

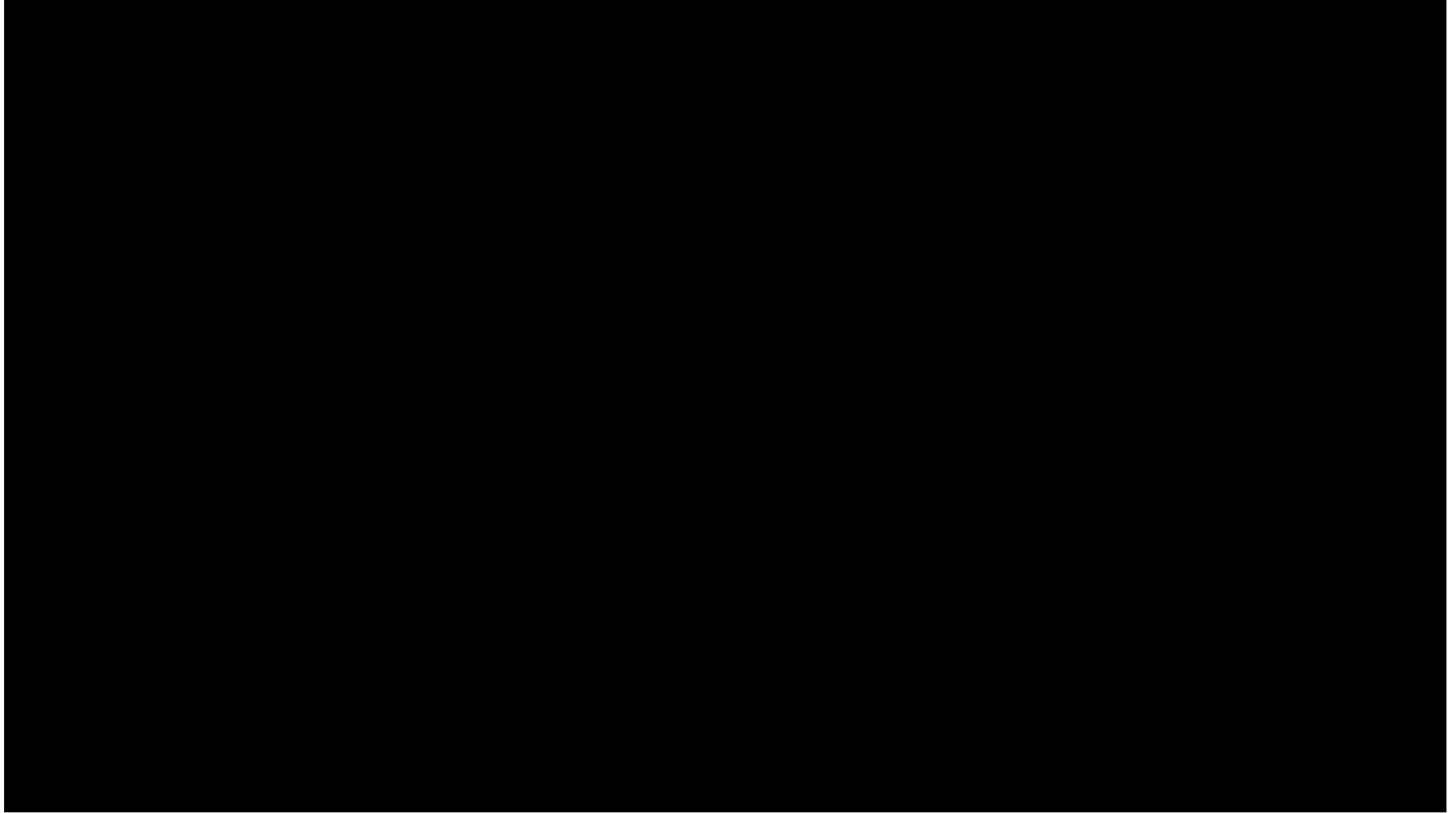
Perlekædebroer

En idé bliver til virkelighed

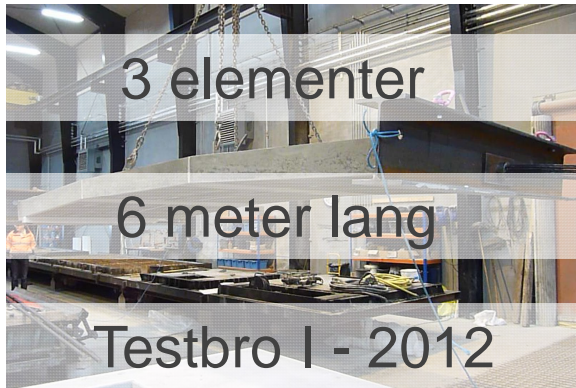
v/ Nicky Eide Viebæk, Abeo



Et nyt elementbroskoncept er nu blevet til virkelighed i Danmark.
Den første Perlekædebro står nu færdig over Vorgod Å.
Faglige udfordringer og de statiske principper i projektet vil blive gennemgået.



Innovationsfondsprojekt

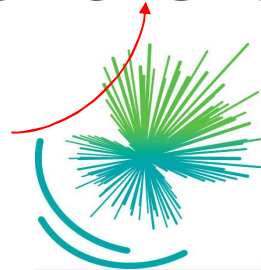


abeo®

SKANDINAVISK
Spændbeton

Teknologi & Innovation
- Pearl-Chain Bridges
- SL-dækket

Eksperter i efterspændte kabler



InnovationsFonden

FORSKNING, TEKNOLOGI & VÆKST I DANMARK

Rådgiver

2 ph.d'ere, 1 lektor og en professor

SWECO 

DTU 

Elementproducent

PERSTRUP 

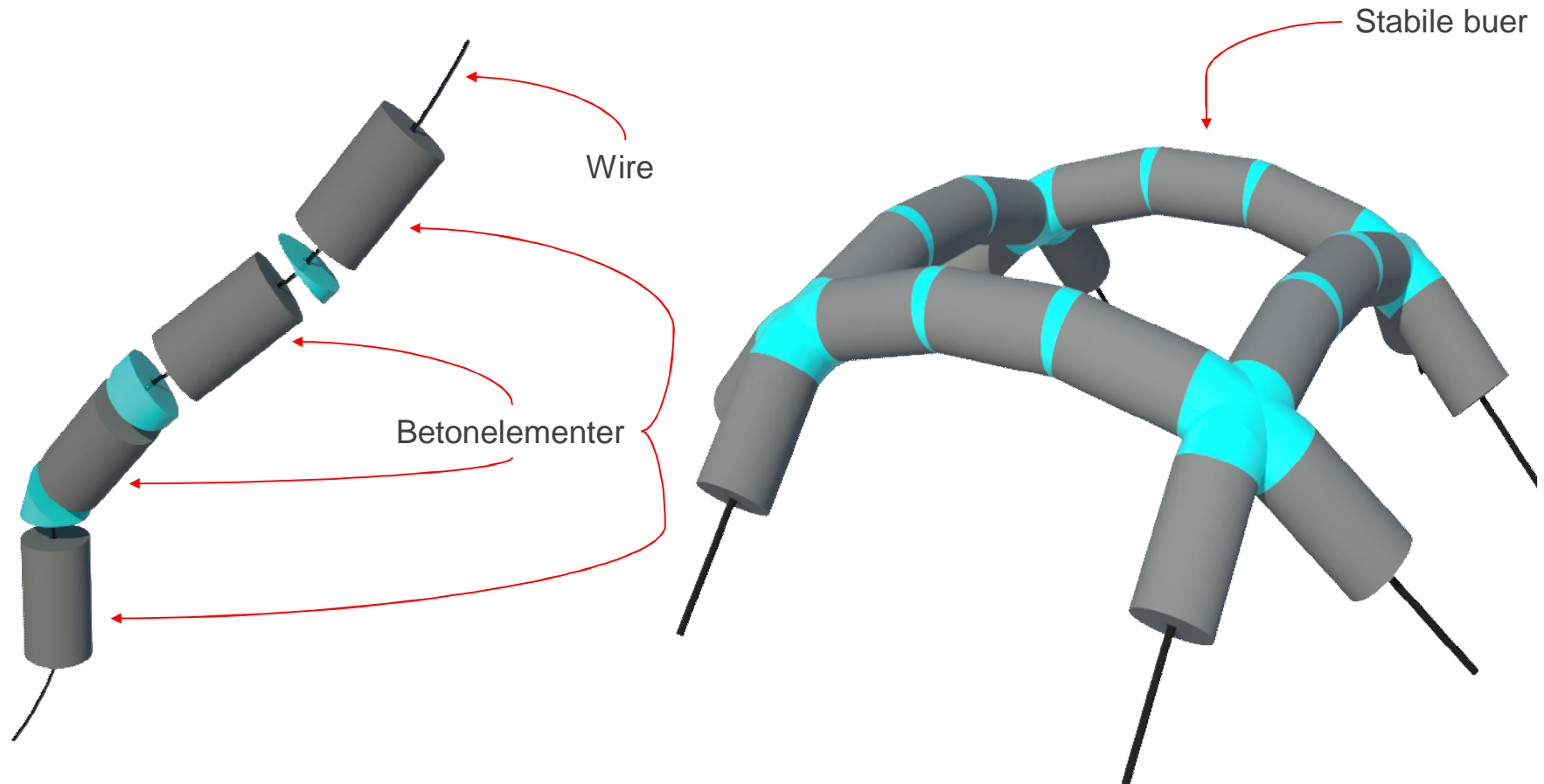
Agenda

1. Teknologi
2. Vorgod Å

Teknologi

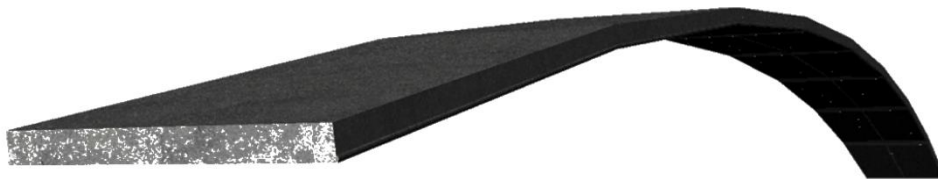
Pearl-Chain Reinforcement

Opfinder – Kristian Hertz



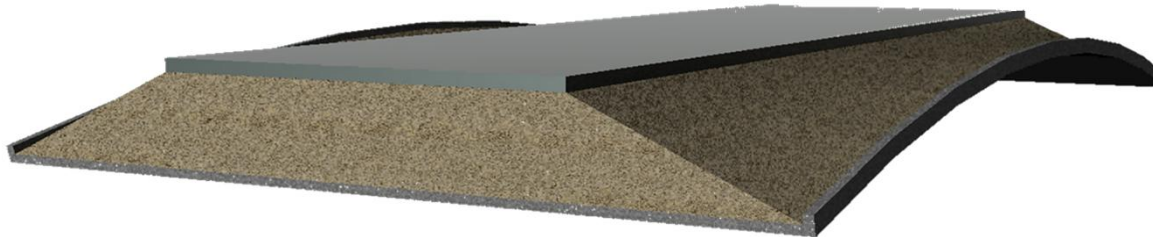
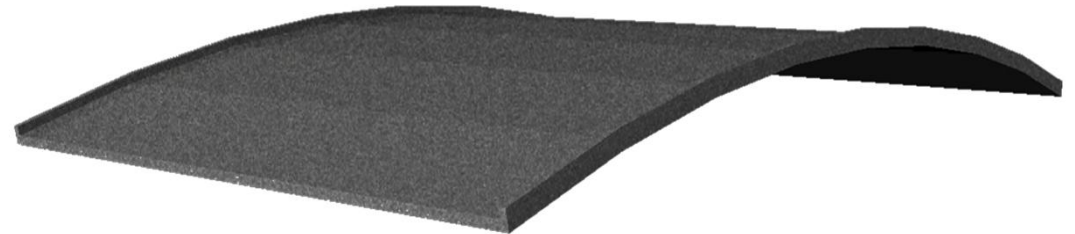
Perlekædebroer

1. Masse producerede SL-dæk eller massive dæk.



2. Forspænding af buen med efterspændte kabler

3. Buerne løftes på plads på brostedet

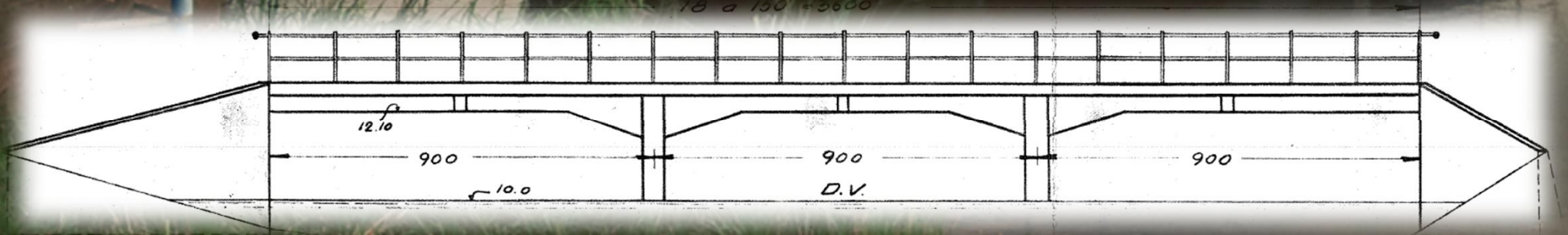


3. Stabiliserende fyld materiale
4. Vej belægning
5. Autoværn

Pearl-Chain Bridge 1

Vorgod å

Eksisterende bro



Ny bro

Bygherre:	Ringkøbing-Skjern kommune
Kontrakt:	Perstrup Beton Industri & ØSB i totalentreprise
Rådgiver:	Sweco
Samarbejdspartnere:	Hansen & Larsen, Skandinavisk Spændbeton, Abeo
Underentreprenører:	IBF fabriksbeton, BMS, Dansk Autoværn



PERSTRUP

ØSB



SWECO



SKANDINAVISK

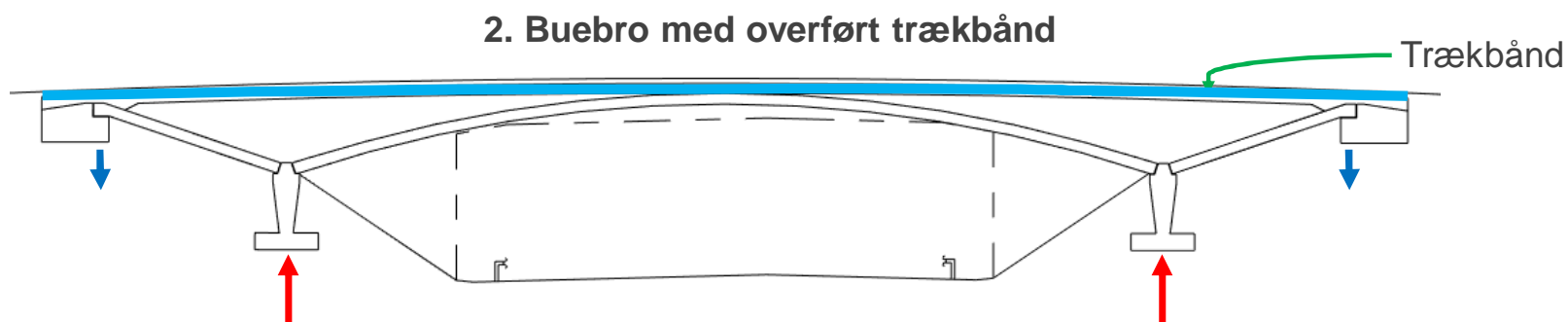
Spændbeton

abeo

Forudsætninger:

- Brogruppe II
- Klasse 80 og tandem køretøj
- Samlet længde – 25 meter (midterste spænd på 13 meter)
- Jordbundsforhold er sandet og den geotekniske rapport anbefaler pælefundering

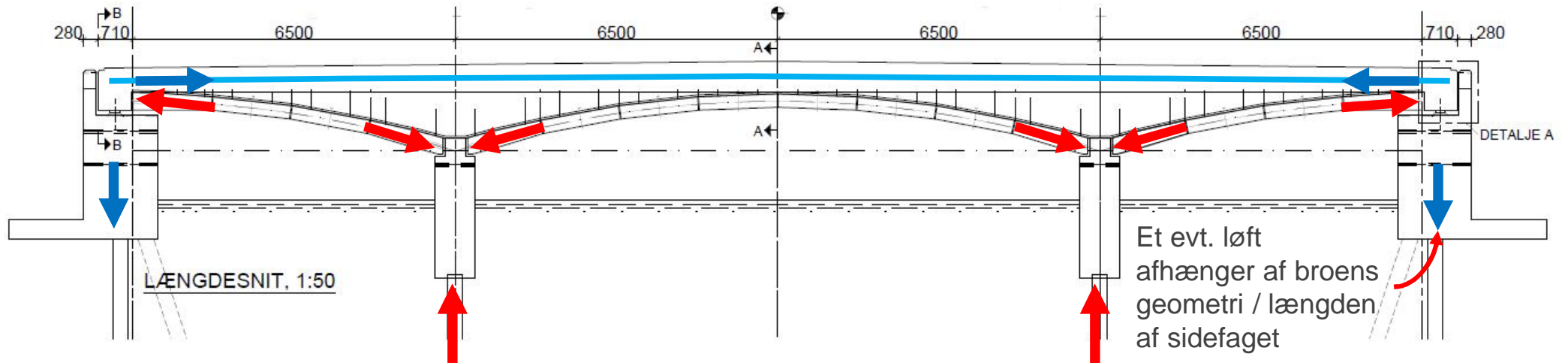
Fundering af buebroer – 2 muligheder



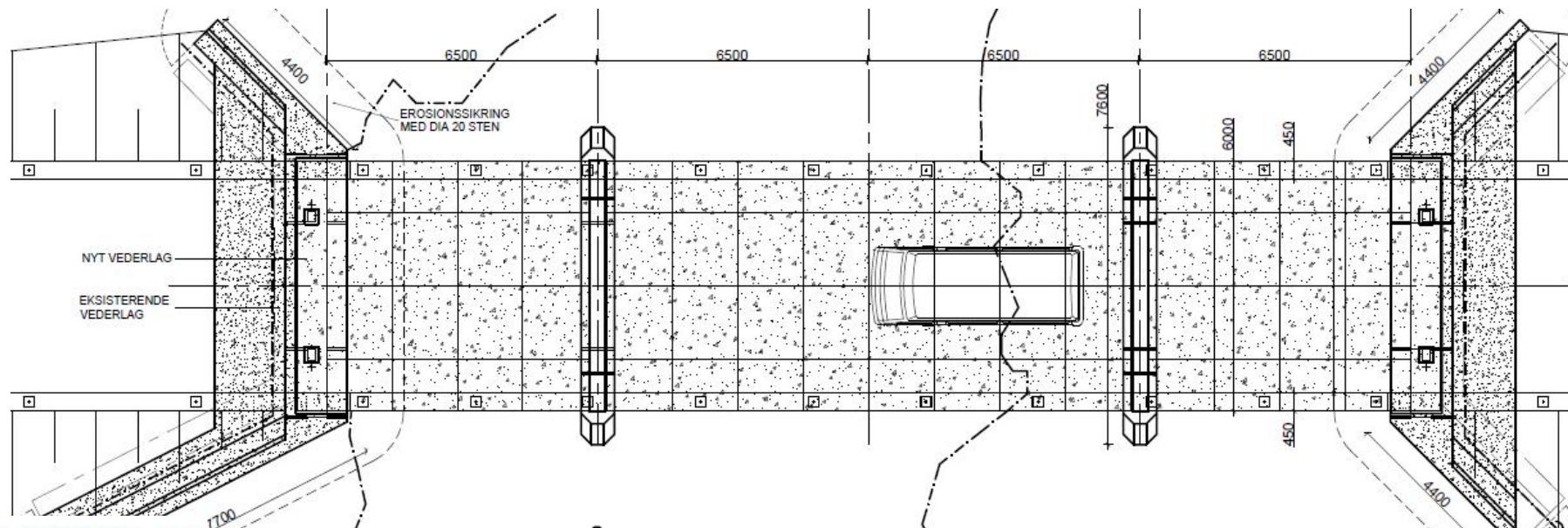
Et trækband er "smart" fordi den vandrette kraft fastholdes i konstruktionen.

Resultat: KUN lodrette kræfter = simpelt at håndtere

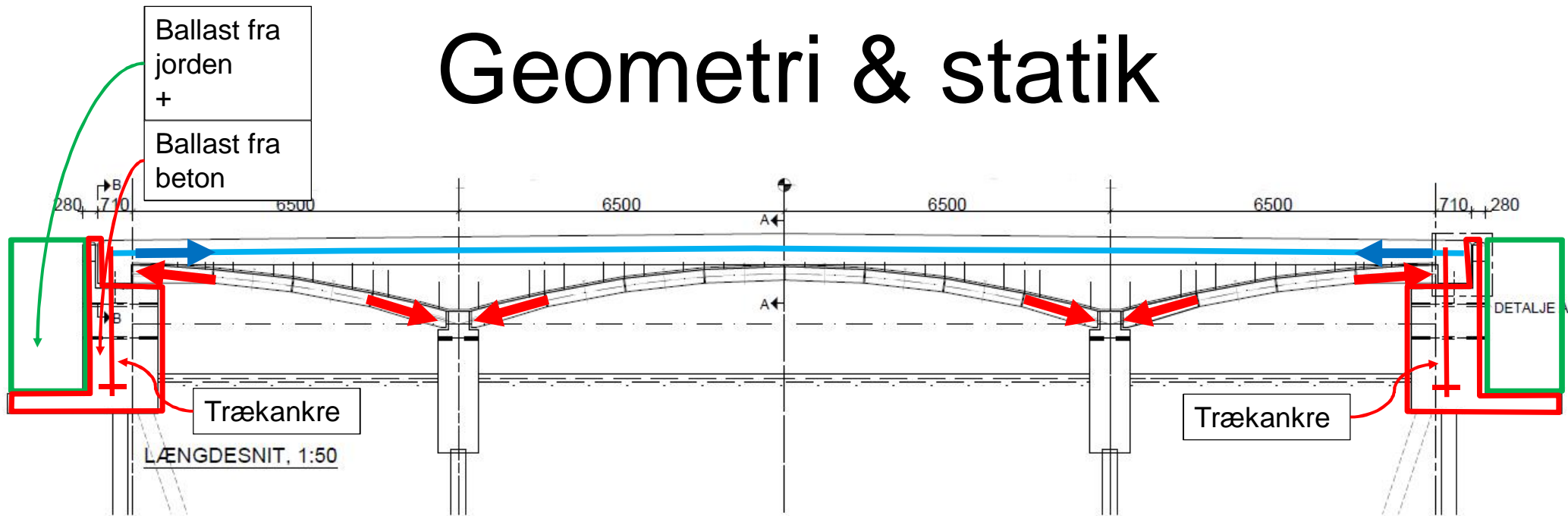
Geometri & statik



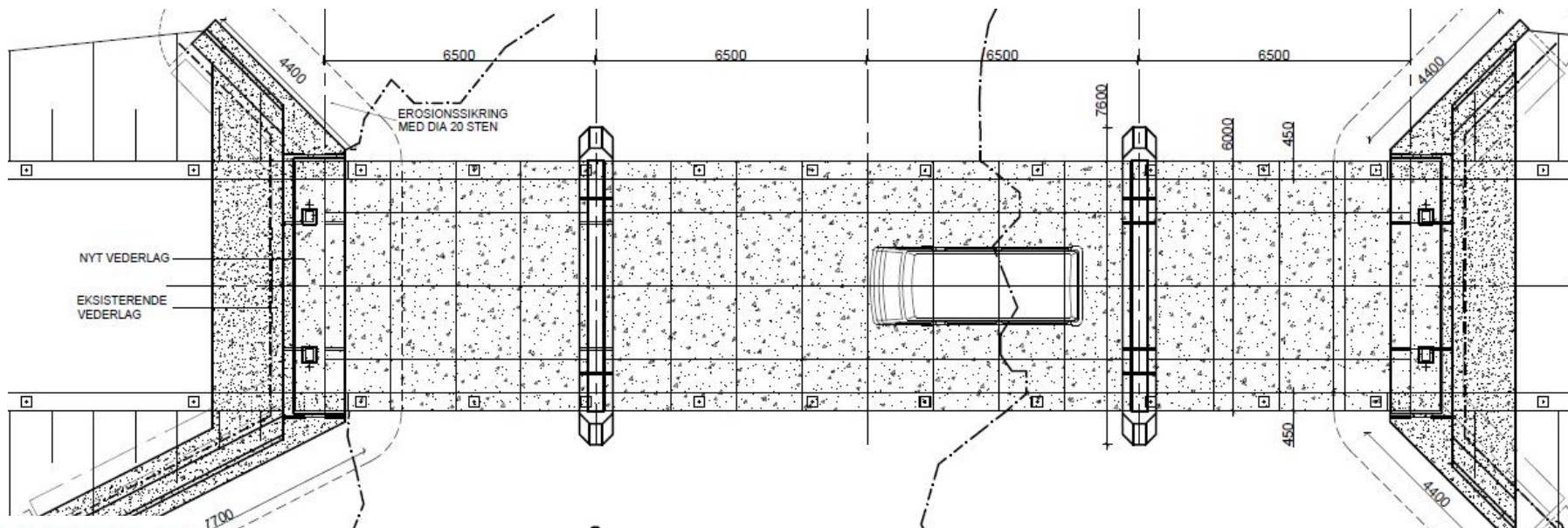
De vandrette kræfter fastholdes af trækbåndet og resultatet er en konstruktion med resulterende lodrette reaktioner.



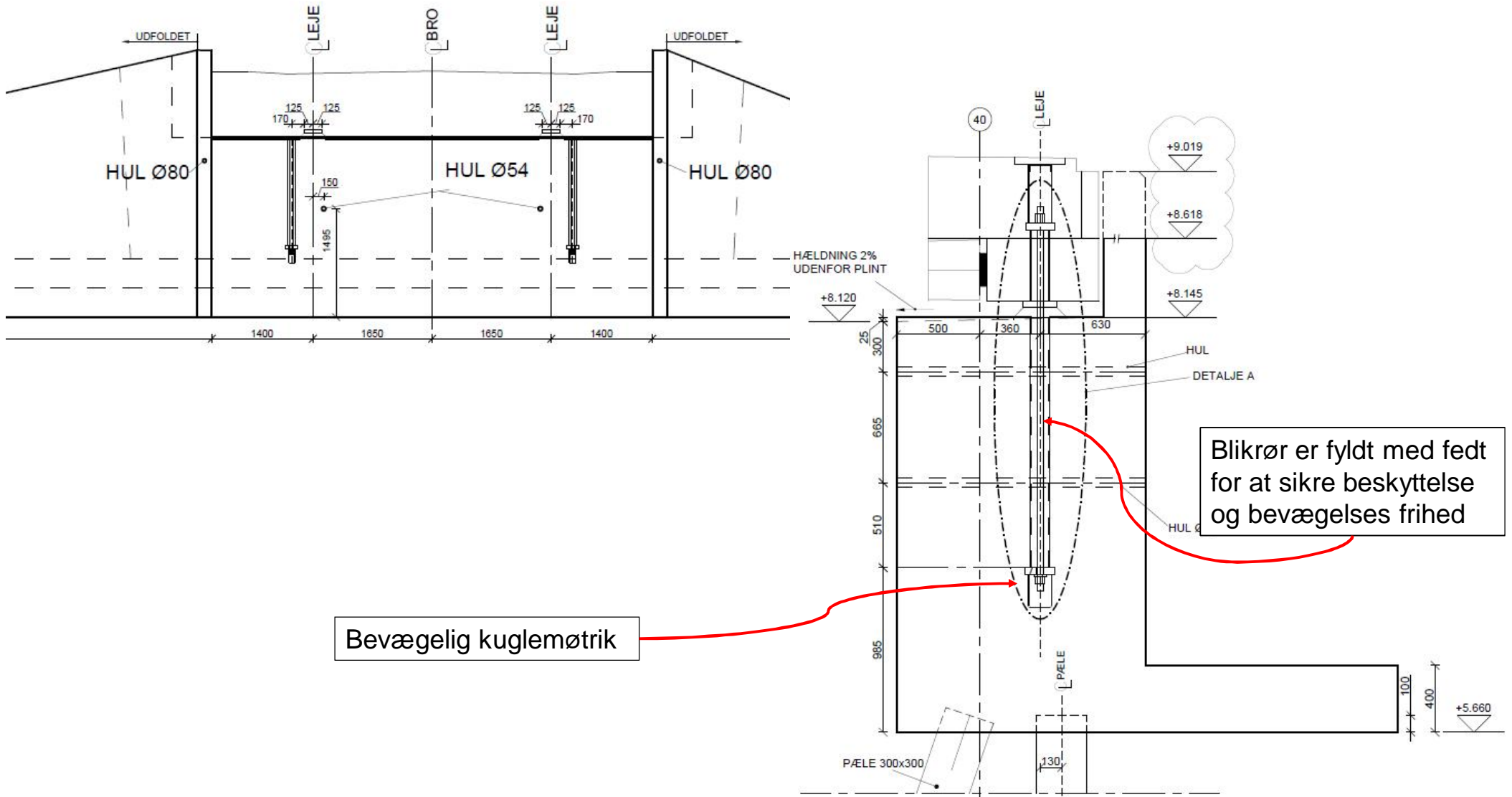
Geometri & statik



De vandrette kræfter fastholdes af trækbandet og resultatet er en konstruktion med resulterende lodrette reaktioner.

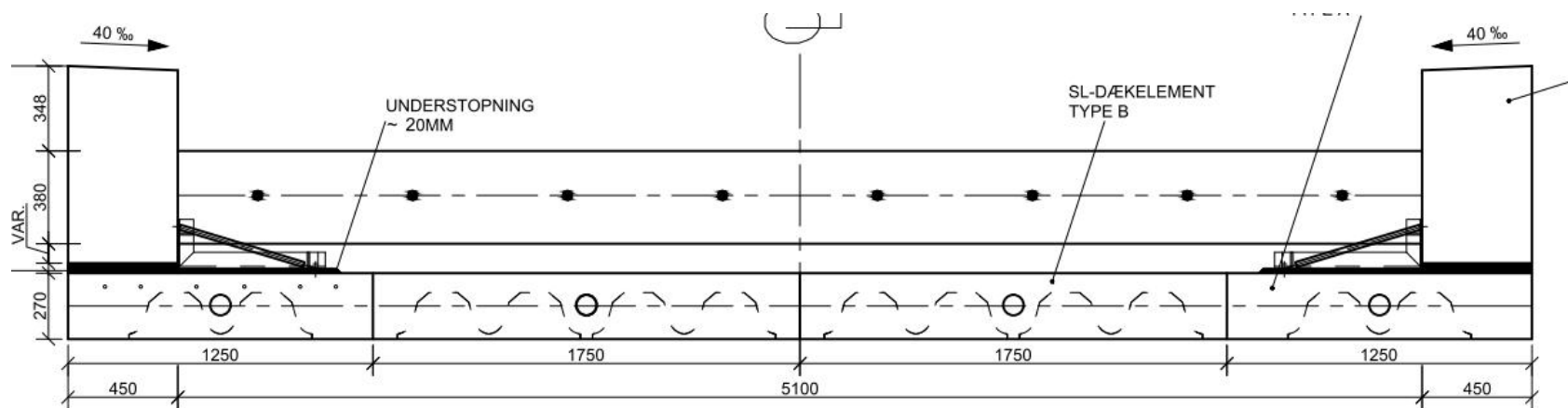


Endevederlag



Design overvejelser

- Afstand mellem buer
- Skal buer statisk bygges sammen
- Midlertidig og permanent fastgørelse af sideelementer
- Trækbåndets udformning og funktion (Bjælke eller plade)
- Endebjælke
- Isbrydende mellemunderstøtninger
- Åens forløb og udvikling ("Knæk" lige før broen)



SNIT A-A, 1:20

Afstand mellem buerne

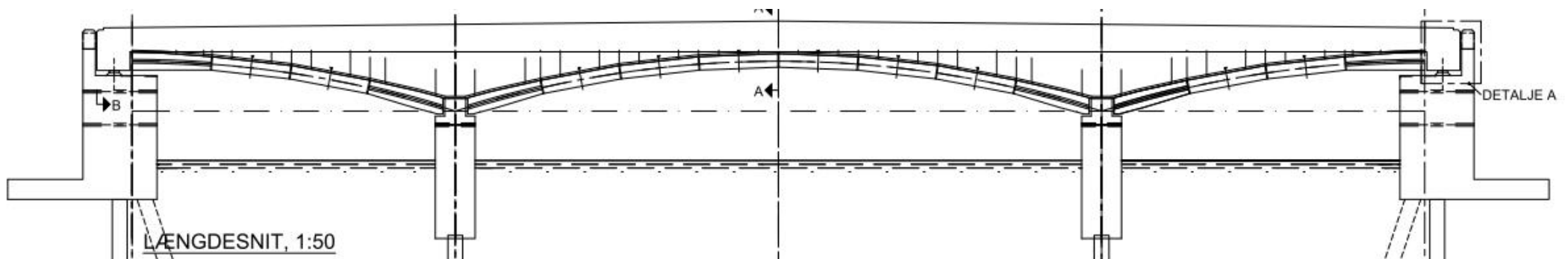
- Produktionstolerancer
- Tolerancer på buegeometrien
- Temperaturbevægelser



Skal de bygges sammen?

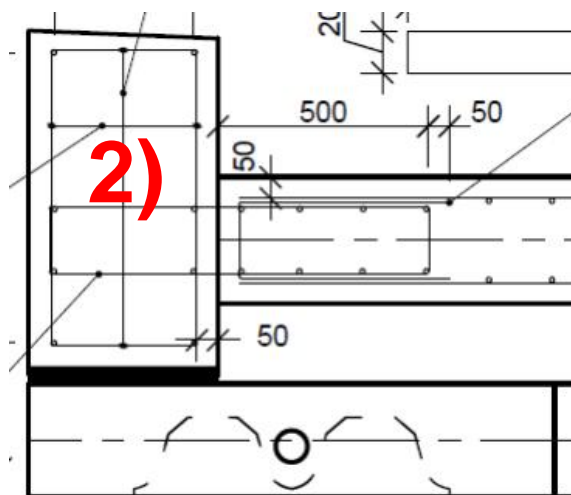
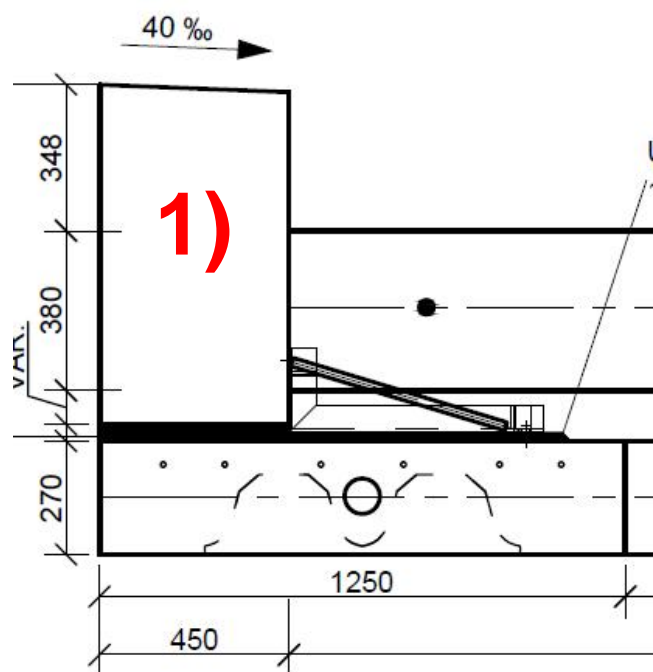


- Afhænger af buegeometrien
- For den vertikale last afhænger det af fyldlagets tykkelse, idet et tykt lag kan fordele belastningen til flere buer.
- Men hvis fyldlaget er tyndt så bæres belastningen direkte af en enkelt bue og i det tilfælde vil buekonstruktionen have en fordel af en forskydningsforbindelse eller en lastfordelende topplade.
- Forbindes buerne etableres der en kraftfordelende plade både vertikalt og horisontalt.



Fastgørelse af sideelementerne

- 1) Stålvinkler fastgjort til buerne og det enkelte sideelement fastholder sideelementer imens der udstøbes drænbeton og topplade.
- 2) Sideelementerne støbes med udragende jern, så de ved sammenstøbning fastgøres til toppladen.
- Kraften fra autoværnet føres således direkte ind i top-pladen.

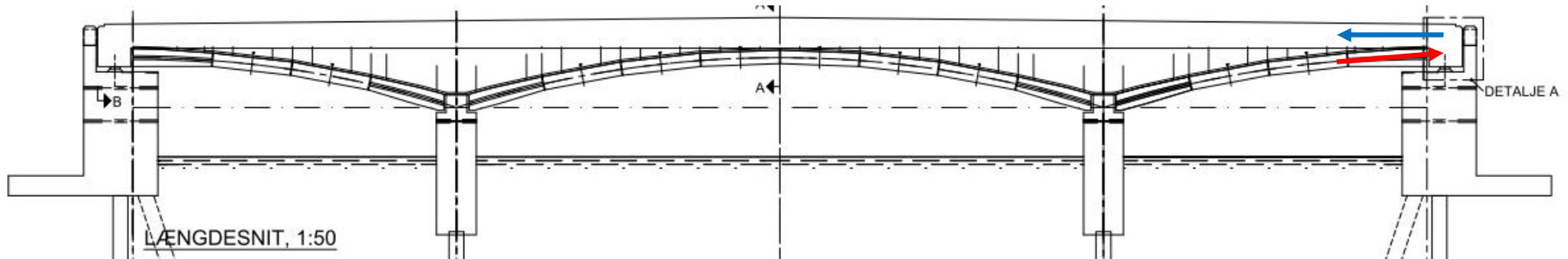


1) stålbeslag

2) Udragende jern

Toppladens funktion og geometri

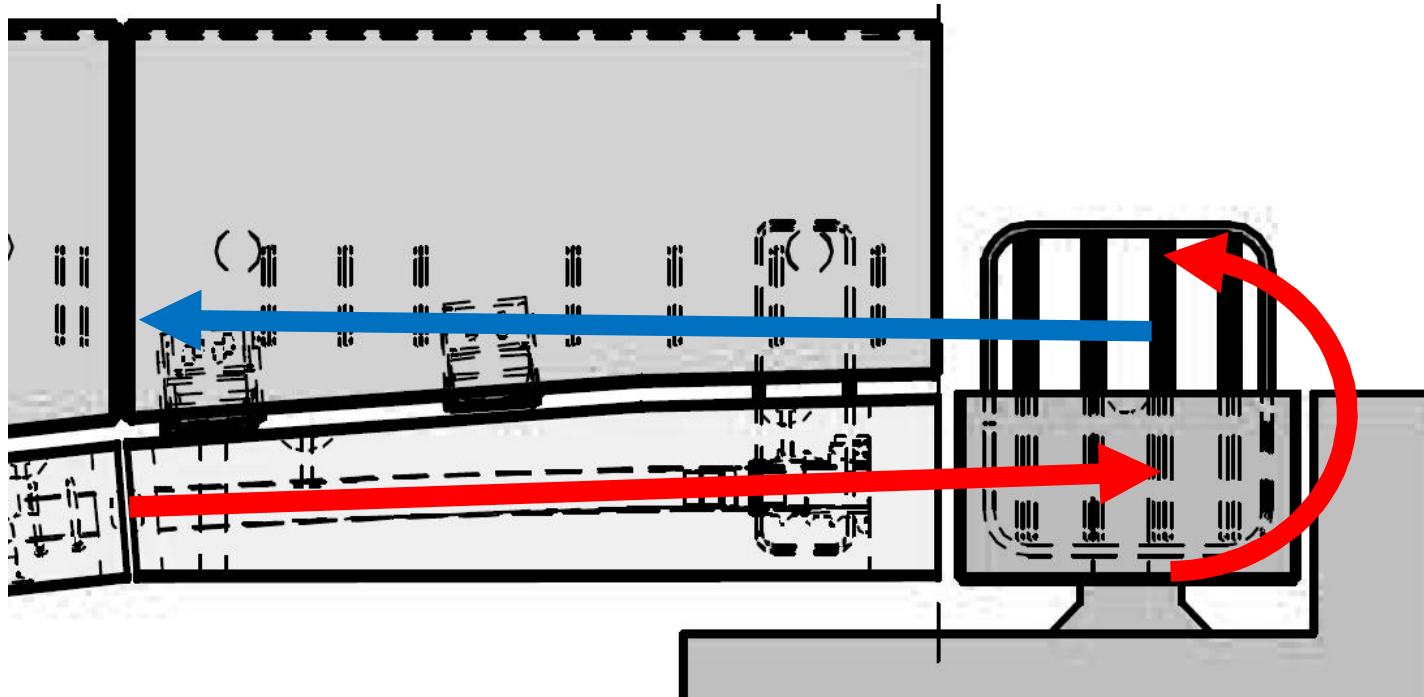
- Toppladen fungerer som trækbånd for konstruktionen.



- Toppladen udføres så slank som muligt, men skal kunne modstå trykkraften fra de efterspændte kabler.
- Ideen er at et større tværsnitsareal medfører mindre bevægelse selvom elasticitetsmodulet af betonen er mindre end f.eks. et stål trækbånd
- Geometrien skal netop sikre tilstrækkelig stivhed af trækbåndet, så buekonstruktionen sikres mod vandret bevægelse.
- Trækraften optages som aflastet tryk i betonen, hvilket giver en stor stivhed.

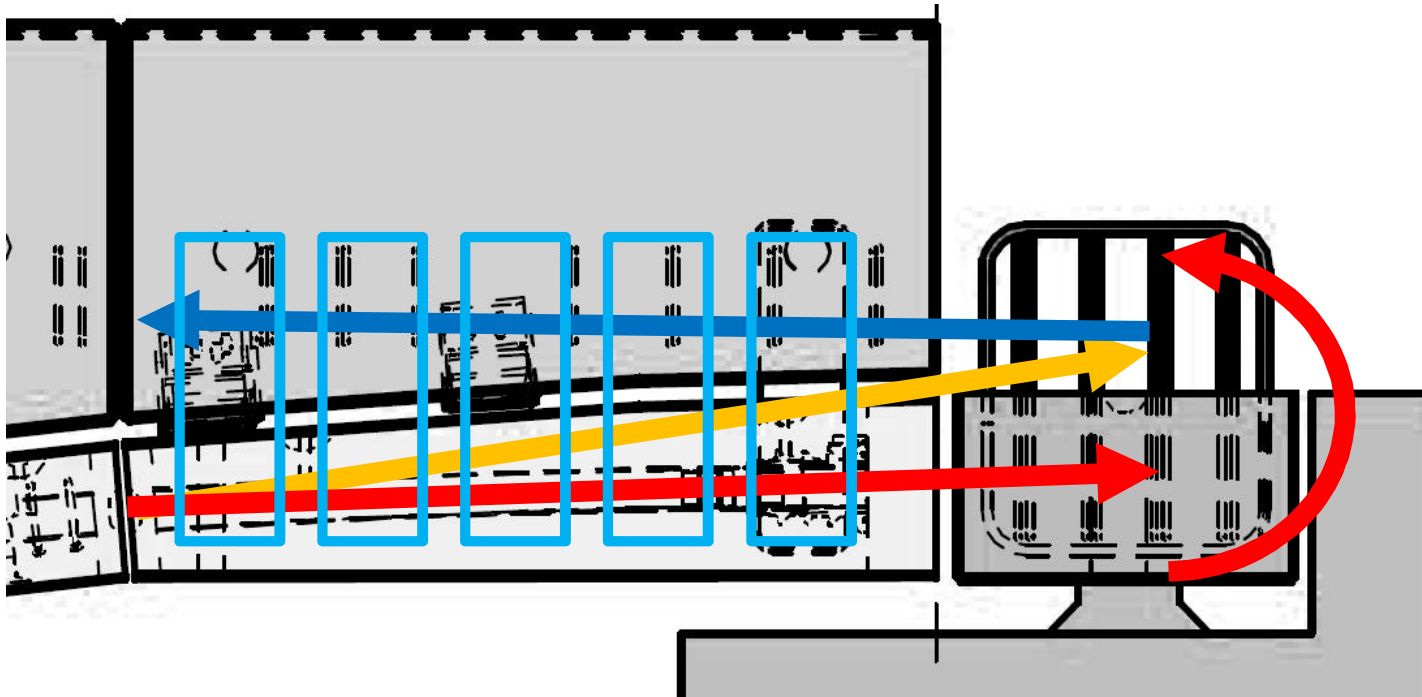
Toppladens funktion og geometri

- Hvis kræfterne ikke "mødes" da vil de introducere et moment i toppladen som øges med længden på momentarmen. Ideelt skal momentet være 0.
- Dette kan løses geometrisk ved udformning af buens landing, eller ved at påbegynde kræftoverførslen tidligt, hvorved kræftens retning ændres.

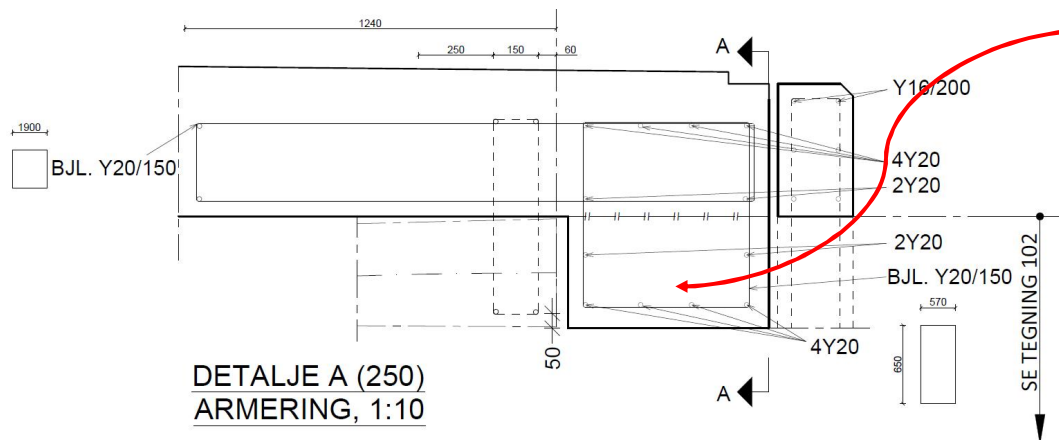


Toppladens funktion og geometri

- Hvis kræfterne ikke "mødes" da vil de introducere et moment i toppladen som øges med længden på momentarmen. Ideelt skal momentet være 0.
- Dette kan løses geometrisk ved udformning af buens landing, eller ved at påbegynde kræftoverførslen tidligt, hvorved kræftens retning ændres.



Endebjælke 1/2 in-situ & 1/2 præfab

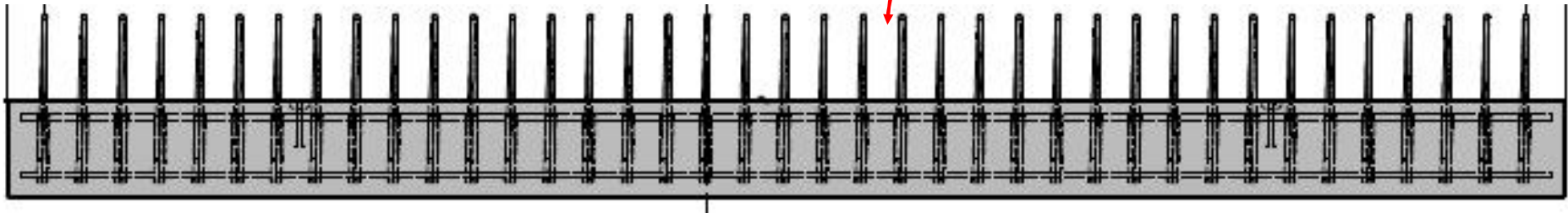


Præfabrikeret bjælkedel

Præfab armering:

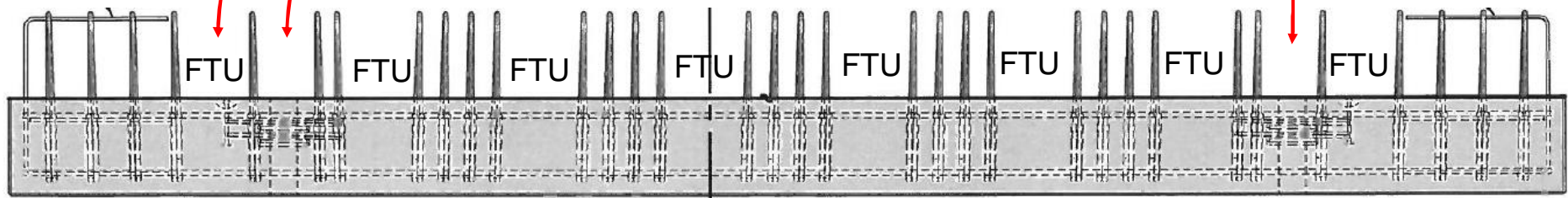
- B.J.L. Y20/150
- Y20 langsgående

1. Version af produktionstegning



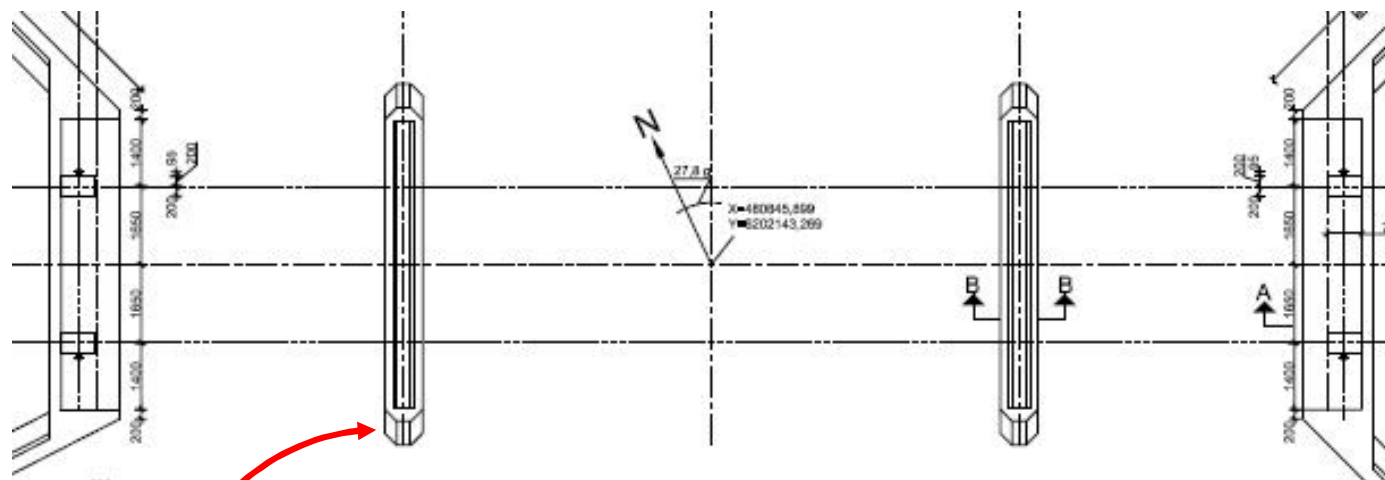
Plads til FTU (Efterspændingskabel)

Plads til trækanker



Endelig version af produktionstegning

Isbrydende mellemunderstøtning og åløb



Forstærkning af å-brink

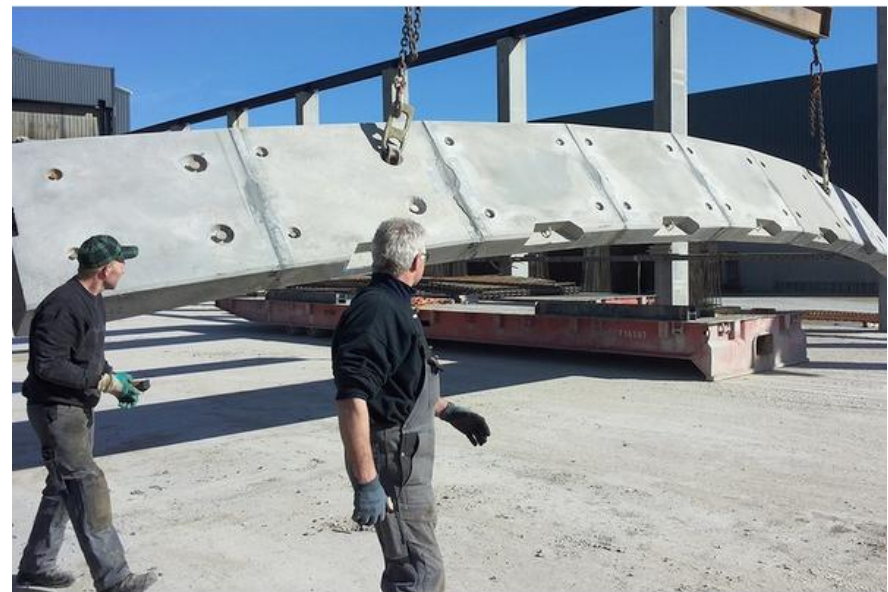
Isbrydende skrå sider med spids

Åen bevæger sig med tiden mod nord-vest



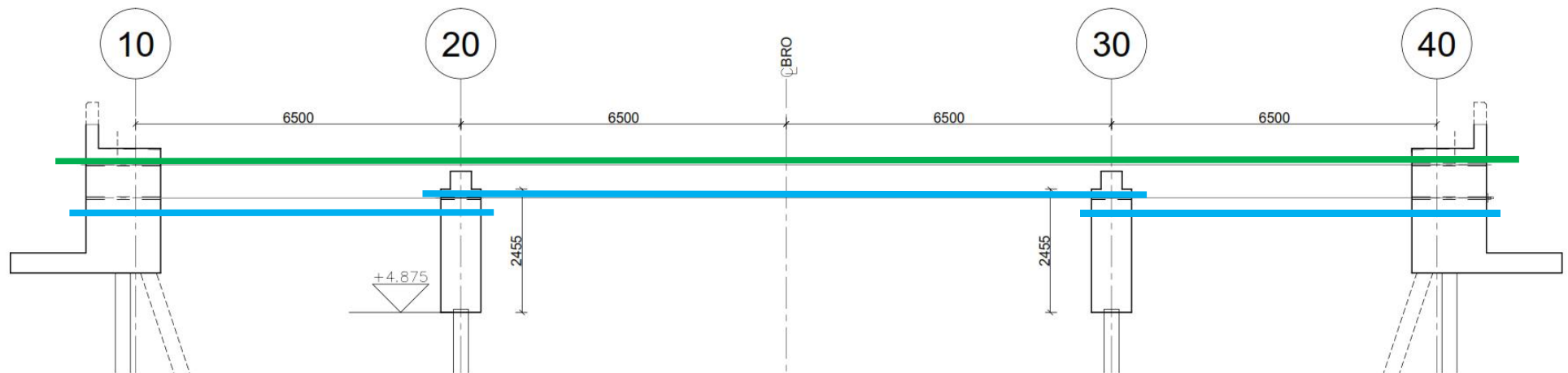
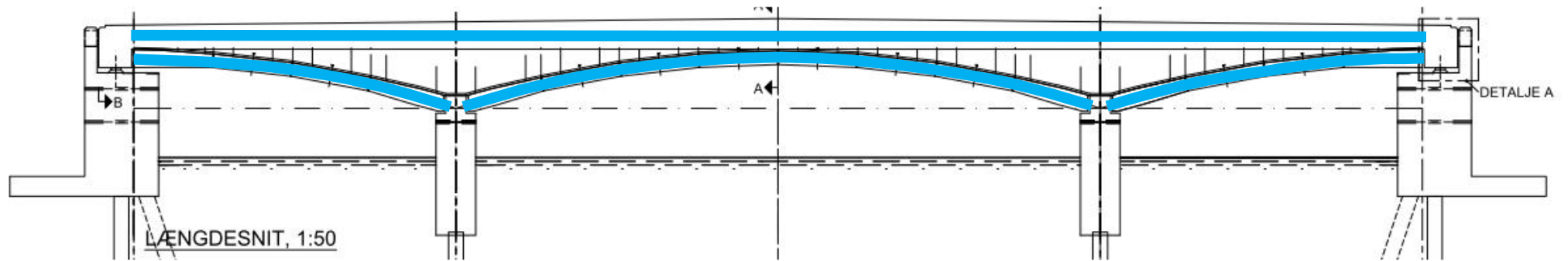
Udførelsesfasen

Indledende arbejder



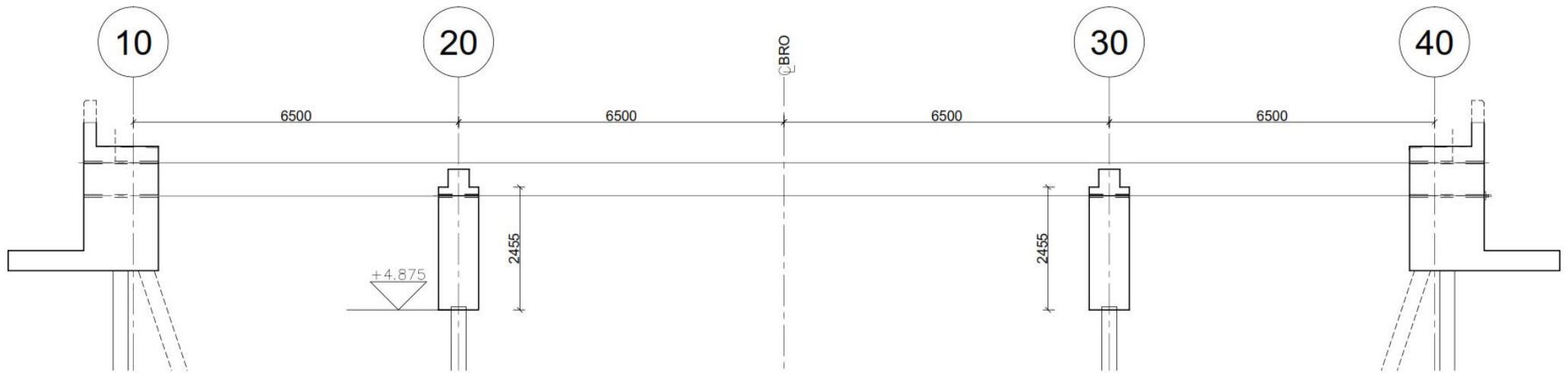
Udførelsesfasen

Midlertidig statik



Udførelsesfasen

Midlertidig statik



Udførelsesfasen

Montage af buer



Udførelsesfasen

1. Sideelementmontage



Montage

2. Udstøbning af samlinger og hammerhoveder



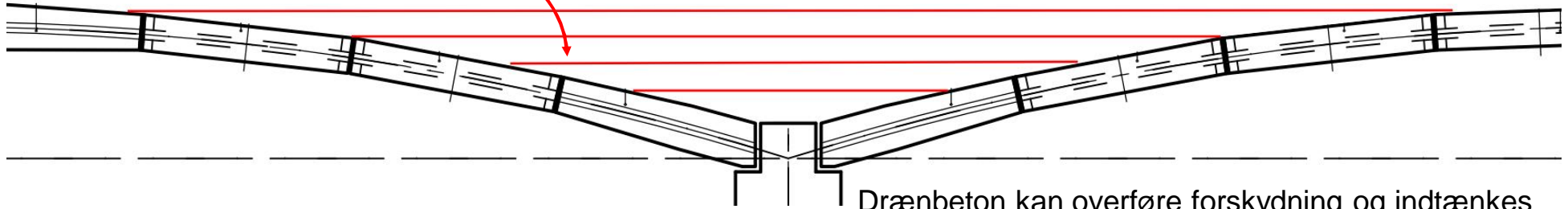
3. Klargøring til støbning af drænbeton



Udførelsesfasen

Fyldlag - Drænbeton

Drænbeton udstøbes i lag á 20 cm



Drænbeton vibreres med pladevibrator



Drænbeton kan overføre forskydning og indtænkes derfor i en videreudvikling af perlekædebro konceptet



Udførelsesfasen

Udstøbning - Drænbeton

Drænbeton udstøbt og broen er afdækket i hærdefasen.



Broen inden armering af topplade og afsluttende arbejder.

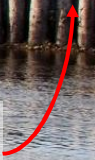
Vorgod å – 9. juni 2015



Mellemunderstøtning udført med
isbrydende geometri og hældning.

Vorgod å – sensommer 2015

Å brink forstærket grundet
åens "knæk" lige før broen.



Vorgod å – sensommer 2015

Færdig vej overside i beton,
støbt som overbeton



Letklinkerblokke synlige
på broens underside



Vorgod å – sensommer 2015



Færdig bro med flot udført
synlig perlekædekonstruktion

Se mere på Discovery Channel & abeo.dk

Broadcasted
on Discovery
Channel
in September
2015



Beregnet kapacitet: 55 tons. Brudlast 98 tons. (Karakteristiske materiale parametre anvendt til kapacitetsberegning)