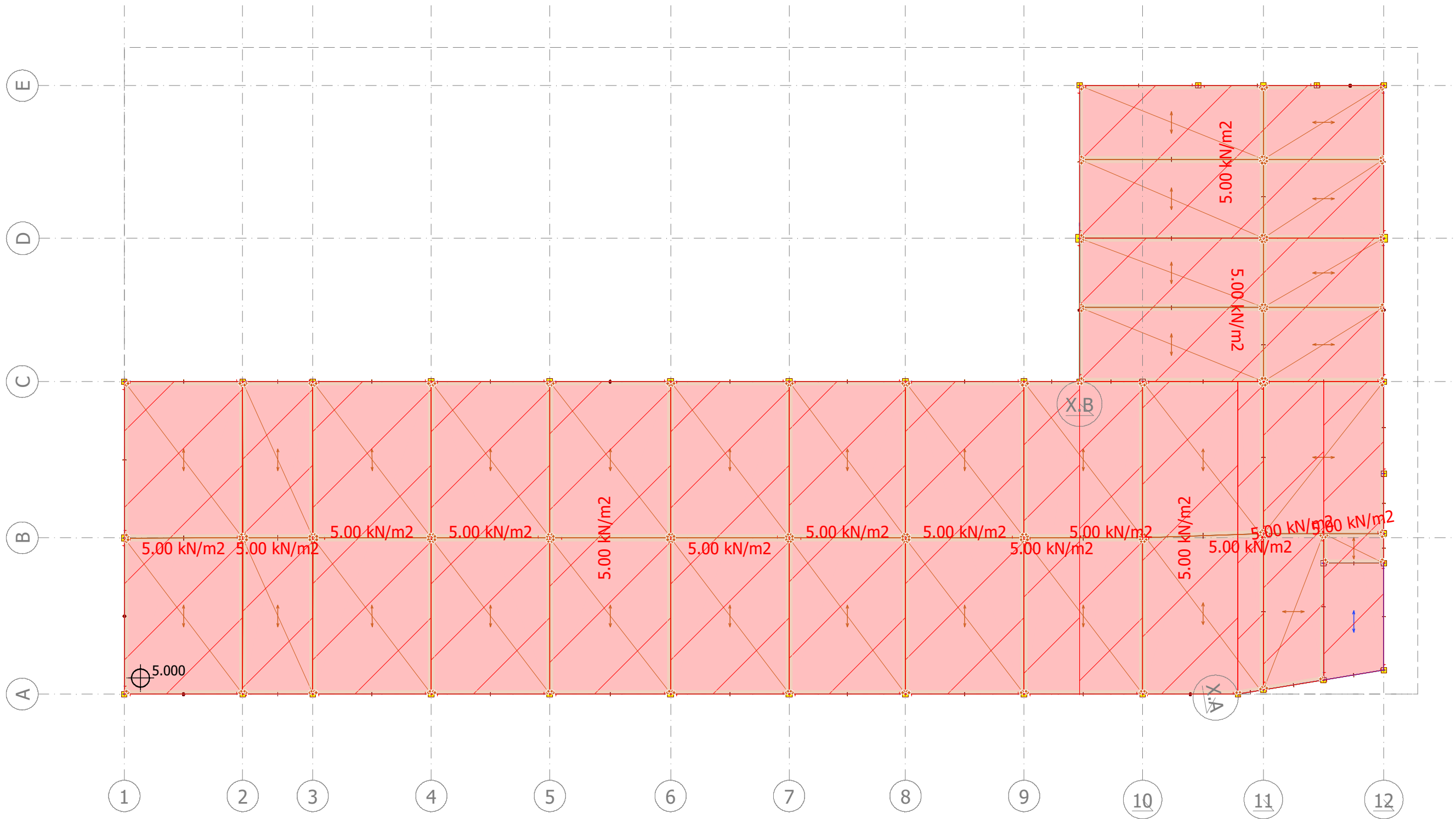
## 2.2 Laster

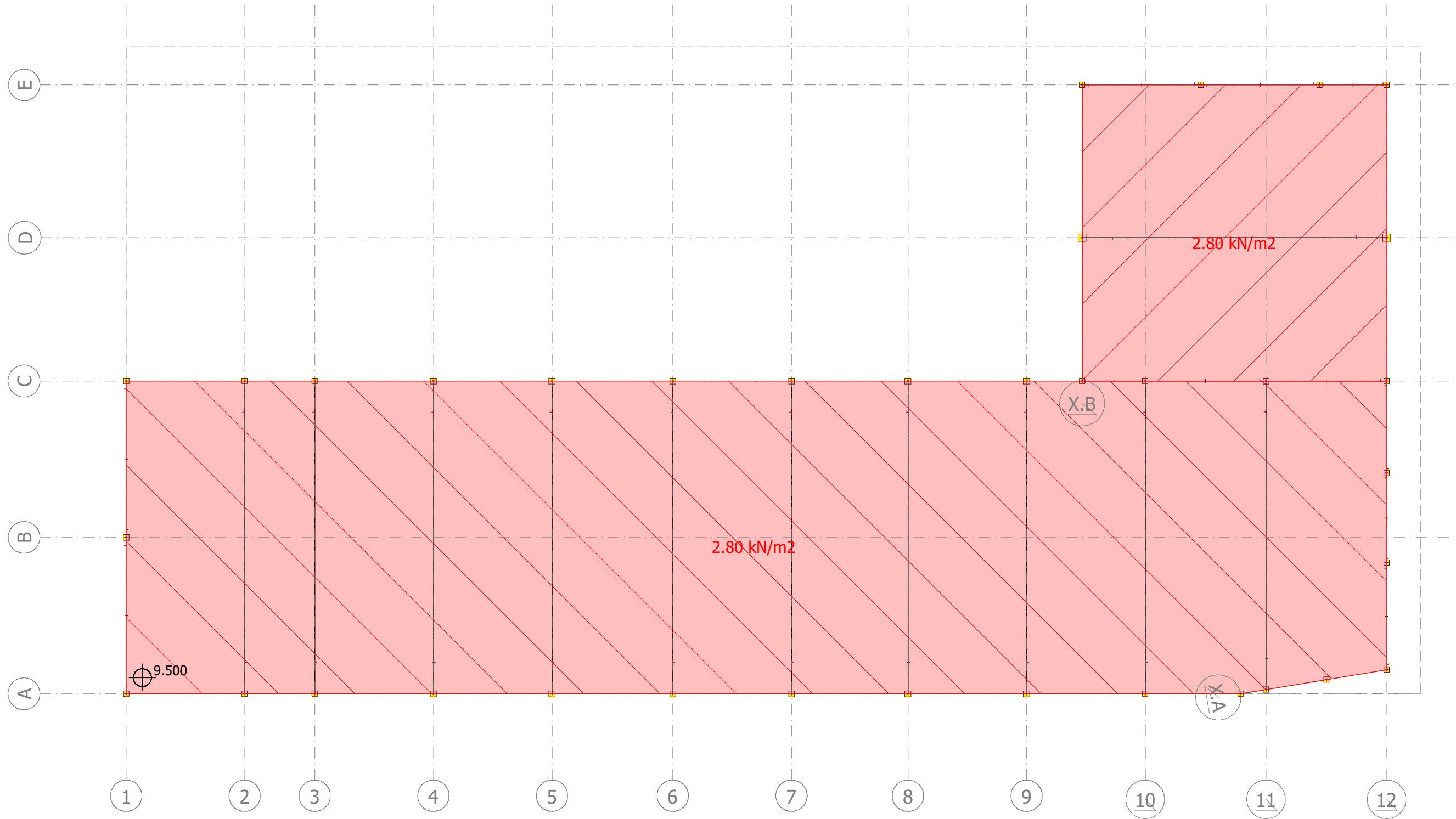
EL

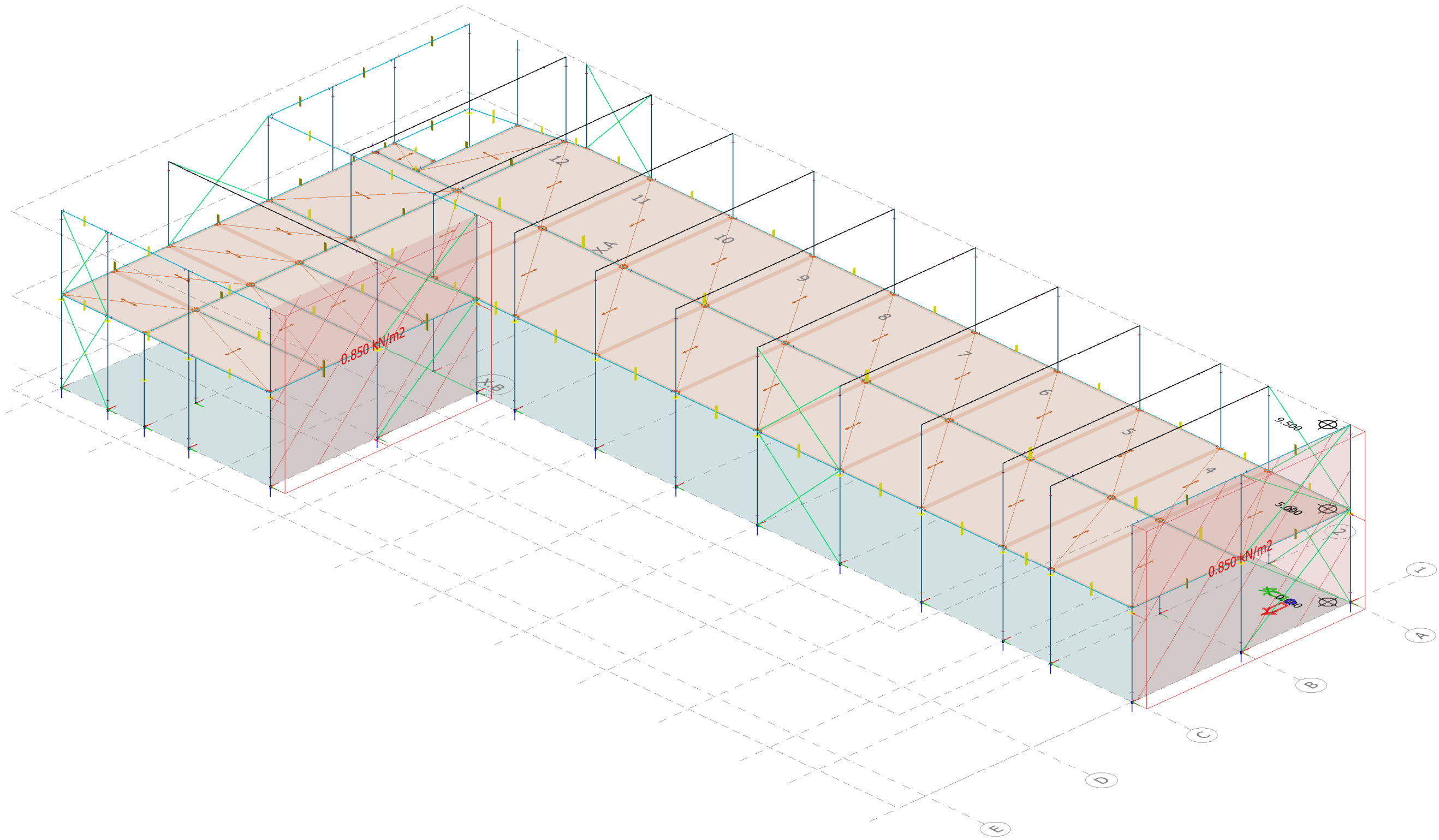
Eurocode (NA: Norwegian)  
View: Storey 1 (+5.000)



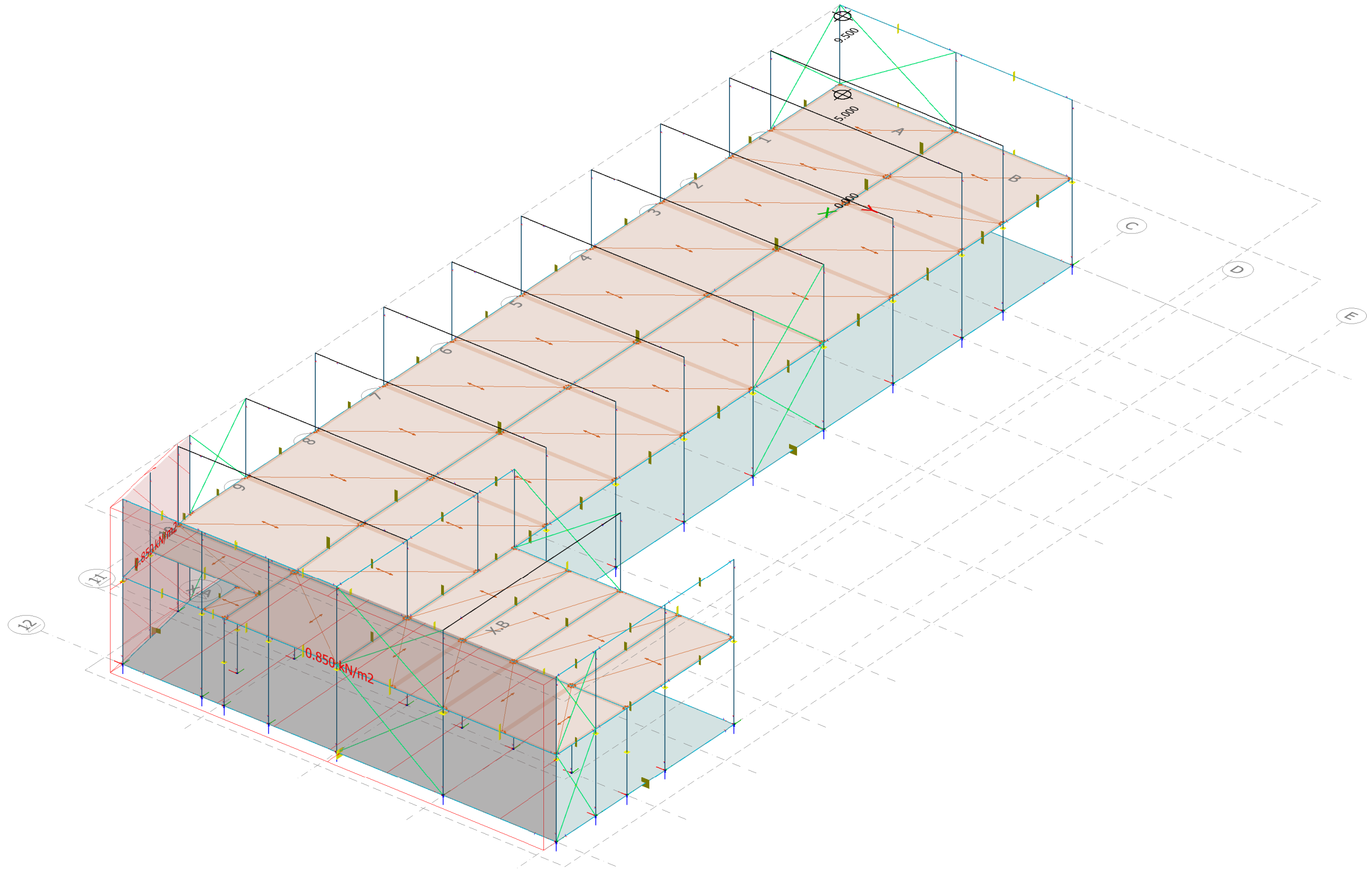


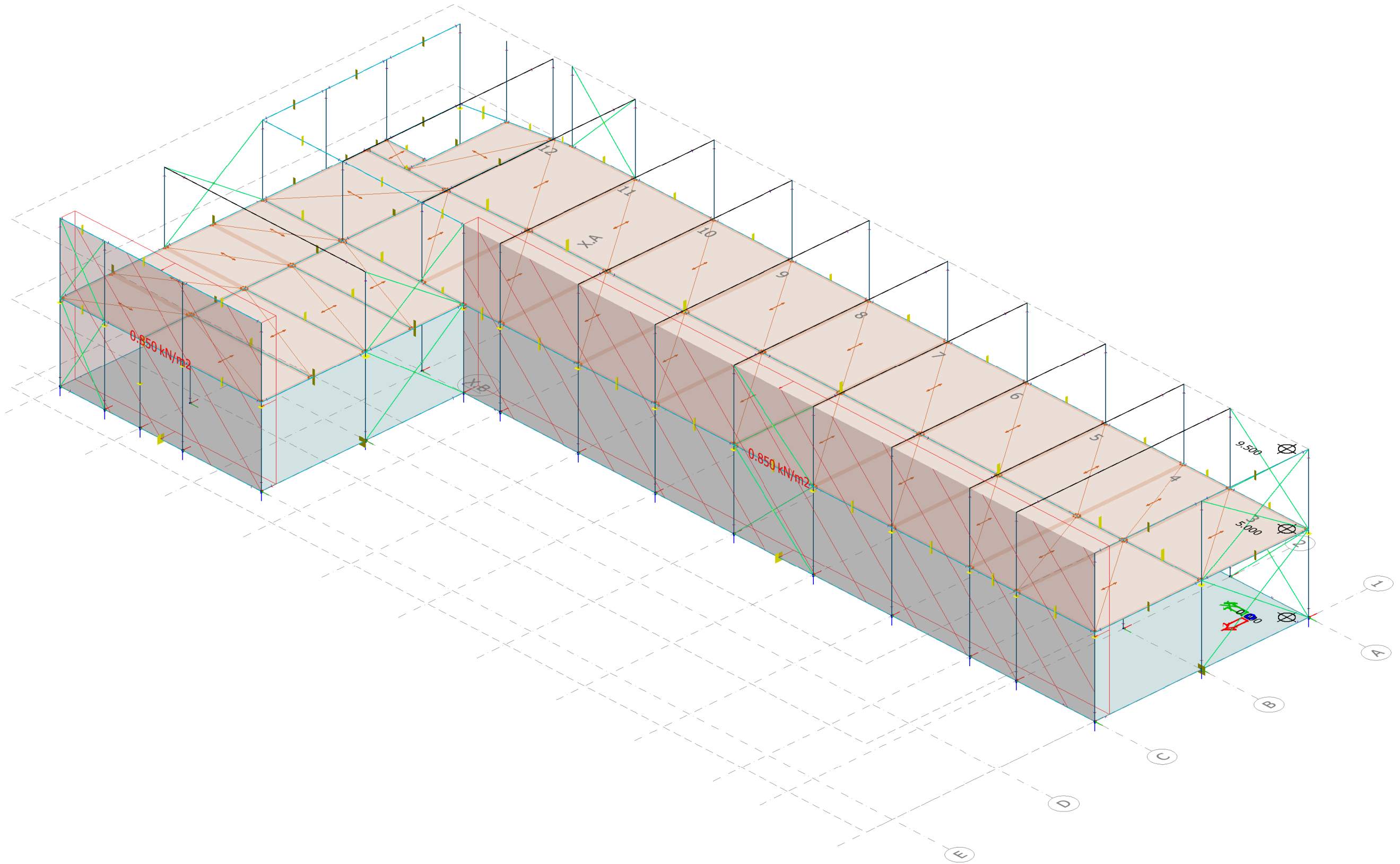


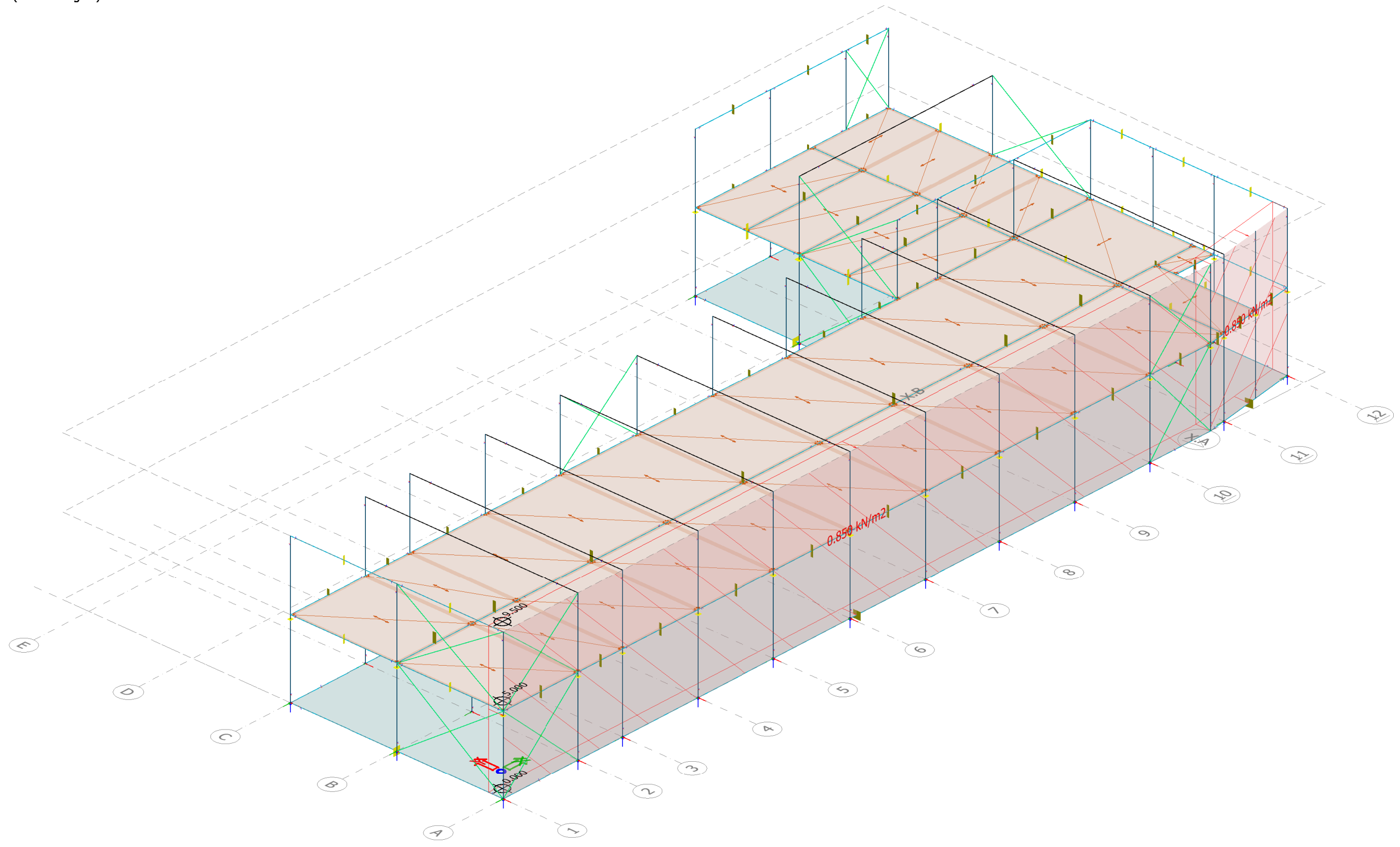


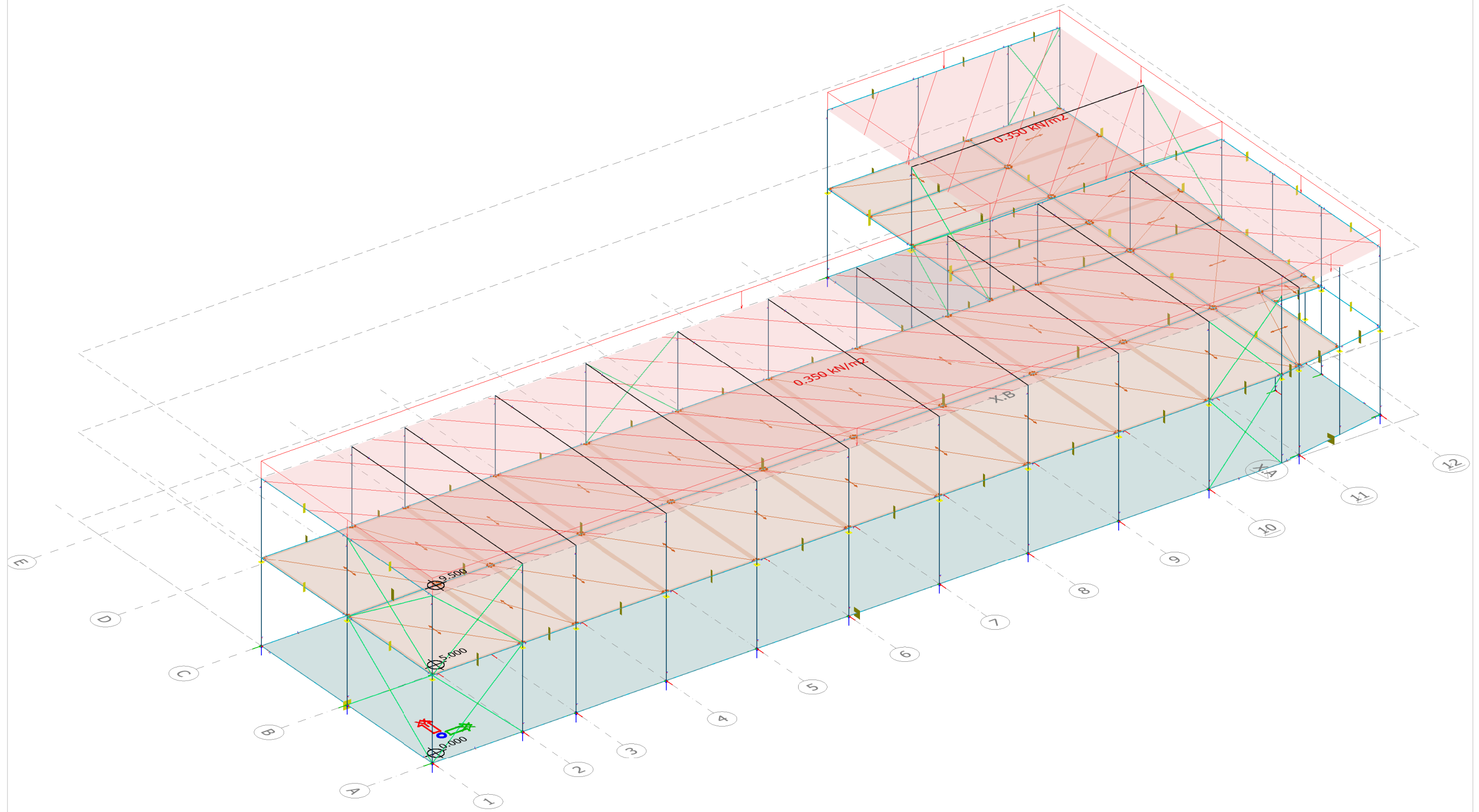












Load cases

No.	Name	Type	Duration class
1	EL	+Struc. dead load	Permanent
2	NL	Ordinary	Permanent

No.	Name	Type	Duration class
3	Snø	Ordinary	Permanent
4	Vind X	Ordinary	Permanent

No.	Name	Type	Duration class
5	Vind -X	Ordinary	Permanent
6	Vind Y	Ordinary	Permanent

No.	Name	Type	Duration class
7	Vind -Y	Ordinary	Permanent
8	Vind Z	Ordinary	Permanent

Load combinations

No.	Name	Type	Factor	Load cases
1	Brudd A	Ultimate	1.350	EL (+Struc. dead load)
			1.050	NL
			1.050	Snø
2	Brudd B	Ultimate	1.200	EL (+Struc. dead load)
			1.500	NL
			1.050	Snø
3	Brudd C	Ultimate	1.200	EL (+Struc. dead load)
			1.050	NL
			1.500	Snø
4	Bruks Kar	Characteristic	1.000	EL (+Struc. dead load)
			1.000	NL
			1.000	Snø
5	Bruks Ofte forek	Frequent	1.000	EL (+Struc. dead load)
			0.700	NL
			0.500	Snø
6	Bruks Tilnermet perm	Quasi-permanent	1.000	EL (+Struc. dead load)
			0.600	NL
			0.200	Snø
7	Brudd X maks 1	Ultimate	1.200	EL (+Struc. dead load)
			1.500	NL
			1.050	Snø
			0.900	Vind Z
			0.900	Vind X
8	Brudd X maks 2	Ultimate	1.200	EL (+Struc. dead load)
			1.050	NL
			1.500	Snø

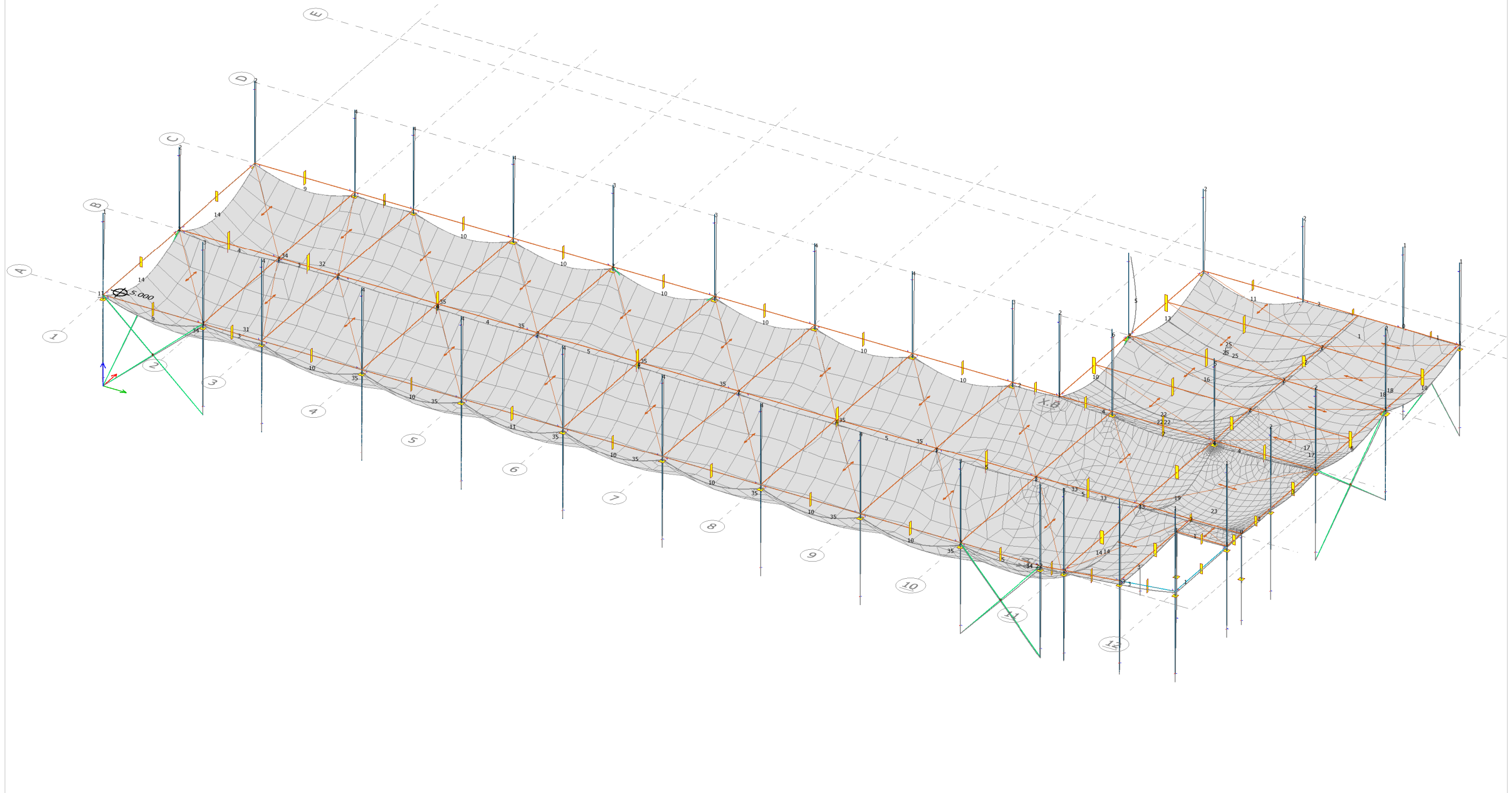
No.	Name	Type	Factor	Load cases
9	Brudd X maks 3	Ultimate	0.900	Vind Z
			0.900	Vind X
			1.200	EL (+Struc. dead load)
10	Brudd -X maks 1	Ultimate	1.050	NL
			1.050	Snø
			1.500	Vind Z
			1.500	Vind X
			1.200	EL (+Struc. dead load)
11	Brudd -X maks 2	Ultimate	1.500	NL
			1.050	Snø
			0.900	Vind Z
			0.900	Vind -X
			1.200	EL (+Struc. dead load)
12	Brudd -X maks 3	Ultimate	1.050	NL
			1.500	Snø
			1.500	Vind Z
			1.500	Vind -X
			1.200	EL (+Struc. dead load)
13	Brudd Y maks 1	Ultimate	1.200	EL (+Struc. dead load)
			1.500	NL
			1.050	Snø
			1.050	Snø
			0.900	Vind Z

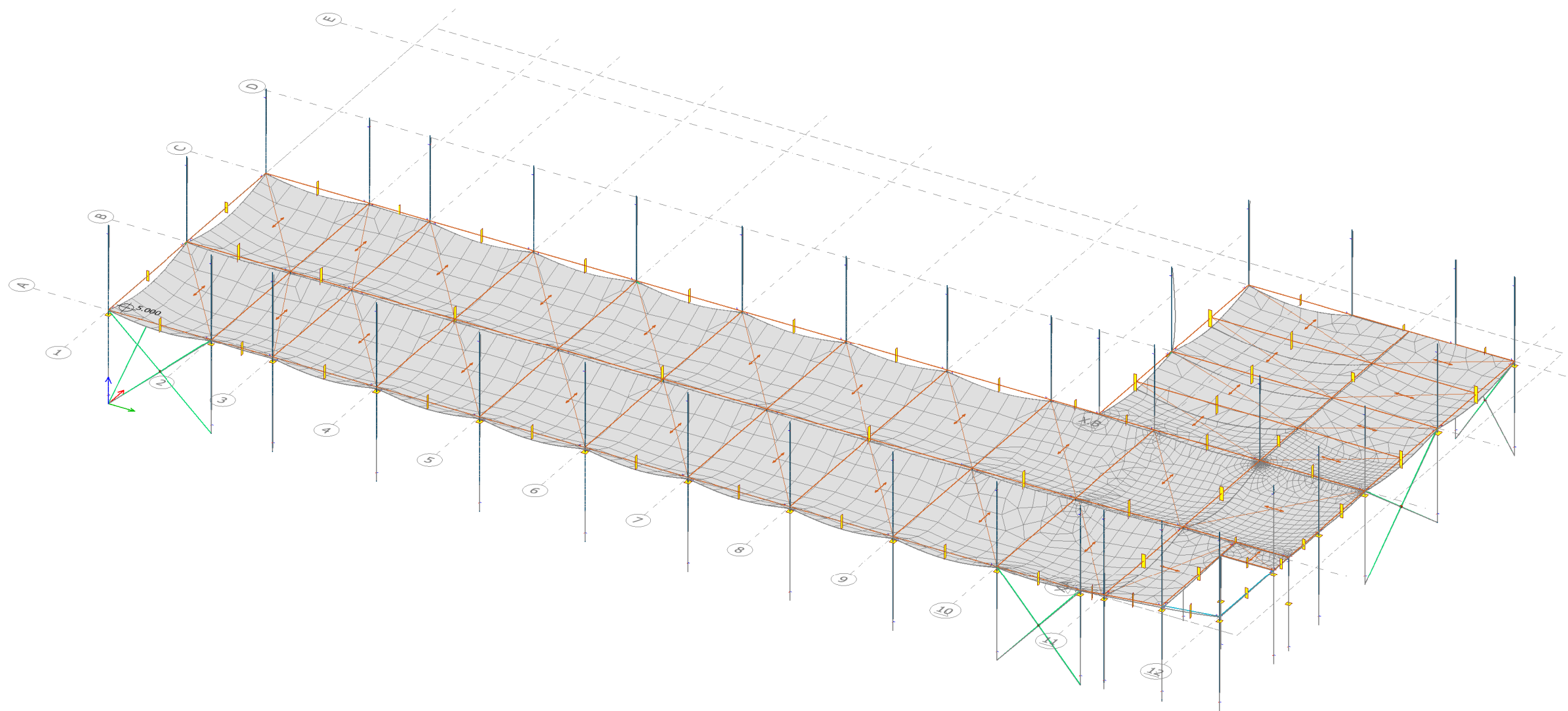
No.	Name	Type	Factor	Load cases
14	Brudd Y maks 2	Ultimate	0.900	Vind Y
			1.200	EL (+Struc. dead load)
			1.050	NL
15	Brudd Y maks 3	Ultimate	1.500	Snø
			0.900	Vind Z
			0.900	Vind Y
			1.200	EL (+Struc. dead load)
			1.050	NL
16	Brudd -Y maks 1	Ultimate	1.050	Snø
			1.500	Vind Z
			1.500	Vind Y
			1.200	EL (+Struc. dead load)
			1.500	NL
17	Brudd -Y maks 2	Ultimate	1.050	Snø
			0.900	Vind Z
			0.900	Vind -Y
			1.200	EL (+Struc. dead load)
			1.050	NL
18	Brudd -Y maks 3	Ultimate	1.500	Snø
			0.900	Vind Z
			0.900	Vind -Y
			1.200	EL (+Struc. dead load)
			1.500	Vind Z

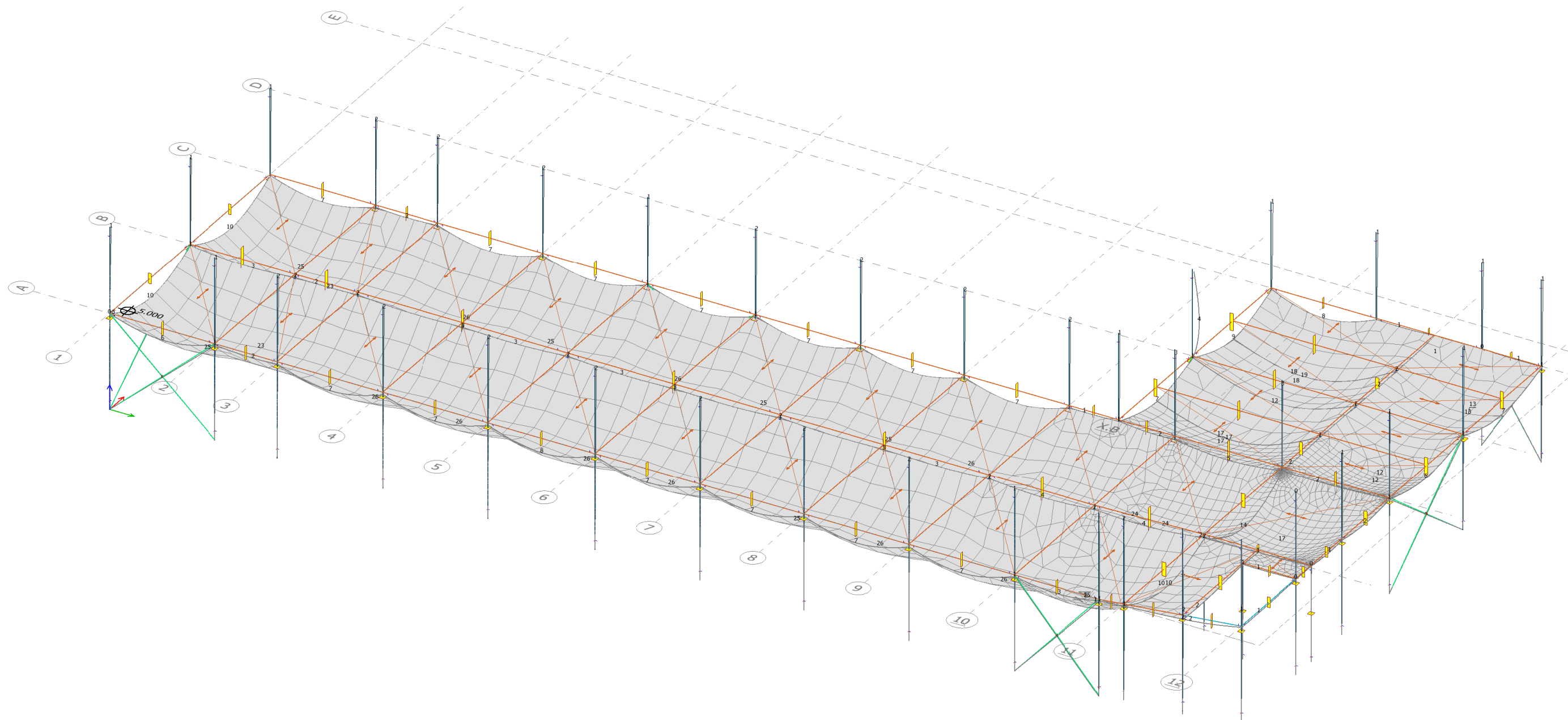
### 3 Resultater

#### 3.1 Deformasjoner

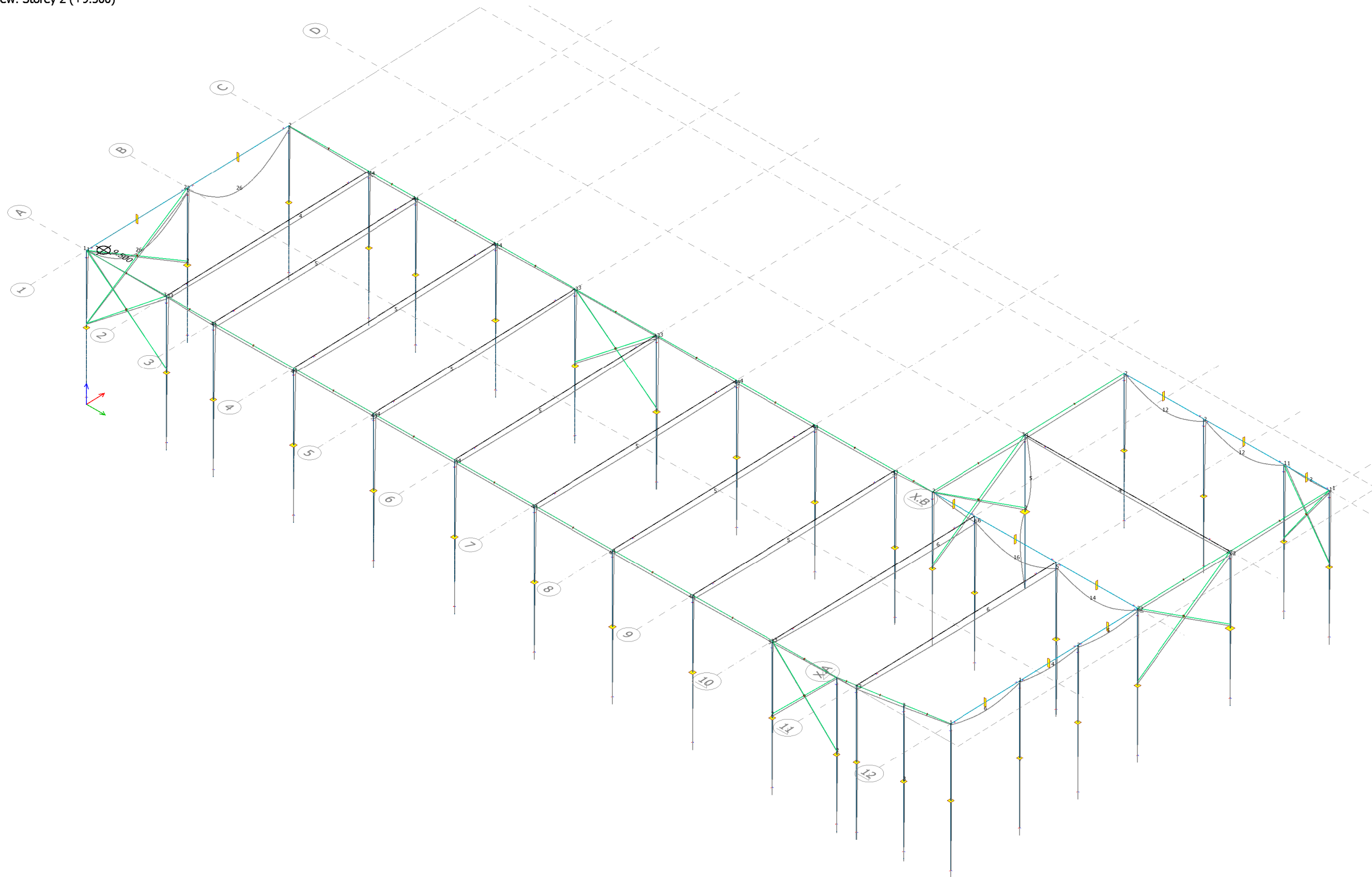
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - Bruks Kar - Translational displacements - Graph - [mm]  
View: Storey 1 (+5.000)

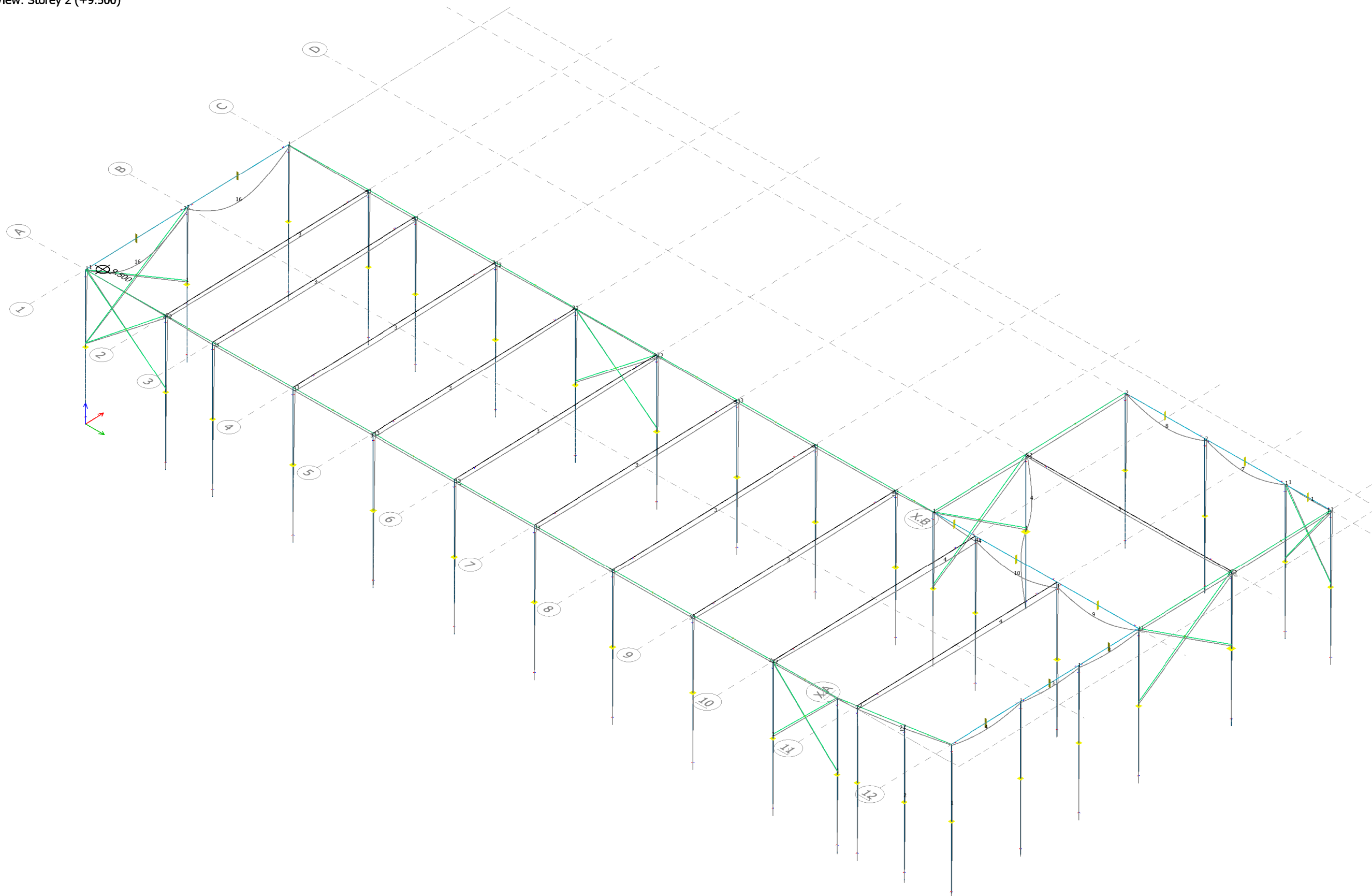


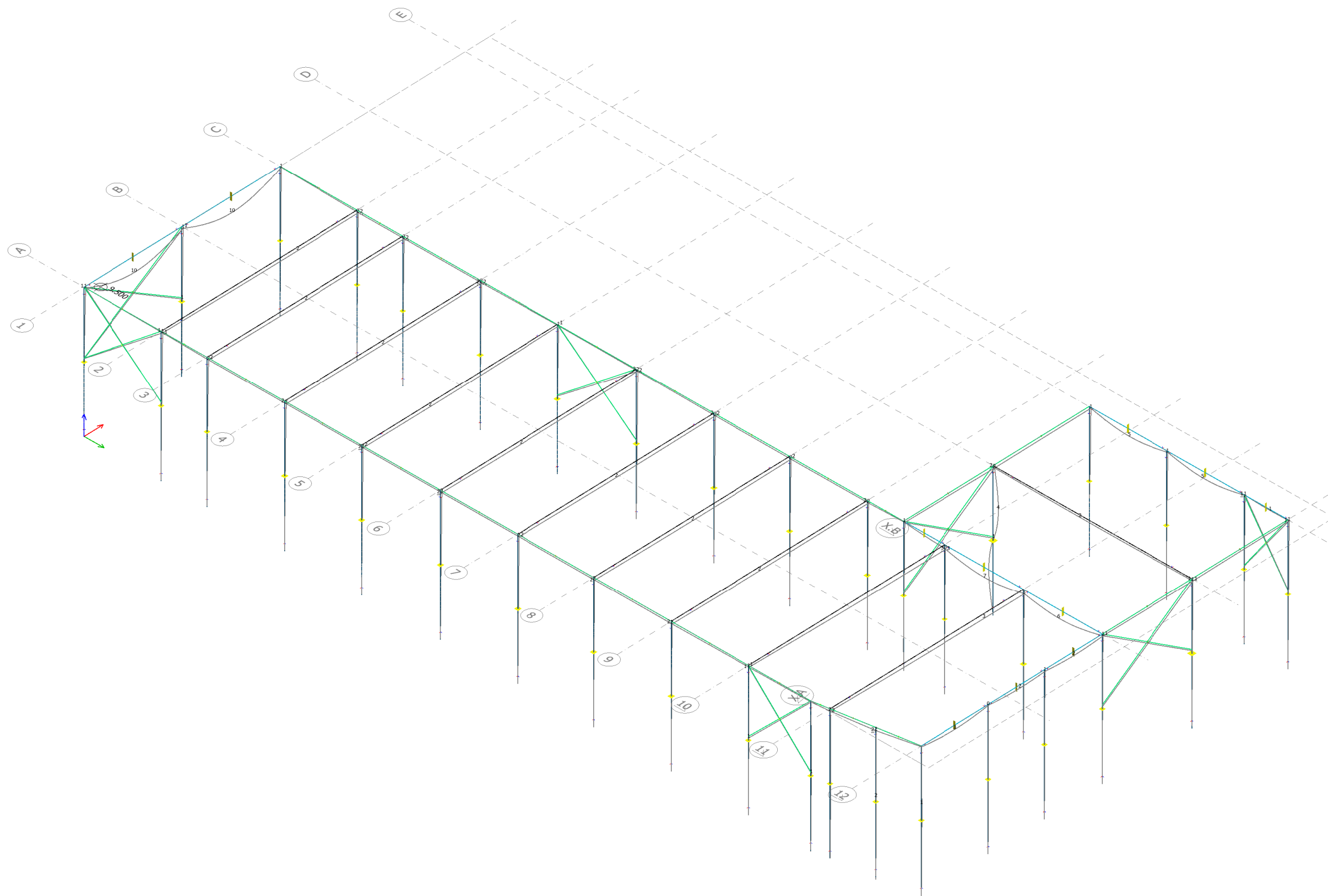


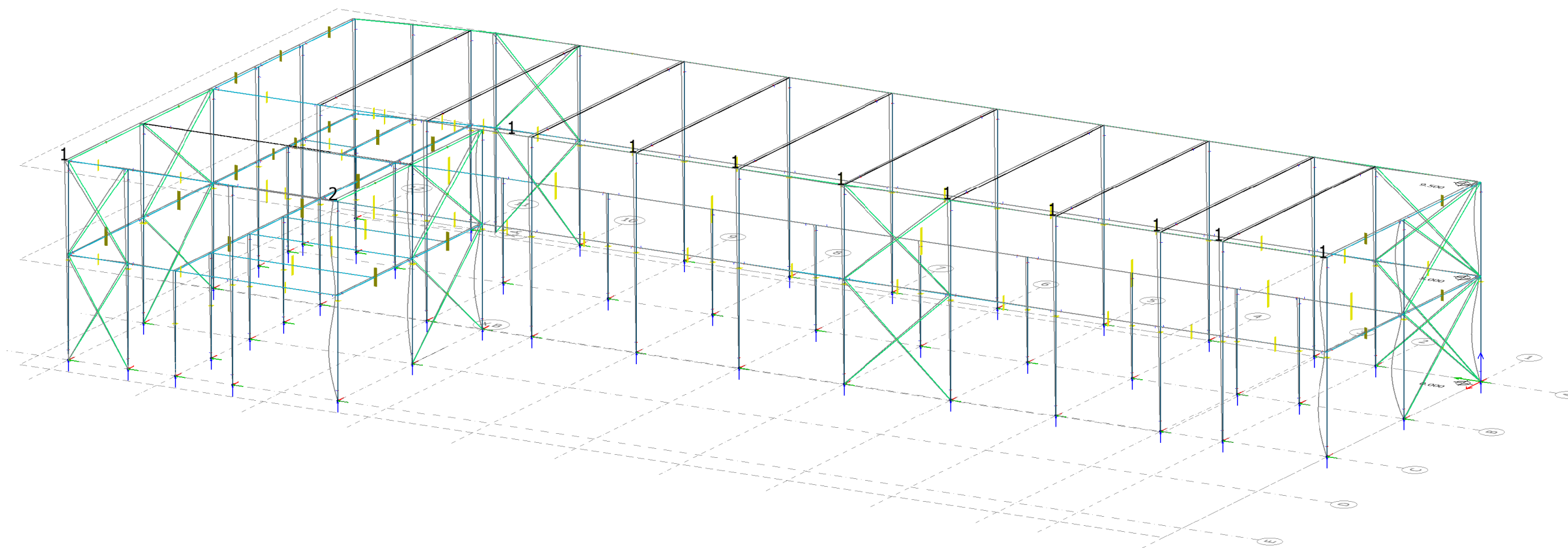


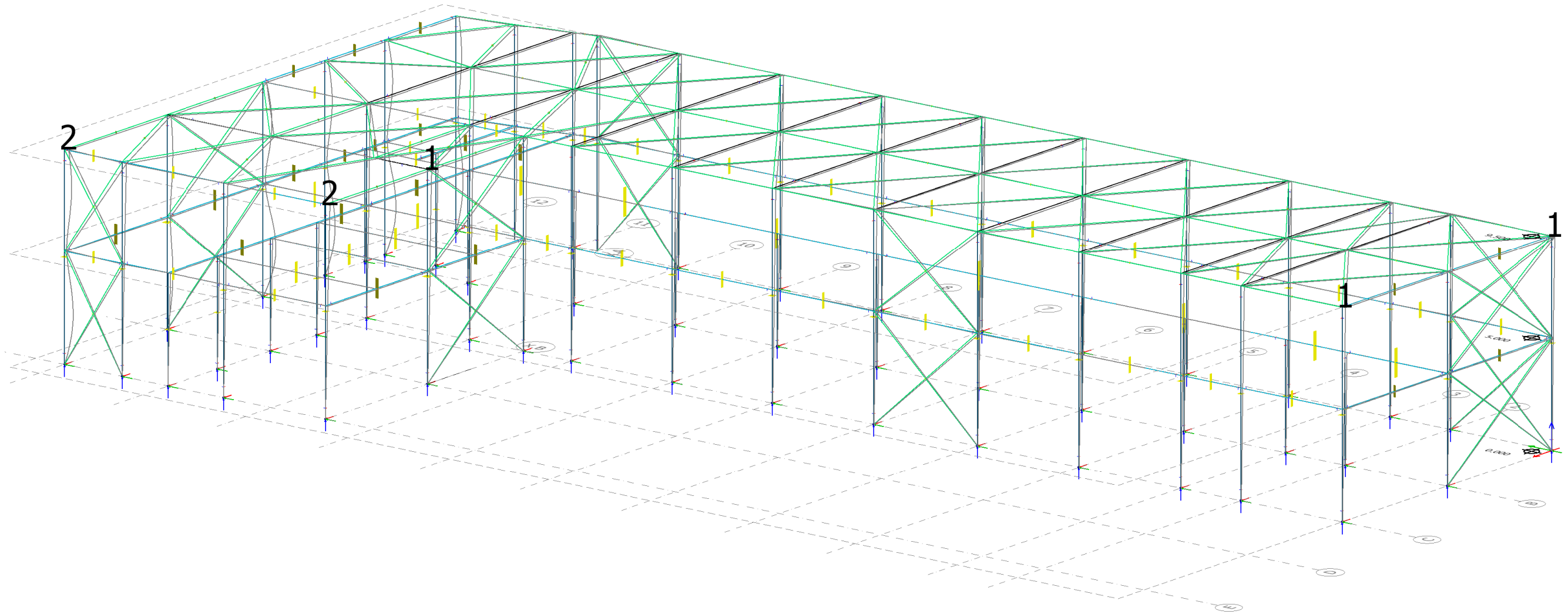


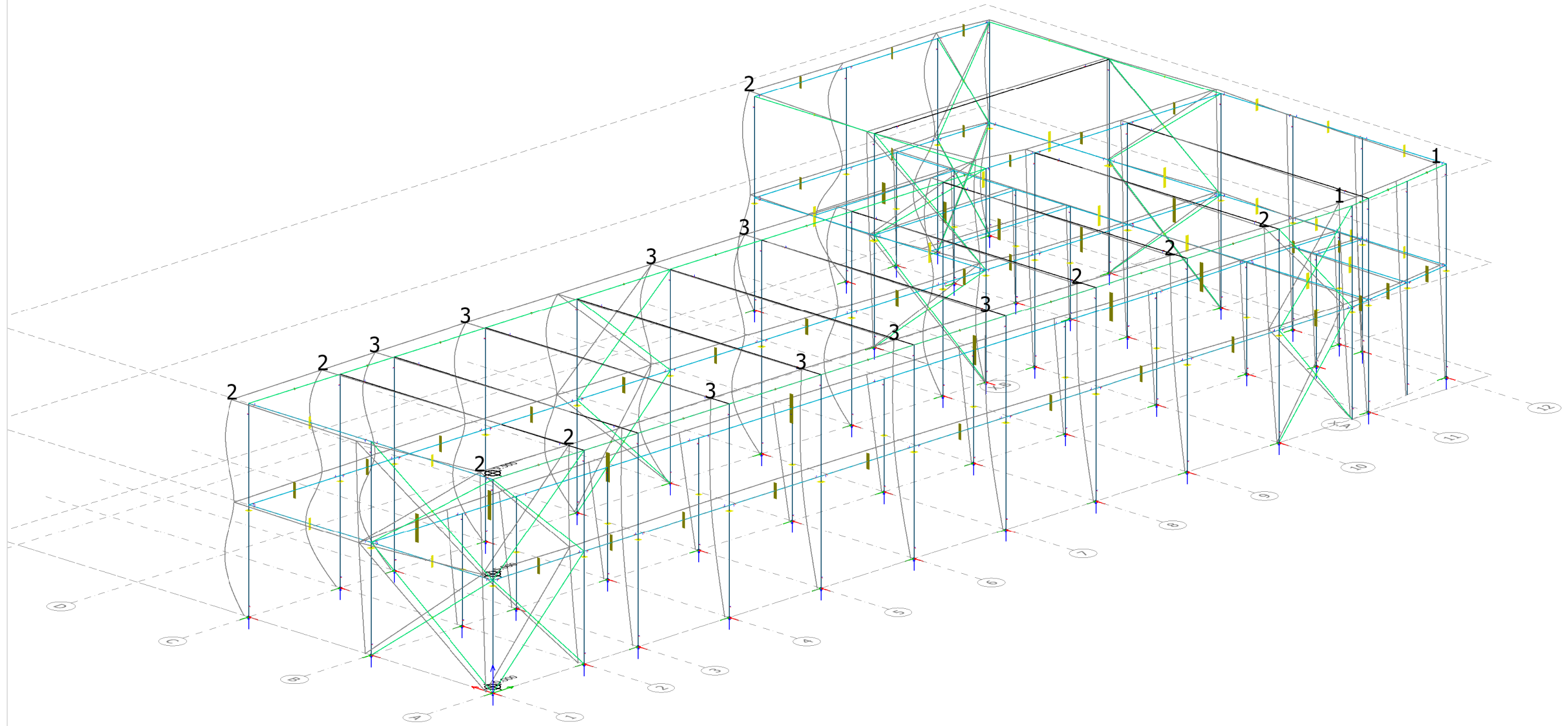


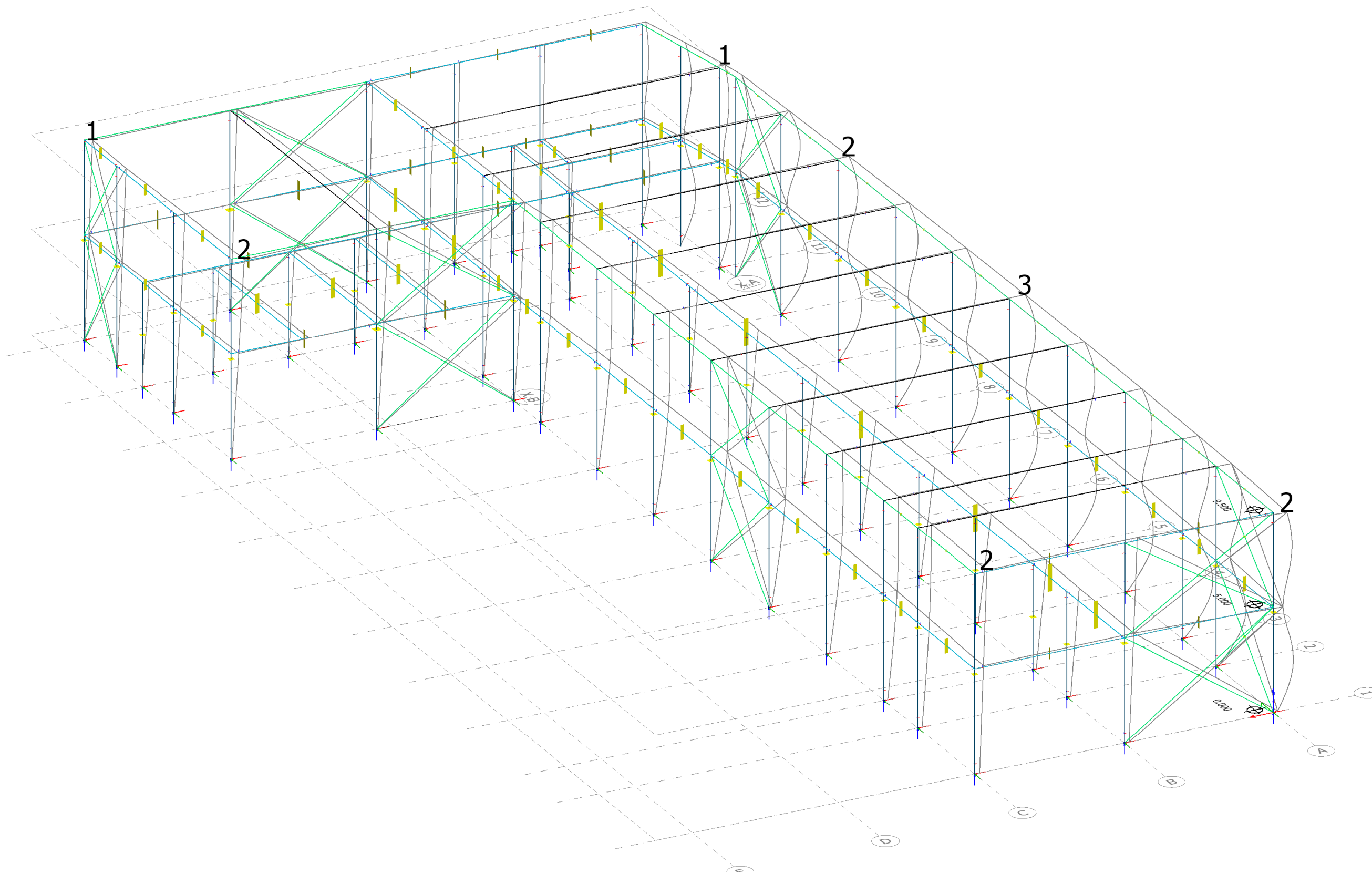






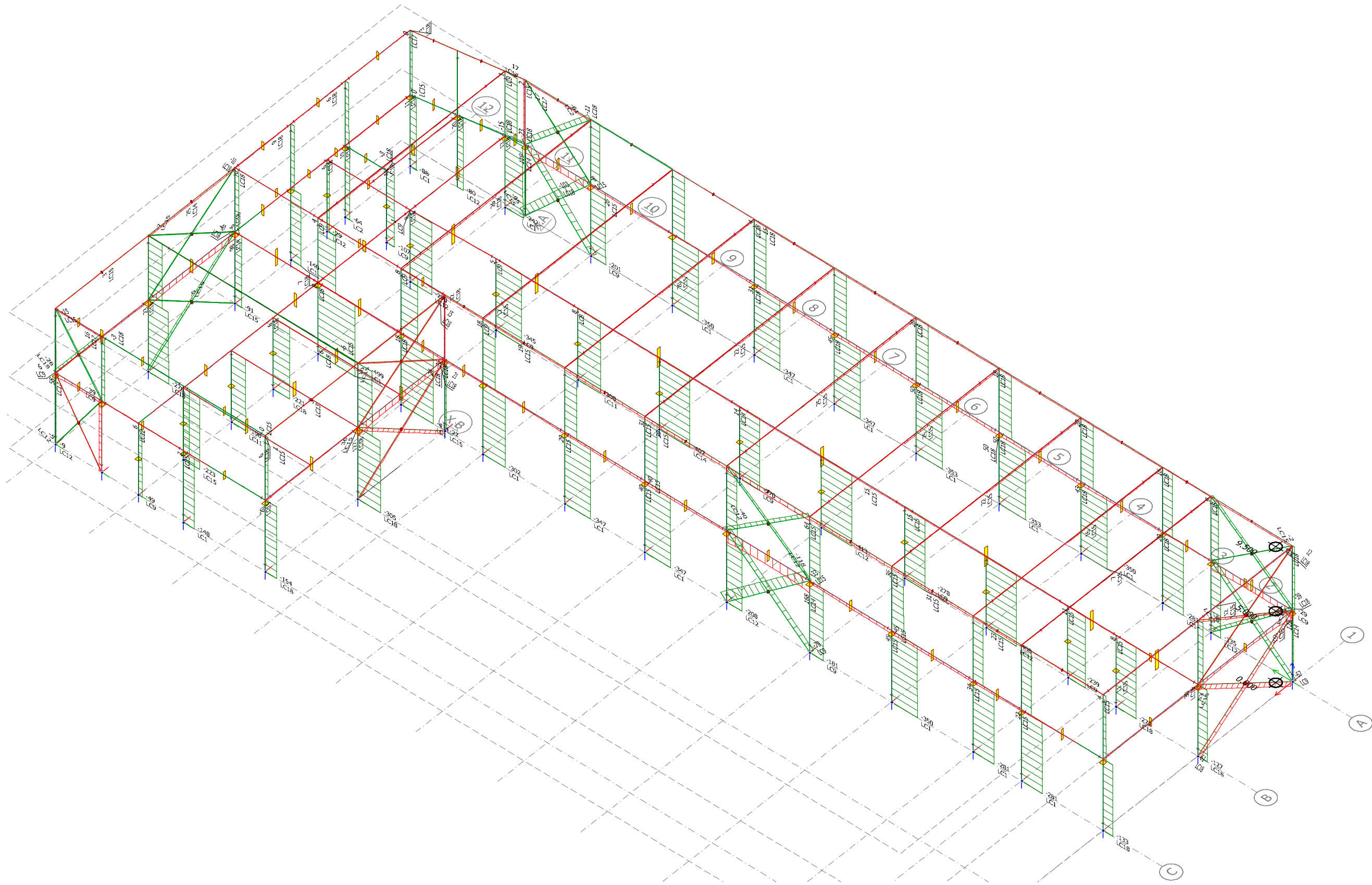




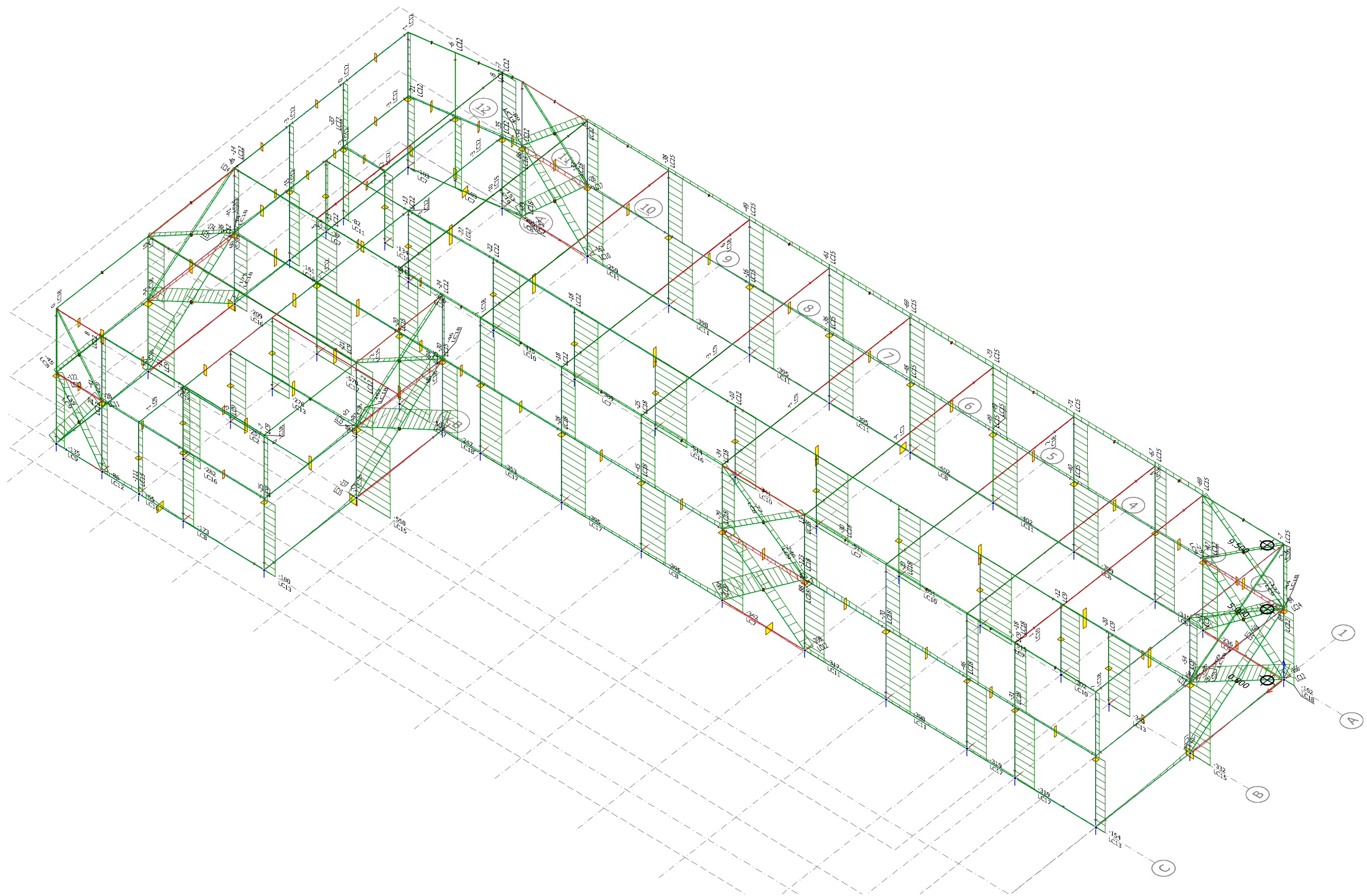


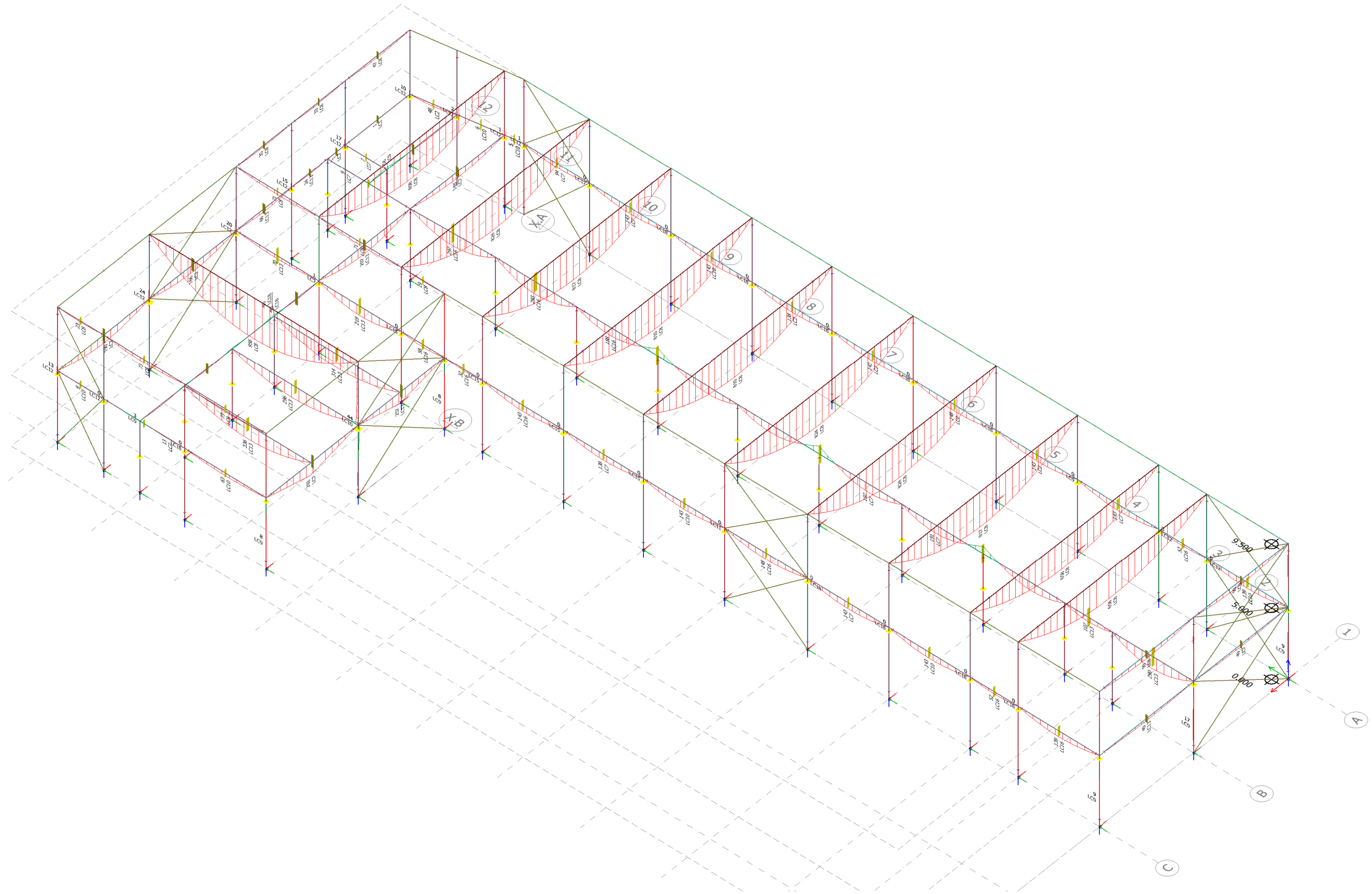
### 3.2 Lastvirkning i konstruksjonsdeler

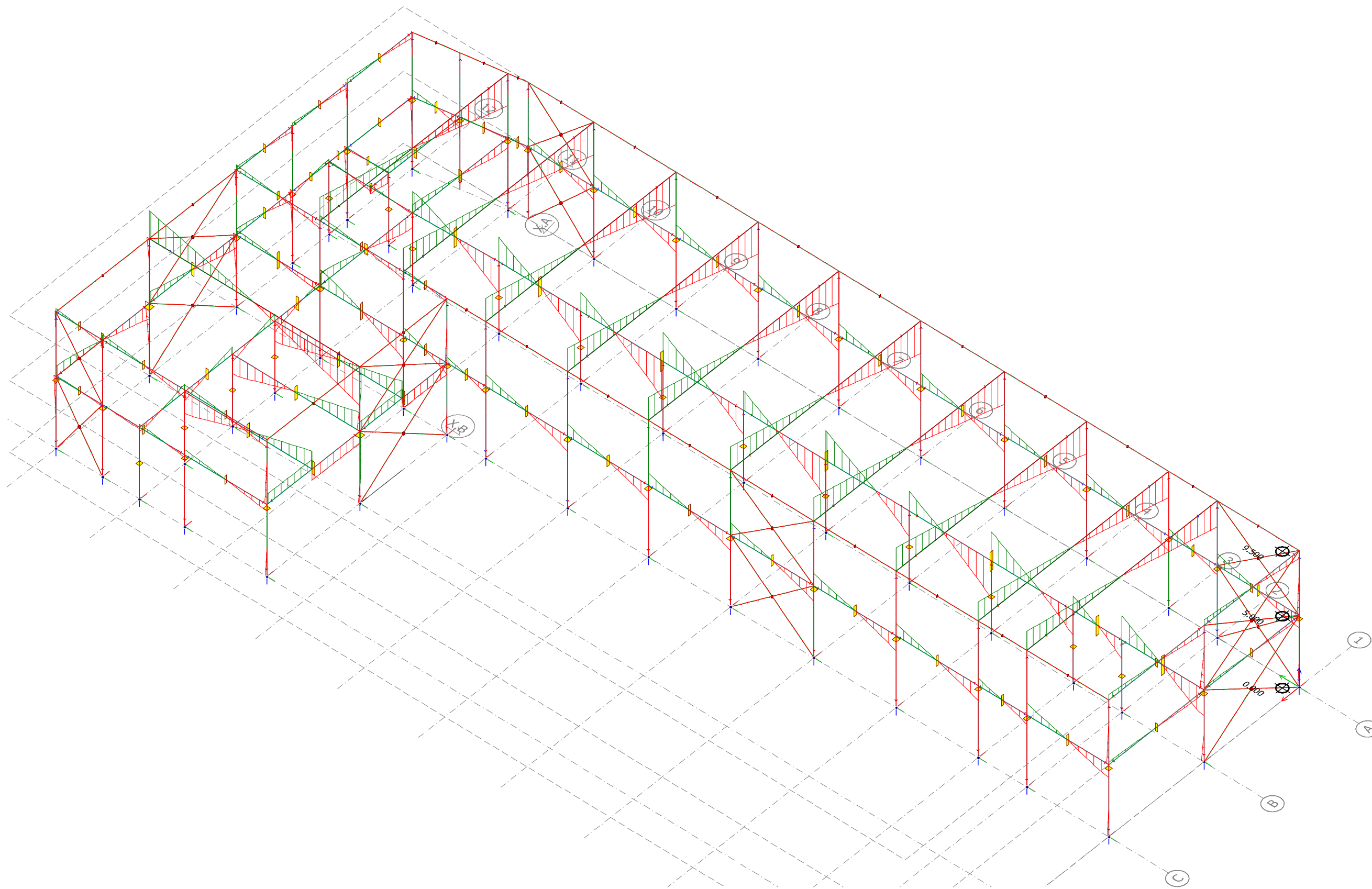
Eurocode (NA: Norwegian) code: Max. of combinations, Ultimate - Bar internal forces - N (N+) - Graph - [kN]

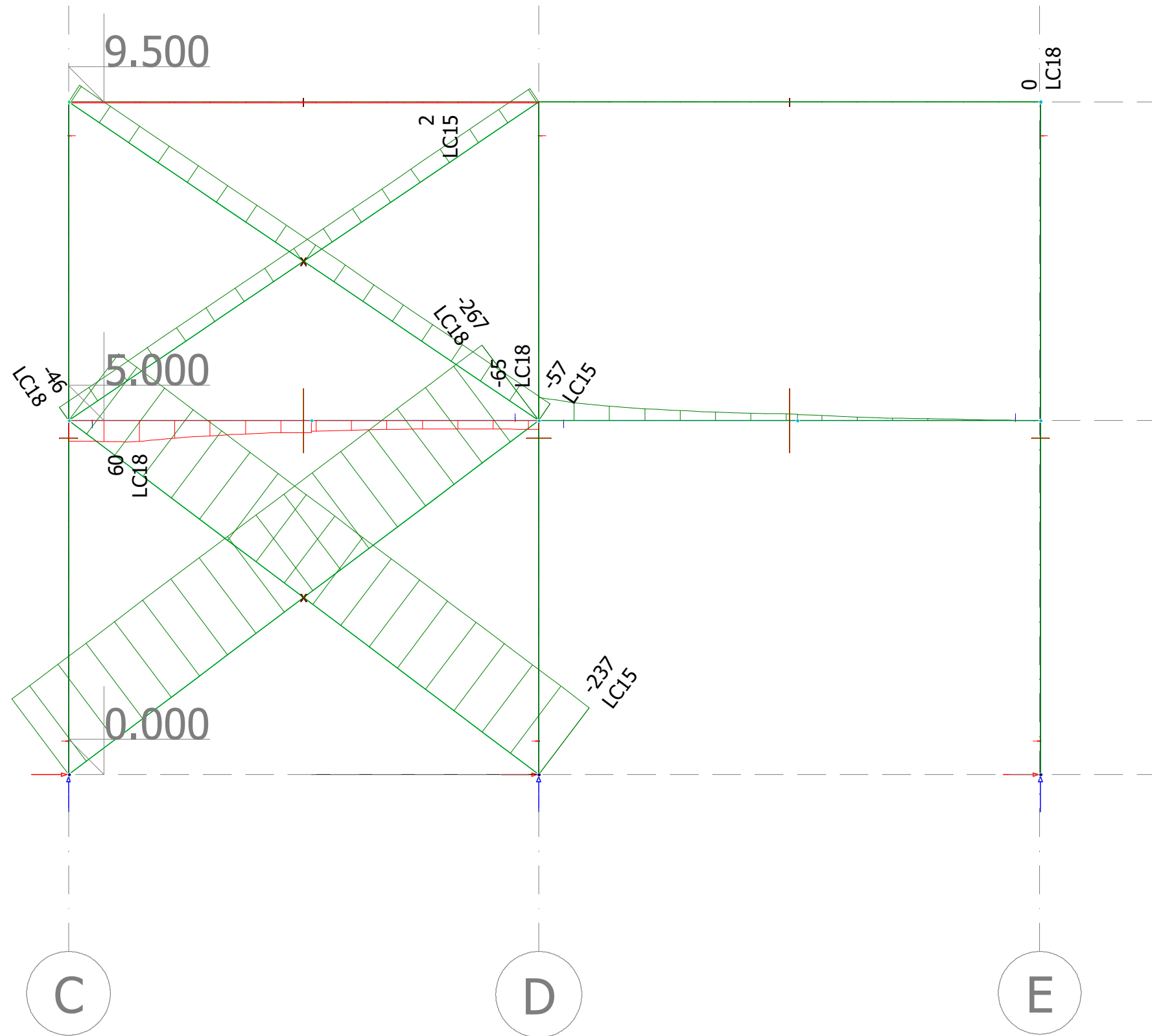


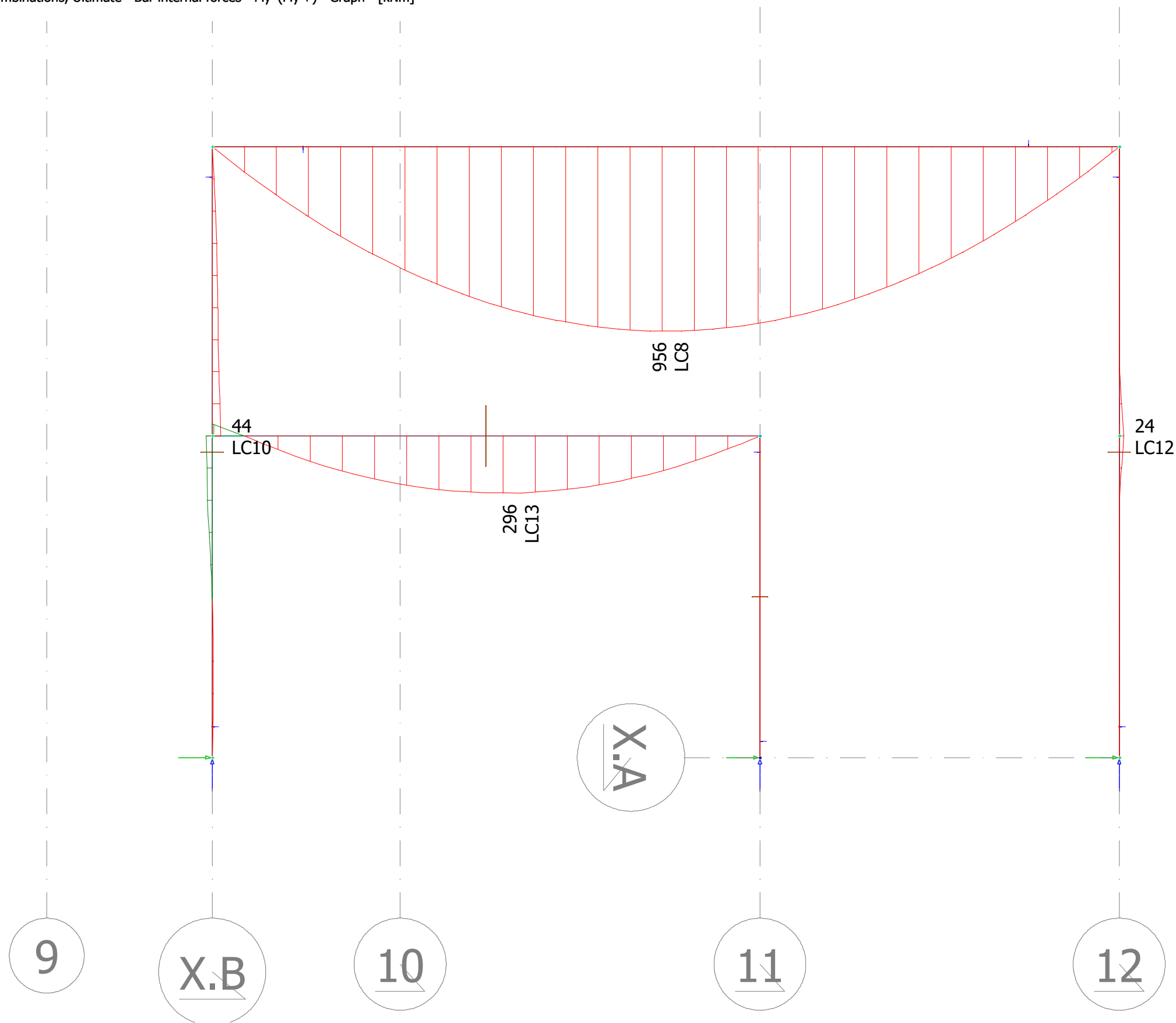


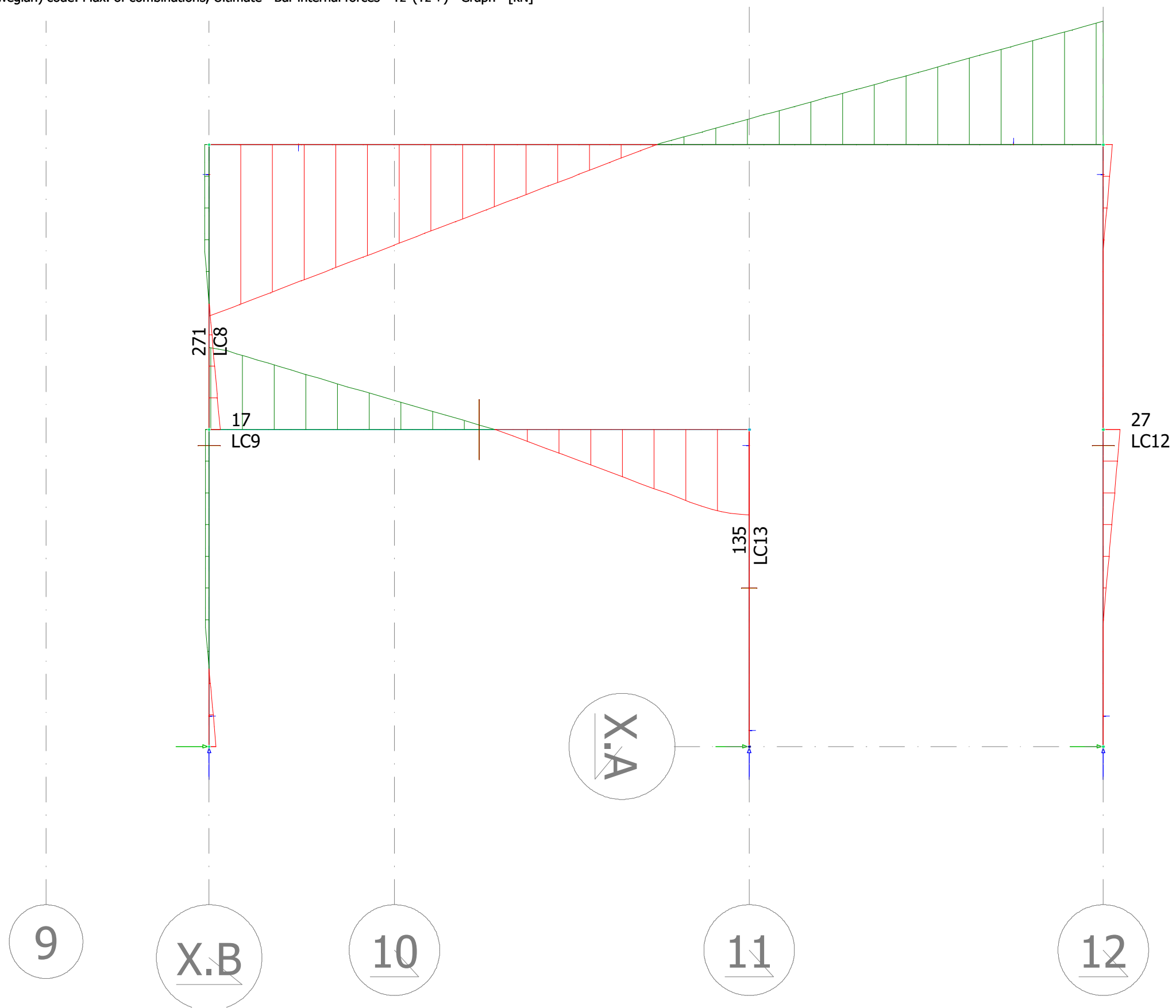


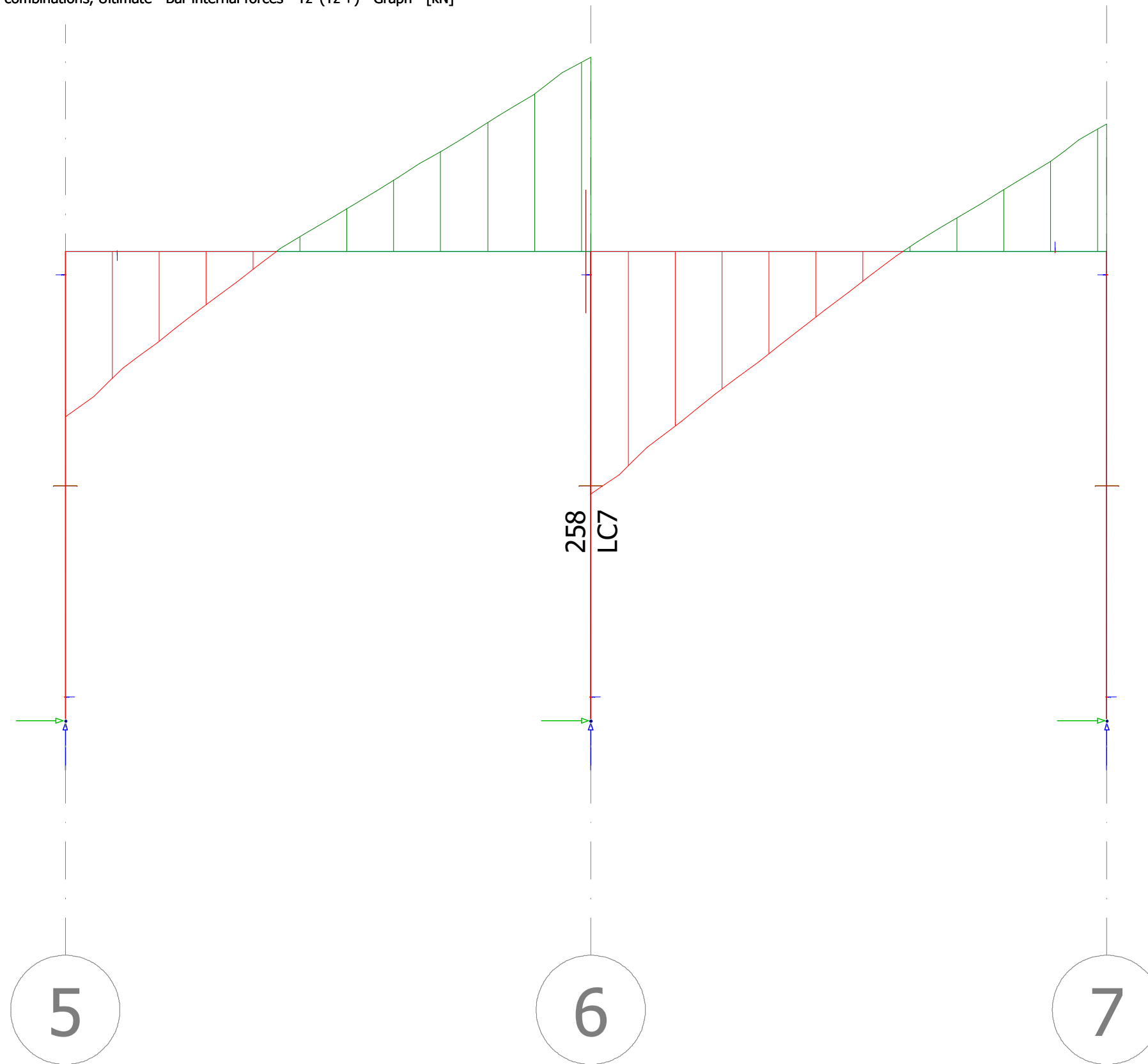


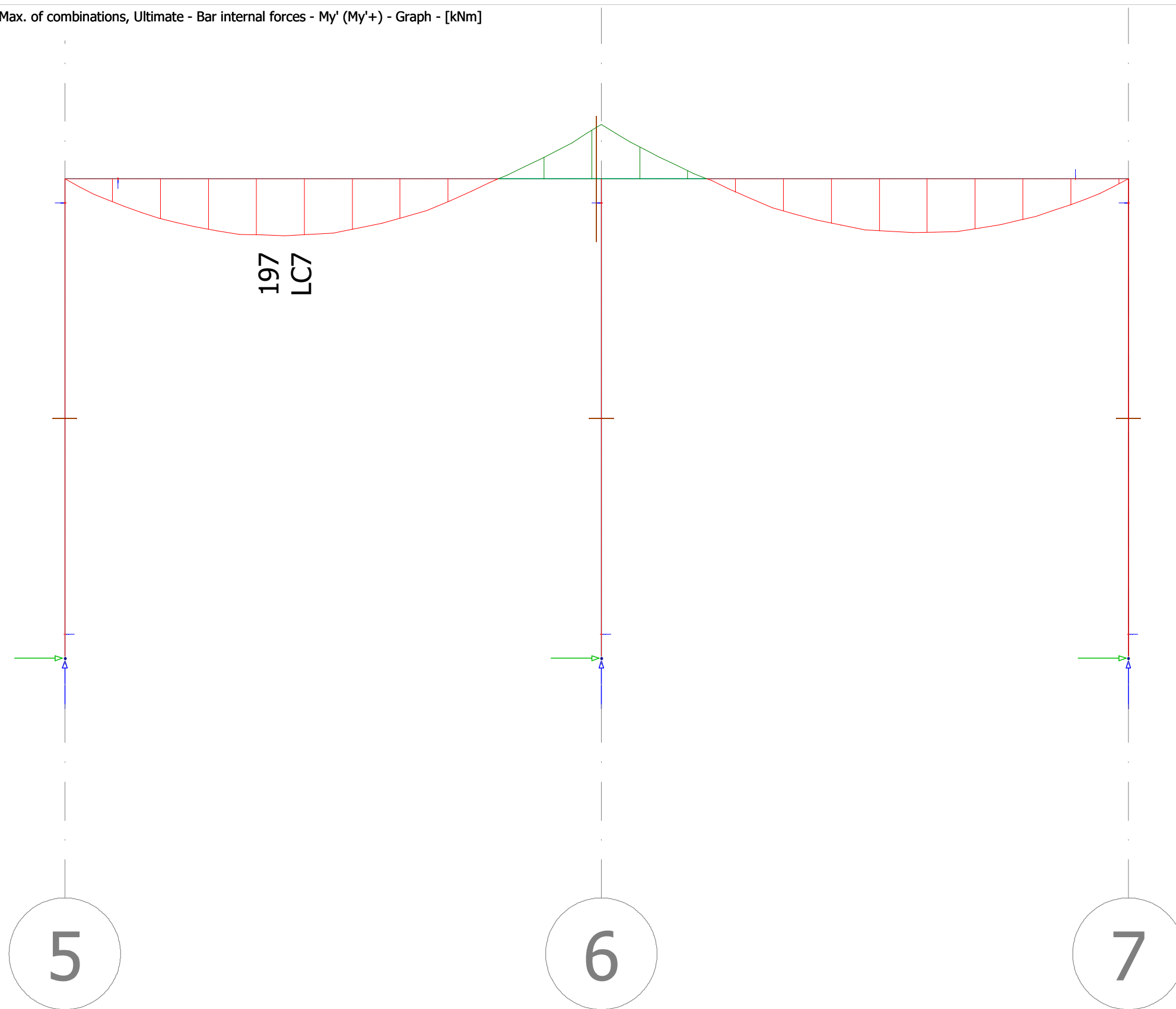




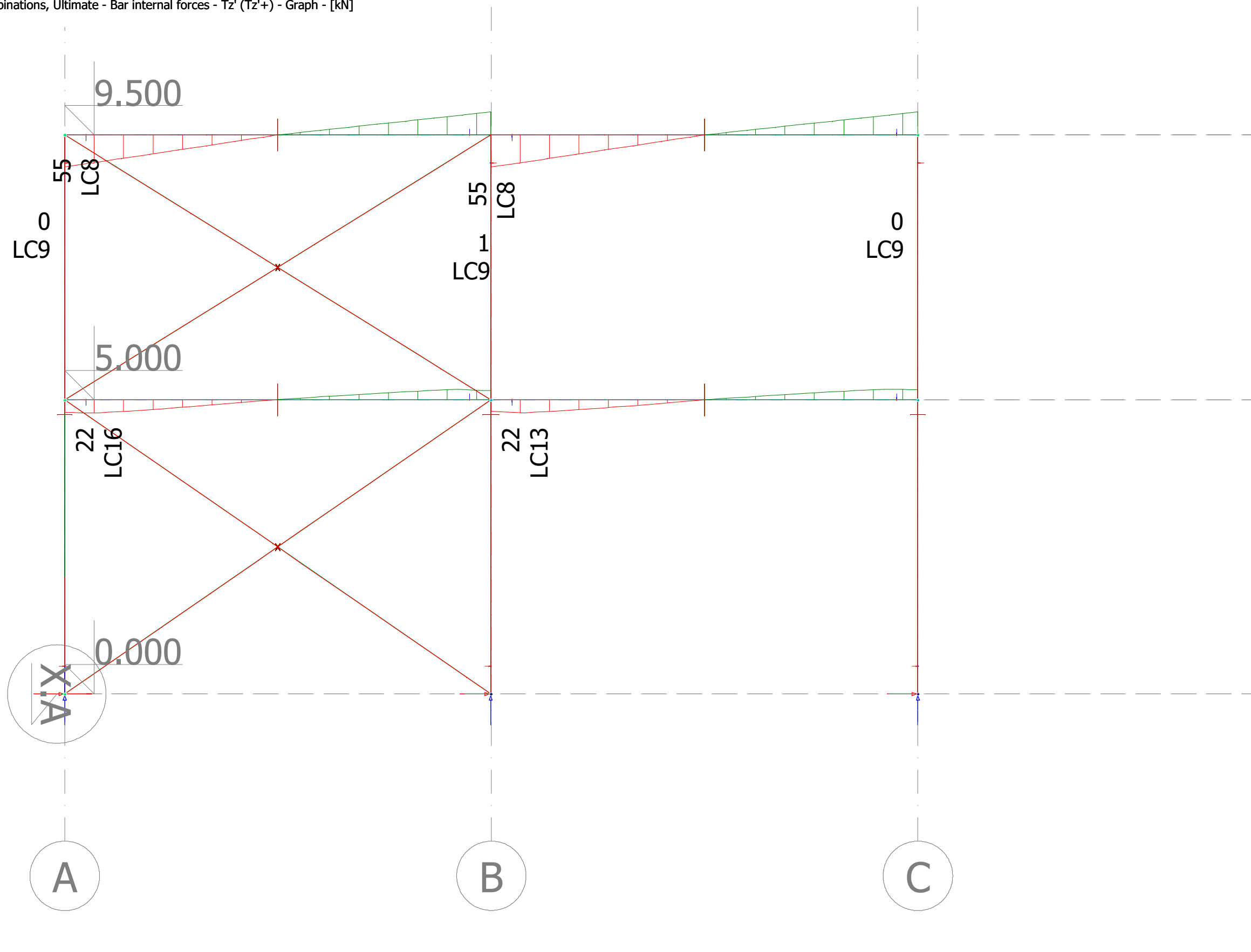


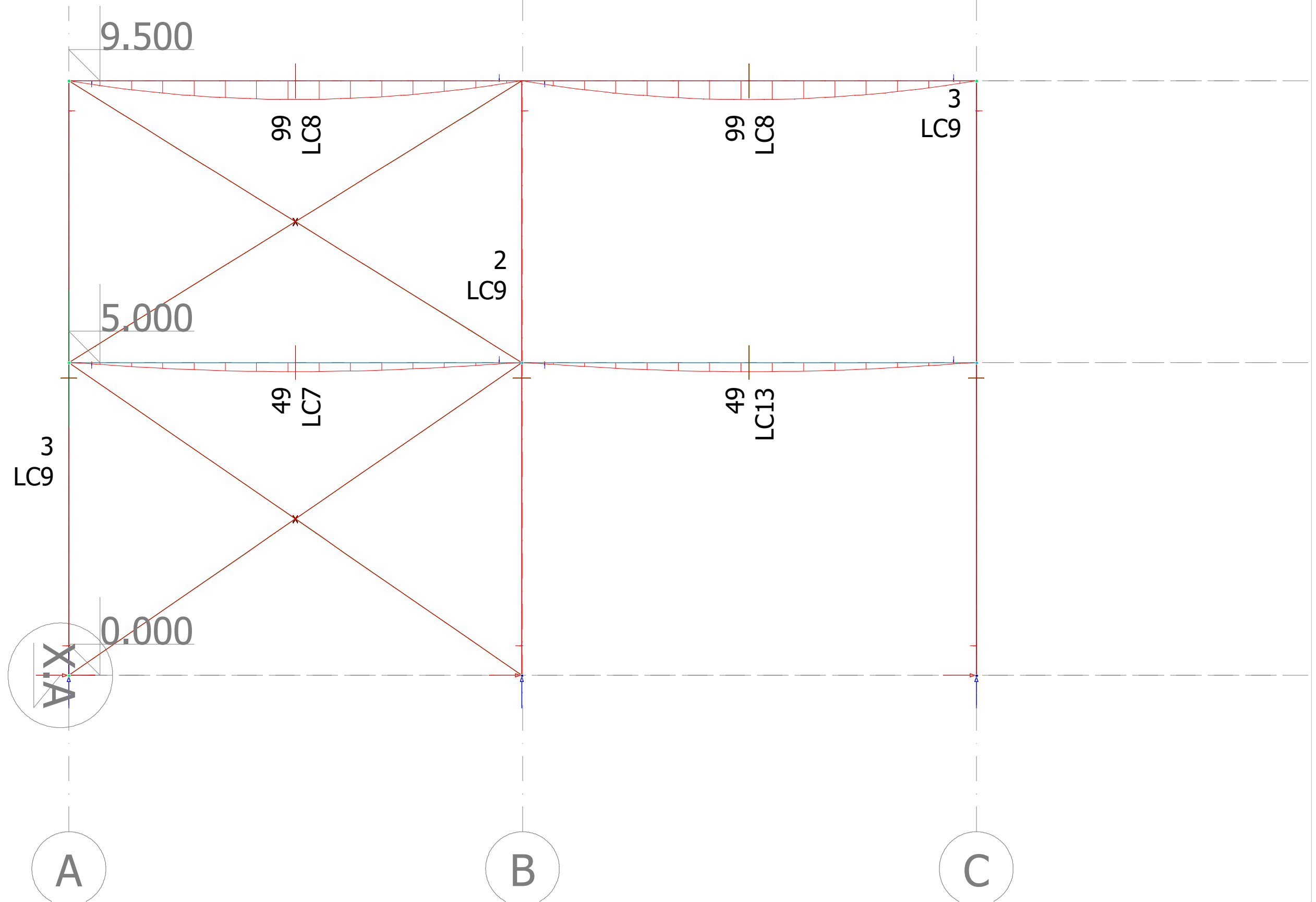


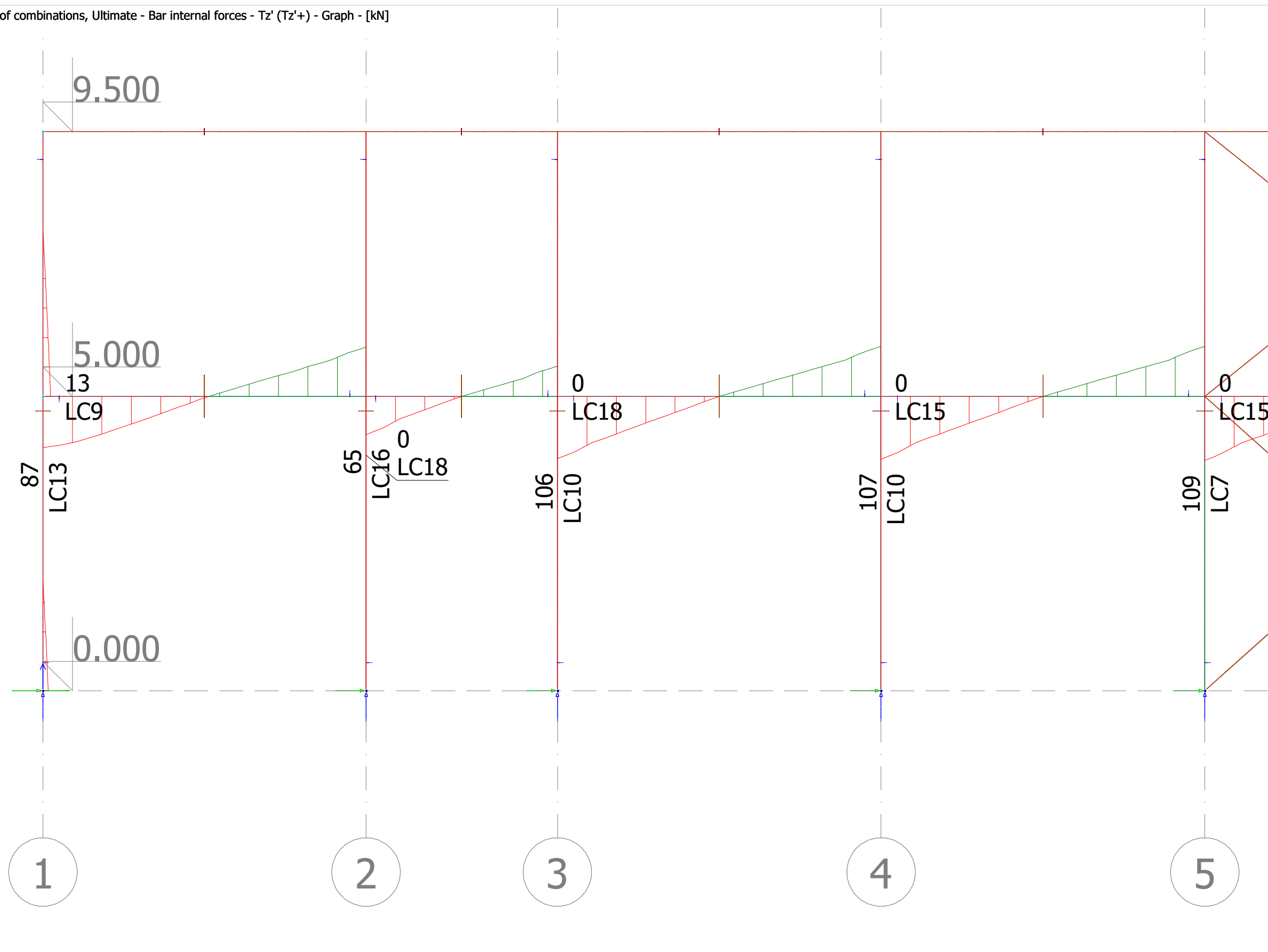








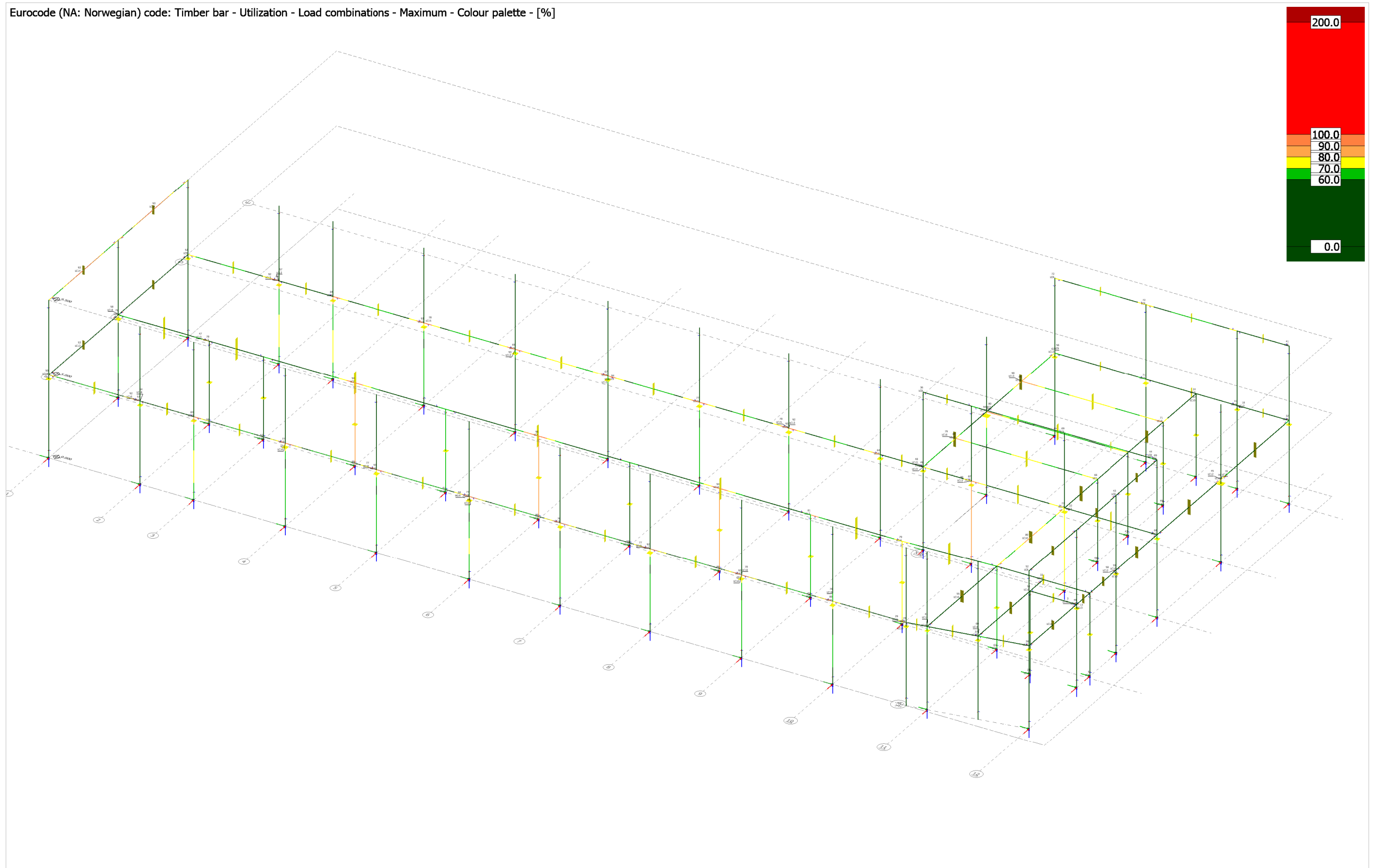






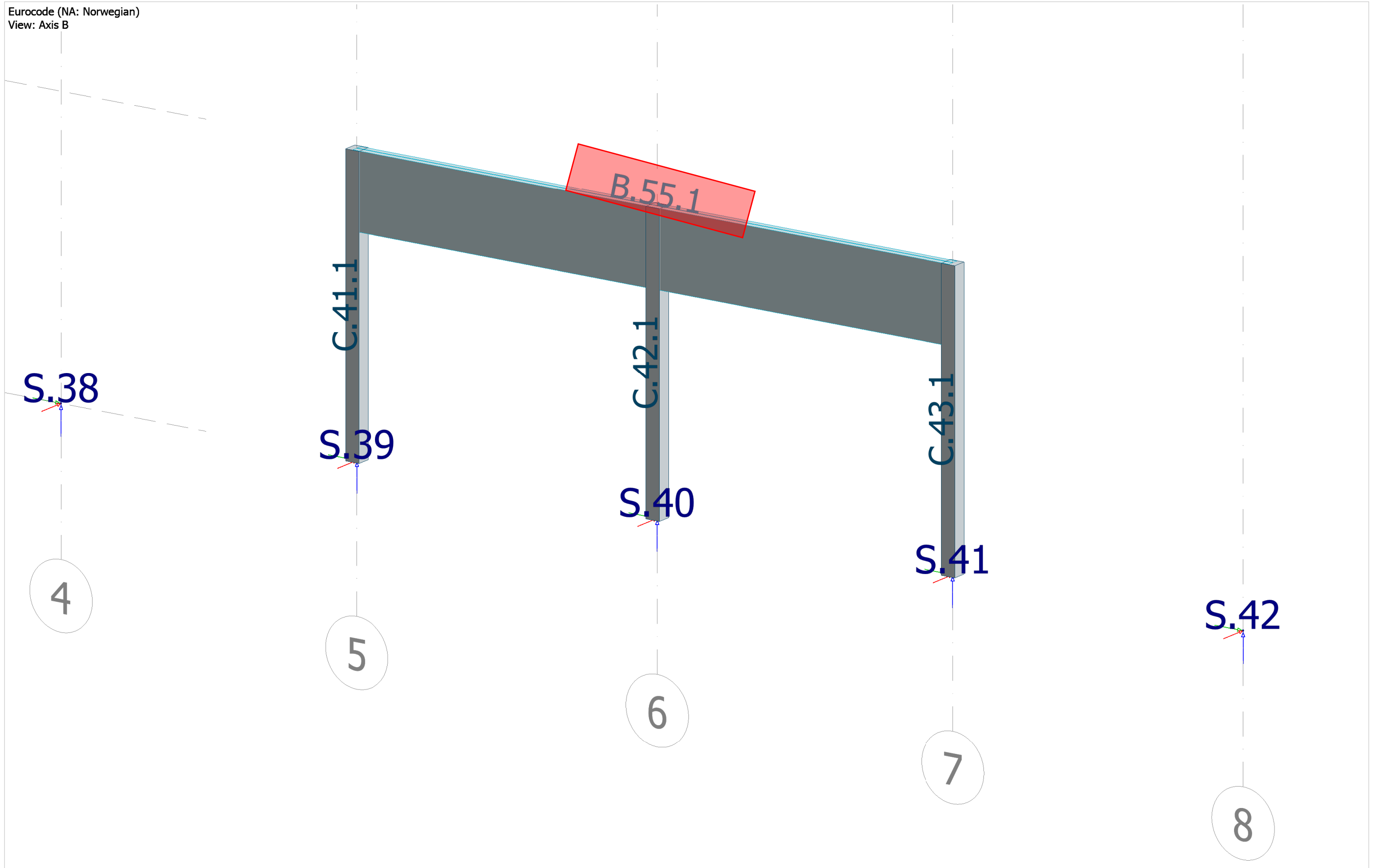
### 3.3 Kodesjekk tre

Eurocode (NA: Norwegian) code: Timber bar - Utilization - Load combinations - Maximum - Colour palette - [%]



### 3.4 Detaljert beregning

Eurocode (NA: Norwegian)  
View: Axis B



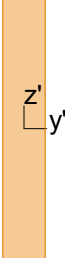
## B.55.1 Maximum of load combinations

### GL 30c

(Glued laminated), Service class 1

$$\begin{array}{ll}
 E_{0,05} & = 10800 \text{ N/mm}^2 & f_{t,90,k} & = 0.50 \text{ N/mm}^2 \\
 G_{0,05} & = 540 \text{ N/mm}^2 & f_{c,0,k} & = 24.50 \text{ N/mm}^2 \\
 Y_M & = 1.15 & f_{c,90,k} & = 2.50 \text{ N/mm}^2 \\
 Y_{M,acc./seis.} & = 1.00 & f_{v,k} & = 3.50 \text{ N/mm}^2 \\
 k_{sys} & = 1.00 & & 
 \end{array}$$

### Glulam 215x1305



$$\begin{array}{ll}
 A & = 280575 \text{ mm}^2 & f_{t,0,k} & = 19.50 \text{ N/mm}^2 \\
 W_1 & = 6.103e+07 \text{ mm}^3 & f_{m,1,k} & = 30.00 \text{ N/mm}^2 \\
 W_2 & = 1.005e+07 \text{ mm}^3 & f_{m,2,k} & = 33.00 \text{ N/mm}^2 \\
 i_1 & = 377 \text{ mm} & & \\
 i_2 & = 62 \text{ mm} & & \\
 I_2 & = 1.081e+09 \text{ mm}^4 & & \\
 I_t & = 3.874e+09 \text{ mm}^4 & & 
 \end{array}$$

### Combined bending and axial tension - 6.2.3

LC: 'Brudd Y maks 1',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 5600.02 \text{ mm}$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{0.05}{10.17} + \frac{3.92}{15.65} + 0.70 \frac{0.02}{17.22} = 0.26 \leq 1.00 \quad (6.17) - \text{OK}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{0.05}{10.17} + 0.70 \frac{3.92}{15.65} + \frac{0.02}{17.22} = 0.18 \leq 1.00 \quad (6.18) - \text{OK}$$

### Combined bending and axial compression - 6.1.4, 6.2.4

LC: 'Brudd -X maks 3',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 5600.02 \text{ mm}$

$$\sigma_{c,0,d} = 0.02 \text{ N/mm}^2 \leq f_{c,0,d} = 12.78 \text{ N/mm}^2 \quad (6.2) - \text{OK}$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \left( \frac{0.02}{12.78} \right)^2 + \frac{3.10}{15.65} + 0.70 \frac{0.00}{17.22} = 0.20 \leq 1.00 \quad (6.19) - \text{OK}$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \left( \frac{0.02}{12.78} \right)^2 + 0.70 \frac{3.10}{15.65} + \frac{0.00}{17.22} = 0.14 \leq 1.00 \quad (6.20) - \text{OK}$$

### Combined shear and torsion - 6.1.7, 6.1.8

LC: 'Brudd X maks 1',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 5599.99 \text{ mm}$

$$\tau_d = 1.75 \text{ N/mm}^2 \leq f_{v,d} = 1.83 \text{ N/mm}^2 \quad (6.13) - \text{OK}$$

### Flexural buckling around axis 1 - 6.3.2

LC: 'Brudd -X maks 3',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 5600.02$  mm

$$\beta_c = 0.1 \quad (6.29)$$

$$\lambda_1 = \frac{l_0}{i_1} = \frac{5500}{377} = 14.60$$

$$\lambda_{rel,1} = \max\left(\frac{\lambda_1}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}, 0.30\right) = \max\left(\frac{14.60}{\pi} \sqrt{\frac{24.50}{10800}}, 0.30\right) = 0.300 \quad (6.21)$$

$$k_1 = 0.5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{rel,1} - 0.3) + \lambda_{rel,1}^2\right) = 0.5 \left(1 + 0.1 (0.300 - 0.3) + 0.300^2\right) = 0.545 \quad (6.27)$$

$$k_{c,1} = \frac{1}{k_1 + \sqrt{k_1^2 - \lambda_{rel,1}^2}} = \frac{1}{0.545 + \sqrt{0.545^2 - 0.300^2}} = 1.000 \quad (6.25)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,1} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{0.02}{1.000 \cdot 12.78} + \frac{3.10}{15.65} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{17.22} = 0.20 \leq 1.00 \quad (6.23) - \text{OK}$$

### Flexural buckling around axis 2 - 6.3.2

LC: 'Brudd -X maks 3',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 5600.02$  mm

$$\beta_c = 0.1 \quad (6.29)$$

$$\lambda_2 = \frac{l_0}{i_2} = \frac{550}{62} = 8.86$$

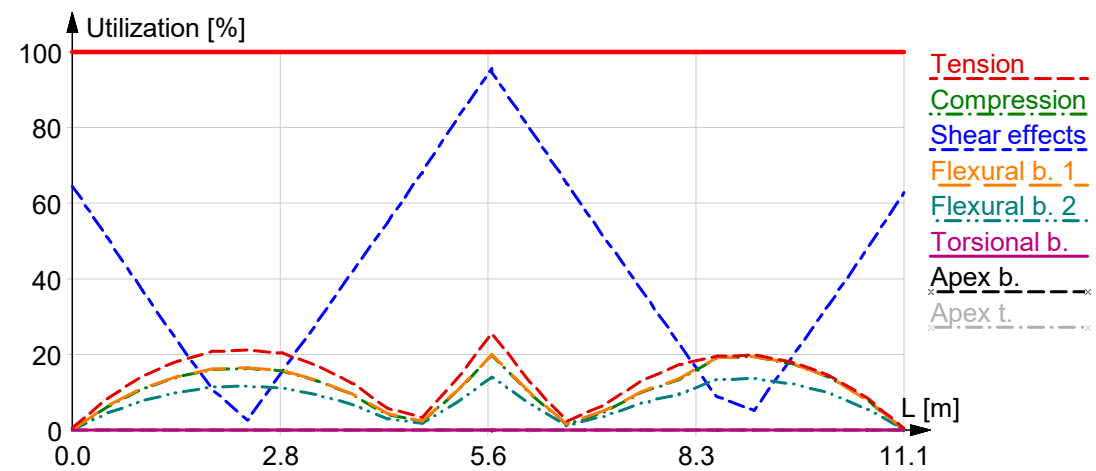
$$\lambda_{rel,2} = \max\left(\frac{\lambda_2}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}, 0.30\right) = \max\left(\frac{8.86}{\pi} \sqrt{\frac{24.50}{10800}}, 0.30\right) = 0.300 \quad (6.22)$$

$$k_2 = 0.5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2\right) = 0.5 \left(1 + 0.1 (0.300 - 0.3) + 0.300^2\right) = 0.545 \quad (6.28)$$

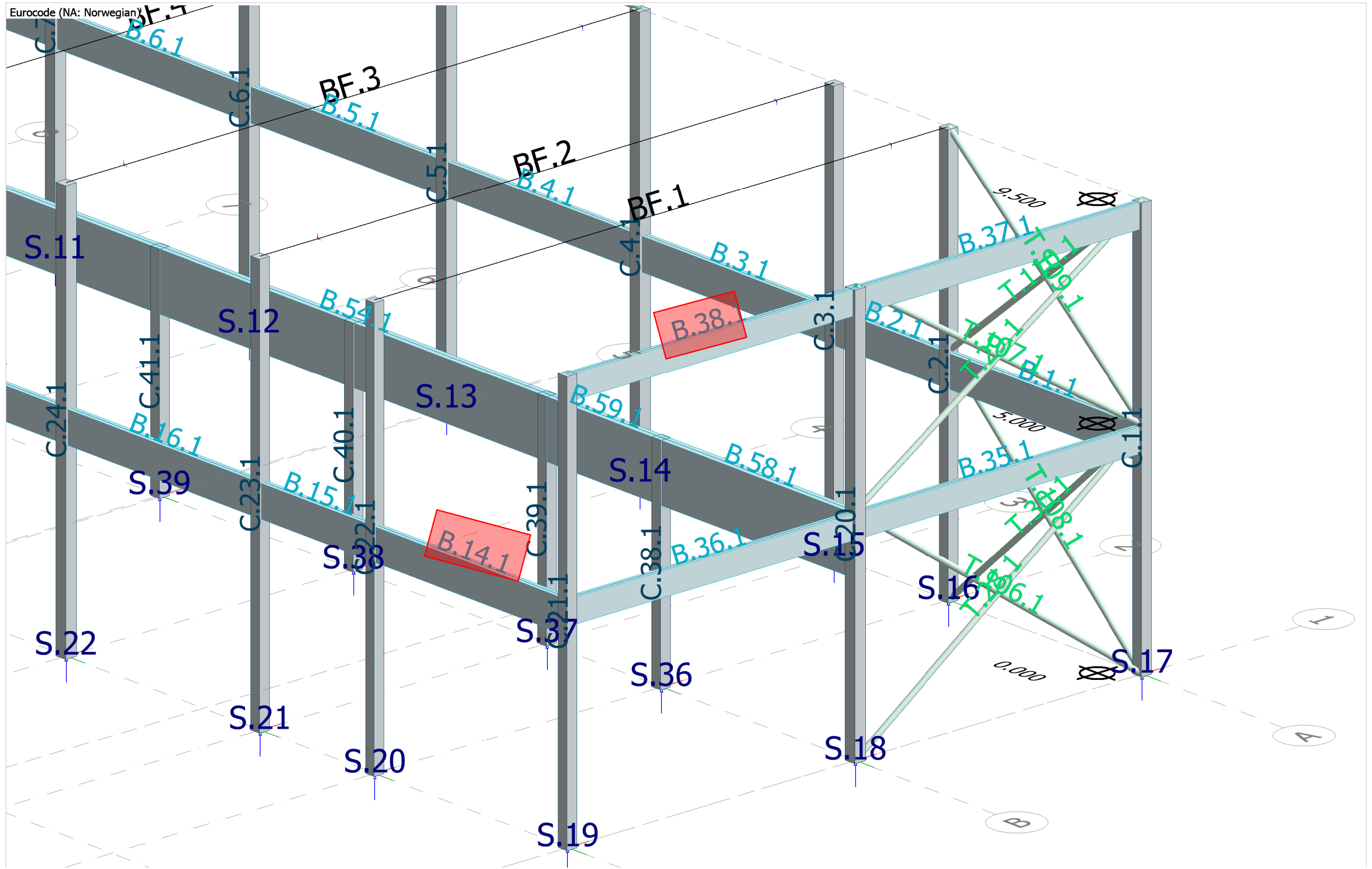
$$k_{c,2} = \frac{1}{k_2 + \sqrt{k_2^2 - \lambda_{rel,2}^2}} = \frac{1}{0.545 + \sqrt{0.545^2 - 0.300^2}} = 1.000 \quad (6.26)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,2} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{0.02}{1.000 \cdot 12.78} + 0.70 \cdot \frac{3.10}{15.65} + \frac{0.00}{17.22} = 0.14 \leq 1.00 \quad (6.24) - \text{OK}$$

### Summary







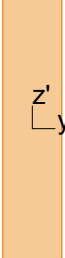
## B.14.1 Maximum of load combinations

### GL 30c

(Glued laminated), Service class 1

$$\begin{array}{ll}
 E_{0,05} & = 10800 \text{ N/mm}^2 & f_{t,90,k} & = 0.50 \text{ N/mm}^2 \\
 G_{0,05} & = 540 \text{ N/mm}^2 & f_{c,0,k} & = 24.50 \text{ N/mm}^2 \\
 Y_M & = 1.15 & f_{c,90,k} & = 2.50 \text{ N/mm}^2 \\
 Y_{M,acc./seis.} & = 1.00 & f_{v,k} & = 3.50 \text{ N/mm}^2 \\
 k_{sys} & = 1.00 & & 
 \end{array}$$

### Glulam 165x720



$$\begin{array}{ll}
 A & = 118800 \text{ mm}^2 & f_{t,0,k} & = 19.50 \text{ N/mm}^2 \\
 W_1 & = 1.426e+07 \text{ mm}^3 & f_{m,1,k} & = 30.00 \text{ N/mm}^2 \\
 W_2 & = 3.267e+06 \text{ mm}^3 & f_{m,2,k} & = 33.00 \text{ N/mm}^2 \\
 i_1 & = 208 \text{ mm} & & \\
 i_2 & = 48 \text{ mm} & & \\
 I_2 & = 2.695e+08 \text{ mm}^4 & & \\
 I_t & = 9.224e+08 \text{ mm}^4 & & 
 \end{array}$$

### Combined bending and axial tension - 6.2.3

LC: 'Brudd Y maks 1',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 2994.55 \text{ mm}$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{0.01}{10.17} + \frac{9.58}{15.65} + 0.70 \frac{0.01}{17.22} = 0.61 \leq 1.00 \quad (6.17) - \text{OK}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{0.01}{10.17} + 0.70 \frac{9.58}{15.65} + \frac{0.01}{17.22} = 0.43 \leq 1.00 \quad (6.18) - \text{OK}$$

### Combined bending and axial compression - 6.1.4, 6.2.4

LC: 'Brudd X maks 1',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 2994.55 \text{ mm}$

$$\sigma_{c,0,d} = 0.12 \text{ N/mm}^2 \leq f_{c,0,d} = 12.78 \text{ N/mm}^2 \quad (6.2) - \text{OK}$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \left( \frac{0.12}{12.78} \right)^2 + \frac{9.58}{15.65} + 0.70 \frac{0.01}{17.22} = 0.61 \leq 1.00 \quad (6.19) - \text{OK}$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \left( \frac{0.12}{12.78} \right)^2 + 0.70 \frac{9.58}{15.65} + \frac{0.01}{17.22} = 0.43 \leq 1.00 \quad (6.20) - \text{OK}$$

### Combined shear and torsion - 6.1.7, 6.1.8

LC: 'Brudd Y maks 1',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 5490.00 \text{ mm}$

$$\tau_d = 1.67 \text{ N/mm}^2 \leq f_{v,d} = 1.83 \text{ N/mm}^2 \quad (6.13) - \text{OK}$$

### Flexural buckling around axis 1 - 6.3.2

LC: 'Brudd X maks 1',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 2994.55$  mm

$$\beta_c = 0.1 \quad (6.29)$$

$$\lambda_1 = \frac{l_0}{i_1} = \frac{5490}{208} = 26.41$$

$$\lambda_{rel,1} = \max\left(\frac{\lambda_1}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}, 0.30\right) = \max\left(\frac{26.41}{\pi} \sqrt{\frac{24.50}{10800}}, 0.30\right) = 0.400 \quad (6.21)$$

$$k_1 = 0.5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{rel,1} - 0.3) + \lambda_{rel,1}^2\right) = 0.5 \left(1 + 0.1 (0.400 - 0.3) + 0.400^2\right) = 0.585 \quad (6.27)$$

$$k_{c,1} = \frac{1}{k_1 + \sqrt{k_1^2 - \lambda_{rel,1}^2}} = \frac{1}{0.585 + \sqrt{0.585^2 - 0.400^2}} = 0.988 \quad (6.25)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,1} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{0.12}{0.988 \cdot 12.78} + \frac{9.58}{15.65} + 0.70 \cdot \frac{0.01}{17.22} = 0.62 \leq 1.00 \quad (6.23) - \text{OK}$$

### Flexural buckling around axis 2 - 6.3.2

LC: 'Brudd X maks 1',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 2994.55$  mm

$$\beta_c = 0.1 \quad (6.29)$$

$$\lambda_2 = \frac{l_0}{i_2} = \frac{549}{48} = 11.53$$

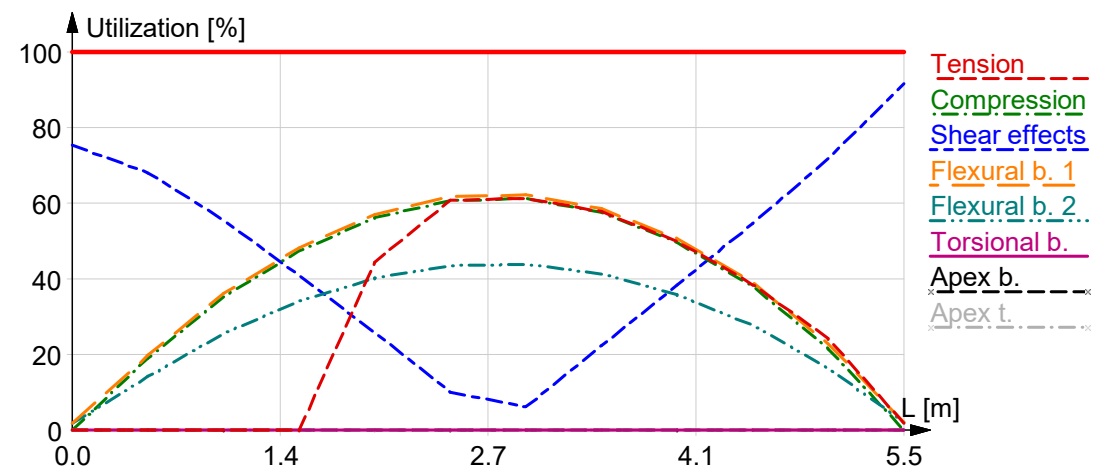
$$\lambda_{rel,2} = \max\left(\frac{\lambda_2}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}, 0.30\right) = \max\left(\frac{11.53}{\pi} \sqrt{\frac{24.50}{10800}}, 0.30\right) = 0.300 \quad (6.22)$$

$$k_2 = 0.5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2\right) = 0.5 \left(1 + 0.1 (0.300 - 0.3) + 0.300^2\right) = 0.545 \quad (6.28)$$

$$k_{c,2} = \frac{1}{k_2 + \sqrt{k_2^2 - \lambda_{rel,2}^2}} = \frac{1}{0.545 + \sqrt{0.545^2 - 0.300^2}} = 1.000 \quad (6.26)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,2} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{0.12}{1.000 \cdot 12.78} + 0.70 \cdot \frac{9.58}{15.65} + \frac{0.01}{17.22} = 0.44 \leq 1.00 \quad (6.24) - \text{OK}$$

### Summary



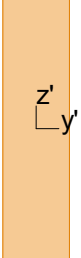
## B.38.1 Maximum of load combinations

### GL 30c

(Glued laminated), Service class 1

$$\begin{array}{ll}
 E_{0,05} & = 10800 \text{ N/mm}^2 & f_{t,90,k} & = 0.50 \text{ N/mm}^2 \\
 G_{0,05} & = 540 \text{ N/mm}^2 & f_{c,0,k} & = 24.50 \text{ N/mm}^2 \\
 Y_M & = 1.15 & f_{c,90,k} & = 2.50 \text{ N/mm}^2 \\
 Y_{M,acc./seis.} & = 1.00 & f_{v,k} & = 3.50 \text{ N/mm}^2 \\
 k_{sys} & = 1.00 & & 
 \end{array}$$

### Glulam 140x540



$$\begin{array}{ll}
 A & = 75600 \text{ mm}^2 & f_{t,0,k} & = 19.71 \text{ N/mm}^2 \\
 W_1 & = 6.804e+06 \text{ mm}^3 & f_{m,1,k} & = 30.32 \text{ N/mm}^2 \\
 W_2 & = 1.764e+06 \text{ mm}^3 & f_{m,2,k} & = 33.00 \text{ N/mm}^2 \\
 i_1 & = 156 \text{ mm} \\
 i_2 & = 40 \text{ mm} \\
 I_2 & = 1.235e+08 \text{ mm}^4 \\
 I_t & = 4.132e+08 \text{ mm}^4
 \end{array}$$

### Combined bending and axial tension - 6.2.3

LC: 'Brudd Y maks 2',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 3872.00 \text{ mm}$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{0.09}{10.28} + \frac{14.54}{15.82} + 0.70 \frac{0.00}{17.22} = 0.93 \leq 1.00 \quad (6.17) - \text{OK}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{0.09}{10.28} + 0.70 \frac{14.54}{15.82} + \frac{0.00}{17.22} = 0.65 \leq 1.00 \quad (6.18) - \text{OK}$$

### Combined bending and axial compression - 6.1.4, 6.2.4

LC: 'Brudd -Y maks 2',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 3872.00 \text{ mm}$

$$\sigma_{c,0,d} = 0.06 \text{ N/mm}^2 \leq f_{c,0,d} = 12.78 \text{ N/mm}^2 \quad (6.2) - \text{OK}$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \left( \frac{0.06}{12.78} \right)^2 + \frac{14.54}{15.82} + 0.70 \frac{0.00}{17.22} = 0.92 \leq 1.00 \quad (6.19) - \text{OK}$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \left( \frac{0.06}{12.78} \right)^2 + 0.70 \frac{14.54}{15.82} + \frac{0.00}{17.22} = 0.64 \leq 1.00 \quad (6.20) - \text{OK}$$

### Combined shear and torsion - 6.1.7, 6.1.8

LC: 'Brudd X maks 2',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 7260.00 \text{ mm}$

$$\tau_d = 1.36 \text{ N/mm}^2 \leq f_{v,d} = 1.83 \text{ N/mm}^2 \quad (6.13) - \text{OK}$$

### Flexural buckling around axis 1 - 6.3.2

LC: 'Brudd -Y maks 2',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 3872.00$  mm

$$\beta_c = 0.1 \quad (6.29)$$

$$\lambda_1 = \frac{l_0}{i_1} = \frac{7260}{156} = 46.57$$

$$\lambda_{rel,1} = \max\left(\frac{\lambda_1}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}, 0.30\right) = \max\left(\frac{46.57}{\pi} \sqrt{\frac{24.50}{10800}}, 0.30\right) = 0.706 \quad (6.21)$$

$$k_1 = 0.5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{rel,1} - 0.3) + \lambda_{rel,1}^2\right) = 0.5 \left(1 + 0.1 (0.706 - 0.3) + 0.706^2\right) = 0.770 \quad (6.27)$$

$$k_{c,1} = \frac{1}{k_1 + \sqrt{k_1^2 - \lambda_{rel,1}^2}} = \frac{1}{0.770 + \sqrt{0.770^2 - 0.706^2}} = 0.930 \quad (6.25)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,1} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{0.06}{0.930 \cdot 12.78} + \frac{14.54}{15.82} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{17.22} = 0.92 \leq 1.00 \quad (6.23) - \text{OK}$$

### Flexural buckling around axis 2 - 6.3.2

LC: 'Brudd -Y maks 2',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 3872.00$  mm

$$\beta_c = 0.1 \quad (6.29)$$

$$\lambda_2 = \frac{l_0}{i_2} = \frac{726}{40} = 17.96$$

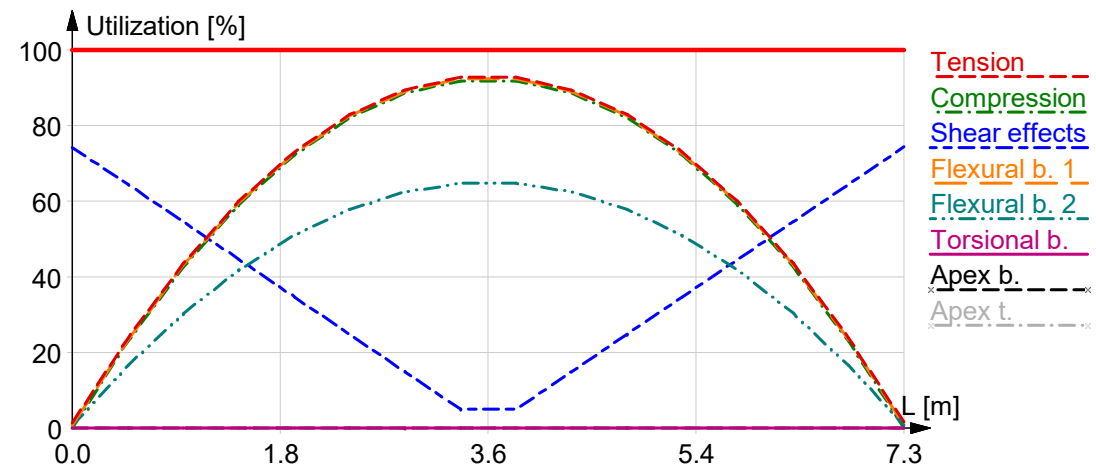
$$\lambda_{rel,2} = \max\left(\frac{\lambda_2}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}, 0.30\right) = \max\left(\frac{17.96}{\pi} \sqrt{\frac{24.50}{10800}}, 0.30\right) = 0.300 \quad (6.22)$$

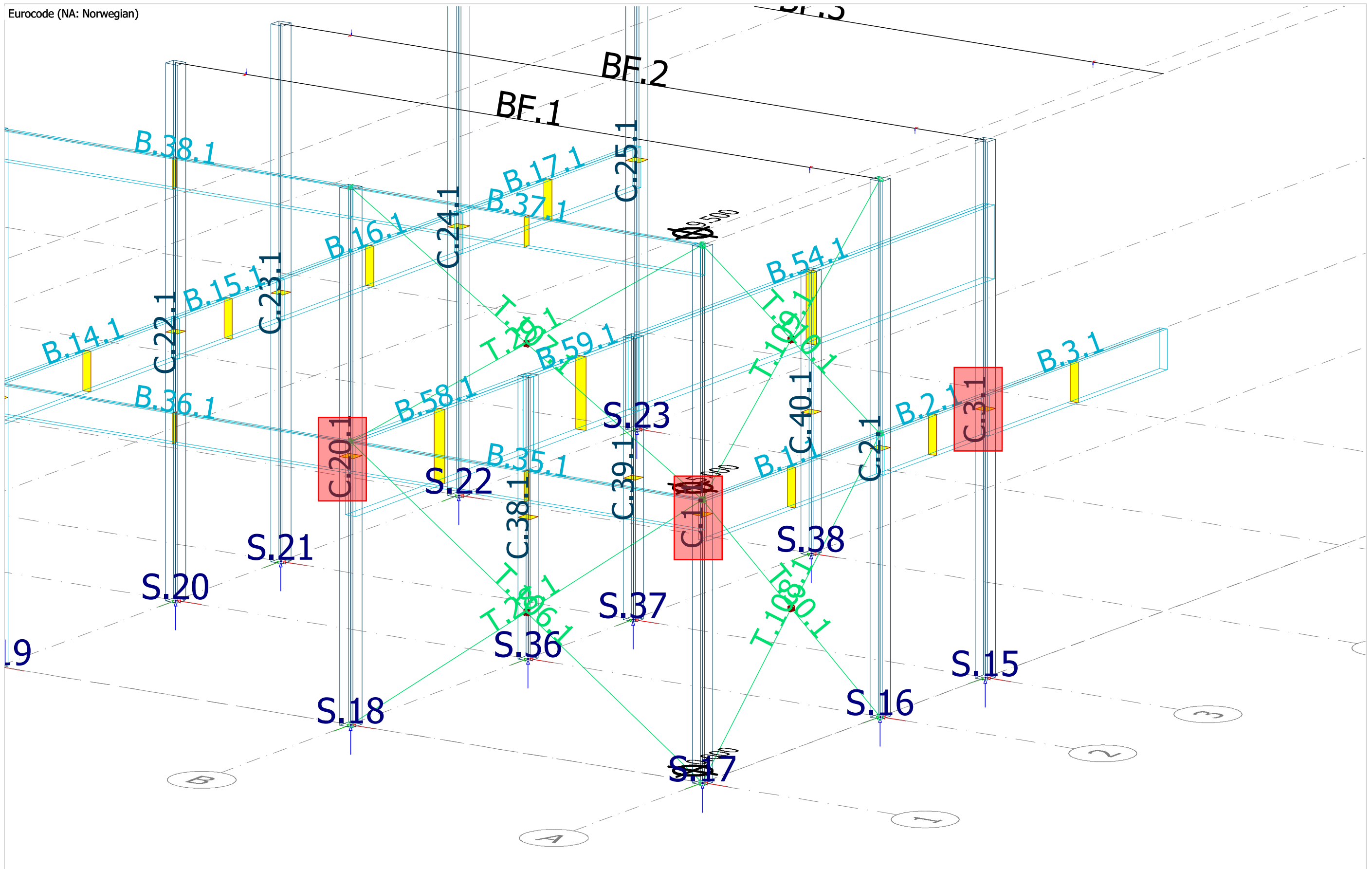
$$k_2 = 0.5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2\right) = 0.5 \left(1 + 0.1 (0.300 - 0.3) + 0.300^2\right) = 0.545 \quad (6.28)$$

$$k_{c,2} = \frac{1}{k_2 + \sqrt{k_2^2 - \lambda_{rel,2}^2}} = \frac{1}{0.545 + \sqrt{0.545^2 - 0.300^2}} = 1.000 \quad (6.26)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,2} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{0.06}{1.000 \cdot 12.78} + 0.70 \cdot \frac{14.54}{15.82} + \frac{0.00}{17.22} = 0.65 \leq 1.00 \quad (6.24) - \text{OK}$$

### Summary





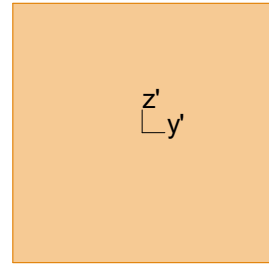
## C.1.1 Maximum of load combinations

### GL 30c

(Glued laminated), Service class 1

$$\begin{array}{ll}
 E_{0,05} & = 10800 \text{ N/mm}^2 & f_{t,90,k} & = 0.50 \text{ N/mm}^2 \\
 G_{0,05} & = 540 \text{ N/mm}^2 & f_{c,0,k} & = 24.50 \text{ N/mm}^2 \\
 Y_M & = 1.15 & f_{c,90,k} & = 2.50 \text{ N/mm}^2 \\
 Y_{M,acc./seis.} & = 1.00 & f_{v,k} & = 3.50 \text{ N/mm}^2 \\
 k_{sys} & = 1.00 & & 
 \end{array}$$

### Glulam 250x250



$$\begin{array}{ll}
 A & = 62500 \text{ mm}^2 & f_{t,0,k} & = 21.28 \text{ N/mm}^2 \\
 W_1 & = 2.604e+06 \text{ mm}^3 & f_{m,1,k} & = 32.74 \text{ N/mm}^2 \\
 W_2 & = 2.604e+06 \text{ mm}^3 & f_{m,2,k} & = 32.74 \text{ N/mm}^2 \\
 i_1 & = 72 \text{ mm} \\
 i_2 & = 72 \text{ mm} \\
 I_2 & = 3.255e+08 \text{ mm}^4 \\
 I_t & = 5.491e+08 \text{ mm}^4
 \end{array}$$

### Combined bending and axial compression - 6.1.4, 6.2.4

LC: 'Brudd X maks 3',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 4999.98 \text{ mm}$

$$\sigma_{c,0,d} = 0.54 \text{ N/mm}^2 \leq f_{c,0,d} = 12.78 \text{ N/mm}^2 \quad (6.2) - \text{OK}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \left(\frac{0.54}{12.78}\right)^2 + \frac{5.11}{17.08} + 0.70 \frac{0.06}{17.08} = 0.30 \leq 1.00 \quad (6.19) - \text{OK}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \left(\frac{0.54}{12.78}\right)^2 + 0.70 \frac{5.11}{17.08} + \frac{0.06}{17.08} = 0.21 \leq 1.00 \quad (6.20) - \text{OK}$$

### Combined shear and torsion - 6.1.7, 6.1.8

LC: 'Brudd X maks 3',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 4999.98 \text{ mm}$

$$\tau_d = 0.43 \text{ N/mm}^2 \leq f_{v,d} = 1.83 \text{ N/mm}^2 \quad (6.13) - \text{OK}$$

### Flexural buckling around axis 1 - 6.3.2

LC: 'Brudd -Y maks 3',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 4999.98$  mm

$$\beta_c = 0.1 \quad (6.29)$$

$$\lambda_1 = \frac{l_0}{i_1} = \frac{5000}{72} = 69.28$$

$$\lambda_{rel,1} = \max\left(\frac{\lambda_1}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}, 0.30\right) = \max\left(\frac{69.28}{\pi} \sqrt{\frac{24.50}{10800}}, 0.30\right) = 1.050 \quad (6.21)$$

$$k_1 = 0.5 (1 + \beta_c (\lambda_{rel,1} - 0.3) + \lambda_{rel,1}^2) = 0.5 (1 + 0.1 (1.050 - 0.3) + 1.050^2) = 1.089 \quad (6.27)$$

$$k_{c,1} = \frac{1}{k_1 + \sqrt{k_1^2 - \lambda_{rel,1}^2}} = \frac{1}{1.089 + \sqrt{1.089^2 - 1.050^2}} = 0.726 \quad (6.25)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,1} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{2.56}{0.726 \cdot 12.78} + \frac{0.07}{17.08} + 0.70 \cdot \frac{3.74}{17.08} = 0.43 \leq 1.00 \quad (6.23) - \text{OK}$$

### Flexural buckling around axis 2 - 6.3.2

LC: 'Brudd -Y maks 3',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 4999.98$  mm

$$\beta_c = 0.1 \quad (6.29)$$

$$\lambda_2 = \frac{l_0}{i_2} = \frac{5000}{72} = 69.28$$

$$\lambda_{rel,2} = \max\left(\frac{\lambda_2}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}, 0.30\right) = \max\left(\frac{69.28}{\pi} \sqrt{\frac{24.50}{10800}}, 0.30\right) = 1.050 \quad (6.22)$$

$$k_2 = 0.5 (1 + \beta_c (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2) = 0.5 (1 + 0.1 (1.050 - 0.3) + 1.050^2) = 1.089 \quad (6.28)$$

$$k_{c,2} = \frac{1}{k_2 + \sqrt{k_2^2 - \lambda_{rel,2}^2}} = \frac{1}{1.089 + \sqrt{1.089^2 - 1.050^2}} = 0.726 \quad (6.26)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,2} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{2.56}{0.726 \cdot 12.78} + 0.70 \cdot \frac{0.07}{17.08} + \frac{3.74}{17.08} = 0.50 \leq 1.00 \quad (6.24) - \text{OK}$$

### Lateral torsional buckling - 6.3.3

LC: 'Brudd X maks 3',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 5000.02$  mm

$$l_{ef} = l / \frac{12.5 \cdot M_{max}}{2.5 \cdot M_{max} + 3 \cdot M_2 + 4 \cdot M_3 + 3 \cdot M_4} + 2 \cdot h =$$

$$= 4500 / \frac{12.5 \cdot 13.31}{2.5 \cdot 13.31 + 3 \cdot 1.33 + 4 \cdot 4.88 + 3 \cdot 5.33} + 2 \cdot 250 = 2468 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} \cdot I_2 \cdot G_{0,05} \cdot I_t}}{l_{ef} \cdot W_1} = \frac{\pi \sqrt{10800 \cdot 3.255e+08 \cdot 540 \cdot 5.491e+08}}{2468 \cdot 2.604e+06} = 499.04 \text{ N/mm}^2 \quad (6.31)$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,1,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{30.00}{499.04}} = 0.245 \quad (6.30)$$

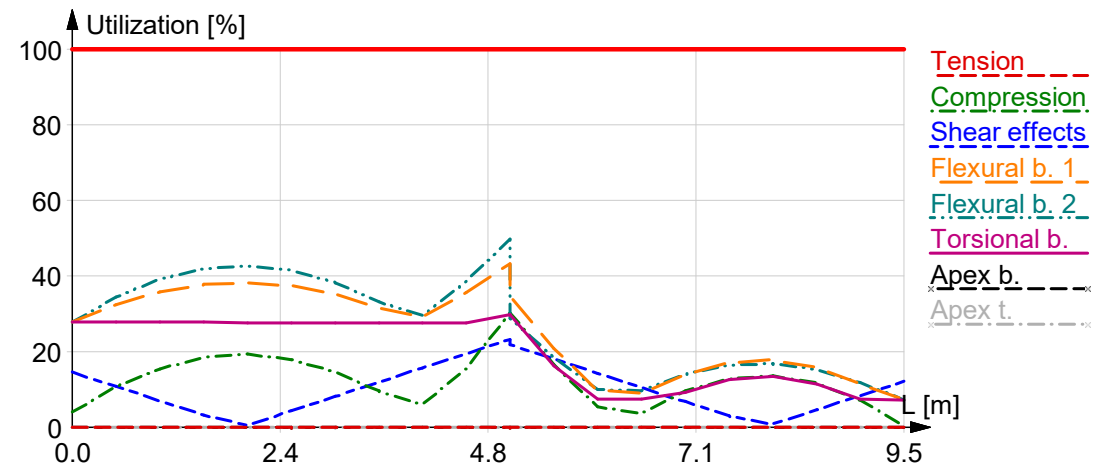
$$\lambda_{rel,m} = 0.245 \leq 0.75 \rightarrow k_{crit} = 1.000 \quad (6.34)$$

$$\frac{\sigma_{m,1,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,1,d}} = \frac{5.11}{1.000 \cdot 17.08} = 0.30 \leq 1.00 \quad (6.33) - \text{OK}$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,1,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,1,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,2} \cdot f_{c,0,d}} = \left(\frac{5.11}{1.000 \cdot 17.08}\right)^2 + \frac{0.47}{0.81 \cdot 12.78} = 0.13 \leq 1.00 \quad (6.35) - \text{OK}$$



## Summary



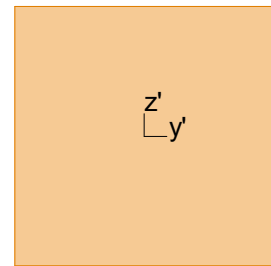
### C.3.1 Maximum of load combinations

#### GL 30c

(Glued laminated), Service class 1

$E_{0,05}$	=	10800 N/mm <sup>2</sup>	$f_{t,90,k}$	=	0.50 N/mm <sup>2</sup>
$G_{0,05}$	=	540 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,0,k}$	=	24.50 N/mm <sup>2</sup>
$Y_M$	=	1.15	$f_{c,90,k}$	=	2.50 N/mm <sup>2</sup>
$Y_{M,acc./seis.}$	=	1.00	$f_{v,k}$	=	3.50 N/mm <sup>2</sup>
$k_{sys}$	=	1.00			

#### Glulam 250x250



$A$	=	62500 mm <sup>2</sup>	$f_{t,0,k}$	=	21.28 N/mm <sup>2</sup>
$W_1$	=	2.604e+06 mm <sup>3</sup>	$f_{m,1,k}$	=	32.74 N/mm <sup>2</sup>
$W_2$	=	2.604e+06 mm <sup>3</sup>	$f_{m,2,k}$	=	32.74 N/mm <sup>2</sup>
$i_1$	=	72 mm			
$i_2$	=	72 mm			
$I_2$	=	3.255e+08 mm <sup>4</sup>			
$I_t$	=	5.491e+08 mm <sup>4</sup>			

#### Combined bending and axial compression - 6.1.4, 6.2.4

LC: 'Brudd -Y maks 3',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 4999.98$  mm

$$\sigma_{c,0,d} = 4.55 \text{ N/mm}^2 \leq f_{c,0,d} = 12.78 \text{ N/mm}^2 \quad (6.2) - \text{OK}$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \left( \frac{4.55}{12.78} \right)^2 + \frac{0.02}{17.08} + 0.70 \frac{5.75}{17.08} = 0.36 \leq 1.00 \quad (6.19) - \text{OK}$$

$$\left( \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \left( \frac{4.55}{12.78} \right)^2 + 0.70 \frac{0.02}{17.08} + \frac{5.75}{17.08} = 0.46 \leq 1.00 \quad (6.20) - \text{OK}$$

**Combined shear and torsion - 6.1.7, 6.1.8**LC: 'Brudd -Y maks 3',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 4999.98$  mm

$$\tau_d = 0.51 \text{ N/mm}^2 \leq f_{v,d} = 1.83 \text{ N/mm}^2 \quad (6.13) - \text{OK}$$

**Flexural buckling around axis 1 - 6.3.2**LC: 'Brudd -Y maks 3',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 4999.98$  mm

$$\beta_c = 0.1 \quad (6.29)$$

$$\lambda_1 = \frac{l_0}{i_1} = \frac{5000}{72} = 69.28$$

$$\lambda_{rel,1} = \max\left(\frac{\lambda_1}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}, 0.30\right) = \max\left(\frac{69.28}{\pi} \sqrt{\frac{24.50}{10800}}, 0.30\right) = 1.050 \quad (6.21)$$

$$k_1 = 0.5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{rel,1} - 0.3) + \lambda_{rel,1}^2\right) = 0.5 \left(1 + 0.1 (1.050 - 0.3) + 1.050^2\right) = 1.089 \quad (6.27)$$

$$k_{c,1} = \frac{1}{k_1 + \sqrt{k_1^2 - \lambda_{rel,1}^2}} = \frac{1}{1.089 + \sqrt{1.089^2 - 1.050^2}} = 0.726 \quad (6.25)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,1} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{4.55}{0.726 \cdot 12.78} + \frac{0.02}{17.08} + 0.70 \cdot \frac{5.75}{17.08} = 0.73 \leq 1.00 \quad (6.23) - \text{OK}$$

**Flexural buckling around axis 2 - 6.3.2**LC: 'Brudd -Y maks 3',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 4999.98$  mm

$$\beta_c = 0.1 \quad (6.29)$$

$$\lambda_2 = \frac{l_0}{i_2} = \frac{5000}{72} = 69.28$$

$$\lambda_{rel,2} = \max\left(\frac{\lambda_2}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}, 0.30\right) = \max\left(\frac{69.28}{\pi} \sqrt{\frac{24.50}{10800}}, 0.30\right) = 1.050 \quad (6.22)$$

$$k_2 = 0.5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2\right) = 0.5 \left(1 + 0.1 (1.050 - 0.3) + 1.050^2\right) = 1.089 \quad (6.28)$$

$$k_{c,2} = \frac{1}{k_2 + \sqrt{k_2^2 - \lambda_{rel,2}^2}} = \frac{1}{1.089 + \sqrt{1.089^2 - 1.050^2}} = 0.726 \quad (6.26)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,2} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{4.55}{0.726 \cdot 12.78} + 0.70 \cdot \frac{0.02}{17.08} + \frac{5.75}{17.08} = 0.83 \leq 1.00 \quad (6.24) - \text{OK}$$

### Lateral torsional buckling - 6.3.3

LC: 'Brudd X maks 2',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 0.00$  mm

$$l_{ef} = l / \frac{12.5 \cdot M_{max}}{2.5 \cdot M_{max} + 3 \cdot M_2 + 4 \cdot M_3 + 3 \cdot M_4} - 0.5 \cdot h =$$

$$= 5000 / \frac{12.5 \cdot 0.05}{2.5 \cdot 0.05 + 3 \cdot 0.01 + 4 \cdot 0.03 + 3 \cdot 0.04} - 0.5 \cdot 250 = 2875 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} \cdot I_2 \cdot G_{0,05} \cdot I_t}}{l_{ef} \cdot W_1} = \frac{\pi \sqrt{10800 \cdot 3.255e+08 \cdot 540 \cdot 5.491e+08}}{2875 \cdot 2.604e+06} = 428.43 \text{ N/mm}^2 \quad (6.31)$$

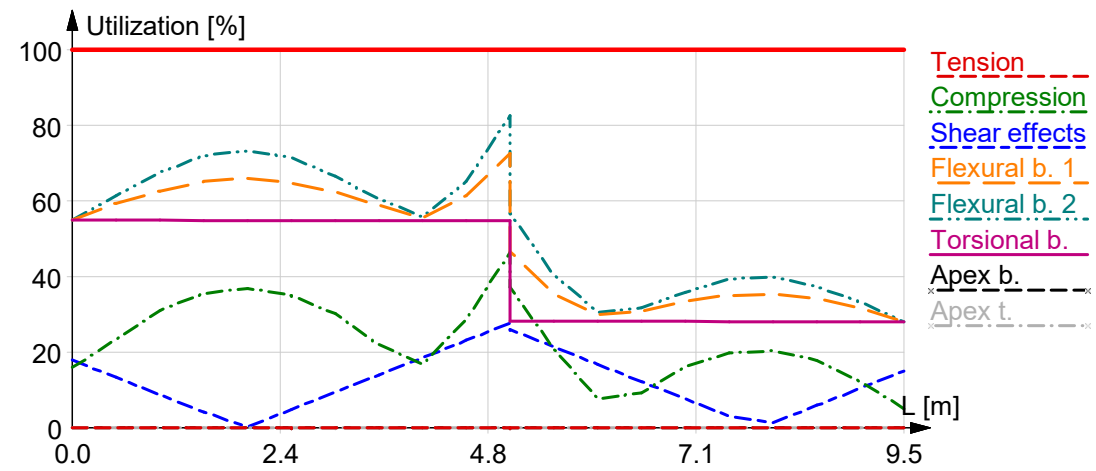
$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,1,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{30.00}{428.43}} = 0.265 \quad (6.30)$$

$$\lambda_{rel,m} = 0.265 \leq 0.75 \rightarrow k_{crit} = 1.000 \quad (6.34)$$

$$\frac{\sigma_{m,1,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,1,d}} = \frac{0.00}{1.000 \cdot 17.08} = 0.00 \leq 1.00 \quad (6.33) - \text{OK}$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,1,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,1,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,2} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{0.00}{1.000 \cdot 17.08} \right)^2 + \frac{5.11}{0.73 \cdot 12.78} = 0.55 \leq 1.00 \quad (6.35) - \text{OK}$$

### Summary



### C.20.1

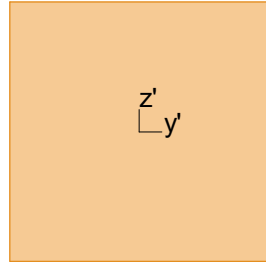
#### Maximum of load combinations

##### GL 30c

(Glued laminated), Service class 1

$E_{0,05}$	=	10800 N/mm <sup>2</sup>	$f_{t,90,k}$	=	0.50 N/mm <sup>2</sup>
$G_{0,05}$	=	540 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,0,k}$	=	24.50 N/mm <sup>2</sup>
$Y_M$	=	1.15	$f_{c,90,k}$	=	2.50 N/mm <sup>2</sup>
$Y_{M,acc./seis.}$	=	1.00	$f_{v,k}$	=	3.50 N/mm <sup>2</sup>
$k_{sys}$	=	1.00			

## Glulam 275x275



$$\begin{aligned} A &= 75625 \text{ mm}^2 & f_{t,0,k} &= 21.08 \text{ N/mm}^2 \\ W_1 &= 3.466e+06 \text{ mm}^3 & f_{m,1,k} &= 32.43 \text{ N/mm}^2 \\ W_2 &= 3.466e+06 \text{ mm}^3 & f_{m,2,k} &= 32.43 \text{ N/mm}^2 \\ i_1 &= 79 \text{ mm} \\ i_2 &= 79 \text{ mm} \\ I_2 &= 4.766e+08 \text{ mm}^4 \\ I_t &= 8.040e+08 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

### Combined bending and axial compression - 6.1.4, 6.2.4

LC: 'Brudd X maks 3',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 4999.98 \text{ mm}$

$$\sigma_{c,0,d} = 3.14 \text{ N/mm}^2 \leq f_{c,0,d} = 12.78 \text{ N/mm}^2 \quad (6.2) - \text{OK}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \left(\frac{3.14}{12.78}\right)^2 + \frac{7.55}{16.92} + 0.70 \frac{0.03}{16.92} = 0.51 \leq 1.00 \quad (6.19) - \text{OK}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \left(\frac{3.14}{12.78}\right)^2 + 0.70 \frac{7.55}{16.92} + \frac{0.03}{16.92} = 0.37 \leq 1.00 \quad (6.20) - \text{OK}$$

### Combined shear and torsion - 6.1.7, 6.1.8

LC: 'Brudd X maks 3',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 4999.98 \text{ mm}$

$$\tau_d = 0.70 \text{ N/mm}^2 \leq f_{v,d} = 1.83 \text{ N/mm}^2 \quad (6.13) - \text{OK}$$

### Flexural buckling around axis 1 - 6.3.2

LC: 'Brudd X maks 3',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 4999.98 \text{ mm}$

$$\beta_c = 0.1 \quad (6.29)$$

$$\lambda_1 = \frac{l_0}{i_1} = \frac{5000}{79} = 62.98$$

$$\lambda_{rel,1} = \max\left(\frac{\lambda_1}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}, 0.30\right) = \max\left(\frac{62.98}{\pi} \sqrt{\frac{24.50}{10800}}, 0.30\right) = 0.955 \quad (6.21)$$

$$\begin{aligned} k_1 &= 0.5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{rel,1} - 0.3) + \lambda_{rel,1}^2\right) = \\ &= 0.5 \left(1 + 0.1 (0.955 - 0.3) + 0.955^2\right) = 0.989 \quad (6.27) \end{aligned}$$

$$k_{c,1} = \frac{1}{k_1 + \sqrt{k_1^2 - \lambda_{rel,1}^2}} = \frac{1}{0.989 + \sqrt{0.989^2 - 0.955^2}} = 0.803 \quad (6.25)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,1} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{3.14}{0.803 \cdot 12.78} + \frac{7.55}{16.92} + 0.70 \cdot \frac{0.03}{16.92} = 0.75 \leq 1.00 \quad (6.23) - \text{OK}$$

### Flexural buckling around axis 2 - 6.3.2

LC: 'Brudd X maks 3',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 4999.98$  mm

$$\beta_c = 0.1 \quad (6.29)$$

$$\lambda_2 = \frac{l_0}{i_2} = \frac{5000}{79} = 62.98$$

$$\lambda_{rel,2} = \max\left(\frac{\lambda_2}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}, 0.30\right) = \max\left(\frac{62.98}{\pi} \sqrt{\frac{24.50}{10800}}, 0.30\right) = 0.955 \quad (6.22)$$

$$k_2 = 0.5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{rel,2} - 0.3) + \lambda_{rel,2}^2\right) = 0.5 \left(1 + 0.1 (0.955 - 0.3) + 0.955^2\right) = 0.989 \quad (6.28)$$

$$k_{c,2} = \frac{1}{k_2 + \sqrt{k_2^2 - \lambda_{rel,2}^2}} = \frac{1}{0.989 + \sqrt{0.989^2 - 0.955^2}} = 0.803 \quad (6.26)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,2} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{3.14}{0.803 \cdot 12.78} + 0.70 \cdot \frac{7.55}{16.92} + \frac{0.03}{16.92} = 0.62 \leq 1.00 \quad (6.24) - \text{OK}$$

### Lateral torsional buckling - 6.3.3

LC: 'Brudd X maks 3',  $k_{mod} = 0.60$ ,  $x = 4999.98$  mm

$$l_{ef} = l / \frac{12.5 \cdot M_{max}}{2.5 \cdot M_{max} + 3 \cdot M_2 + 4 \cdot M_3 + 3 \cdot M_4} + 2 \cdot h =$$

$$= 5000 / \frac{12.5 \cdot 26.16}{2.5 \cdot 26.16 + 3 \cdot 14.84 + 4 \cdot 15.81 + 3 \cdot 1.76} + 2 \cdot 275 = 3278 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} \cdot I_2 \cdot G_{0,05} \cdot I_t}}{l_{ef} \cdot W_1} = \frac{\pi \sqrt{10800 \cdot 4.766e+08 \cdot 540 \cdot 8.040e+08}}{3278 \cdot 3.466e+06} = 413.33 \text{ N/mm}^2 \quad (6.31)$$

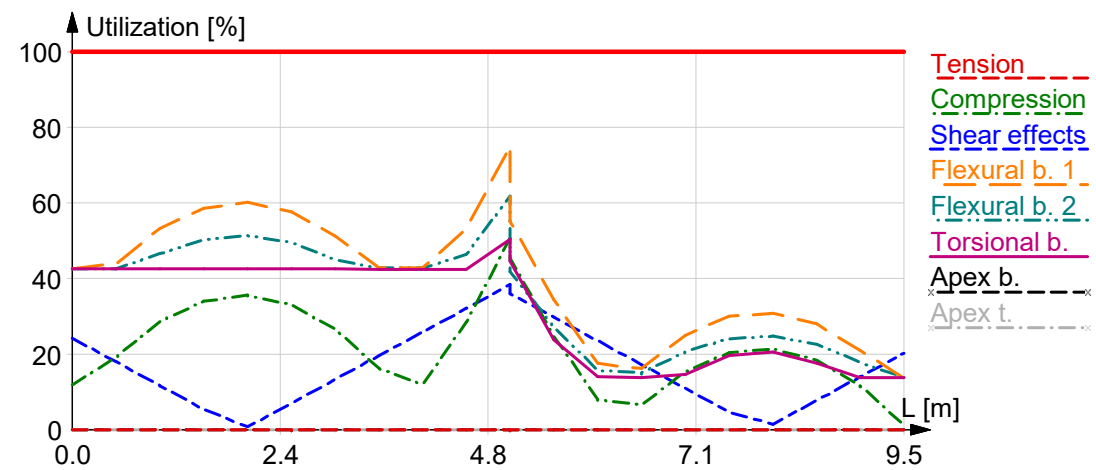
$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,1,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{30.00}{413.33}} = 0.269 \quad (6.30)$$

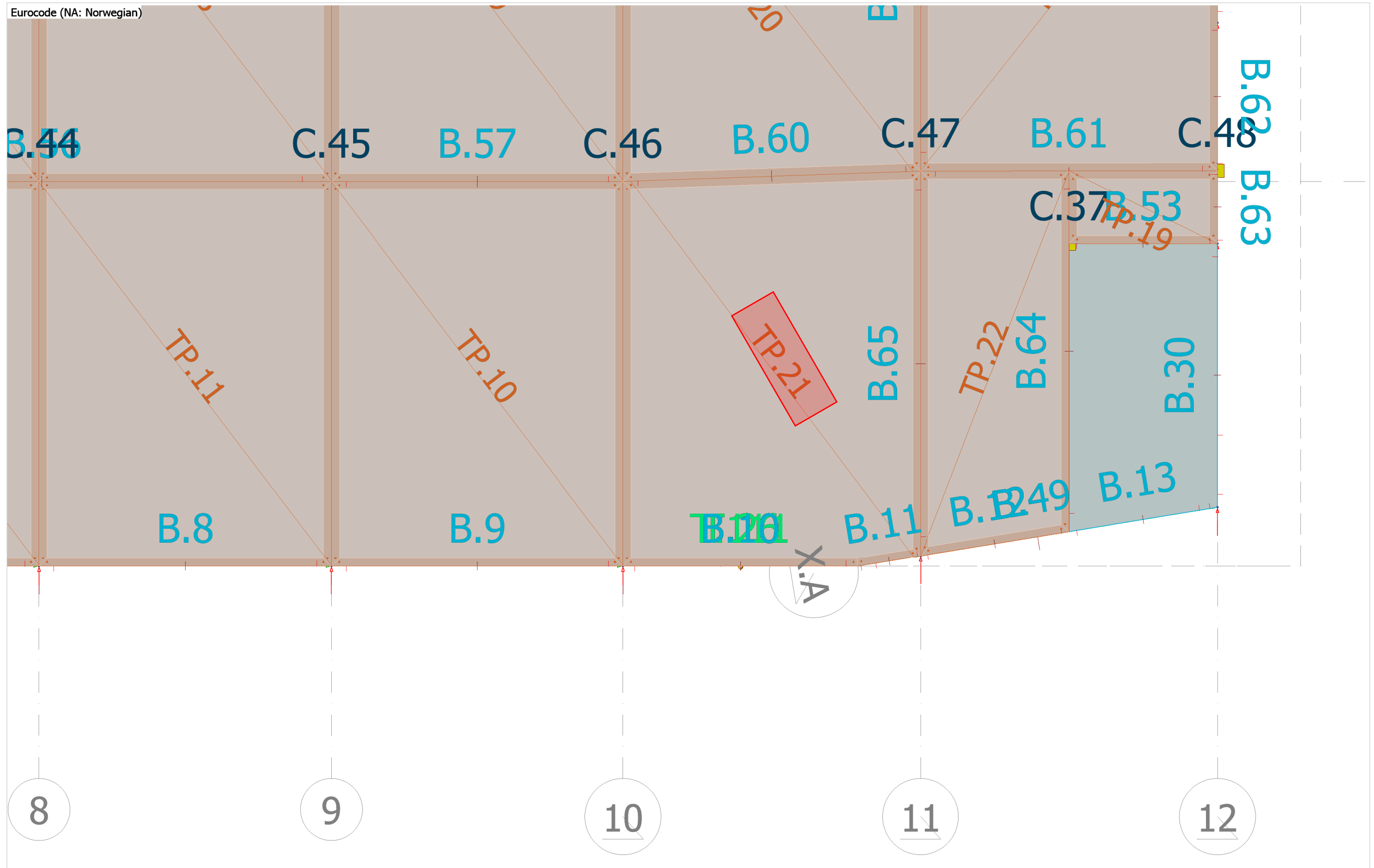
$$\lambda_{rel,m} = 0.269 \leq 0.75 \rightarrow k_{crit} = 1.000 \quad (6.34)$$

$$\frac{\sigma_{m,1,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,1,d}} = \frac{7.55}{1.000 \cdot 16.92} = 0.45 \leq 1.00 \quad (6.33) - \text{OK}$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,1,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,1,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,2} \cdot f_{c,0,d}} = \left(\frac{7.55}{1.000 \cdot 16.92}\right)^2 + \frac{3.14}{0.80 \cdot 12.78} = 0.50 \leq 1.00 \quad (6.35) - \text{OK}$$

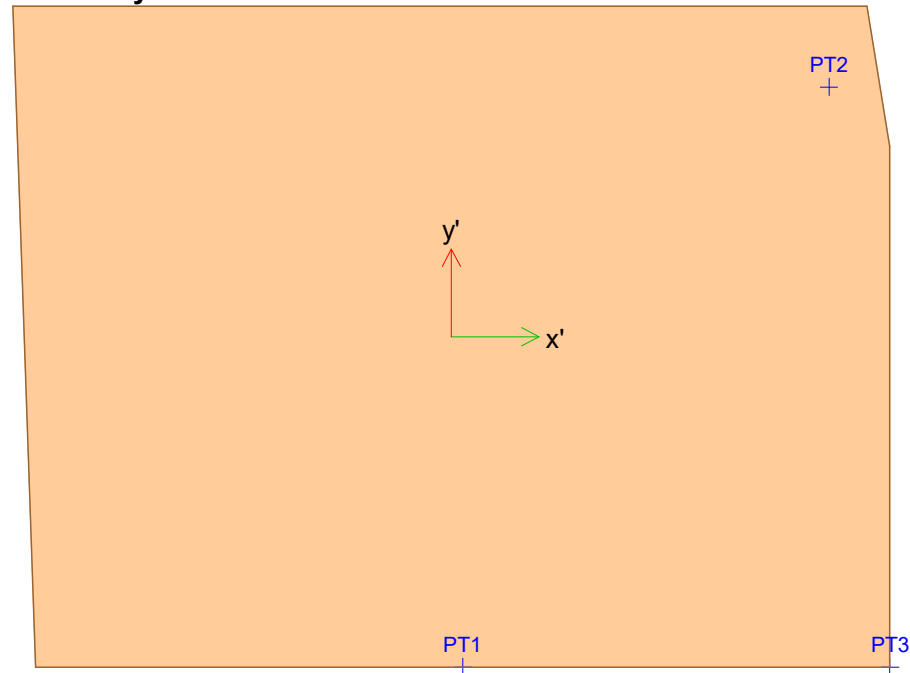
### Summary





## TP.21 Maximum of load combinations

### Geometry



Maximum nodes:  
 PT1 (47.24, 3.62, 5.00) [m]  
 PT2 (52.16, 0.52, 5.00) [m]  
 PT3 (47.24, -0.00, 5.00) [m]

Node numbers:  
 PT1: 9500  
 PT2: 12228  
 PT3: 9363

Panel type:  
 CLT 260 L7s2

Total thickness:  
 t = 260.00 mm

1.00 m  
 x', y': Shell local system

### Panel properties

Service class: 1,  $Y_{M,ult.} = 1.30$ ,  $Y_{M,acc./seis.} = 1.00$ ,  $k_{sys} = 1.00$

No	Material	Thickness [mm]	Theta [°]	Rho [kg/m <sup>3</sup> ]
1	C24	40	0	420
2	C24	40	0	420
3	C24	30	90	420
4	C24	40	0	420
5	C24	30	90	420
6	C24	40	0	420
7	C24	40	0	420

### Mechanical properties

No	$E_{0,mean}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$E_{90,mean}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\nu_{xy}$ [-]	$G_{xy,mean}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$G_{xz,mean}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$G_{yz,mean}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1	11600	0	0.00	690	690	100

No	$E_{0,mean}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$E_{90,mean}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\nu_{xy}$ [-]	$G_{xy,mean}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$G_{xz,mean}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$G_{yz,mean}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
2	11600	0	0.00	690	690	100
3	11600	0	0.00	690	690	100
4	11600	0	0.00	690	690	100
5	11600	0	0.00	690	690	100
6	11600	0	0.00	690	690	100
7	11600	0	0.00	690	690	100

#### Limit stresses

No	$f_{m,0,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{m,90,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{t,0,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{t,90,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{c,0,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{c,90,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{xy,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{v,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{vR,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tor,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1	24.0	24.0	16.0	0.500	24.0	3.00	5.50	3.50	1.40	2.50
2	24.0	24.0	16.0	0.500	24.0	3.00	5.50	3.50	1.40	2.50
3	24.0	24.0	16.0	0.500	24.0	3.00	5.50	3.50	1.40	2.50
4	24.0	24.0	16.0	0.500	24.0	3.00	5.50	3.50	1.40	2.50
5	24.0	24.0	16.0	0.500	24.0	3.00	5.50	3.50	1.40	2.50
6	24.0	24.0	16.0	0.500	24.0	3.00	5.50	3.50	1.40	2.50
7	24.0	24.0	16.0	0.500	24.0	3.00	5.50	3.50	1.40	2.50

#### Tension and bending, x - 6.2.3

Panel: 'TP.21.1', Layer: '7', LC: 'Brudd -Y maks 1',  $k_{mod} = 0.60$ , PT1

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,0,d}|}{f_{m,0,d}} = \frac{5.88}{7.38} + \frac{|1.05|}{11.08} = 0.89 \leq 1.00 \quad (6.17) - \text{OK}$$

#### Compression and bending, x - 6.1.4, 6.2.4

Panel: 'TP.21.1', Layer: '1', LC: 'Brudd Y maks 1',  $k_{mod} = 0.60$ , PT1

$$\frac{|\sigma_{c,0,d}|}{f_{c,0,d}} = \frac{|-5.79|}{11.08} = 0.52 \leq 1.00 \quad (6.2) - \text{OK}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{|\sigma_{m,0,d}|}{f_{m,0,d}} = \left(\frac{-5.79}{11.08}\right)^2 + \frac{|1.05|}{11.08} = 0.37 \leq 1.00 \quad (6.19) - \text{OK}$$

#### Shear, xy - 6.1.7

Panel: 'TP.21.1', Layer: '1', LC: 'Brudd -X maks 1',  $k_{mod} = 0.60$ , PT2

$$\frac{|T_{xy,d}|}{f_{xy,d}} = \frac{|0.43|}{2.54} = 0.17 \leq 1.00 \quad (6.13) - \text{OK}$$

#### Shear, xz - 6.1.7

Panel: 'TP.21.1', Layer: '3', LC: 'Brudd X maks 1',  $k_{mod} = 0.60$ , PT3

$$\frac{|T_{xz,d}|}{f_{v,d}} = \frac{|0.29|}{1.62} = 0.18 \leq 1.00 \quad (6.13) - \text{OK}$$



### Shear, yz - 6.1.7

Panel: 'TP.21.1', Layer: '4', LC: 'Brudd X maks 1',  $k_{\text{mod}} = 0.60$ , PT3

$$\frac{|T_{yz,d}|}{f_{R,d}} = \frac{|0.29|}{0.65} = 0.45 \leq 1.00 \quad (6.13) - \text{OK}$$

Vedlegg 5

Bjelke - Brann

**Focus Konstruksjon 2022**

# INNHALDSFORTEGNELSE

0. SAMMENDRAG .....	3
1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER .....	3
1.1. KNOTEPUNKTSDATA .....	4
1.2. TVERRSNITTSDATA .....	4
1.2.1. Segmenter .....	4
1.3. MATERIALDATA .....	4
1.4. SEGMENTDATA .....	5
1.4.1. Segmentdata EN 1995 .....	5
1.5. RANDBETINGELSER .....	5
1.5.1 Punktrandbetingelser .....	5
1.6. LASTTILFELLER .....	5
1.6.1 Lasttilfeller .....	5
1.7. LASTKOMBINASJON .....	6
1.8. ANALYSEINFORMASJON .....	7
2. BEREGNINGER .....	7
2.1. KNOTEPUNKTSRESULTATER .....	7
2.1.1. Forskyvninger .....	7
2.1.2. Residualkrefter .....	8
2.2. OPPLEGGSKREFTER .....	8
2.3. SEGMENTRESULTATER .....	8
2.3.1. Forskyvninger .....	8
2.3.2. Krefter .....	9
2.4. RESULTATER GRAFISK .....	9
2.4.1. Forskyvning .....	9
2.4.2. Moment - segmenter .....	10
2.4.3. Aksialkraft - segmenter .....	10
2.4.4. Skjærkraft - segmenter .....	10
3. KAPASITETSKONTROLL .....	11
3.1. EN 1995 UTNYTTELSESGRAD .....	11
3.2. KAPASITETSKART .....	11

---

## 0. SAMMENDRAG

---

### Modell

Antall segmenter: 3

Antall knutepunkt: 4

### Analyse

Antall lastkombinasjoner (krefter): 3

Antall lastkombinasjoner (forskyvninger): 3

### Forskyvning / snittkrefter

Største forskyvning: 32,3 mm (Segmentnr. 3)

Største N: -81,94 kN (Segmentnr. 1)

Største V: -75,63 kN (Segmentnr. 3)

Største M: -282,63 kN·m (Segmentnr. 3)

### Verste lastkombinasjon

for forskyvning: (4) Bruks Kar

for N: (11) Brann (600 [°C]) : 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast + 0,20·Generert vindlast 1 + 0,20·Generert vindlast 2 + 0,20·Snølast

for V: (11) Brann (600 [°C]) : 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast + 0,20·Generert vindlast 1 + 0,20·Generert vindlast 2 + 0,20·Snølast

for M: (11) Brann (600 [°C]) : 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast + 0,20·Generert vindlast 1 + 0,20·Generert vindlast 2 + 0,20·Snølast

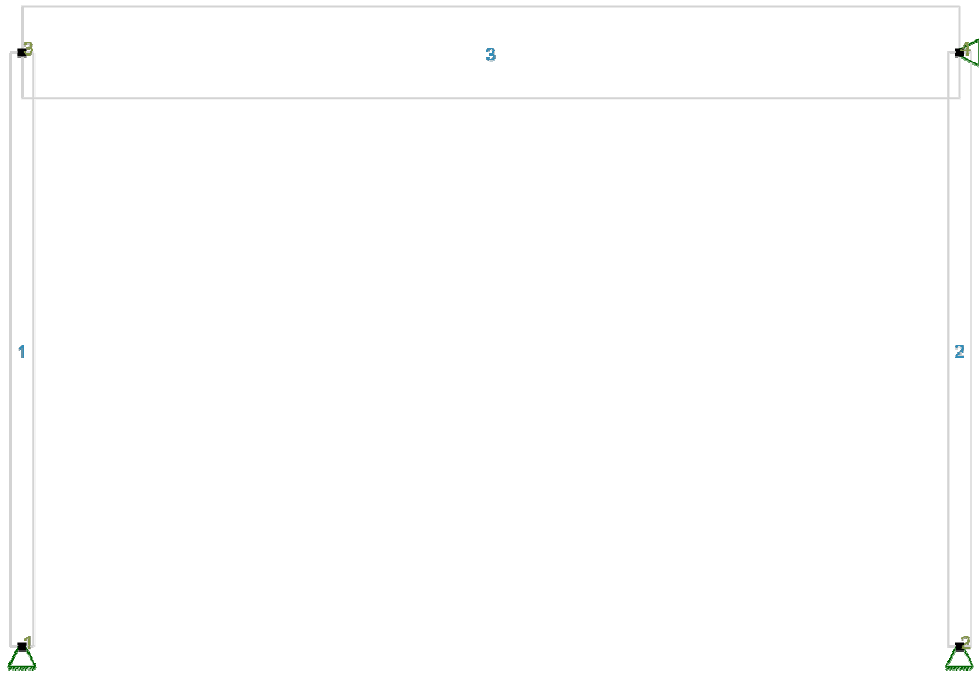
### Kapasitet

Største kapasitetsutnyttelse: 83,33 %

Info: EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)

## 1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER

---



### 1.1. KNUTEPUNKTSDATA

Nr.	X [mm]	Z [mm]
1	0	-7500
2	14200	-7500
3	0	1500
4	14200	1500

### 1.2. TVERRSNITTSDATA

#### 1.2.1. Segmenter

Nr.	Navn	Parametre
1	Limtre 230x1395	A [mm <sup>2</sup> ] 320850 I <sub>x</sub> [mm <sup>4</sup> ] 5,0700e+009 I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ] 5,2032e+010 I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ] 1,4144e+009 Total vekt [kN] 19,22
2	Limtre 350x350	A [mm <sup>2</sup> ] 122500 I <sub>x</sub> [mm <sup>4</sup> ] 1,8508e+009 I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ] 1,2505e+009 I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ] 1,2505e+009 Total vekt [kN] 9,30

### 1.3. MATERIALDATA

1 **GL30c, Limtre** Material: Limtre  
 Varmeutv.koeff.:  $5,00e-006 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$   
 Fasthetsklasse: GL30c Lamelltykkelse: 45,0 mm  
 Tyngdetetthet:  $4,22 \text{ kN/m}^3$   
 Sprekkfaktor  $k_{cr}$ : 0,80 Total vekt: 28,52 kN

Karakteristiske fasthetsparametre:

$f_{mk} = 30,00 \text{ N/mm}^2$   $f_{vk} = 3,50 \text{ N/mm}^2$   
 $f_{t0k} = 19,50 \text{ N/mm}^2$   $f_{c0k} = 24,50 \text{ N/mm}^2$   
 $f_{t90k} = 0,50 \text{ N/mm}^2$   $f_{c90k} = 2,50 \text{ N/mm}^2$

#### 1.4. SEGMENTDATA

Seg Nr.	Kn.pkt 1	Kn.pkt 2	Tvsn 1	Tvsn 2	Material	Type / Form	Rot. [°]	Uend. stiv?
1	3	1	Limtre 350x350	Limtre 350x350	GL30c, Limtre	Stav		Nei
2	4	2	Limtre 350x350	Limtre 350x350	GL30c, Limtre	Stav		Nei
3	3	4	Limtre 230x1395	Limtre 230x1395	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei

##### 1.4.1. Segmentdata EN 1995

Seg. nr	Mat.faktor Gamma_M	Klima-klasse	$k_{sys}$	$L_{ky}$ [mm]	$L_{kz}$ [mm]	$L_{ef}$ [mm]	Stivhetsparametre [N/mm <sup>2</sup> ]
1	1,00	1	1,00	9000	9000	9000	$E = 1,2420e+004$ $G = 6,2100e+002$
2	1,00	1	1,00	9000	9000	9000	$E = 1,2420e+004$ $G = 6,2100e+002$
3	1,00	1	1,00	14200	1420	14200	$E = 1,2420e+004$ $G = 6,2100e+002$

#### 1.5. RANDBETINGELSER

##### 1.5.1 Punktrandbetingelser

Nr.	X [mm]	Z [mm]	Frih.gr. X	Z	RotY	X-vektor	Z-vektor
1 (Seg)	0	-7500	F	F		[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]
2 (Seg)	14200	-7500	F	F		[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]
2 (Seg)	14200	1500	F			[-1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]

Forklaring til frihetsgrader: F = fastholdt, (blank) = fri

Tall betyr foreskrevet forskyvning [mm]

#### 1.6. LASTTILFELLER

##### 1.6.1 Lasttilfeller

##### 4 Egenlast

Lasttype: Permanent last  
 Lastvarighet: Permanent

1 Linjelast	P1 = 6,00 kN/m X1 = 0 mm P2 = 6,00 kN/m X2 = 14200 mm Retning = [0; -1] Offset ende 1: Offset ende 2: Virker på segment: 3 Inkluder masse: Nei	Z1 = 1500 mm Z2 = 1500 mm Z = 800 mm Z = 800 mm
-------------	--	--

## 5 Snølast

Lasttype:	Snølast: Norge, Island, Finland, Sverige	
Lastvarighet:	Halvårslast	
1 Linjelast	P1 = 19,30 kN/m X1 = 0 mm P2 = 19,30 kN/m X2 = 14200 mm Retning = [0; -1] Offset ende 1: Offset ende 2: Virker på segment: 3 Inkluder masse: Nei	Z1 = 1500 mm Z2 = 1500 mm Z = 2000 mm Z = 2000 mm

## 6 Vindlast

Lasttype:	Vindlast	
Lastvarighet:	Korttidslast	
1 Linjelast	P1 = 2,40 kN/m X1 = 0 mm P2 = 2,40 kN/m X2 = 14200 mm Retning = [0; -1] Offset ende 1: Offset ende 2: Virker på segment: 3 Inkluder masse: Nei	Z1 = 1500 mm Z2 = 1500 mm Z = 3800 mm Z = 3800 mm

## 1.7. LASTKOMBINASJON

Forskyvninger beregnet for alle lastkombinasjoner bestående av:

## (4) Bruks Kar

Grensetilstand: Bruks

Lasttilfeller: 1,00 \* <Konstruksjonens tyngde>  
1,00 \* Egenlast  
1,00 \* Nyttelast  
1,00 \* Snølast (Dominerende)

## (5) Bruks ofte forek

Grensetilstand: Bruks

Lasttilfeller: 1,00 \* <Konstruksjonens tyngde>  
1,00 \* Egenlast  
0,70 \* Nyttelast  
0,50 \* Snølast (Dominerende)

## (6) Bruks tilnærmet perm

Grensetilstand: Bruks

Lasttilfeller: 1,00 \* <Konstruksjonens tyngde>  
1,00 \* Egenlast  
0,60 \* Nyttelast  
0,20 \* Snølast (Dominerende)

Snittkrefter beregnet for alle lastkombinasjoner bestående av:

- (10) Brann (600 [°C]) : 1,00·<kt>  
+ 1,00·Egenlast  
Grensetilstand: Brann  
Temperatur: 600 °C  
Forkullingsdybde: 49,0 mm  
Lasttilfeller: 1,00 \* <Konstruksjonens tyngde>  
1,00 \* Egenlast
- (11) Brann (600 [°C]) : 1,00·<kt>  
+ 1,00·Egenlast +  
0,20·Generert vindlast 1 +  
0,20·Generert vindlast 2 +  
0,20·Snølast  
Grensetilstand: Brann  
Temperatur: 600 °C  
Forkullingsdybde: 49,0 mm  
Lasttilfeller: 1,00 \* <Konstruksjonens tyngde>  
1,00 \* Egenlast  
0,20 \* Generert vindlast 1  
0,20 \* Generert vindlast 2  
0,20 \* Snølast (Dominerende)
- (12) Brann (600 [°C]) : 1,00·<kt>  
+ 1,00·Egenlast +  
0,00·Generert vindlast 1 +  
0,00·Generert vindlast 2 +  
0,00·Snølast  
Grensetilstand: Brann  
Temperatur: 600 °C  
Forkullingsdybde: 49,0 mm  
Lasttilfeller: 1,00 \* <Konstruksjonens tyngde>  
1,00 \* Egenlast  
0,00 \* Generert vindlast 1  
0,00 \* Generert vindlast 2  
0,00 \* Snølast (Dominerende)

## 1.8. ANALYSEINFORMASJON

Inkluder skjærdeformasjoner: Ja

## 2. BEREGNINGER

### 2.1. KNOTEPUNKTSRESULTATER

#### 2.1.1. Forskyvninger

Nr.	u [mm]	w [mm]	rotY [°]
1	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) max
	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) min
2	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) max
	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) min
3	0,0(4)	-0,7(6)	0,3(4) max



	0,0(4)	-1,4(4)	0,2(6) min
4	0,0(4)	-0,7(6)	-0,2(6) max
	0,0(4)	-1,4(4)	-0,3(4) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

### 2.1.2. Residualkrefter

Nr.	Rx [kN]	Rz [kN]	RMy [kN·m]
1	0,00(10)	84,27(11)	0,00(10) max
	0,00(10)	56,86(10)	0,00(10) min
2	0,00(10)	84,27(11)	0,00(10) max
	0,00(10)	56,86(10)	0,00(10) min
3	0,00(10)	0,00(10)	0,00(10) max
	0,00(10)	0,00(10)	0,00(11) min
4	0,00(10)	0,00(11)	0,00(11) max
	0,00(10)	0,00(10)	0,00(10) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

### 2.2. OPPLEGGSKREFTER

Nr.	X [mm]	Z [mm]	Rx [kN]	Rz [kN]	RMy [kN·m]
1 (Seg)	0	-7500	0,00(12)	84,27(11)	0,00(12) max
			0,00(10)	56,86(10)	0,00(10) min
2 (Seg)	14200	-7500	0,00(12)	84,27(11)	0,00(12) max
			0,00(10)	56,86(10)	0,00(10) min
2 (Seg)	14200	1500	0,00(12)	0,00(11)	0,00(11) max
			0,00(10)	0,00(10)	0,00(10) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

### 2.3. SEGMENTRESULTATER

#### 2.3.1. Forskyvninger

Seg Nr.	Snitt mm	u [mm]	w [mm]	rotY [°]
1	0	0,0(4)	-0,7(6)	0,3(4) max
	0	0,0(4)	-1,4(4)	0,2(6) min
	9000	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) max
	9000	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) min
2	0	0,0(4)	-0,7(6)	-0,2(6) max
	0	0,0(4)	-1,4(4)	-0,3(4) min
	9000	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) max
	9000	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) min
3	0	0,0(4)	-0,7(6)	0,3(4) max

0	0,0(4)	-1,4(4)	0,2(6) min
710	0,0(4)	-3,1(6)	0,3(4) max
710	0,0(4)	-6,4(4)	0,2(6) min
7100	0,0(4)	-15,6(6)	0,0(4) max
7100	0,0(4)	-32,3(4)	0,0(6) min
14200	0,0(4)	-0,7(6)	-0,2(6) max
14200	0,0(4)	-1,4(4)	-0,3(4) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

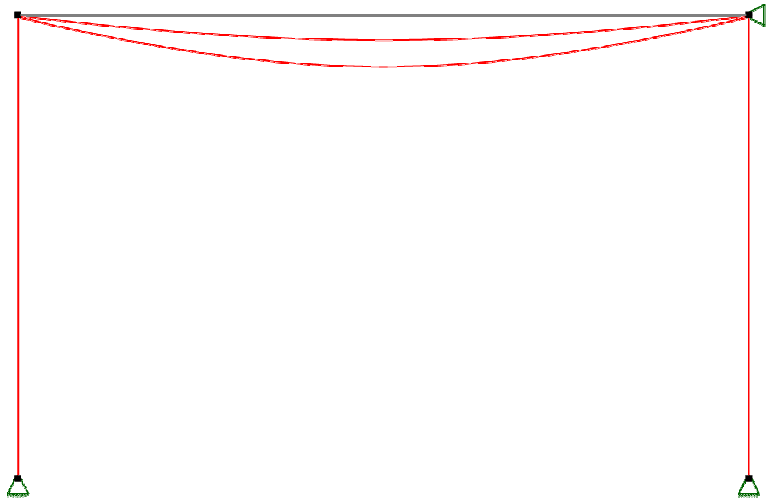
### 2.3.2. Krefter

Seg Nr.	Snitt mm	N [kN]	Vz [kN]	My [kN·m]
1	0	-54,53(10)	0,00(10)	0,00(10) max
	0	-81,94(11)	0,00(10)	0,00(10) min
	9000	-54,53(10)	0,00(10)	0,00(10) max
	9000	-81,94(11)	0,00(10)	0,00(10) min
2	0	-54,53(10)	0,00(10)	0,00(10) max
	0	-81,94(11)	0,00(10)	0,00(10) min
	9000	-54,53(10)	0,00(10)	0,00(10) max
	9000	-81,94(11)	0,00(10)	0,00(10) min
3	0	0,00(10)	75,63(11)	0,00(10) max
	0	0,00(10)	49,60(10)	0,00(10) min
	710	0,00(10)	71,65(11)	-35,21(10) max
	710	0,00(10)	46,99(10)	-53,70(11) min
	7100	0,00(10)	0,00(11)	-185,34(10) max
	7100	0,00(10)	0,00(10)	-282,63(11) min
	14200	0,00(10)	-49,60(10)	0,00(10) max
	14200	0,00(10)	-75,63(11)	0,00(10) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

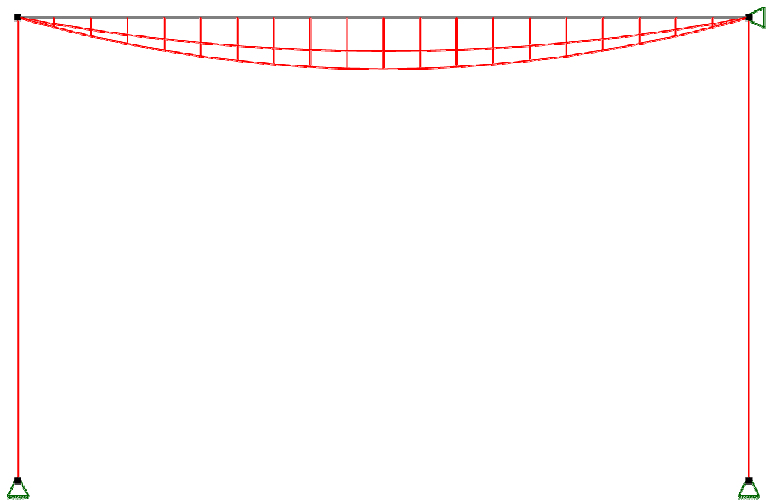
## 2.4. RESULTATER GRAFISK

### 2.4.1. Forskyvning



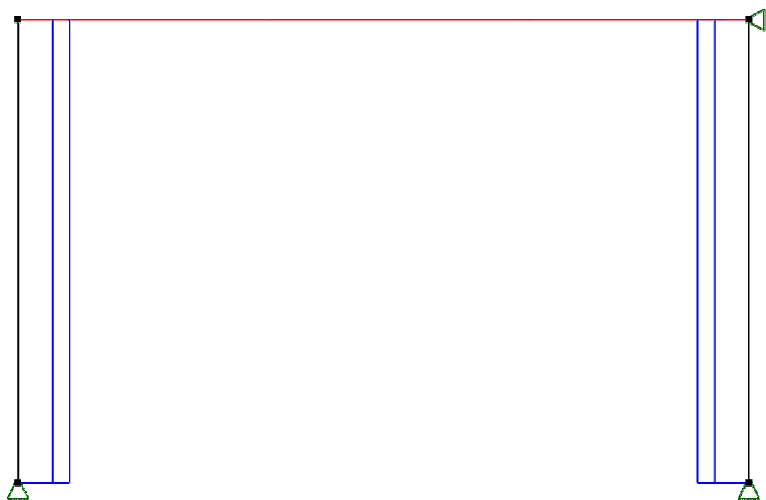
Største forskyvning: 32,3 mm

#### 2.4.2. Moment - segmenter



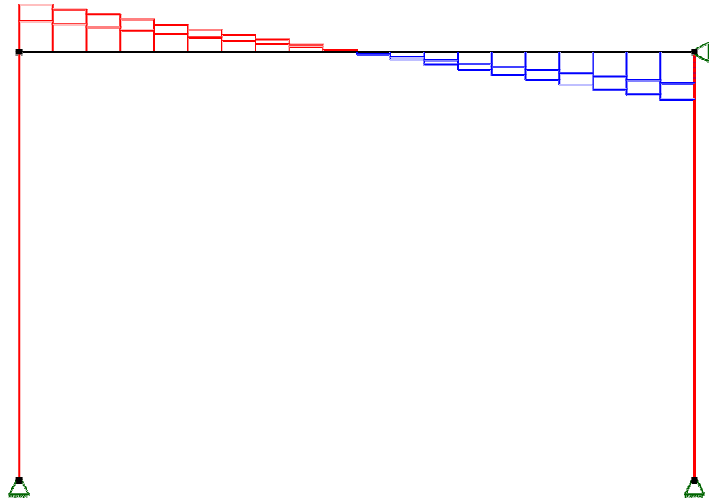
Største moment: -282,63 kN·m

#### 2.4.3. Aksialkraft - segmenter



Største aksialkraft: -81,94 kN

#### 2.4.4. Skjærkraft - segmenter



Største skjærkraft: -75,63 kN

### 3. KAPASITETSKONTROLL

#### 3.1. EN 1995 UTNYTTELSESGRAD

Seg. nr	Snitt [mm]	Bøy/Aks	Skjær/Tor	Tv.str	Info
1	9000	0,17(11)	0,00(10)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.35)
2	9000	0,17(11)	0,00(10)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.35)
3	0	0,00(10)	0,21(11)		EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V_z
	1420	0,30(11)	0,18(11)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	2840	0,53(11)	0,14(11)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	4260	0,70(11)	0,10(11)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	5680	0,80(11)	0,05(11)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	7100	0,83(11)	0,01(11)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	8520	0,80(11)	0,03(11)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	9940	0,70(11)	0,08(11)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	11360	0,53(11)	0,12(11)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	12780	0,30(11)	0,16(11)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	14200	0,00(10)	0,21(11)		EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V_z

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

#### 3.2. KAPASITETSKART



Største kapasitetsutnyttelse: 83,33 % (EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33))

Vedlegg 6

Bjelke - Brudd

**Focus Konstruksjon 2022**

# INNHALDSFORTEGNELSE

0. SAMMENDRAG .....	3
1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER .....	3
1.1. KNOTEPUNKTSDATA .....	4
1.2. TVERRSNITTSDATA .....	4
1.2.1. Segmenter .....	4
1.3. MATERIALDATA .....	4
1.4. SEGMENTDATA .....	5
1.4.1. Segmentdata EN 1995 .....	5
1.5. RANDBETINGELSER .....	5
1.5.1 Punktrandbetingelser .....	5
1.6. LASTTILFELLER .....	6
1.6.1 Lasttilfeller .....	6
1.7. LASTKOMBINASJON .....	6
1.8. ANALYSEINFORMASJON .....	8
2. BEREGNINGER .....	8
2.1. KNOTEPUNKTSRESULTATER .....	8
2.1.1. Forskyvninger .....	8
2.1.2. Residualkrefter .....	8
2.2. OPPLÈGGSKREFTER .....	9
2.3. SEGMENTRESULTATER .....	9
2.3.1. Forskyvninger .....	9
2.3.2. Krefter .....	9
2.4. RESULTATER GRAFISK .....	10
2.4.1. Forskyvning .....	10
2.4.2. Moment - segmenter .....	10
2.4.3. Aksialkraft - segmenter .....	11
2.4.4. Skjærkraft - segmenter .....	11
3. KAPASITETSKONTROLL .....	11
3.1. EN 1995 UTNYTTTELSESGRAD .....	11
3.2. KAPASITETSKART .....	12

---

## 0. SAMMENDRAG

---

### Modell

Antall segmenter: 3

Antall knutepunkt: 4

### Analyse

Antall lastkombinasjoner (krefter): 6

Antall lastkombinasjoner (forskyvninger): 3

### Forskyvning / snittkrefter

Største forskyvning: 32,3 mm (Segmentnr. 3)

Største N: -286,32 kN (Segmentnr. 1)

Største V: 269,35 kN (Segmentnr. 3)

Største M: -1006,54 kN·m (Segmentnr. 3)

### Verste lastkombinasjon

for forskyvning: (4) Bruks Kar

for N: (8) Brudd Max 2

for V: (8) Brudd Max 2

for M: (8) Brudd Max 2

### Kapasitet

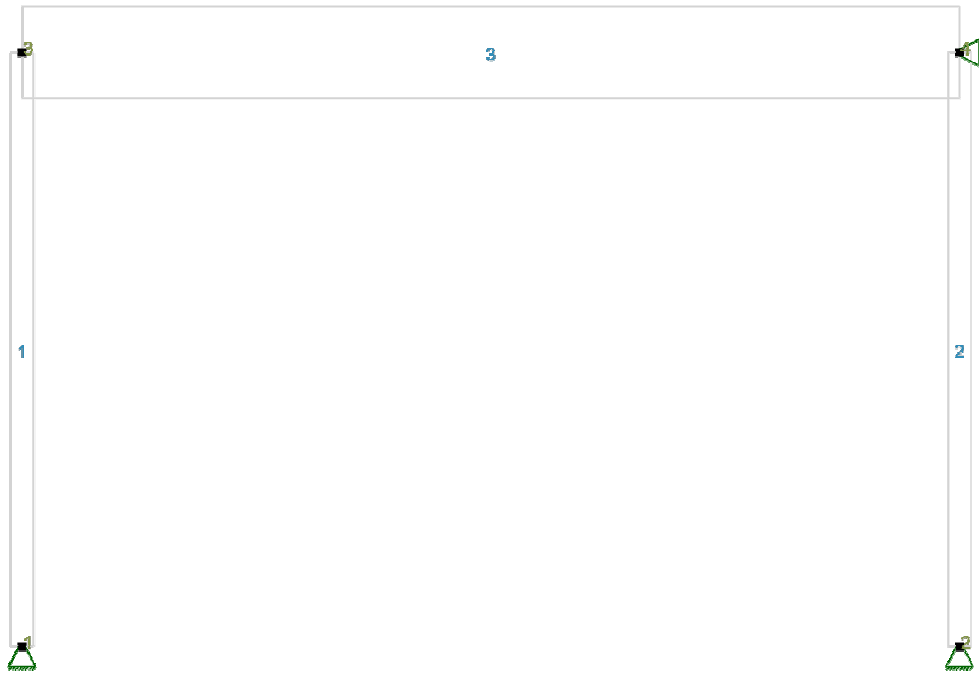
Største kapasitetsutnyttelse: 88,13 %

Info: EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)

## 1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER

---





### 1.1. KNUTEPUNKTSDATA

Nr.	X [mm]	Z [mm]
1	0	-7500
2	14200	-7500
3	0	1500
4	14200	1500

### 1.2. TVERRSNITTSDATA

#### 1.2.1. Segmenter

Nr.	Navn	Parametre
1	Limtre 230x1395	A [mm <sup>2</sup> ] 320850 I <sub>x</sub> [mm <sup>4</sup> ] 5,0700e+009 I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ] 5,2032e+010 I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ] 1,4144e+009 Total vekt [kN] 19,22
2	Limtre 350x350	A [mm <sup>2</sup> ] 122500 I <sub>x</sub> [mm <sup>4</sup> ] 1,8508e+009 I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ] 1,2505e+009 I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ] 1,2505e+009 Total vekt [kN] 9,30

### 1.3. MATERIALDATA

1 **GL30c, Limtre** Material: Limtre  
 Varmeutv.koeff.: 5,00e-006 °C<sup>-1</sup>  
 Fasthetsklasse: GL30c Lamelltykkelse: 45,0 mm  
 Tyngdetetthet: 4,22 kN/m<sup>3</sup>  
 Sprekkfaktor k<sub>cr</sub>: 0,80 Total vekt: 28,52 kN

Karakteristiske fasthetsparametre:

f<sub>mk</sub> = 30,00 N/mm<sup>2</sup> f<sub>vk</sub> = 3,50 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>t0k</sub> = 19,50 N/mm<sup>2</sup> f<sub>c0k</sub> = 24,50 N/mm<sup>2</sup>  
 f<sub>t90k</sub> = 0,50 N/mm<sup>2</sup> f<sub>c90k</sub> = 2,50 N/mm<sup>2</sup>

#### 1.4. SEGMENTDATA

Seg Nr.	Kn.pkt 1	Kn.pkt 2	Tvsn 1	Tvsn 2	Material	Type / Form	Rot. [°]	Uend. stiv?
1	3	1	Limtre 350x350	Limtre 350x350	GL30c, Limtre	Stav		Nei
2	4	2	Limtre 350x350	Limtre 350x350	GL30c, Limtre	Stav		Nei
3	3	4	Limtre 230x1395	Limtre 230x1395	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei

##### 1.4.1. Segmentdata EN 1995

Seg. nr	Mat.faktor Gamma_M	Klima-klasse	k <sub>sys</sub>	L <sub>ky</sub> [mm]	L <sub>kz</sub> [mm]	L <sub>ef</sub> [mm]	Stivhetsparametre [N/mm <sup>2</sup> ]
1	1,15	1	1,00	9000	9000	9000	Vindlast: E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002 Permanent: E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002 Snølast nordisk: E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002 Annen variabel: E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
2	1,15	1	1,00	9000	9000	9000	Snølast nordisk: E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002 Annen variabel: E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002 Permanent: E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002 Vindlast: E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002
3	1,15	1	1,00	14200	1420	14200	Annen variabel: E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002 Vindlast: E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002 Permanent: E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002 Snølast nordisk: E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002

#### 1.5. RANDBETINGELSER

##### 1.5.1 Punktrandbetingelser

Nr.	X [mm]	Z [mm]	Frih.gr. X	Z	RotY	X-vektor	Z-vektor
1 (Seg)	0	-7500	F	F		[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]

2 (Seg)	14200	-7500	F	F	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]
2 (Seg)	14200	1500	F		[-1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]

Forklaring til frihetsgrader: F = fastholdt, (blank) = fri

Tall betyr foreskrevet forskyvning [mm]

## 1.6. LASTTILFELLER

### 1.6.1 Lasttilfeller

#### 4 Egenlast

Lasttype:	Permanent last		
Lastvarighet:	Permanent		
1 Linjelast	P1 = 6,00 kN/m	Z1 = 1500 mm	
	X1 = 0 mm	Z2 = 1500 mm	
	P2 = 6,00 kN/m		
	X2 = 14200 mm		
	Retning = [0; -1]		
	Offset ende 1:	Z = 800 mm	
	Offset ende 2:	Z = 800 mm	
	Virker på segment: 3		
	Inkluder masse: Nei		

#### 5 Snølast

Lasttype:	Snølast: Norge, Island, Finland, Sverige		
Lastvarighet:	Halvårslast		
1 Linjelast	P1 = 19,30 kN/m	Z1 = 1500 mm	
	X1 = 0 mm	Z2 = 1500 mm	
	P2 = 19,30 kN/m		
	X2 = 14200 mm		
	Retning = [0; -1]		
	Offset ende 1:	Z = 2000 mm	
	Offset ende 2:	Z = 2000 mm	
	Virker på segment: 3		
	Inkluder masse: Nei		

#### 6 Vindlast

Lasttype:	Vindlast		
Lastvarighet:	Korttidslast		
1 Linjelast	P1 = 2,40 kN/m	Z1 = 1500 mm	
	X1 = 0 mm	Z2 = 1500 mm	
	P2 = 2,40 kN/m		
	X2 = 14200 mm		
	Retning = [0; -1]		
	Offset ende 1:	Z = 3800 mm	
	Offset ende 2:	Z = 3800 mm	
	Virker på segment: 3		
	Inkluder masse: Nei		

## 1.7. LASTKOMBINASJON

Forskyvninger beregnet for alle lastkombinasjoner bestående av:

(4) Bruks Kar

Grensetilstand: Bruks

Lasttilfeller: 1,00 \* <Konstruksjonens tyngde>  
 1,00 \* Egenlast  
 1,00 \* Nyttelast  
 1,00 \* Snølast (Dominerende)

## (5) Bruks ofte forek

Grensetilstand: Bruks

Lasttilfeller: 1,00 \* <Konstruksjonens tyngde>  
 1,00 \* Egenlast  
 0,70 \* Nyttelast  
 0,50 \* Snølast (Dominerende)

## (6) Bruks tilnærmet perm

Grensetilstand: Bruks

Lasttilfeller: 1,00 \* <Konstruksjonens tyngde>  
 1,00 \* Egenlast  
 0,60 \* Nyttelast  
 0,20 \* Snølast (Dominerende)

Snittkrefter beregnet for alle lastkombinasjoner bestående av:

## (1) Brudd A

Grensetilstand: Brudd

Lasttilfeller: 1,35 \* <Konstruksjonens tyngde>  
 1,35 \* Egenlast  
 1,05 \* Nyttelast  
 1,05 \* Snølast (Dominerende)

## (2) Brudd B

Grensetilstand: Brudd

Lasttilfeller: 1,20 \* <Konstruksjonens tyngde>  
 1,20 \* Egenlast  
 1,50 \* Nyttelast  
 1,05 \* Snølast (Dominerende)

## (3) Brudd C

Grensetilstand: Brudd

Lasttilfeller: 1,20 \* <Konstruksjonens tyngde>  
 1,20 \* Egenlast  
 1,05 \* Nyttelast  
 1,50 \* Snølast (Dominerende)

## (7) Brudd Max 1

Grensetilstand: Brudd

Lasttilfeller: 1,20 \* <Konstruksjonens tyngde>  
 1,20 \* Egenlast  
 1,50 \* Nyttelast  
 1,05 \* Snølast (Dominerende)  
 0,90 \* Vindlast

(8)	Brudd Max 2	
	Grensetilstand:	Brudd
	Lasttilfeller:	1,20 * <Konstruksjonens tyngde> 1,20 * Egenlast 1,05 * Nyttelast 1,50 * Snølast (Dominerende) 0,90 * Vindlast

(9)	Brudd Max 3	
	Grensetilstand:	Brudd
	Lasttilfeller:	1,20 * <Konstruksjonens tyngde> 1,20 * Egenlast 1,05 * Nyttelast 1,05 * Snølast (Dominerende) 1,50 * Vindlast

## 1.8. ANALYSEINFORMASJON

Inkluder skjærdeformasjoner: Ja

## 2. BEREGNINGER

### 2.1. KNOTEPUNKTSRESULTATER

#### 2.1.1. Forskyvninger

Nr.	u [mm]	w [mm]	rotY [°]
1	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) max
	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) min
2	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) max
	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) min
3	0,0(4)	-0,7(6)	0,3(4) max
	0,0(4)	-1,4(4)	0,2(6) min
4	0,0(4)	-0,7(6)	-0,2(6) max
	0,0(4)	-1,4(4)	-0,3(4) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

#### 2.1.2. Residualkrefter

Nr.	Rx [kN]	Rz [kN]	RMy [kN·m]
1	0,00(1)	289,11(8)	0,00(1) max
	0,00(1)	212,11(2)	0,00(1) min
2	0,00(1)	289,11(8)	0,00(1) max
	0,00(1)	212,11(2)	0,00(1) min
3	0,00(1)	0,00(9)	0,00(9) max
	0,00(1)	0,00(1)	0,00(3) min

4	0,00(1)	0,00(3)	0,00(8) max
	0,00(1)	0,00(9)	0,00(2) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

## 2.2. OPPLEGGSKREFTER

Nr.	X [mm]	Z [mm]	Rx [kN]	Rz [kN]	RMy [kN·m]
1 (Seg)	0	-7500	0,00(9)	289,11(8)	0,00(9) max
			0,00(1)	212,11(2)	0,00(1) min
2 (Seg)	14200	-7500	0,00(9)	289,11(8)	0,00(9) max
			0,00(1)	212,11(2)	0,00(1) min
2 (Seg)	14200	1500	0,00(9)	0,00(3)	0,00(8) max
			0,00(1)	0,00(9)	0,00(2) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

## 2.3. SEGMENTRESULTATER

### 2.3.1. Forskyvninger

Seg Nr.	Snitt mm	u [mm]	w [mm]	rotY [°]
1	0	0,0(4)	-0,7(6)	0,3(4) max
	0	0,0(4)	-1,4(4)	0,2(6) min
	9000	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) max
	9000	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) min
2	0	0,0(4)	-0,7(6)	-0,2(6) max
	0	0,0(4)	-1,4(4)	-0,3(4) min
	9000	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) max
	9000	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) min
3	0	0,0(4)	-0,7(6)	0,3(4) max
	0	0,0(4)	-1,4(4)	0,2(6) min
	710	0,0(4)	-3,1(6)	0,3(4) max
	710	0,0(4)	-6,4(4)	0,2(6) min
	7100	0,0(4)	-15,6(6)	0,0(4) max
	7100	0,0(4)	-32,3(4)	0,0(6) min
	14200	0,0(4)	-0,7(6)	-0,2(6) max
	14200	0,0(4)	-1,4(4)	-0,3(4) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

### 2.3.2. Krefter

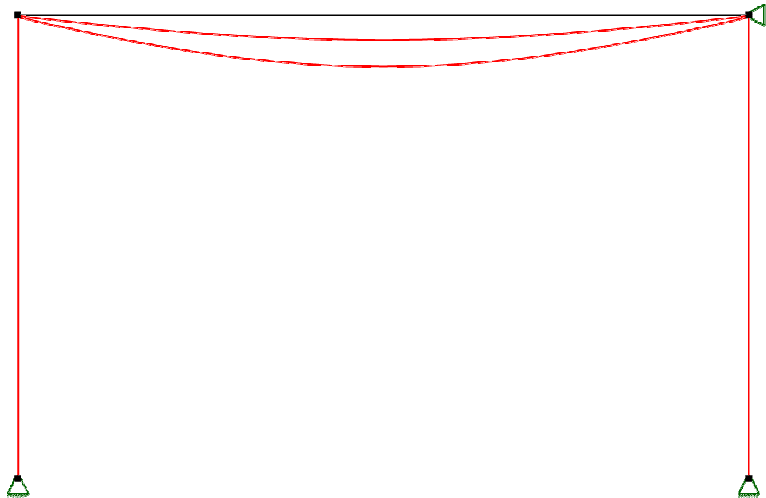
Seg Nr.	Snitt mm	N [kN]	Vz [kN]	My [kN·m]
1	0	-209,32(2)	0,00(1)	0,00(1) max
	0	-286,32(8)	0,00(1)	0,00(1) min

	9000	-209,32(2)	0,00(1)	0,00(1) max
	9000	-286,32(8)	0,00(1)	0,00(1) min
2	0	-209,32(2)	0,00(1)	0,00(1) max
	0	-286,32(8)	0,00(1)	0,00(1) min
	9000	-209,32(2)	0,00(1)	0,00(1) max
	9000	-286,32(8)	0,00(1)	0,00(1) min
3	0	0,00(1)	269,35(8)	0,00(3) max
	0	0,00(1)	196,21(2)	0,00(9) min
	710	0,00(1)	255,18(8)	-139,31(2) max
	710	0,00(1)	185,88(2)	-191,24(8) min
	7100	0,00(1)	0,00(9)	-733,19(2) max
	7100	0,00(1)	0,00(1)	-1006,54(8) min
	14200	0,00(1)	-196,21(2)	0,00(9) max
	14200	0,00(1)	-269,35(8)	0,00(1) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

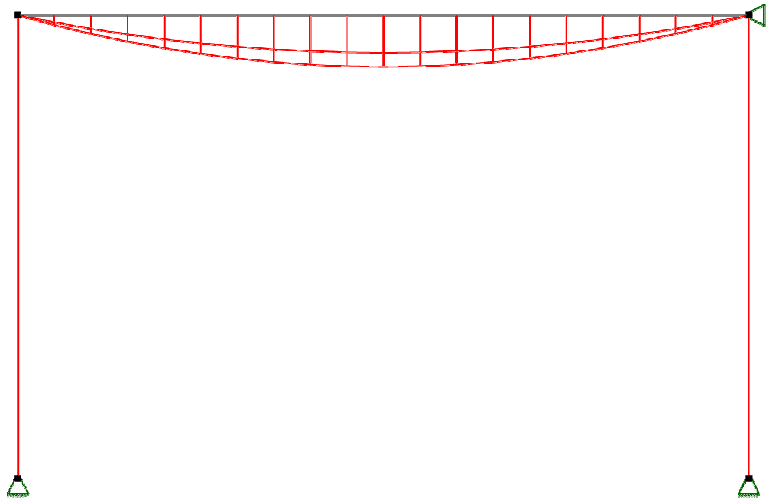
## 2.4. RESULTATER GRAFISK

### 2.4.1. Forskyvning



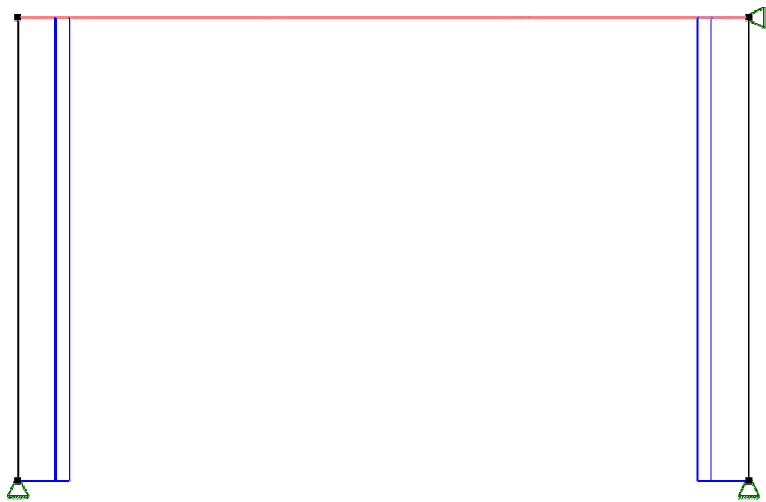
Største forskyvning: 32,3 mm

### 2.4.2. Moment - segmenter



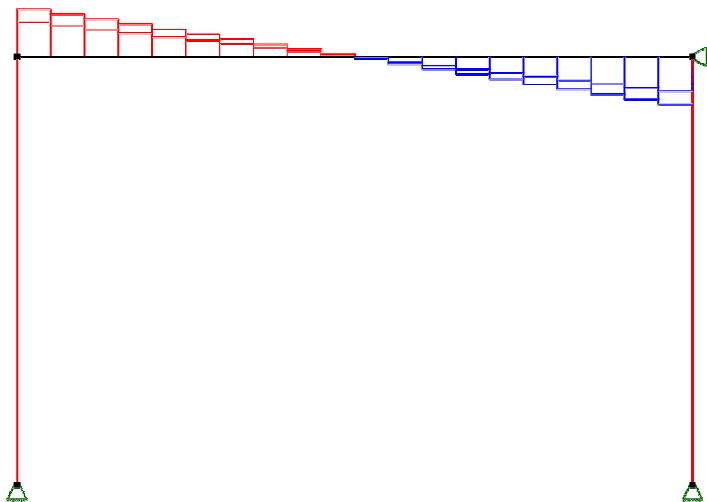
Største moment: -1006,54 kN·m

#### 2.4.3. Aksialkraft - segmenter



Største aksialkraft: -286,32 kN

#### 2.4.4. Skjærkraft - segmenter



Største skjærkraft: 269,35 kN

### 3. KAPASITETSKONTROLL

#### 3.1. EN 1995 UTNYTTELSESGRAD



Seg. nr	Snitt [mm]	Bøy/Aks	Skjær/Tor	Tv.str	Info
1	9000	0,26(3)	0,00(1)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.35)
2	9000	0,26(3)	0,00(1)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.35)
3	0	0,00(3)	0,61(3)		EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V_z
	1420	0,32(3)	0,55(3)		EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V_z
	2840	0,56(3)	0,42(3)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	4260	0,74(3)	0,29(3)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	5680	0,85(3)	0,16(3)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	7100	0,88(3)	0,03(3)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	8520	0,85(3)	0,10(3)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	9940	0,74(3)	0,23(3)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	11360	0,56(3)	0,35(3)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	12780	0,32(3)	0,48(3)		EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V_z
	14200	0,00(9)	0,61(3)		EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V_z

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

### 3.2. KAPASITETSKART



Største kapasitetsutnyttelse: 88,13 % (EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33))

Vedlegg 7

Fagverk - Brann

**Focus Konstruksjon 2022**

## INNHALDSFORTEGNELSE

0. SAMMENDRAG .....	3
1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER .....	3
1.1. KNOTEPUNKTSDATA .....	4
1.2. TVERRSNITTSDATA .....	4
1.2.1. Segmenter .....	4
1.3. MATERIALDATA .....	5
1.4. SEGMENTDATA .....	5
1.4.1. Segmentdata EN 1995 .....	6
1.5. RANDBETINGELSER .....	6
1.5.1 Punktrandbetingelser .....	6
1.6. PUNKTLEDD .....	6
1.7. LASTTILFELLER .....	7
1.7.1 Lasttilfeller .....	7
1.8. LASTKOMBINASJON .....	8
1.9. ANALYSEINFORMASJON .....	9
2. BEREGNINGER .....	9
2.1. KNOTEPUNKTSRESULTATER .....	9
2.1.1. Forskyvninger .....	9
2.1.2. Residualkrefter .....	10
2.2. OPPLÈGGSKREFTER .....	10
2.3. SEGMENTRESULTATER .....	11
2.3.1. Forskyvninger .....	11
2.3.2. Krefter .....	14
2.4. RESULTATER GRAFISK .....	18
2.4.1. Forskyvning .....	18
2.4.2. Moment - segmenter .....	18
2.4.3. Aksialkraft - segmenter .....	18
2.4.4. Skjærkraft - segmenter .....	19
3. KAPASITETSKONTROLL .....	19
3.1. EN 1995 UTNYTTELSESGRAD .....	19
3.2. KAPASITETSKART .....	24

---

## 0. SAMMENDRAG

---

### Modell

Antall segmenter: 19

Antall knutepunkt: 17

### Analyse

Antall lastkombinasjoner (krefter): 3

Antall lastkombinasjoner (forskyvninger): 3

### Forskyvning / snittkrefter

Største forskyvning: 28,0 mm (Segmentnr. 21)

Største N: 199,68 kN (Segmentnr. 2)

Største V: -12,52 kN (Segmentnr. 21)

Største M: -5,83 kN·m (Segmentnr. 21)

### Verste lastkombinasjon

for forskyvning: (4) Bruks Kar

for N: (11) Brann (600 [°C]) : 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast + 0,20·Generert vindlast 1 + 0,20·Generert vindlast 2 + 0,20·Snølast

for V: (11) Brann (600 [°C]) : 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast + 0,20·Generert vindlast 1 + 0,20·Generert vindlast 2 + 0,20·Snølast

for M: (11) Brann (600 [°C]) : 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast + 0,20·Generert vindlast 1 + 0,20·Generert vindlast 2 + 0,20·Snølast

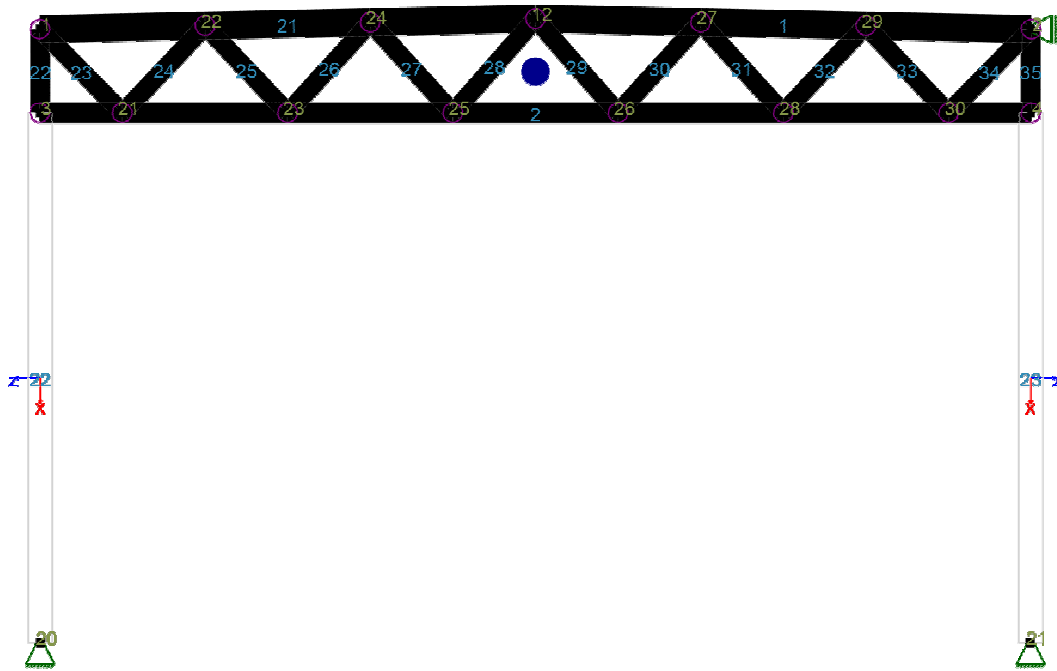
### Kapasitet

Største kapasitetsutnyttelse: 90,51 %

Info: EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)

## 1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER

---



### 1.1. KNOTEPUNKTSDATA

Nr.	X [mm]	Z [mm]
1	0	1300
2	14200	1300
20	0	-7500
21	14200	-7500

### 1.2. TVERRSNITTSDATA

#### 1.2.1. Segmenter

Nr.	Navn	Parametre										
1	Limtre 155x260	<table> <tr> <td>A [mm<sup>2</sup>]</td> <td>40300</td> </tr> <tr> <td>I<sub>x</sub> [mm<sup>4</sup>]</td> <td>2,0152e+008</td> </tr> <tr> <td>I<sub>y</sub> [mm<sup>4</sup>]</td> <td>2,2702e+008</td> </tr> <tr> <td>I<sub>z</sub> [mm<sup>4</sup>]</td> <td>8,0684e+007</td> </tr> <tr> <td>Total vekt [kN]</td> <td>3,96</td> </tr> </table>	A [mm <sup>2</sup> ]	40300	I <sub>x</sub> [mm <sup>4</sup> ]	2,0152e+008	I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ]	2,2702e+008	I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ]	8,0684e+007	Total vekt [kN]	3,96
A [mm <sup>2</sup> ]	40300											
I <sub>x</sub> [mm <sup>4</sup> ]	2,0152e+008											
I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ]	2,2702e+008											
I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ]	8,0684e+007											
Total vekt [kN]	3,96											
2	Limtre 200x300	<table> <tr> <td>A [mm<sup>2</sup>]</td> <td>60000</td> </tr> <tr> <td>I<sub>x</sub> [mm<sup>4</sup>]</td> <td>4,6400e+008</td> </tr> <tr> <td>I<sub>y</sub> [mm<sup>4</sup>]</td> <td>4,5000e+008</td> </tr> <tr> <td>I<sub>z</sub> [mm<sup>4</sup>]</td> <td>2,0000e+008</td> </tr> <tr> <td>Total vekt [kN]</td> <td>3,59</td> </tr> </table>	A [mm <sup>2</sup> ]	60000	I <sub>x</sub> [mm <sup>4</sup> ]	4,6400e+008	I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ]	4,5000e+008	I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ]	2,0000e+008	Total vekt [kN]	3,59
A [mm <sup>2</sup> ]	60000											
I <sub>x</sub> [mm <sup>4</sup> ]	4,6400e+008											
I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ]	4,5000e+008											
I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ]	2,0000e+008											
Total vekt [kN]	3,59											

3	Limtre 200x400	A [mm <sup>2</sup> ]	80000
		Ix [mm <sup>4</sup> ]	7,3067e+008
		Iy [mm <sup>4</sup> ]	1,0667e+009
		Iz [mm <sup>4</sup> ]	2,6667e+008
		Total vekt [kN]	4,79
4	Limtre 350x350	A [mm <sup>2</sup> ]	122500
		Ix [mm <sup>4</sup> ]	1,8508e+009
		Iy [mm <sup>4</sup> ]	1,2505e+009
		Iz [mm <sup>4</sup> ]	1,2505e+009
		Total vekt [kN]	7,85

### 1.3. MATERIALDATA

<b>1 GL30c, Limtre</b>	Material: Limtre
Varmeutv.koeff.: 5,00e-006 °C <sup>-1</sup>	
Fasthetsklasse: GL30c	Lamelltykkelse: 45,0 mm
Tyngdetetthet: 4,22 kN/m <sup>3</sup>	
Sprekkfaktor k <sub>cr</sub> : 0,80	Total vekt: 20,20 kN
Karakteristiske fasthetsparametre:	
f <sub>mk</sub> = 30,00 N/mm <sup>2</sup>	f <sub>vk</sub> = 3,50 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>t0k</sub> = 19,50 N/mm <sup>2</sup>	f <sub>c0k</sub> = 24,50 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>t90k</sub> = 0,50 N/mm <sup>2</sup>	f <sub>c90k</sub> = 2,50 N/mm <sup>2</sup>

### 1.4. SEGMENTDATA

Seg Nr.	Kn.pkt 1	Kn.pkt 2	Tvsn 1	Tvsn 2	Material	Type / Form	Rot. [°]	Uend.stiv?
22	3	20	Limtre 350x350	Limtre 350x350	GL30c, Limtre	Stav		Nei
23	4	21	Limtre 350x350	Limtre 350x350	GL30c, Limtre	Stav		Nei
1	12	2	Limtre 200x400	Limtre 200x400	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
2	3	4	Limtre 200x300	Limtre 200x300	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
21	1	12	Limtre 200x400	Limtre 200x400	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
22	1	3	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
23	1	21	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
24	21	22	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
25	22	23	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
26	23	24	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
27	24	25	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
28	25	12	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
29	12	26	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
30	26	27	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
31	27	28	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
32	28	29	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
33	29	30	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
34	30	2	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
35	2	4	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei

## 1.4.1. Segmentdata EN 1995

Seg. nr	Mat.faktor Gamma_M	Klima- klasse	k_sys	L_ky [mm]	L_kz [mm]	L_ef [mm]	Stivhetsparametre [N/mm <sup>2</sup> ]	
22	1,00	1	1,00	7600	7600	7600	E = 1,2420e+004	G = 6,2100e+002
23	1,00	1	1,00	7600	7600	7600	E = 1,2420e+004	G = 6,2100e+002
1	1,00	1	1,00	2130	710	710	E = 1,2420e+004	G = 6,2100e+002
2	1,00	1	1,00	2367	14200	12780	E = 1,2420e+004	G = 6,2100e+002
21	1,00	1	1,00	2130	710	710	E = 1,2420e+004	G = 6,2100e+002
22	1,00	1	1,00	1200	1200	1200	E = 1,2420e+004	G = 6,2100e+002
23	1,00	1	1,00	1685	1685	1685	E = 1,2420e+004	G = 6,2100e+002
24	1,00	1	1,00	1721	1721	1721	E = 1,2420e+004	G = 6,2100e+002
25	1,00	1	1,00	1721	1721	1721	E = 1,2420e+004	G = 6,2100e+002
26	1,00	1	1,00	1758	1758	1758	E = 1,2420e+004	G = 6,2100e+002
27	1,00	1	1,00	1758	1758	1758	E = 1,2420e+004	G = 6,2100e+002
28	1,00	1	1,00	1795	1795	1795	E = 1,2420e+004	G = 6,2100e+002
29	1,00	1	1,00	1795	1795	1795	E = 1,2420e+004	G = 6,2100e+002
30	1,00	1	1,00	1758	1758	1758	E = 1,2420e+004	G = 6,2100e+002
31	1,00	1	1,00	1758	1758	1758	E = 1,2420e+004	G = 6,2100e+002
32	1,00	1	1,00	1721	1721	1721	E = 1,2420e+004	G = 6,2100e+002
33	1,00	1	1,00	1721	1721	1721	E = 1,2420e+004	G = 6,2100e+002
34	1,00	1	1,00	1685	1685	1685	E = 1,2420e+004	G = 6,2100e+002
35	1,00	1	1,00	1200	1200	1200	E = 1,2420e+004	G = 6,2100e+002

## 1.5. RANDBETINGELSER

## 1.5.1 Punktrandbetingelser

Nr.	X [mm]	Z [mm]	Frih.gr.		RotY	X-vektor	Z-vektor
			X	Z			
22 (Seg)	0	-7500	F	F		[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]
23 (Seg)	14200	-7500	F	F		[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]
1 (Seg)	14200	1300	F			[-1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]

Forklaring til frihetsgrader: F = fastholdt, (blank) = fri

Tall betyr foreskrevet forskyvning [mm]

## 1.6. PUNKTLEDD

Kn.pkt Nr.	Frikoblede frihetsgrader	X-vektor	Z-vektor	Tilknyttet
1	RotY	[1,00; 0,02]	[-0,02; 1,00]	23(Seg.)
1	RotY	[1,00; 0,02]	[-0,02; 1,00]	22(Seg.)
2	RotY	[1,00; -0,02]	[0,02; 1,00]	34(Seg.)
2	RotY	[1,00; -0,02]	[0,02; 1,00]	35(Seg.)
3	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	22(Seg.)

4	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	35(Seg.)
12	RotY	[1,00; 0,02]	[-0,02; 1,00]	28(Seg.)
12	RotY	[1,00; 0,02]	[-0,02; 1,00]	29(Seg.)
21	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	23(Seg.)
21	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	24(Seg.)
22	RotY	[1,00; 0,02]	[-0,02; 1,00]	24(Seg.)
22	RotY	[1,00; 0,02]	[-0,02; 1,00]	25(Seg.)
23	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	25(Seg.)
23	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	26(Seg.)
24	RotY	[1,00; 0,02]	[-0,02; 1,00]	26(Seg.)
24	RotY	[1,00; 0,02]	[-0,02; 1,00]	27(Seg.)
25	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	27(Seg.)
25	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	28(Seg.)
26	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	29(Seg.)
26	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	30(Seg.)
27	RotY	[1,00; -0,02]	[0,02; 1,00]	30(Seg.)
27	RotY	[1,00; -0,02]	[0,02; 1,00]	31(Seg.)
28	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	31(Seg.)
28	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	32(Seg.)
29	RotY	[1,00; -0,02]	[0,02; 1,00]	32(Seg.)
29	RotY	[1,00; -0,02]	[0,02; 1,00]	33(Seg.)
30	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	33(Seg.)
30	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	34(Seg.)

## 1.7. LASTTILFELLER

### 1.7.1 Lasttilfeller

#### 4 Egenlast

Lasttype:	Permanent last		
Lastvarighet:	Permanent		
1 Linjelast	P1 = 6,00 kN/m		
	X1 = 0 mm	Z1 = 1300 mm	
	P2 = 6,00 kN/m		
	X2 = 7100 mm	Z2 = 1450 mm	
	Retning = [0; -1]		
	Offset ende 1:	Z = 100 mm	
	Offset ende 2:	Z = 100 mm	
	Virker på segment: 21		
	Inkluder masse: Nei		
2 Linjelast	P1 = 6,00 kN/m		
	X1 = 7100 mm	Z1 = 1450 mm	
	P2 = 6,00 kN/m		
	X2 = 14200 mm	Z2 = 1300 mm	
	Retning = [0; -1]		
	Offset ende 1:	Z = 100 mm	
	Offset ende 2:	Z = 100 mm	
	Virker på segment: 1		
	Inkluder masse: Nei		

#### 5 Snølast

Lasttype:	Snølast: Norge, Island, Finland, Sverige
Lastvarighet:	Halvårslast



1 Linjelast	P1 = 19,30 kN/m X1 = 0 mm P2 = 19,30 kN/m X2 = 7100 mm Retning = [0; -1] Offset ende 1: Offset ende 2: Virker på segment: 21 Inkluder masse: Nei	Z1 = 1300 mm Z2 = 1450 mm Z = 1300 mm Z = 1300 mm
2 Linjelast	P1 = 19,30 kN/m X1 = 7100 mm P2 = 19,30 kN/m X2 = 14200 mm Retning = [0; -1] Offset ende 1: Offset ende 2: Virker på segment: 1 Inkluder masse: Nei	Z1 = 1450 mm Z2 = 1300 mm Z = 1300 mm Z = 1300 mm

## 6 Vindlast

Lasttype:	Vindlast	
Lastvarighet:	Korttidslast	
1 Linjelast	P1 = 2,40 kN/m X1 = 0 mm P2 = 2,40 kN/m X2 = 7100 mm Retning = [0; -1] Offset ende 1: Offset ende 2: Virker på segment: 21 Inkluder masse: Nei	Z1 = 1300 mm Z2 = 1450 mm Z = 3000 mm Z = 3000 mm
2 Linjelast	P1 = 2,40 kN/m X1 = 7100 mm P2 = 2,40 kN/m X2 = 14200 mm Retning = [0; -1] Offset ende 1: Offset ende 2: Virker på segment: 1 Inkluder masse: Nei	Z1 = 1450 mm Z2 = 1300 mm Z = 3000 mm Z = 3000 mm

## 1.8. LASTKOMBINASJON

Forskyvninger beregnet for alle lastkombinasjoner bestående av:

- (4) Bruks Kar
- |                 |  |
|-----------------|--|
| Grensetilstand: | Bruks  |
| Lasttilfeller:  | 1,00 * <Konstruksjonens tyngde><br>1,00 * Egenlast<br>1,00 * Nyttelast<br>1,00 * Snølast (Dominerende) |
- (5) Bruks ofte forek
- |                 |  |
|-----------------|--|
| Grensetilstand: | Bruks  |
| Lasttilfeller:  | 1,00 * <Konstruksjonens tyngde><br>1,00 * Egenlast<br>0,70 * Nyttelast<br>0,50 * Snølast (Dominerende) |
- (6) Bruks tilnærmet perm
- |                 |       |
|-----------------|-------|
| Grensetilstand: | Bruks |
|-----------------|-------|

Lasttilfeller: 1,00 \* <Konstruksjonens tyngde>  
 1,00 \* Egenlast  
 0,60 \* Nyttelast  
 0,20 \* Snølast (Dominerende)

Snittkrefter beregnet for alle lastkombinasjoner bestående av:

- (10) Brann (600 [°C]) : 1,00·<kt>  
 + 1,00·Egenlast  
 Grensetilstand: Brann  
 Temperatur: 600 °C  
 Forkullingsdybde: 49,0 mm  
 Lasttilfeller: 1,00 \* <Konstruksjonens tyngde>  
 1,00 \* Egenlast
- (11) Brann (600 [°C]) : 1,00·<kt>  
 + 1,00·Egenlast +  
 0,20·Generert vindlast 1 +  
 0,20·Generert vindlast 2 +  
 0,20·Snølast  
 Grensetilstand: Brann  
 Temperatur: 600 °C  
 Forkullingsdybde: 49,0 mm  
 Lasttilfeller: 1,00 \* <Konstruksjonens tyngde>  
 1,00 \* Egenlast  
 0,20 \* Generert vindlast 1  
 0,20 \* Generert vindlast 2  
 0,20 \* Snølast (Dominerende)
- (12) Brann (600 [°C]) : 1,00·<kt>  
 + 1,00·Egenlast +  
 0,00·Generert vindlast 1 +  
 0,00·Generert vindlast 2 +  
 0,00·Snølast  
 Grensetilstand: Brann  
 Temperatur: 600 °C  
 Forkullingsdybde: 49,0 mm  
 Lasttilfeller: 1,00 \* <Konstruksjonens tyngde>  
 1,00 \* Egenlast  
 0,00 \* Generert vindlast 1  
 0,00 \* Generert vindlast 2  
 0,00 \* Snølast (Dominerende)

## 1.9. ANALYSEINFORMASJON

Inkluder skjærdeformasjoner: Ja

## 2. BEREGNINGER

### 2.1. KNOTEPUNKTSRESULTATER

#### 2.1.1. Forskyvninger

Nr.	u [mm]	w [mm]	rotY [°]
1	4,5(4)	-0,8(6)	0,4(4) max
	2,1(6)	-1,6(4)	0,2(6) min

1	4,5(4)	-0,8(6)	0,3(4) max
	2,1(6)	-1,6(4)	0,1(6) min
1	4,5(4)	-0,8(6)	0,3(4) max
	2,1(6)	-1,6(4)	0,1(6) min
2	0,0(4)	-0,8(6)	-0,2(6) max
	0,0(4)	-1,6(4)	-0,4(4) min
2	0,0(4)	-0,8(6)	-0,1(6) max
	0,0(4)	-1,6(4)	-0,3(4) min
2	0,0(4)	-0,8(6)	-0,1(6) max
	0,0(4)	-1,6(4)	-0,3(4) min
20	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) max
	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) min
21	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) max
	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

### 2.1.2. Residualkrefter

Nr.	Rx [kN]	Rz [kN]	RMy [kN·m]
1	61,80(11)	12,34(11)	0,00(11) max
	39,65(10)	7,66(10)	0,00(10) min
1	-39,65(10)	62,80(11)	0,00(10) max
	-61,80(11)	40,35(10)	0,00(11) min
1	0,00(10)	-48,01(10)	0,00(10) max
	0,00(11)	-75,14(11)	0,00(11) min
2	-39,65(10)	12,34(11)	0,00(10) max
	-61,80(11)	7,66(10)	0,00(11) min
2	61,80(11)	62,80(11)	0,00(11) max
	39,65(10)	40,35(10)	0,00(10) min
2	0,00(10)	-48,01(10)	0,00(10) max
	0,00(11)	-75,14(11)	0,00(10) min
20	0,00(10)	80,12(11)	0,00(10) max
	0,00(10)	52,71(10)	0,00(10) min
21	0,00(10)	80,12(11)	0,00(10) max
	0,00(10)	52,71(10)	0,00(10) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

### 2.2. OPPLEGGSKREFTER

Nr.	X [mm]	Z [mm]	Rx [kN]	Rz [kN]	RMy [kN·m]
22 (Seg)	0	-7500	0,00(12)	80,12(11)	0,00(12) max
			0,00(10)	52,71(10)	0,00(10) min
23 (Seg)	14200	-7500	0,00(12)	80,12(11)	0,00(12) max
			0,00(10)	52,71(10)	0,00(10) min
1 (Seg)	14200	1300	0,00(12)	0,00(11)	0,00(11) max

0,00(11) 0,00(10) 0,00(10) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

## 2.3. SEGMENTRESULTATER

## 2.3.1. Forskyvninger

Seg Nr.	Snitt mm	u [mm]	w [mm]	rotY [°]	
22	0	-0,7(6)	-0,5(6)	0,4(4) max	
	0	-1,5(4)	-1,1(4)	0,2(6) min	
	7600	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) max	
	7600	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) min	
23	0	5,9(4)	-0,5(6)	-0,2(6) max	
	0	2,8(6)	-1,1(4)	-0,4(4) min	
	7600	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) max	
	7600	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) min	
1	0	2,2(4)	-13,0(6)	0,0(6) max	
	0	1,1(6)	-27,6(4)	0,0(4) min	
	118	2,2(4)	-13,0(6)	0,0(6) max	
	118	1,0(6)	-27,7(4)	0,0(4) min	
	592	1,9(4)	-13,1(6)	0,0(6) max	
	592	0,9(6)	-27,9(4)	0,0(4) min	
	7102	0,0(4)	-0,8(6)	-0,2(6) max	
	7102	0,0(4)	-1,6(4)	-0,4(4) min	
2	0	-0,7(6)	-0,5(6)	0,4(4) max	
	0	-1,5(4)	-1,1(4)	0,2(6) min	
	59	-0,7(6)	-0,7(6)	0,4(4) max	
	59	-1,5(4)	-1,5(4)	0,2(6) min	
	7100	2,2(4)	-12,9(6)	0,0(6) max	
	7100	1,1(6)	-27,5(4)	0,0(4) min	
	14023	5,9(4)	-1,1(6)	-0,2(6) max	
	14023	2,8(6)	-2,3(4)	-0,4(4) min	
	14200	5,9(4)	-0,5(6)	-0,2(6) max	
	14200	2,8(6)	-1,1(4)	-0,4(4) min	
	21	0	4,5(4)	-0,8(6)	0,4(4) max
		0	2,1(6)	-1,6(4)	0,2(6) min
118		4,5(4)	-1,2(6)	0,4(4) max	
118		2,1(6)	-2,6(4)	0,2(6) min	
6510		2,6(4)	-13,1(6)	0,0(4) max	
6510		1,2(6)	-27,9(4)	0,0(6) min	
7102		2,2(4)	-13,0(6)	0,0(6) max	

	7102	1,1(6)	-27,6(4)	0,0(4) min
22	0	4,5(4)	-0,8(6)	0,3(4) max
	0	2,1(6)	-1,6(4)	0,1(6) min
	60	4,2(4)	-0,8(6)	0,3(4) max
	60	2,0(6)	-1,6(4)	0,1(6) min
	1200	-0,7(6)	-0,5(6)	0,3(4) max
	1200	-1,5(4)	-1,1(4)	0,1(6) min
23	0	4,5(4)	-0,8(6)	0,3(4) max
	0	2,1(6)	-1,6(4)	0,1(6) min
	84	4,2(4)	-0,9(6)	0,3(4) max
	84	2,0(6)	-2,0(4)	0,1(6) min
	1685	-0,7(6)	-4,1(6)	0,3(4) max
	1685	-1,5(4)	-8,7(4)	0,1(6) min
24	0	-0,7(6)	-4,1(6)	0,3(4) max
	0	-1,5(4)	-8,7(4)	0,1(6) min
	86	-0,5(6)	-4,2(6)	0,3(4) max
	86	-1,2(4)	-9,0(4)	0,1(6) min
	1721	4,3(4)	-7,2(6)	0,3(4) max
	1721	2,0(6)	-15,3(4)	0,1(6) min
25	0	4,3(4)	-7,2(6)	0,2(4) max
	0	2,0(6)	-15,3(4)	0,1(6) min
	86	4,1(4)	-7,3(6)	0,2(4) max
	86	1,9(6)	-15,6(4)	0,1(6) min
	1721	-0,2(6)	-9,6(6)	0,2(4) max
	1721	-0,4(4)	-20,4(4)	0,1(6) min
26	0	-0,2(6)	-9,6(6)	0,2(4) max
	0	-0,4(4)	-20,4(4)	0,1(6) min
	88	-0,1(6)	-9,7(6)	0,2(4) max
	88	-0,2(4)	-20,6(4)	0,1(6) min
	1758	3,5(4)	-11,5(6)	0,2(4) max
	1758	1,6(6)	-24,5(4)	0,1(6) min
27	0	3,5(4)	-11,5(6)	0,1(4) max
	0	1,6(6)	-24,5(4)	0,0(6) min
	88	3,4(4)	-11,6(6)	0,1(4) max
	88	1,6(6)	-24,6(4)	0,0(6) min
	1758	1,3(4)	-12,5(6)	0,1(4) max
	1758	0,6(6)	-26,7(4)	0,0(6) min
28	0	1,3(4)	-12,5(6)	0,0(4) max
	0	0,6(6)	-26,7(4)	0,0(6) min

	90	1,4(4)	-12,6(6)	0,0(4) max
	90	0,6(6)	-26,7(4)	0,0(6) min
	1795	2,2(4)	-13,0(6)	0,0(4) max
	1795	1,1(6)	-27,6(4)	0,0(6) min
29	0	2,2(4)	-13,0(6)	0,0(6) max
	0	1,1(6)	-27,6(4)	0,0(4) min
	90	2,3(4)	-13,0(6)	0,0(6) max
	90	1,1(6)	-27,6(4)	0,0(4) min
	1795	3,1(4)	-12,5(6)	0,0(6) max
	1795	1,5(6)	-26,7(4)	0,0(4) min
30	0	3,1(4)	-12,5(6)	0,0(6) max
	0	1,5(6)	-26,7(4)	-0,1(4) min
	88	3,0(4)	-12,5(6)	0,0(6) max
	88	1,4(6)	-26,6(4)	-0,1(4) min
	1758	1,0(4)	-11,5(6)	0,0(6) max
	1758	0,5(6)	-24,5(4)	-0,1(4) min
31	0	1,0(4)	-11,5(6)	-0,1(6) max
	0	0,5(6)	-24,5(4)	-0,2(4) min
	88	1,2(4)	-11,4(6)	-0,1(6) max
	88	0,6(6)	-24,3(4)	-0,2(4) min
	1758	4,8(4)	-9,6(6)	-0,1(6) max
	1758	2,3(6)	-20,4(4)	-0,2(4) min
32	0	4,8(4)	-9,6(6)	-0,1(6) max
	0	2,3(6)	-20,4(4)	-0,2(4) min
	86	4,6(4)	-9,5(6)	-0,1(6) max
	86	2,2(6)	-20,2(4)	-0,2(4) min
	1721	0,1(4)	-7,2(6)	-0,1(6) max
	1721	0,1(6)	-15,3(4)	-0,2(4) min
33	0	0,1(4)	-7,2(6)	-0,1(6) max
	0	0,1(6)	-15,3(4)	-0,3(4) min
	86	0,4(4)	-7,1(6)	-0,1(6) max
	86	0,2(6)	-15,0(4)	-0,3(4) min
	1721	5,9(4)	-4,1(6)	-0,1(6) max
	1721	2,8(6)	-8,7(4)	-0,3(4) min
34	0	5,9(4)	-4,1(6)	-0,1(6) max
	0	2,8(6)	-8,7(4)	-0,3(4) min
	84	5,6(4)	-3,9(6)	-0,1(6) max
	84	2,6(6)	-8,3(4)	-0,3(4) min
	1685	0,0(4)	-0,8(6)	-0,1(6) max
	1685	0,0(4)	-1,6(4)	-0,3(4) min

35	0	0,0(4)	-0,8(6)	-0,1(6) max
	0	0,0(4)	-1,6(4)	-0,3(4) min
	60	0,3(4)	-0,8(6)	-0,1(6) max
	60	0,1(6)	-1,6(4)	-0,3(4) min
	1200	5,9(4)	-0,5(6)	-0,1(6) max
	1200	2,8(6)	-1,1(4)	-0,3(4) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

### 2.3.2. Krefter

Seg Nr.	Snitt mm	N [kN]	Vz [kN]	My [kN·m]
22	0	-50,74(10)	0,00(10)	0,00(10) max
	0	-78,16(11)	0,00(10)	0,00(10) min
	7600	-50,74(10)	0,00(10)	0,00(10) max
	7600	-78,16(11)	0,00(10)	0,00(10) min
23	0	-50,74(10)	0,00(10)	0,00(10) max
	0	-78,16(11)	0,00(10)	0,00(10) min
	7600	-50,74(10)	0,00(10)	0,00(10) max
	7600	-78,16(11)	0,00(10)	0,00(10) min
1	0	-123,24(10)	11,58(11)	1,66(11) max
	0	-192,23(11)	7,25(10)	0,96(10) min
	1184	-123,39(10)	0,13(10)	-3,65(10) max
	1184	-192,47(11)	0,12(11)	-5,75(11) min
	2249	-123,53(10)	-6,62(10)	-0,20(10) max
	2249	-192,70(11)	-10,75(11)	-0,22(11) min
	4616	-98,68(10)	-7,20(10)	1,33(11) max
	4616	-153,99(11)	-11,68(11)	0,78(10) min
	4853	-39,50(10)	11,91(11)	1,27(11) max
	4853	-61,56(11)	7,44(10)	0,74(10) min
	6036	-39,66(10)	-0,06(10)	-3,64(10) max
	6036	-61,81(11)	-0,16(11)	-5,82(11) min
	7102	-39,80(10)	-6,43(10)	0,01(11) max
	7102	-62,03(11)	-10,41(11)	0,00(10) min
2	0	0,00(10)	0,85(11)	0,00(10) max
	0	0,00(10)	0,57(10)	0,00(11) min
	59	0,00(10)	0,84(11)	-0,03(10) max
	59	0,00(11)	0,56(10)	-0,05(11) min
	7100	199,68(11)	0,00(10)	-0,72(10) max
	7100	127,90(10)	0,00(11)	-1,09(11) min
	8165	199,68(11)	-0,27(11)	-0,58(10) max
	8165	127,90(10)	-0,27(10)	-0,94(11) min

	14200	0,00(10)	-0,57(10)	0,00(10) max
	14200	0,00(11)	-0,85(11)	0,00(10) min
21	0	-39,80(10)	10,41(11)	0,01(11) max
	0	-62,03(11)	6,43(10)	0,00(10) min
	1065	-39,66(10)	0,16(11)	-3,64(10) max
	1065	-61,81(11)	0,06(10)	-5,82(11) min
	2249	-39,50(10)	-7,44(10)	1,27(11) max
	2249	-61,56(11)	-11,91(11)	0,74(10) min
	2486	-98,68(10)	11,68(11)	1,33(11) max
	2486	-153,99(11)	7,20(10)	0,78(10) min
	4853	-123,53(10)	10,75(11)	-0,20(10) max
	4853	-192,70(11)	6,62(10)	-0,22(11) min
	5918	-123,39(10)	-0,12(11)	-3,65(10) max
	5918	-192,47(11)	-0,13(10)	-5,75(11) min
	7102	-123,24(10)	-7,25(10)	1,66(11) max
	7102	-192,23(11)	-11,58(11)	0,96(10) min
22	0	-48,01(10)	0,00(10)	0,00(11) max
	0	-75,14(11)	0,00(11)	0,00(10) min
	1200	-48,20(10)	0,00(11)	0,00(10) max
	1200	-75,33(11)	0,00(10)	0,00(11) min
23	0	88,11(11)	0,10(10)	0,00(11) max
	0	56,57(10)	0,10(11)	0,00(10) min
	84	88,10(11)	0,09(10)	-0,01(11) max
	84	56,57(10)	0,09(11)	-0,01(10) min
	169	88,09(11)	0,08(10)	-0,02(11) max
	169	56,56(10)	0,08(11)	-0,02(10) min
	843	88,01(11)	0,00(10)	-0,04(11) max
	843	56,47(10)	0,00(11)	-0,04(10) min
	1685	87,91(11)	-0,10(10)	0,00(10) max
	1685	56,38(10)	-0,10(11)	0,00(11) min
24	0	-55,08(10)	0,10(11)	0,00(10) max
	0	-86,39(11)	0,10(10)	0,00(11) min
	86	-55,08(10)	0,09(11)	-0,01(10) max
	86	-86,39(11)	0,09(10)	-0,01(11) min
	861	-54,98(10)	0,00(11)	-0,04(11) max
	861	-86,29(11)	0,00(10)	-0,04(10) min
	1721	-54,88(10)	-0,10(11)	0,00(11) max
	1721	-86,19(11)	-0,10(10)	0,00(10) min
25	0	47,50(11)	0,10(11)	0,00(10) max
	0	30,73(10)	0,10(10)	0,00(11) min
	86	47,49(11)	0,09(11)	-0,01(10) max



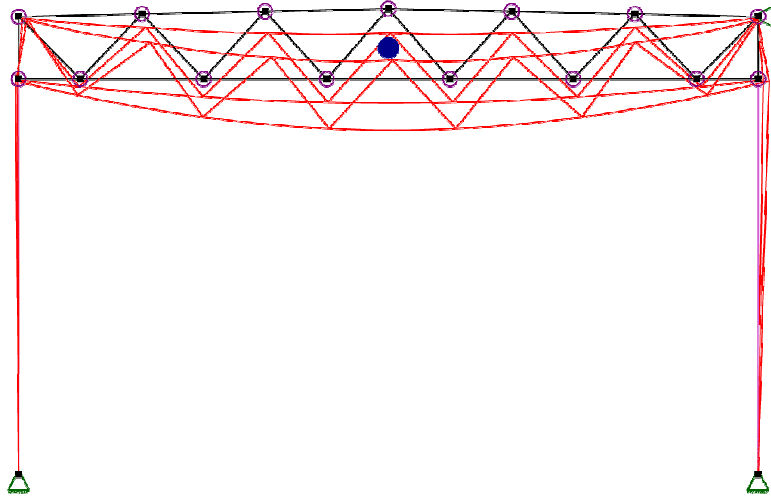
	86	30,72(10)	0,09(10)	-0,01(11) min
	861	47,40(11)	0,00(10)	-0,04(10) max
	861	30,63(10)	0,00(11)	-0,04(11) min
	1721	47,30(11)	-0,10(11)	0,00(10) max
	1721	30,53(10)	-0,10(10)	0,00(10) min
26	0	-28,88(10)	0,10(10)	0,00(11) max
	0	-45,31(11)	0,10(11)	0,00(10) min
	88	-28,87(10)	0,09(10)	-0,01(11) max
	88	-45,31(11)	0,09(11)	-0,01(10) min
	879	-28,77(10)	0,00(11)	-0,04(11) max
	879	-45,21(11)	0,00(10)	-0,04(10) min
	1758	-28,67(10)	-0,10(11)	0,00(11) max
	1758	-45,10(11)	-0,10(10)	0,00(10) min
27	0	12,42(11)	0,10(10)	0,00(10) max
	0	8,26(10)	0,10(11)	0,00(11) min
	88	12,42(11)	0,09(10)	-0,01(11) max
	88	8,26(10)	0,09(11)	-0,01(10) min
	879	12,32(11)	0,00(11)	-0,04(11) max
	879	8,16(10)	0,00(10)	-0,04(10) min
	1758	12,21(11)	-0,10(10)	0,00(10) max
	1758	8,05(10)	-0,10(11)	0,00(11) min
28	0	-6,99(10)	0,10(11)	0,00(11) max
	0	-11,11(11)	0,10(10)	0,00(10) min
	90	-6,98(10)	0,09(11)	-0,01(10) max
	90	-11,10(11)	0,09(10)	-0,01(11) min
	180	-6,97(10)	0,08(11)	-0,02(10) max
	180	-11,09(11)	0,08(10)	-0,02(11) min
	898	-6,88(10)	0,00(10)	-0,05(10) max
	898	-11,00(11)	0,00(11)	-0,05(11) min
	1795	-6,77(10)	-0,10(10)	0,00(11) max
	1795	-10,89(11)	-0,10(11)	0,00(10) min
29	0	-6,77(10)	0,10(11)	0,00(11) max
	0	-10,89(11)	0,10(10)	0,00(10) min
	90	-6,78(10)	0,09(11)	-0,01(10) max
	90	-10,90(11)	0,09(10)	-0,01(11) min
	898	-6,88(10)	0,00(10)	-0,05(10) max
	898	-11,00(11)	0,00(11)	-0,05(11) min
	1795	-6,99(10)	-0,10(11)	0,00(11) max
	1795	-11,11(11)	-0,10(10)	0,00(10) min
30	0	12,21(11)	0,10(10)	0,00(11) max
	0	8,05(10)	0,10(11)	0,00(10) min

	88	12,22(11)	0,09(10)	-0,01(11) max
	88	8,06(10)	0,09(11)	-0,01(10) min
	879	12,32(11)	0,00(10)	-0,04(11) max
	879	8,16(10)	0,00(11)	-0,04(10) min
	1758	12,42(11)	-0,10(11)	0,00(10) max
	1758	8,26(10)	-0,10(10)	0,00(11) min
31	0	-28,67(10)	0,10(10)	0,00(11) max
	0	-45,10(11)	0,10(11)	0,00(10) min
	88	-28,67(10)	0,09(10)	-0,01(11) max
	88	-45,11(11)	0,09(11)	-0,01(10) min
	879	-28,77(10)	0,00(10)	-0,04(11) max
	879	-45,21(11)	0,00(11)	-0,04(10) min
	1758	-28,88(10)	-0,10(11)	0,00(10) max
	1758	-45,31(11)	-0,10(10)	0,00(11) min
32	0	47,30(11)	0,10(10)	0,00(11) max
	0	30,53(10)	0,10(11)	0,00(10) min
	86	47,30(11)	0,09(11)	-0,01(11) max
	86	30,53(10)	0,09(10)	-0,01(10) min
	861	47,40(11)	0,00(11)	-0,04(10) max
	861	30,63(10)	0,00(10)	-0,04(11) min
	1721	47,50(11)	-0,10(11)	0,00(10) max
	1721	30,73(10)	-0,10(10)	0,00(11) min
33	0	-54,88(10)	0,10(10)	0,00(10) max
	0	-86,19(11)	0,10(11)	0,00(11) min
	861	-54,98(10)	0,00(10)	-0,04(10) max
	861	-86,29(11)	0,00(11)	-0,04(11) min
	1721	-55,08(10)	-0,10(10)	0,00(10) max
	1721	-86,39(11)	-0,10(11)	0,00(11) min
34	0	87,91(11)	0,10(11)	0,00(10) max
	0	56,38(10)	0,10(10)	0,00(11) min
	843	88,01(11)	0,00(11)	-0,04(10) max
	843	56,47(10)	0,00(10)	-0,04(11) min
	1685	88,11(11)	-0,10(10)	0,00(11) max
	1685	56,57(10)	-0,10(11)	0,00(10) min
35	0	-48,01(10)	0,00(10)	0,00(10) max
	0	-75,14(11)	0,00(11)	0,00(10) min
	780	-48,13(10)	0,00(11)	0,00(11) max
	780	-75,27(11)	0,00(10)	0,00(10) min
	1200	-48,20(10)	0,00(11)	0,00(11) max
	1200	-75,33(11)	0,00(10)	0,00(10) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

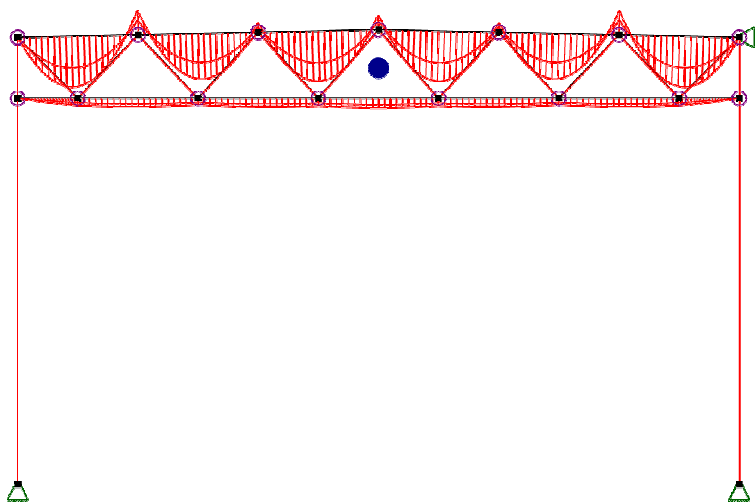
## 2.4. RESULTATER GRAFISK

### 2.4.1. Forskyvning



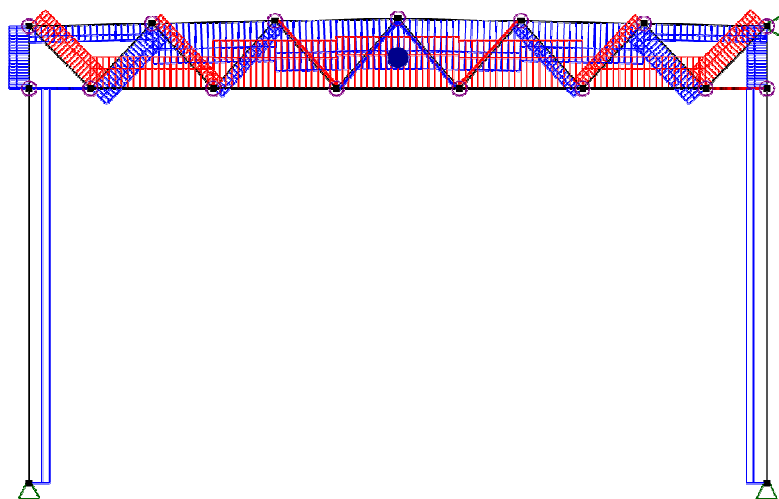
Største forskyvning: 28,0 mm

### 2.4.2. Moment - segmenter



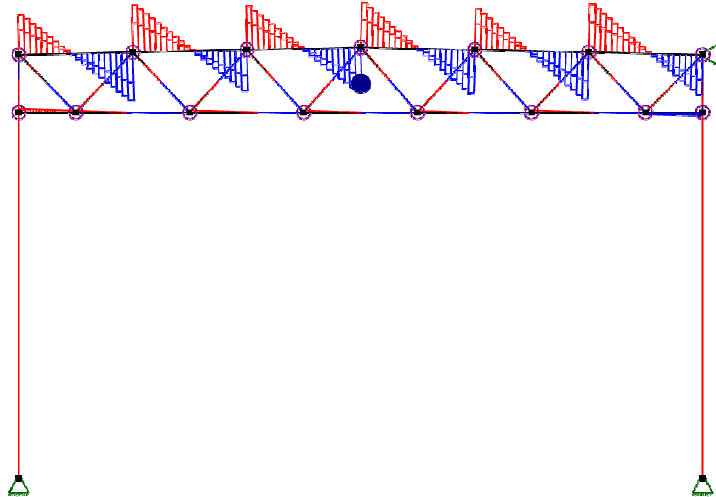
Største moment: -5,83 kN·m

### 2.4.3. Aksialkraft - segmenter



Største aksialkraft: 199,68 kN

## 2.4.4. Skjærkraft - segmenter



Største skjærkraft: -12,52 kN

## 3. KAPASITETSKONTROLL

## 3.1. EN 1995 UTNYTTELSESGRAD

Seg. nr	Snitt [mm]	Bøy/Aks	Skjær/Tor	Tv.str	Info
22	7600	0,12(11)	0,00(10)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.35)
23	7600	0,12(11)	0,00(10)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.35)
1	0	0,25(11)	0,18(11)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	710	0,30(11)	0,08(11)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1184	0,32(11)	0,01(11)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1420	0,32(11)	0,03(11)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2130	0,25(11)	0,14(11)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2841	0,23(11)	0,11(11)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3551	0,27(11)	0,00(11)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	4261	0,22(11)	0,11(11)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	4971	0,07(11)	0,17(11)		EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V <sub>z</sub>
	5681	0,16(11)	0,06(11)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	6391	0,16(11)	0,05(11)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	7102	0,07(11)	0,16(11)		EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V <sub>z</sub>
2	0	0,00(11)	0,02(11)		EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V <sub>z</sub>
	1420	0,27(11)	0,01(10)		EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	2840	0,27(11)	0,00(11)		EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	4260	0,40(11)	0,00(11)		EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	5680	0,40(11)	0,00(10)		EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	7100	0,43(11)	0,00(11)		EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	8520	0,40(11)	0,00(10)		EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	9940	0,40(11)	0,00(11)		EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)

	11360	0,27(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	12780	0,27(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	14200	0,00(11)	0,02(11)	EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V_z
21	0	0,07(11)	0,16(11)	EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V_z
	710	0,16(11)	0,07(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1420	0,16(11)	0,04(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2130	0,07(11)	0,15(11)	EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V_z
	2841	0,22(11)	0,13(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3551	0,27(11)	0,02(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	4261	0,23(11)	0,09(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	4971	0,25(11)	0,15(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	5681	0,32(11)	0,04(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	5918	0,32(11)	0,01(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	6391	0,30(11)	0,07(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	7102	0,25(11)	0,18(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
22	0	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	120	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	240	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	360	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	480	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	600	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	720	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	840	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	960	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1080	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1140	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1200	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
23	0	0,39(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	169	0,39(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	337	0,39(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	506	0,39(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	674	0,39(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	843	0,39(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1011	0,39(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1180	0,39(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1348	0,39(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1517	0,39(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1685	0,39(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
24	0	0,90(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	172	0,90(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	344	0,90(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	516	0,90(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)

	689	0,91(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	861	0,90(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1033	0,90(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1205	0,90(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1377	0,90(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1549	0,90(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1721	0,90(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
25	0	0,21(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	172	0,21(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	344	0,21(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	516	0,21(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	689	0,21(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	775	0,21(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	861	0,21(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1033	0,21(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1205	0,21(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1377	0,21(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1549	0,21(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1721	0,21(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
26	0	0,49(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	176	0,49(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	352	0,49(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	527	0,49(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	703	0,49(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	879	0,49(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1055	0,49(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1231	0,49(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1406	0,49(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1582	0,49(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1758	0,49(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.35)
27	0	0,05(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	176	0,06(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	352	0,06(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	527	0,06(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	703	0,06(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	791	0,06(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	879	0,06(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1055	0,06(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1231	0,06(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1406	0,06(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1582	0,06(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1758	0,05(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)

28	0	0,13(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	180	0,13(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	359	0,13(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	539	0,13(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	718	0,13(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	898	0,13(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1077	0,13(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1257	0,13(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1436	0,13(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1616	0,12(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1795	0,12(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
29	0	0,12(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	180	0,12(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	359	0,13(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	539	0,13(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	718	0,13(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	898	0,13(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1077	0,13(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1257	0,13(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1436	0,13(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1616	0,13(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1795	0,13(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.35)
30	0	0,05(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	176	0,06(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	352	0,06(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	527	0,06(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	703	0,06(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	879	0,06(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	967	0,06(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1055	0,06(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1231	0,06(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1406	0,06(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1582	0,06(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1758	0,05(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
31	0	0,49(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	176	0,49(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	352	0,49(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	527	0,49(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	703	0,49(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	879	0,49(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1055	0,49(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1231	0,49(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1406	0,49(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)

	1582	0,49(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1758	0,49(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
32	0	0,21(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	172	0,21(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	344	0,21(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	516	0,21(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	689	0,21(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	861	0,21(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	947	0,21(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1033	0,21(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1205	0,21(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1377	0,21(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1549	0,21(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1721	0,21(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
33	0	0,90(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	172	0,90(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	344	0,90(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	516	0,90(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	689	0,90(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	861	0,90(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1033	0,91(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1205	0,90(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1377	0,90(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1549	0,90(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1721	0,90(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
34	0	0,39(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	169	0,39(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	337	0,39(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	506	0,39(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	674	0,39(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	843	0,39(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1011	0,39(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1180	0,39(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1348	0,39(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1517	0,39(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1685	0,39(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
35	0	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	120	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	240	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	360	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	480	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	600	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)



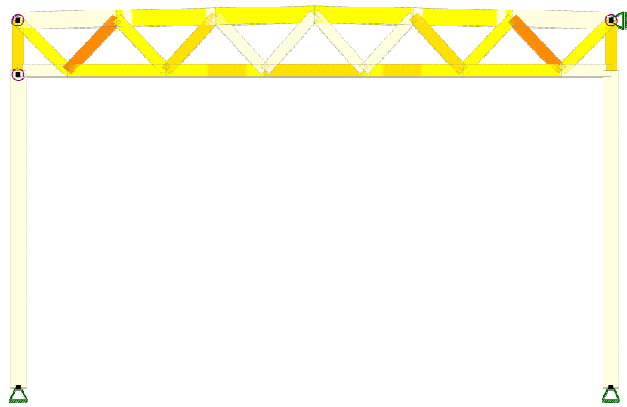
---

720	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
840	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
960	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
1080	0,43(11)	0,00(10)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
1140	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
1200	0,43(11)	0,00(11)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

### 3.2. KAPASITETSKART

---



Største kapasitetsutnyttelse: 90,51 % (EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24))

Vedlegg 8

Fagverk - Brudd

**Focus Konstruksjon 2022**

## INNHALDSFORTEGNELSE

0. SAMMENDRAG .....	3
1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER .....	3
1.1. KNOTEPUNKTSDATA .....	4
1.2. TVERRSNITTSDATA .....	4
1.2.1. Segmenter .....	4
1.3. MATERIALDATA .....	5
1.4. SEGMENTDATA .....	5
1.4.1. Segmentdata EN 1995 .....	6
1.5. RANDBETINGELSER .....	8
1.5.1 Punktrandbetingelser .....	8
1.6. PUNKTLEDD .....	8
1.7. LASTTILFELLER .....	9
1.7.1 Lasttilfeller .....	9
1.8. LASTKOMBINASJON .....	10
1.9. ANALYSEINFORMASJON .....	12
2. BEREGNINGER .....	12
2.1. KNOTEPUNKTSRESULTATER .....	12
2.1.1. Forskyvninger .....	12
2.1.2. Residualkrefter .....	12
2.2. OPPLÈGGSKREFTER .....	13
2.3. SEGMENTRESULTATER .....	13
2.3.1. Forskyvninger .....	13
2.3.2. Krefter .....	16
2.4. RESULTATER GRAFISK .....	20
2.4.1. Forskyvning .....	20
2.4.2. Moment - segmenter .....	20
2.4.3. Aksialkraft - segmenter .....	21
2.4.4. Skjærkraft - segmenter .....	21
3. KAPASITETSKONTROLL .....	21
3.1. EN 1995 UTNYTTTELSESGRAD .....	21
3.2. KAPASITETSKART .....	26

---

## 0. SAMMENDRAG

---

### Modell

Antall segmenter: 19

Antall knutepunkt: 17

### Analyse

Antall lastkombinasjoner (krefter): 6

Antall lastkombinasjoner (forskyvninger): 3

### Forskyvning / snittkrefter

Største forskyvning: 28,0 mm (Segmentnr. 21)

Største N: 723,66 kN (Segmentnr. 2)

Største V: 47,54 kN (Segmentnr. 21)

Største M: -27,58 kN·m (Segmentnr. 21)

### Verste lastkombinasjon

for forskyvning: (4) Bruks Kar

for N: (8) Brudd Max 2

for V: (8) Brudd Max 2

for M: (8) Brudd Max 2

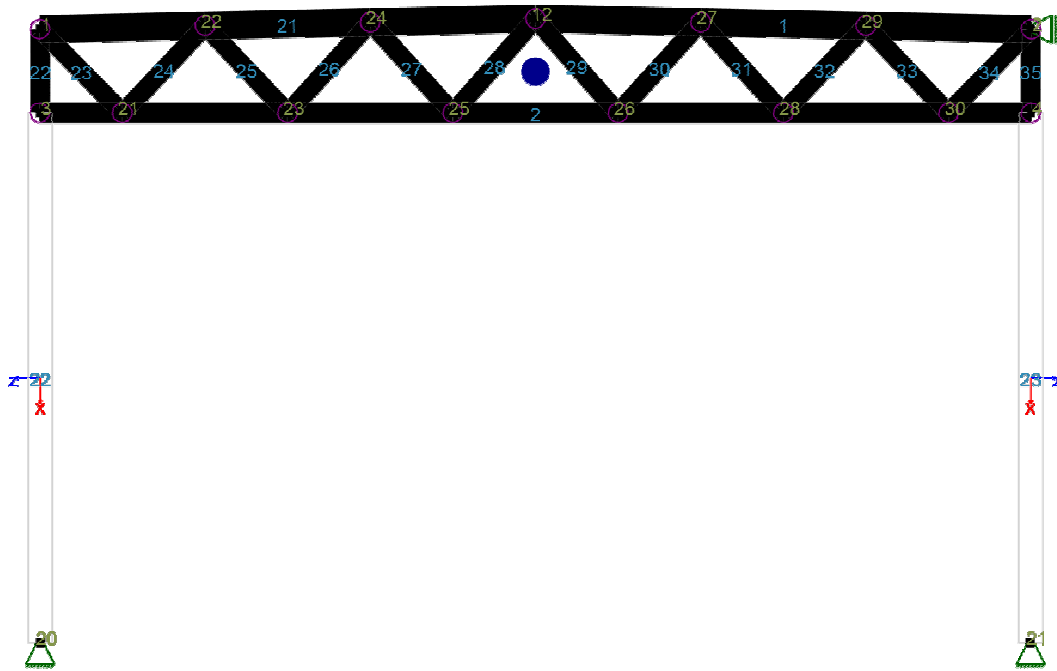
### Kapasitet

Største kapasitetsutnyttelse: 89,84 %

Info: EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)

## 1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER

---



### 1.1. KNOTEPUNKTSDATA

Nr.	X [mm]	Z [mm]
1	0	1300
2	14200	1300
20	0	-7500
21	14200	-7500

### 1.2. TVERRSNITTSDATA

#### 1.2.1. Segmenter

Nr.	Navn	Parametre
1	Limtre 155x260	A [mm <sup>2</sup> ] 40300 I <sub>x</sub> [mm <sup>4</sup> ] 2,0152e+008 I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ] 2,2702e+008 I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ] 8,0684e+007 Total vekt [kN] 3,96
2	Limtre 200x300	A [mm <sup>2</sup> ] 60000 I <sub>x</sub> [mm <sup>4</sup> ] 4,6400e+008 I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ] 4,5000e+008 I <sub>z</sub> [mm <sup>4</sup> ] 2,0000e+008 Total vekt [kN] 3,59

3	Limtre 200x400	A [mm <sup>2</sup> ]	80000
		Ix [mm <sup>4</sup> ]	7,3067e+008
		Iy [mm <sup>4</sup> ]	1,0667e+009
		Iz [mm <sup>4</sup> ]	2,6667e+008
		Total vekt [kN]	4,79
4	Limtre 350x350	A [mm <sup>2</sup> ]	122500
		Ix [mm <sup>4</sup> ]	1,8508e+009
		Iy [mm <sup>4</sup> ]	1,2505e+009
		Iz [mm <sup>4</sup> ]	1,2505e+009
		Total vekt [kN]	7,85

### 1.3. MATERIALDATA

<b>1 GL30c, Limtre</b>	Material: Limtre
Varmeutv.koeff.: 5,00e-006 °C <sup>-1</sup>	
Fasthetsklasse: GL30c	Lamelltykkelse: 45,0 mm
Tyngdetetthet: 4,22 kN/m <sup>3</sup>	
Sprekkfaktor k <sub>cr</sub> : 0,80	Total vekt: 20,20 kN
Karakteristiske fasthetsparametre:	
f <sub>mk</sub> = 30,00 N/mm <sup>2</sup>	f <sub>vk</sub> = 3,50 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>t0k</sub> = 19,50 N/mm <sup>2</sup>	f <sub>c0k</sub> = 24,50 N/mm <sup>2</sup>
f <sub>t90k</sub> = 0,50 N/mm <sup>2</sup>	f <sub>c90k</sub> = 2,50 N/mm <sup>2</sup>

### 1.4. SEGMENTDATA

Seg Nr.	Kn.pkt 1	Kn.pkt 2	Tvsn 1	Tvsn 2	Material	Type / Form	Rot. [°]	Uend.stiv?
22	3	20	Limtre 350x350	Limtre 350x350	GL30c, Limtre	Stav		Nei
23	4	21	Limtre 350x350	Limtre 350x350	GL30c, Limtre	Stav		Nei
1	12	2	Limtre 200x400	Limtre 200x400	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
2	3	4	Limtre 200x300	Limtre 200x300	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
21	1	12	Limtre 200x400	Limtre 200x400	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
22	1	3	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
23	1	21	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
24	21	22	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
25	22	23	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
26	23	24	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
27	24	25	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
28	25	12	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
29	12	26	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
30	26	27	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
31	27	28	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
32	28	29	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
33	29	30	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
34	30	2	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
35	2	4	Limtre 155x260	Limtre 155x260	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei

## 1.4.1. Segmentdata EN 1995

Seg. nr	Mat.faktor Gamma_M	Klima- klasse	k_sys	L_ky [mm]	L_kz [mm]	L_ef [mm]	Stivhetsparametre [N/mm <sup>2</sup> ]
22	1,15	1	1,00	7600	7600	7600	Annen variabel: E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002 Snølast nordisk: E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002 Permanent: E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002 Vindlast: E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002
23	1,15	1	1,00	7600	7600	7600	Snølast nordisk: E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002 Vindlast: E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002 Annen variabel: E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002 Permanent: E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
1	1,15	1	1,00	2130	710	710	Permanent: E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002 Annen variabel: E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002 Vindlast: E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002 Snølast nordisk: E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002
2	1,15	1	1,00	2367	14200	12780	Snølast nordisk: E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002 Annen variabel: E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002 Vindlast: E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002 Permanent: E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
21	1,15	1	1,00	2130	710	710	Annen variabel: E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002 Permanent: E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002 Vindlast: E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002 Snølast nordisk: E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002
22	1,15	1	1,00	1200	1200	1200	Vindlast: E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002 Permanent: E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002 Snølast nordisk: E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002 Annen variabel: E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
23	1,15	1	1,00	1685	1685	1685	Vindlast: E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002 Snølast nordisk: E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002 Permanent: E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002 Annen variabel: E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002

24	1,15	1	1,00	1721	1721	1721	Permanent:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
							Vindlast:	E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002
							Annen variabel:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
							Snølast nordisk:	E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002
25	1,15	1	1,00	1721	1721	1721	Annen variabel:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
							Snølast nordisk:	E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002
							Permanent:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
							Vindlast:	E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002
26	1,15	1	1,00	1758	1758	1758	Permanent:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
							Annen variabel:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
							Snølast nordisk:	E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002
							Vindlast:	E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002
27	1,15	1	1,00	1758	1758	1758	Vindlast:	E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002
							Annen variabel:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
							Snølast nordisk:	E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002
							Permanent:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
28	1,15	1	1,00	1795	1795	1795	Annen variabel:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
							Vindlast:	E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002
							Permanent:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
							Snølast nordisk:	E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002
29	1,15	1	1,00	1795	1795	1795	Permanent:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
							Vindlast:	E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002
							Annen variabel:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
							Snølast nordisk:	E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002
30	1,15	1	1,00	1758	1758	1758	Snølast nordisk:	E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002
							Annen variabel:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
							Vindlast:	E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002
							Permanent:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
31	1,15	1	1,00	1758	1758	1758	Annen variabel:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
							Permanent:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
							Snølast nordisk:	E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002
							Vindlast:	E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002



32	1,15	1	1,00	1721	1721	1721	Vindlast:	E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002
							Snølast nordisk:	E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002
							Permanent:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
							Annen variabel:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
33	1,15	1	1,00	1721	1721	1721	Snølast nordisk:	E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002
							Permanent:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
							Annen variabel:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
							Vindlast:	E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002
34	1,15	1	1,00	1685	1685	1685	Annen variabel:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
							Snølast nordisk:	E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002
							Vindlast:	E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002
							Permanent:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
35	1,15	1	1,00	1200	1200	1200	Vindlast:	E = 1,3000e+004 G = 6,5000e+002
							Permanent:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
							Annen variabel:	E = 8,1250e+003 G = 4,0625e+002
							Snølast nordisk:	E = 1,1607e+004 G = 5,8036e+002

## 1.5. RANDBETINGELSER

### 1.5.1 Punktrandbetingelser

Nr.	X [mm]	Z [mm]	Frih.gr. X	Z	RotY	X-vektor	Z-vektor
22 (Seg)	0	-7500	F	F		[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]
23 (Seg)	14200	-7500	F	F		[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]
1 (Seg)	14200	1300	F			[-1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]

Forklaring til frihetsgrader: F = fastholdt, (blank) = fri

Tall betyr foreskrevet forskyvning [mm]

### 1.6. PUNKTLEDD

Kn.pkt Nr.	Frikoblede frihetsgrader	X-vektor	Z-vektor	Tilknyttet
1	RotY	[1,00; 0,02]	[-0,02; 1,00]	23(Seg.)
1	RotY	[1,00; 0,02]	[-0,02; 1,00]	22(Seg.)
2	RotY	[1,00; -0,02]	[0,02; 1,00]	34(Seg.)
2	RotY	[1,00; -0,02]	[0,02; 1,00]	35(Seg.)
3	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	22(Seg.)
4	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	35(Seg.)

12	RotY	[1,00; 0,02]	[-0,02; 1,00]	28(Seg.)
12	RotY	[1,00; 0,02]	[-0,02; 1,00]	29(Seg.)
21	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	23(Seg.)
21	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	24(Seg.)
22	RotY	[1,00; 0,02]	[-0,02; 1,00]	24(Seg.)
22	RotY	[1,00; 0,02]	[-0,02; 1,00]	25(Seg.)
23	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	25(Seg.)
23	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	26(Seg.)
24	RotY	[1,00; 0,02]	[-0,02; 1,00]	26(Seg.)
24	RotY	[1,00; 0,02]	[-0,02; 1,00]	27(Seg.)
25	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	27(Seg.)
25	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	28(Seg.)
26	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	29(Seg.)
26	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	30(Seg.)
27	RotY	[1,00; -0,02]	[0,02; 1,00]	30(Seg.)
27	RotY	[1,00; -0,02]	[0,02; 1,00]	31(Seg.)
28	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	31(Seg.)
28	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	32(Seg.)
29	RotY	[1,00; -0,02]	[0,02; 1,00]	32(Seg.)
29	RotY	[1,00; -0,02]	[0,02; 1,00]	33(Seg.)
30	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	33(Seg.)
30	RotY	[1,00; 0,00]	[0,00; 1,00]	34(Seg.)

## 1.7. LASTTILFELLER

---

### 1.7.1 Lasttilfeller

---

#### 4 Egenlast

Lasttype:	Permanent last
Lastvarighet:	Permanent
1 Linjelast	P1 = 6,00 kN/m X1 = 0 mm P2 = 6,00 kN/m X2 = 7100 mm Retning = [0; -1] Offset ende 1: Z = 100 mm Offset ende 2: Z = 100 mm Virker på segment: 21 Inkluder masse: Nei
2 Linjelast	P1 = 6,00 kN/m X1 = 7100 mm P2 = 6,00 kN/m X2 = 14200 mm Retning = [0; -1] Offset ende 1: Z = 100 mm Offset ende 2: Z = 100 mm Virker på segment: 1 Inkluder masse: Nei

#### 5 Snølast

Lasttype:	Snølast: Norge, Island, Finland, Sverige
Lastvarighet:	Halvårslast

1 Linjelast	P1 = 19,30 kN/m X1 = 0 mm P2 = 19,30 kN/m X2 = 7100 mm Retning = [0; -1] Offset ende 1: Offset ende 2: Virker på segment: 21 Inkluder masse: Nei	Z1 = 1300 mm Z2 = 1450 mm Z = 1300 mm Z = 1300 mm
2 Linjelast	P1 = 19,30 kN/m X1 = 7100 mm P2 = 19,30 kN/m X2 = 14200 mm Retning = [0; -1] Offset ende 1: Offset ende 2: Virker på segment: 1 Inkluder masse: Nei	Z1 = 1450 mm Z2 = 1300 mm Z = 1300 mm Z = 1300 mm

## 6 Vindlast

Lasttype:	Vindlast	
Lastvarighet:	Korttidslast	
1 Linjelast	P1 = 2,40 kN/m X1 = 0 mm P2 = 2,40 kN/m X2 = 7100 mm Retning = [0; -1] Offset ende 1: Offset ende 2: Virker på segment: 21 Inkluder masse: Nei	Z1 = 1300 mm Z2 = 1450 mm Z = 3000 mm Z = 3000 mm
2 Linjelast	P1 = 2,40 kN/m X1 = 7100 mm P2 = 2,40 kN/m X2 = 14200 mm Retning = [0; -1] Offset ende 1: Offset ende 2: Virker på segment: 1 Inkluder masse: Nei	Z1 = 1450 mm Z2 = 1300 mm Z = 3000 mm Z = 3000 mm

## 1.8. LASTKOMBINASJON

Forskyvninger beregnet for alle lastkombinasjoner bestående av:

- (4) Bruks Kar
- Grensetilstand: Bruks
- Lasttilfeller: 1,00 \* <Konstruksjonens tyngde>  
1,00 \* Egenlast  
1,00 \* Nyttelast  
1,00 \* Snølast (Dominerende)
- (5) Bruks ofte forek
- Grensetilstand: Bruks
- Lasttilfeller: 1,00 \* <Konstruksjonens tyngde>  
1,00 \* Egenlast  
0,70 \* Nyttelast  
0,50 \* Snølast (Dominerende)
- (6) Bruks tilnærmet perm
- Grensetilstand: Bruks

Lasttilfeller: 1,00 \* <Konstruksjonens tyngde>  
 1,00 \* Egenlast  
 0,60 \* Nyttelast  
 0,20 \* Snølast (Dominerende)

Snittkrefter beregnet for alle lastkombinasjoner bestående av:

(1) Brudd A

Grensetilstand: Brudd

Lasttilfeller: 1,35 \* <Konstruksjonens tyngde>  
 1,35 \* Egenlast  
 1,05 \* Nyttelast  
 1,05 \* Snølast (Dominerende)

(2) Brudd B

Grensetilstand: Brudd

Lasttilfeller: 1,20 \* <Konstruksjonens tyngde>  
 1,20 \* Egenlast  
 1,50 \* Nyttelast  
 1,05 \* Snølast (Dominerende)

(3) Brudd C

Grensetilstand: Brudd

Lasttilfeller: 1,20 \* <Konstruksjonens tyngde>  
 1,20 \* Egenlast  
 1,05 \* Nyttelast  
 1,50 \* Snølast (Dominerende)

(7) Brudd Max 1

Grensetilstand: Brudd

Lasttilfeller: 1,20 \* <Konstruksjonens tyngde>  
 1,20 \* Egenlast  
 1,50 \* Nyttelast  
 1,05 \* Snølast (Dominerende)  
 0,90 \* Vindlast

(8) Brudd Max 2

Grensetilstand: Brudd

Lasttilfeller: 1,20 \* <Konstruksjonens tyngde>  
 1,20 \* Egenlast  
 1,05 \* Nyttelast  
 1,50 \* Snølast (Dominerende)  
 0,90 \* Vindlast

(9) Brudd Max 3

Grensetilstand: Brudd

Lasttilfeller: 1,20 \* <Konstruksjonens tyngde>  
 1,20 \* Egenlast  
 1,05 \* Nyttelast  
 1,05 \* Snølast (Dominerende)  
 1,50 \* Vindlast

## 1.9. ANALYSEINFORMASJON

Inkluder skjærdeformasjoner: Ja

## 2. BEREGNINGER

## 2.1. KNOTEPUNKTSRESULTATER

## 2.1.1. Forskyvninger

Nr.	u [mm]	w [mm]	rotY [°]
1	4,5(4)	-0,8(6)	0,4(4) max
	2,1(6)	-1,6(4)	0,2(6) min
1	4,5(4)	-0,8(6)	0,3(4) max
	2,1(6)	-1,6(4)	0,1(6) min
1	4,5(4)	-0,8(6)	0,3(4) max
	2,1(6)	-1,6(4)	0,1(6) min
2	0,0(4)	-0,8(6)	-0,2(6) max
	0,0(4)	-1,6(4)	-0,4(4) min
2	0,0(4)	-0,8(6)	-0,1(6) max
	0,0(4)	-1,6(4)	-0,3(4) min
2	0,0(4)	-0,8(6)	-0,1(6) max
	0,0(4)	-1,6(4)	-0,3(4) min
20	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) max
	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) min
21	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) max
	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

## 2.1.2. Residualkrefter

Nr.	Rx [kN]	Rz [kN]	RMy [kN·m]
1	222,25(8)	48,93(8)	0,00(2) max
	161,14(2)	35,17(2)	0,00(8) min
1	-161,14(2)	225,55(8)	0,00(3) max
	-222,25(8)	163,57(2)	0,00(1) min
1	0,00(3)	-198,75(2)	0,00(1) max
	0,00(9)	-274,48(8)	0,00(3) min
2	-161,14(2)	48,93(8)	0,00(1) max
	-222,25(8)	35,17(2)	0,00(8) min
2	222,25(8)	225,55(8)	0,00(8) max
	161,14(2)	163,57(2)	0,00(2) min
2	0,00(2)	-198,75(2)	0,00(1) max

	0,00(8)	-274,48(8)	0,00(1) min
20	0,00(1)	284,18(8)	0,00(1) max
	0,00(1)	207,16(2)	0,00(1) min
21	0,00(1)	284,18(8)	0,00(1) max
	0,00(1)	207,16(2)	0,00(1) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

## 2.2. OPPLEGGSKREFTER

Nr.	X [mm]	Z [mm]	Rx [kN]	Rz [kN]	RMy [kN·m]
22 (Seg)	0	-7500	0,00(9)	284,18(8)	0,00(9) max
			0,00(1)	207,16(2)	0,00(1) min
23 (Seg)	14200	-7500	0,00(9)	284,18(8)	0,00(9) max
			0,00(1)	207,16(2)	0,00(1) min
1 (Seg)	14200	1300	0,00(2)	0,00(8)	0,00(3) max
			0,00(8)	0,00(2)	0,00(9) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

## 2.3. SEGMENTRESULTATER

### 2.3.1. Forskyvninger

Seg Nr.	Snitt mm	u [mm]	w [mm]	rotY [°]
22	0	-0,7(6)	-0,5(6)	0,4(4) max
	0	-1,5(4)	-1,1(4)	0,2(6) min
	7600	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) max
	7600	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) min
23	0	5,9(4)	-0,5(6)	-0,2(6) max
	0	2,8(6)	-1,1(4)	-0,4(4) min
	7600	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) max
	7600	0,0(4)	0,0(4)	0,0(4) min
1	0	2,2(4)	-13,0(6)	0,0(6) max
	0	1,1(6)	-27,6(4)	0,0(4) min
	118	2,2(4)	-13,0(6)	0,0(6) max
	118	1,0(6)	-27,7(4)	0,0(4) min
	592	1,9(4)	-13,1(6)	0,0(6) max
	592	0,9(6)	-27,9(4)	0,0(4) min
	7102	0,0(4)	-0,8(6)	-0,2(6) max
	7102	0,0(4)	-1,6(4)	-0,4(4) min
2	0	-0,7(6)	-0,5(6)	0,4(4) max
	0	-1,5(4)	-1,1(4)	0,2(6) min
	59	-0,7(6)	-0,7(6)	0,4(4) max

	59	-1,5(4)	-1,5(4)	0,2(6) min
	7100	2,2(4)	-12,9(6)	0,0(6) max
	7100	1,1(6)	-27,5(4)	0,0(4) min
	14023	5,9(4)	-1,1(6)	-0,2(6) max
	14023	2,8(6)	-2,3(4)	-0,4(4) min
	14200	5,9(4)	-0,5(6)	-0,2(6) max
	14200	2,8(6)	-1,1(4)	-0,4(4) min
21	0	4,5(4)	-0,8(6)	0,4(4) max
	0	2,1(6)	-1,6(4)	0,2(6) min
	118	4,5(4)	-1,2(6)	0,4(4) max
	118	2,1(6)	-2,6(4)	0,2(6) min
	6510	2,6(4)	-13,1(6)	0,0(4) max
	6510	1,2(6)	-27,9(4)	0,0(6) min
	7102	2,2(4)	-13,0(6)	0,0(6) max
	7102	1,1(6)	-27,6(4)	0,0(4) min
22	0	4,5(4)	-0,8(6)	0,3(4) max
	0	2,1(6)	-1,6(4)	0,1(6) min
	60	4,2(4)	-0,8(6)	0,3(4) max
	60	2,0(6)	-1,6(4)	0,1(6) min
	1200	-0,7(6)	-0,5(6)	0,3(4) max
	1200	-1,5(4)	-1,1(4)	0,1(6) min
23	0	4,5(4)	-0,8(6)	0,3(4) max
	0	2,1(6)	-1,6(4)	0,1(6) min
	84	4,2(4)	-0,9(6)	0,3(4) max
	84	2,0(6)	-2,0(4)	0,1(6) min
	1685	-0,7(6)	-4,1(6)	0,3(4) max
	1685	-1,5(4)	-8,7(4)	0,1(6) min
24	0	-0,7(6)	-4,1(6)	0,3(4) max
	0	-1,5(4)	-8,7(4)	0,1(6) min
	86	-0,5(6)	-4,2(6)	0,3(4) max
	86	-1,2(4)	-9,0(4)	0,1(6) min
	1721	4,3(4)	-7,2(6)	0,3(4) max
	1721	2,0(6)	-15,3(4)	0,1(6) min
25	0	4,3(4)	-7,2(6)	0,2(4) max
	0	2,0(6)	-15,3(4)	0,1(6) min
	86	4,1(4)	-7,3(6)	0,2(4) max
	86	1,9(6)	-15,6(4)	0,1(6) min
	1721	-0,2(6)	-9,6(6)	0,2(4) max
	1721	-0,4(4)	-20,4(4)	0,1(6) min
26	0	-0,2(6)	-9,6(6)	0,2(4) max

	0	-0,4(4)	-20,4(4)	0,1(6) min
	88	-0,1(6)	-9,7(6)	0,2(4) max
	88	-0,2(4)	-20,6(4)	0,1(6) min
	1758	3,5(4)	-11,5(6)	0,2(4) max
	1758	1,6(6)	-24,5(4)	0,1(6) min
27	0	3,5(4)	-11,5(6)	0,1(4) max
	0	1,6(6)	-24,5(4)	0,0(6) min
	88	3,4(4)	-11,6(6)	0,1(4) max
	88	1,6(6)	-24,6(4)	0,0(6) min
	1758	1,3(4)	-12,5(6)	0,1(4) max
	1758	0,6(6)	-26,7(4)	0,0(6) min
28	0	1,3(4)	-12,5(6)	0,0(4) max
	0	0,6(6)	-26,7(4)	0,0(6) min
	90	1,4(4)	-12,6(6)	0,0(4) max
	90	0,6(6)	-26,7(4)	0,0(6) min
	1795	2,2(4)	-13,0(6)	0,0(4) max
	1795	1,1(6)	-27,6(4)	0,0(6) min
29	0	2,2(4)	-13,0(6)	0,0(6) max
	0	1,1(6)	-27,6(4)	0,0(4) min
	90	2,3(4)	-13,0(6)	0,0(6) max
	90	1,1(6)	-27,6(4)	0,0(4) min
	1795	3,1(4)	-12,5(6)	0,0(6) max
	1795	1,5(6)	-26,7(4)	0,0(4) min
30	0	3,1(4)	-12,5(6)	0,0(6) max
	0	1,5(6)	-26,7(4)	-0,1(4) min
	88	3,0(4)	-12,5(6)	0,0(6) max
	88	1,4(6)	-26,6(4)	-0,1(4) min
	1758	1,0(4)	-11,5(6)	0,0(6) max
	1758	0,5(6)	-24,5(4)	-0,1(4) min
31	0	1,0(4)	-11,5(6)	-0,1(6) max
	0	0,5(6)	-24,5(4)	-0,2(4) min
	88	1,2(4)	-11,4(6)	-0,1(6) max
	88	0,6(6)	-24,3(4)	-0,2(4) min
	1758	4,8(4)	-9,6(6)	-0,1(6) max
	1758	2,3(6)	-20,4(4)	-0,2(4) min
32	0	4,8(4)	-9,6(6)	-0,1(6) max
	0	2,3(6)	-20,4(4)	-0,2(4) min
	86	4,6(4)	-9,5(6)	-0,1(6) max
	86	2,2(6)	-20,2(4)	-0,2(4) min
	1721	0,1(4)	-7,2(6)	-0,1(6) max



	1721	0,1(6)	-15,3(4)	-0,2(4) min
33	0	0,1(4)	-7,2(6)	-0,1(6) max
	0	0,1(6)	-15,3(4)	-0,3(4) min
	86	0,4(4)	-7,1(6)	-0,1(6) max
	86	0,2(6)	-15,0(4)	-0,3(4) min
	1721	5,9(4)	-4,1(6)	-0,1(6) max
	1721	2,8(6)	-8,7(4)	-0,3(4) min
34	0	5,9(4)	-4,1(6)	-0,1(6) max
	0	2,8(6)	-8,7(4)	-0,3(4) min
	84	5,6(4)	-3,9(6)	-0,1(6) max
	84	2,6(6)	-8,3(4)	-0,3(4) min
	1685	0,0(4)	-0,8(6)	-0,1(6) max
	1685	0,0(4)	-1,6(4)	-0,3(4) min
35	0	0,0(4)	-0,8(6)	-0,1(6) max
	0	0,0(4)	-1,6(4)	-0,3(4) min
	60	0,3(4)	-0,8(6)	-0,1(6) max
	60	0,1(6)	-1,6(4)	-0,3(4) min
	1200	5,9(4)	-0,5(6)	-0,1(6) max
	1200	2,8(6)	-1,1(4)	-0,3(4) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

### 2.3.2. Krefter

Seg Nr.	Snitt mm	N [kN]	Vz [kN]	My [kN·m]
22	0	-204,81(2)	0,00(1)	0,00(1) max
	0	-281,82(8)	0,00(1)	0,00(1) min
	7600	-204,81(2)	0,00(1)	0,00(1) max
	7600	-281,82(8)	0,00(1)	0,00(1) min
23	0	-204,81(2)	0,00(1)	0,00(1) max
	0	-281,82(8)	0,00(1)	0,00(1) min
	7600	-204,81(2)	0,00(1)	0,00(1) max
	7600	-281,82(8)	0,00(1)	0,00(1) min
1	0	-504,36(2)	43,28(8)	0,36(8) max
	0	-695,69(8)	31,24(2)	0,10(1) min
	1184	-505,02(2)	-0,08(1)	-19,92(2) max
	1184	-696,61(8)	-0,25(8)	-27,52(8) min
	2249	-505,65(2)	-29,77(2)	-4,63(2) max
	2249	-697,48(8)	-41,48(8)	-6,31(8) min
	4616	-403,59(2)	-32,47(2)	0,51(8) max
	4616	-556,80(8)	-45,25(8)	0,29(1) min

	4853	-160,52(2)	42,83(8)	0,57(8) max
	4853	-221,40(8)	30,91(2)	0,34(1) min
	7102	-161,81(2)	-30,10(2)	0,06(8) max
	7102	-223,19(8)	-41,92(8)	0,03(2) min
2	0	0,00(9)	4,74(8)	0,00(3) max
	0	0,00(3)	3,46(2)	0,00(9) min
	59	0,00(9)	4,73(8)	-0,20(2) max
	59	0,00(3)	3,45(2)	-0,28(8) min
	6035	723,66(8)	0,36(1)	-5,70(2) max
	6035	524,55(2)	0,32(3)	-7,91(8) min
	7100	723,66(8)	0,00(1)	-5,88(2) max
	7100	524,55(2)	0,00(9)	-8,08(8) min
	14200	0,00(9)	-3,46(2)	0,00(1) max
	14200	0,00(3)	-4,74(8)	0,00(3) min
21	0	-161,81(2)	41,92(8)	0,06(8) max
	0	-223,19(8)	30,10(2)	0,03(2) min
	2486	-403,59(2)	45,25(8)	0,51(8) max
	2486	-556,80(8)	32,47(2)	0,29(1) min
	4853	-505,65(2)	41,48(8)	-4,63(2) max
	4853	-697,48(8)	29,77(2)	-6,31(8) min
	5918	-505,02(2)	0,25(8)	-19,92(2) max
	5918	-696,61(8)	0,08(1)	-27,52(8) min
	7102	-504,36(2)	-31,24(2)	0,36(8) max
	7102	-695,69(8)	-43,28(8)	0,10(1) min
22	0	-198,75(2)	0,00(3)	0,00(3) max
	0	-274,48(8)	0,00(9)	0,00(1) min
	420	-198,83(2)	0,00(3)	0,00(8) max
	420	-274,56(8)	0,00(9)	0,00(2) min
	780	-198,90(2)	0,00(8)	0,00(8) max
	780	-274,64(8)	0,00(2)	0,00(2) min
	1200	-198,98(2)	0,00(8)	0,00(2) max
	1200	-274,72(8)	0,00(2)	0,00(1) min
23	0	316,65(8)	0,13(1)	0,00(1) max
	0	229,61(2)	0,11(2)	0,00(3) min
	84	316,65(8)	0,12(1)	-0,01(2) max
	84	229,61(2)	0,11(3)	-0,01(1) min
	169	316,63(8)	0,11(1)	-0,02(3) max
	169	229,59(2)	0,10(3)	-0,02(1) min
	843	316,54(8)	0,00(2)	-0,05(3) max
	843	229,50(2)	0,00(8)	-0,06(1) min
	1685	316,42(8)	-0,11(2)	0,00(9) max
	1685	229,38(2)	-0,13(1)	0,00(1) min

24	0	-227,84(2)	0,13(1)	0,00(3) max
	0	-314,71(8)	0,11(3)	0,00(9) min
	86	-227,84(2)	0,12(1)	-0,01(3) max
	86	-314,70(8)	0,11(3)	-0,01(1) min
	861	-227,72(2)	0,00(8)	-0,05(3) max
	861	-314,58(8)	0,00(2)	-0,06(1) min
	1721	-227,60(2)	-0,11(3)	0,00(2) max
	1721	-314,46(8)	-0,13(1)	0,00(1) min
25	0	170,59(8)	0,13(1)	0,00(2) max
	0	123,94(2)	0,11(8)	0,00(9) min
	86	170,58(8)	0,12(1)	-0,01(8) max
	86	123,94(2)	0,11(8)	-0,01(1) min
	172	170,57(8)	0,11(1)	-0,02(8) max
	172	123,92(2)	0,10(8)	-0,02(1) min
	861	170,47(8)	0,00(1)	-0,05(8) max
	861	123,82(2)	0,00(9)	-0,06(1) min
	1721	170,35(8)	-0,11(8)	0,00(8) max
	1721	123,70(2)	-0,13(1)	0,00(2) min
26	0	-120,43(2)	0,13(1)	0,00(9) max
	0	-166,32(8)	0,11(8)	0,00(3) min
	88	-120,43(2)	0,12(1)	-0,01(8) max
	88	-166,32(8)	0,11(8)	-0,01(1) min
	879	-120,31(2)	0,00(3)	-0,05(8) max
	879	-166,20(8)	0,00(9)	-0,06(1) min
	1758	-120,18(2)	-0,11(9)	0,00(8) max
	1758	-166,07(8)	-0,13(1)	0,00(1) min
27	0	42,99(8)	0,13(1)	0,00(3) max
	0	31,48(2)	0,11(3)	0,00(9) min
	88	42,98(8)	0,12(1)	-0,01(3) max
	88	31,47(2)	0,11(8)	-0,01(1) min
	879	42,87(8)	0,00(2)	-0,05(9) max
	879	31,35(2)	0,00(8)	-0,06(1) min
	1758	42,74(8)	-0,11(9)	0,00(2) max
	1758	31,22(2)	-0,13(1)	0,00(9) min
28	0	-29,94(2)	0,13(1)	0,00(1) max
	0	-41,42(8)	0,11(2)	0,00(9) min
	90	-29,93(2)	0,12(1)	-0,01(2) max
	90	-41,41(8)	0,11(2)	-0,01(1) min
	180	-29,92(2)	0,11(1)	-0,02(2) max
	180	-41,40(8)	0,10(2)	-0,02(1) min
	898	-29,81(2)	0,00(1)	-0,05(2) max

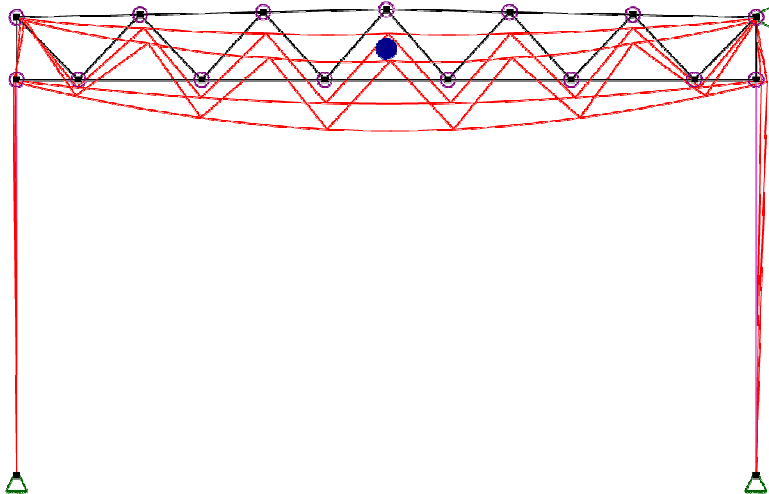
	898	-41,29(8)	0,00(8)	-0,06(1) min
	1795	-29,68(2)	-0,11(2)	0,00(9) max
	1795	-41,16(8)	-0,13(1)	0,00(3) min
29	0	-29,68(2)	0,13(1)	0,00(9) max
	0	-41,16(8)	0,11(3)	0,00(2) min
	180	-29,70(2)	0,11(1)	-0,02(3) max
	180	-41,18(8)	0,10(3)	-0,02(1) min
	898	-29,81(2)	0,00(1)	-0,05(3) max
	898	-41,29(8)	0,00(3)	-0,06(1) min
	1795	-29,94(2)	-0,11(3)	0,00(3) max
	1795	-41,42(8)	-0,13(1)	0,00(9) min
30	0	42,74(8)	0,13(1)	0,00(3) max
	0	31,22(2)	0,11(8)	0,00(9) min
	176	42,76(8)	0,11(1)	-0,02(8) max
	176	31,24(2)	0,10(8)	-0,02(1) min
	879	42,87(8)	0,00(1)	-0,05(8) max
	879	31,35(2)	0,00(3)	-0,06(1) min
	1758	42,99(8)	-0,11(8)	0,00(1) max
	1758	31,48(2)	-0,13(1)	0,00(8) min
31	0	-120,18(2)	0,13(1)	0,00(1) max
	0	-166,07(8)	0,11(9)	0,00(8) min
	88	-120,19(2)	0,12(1)	-0,01(9) max
	88	-166,08(8)	0,11(9)	-0,01(1) min
	879	-120,31(2)	0,00(8)	-0,05(9) max
	879	-166,20(8)	0,00(1)	-0,06(1) min
	1758	-120,43(2)	-0,11(2)	0,00(8) max
	1758	-166,32(8)	-0,13(1)	0,00(1) min
32	0	170,35(8)	0,13(1)	0,00(3) max
	0	123,70(2)	0,11(3)	0,00(9) min
	172	170,37(8)	0,11(1)	-0,02(2) max
	172	123,72(2)	0,10(2)	-0,02(1) min
	861	170,47(8)	0,00(8)	-0,05(3) max
	861	123,82(2)	0,00(2)	-0,06(1) min
	1721	170,59(8)	-0,11(8)	0,00(9) max
	1721	123,94(2)	-0,13(1)	0,00(1) min
33	0	-227,60(2)	0,13(1)	0,00(3) max
	0	-314,46(8)	0,11(8)	0,00(9) min
	86	-227,61(2)	0,12(1)	-0,01(8) max
	86	-314,47(8)	0,11(8)	-0,01(1) min
	861	-227,72(2)	0,00(2)	-0,05(3) max
	861	-314,58(8)	0,00(8)	-0,06(1) min

	1721	-227,84(2)	-0,11(2)	0,00(9) max
	1721	-314,71(8)	-0,13(1)	0,00(3) min
34	0	316,42(8)	0,13(1)	0,00(8) max
	0	229,38(2)	0,11(2)	0,00(1) min
	169	316,44(8)	0,11(1)	-0,02(2) max
	169	229,40(2)	0,10(8)	-0,02(1) min
	843	316,54(8)	0,00(8)	-0,05(2) max
	843	229,50(2)	0,00(2)	-0,06(1) min
	1685	316,65(8)	-0,11(2)	0,00(8) max
	1685	229,61(2)	-0,13(1)	0,00(1) min
35	0	-198,75(2)	0,00(2)	0,00(1) max
	0	-274,48(8)	0,00(8)	0,00(1) min
	780	-198,90(2)	0,00(9)	0,00(1) max
	780	-274,64(8)	0,00(3)	0,00(3) min
	1200	-198,98(2)	0,00(9)	0,00(9) max
	1200	-274,72(8)	0,00(3)	0,00(2) min

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

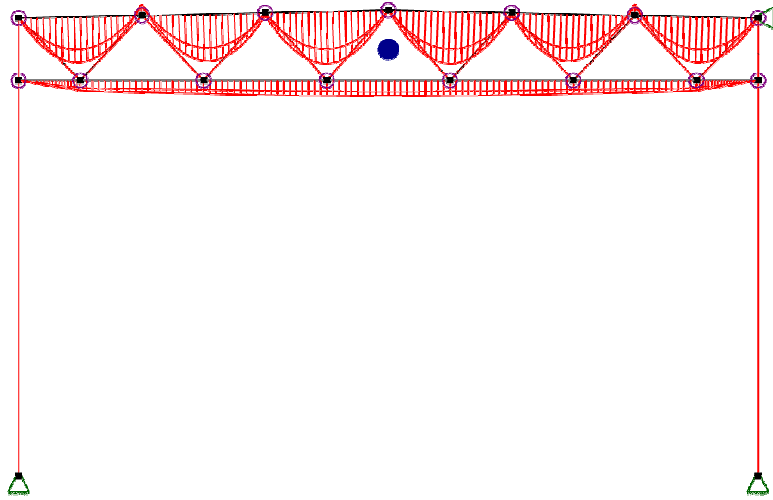
## 2.4. RESULTATER GRAFISK

### 2.4.1. Forskyvning



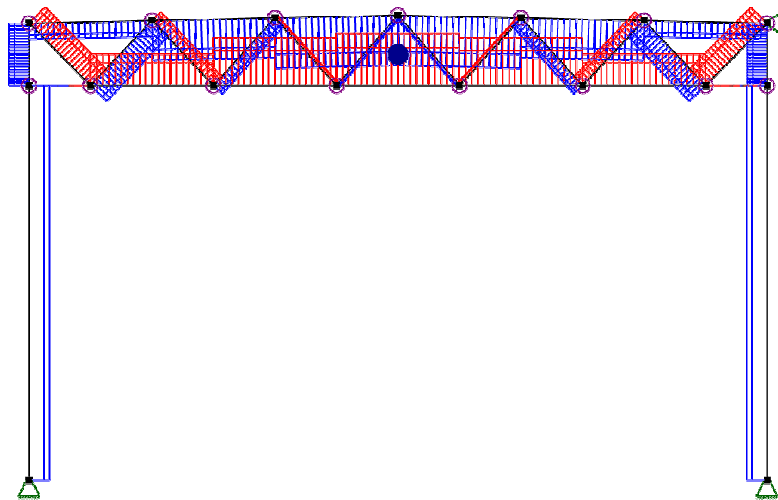
Største forskyvning: 28,0 mm

### 2.4.2. Moment - segmenter



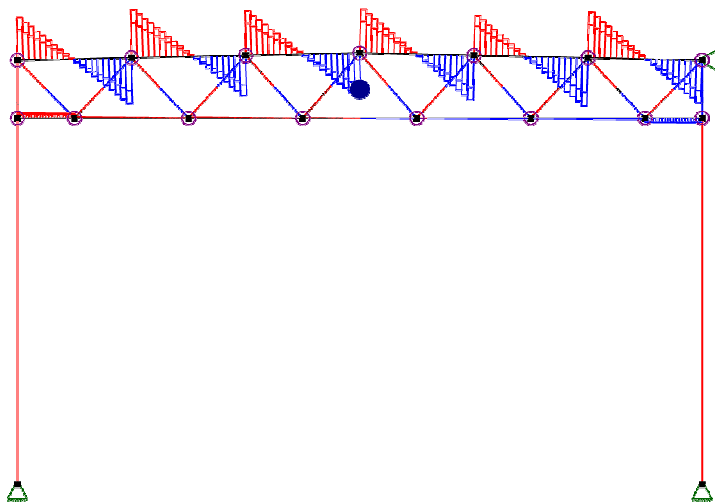
Største moment:  $-27,58 \text{ kN}\cdot\text{m}$

#### 2.4.3. Aksialkraft - segmenter



Største aksialkraft:  $723,66 \text{ kN}$

#### 2.4.4. Skjærkraft - segmenter



Største skjærkraft:  $47,54 \text{ kN}$

### 3. KAPASITETSKONTROLL

#### 3.1. EN 1995 UTNYTTELSESGRAD

Seg. nr	Snitt [mm]	Bøy/Aks	Skjær/Tor	Tv.str	Info
22	7600	0,20(3)	0,00(1)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.35)
23	7600	0,20(3)	0,00(1)		EN 1995-1-1 6.3.3 (6.35)
1	0	0,48(3)	0,39(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	710	0,67(3)	0,19(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1184	0,71(3)	0,02(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1420	0,70(3)	0,06(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2130	0,57(3)	0,31(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2841	0,52(3)	0,23(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3551	0,59(3)	0,01(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	4261	0,49(3)	0,26(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	4971	0,19(3)	0,37(3)		EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V_z
	5681	0,34(3)	0,12(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	6391	0,32(3)	0,13(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	7102	0,15(3)	0,38(3)		EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V_z
2	0	0,00(3)	0,06(3)		EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V_z
	1420	0,55(3)	0,01(3)		EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	2840	0,57(3)	0,01(3)		EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	4260	0,83(3)	0,01(3)		EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	5680	0,83(3)	0,00(8)		EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	7100	0,90(3)	0,00(1)		EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	8520	0,83(3)	0,00(8)		EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	9940	0,83(3)	0,01(3)		EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	11360	0,57(3)	0,01(3)		EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	12780	0,55(3)	0,01(3)		EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	14200	0,00(3)	0,06(3)		EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V_z
21	0	0,15(3)	0,38(3)		EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V_z
	710	0,33(3)	0,17(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1420	0,34(3)	0,08(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2130	0,19(3)	0,33(3)		EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V_z
	2841	0,49(3)	0,31(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3551	0,59(3)	0,06(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	4261	0,52(3)	0,19(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	4971	0,57(3)	0,36(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	5681	0,70(3)	0,11(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	5918	0,71(3)	0,02(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	6391	0,67(3)	0,14(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	7102	0,48(3)	0,39(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
22	0	0,38(3)	0,00(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	120	0,38(3)	0,00(3)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)

	240	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	360	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	480	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	600	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	720	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	840	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	960	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1080	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1140	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1200	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
23	0	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	169	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	337	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	506	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	674	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	758	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	843	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1011	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1180	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1348	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1517	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1685	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
24	0	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	172	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	344	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	516	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	689	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	775	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	861	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1033	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1205	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1377	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1549	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1721	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.35)
25	0	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	172	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	344	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	516	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	689	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	775	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	861	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1033	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1205	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)



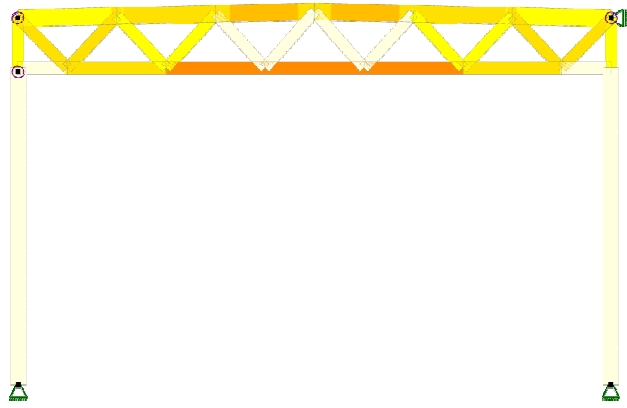
	1377	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1549	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1721	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
26	0	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	176	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	352	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	527	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	703	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	791	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	879	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1055	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1231	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1406	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1582	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1758	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
27	0	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	176	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	352	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	527	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	703	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	791	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	879	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1055	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1231	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1406	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1582	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1758	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
28	0	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	180	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	359	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	539	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	718	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	808	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	898	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1077	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1257	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1436	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1616	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1795	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
29	0	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	180	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	359	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)

	539	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	718	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	898	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	987	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1077	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1257	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1436	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1616	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1795	0,06(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
30	0	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	176	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	352	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	527	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	703	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	879	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	967	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1055	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1231	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1406	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1582	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1758	0,07(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
31	0	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	176	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	352	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	527	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	703	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	879	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	967	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1055	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1231	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1406	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1582	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1758	0,24(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
32	0	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	172	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	344	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	516	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	689	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	861	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	947	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1033	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1205	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1377	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)

	1549	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1721	0,27(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
33	0	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	172	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	344	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	516	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	689	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	861	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	947	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1033	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1205	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1377	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1549	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1721	0,45(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
34	0	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	169	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	337	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	506	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	674	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	843	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	927	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1011	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1180	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1348	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1517	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
	1685	0,50(3)	0,00(1)	EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17)
35	0	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.35)
	120	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	240	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	360	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	480	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	600	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	720	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	840	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	960	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1080	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1140	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.35)
	1200	0,38(3)	0,00(3)	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.35)

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

### 3.2. KAPASITETSKART



Største kapasitetsutnyttelse: 89,84 % (EN 1995-1-1 6.2.3 (6.17))