



The Whale

Norsk Ståldag 2025-11-06

Om meg

- ▶ Henrik Thorsen
- ▶ Uteksaminert NTNU 2014 - Ingeniørvitenskap og IKT
- ▶ Jobbet i Norconsult siden 2014

- ▶ Gruppeleder Analyser og Spesielle Konstruksjoner
 - ▶ Bygg og Konstruksjon, Sandvika
- ▶ Fagspesialist statikk, dynamikk, NLFEA og betongkonstruksjoner



The Whale - lokasjon

- ▶ Ytterst på Andøya nær Andenes Fyrtårn
- ▶ Fokus på hval fra før av



The Whale - lokasjon

- ▶ Ytterst på Andøya nær Andenes Fyrtårn
- ▶ Fokus på hval fra før av



*På kanten av kontinentet, der land møter hav og overgår til den dramatiske havbunnen, ligger The Whale.
Kun havoverflaten skiller disse to verdenene. Jordens tynne skorpe hever seg forsiktig og skaper kurver
som følger landskapets naturlige former.*

-Arkitekt Dorte Mandrups visjon



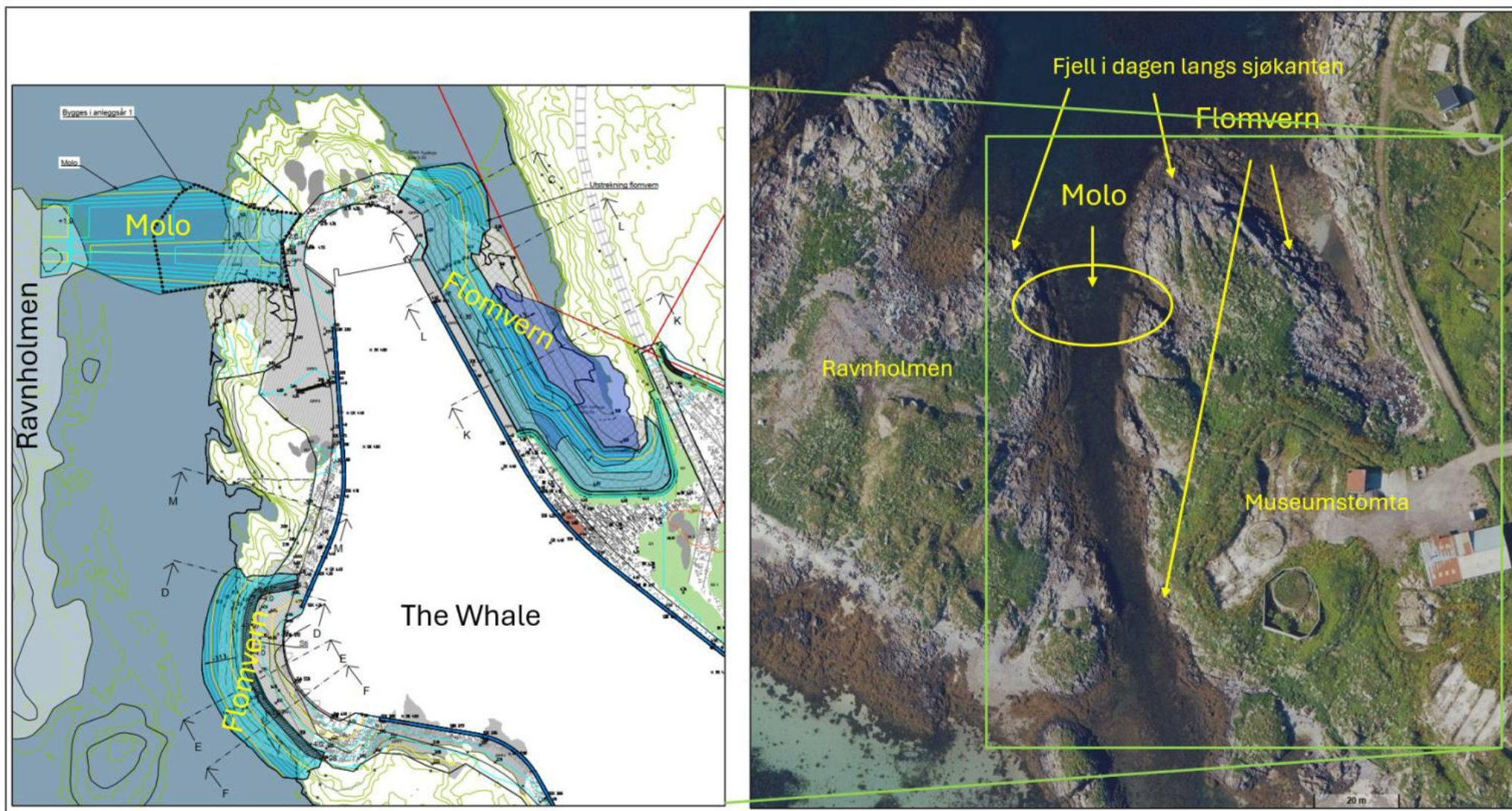


Konsept



10 % av hvalen synlig





The Whale-paraden

KICKOFF OG FOLKEFEST. The Whale-paraden 22. mars 2017 mobiliserte mer enn 1000 andværingar og gjester fra hele regionen. I forbindelse med at forprosjektet til The Whale ble presentert, ble andværingene invitert til å gå sammen med en 13 meter lang, oppblåsbar og flyvende spermkval gjennom sentrum av Andenes. Foto: Dan Henrik Klausen.

Over. Festen fortsatte i Norlandiahallen der barn og unge fra Andøy hadde blåst opp 1000 ballonger som sammen med den flyvende hvalen dannet rammen for unge kulturinnslag fra scenen her ved Andenesgruppa PAN.



Foto: Alexander B. Johansen.

Foto: Alexander B. Johansen.



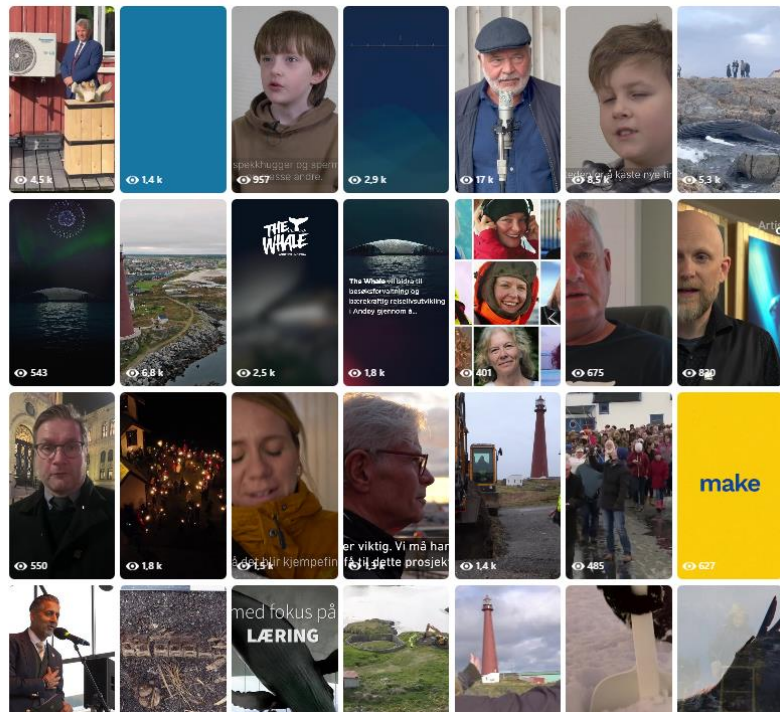
The Whale
2,9 k likerklikk • 3,3 k følgere

Melding Liker Søk

Innlegg Om Omtaler Reels Bilder Direkte Flere

Reels

The Whale sine Reels-videoer



Trine Horn
Daglig leder
Arresteren restaurant

The Whale vil ha vanvittig stor betydning for oss i næringslivet,

– Sikrer siste rest av den offentlige finansieringen

Tirsdag besluttet Regjeringen å innvilge 150 millioner kroner til Andøya. Det kommer til å være en del av finansieringen av The Whale.



FOTO: ILLUSTRASJON: RALPH APPELBAUM ASSOCIATES

18. juni 2019 kl. 21:31

Fire finalister tegner The Whale

37 arkitektteam fra hele verden meldte interesse for å tegne det nye kommunesenteret på Andøya, *The Whale*. De fire finalistene er de norske kontorene Snehetta og Reulif Ramstad, og danske Dorte Mandrup. Den fjerde finalisten er et dansk/norsk samarbeid der BIG har gått sammen med ungt norsk miljø, ELEMENT, skriver *Norske arkitekters landsforbund*.

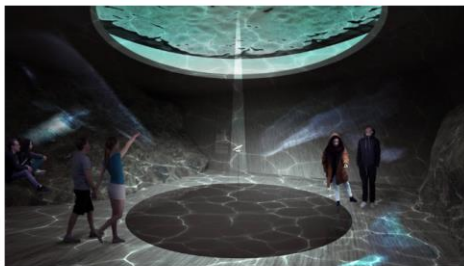
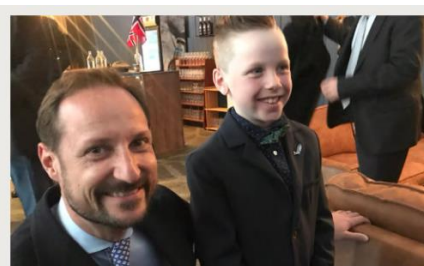


FOTO: RALPH APPELBAUM ASSOCIATES



DA HKH KRONPRINS HAAKON besøkte Andenes for å lære mer om The Whale holdt Elliot Meier (8 år) fra Sigerfjord en tale om viktigheten av hvalbeisj. Kronprinsen lot seg imponere både av talen og av Elliots nye sveis. Han hadde fått barbert og target en spermhval i bakhodet for anledningen. Foto: Svein Spjelkavik.



– JEG FORSTÅR AT THE WHALE SKAL UTNYTTE DET MYTISKE OG MYSTISKE med hvalene på en ny og moderne måte. Det er fantastisk og det blir spennende å se hva det blir til, sa statsminister Erna Solberg til pressen etter at hun fikk presentert The Whale hos Samskap på Andenes 30. april 2019. Camilla Ilmoni var den som presenterte The Whale for statsministeren. – Til vår presentasjon hadde vi forberedt en film som viser hvordan vi har jobbet med lokal forankring fra første dag, sier Camilla Ilmoni. Foto: VOL

2. mai 2018 kl. 15:46

Lanserer spektakulært hvalsenter

Et hvalmuseum og kunnskapscenter med navnet "The Whale" skal bygges på Andenes. Senteret skal stå ferdig i 2020, gi 20 helårige arbeidsplasser og ha 70 000 besøkende i året. Prisen vil komme opp i godt over 200 millioner kroner, sier prosjektleder Børre Berglund.



FOTO: MONICA WHITE MARTINSEN / NRK

The Whale i Andøy

OPPLUDDNING

Et hvalmuseum og kunnskapscenter med navnet "The Whale" skal bygges på Andenes. Senteret skal stå ferdig i 2020, gi 20 helårige arbeidsplasser og ha 70 000 besøkende i året.

23. august 2023 kl. 12:14

Gir 50 millioner til The Whale

Samfunnsrådet til Sparebank 1 Nord-Norge gir 50 millioner til prosjektet The Whale på Andenes.

Det bekrefter de på en pressekonsferanse i Andøy nå nettopp.

Dette er den største bevilgningen de har gitt til et enkeltprosjekt noensinne.

The Whale har allerede fått 90 millioner kroner fra Andøy kommune og Andøyfondet for å realisere prosjektet.

The Whale er tillært å være en spektakulær turistattraksjon med en totalkost på 455 millioner kroner. Egentlig var det meningen at bygget skulle stå ferdig i juni 2023, men manglende finansiering har satt en stopper for prosjektet.

Etter at kommunestyret i Andøy bevilget 60 millioner ekstra til prosjektet i juni, er det derimot ny optimisme rundt at staten kommer med penger slik at prosjektet kan realiseres.



FOTO: ILLUSTRASJON: ARKITEKTKONTORET DORTE MANDRUP

20. november 2020 kl. 08:39

Ingen søknad om støtte

Kulturminister Abid Raja (V) lover ingen støtte til The Whale. Det skriver VOL.no. Kjell Børge Finberg (FrP) har spurt kulturministeren hva han vil gjøre for å bidra til at The Whale på Andenes skal bli en realitet. Men Raja svarer at Kulturdepartementet ikke har fått noen søknad om finansiell støtte, og minner om at fristen for å søke støtte til denne typen prosjekter er 1. januar 2021.



ILLUSTRASJON: ARKITEKTKONTORET DORTE MANDRUP

1. november 2019 kl. 12:56

Slik blir The Whale i Andøy

Det danske arkitektfirmaet Dorte Mandrups forslag (bildet) er vinneren av The Whale-konkurransen, melder VOL. Vinneren ble kunngjort på pressekonsferanse i Høyakul i Andøy i dag.



FOTO: ARKITEKTKONKURRANSE FOR THE WHALE

The Whale

Signalbygg på Andenes – vitenskap og kunst

- ▶ Eier/byggherre: The Whale AS
- ▶ Arkitekt: Dorte Mandrup A/S, København
- ▶ Entreprenør: HENT AS
- ▶ Åpningsdato: juni 2027

Fremdrift

- ▶ **30. september:** Oppstart samspillsfase
- ▶ **28. februar 2025:** Kontrakt totalentreprenør
- ▶ **5. mai 2025:** igangsetting av byggearbeidet
- ▶ **1. mars 2027:** The Whale AS overtar bygget
- ▶ **3. juni 2027:** Offisiell åpning



HENT:

Hovedfaser fremdrift

- Grunnarbeid: Q2 – Q3 2025
- Betong: Q3 – Q4 2025
- Råbygg: Q4 2025 – Q1 2026
- Tett bygg og fasade: Q2 – Q4 2026
- Innvendige arbeider: Q2 – Q4 2026
- Ferdigstillelse: Q1 2027

HENT bygger The Whale – Status

► <https://prosjekt.hent.no/whale/>

4. juni: Formaliteter på plass, spaden i jorda

Byggingen av The Whale er i gang – 4. juni 2025

Etter flere uker med intensivt arbeid er finansieringen av The Whale nå sikret. Den avgjørende delen er kommet på plass gjennom lån fra bank og Innovasjon Norge.

Byggingen starter umiddelbart, og med en byggetid på under to år skal det ikoniske bygget stå ferdig i god tid før sommersesongen 2027. Planlagt åpning er 3. juni 2027.

The Whale er Norges største reiselivsprosjekt med både privat og offentlig finansiering. Prosessen med å få finansieringen på plass har vært krevende, men preget av godt samarbeid mellom eiere, långivere og partnere.

Det opprettet en egen nettside for byggeprosjektet, hvor det publiseres oppdateringer, driftsmeldinger og annen relevant informasjon. Lenke: www.hent.no/whale



Grunnbeinnetleggelse 2025-08-08



Gravearbeider 2025-09-04

Grunnbein nedleggelse, hva for noe?

► Grunnbein nedleggelse 2025-08-08



8.

Fredag 8. august 2025 kl. 15:00–16:30

Grunnbein nedleggelse for The Whale

Fyrvika

Om Diskusjon

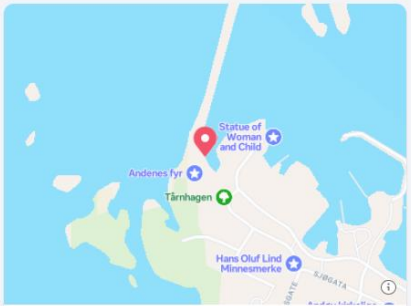
Detaljer

- 156 personer har svart
- Arrangement av The Whale
- Fyrvika
- Varighet: 1 t 30 min
- Offentlig · Alle på eller utenfor Facebook

Grunnstein? Nei, vi legger ned et GRUNNBEIN!
Hjertelig velkommen til seremoni!
Fredag 8. august feirer vi byggestarten på The Whale med en helt spesiell seremoni i Fyrvika på And... [Se mer](#)

Andenes, Nordland, Norway

Møt arrangøren



Fyrvika
Hamnegata 2B, 8480 Andenes, Norge

27.07.2021

Grunnbein, ikke grunnstein

– Arkeologene har funnet hvalbein som de mener kan være fundament i gamle bygninger under utgravningene i Sløyken der vi skal bygge The Whale. Vi bestemte oss jo der og da. Vi må selvsagt legge ned grunnbein, ikke grunnstein når fundamentet til The Whale skal på plass, sier Benn Eidissen, styreleder i The Whale.

– Det var under en felles lunsj for deler av styret i The Whale og arkeologene med påfølgende omvisning i utgravningsområde nylig, at vi fikk presentert denne ytterst spennende informasjonen. Vi har jo vært klar over at arkeologene fra Norges arktiske universitetsmuseum hadde funnet flere gjenstander laget av hvalbein, men vi kunne ikke tro våre egne ører da arkeolog Jørn Henriksen og hans stab kunne fortelle oss at de har gjort funn som tyder på at ryggvirvler fra hval har vært brukt som fundament i et bygg som har vært reist i akkurat det område der vi skal bygge The Whale, sier Eidissen.

Arkeologen bekrefter at funnene de har gjort tyder på denne bruken av hvalbein.

– Slik jeg tolker det vi ser her kan hvalknokkelen ha inngått i fundamentet til en av bygningene funnet under årets utgraving, sier Jørn Henriksen.

Får frysninger

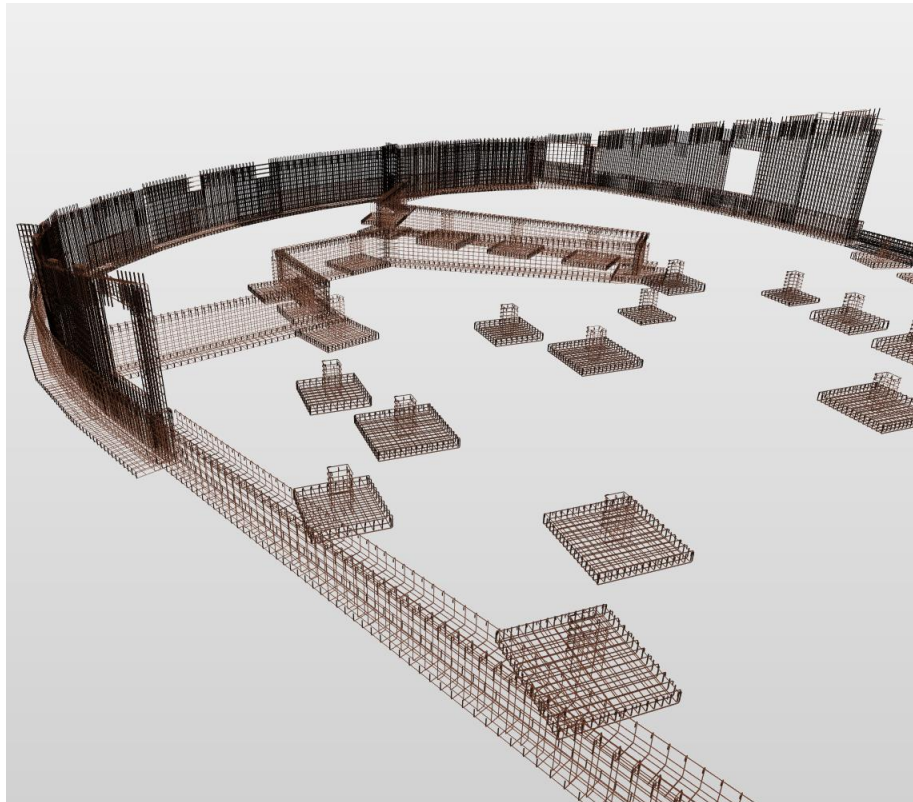
– Jeg kan ikke vente med å fortelle denne historien til hele det internasjonale reiselivsmarkedet som bare venter på at The Whale skal komme, sier marinbiolog Camilla Ilmoni som jobber med media og kommunikasjon i The Whale. For kort tid siden møtte hun mer enn 30 aktører fra hele verden i digitale møter. De ville alle vite mer om The Whale.

– Slike historier får det til å gå kaldt nedover ryggen på meg. Hvem hadde drømt om at vi kunne få en slik eventyrlig historie i gave fra arkeologene. Tenk dere at akkurat der vi skal bygge The Whale viser det seg at folk langt tilbake i tid har fundert husene på hvalbein. Dette er en nydelig historie når vi skal fortelle verden om møte mellom hval og mennesker, sier Ilmoni.

Utgravingen avsluttes snart

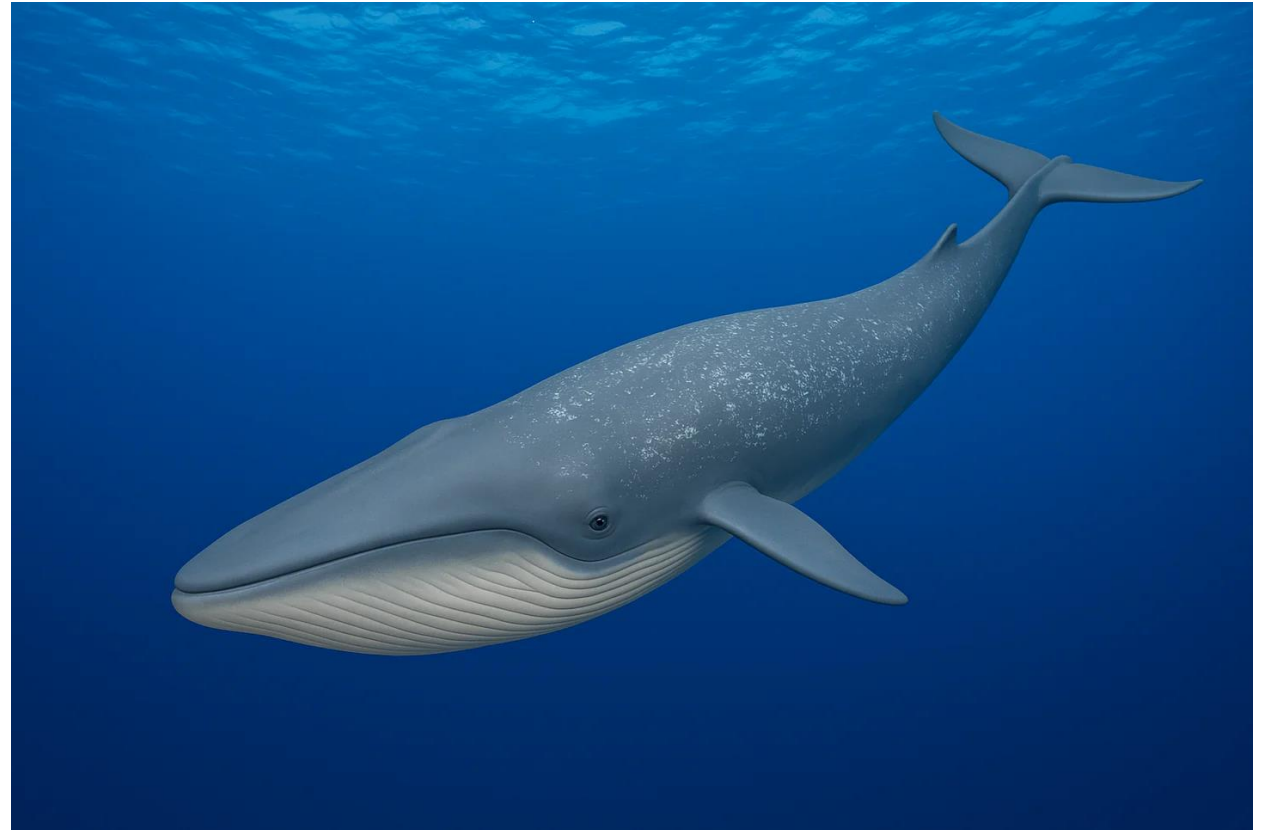
Utgravingen avsluttes ved utgangen av juli, og har da vart i de planlagte åtte ukene. Utgravingen har et budsjett på 9,3 millioner, og har vært utført av en stab på 12 arkeologer.

HENT bygger The Whale – Status



Betongarbeider 2025-10-13

The Whale - bilder



The Whale - bilder



The Whale - bilder



The Whale - bilder



The Whale - bilder

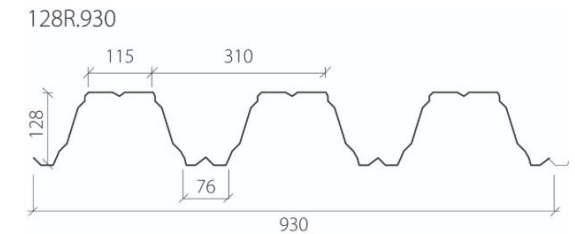
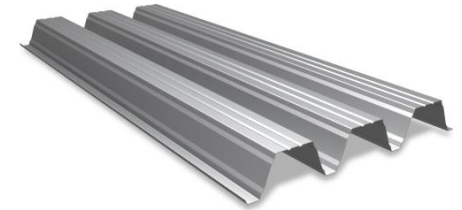
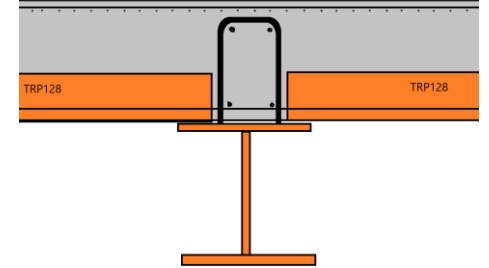
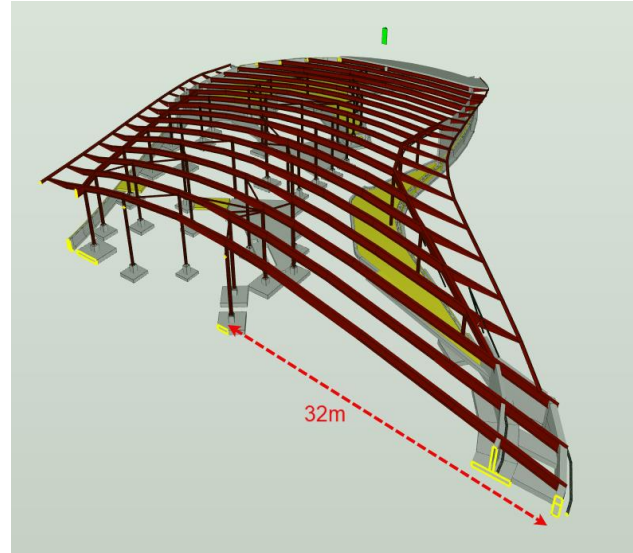
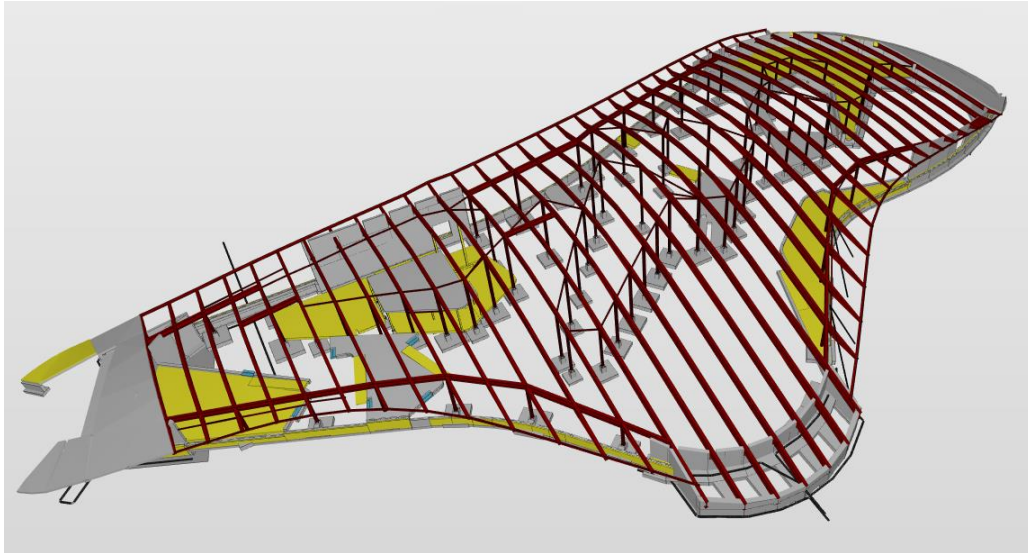


Samarbeid på tvers av kontorer i Norconsult

- ▶ Norconsult har nesten alle fag unntatt ARK og LARK
- ▶ Byggavdelingen i Trondheim – Prosjektledelse, armeringstegninger, Revit ++
- ▶ Analyseavdelingen i Sandvika – Globalstatikk, betongdekke og samvirke mellom dekke og bjelker
- ▶ Industriavdelingen i Trondheim – Ståldimensjonering og FEM-design / IDEA Statica
- ▶ Havn og kystteknikk i Trondheim – Bølgeanalyser for høydeplassering mtp. flo og bølger. Molo og flomvern

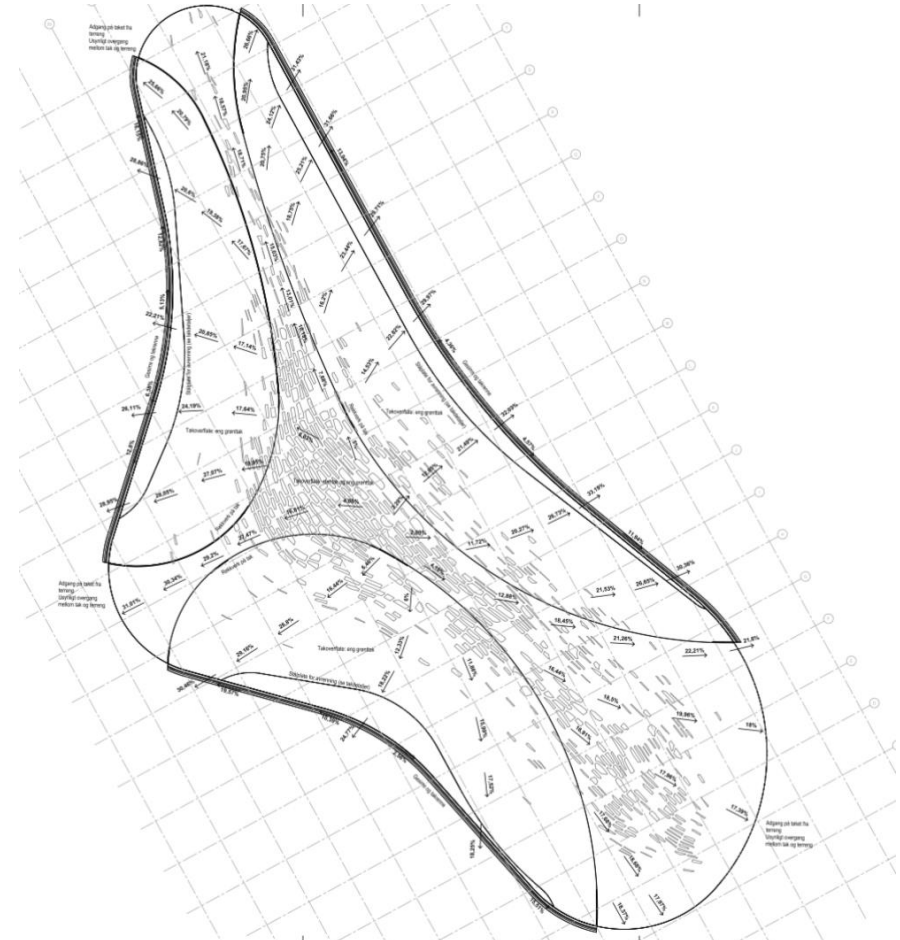
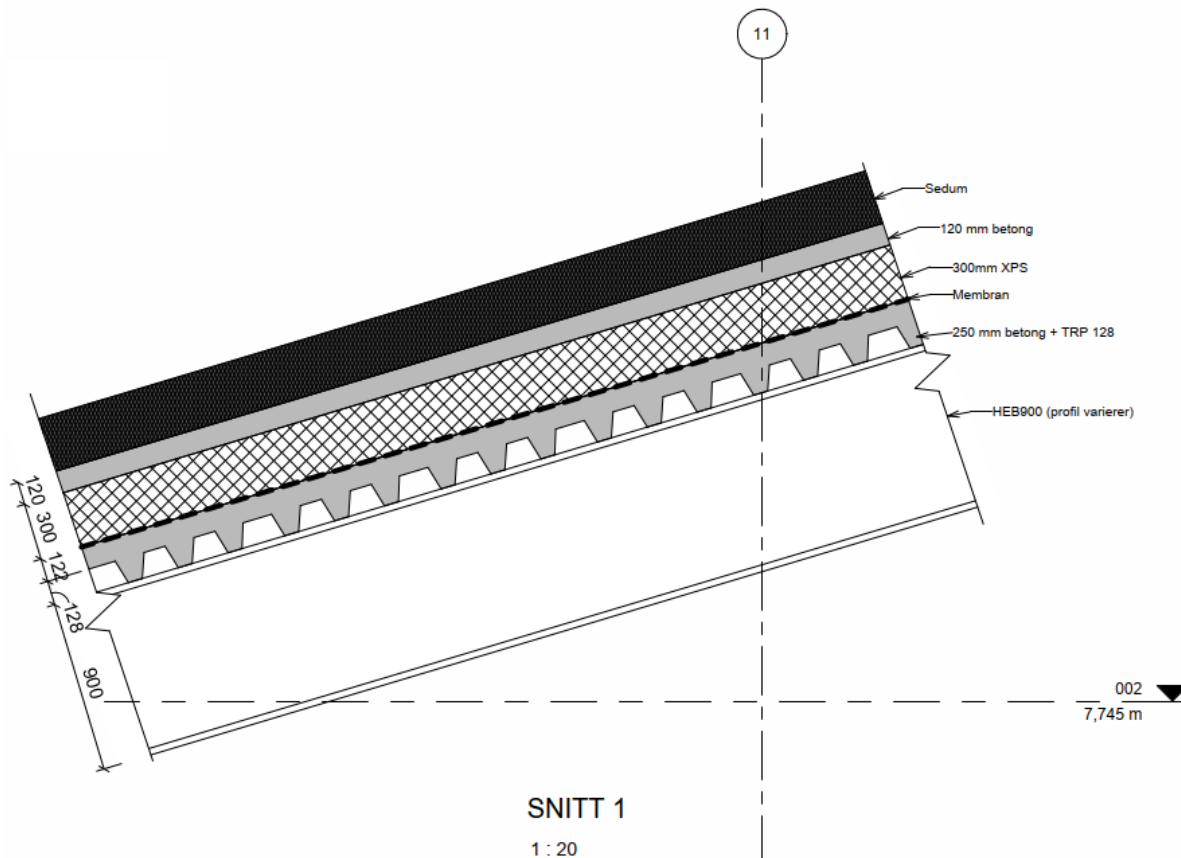
The Whale – utforming og oppbygning

- ▶ Konstruksjonen består av bjelker, søyler og TRP-dekke støpt med betong
 - ▶ Betongdekket tar seg av globale effekter og horisontale laster
 - ▶ Stålbjelker er «skjelettet» til betongdekket og tar de fleste vertikale laster
 - ▶ Stålsøyler under bjelker. Betongvegger langs rendene



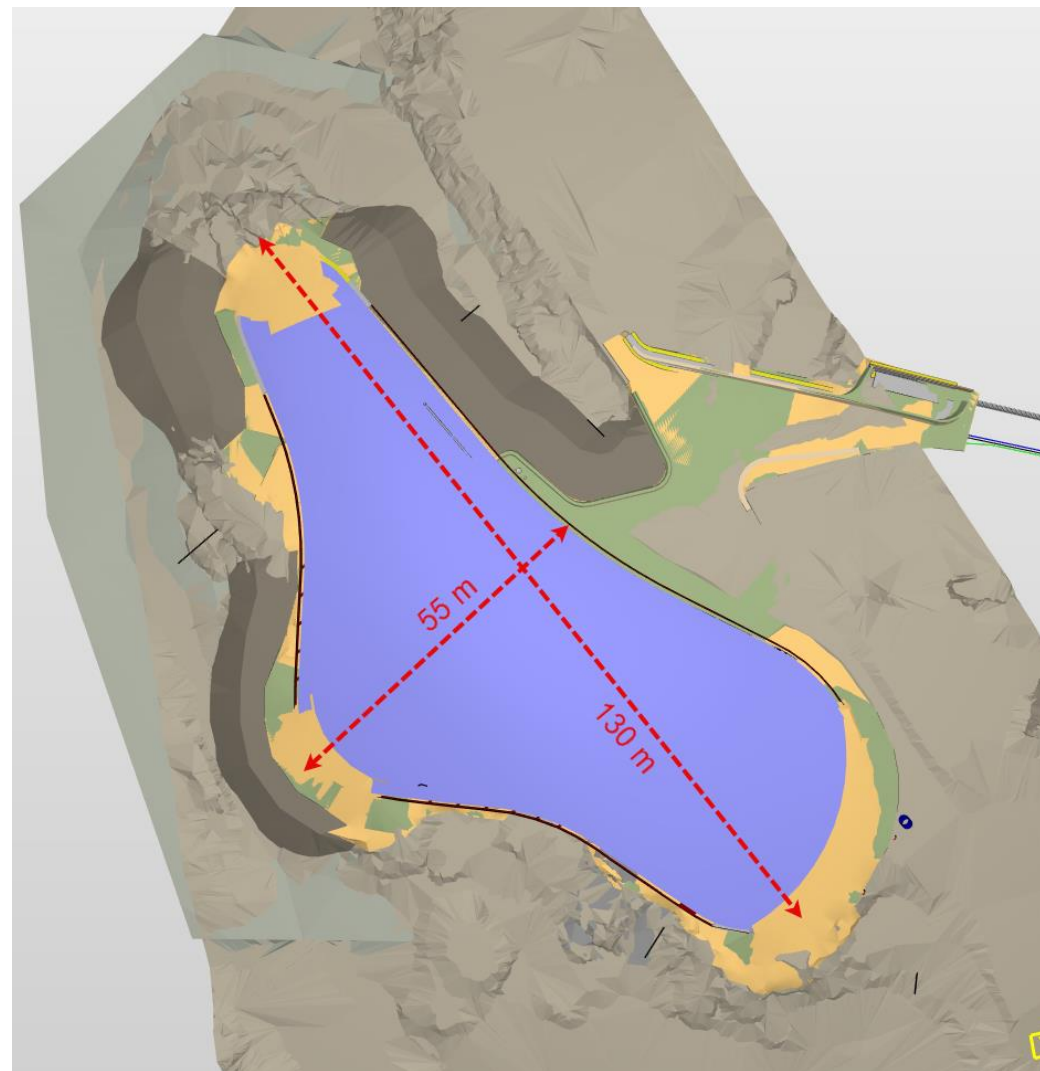
The Whale – utforming og oppbygning

- Oppbygging med XPS, påstøp og Sedumtak med steinheller for gangtrafikk



Mengder

- ▶ Areal tak: ca. 4900 kvm
- ▶ Vekt stålbejler – HEB600-HEB1000
 - ▶ 450 tonn / 1374m
- ▶ Vekt armering – Generelt $\varnothing 12$ s150
 - ▶ 93 kg/m³
 - ▶ 86 tonn
- ▶ Vekt betong – TRP128 + 250mm
 - ▶ 2200 tonn
- ▶ Vekt påstøp (12 cm)
 - ▶ 1400 tonn

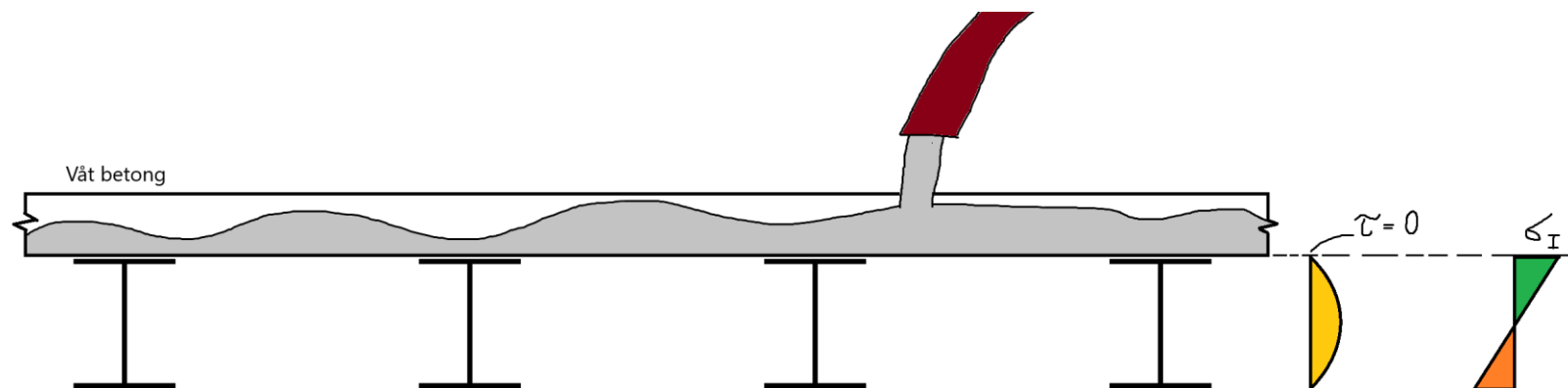


The Whale – utforming og utfordringer

To faser:

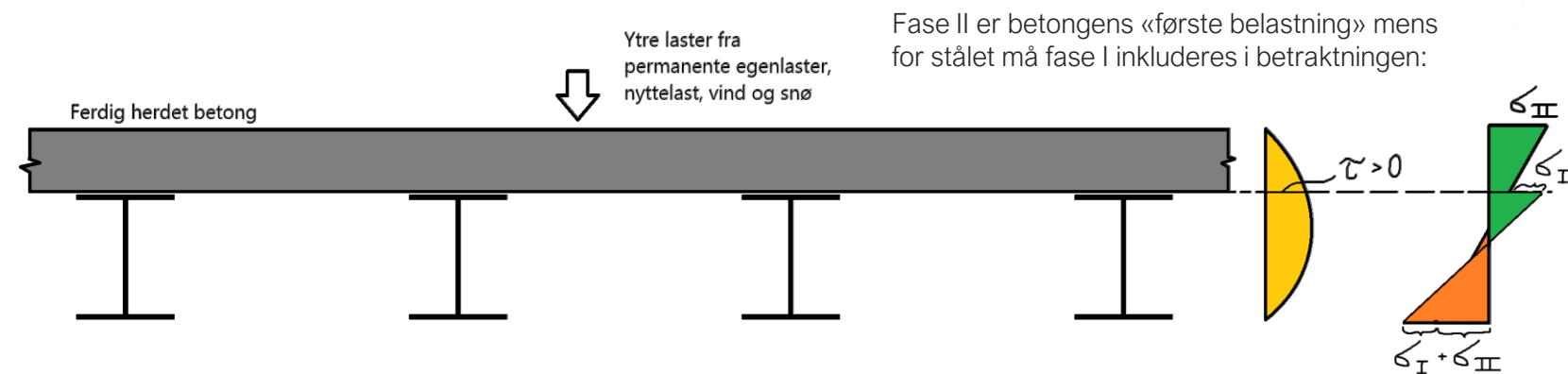
Fase I: Utstøping

- Betongen er ikke konstruktiv. Kun dødvekt.
- Stålet må ta laster i denne fasen alene
- Ingen samvirke
- Stålets stivhet bestemmer deformasjonen



Fase II: Ferdig herdet

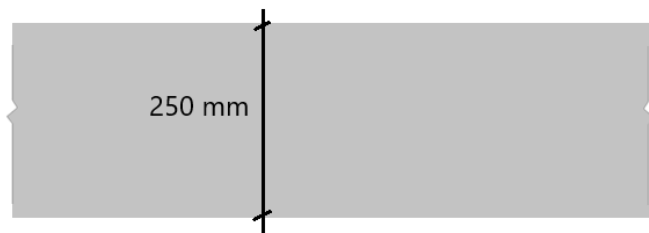
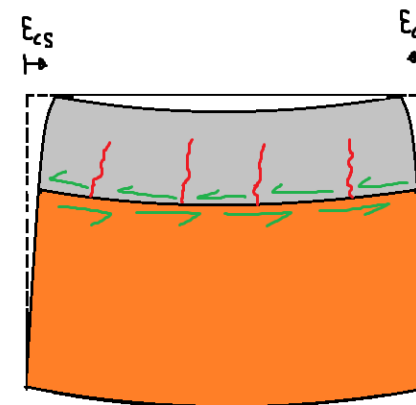
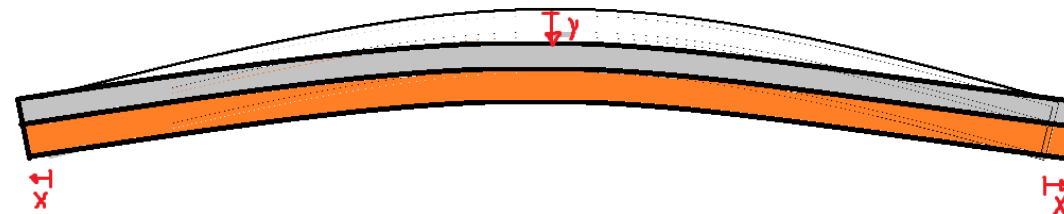
- Samvirke - Betong og stål virker sammen
- Betongen er konstruktiv og bidrar med stivhet
- Skjærstrøm mellom betong og stål
- «Systemet» må ta alle fremtidige laster



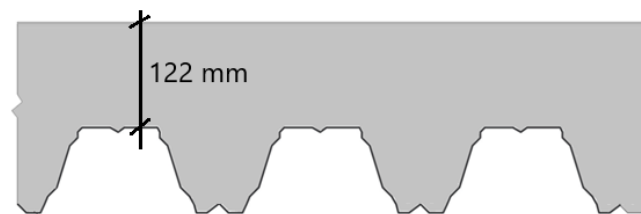
The Whale – utforming og utfordringer

Flere hensyn må tas når vi beregner betongdekket

- Komplisert geometri, dobbeltkrumt skall
 - Både i-planet-krefter (membrankrefter) og ut-av-planet krefter som må kombineres
 - Store deformasjoner når buen «trykkes ut»
 - Glidelager vs. horisontalt opptak av krefter i betongvegger. Unngå / «forstå» tvangskrefter
 - Svinnsammentrekning i betongen
- Samvirke mellom lange stålbejler og betongdekke
- Betongdekke har forskjellig stivhet i lengde- og tverretning pga. TRP-formen
 - Betongen har ribber i hovedretning, ned mot 120 mm i tverretning
 - Ortotropisk platevirkning i globalmodellen



Hovedretning



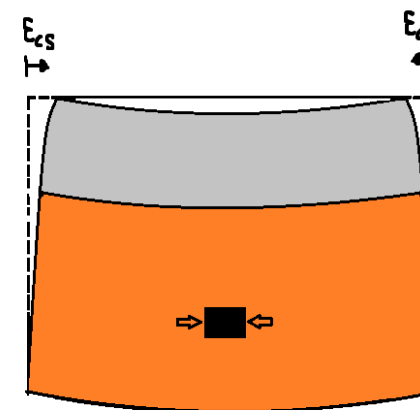
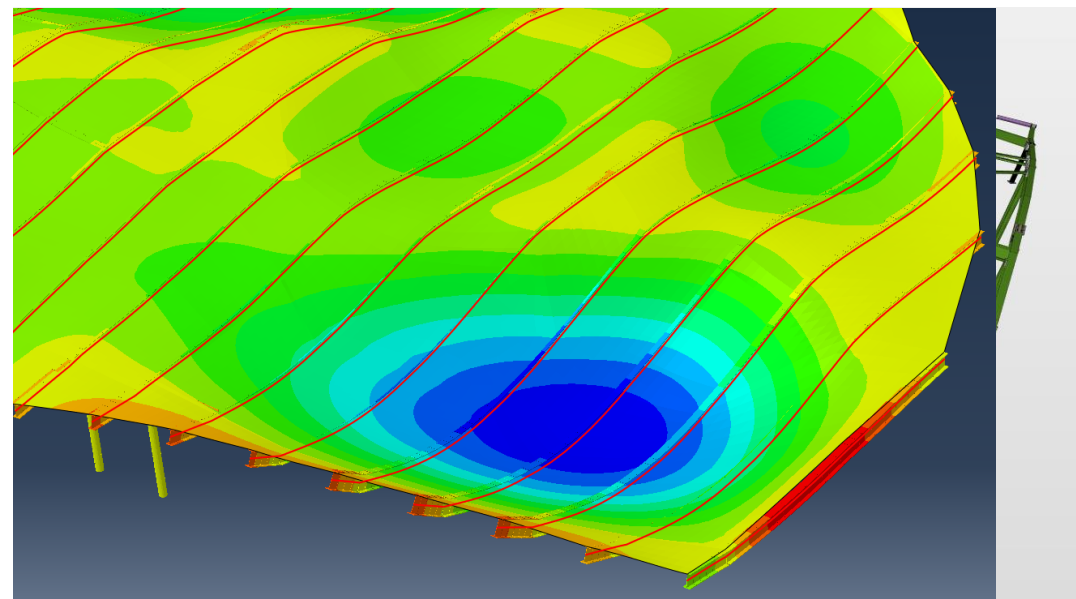
Tverretning

The Whale – utforming og utfordringer

Flere hensyn må tas når vi beregner stålbjelkene

Betongen støpes uten stimpling hvor TRP'en blir forskaling. Bjelkene må virke i «2 faser»:

- Fase I - Før betongen herder: Stålbjelkene må bære all egenvekt alene
 - Må ha egen modell for montasjefasen
 - Kontroll av løft fra vind under montasje
 - Komplisert stageplan når taket deformeres under støping
- Fase 2 – Etter at betongen har herdet: Betongdekke og stålbjelker virker sammen
 - Får stort trykk og moment under betongens svinnsammentrekning
 - Større deformasjoner enn ved bruk av stimpling
 - Total deformasjon = initial deformasjon fra egenvekt i **fase I** + deformasjon fra andre laster i **fase II**



The Whale – utforming og utfordringer

Utfordring: Krum og avansert geometri krever egnet programvare. Program må takle NL geometri, krumme flater, kontaktbetingelser, god mesh-løser etc..

Løsning: Abaqus

Utfordring: Abaqus er svært generelt og dårlig til bruk av lastkombinering, post-prosessering, kodesjekk av stål/betong. Tidsmessig utfordring å hente ut snittkrefter i mange snitt

Løsning: Siden montasjemodell uansett må lages, kan bjelker prosjekteres i FEM-design.

1) Globalmodell i Abaqus

- ✓ «Endelig konstruksjon» etter støp – Fase II
- ✓ Dybel-forbindelse mellom stål / betong etter støp
- ✓ Vindkrefter og globale effekter
- ✓ Svinneffekter og skallets effekt på bjelker
- ✓ Dimensjonerer betongen i Abaqus
- x Gir ikke informasjon om deformasjoner før betongen er herdet
- x Underestimerer bjelkenes snittkrefter ved direkte uttak

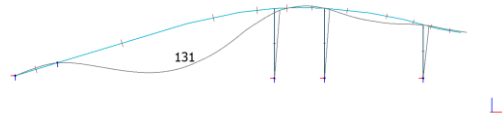
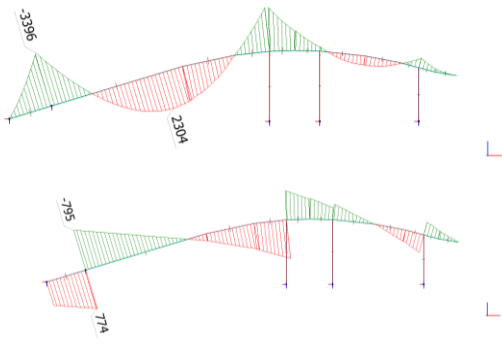
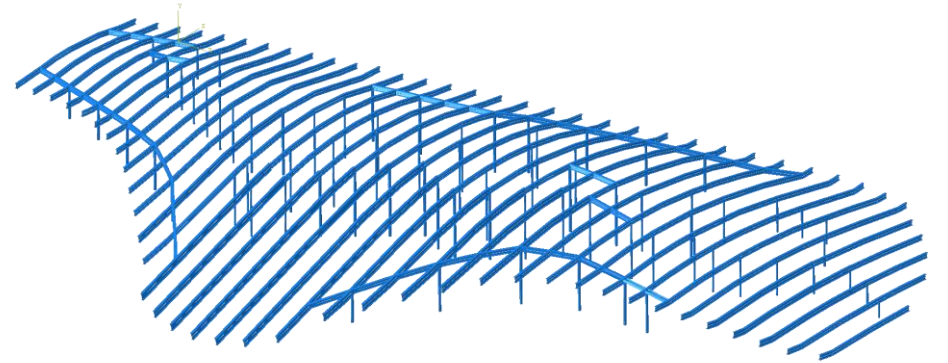
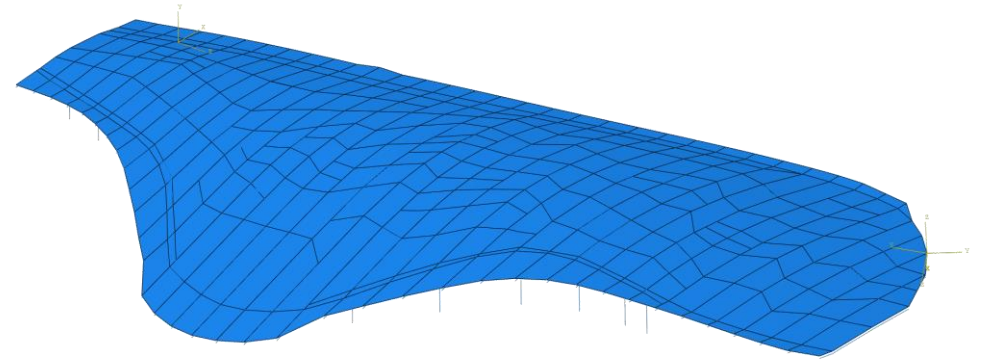
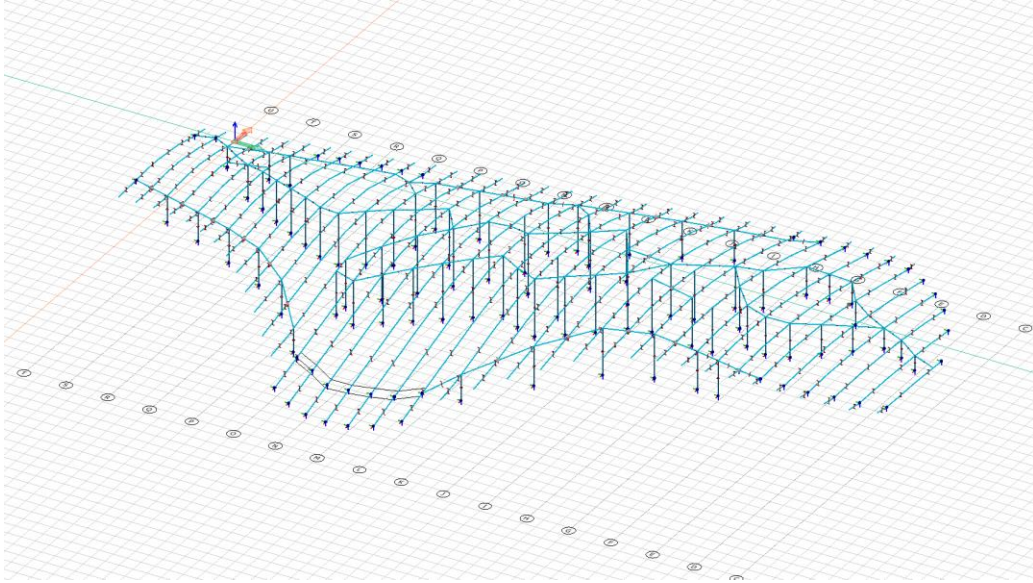
- ✓ Søyler dimensjoneres ut ifra makslast av disse to modellene
- ✓ Ved å «samle» informasjonen fra begge modellene kan «alt» beregnes
- ✓ Stålbjelker som blir overutnyttet i FEM-Design kontrolleres ved å slå sammen programmene

Ny utfordring: Få «alle» til å snakke sammen, både programvare og kollegaer. Lett for at ting havner mellom to stoler.

2) Bjelkemodell i FEM-Design

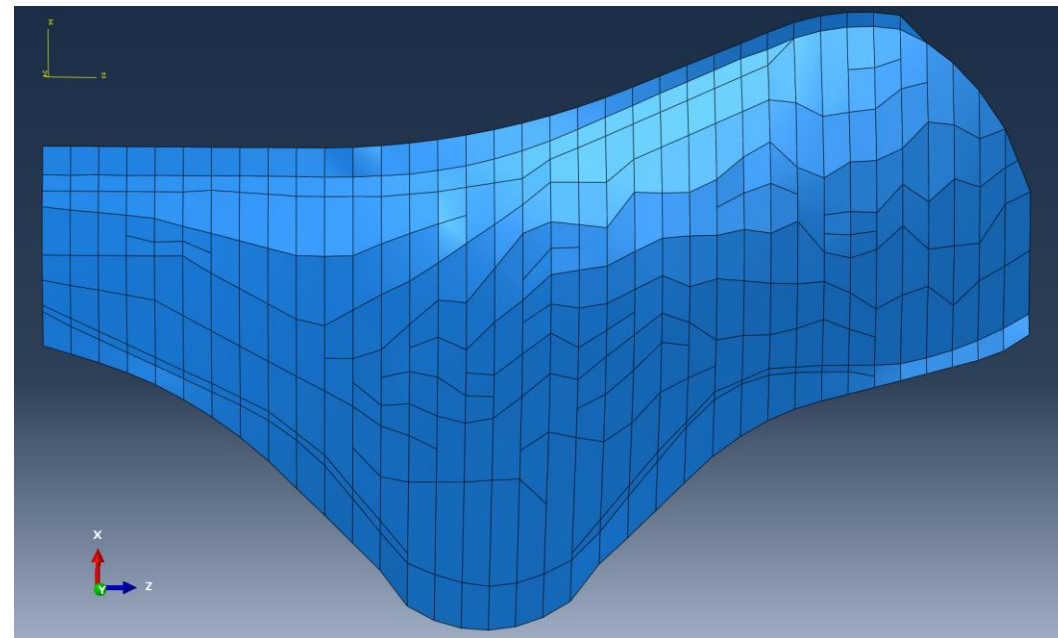
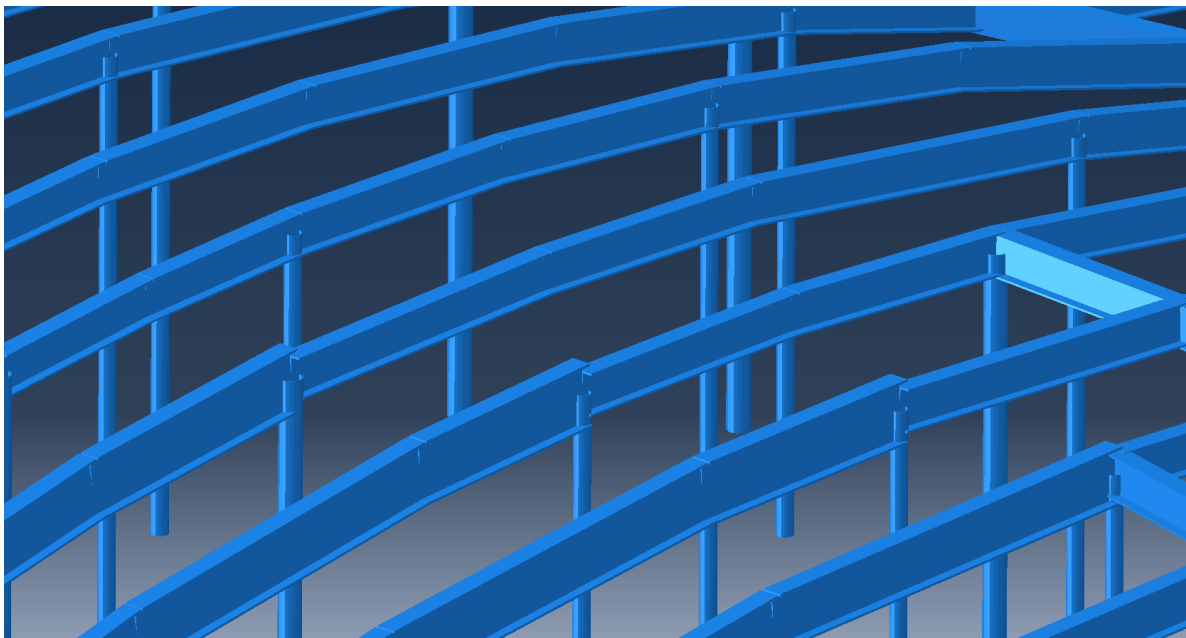
- ✓ Kontroll av montasjefasen før skallet er på plass – Fase I
- ✓ Dimensjonerer stålbjelker konservativt så langt det lar seg gjøre med enkle linjelaster fra vekten av tak («Fase I+II»)
- ✓ Inkludert kodesjekk for stål og enkel oversending til IDEA Statica for knutepunkter
- x Klarer ikke å omfordele ytre krefter slik et stivt & krumt tak kan
- x Overestimerer bjelkenes snittkrefter ved direkte uttak

To modeller



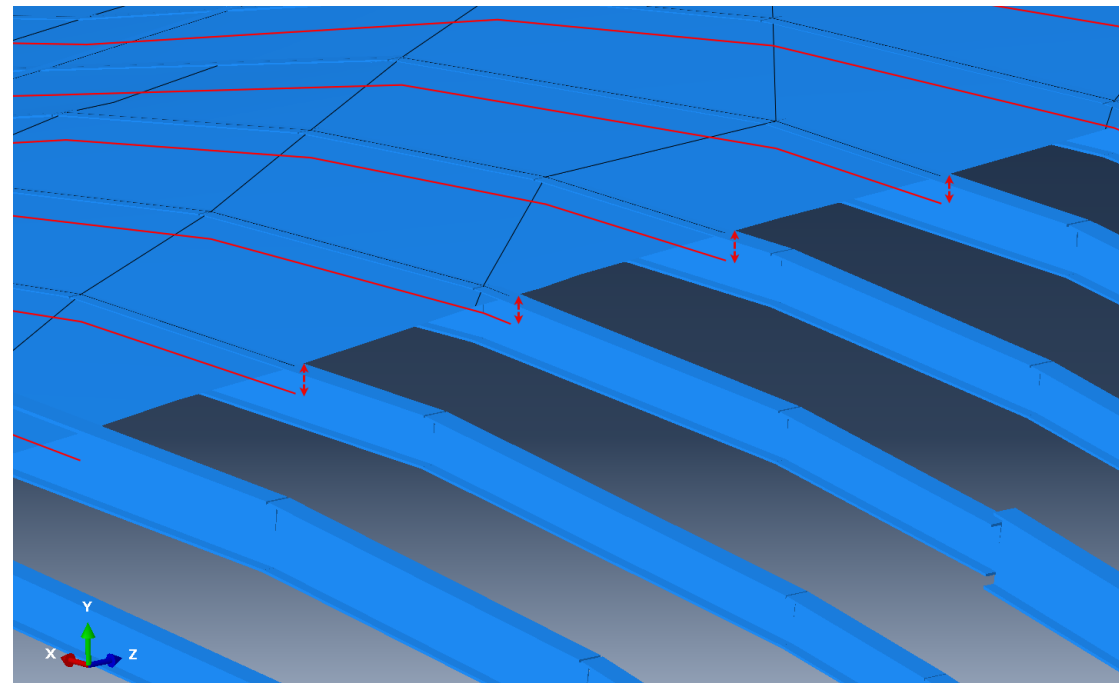
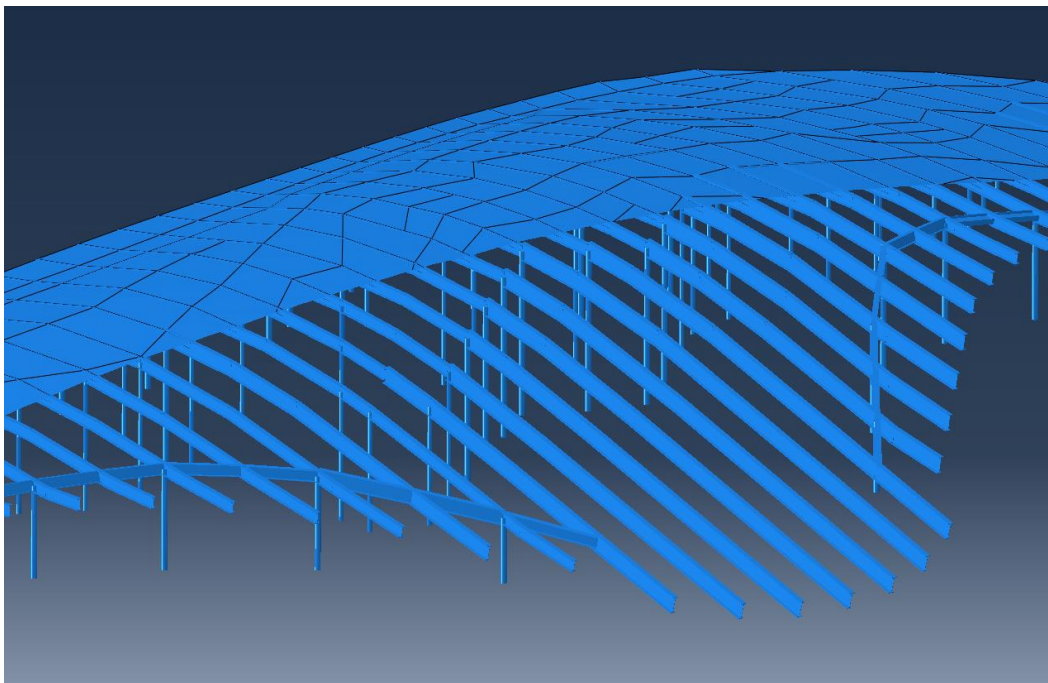
Globalmodell i Abaqus

- ▶ Fokus på å modellere opp bjelkegeometri med riktige knekkpunkter slik som det fabrikkeres
- ▶ Betongdekket modellert som skall mellom hvert knekkpunkt (simulerer TRP-platenes form)



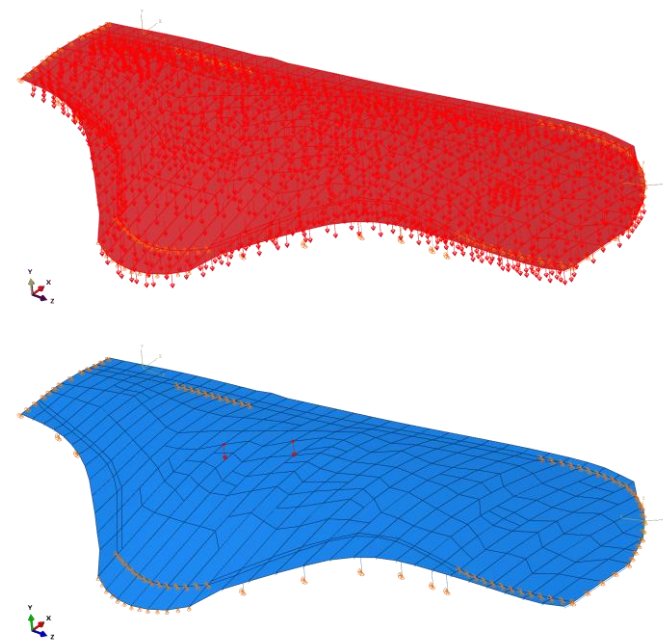
Globalmodell i Abaqus

- ▶ Stålbjelker modelleres med eksentrisitet for å få frem systemets stivhet
- ▶ Skall og bjelker koblet sammen uten mulighet for å skli (tie)



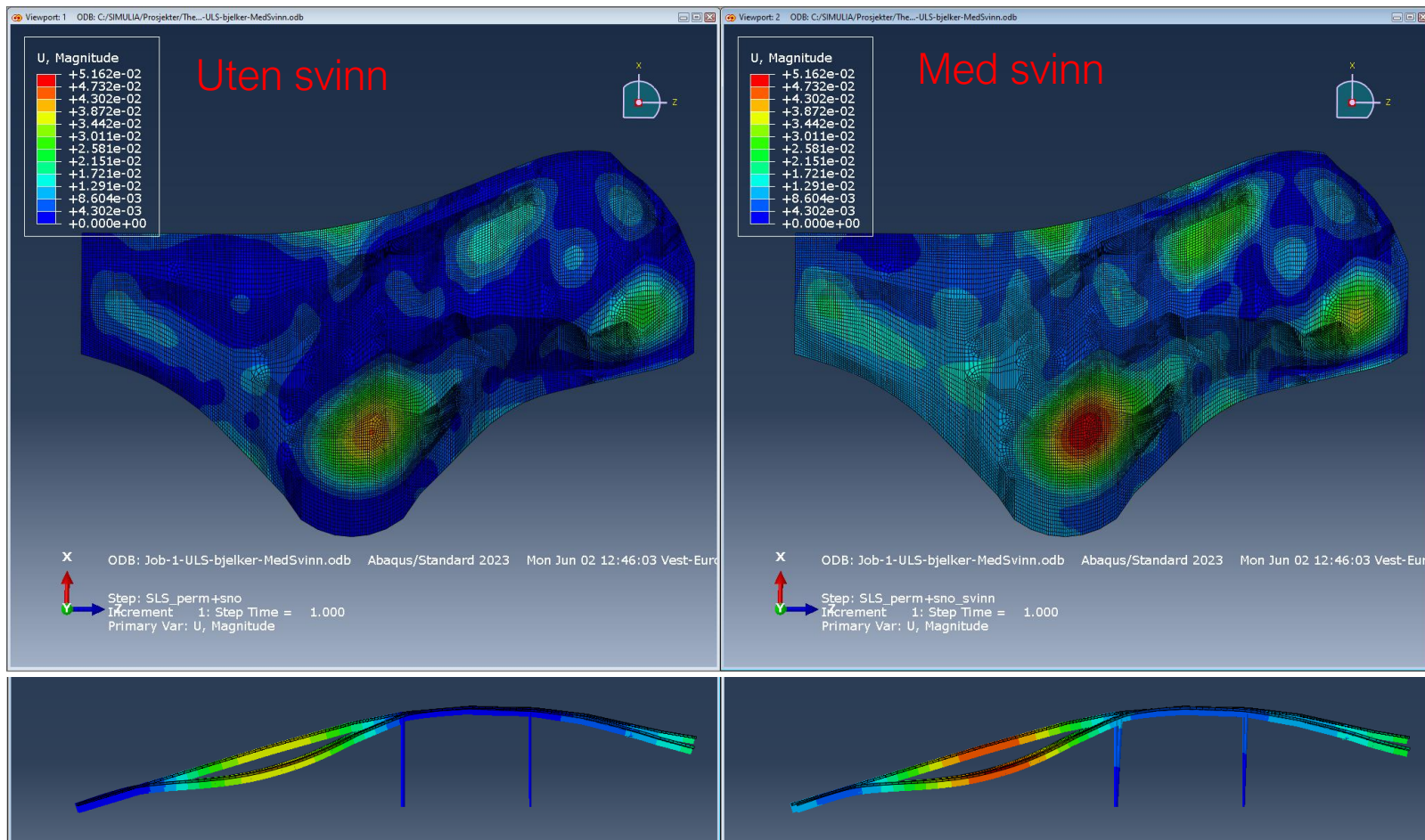
Globalmodell i Abaqus

- ▶ Hensyntar ikke «Construction Stages» – alt virker sammen fra start
- ▶ Inneholder Fase II laster - Permanente laster, snølaster, vindlaster, nyttelaster
 - ▶ Egenvekten til betongen er ikke inkludert, denne håndteres i FEM-Design (Fase I)



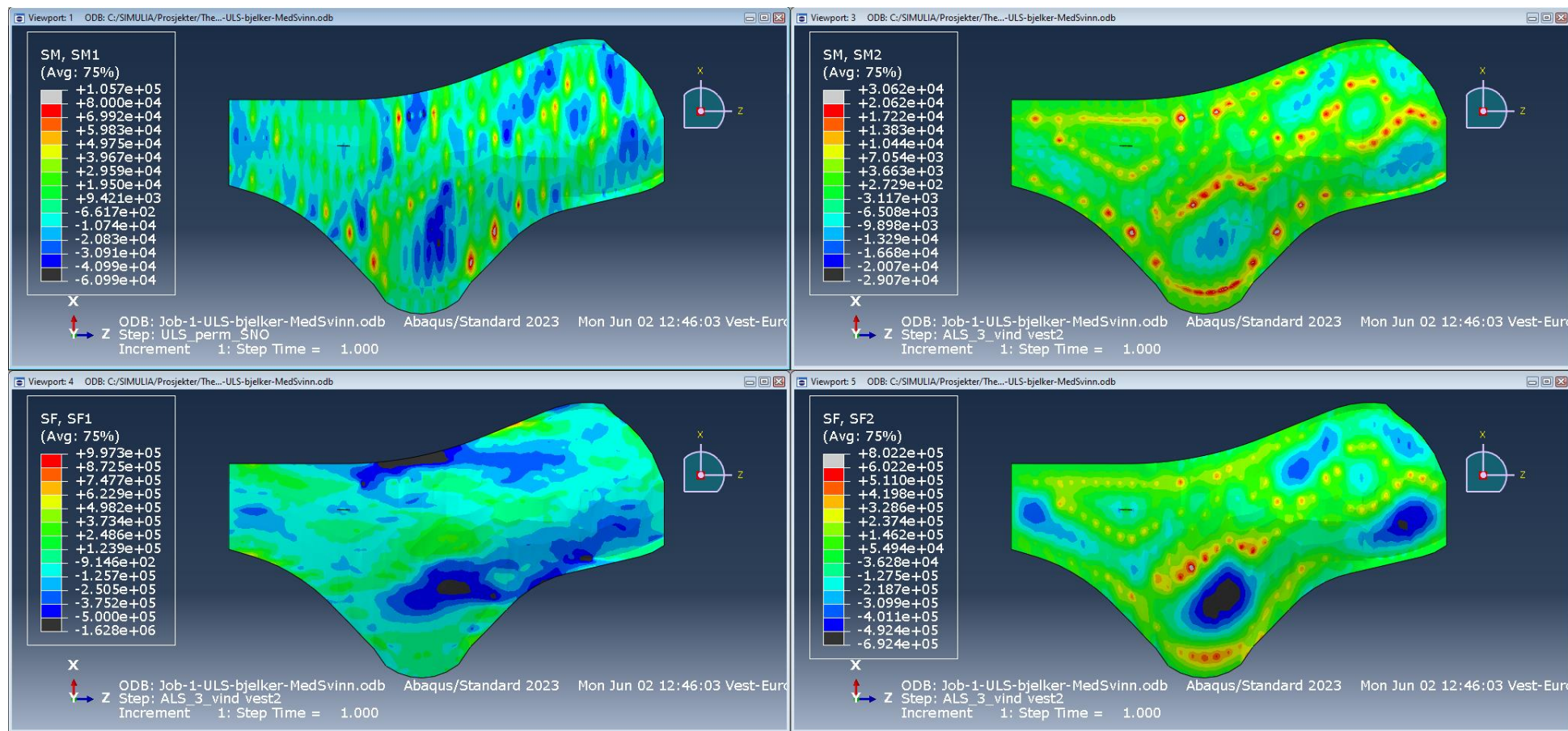
Resultater fra globalmodell

- Studere effekten av svinn: Svinn forsterker deformasjonene



Resultater fra globalmodell

- Får ut momenter, aksialkrefter og skjærkrefter fra Abaqus som post-prosesseres.



Postprosessering i in-house program “Process”

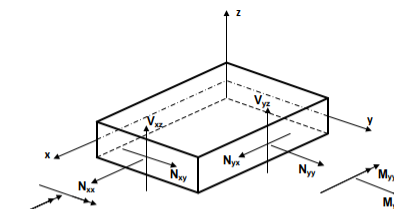
- Kodesjekk til Abaqus utviklet in-house i Norconsult
- Beregner nødvendig armering for dimensjonerende lastkombinasjoner
 - Bygger opp stivhetsmatrise basert på snittkrefter
 - Benytter lamellmetoden og løser stivhetsmatrisen ved iterasjoner
 - Ikke-lineære materialkurver iht. NS-EN 1992-1-1.

Snittkrefter

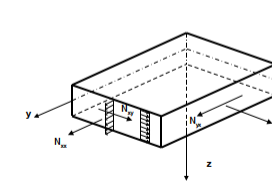
$$N = \begin{bmatrix} N_{xx} \\ N_{yy} \\ N_{xy} \end{bmatrix} = \int_{-h/2}^{h/2} \begin{bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \tau_{xy} \end{bmatrix} dz$$

$$M = \begin{bmatrix} M_{xx} \\ M_{yy} \\ M_{xy} \end{bmatrix} = \int_{-h/2}^{h/2} \begin{bmatrix} \sigma_{xx}(z) \cdot z \\ \sigma_{yy}(z) \cdot z \\ \tau_{xy}(z) \cdot z \end{bmatrix} dz$$

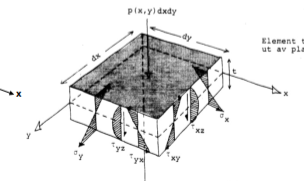
$$V = \begin{bmatrix} V_{xz} \\ V_{yz} \end{bmatrix} = \int_{-h/2}^{h/2} \begin{bmatrix} \tau_{xz} \\ \tau_{yz} \end{bmatrix} dz$$



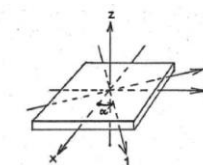
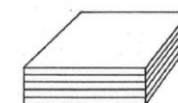
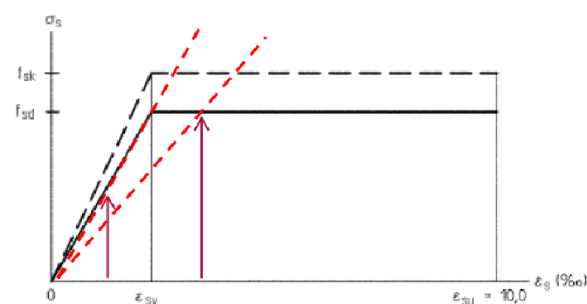
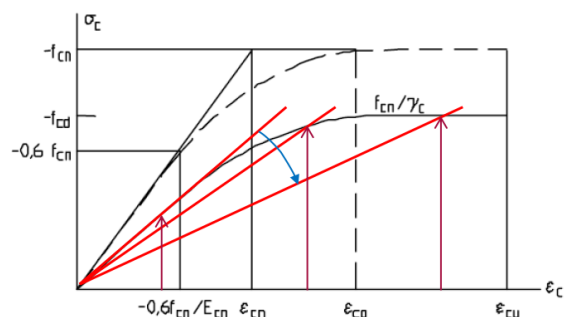
Spenningsresultanter



Membranspenninger



Skjør- og bøyespenninger



Plane stress: One layer is sufficient

Ordinary plate and shell problems:
At least seven layers

Process: 21 layers as default

The integration is then substituted by a summation.

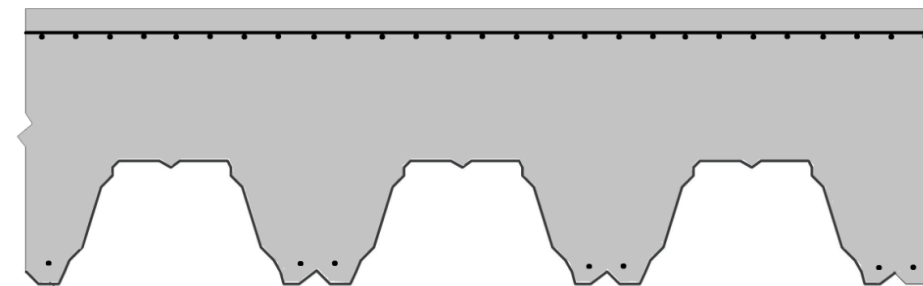
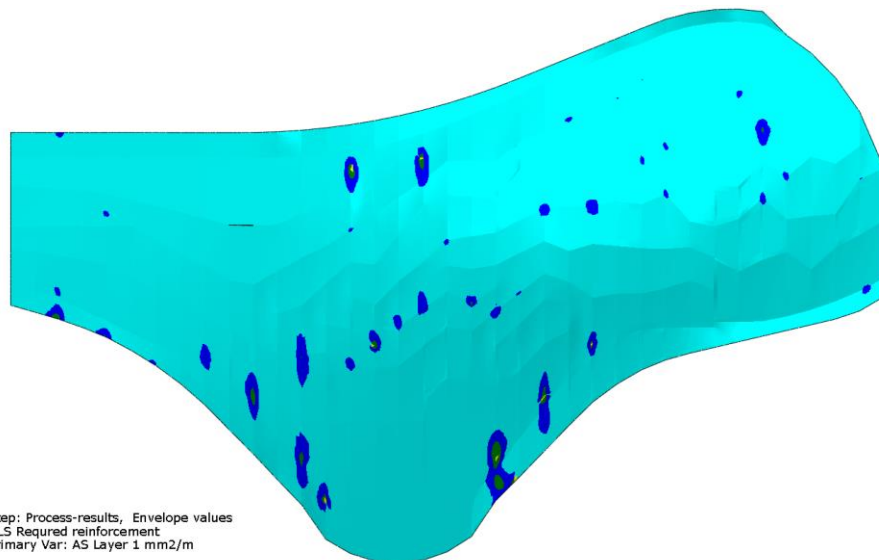
Resultater fra Process

► 3 lag armering

- Overkant og underkant i global z-retning
- Et lag i global x-retning i overkant
- TRP-stål ikke benyttet som armeringsmengder

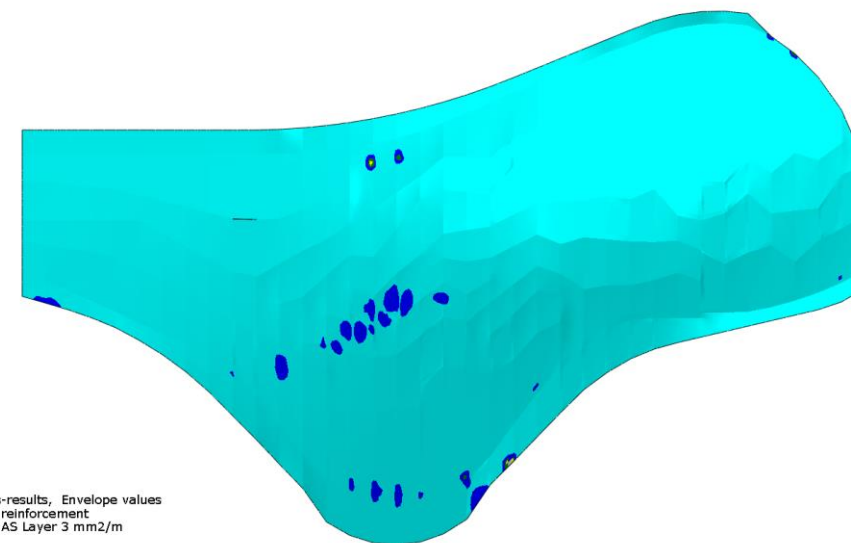
AS Layer 1 mm²/m
(Avg: 75%)

+	2.412e+03
+	1.608e+03
+	1.206e+03
+	8.040e+02
+	0.000e+00



AS Layer 3 mm²/m
(Avg: 75%)

+	4.018e+03
+	2.412e+03
+	1.480e+03
+	1.155e+03
+	8.310e+02
+	0.000e+00



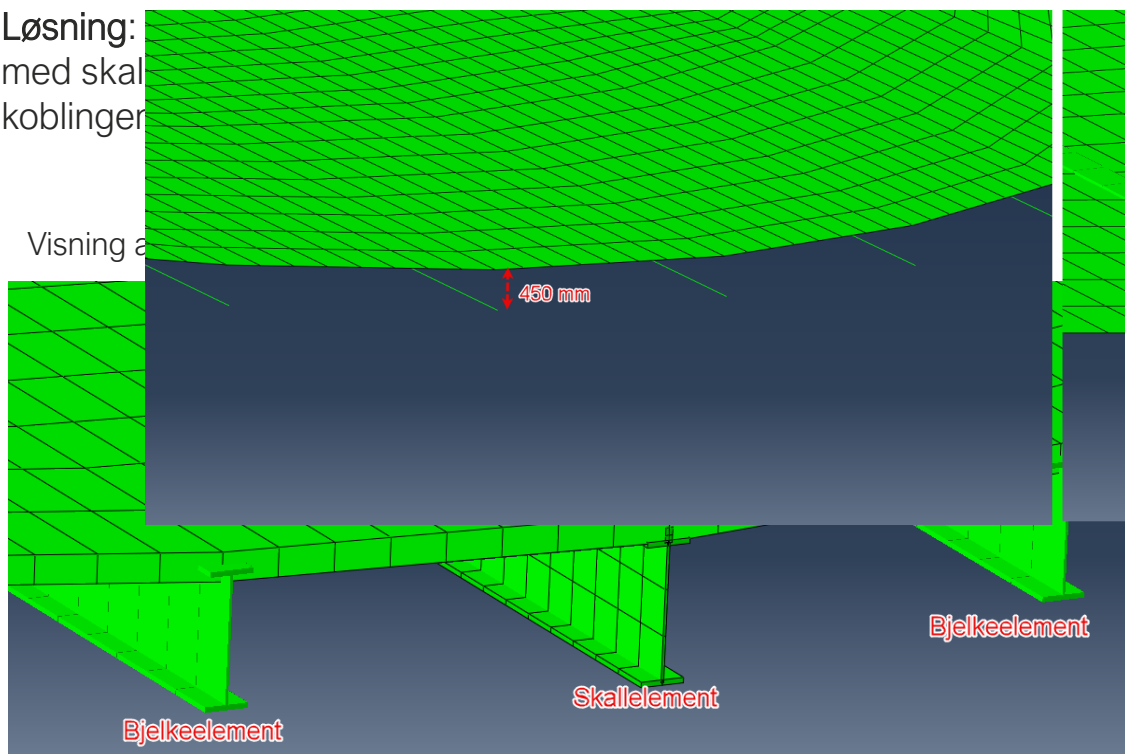
Samvirke mellom bjelker og skall

► Bjelkeelementer (wires) modellert med eksentrisitet

- ✓ Fordeler: Får mer korrekt deformasjonsmønster og dermed bøyemoment til skallet. «Enkel» modell som kjører raskt
- x Ulemper: Kan undervurdere momenter som bjelker bør dimensjoneres for (man må inkludere bidraget i eksentrisitet*kraft)
- x Skjer "noe" mellom bjelke og dekke som vi ikke har kontroll på -> skjærstrømmen

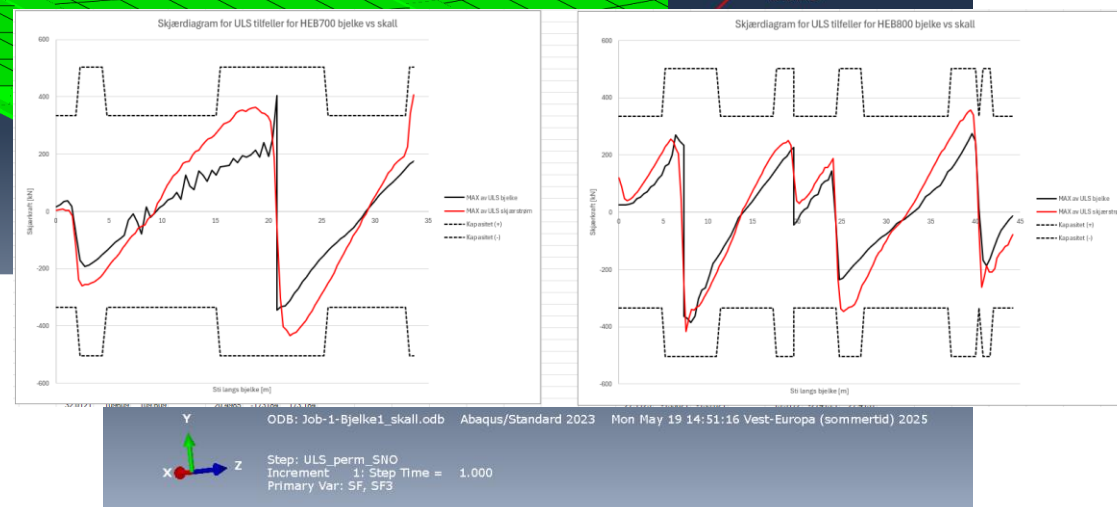
Løsning:
med skal
koblinger

Visning a

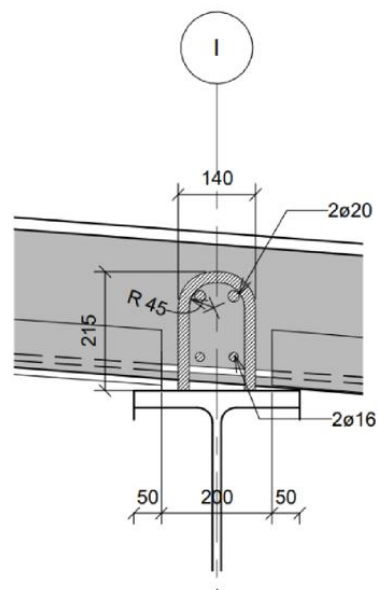


ten mellom bjelke og dekke:

Henter ut skjærstrøm
mellom bjelke og
dekke

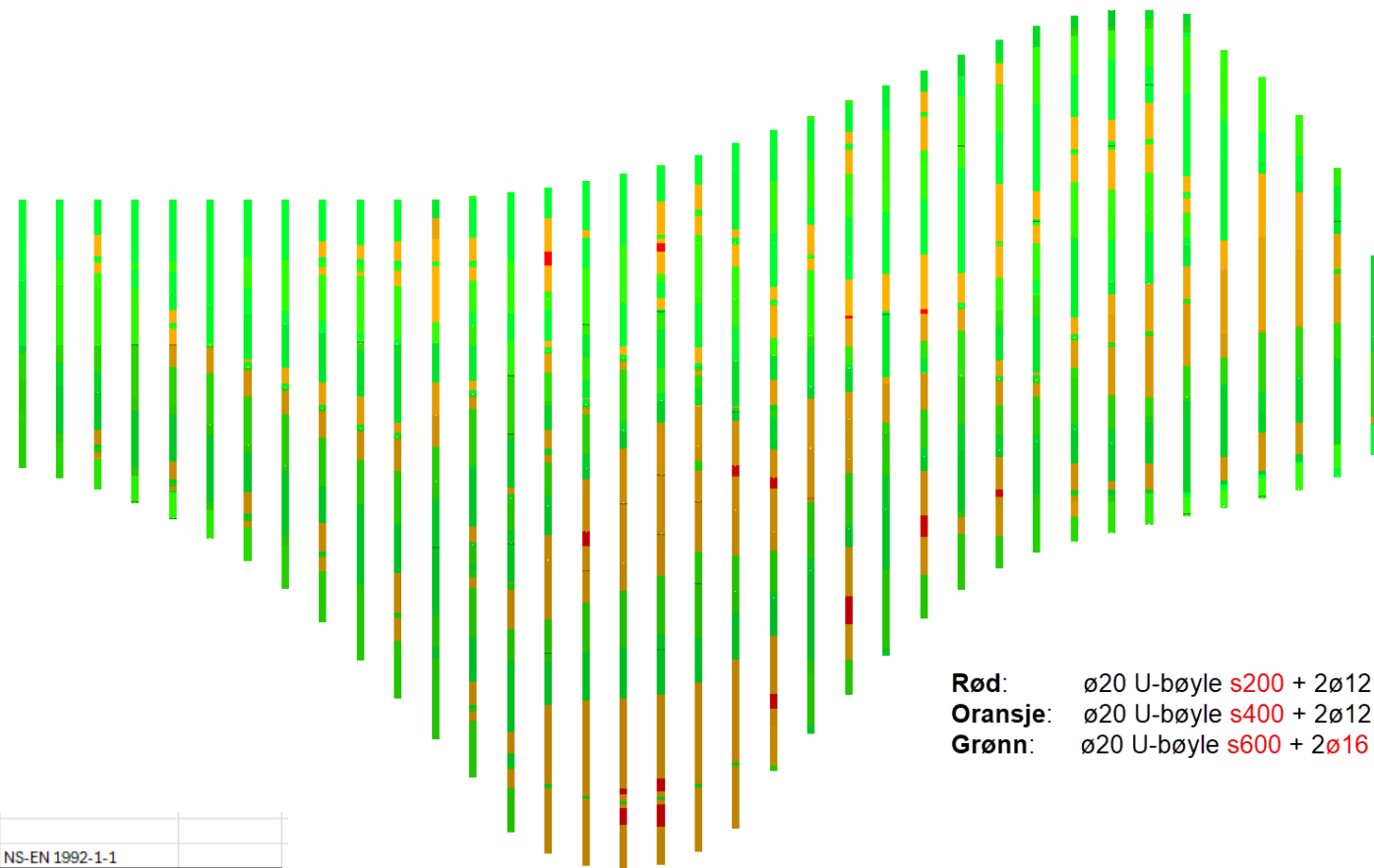


Samvirke mellom bjelker og skall



DETALJ A

1 : 10

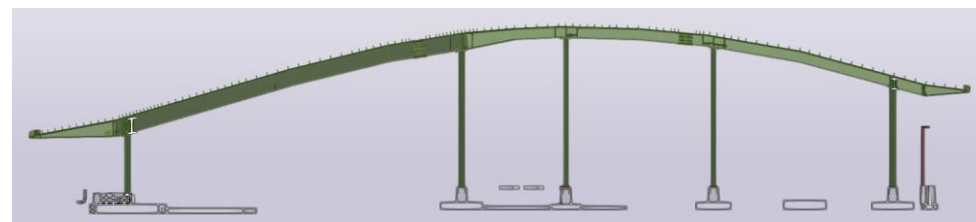
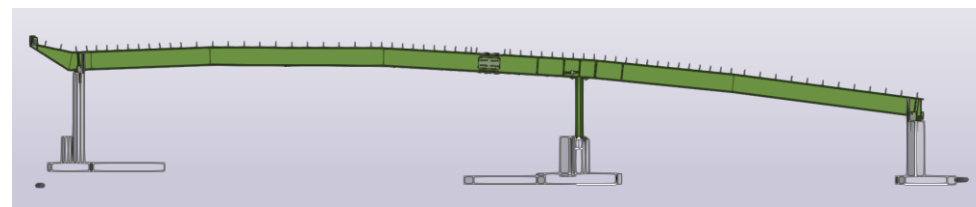
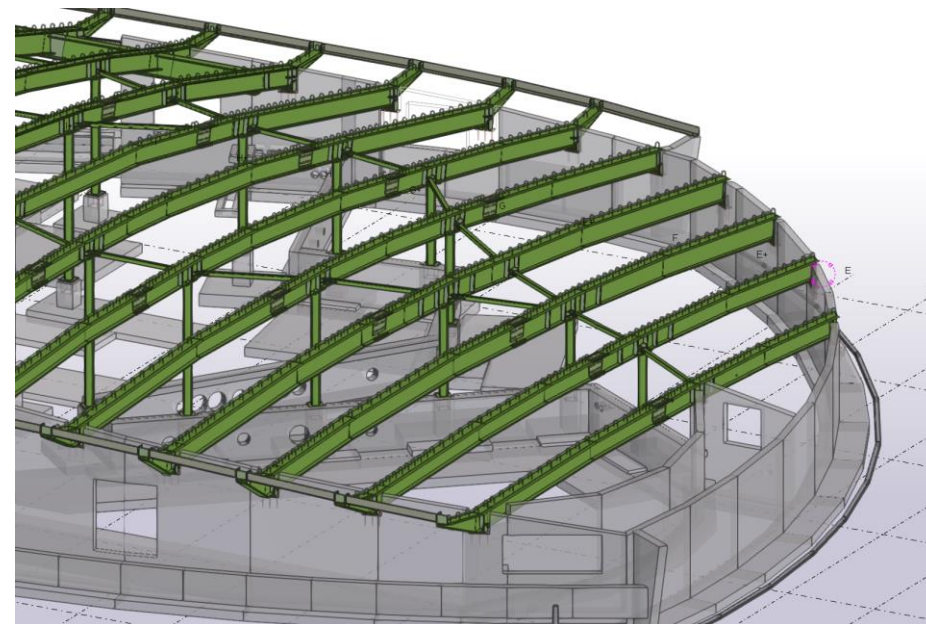
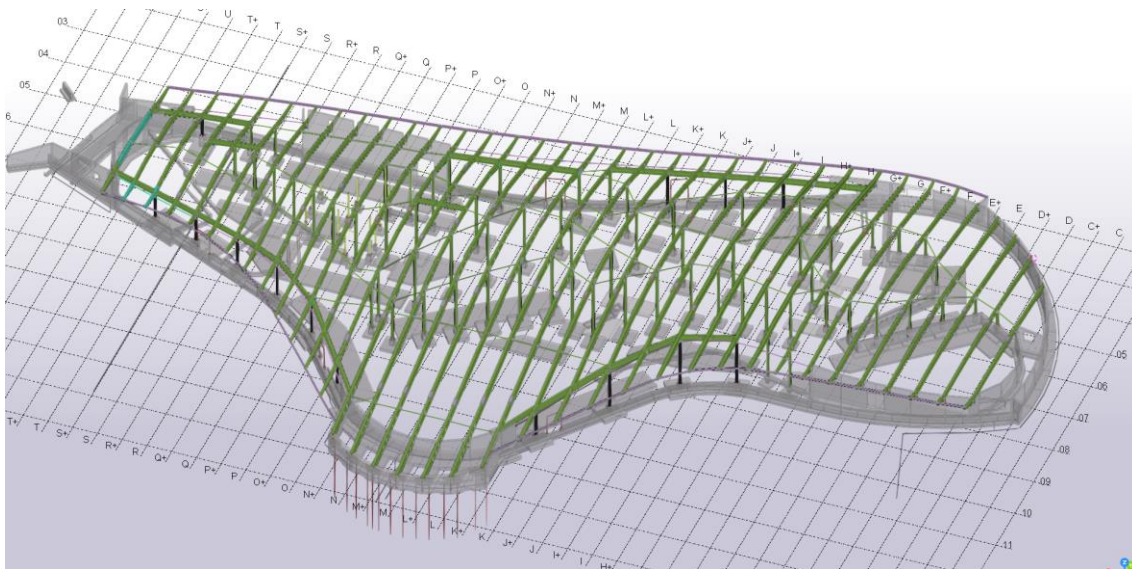


Rød: ø20 U-bøyle **s200** + 2ø12 tverrarmering i UK
Oransje: ø20 U-bøyle **s400** + 2ø12 tverrarmering i UK
Grønn: ø20 U-bøyle **s600** + 2ø16 tverrarmering i UK

Påseiste bøyler på HEB flens				NS-EN 1994-1-1		NS-EN 1992-1-1	
Diameter [mm]	avstand [mm]	Høyde dybel [mm]	Tverrarmering	V.Rd.dybel [kN/m]	V.Rd.armering [kN/m]	V.Rd [kN/m]	
2ø20 U-bøyle	600	200	2ø12 pr. TRP-kanal	335	580	335	
2ø20 U-bøyle	400	200	2ø12 pr. TRP-kanal	503	580	503	
2ø20 U-bøyle	200	200	2ø16 pr. TRP-kanal	1005	1031	1005	

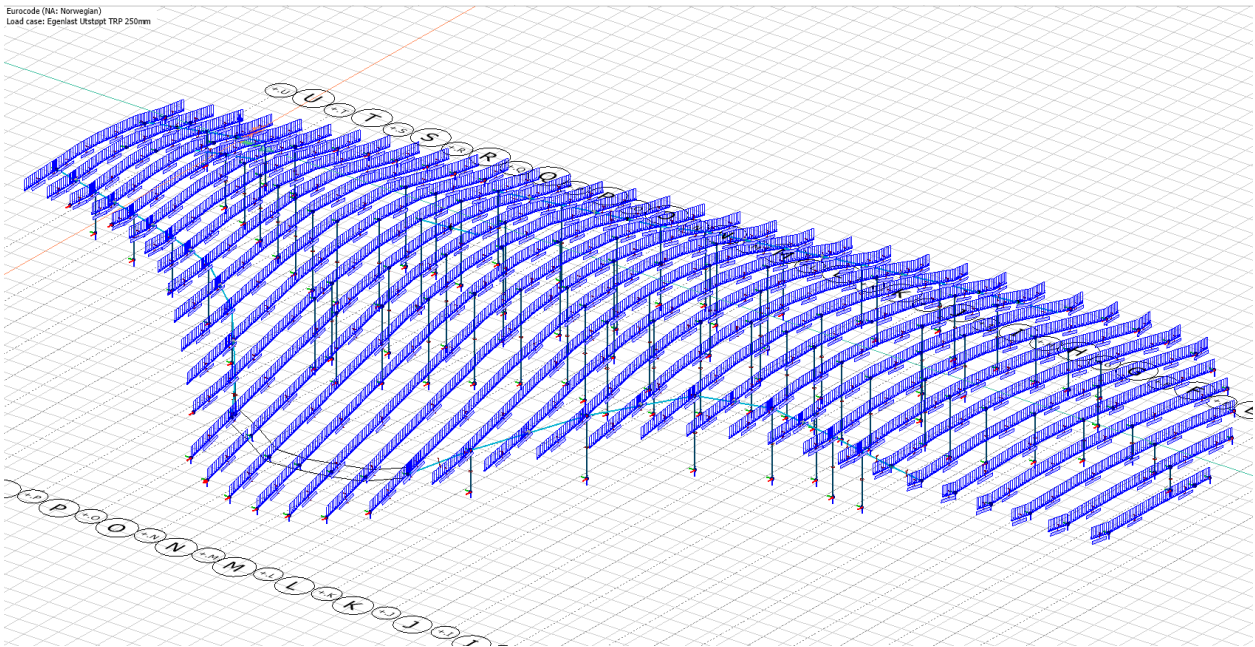
Dimensjonering av stål

- ▶ Detaljering pågår fortsatt
- ▶ Stålet modelleres i Tekla
- ▶ Stålet beregnes i FEM-Design
- ▶ Knutepunkter beregnes i IDEA Statica (kraftinput fra FEM-Design)



Dimensjonering av stål

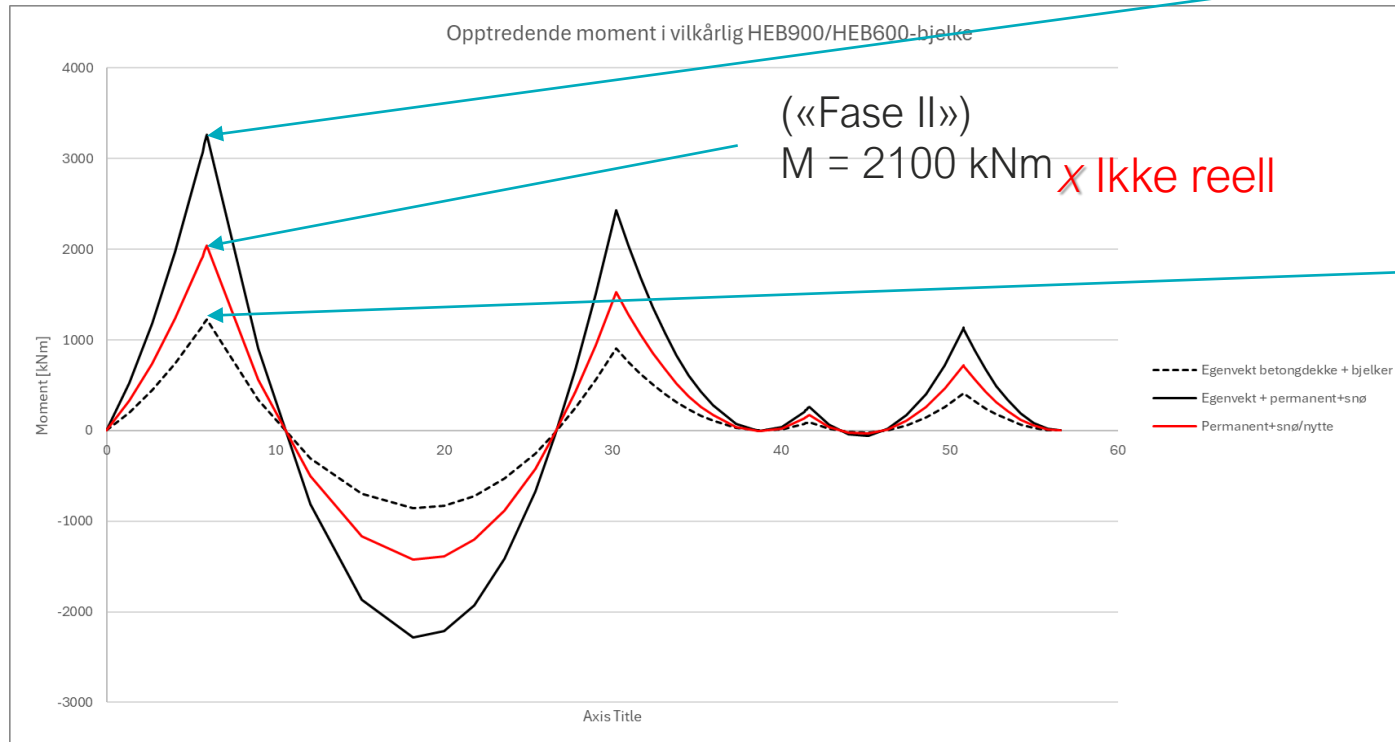
- ▶ FEM-Design modell hensyntar alle laster fra taket som linjelaster
- ▶ Ingen bistand fra skallet
- ▶ De fleste bjelker er innafor tillate grenser
- ▶ Bjelker med overutnyttelse kontrolleres i kombinasjon med globalmodell



Load combinations				
No.	Name	Type	Factor	Included load cases
1	ULS 1 - Bruddlast - ingen samvirke 6.10.a	U	1.00	Egenlast Utjevningslast søyler ved samvirke
			1.35	Egenlast Utstøpt TRP 250mm
			1.35	Egenlast hvaleskulptur
			1.35	Egenlast stål
			1.35	Egenlast teknisk,himling,tekking/isolasjon,påstøp,torvtak
			1.05	Nyttelast
			1.05	Vind
2	ULS 2 - Bruddgrense - ingen samvirke 6.10.b	U	1.00	Egenlast Utjevningslast søyler ved samvirke
			1.20	Egenlast Utstøpt TRP 250mm
			1.20	Egenlast hvaleskulptur
			1.20	Egenlast stål
			1.20	Egenlast teknisk,himling,tekking/isolasjon,påstøp,torvtak
			1.50	Nyttelast
			1.05	Vind

Kombinere FEM-Design og Abaqus for “reell” oppførsel

Momentdiagram fra en vilkårlig bjelke i FEM-Design:



FEM-design med alt inkl. («Fase I+II»):
 $M = 1200 \text{ kNm} + 2100 \text{ kNm}$
 $= 3300 \text{ kNm}$ ✗ Ikke reell

Eigenvekt alene (Fase I):
 $M = 1200 \text{ kNm}$ ✓ Reell

Kombinere FEM-Design og Abaqus for “reell” oppførsel

- ▶ «Reell oppførsel»: Moment fra FEM-design (Egenvekt, Fase I) + Moment fra Abaqus (Fase II)

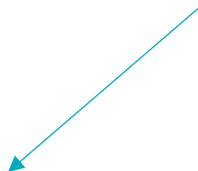
~~FEM-design («Fase I+II»):
M.max = 3 300 kNm~~

Egenvekt fra FEM-Design (Fase I):
M.max = 1 200 kNm



Abaqus (Fase II):
M.max = 1 200 kNm

(Ytre laster, naturlaster etc.)

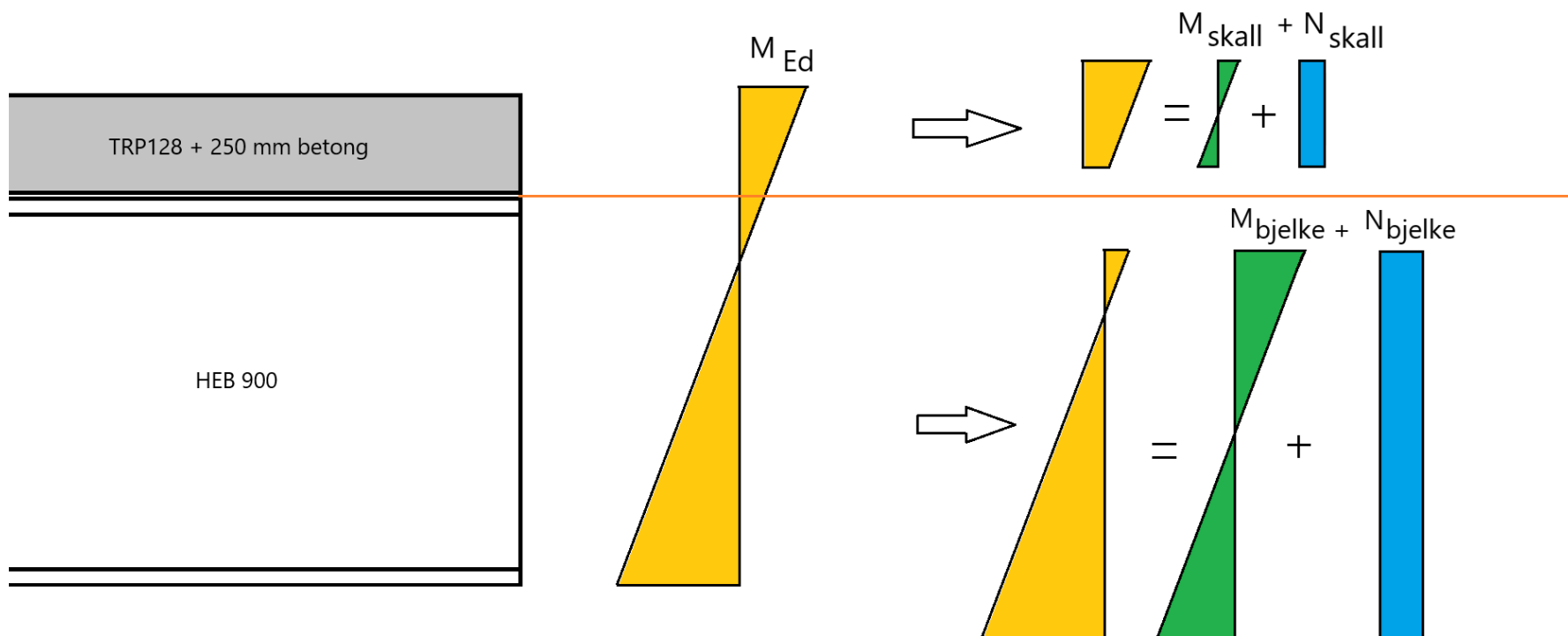


Reelt moment:
M.max = 1 200 + 1 200 = 2 400 kNm

→ Får derimot en aksialkraft som stålbejlen også må dimensjoneres for..

Kombinere FEM-Design og Abaqus for “reell” oppførsel

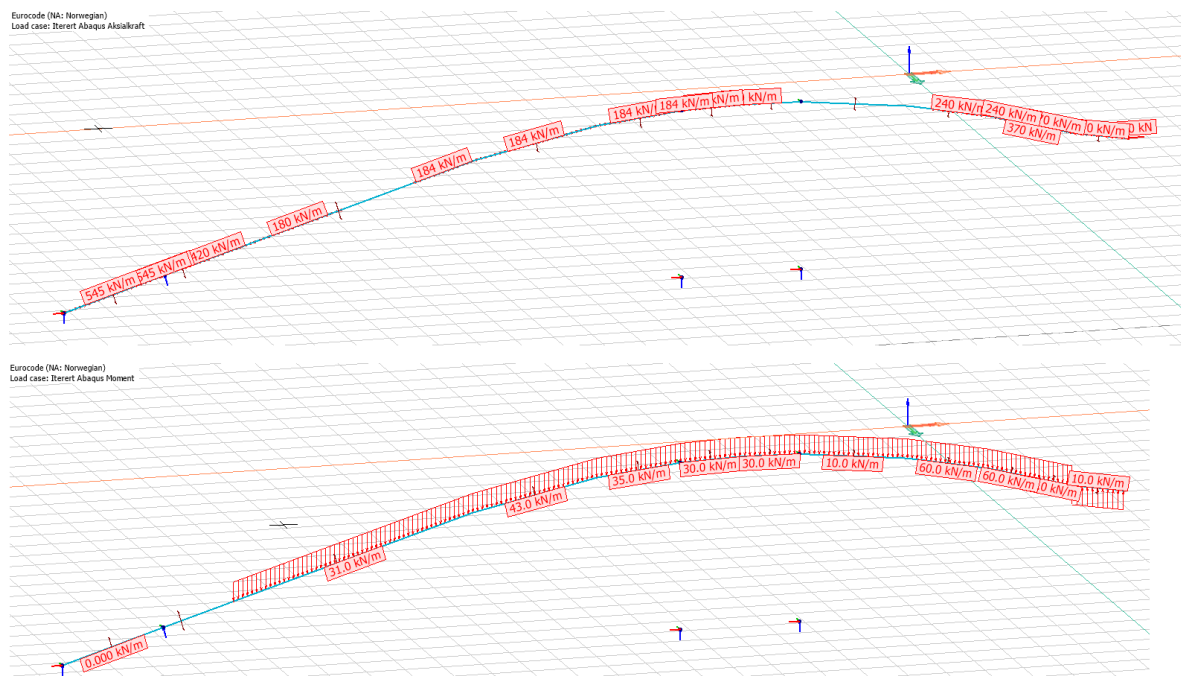
- Bjelker i FEM-Design overestimerer moment til bjelker men neglisjerer aksialkraft fra samvirke



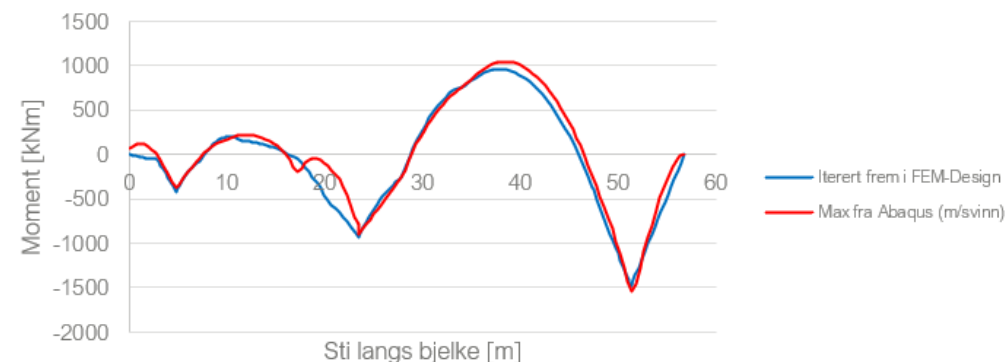
Kombinere FEM-Design og Abaqus for “reell” oppførsel

→ «Reell oppførsel» må inkludere moment OG aksialkraft fra Abaqus

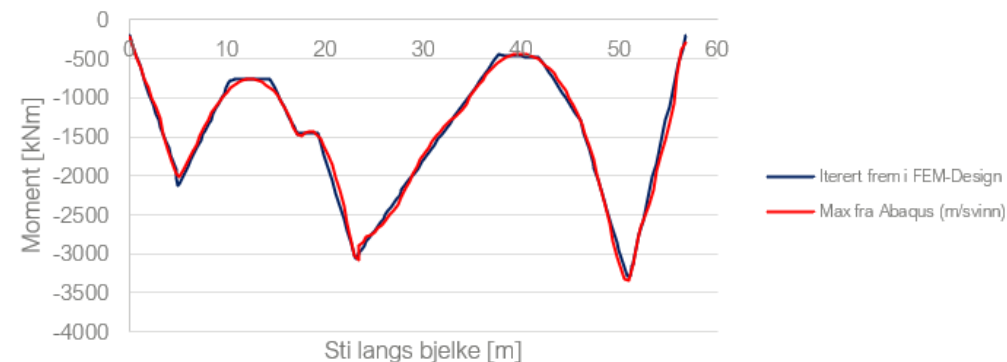
- ▶ Henter ut bjelkekrefter fra Abaqus (ytre laster, uten egenvekt) fra fase II
- ▶ Påfører linjelaster og punktlaster på bjelkene i FEM-design for å etterligne M + N fra Abaqus
- ▶ Lastkombinerer deretter fase I (før betongen er stiv) med det nye tilfellet man har etterlignet (fase II).



Momentdiagram i akse L

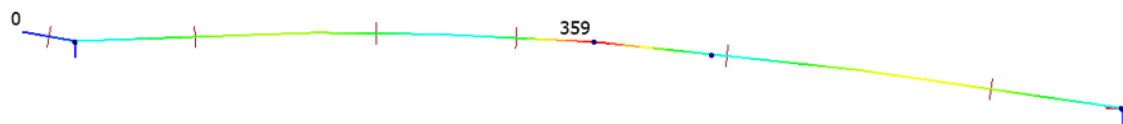


Aksialdiagram i akse L

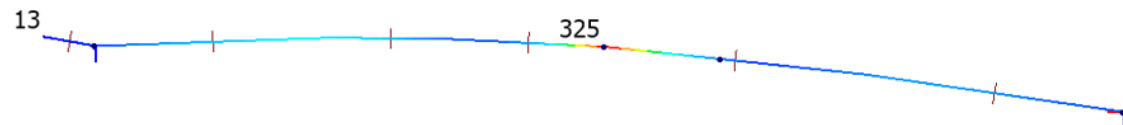


Kombinere FEM-Design og Abaqus for “reell” oppførsel

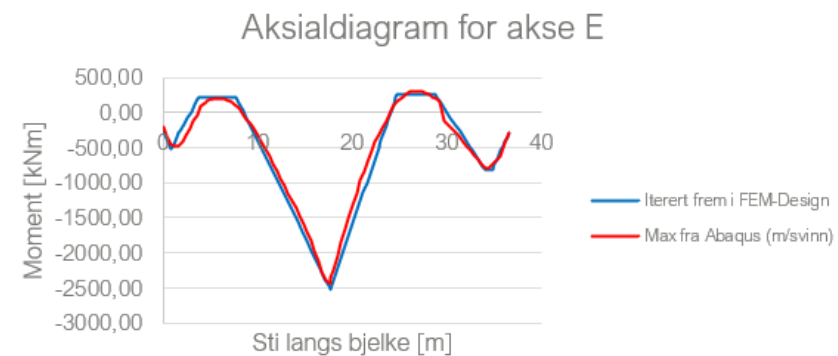
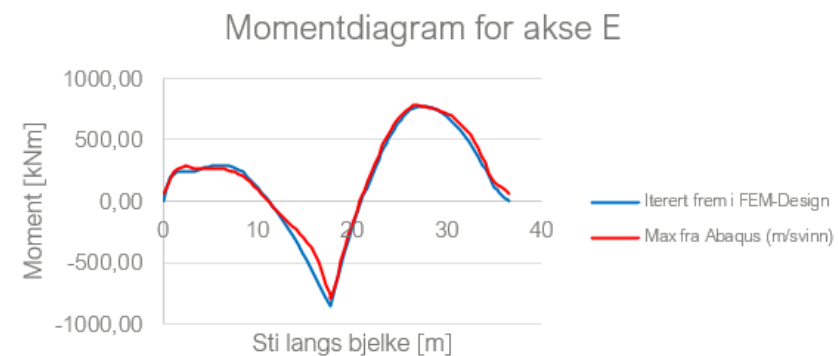
- For eksempel: Akse E gikk fra 359 MPa (106%) til 325 MPa (96%) som høyeste utnyttelse:



Figur 4-27: Spenninger i Akse E fra ULS 2 - FEM Design



Figur 4-28: Spenninger i Akse E fra Abaqus med svinn + utstøpingslast fra FEM-Design

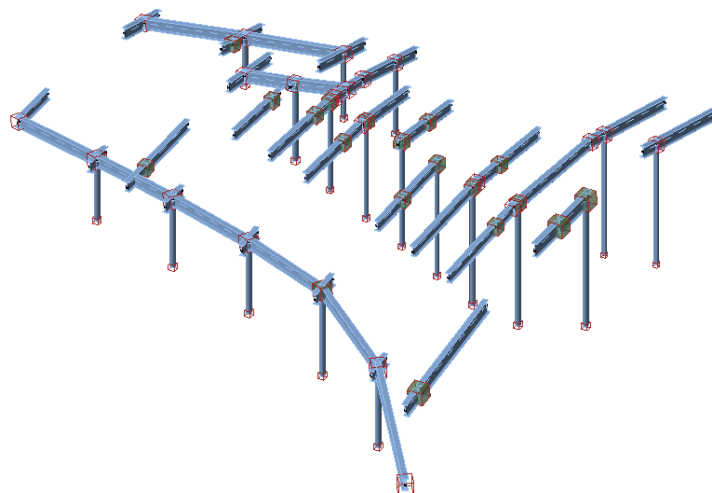
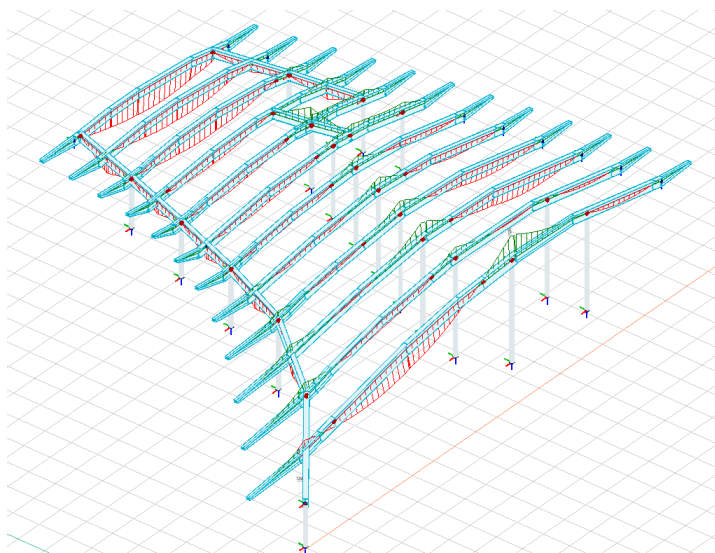
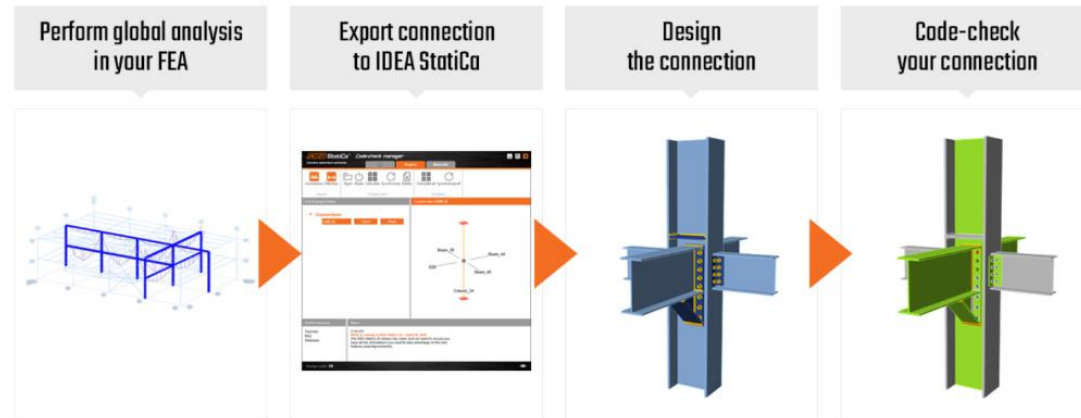


Dimensjonering av stål

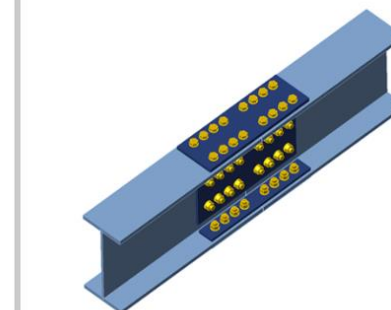
► Knutepunkter - Arbeidsmetode

- Det er brukt Checkbot i prosjektet for å automatisere sjekk av knutepunkter, særlig for sjekk av bjelkeskjøter som går igjen mange ganger.

FEM-Design to IDEA StatiCa workflow



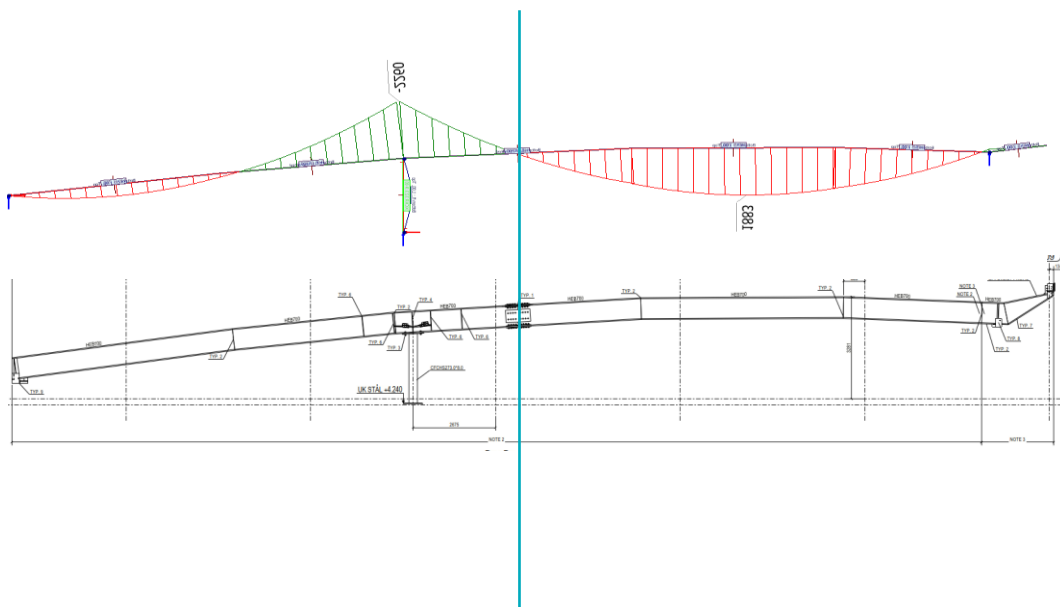
✓ SJ.18	✓ Arrangement 4-1
✓ Group 8	✓ Group 9
✓ SJ.32	✓ SJ.8
✓ SJ.23	✓ SJ.9
✓ SJ.22	✓ SJ.10
✓ Arrangement 4-1	✓ SJ.1
✓ Group 9	✓ SJ.11
✓ SJ.8	✓ SJ.7
✓ SJ.9	✓ SJ.6
✓ SJ.10	✓ SJ.5
✓ SJ.1	✓ SJ.4
✓ SJ.11	✓ SJ.3
✓ SJ.7	✓ SJ.2
✓ SJ.6	✓ Arrangement 5-1
✓ SJ.5	✓ Group 10
✓ SJ.4	✓ N28
✓ SJ.3	✓ N34
✓ SJ.2	✓ N56
✓ Arrangement 5-1	✓ N50
✓ Group 10	✓ N58
✓ N28	✓ N29
✓ N34	✓ Arrangement 6-1
✓ N56	✓ Group 11
✓ N50	✓ SJ.13
✓ N58	✓ Arrangement 7-1
✓ N29	✓ Group 12
✓ Arrangement 6-1	✓ SJ.31
✓ Group 11	✓ SJ.27
✓ SJ.13	✓ SJ.25
	✓ Group 13



Analysis	✓	100,0%
Plates	✓	0,0 < 5,0%
Bolts	✓	14,1 < 100%
Buckling		Not calculated

Dimensjonering av stål

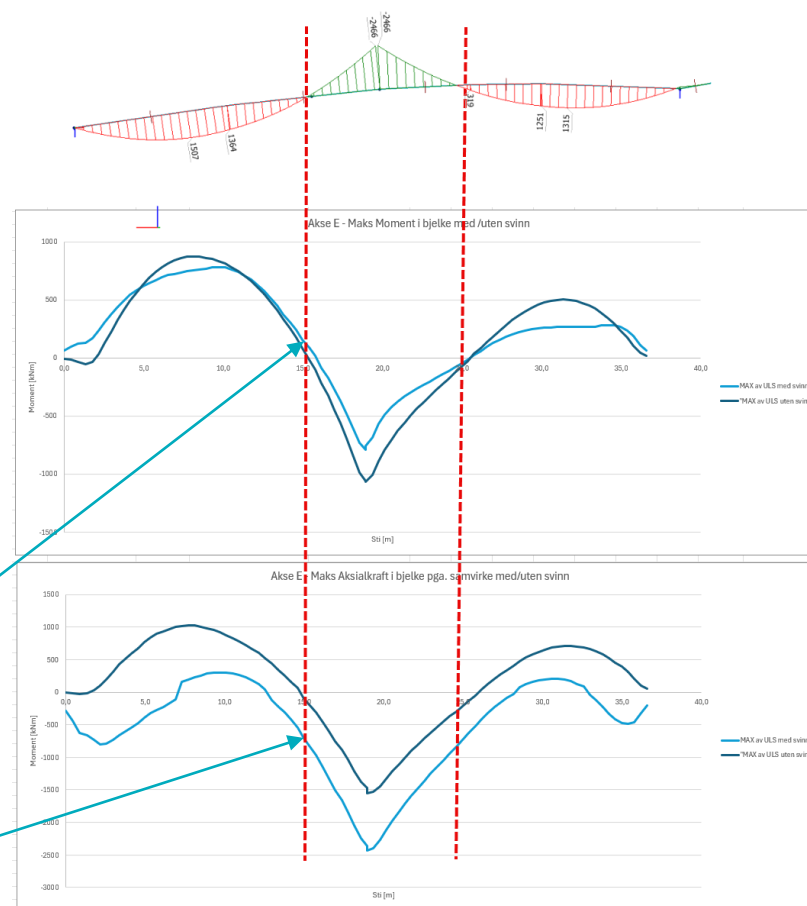
Skjøting av bjelker forsøkes å legges i nullpunktene for moment



Forskjøvet moment pga. svinn

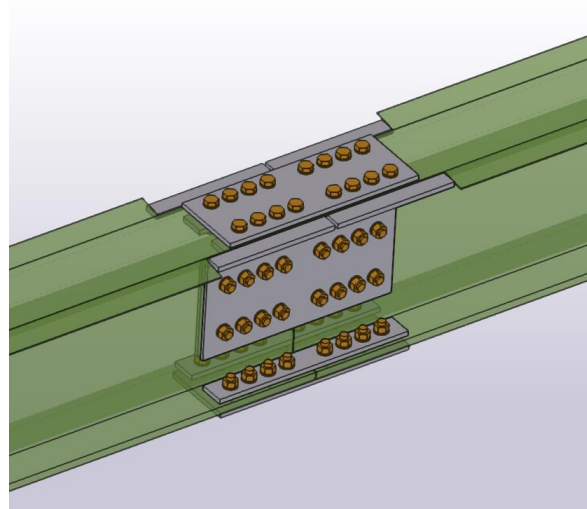
Aksialkraft pga. samvirke og svinn

Utfordring når globalmodell også inneholder samvirke (aksialkrefter) og svinn

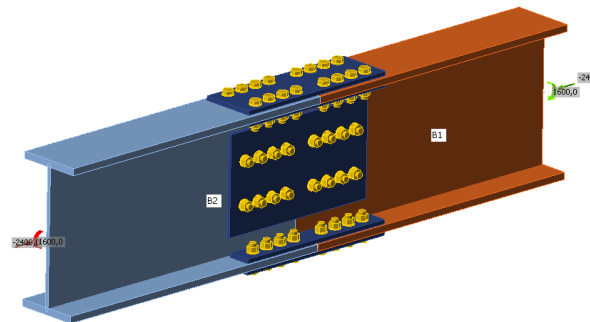
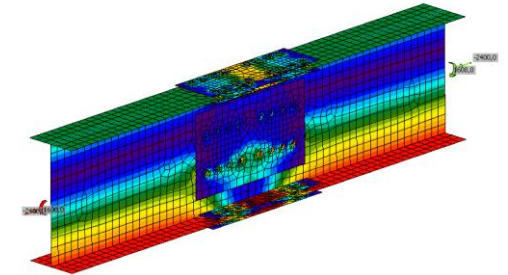


Dimensjonering av stål

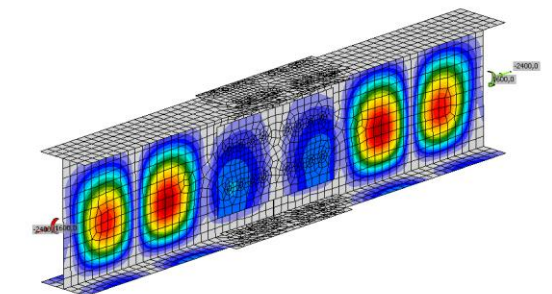
► Analyse av typisk bjelkeskjøt



Analysis ✓ 100.0%
Plates ✓ 0.4 < 5.0%
Bolts ✓ 99.7 < 100%
Buckling Not calculated

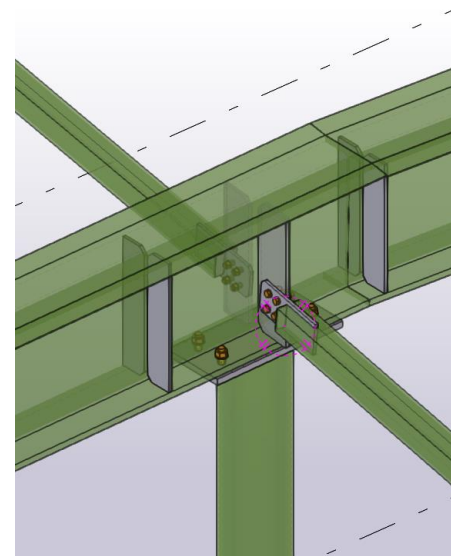


Analysis ✓ 100.0%
Plates ✓ 0.4 < 5.0%
Bolts ✓ 99.7 < 100%
Buckling 9.18

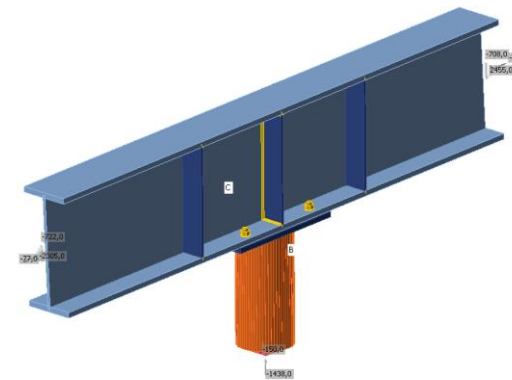
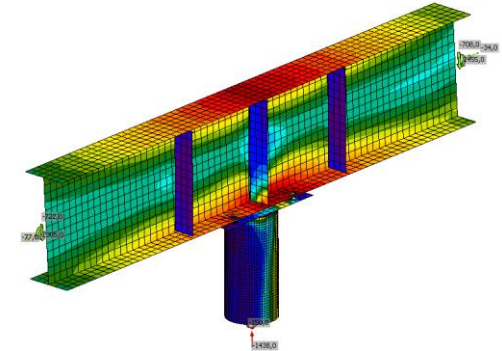


Dimensjonering av stål

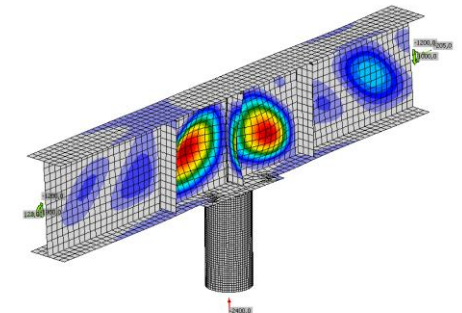
- Analyse av typisk bjelke – søyle forbindelse



Analysis ✓ 100.0%
Plates ✓ 1.2 < 3.0%
Bolts ✓ 54.0 < 100%
Welds ✓ 99.9 < 100%
Buckling Not calculated
QMAA Calculated

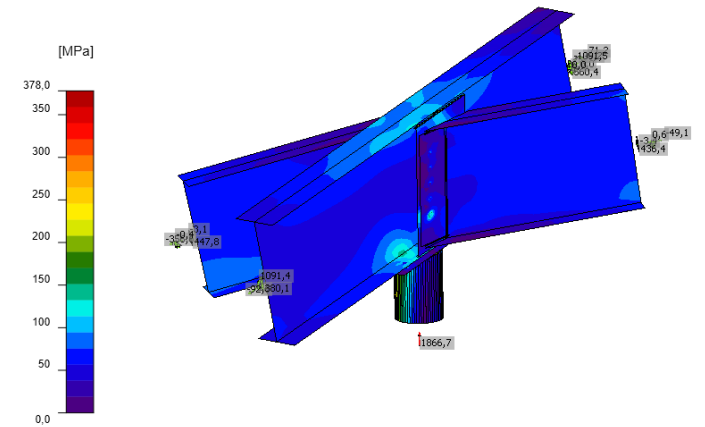
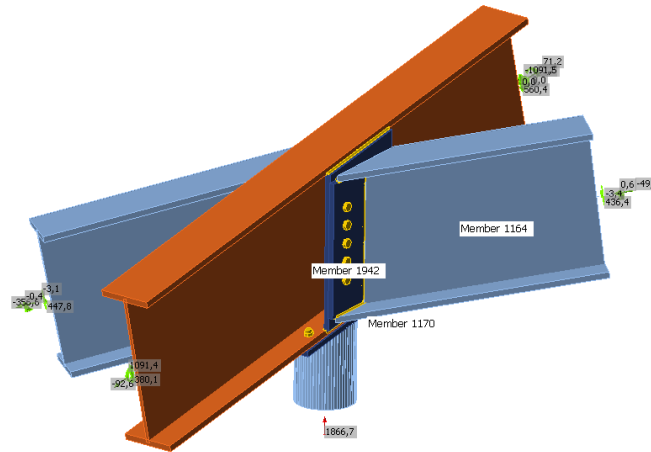
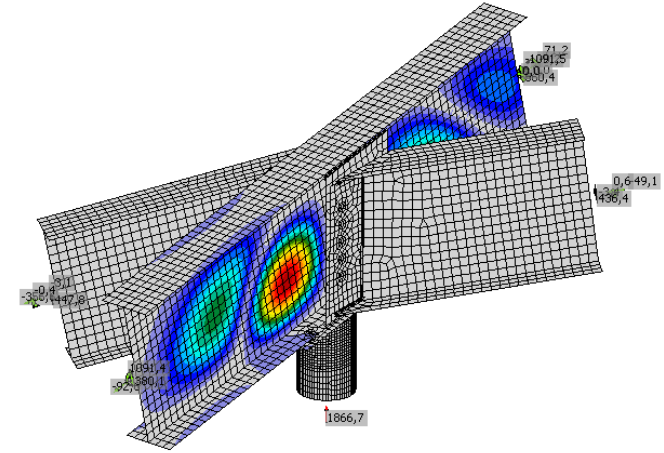
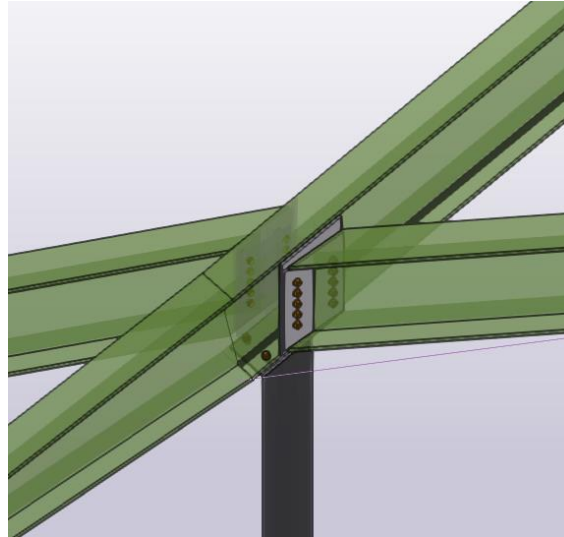


Analysis ✓ 100.0%
Plates ✓ 1.2 < 3.0%
Bolts ✓ 54.0 < 100%
Welds ✓ 99.9 < 100%
Buckling 10.29
QMAA Calculated

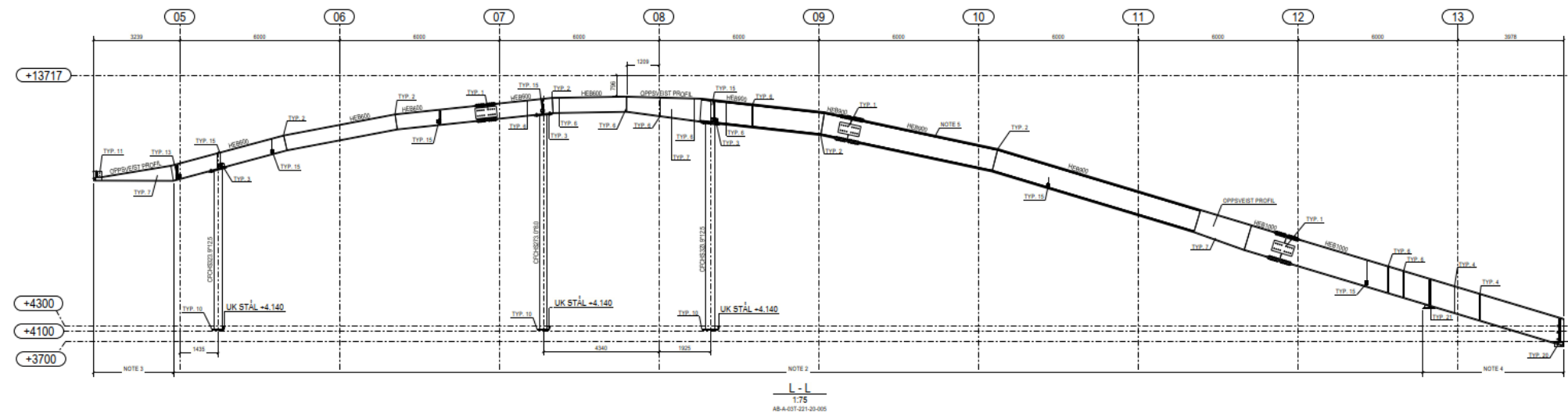
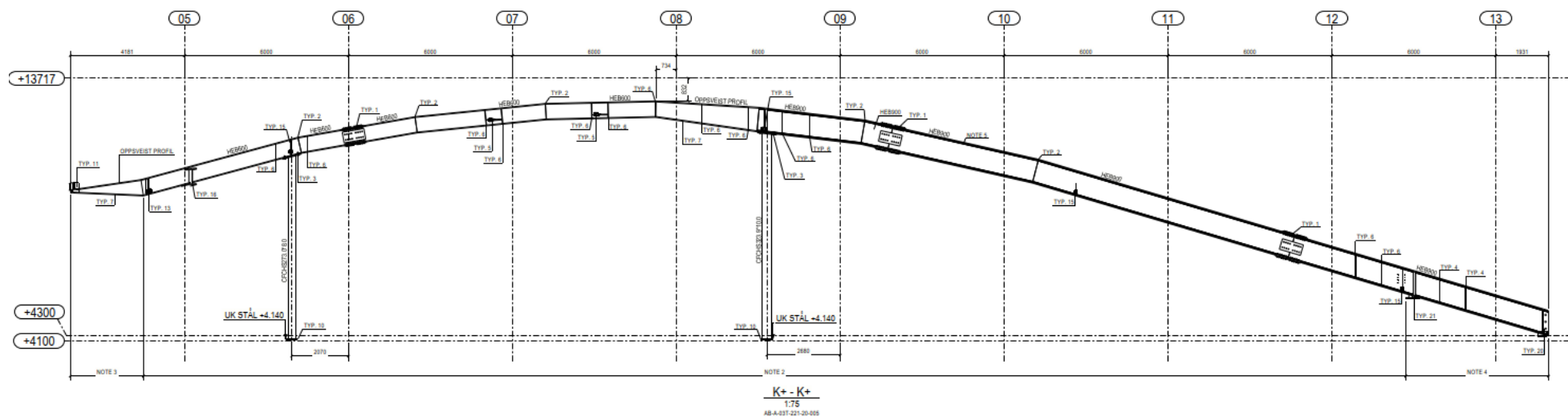


Dimensjonering av stål

- ▶ Andre interessante varianter
 - ▶ Bjelke – Bjelke - Søyle



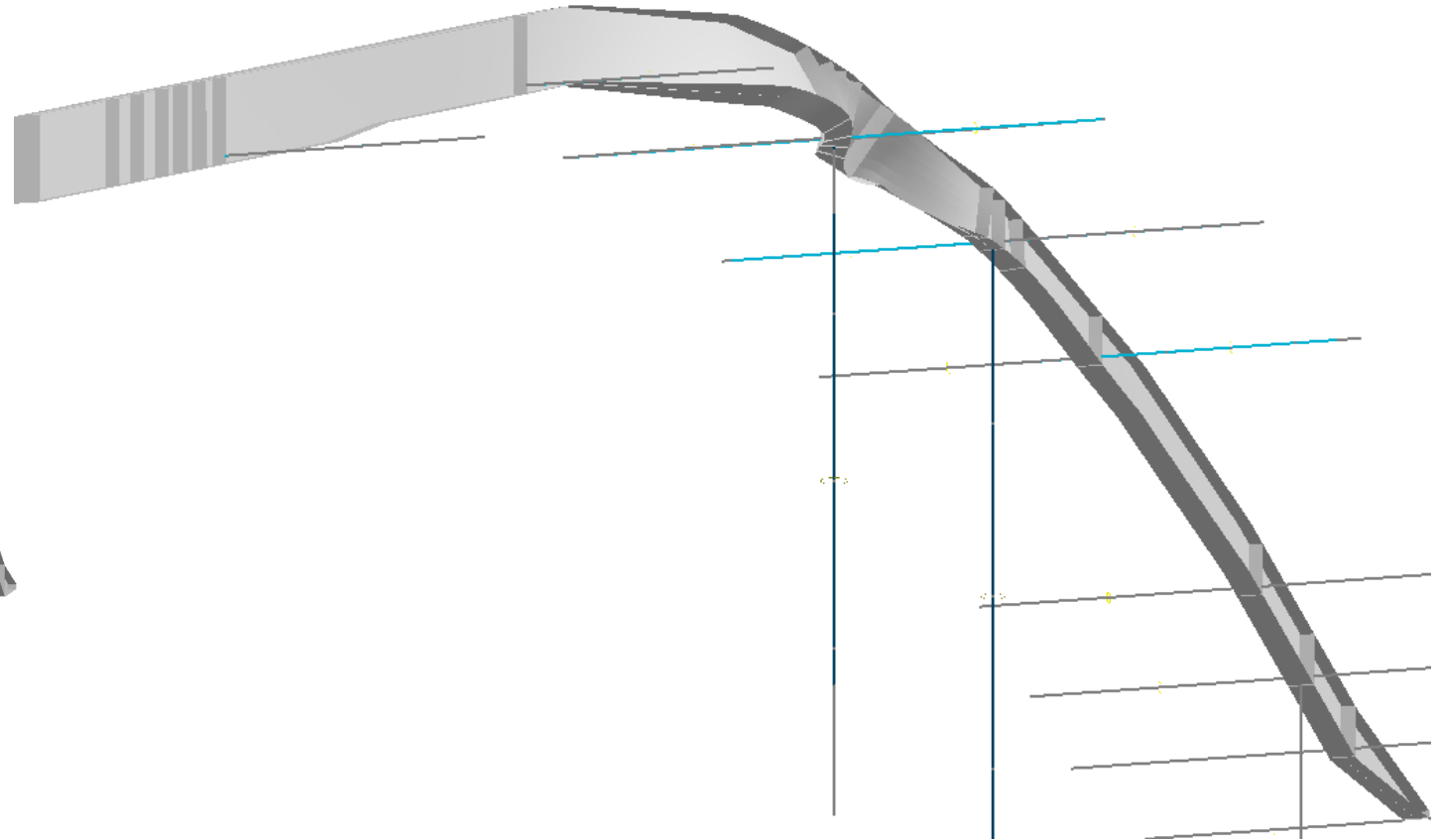
Dimensjonering av stål



Dimensjonering av stål

► Vippeformer (M_{cr}) regnes med FEM Design

- Lange bjelker (55 meter)
- Ingen gaffellager
- Spesiell geometri
- Varierende tverrsnitt
- Varierende fastholding i fase 1 og 2



Deformasjoner i bjelker – Sammenligning FEM-Design og Abaqus

- Ferdig tilstand i bjelker er:

Egenvekt i FEM-Design (Fase I) + Fremtidige laster i Abaqus (Fase II) = Reell deformasjon

Bjelker i midtspenn				
Akse	Spenn [mm]	Fase I [mm]	Fase II [mm]	Ferdig tilstand [mm]
D	16700	30	30	60
D+	18900	34	36	70
L	26000	47	45	92
L+	28000	42	48	90
S+	17000	17	14	31
T	15000	24	15	39
T+	15200	33	13	46

VS:

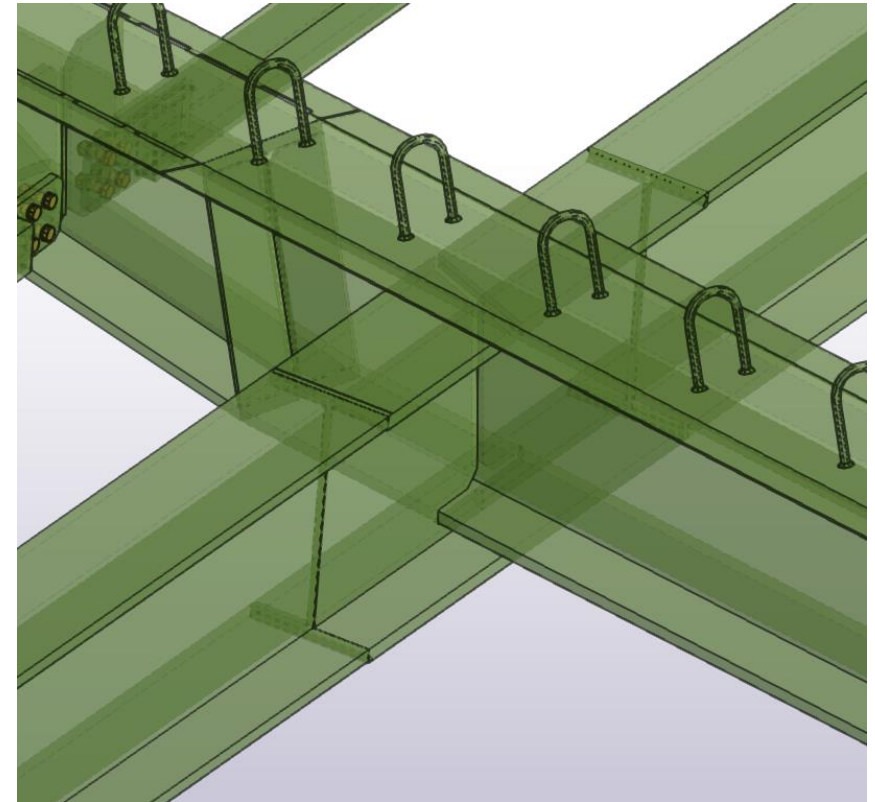
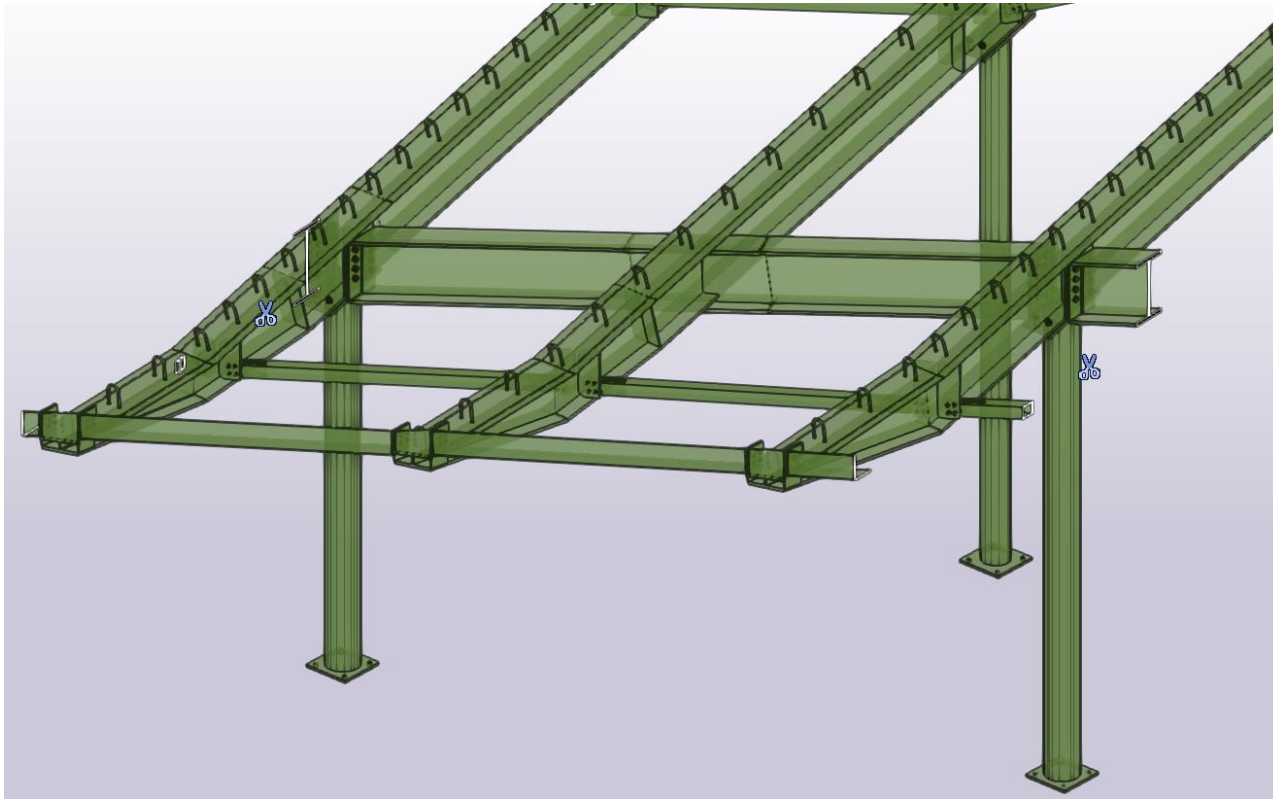
FEM-Design [mm]	Vs. Reell
83	1,37
94	1,35
128	1,39
112	1,25
45	1,47
67	1,69
93	2,03

Abaqus [mm]	Vs. Reell
40	0,65
46	0,66
62	0,67
66	0,74
18	0,59
20	0,50
16	0,34

- Deformasjoner i FEM-design er for store siden samvirke ikke hensyntas
- Deformasjoner i Abaqus er for små siden samvirket blir aktivt fra første stund

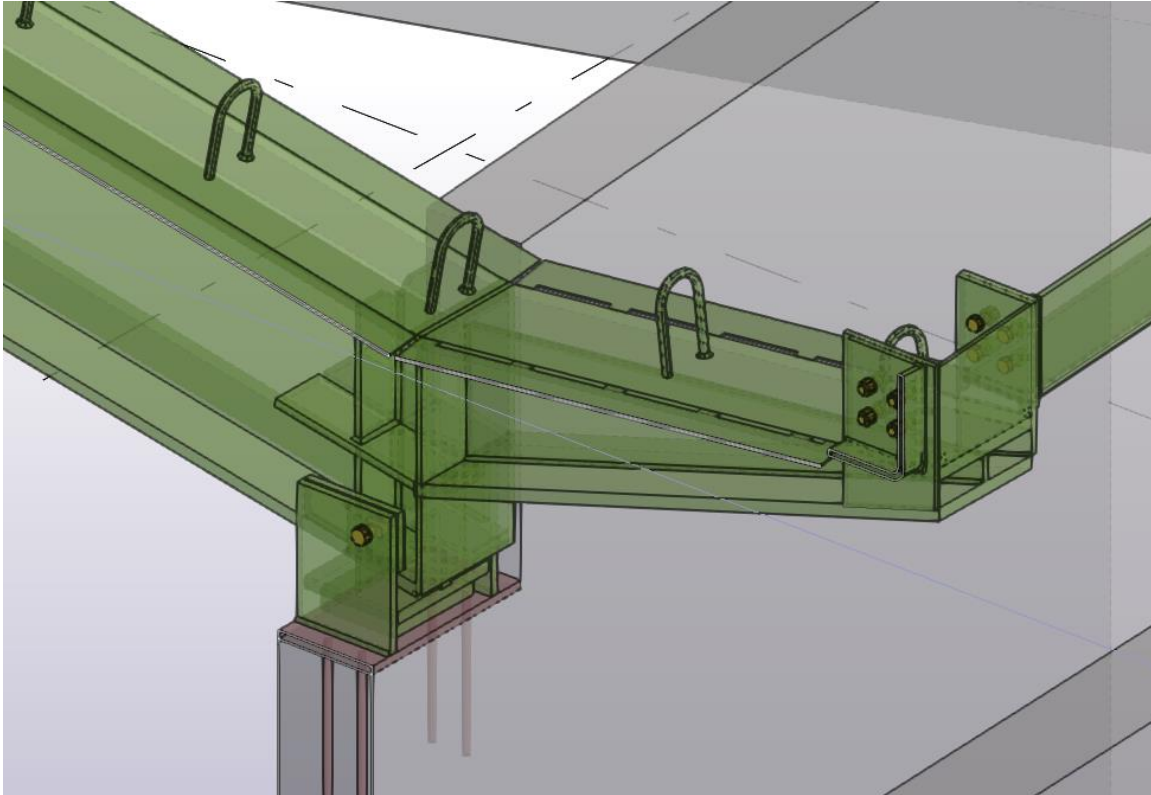
Ingen av modellene gir et godt svar alene.

Dimensjonering av stål - Bilder

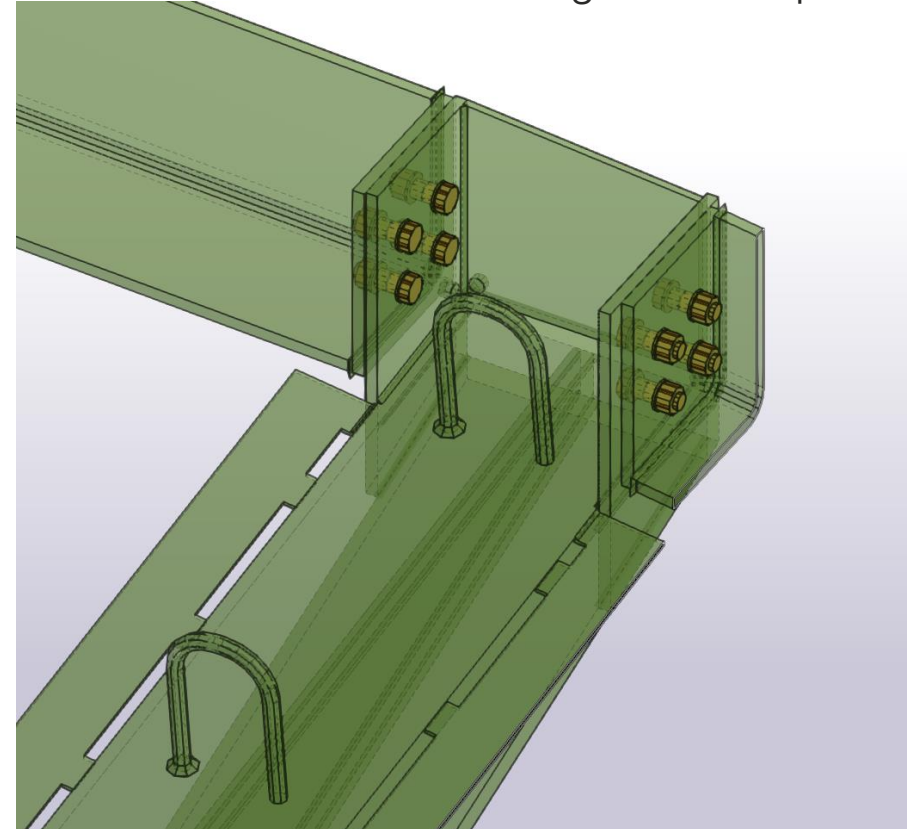


Dimensjonering av stål

Deformasjonslager

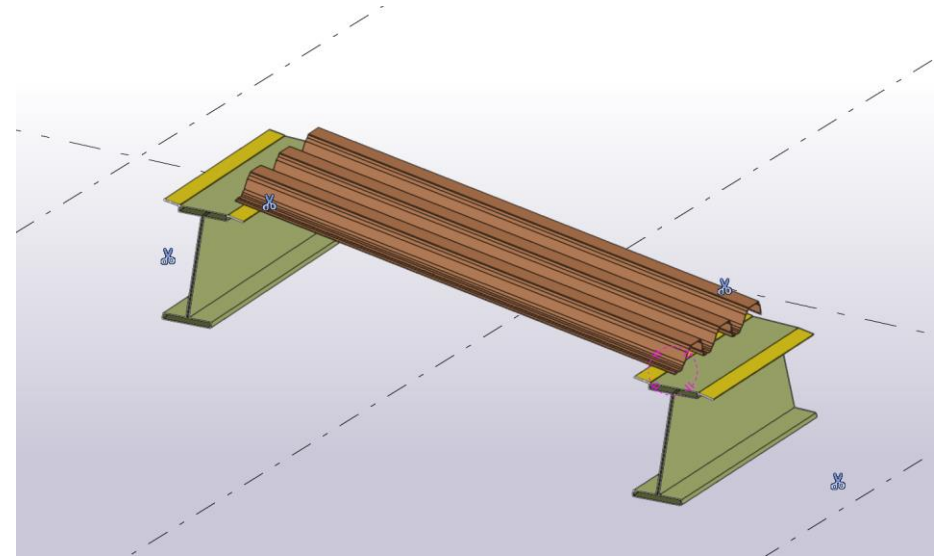
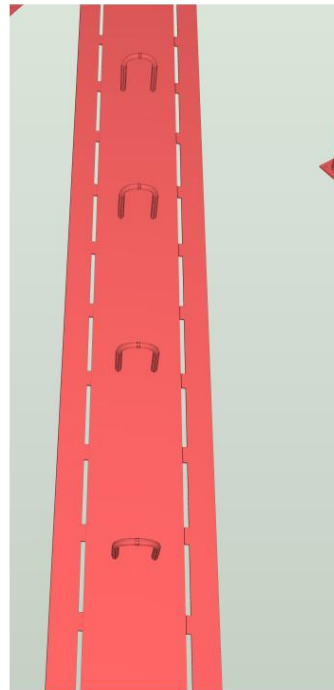


Endeforbindelse med stengsel for støp

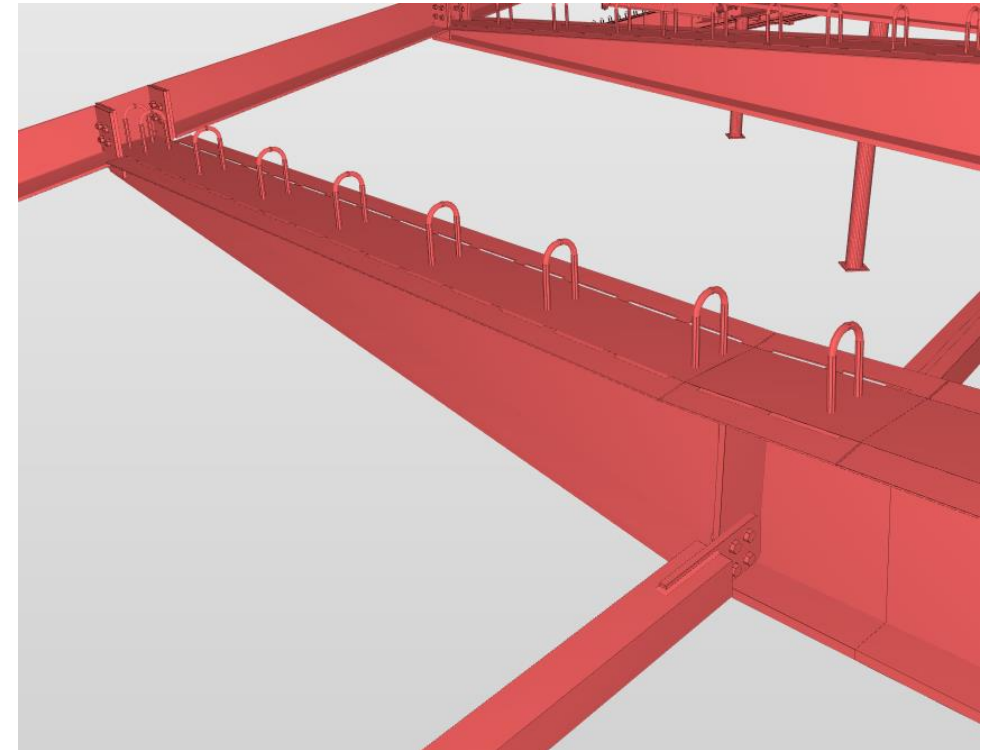


Dimensjonering av stål

Innfestingsplate på siden av HEB for å feste TRP-plater



Bilder fra produksjon



Bilder fra produksjon



Ikke alt man tenker på

- ▶ Innfestingsplate for TRP forskaling har «slått» seg under varmforsinking
- ▶ Må rettes ut i etterkant



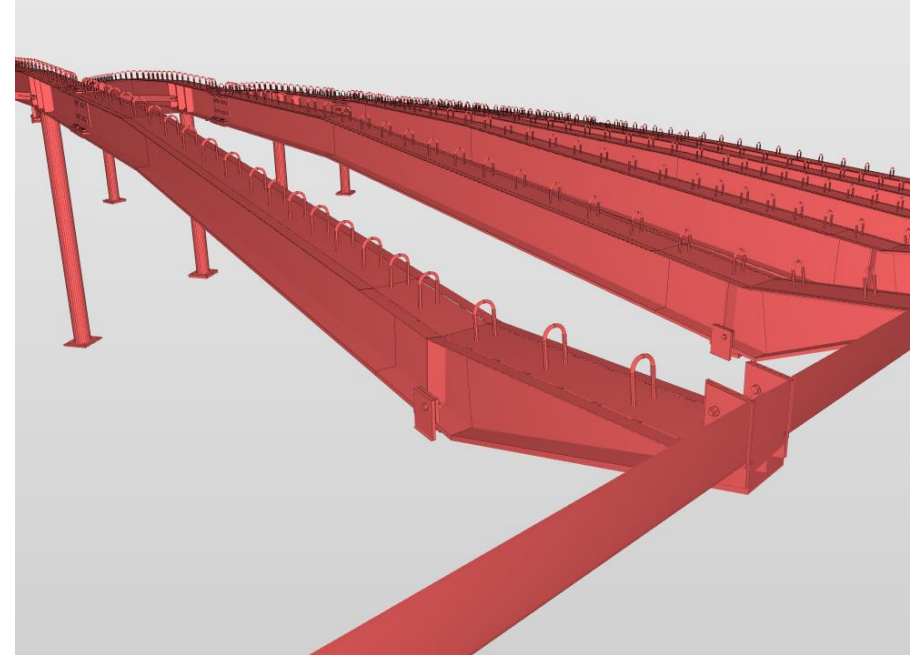
Bilder fra produksjon



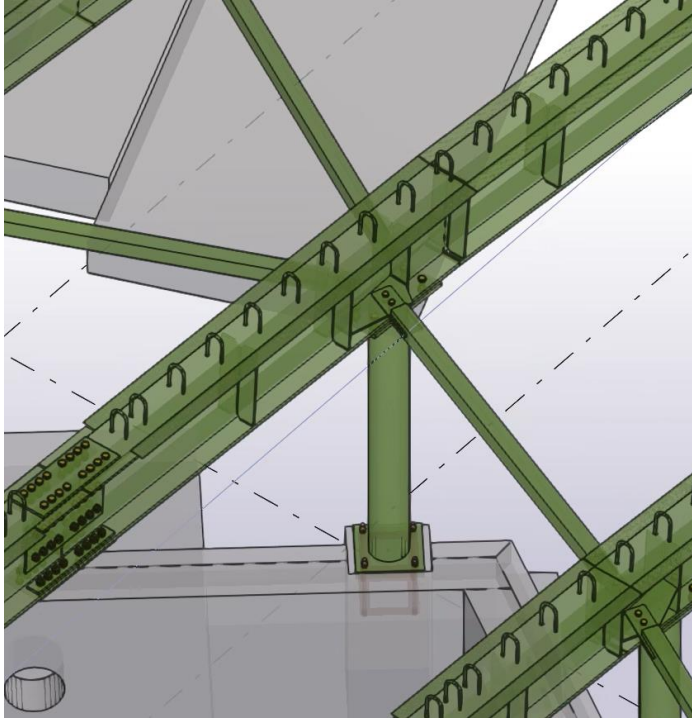
Bilder fra produksjon



Bilder fra produksjon



Bilder fra produksjon



Nysgjerrig på status fremover?

- ▶ <https://visitvesteralen.com/bransje/barekraftig-reisemal/the-whale>
- ▶ <https://www.thewhale.no/>
- ▶ <https://prosjekt.hent.no/whale/om-prosjeket/>
- ▶ <https://www.facebook.com/thewhaleandoy/reels/>

- ▶ Spørsmål?

Historisk byggestart:

– Dette blir spektakulært

ANDØYA (TV 2): Med ikonisk arkitektur skal satsingen tiltrekke seg turister fra hele verden for å lære om hvalen. Hvordan går det egentlig med norske hvaler i dag?



SPEKTAKULÆRT: Fra sjøsiden vil det nye opplevelsessenteret se ut som en hval. Foto: The Whale, Dorte Mandrup A/S

Roy-Arne Salater
Journalist



Simen Grimstad Øksnes
Journalist



Publisert 05.06.2025 17:34 | Sist oppdatert 05.06.2025



Every day we improve everyday life

