



# CO2 reductie in ontwerp zinktunnel

**Maasdelatunnel, Blankenburgverbinding**

Sander ten Pas (TEC)

# Even voorstellen



**Sander ten Pas**  
TEC



**Waterwolftunnel**  
2007 - 2010



**Oosterweelverbinding**  
2011 - 2012



**Söderströmtunnel**  
2012 - 2013



**Fehmarnbelt**  
2014 - 2015



**Scheldetunnel**  
2015 - 2017

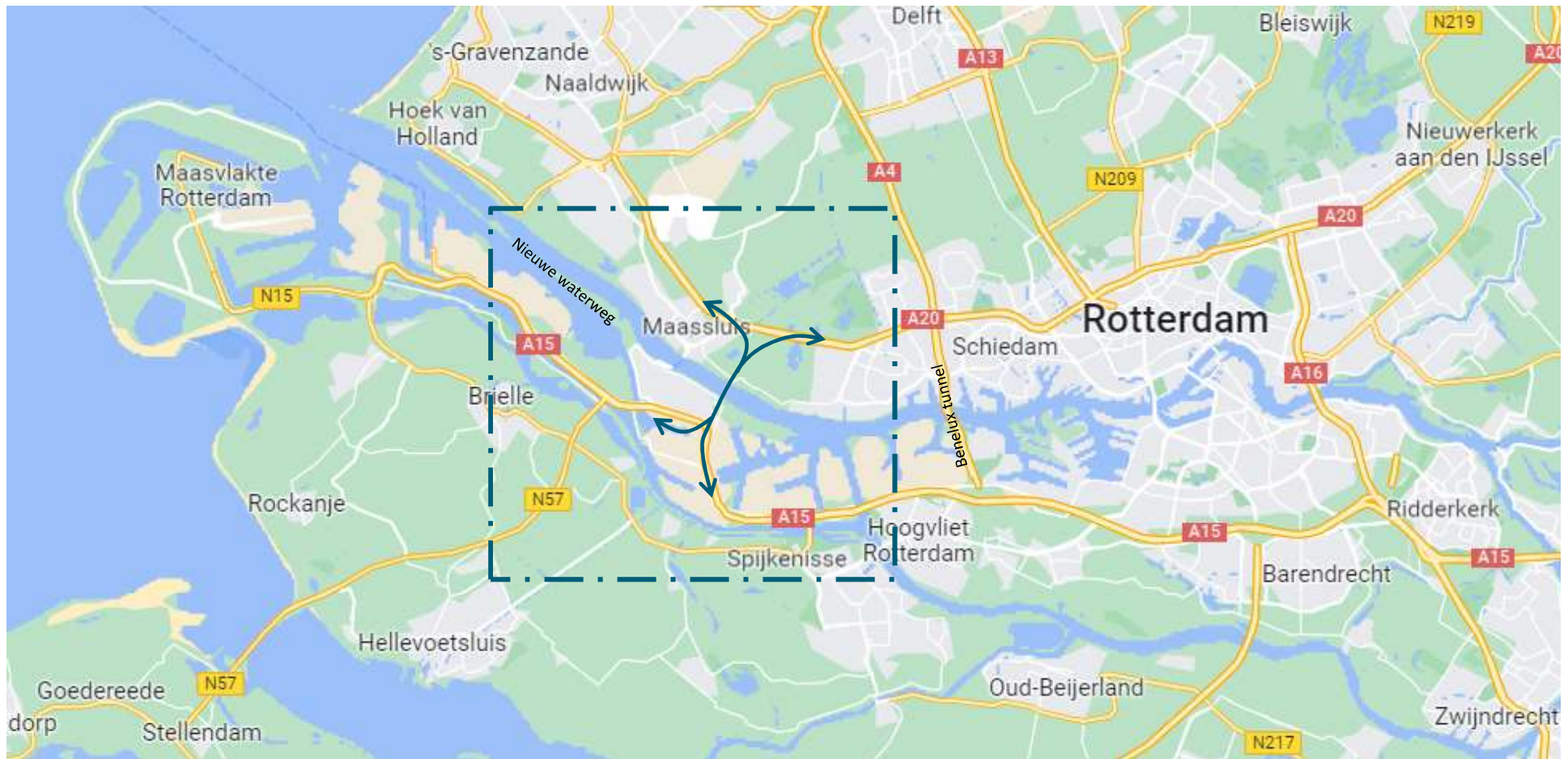


**Maasdeltatunnel**  
2017 - 2021



**Western Harbour Tunnel**  
2022

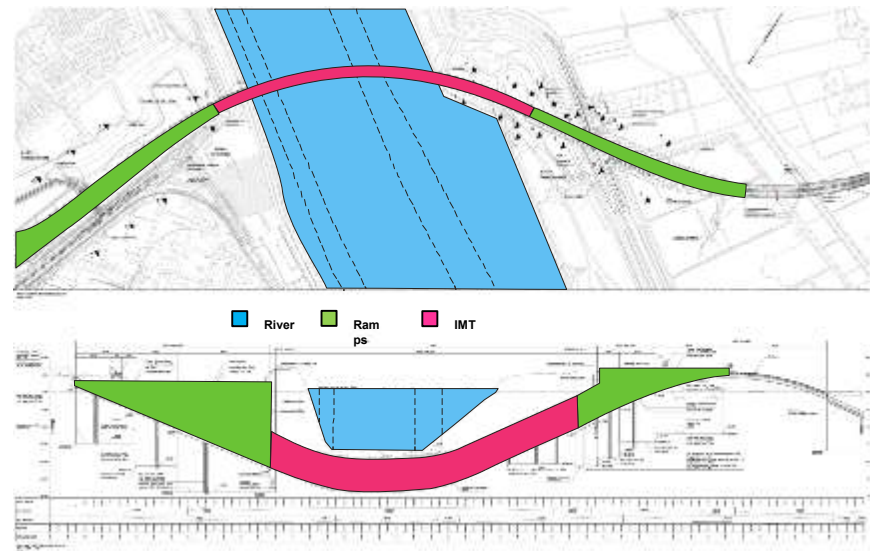
# Blankenburgverbinding



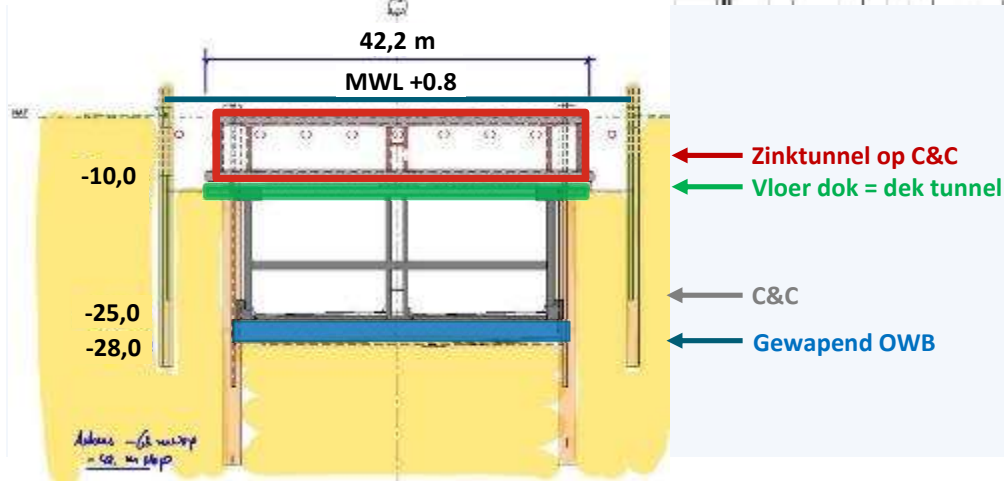
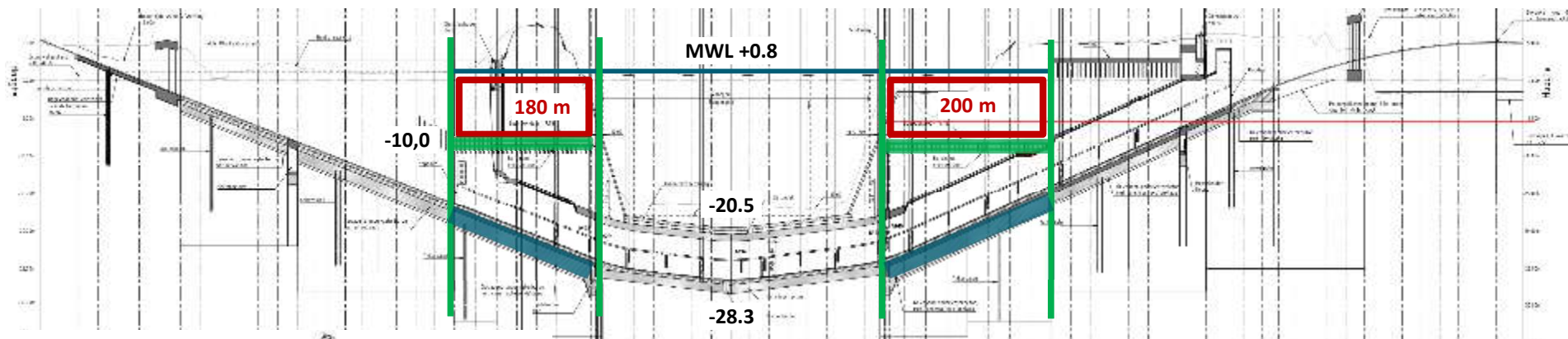
# Maasdeltatunnel



## Maasdeltatunnel



# Ontwerphilosofie Maasdeltatunnel

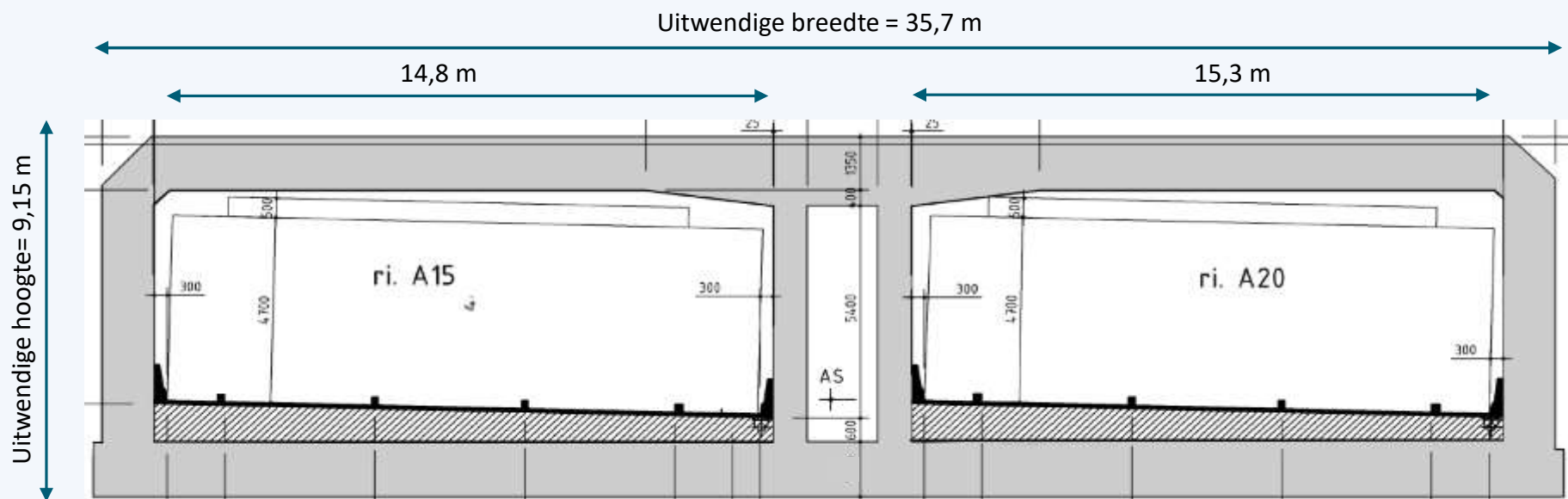


## Ontwerphilosofie

- Van 6 naar 2 tunnelementen
- Bouw van TE op de C&C
- Uitwendige hoogte TE van 9,15 m naar 7,75 m
- Maximaal vrijboord door reductie constructiedikte

# Traditioneel gewapende doorsnede

Betonafmetingen o.b.v. benodigd vrijboord

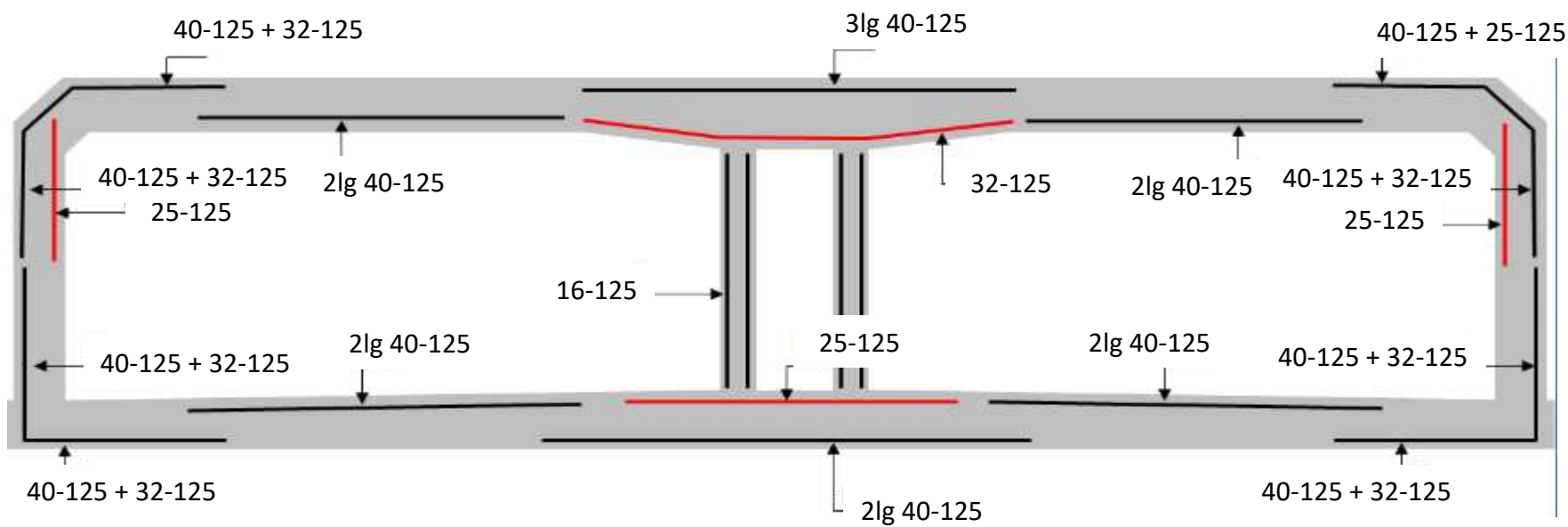


## Betonafmetingen o.b.v. vrijboord

Dek	= 1,4 m	} Betonddoorsnede = 138 m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup> (vrijboord 0,2 m)
Vloer	= 1,5 m	
Buitenwanden	= 1,2 m	

# Traditioneel gewapende doorsnede

Wapeningsconfiguratie zonder dwarsvoorspanning



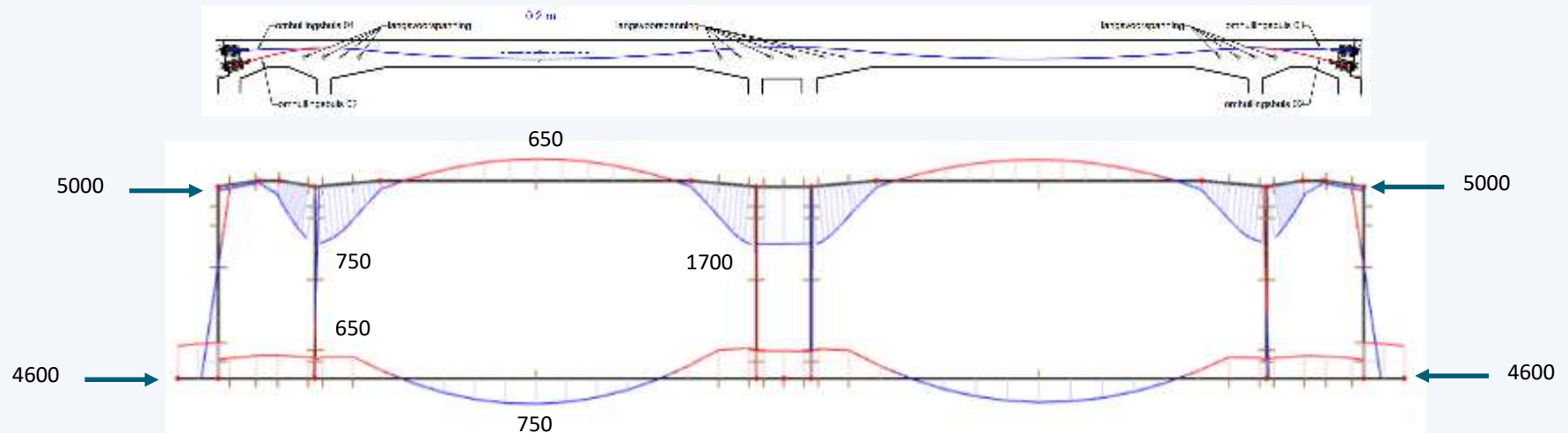
Wapeningshoeveelheid  $250 \text{ kg/m}^3 = 34.600 \text{ kg/m}^1$





# Maximale voorspanbelasting

Ongescheurde betondoorsnede bouwphase, voorkomen doorgaande scheurvorming



## Ontwerpcriteria bouwphase

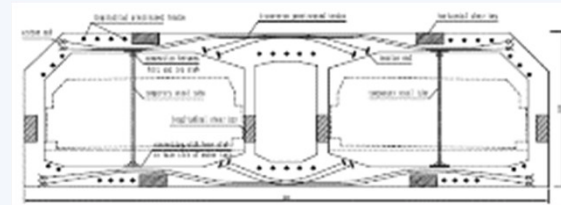
- Ongescheurde betondoorsnede bouwphase

Mogelijk door kleine excentriciteit

Geen tijdelijke maatregelen noodzakelijk

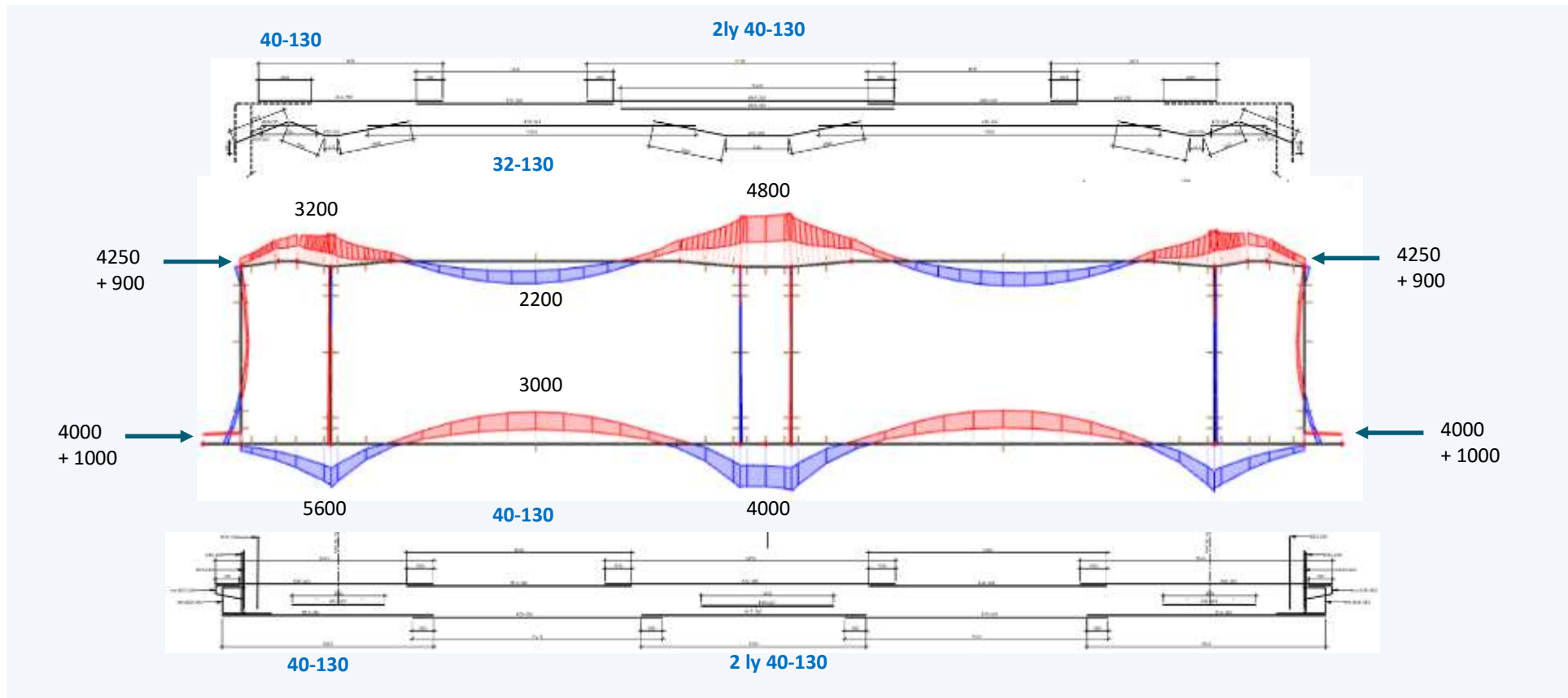
## Results

- Vloer: 22 strengs 15.3 mm, c.t.c. 0.9 m.
- Dek: 27 strengs 15.3 mm, c.t.c. 0.9 m.
- Betonkwaliteit C45/55



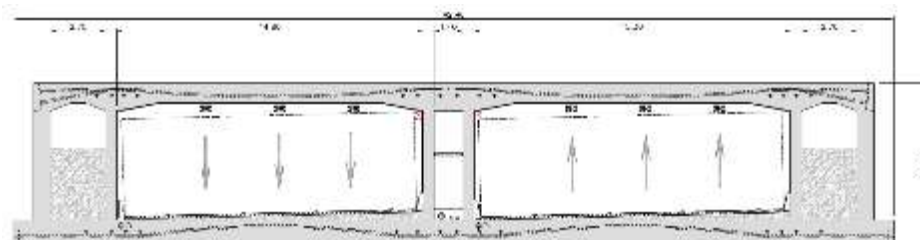
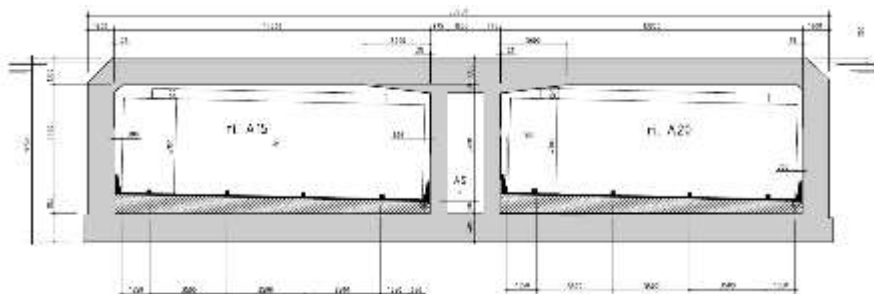
# Gedeeltelijk voorgespannen beton

Scheurwijdte beperkende wapening gebruiksfase



# Vergelijking doorsneden

Rijkokers 14,8 m en 15,3 m



## Traditionele gewapende zinktunnel doorsnede

Uitwendige breedte = 35,7 m  
 Uitwendige hoogte = 9,15 m

Dek = 1,4 m  
 Vloer = 1,5 m  
 Buitenwanden = 1,2 m

Betonddoorsnede	= 138 m <sup>3</sup> /m <sup>1</sup>	33,7 ton/m <sup>1</sup>
Wapening	= 34.600 kg/m <sup>1</sup>	<u>47,5 ton/m<sup>1</sup> +</u>
		81,2 ton/m <sup>1</sup>

## Dwarsvoorgespannen zinktunnel doorsnede

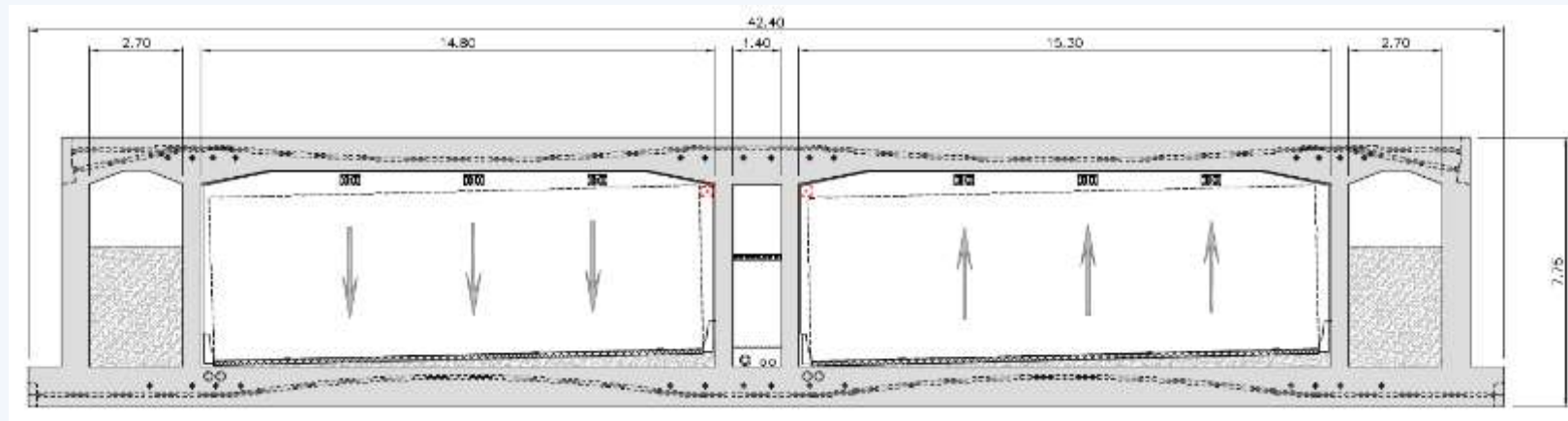
Uitwendige breedte = 42,4 m  
 Uitwendige hoogte = 7,75 m

Dek = 0,95 m  
 Vloer = 1,15 m  
 Buitenwanden = 0,80 m

Betonddoorsnede	= 114 m <sup>3</sup>	27,8 ton/m <sup>1</sup>	(- 6 ton/m <sup>1</sup> )
Wapening + voorspanning	= 25.200 kg/m <sup>1</sup>	<u>34,5 ton/m<sup>1</sup> +</u>	(-13 ton/m <sup>1</sup> )
		62,3 ton/m <sup>1</sup>	(-19 ton/m <sup>1</sup> )

23% CO<sub>2</sub> reductie. Over de lengte van de zinktunnel van 390 m = 7.500 ton

## Mogelijkheden ballastkokers?



### Multifunctioneel gebruik

- Kabel en leidingkoker / dienstgang
- Inspectievoorziening
- Fietskoker

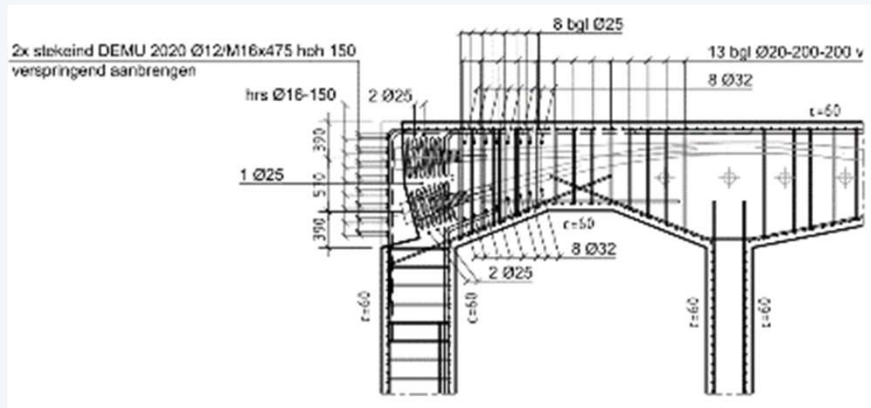
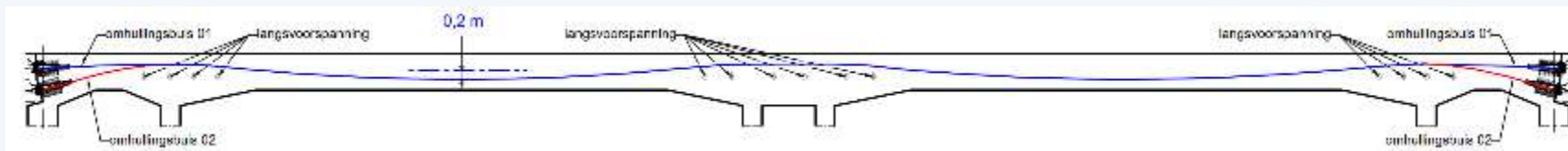
### Alternatieve ballastmaterialen

- Geopolymeer beton
- Zandvulling

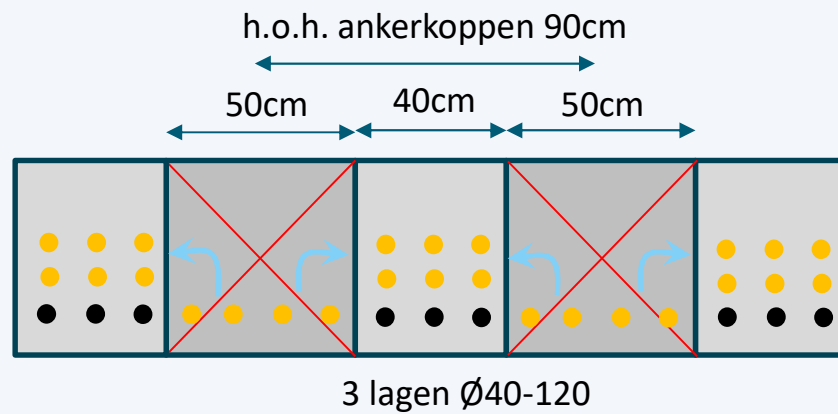
# Inpassingsuitdagingen voorspanning



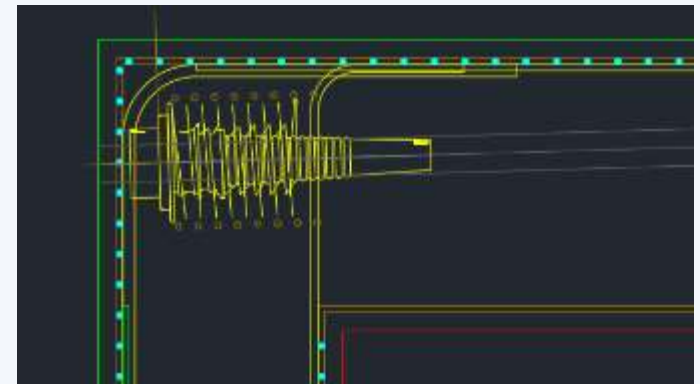
# Inpassing ankerkoppelen en wapening dek



## Originele positie ankerkoppen



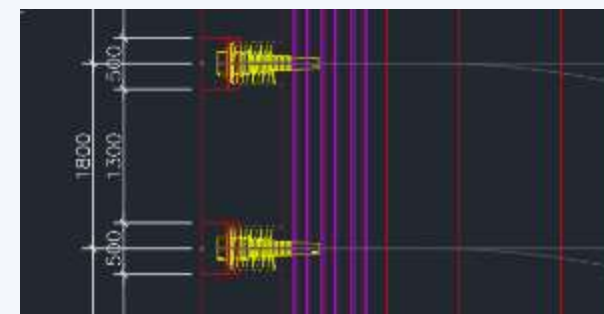
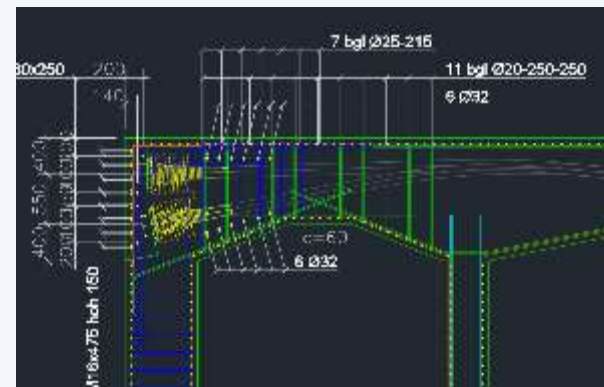
- H.o.h. ankerkoppen 90 cm
- Effectieve breedte 40 cm tussen de ankerkoppen (44%)
- Meerdere lagen wapening
- Zeer inefficiënt, zeker door kleine constructiedikte



# Geoptimaliseerde positie ankerkoppen



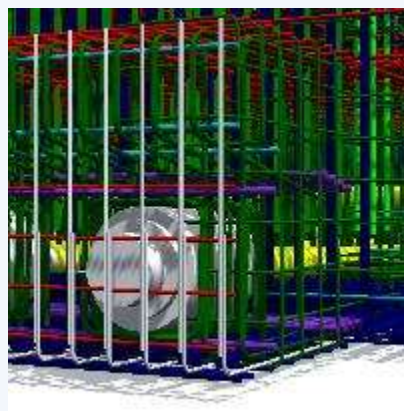
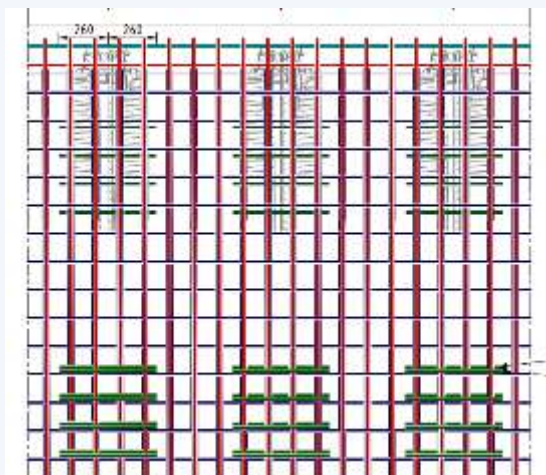
- Ankerkoppen boven elkaar gepositioneerd
- H.o.h. afsand 1,80 m
- Effectieve breedte tussen ankerkoppen 1,30 m (72 %)
- 1 laag 40-120 volstaat



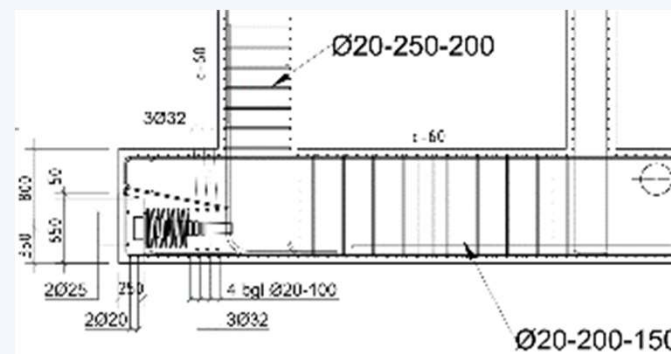


# Detailing wapening vloer

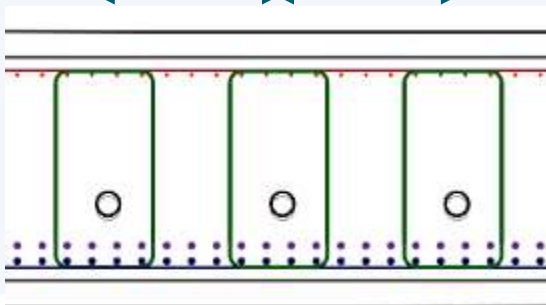
Ankerkoppen in de teen (buiten de vloer-wand aansluiting)



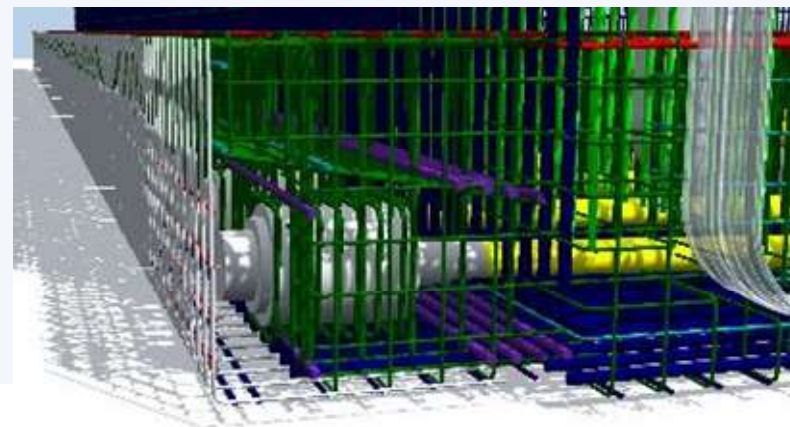
Ankerkoppen in de teen



900      900



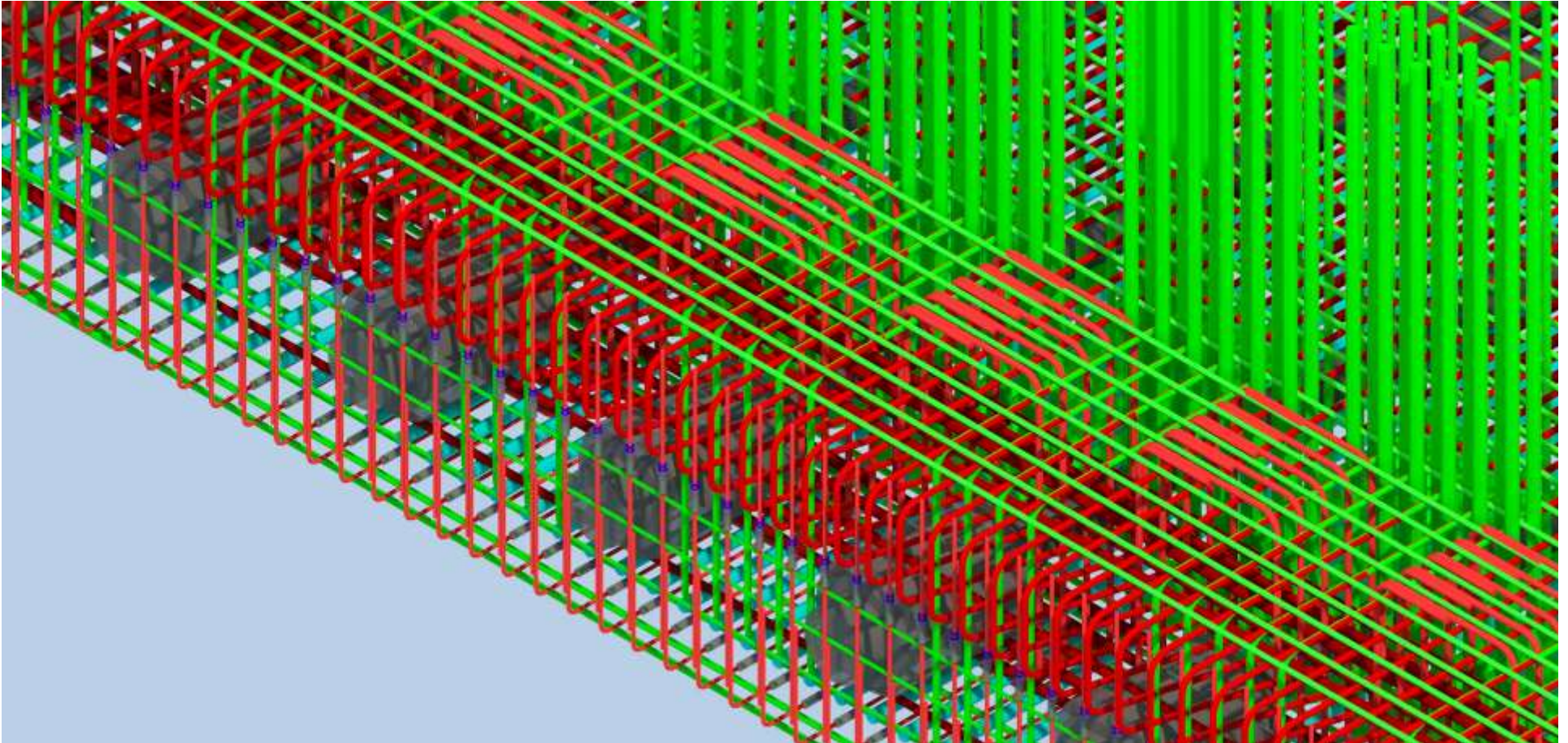
h.o.h. wapening gebaseerd op h.o.h. voorspanning:  $900 / 7 = 130$  mm



## Volledig 3D ingepast

Positionering wandstekken op ondernet vloer impact op bovennet en splejtbeugels

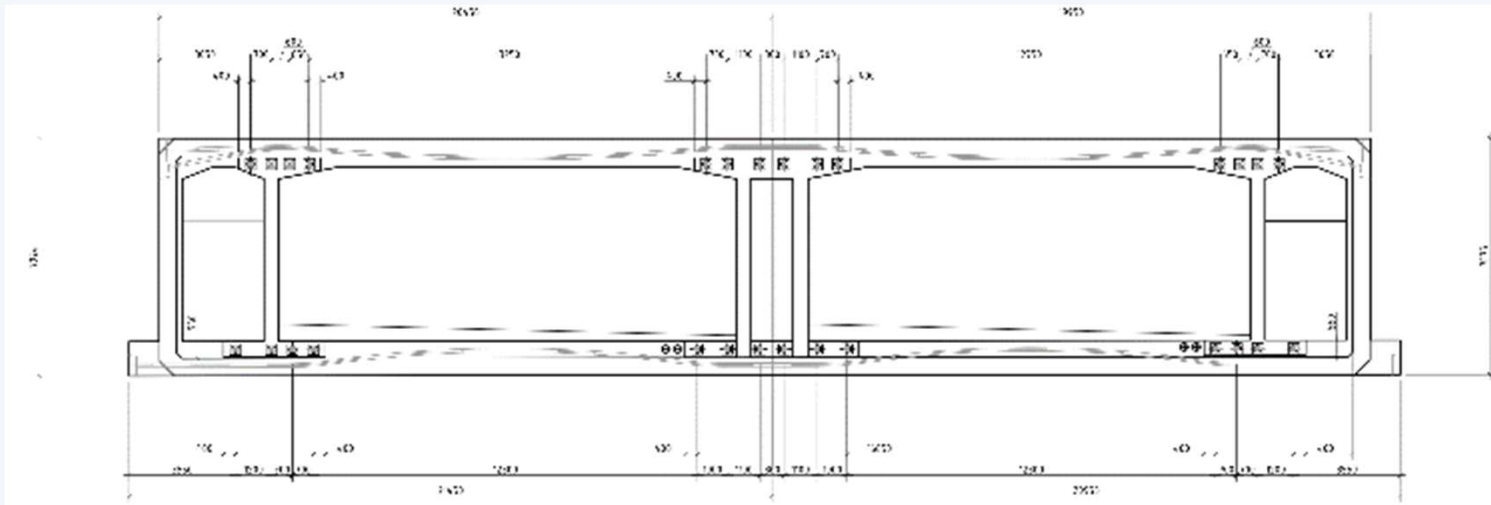
TEC • BAAK



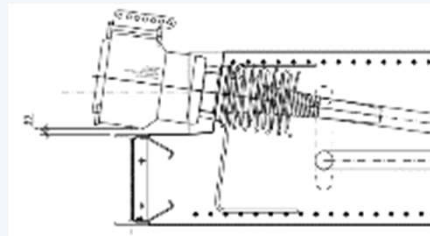
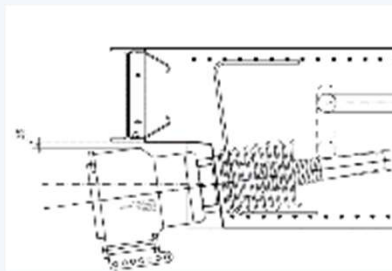
# Raakvlakken dwars- en langvoorspanning



Langvoorspanning geconcentreerd bij de wanden

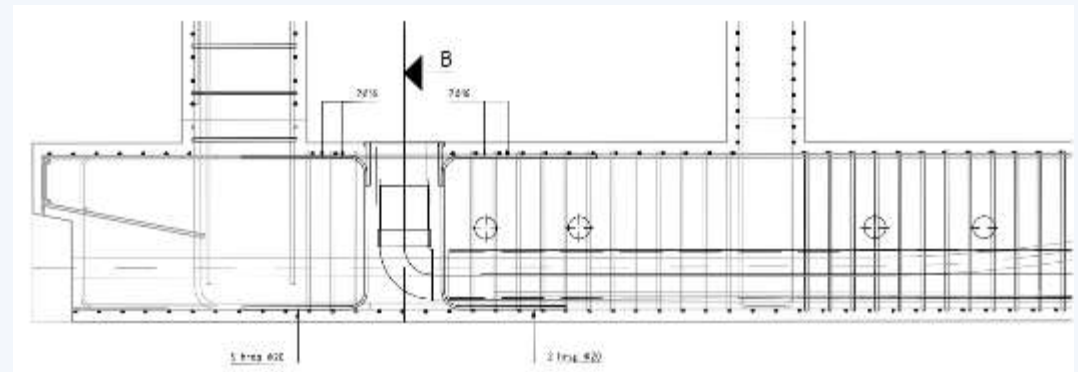
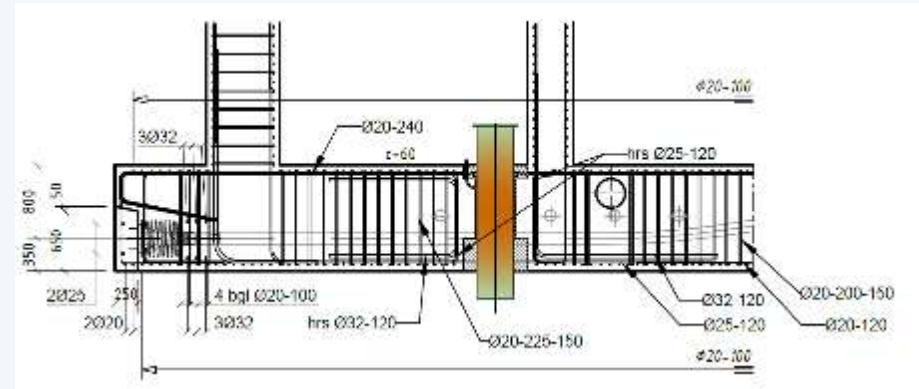
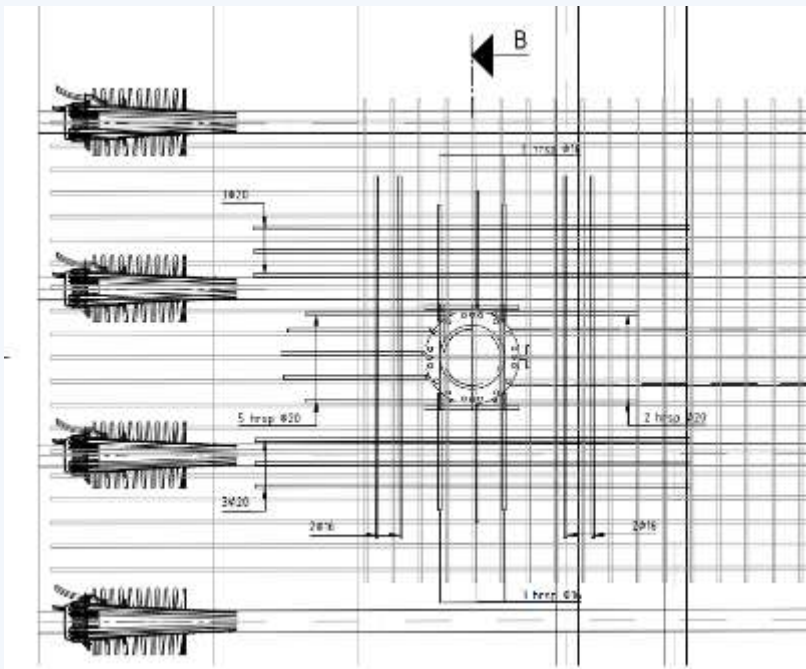


27 strengs kabels => grote vijzel



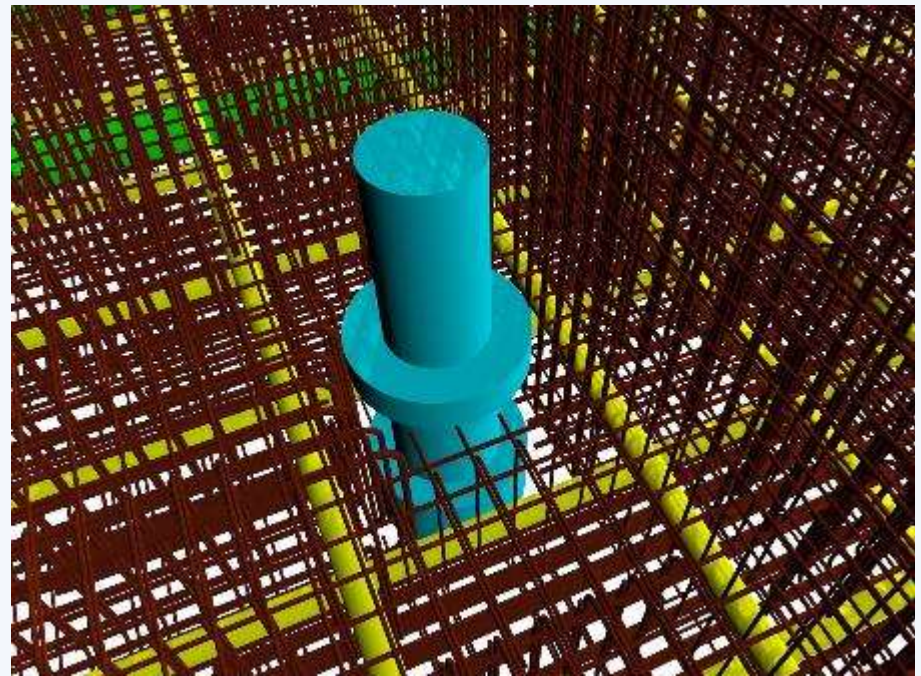
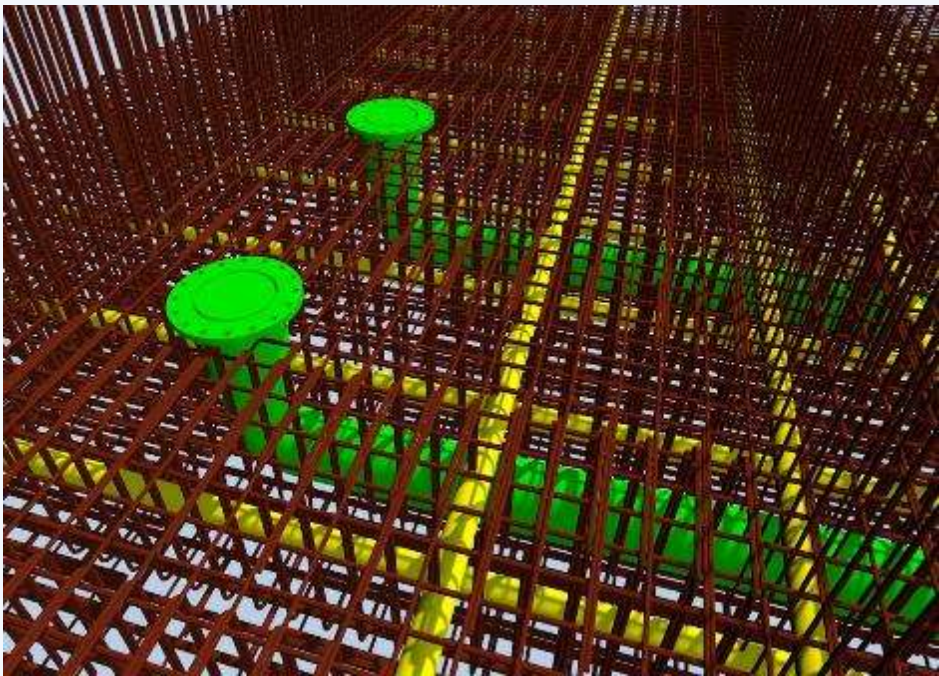
# Onderstroomleidingen en tijdelijke vijzels

Positionering tussen langs en dwarsvoorspanning (maatvastheid noodzakelijk)



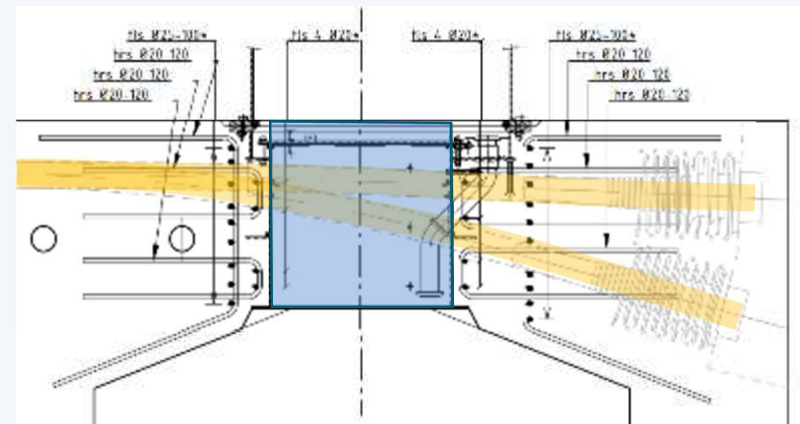
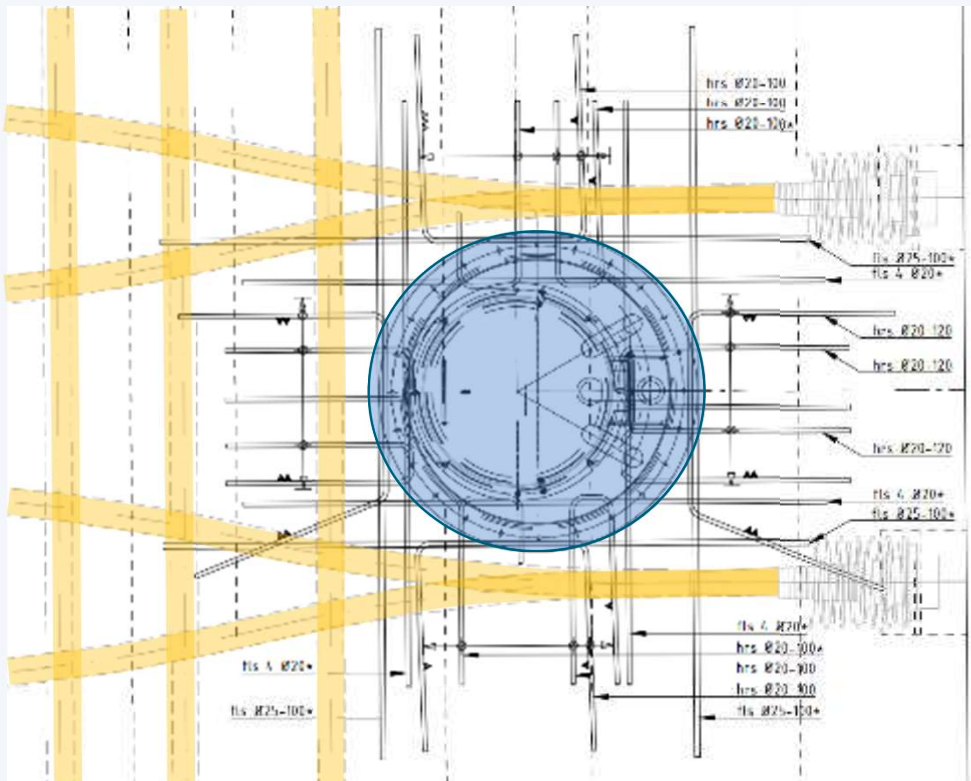
# Onderstroomleidingen en tijdelijke vijzels

Positionering tussen langs en dwarsvoorspanning (maatvastheid noodzakelijk)



# Toegangsschacht

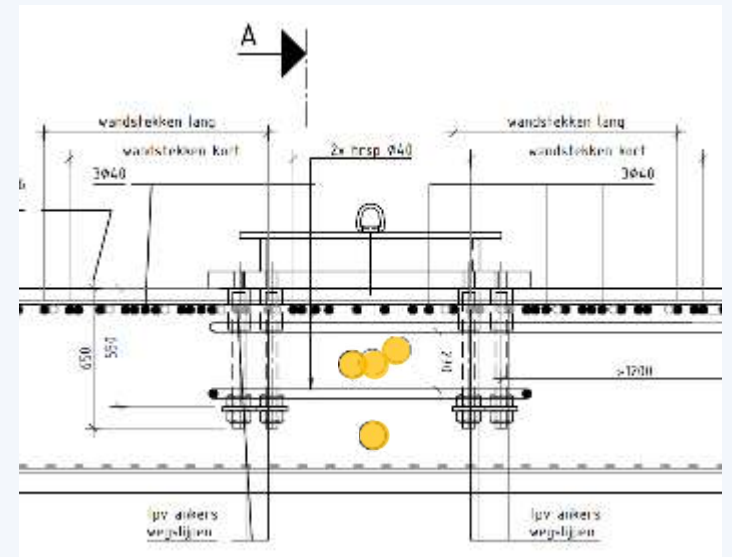
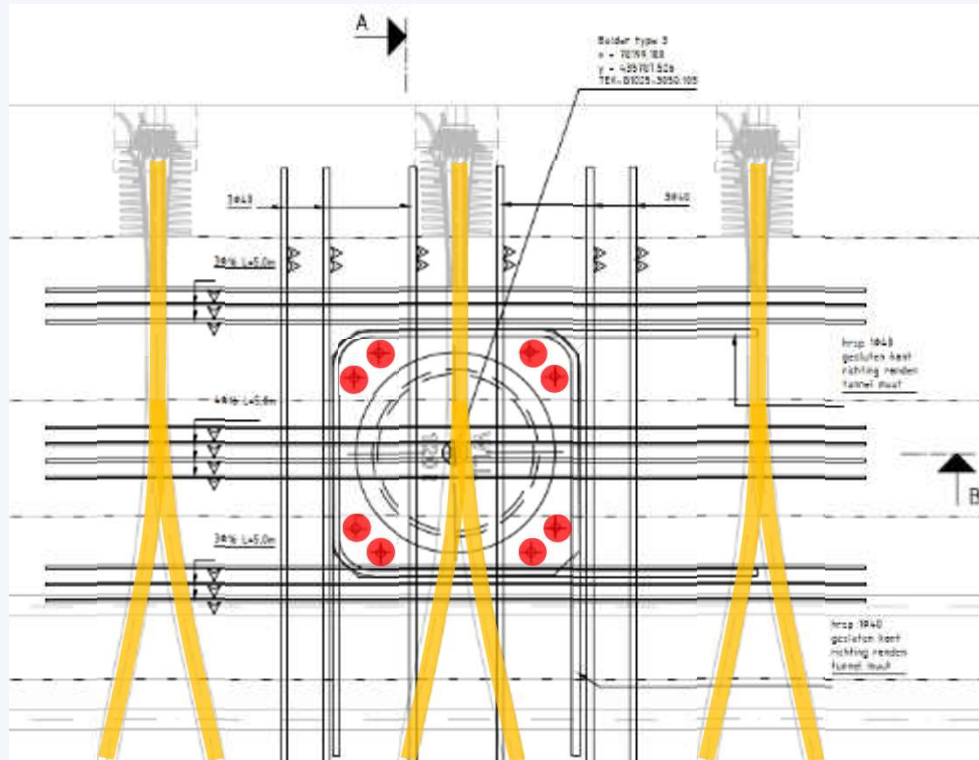
Positionering tussen langs en dwarsvoorspanning (maatvastheid noodzakelijk)





# Bolders

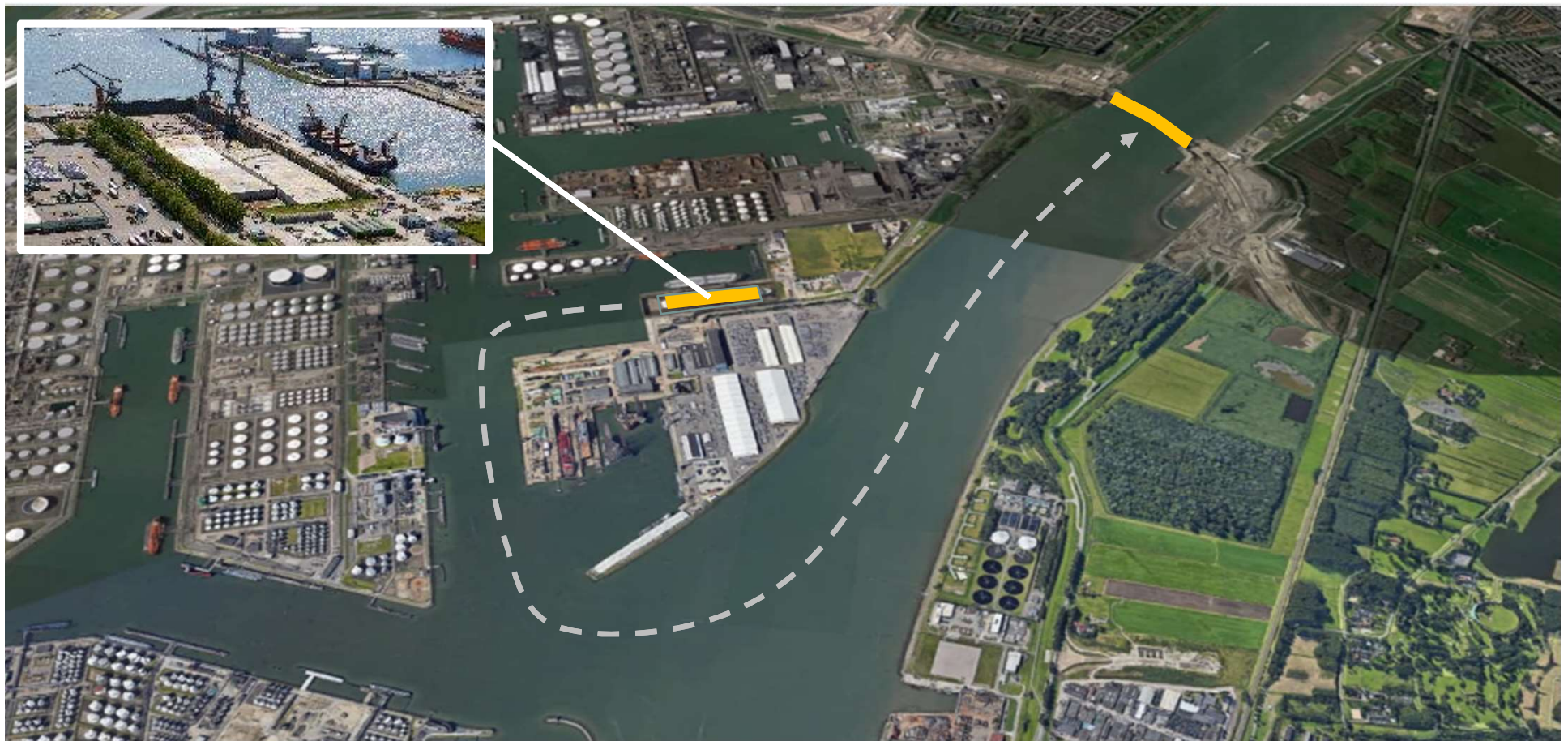
Positionering tussen langs en dwarsvoorspanning (maatvastheid noodzakelijk)





# Alternatieve bouwdoklocatie

Damen Verolme dok

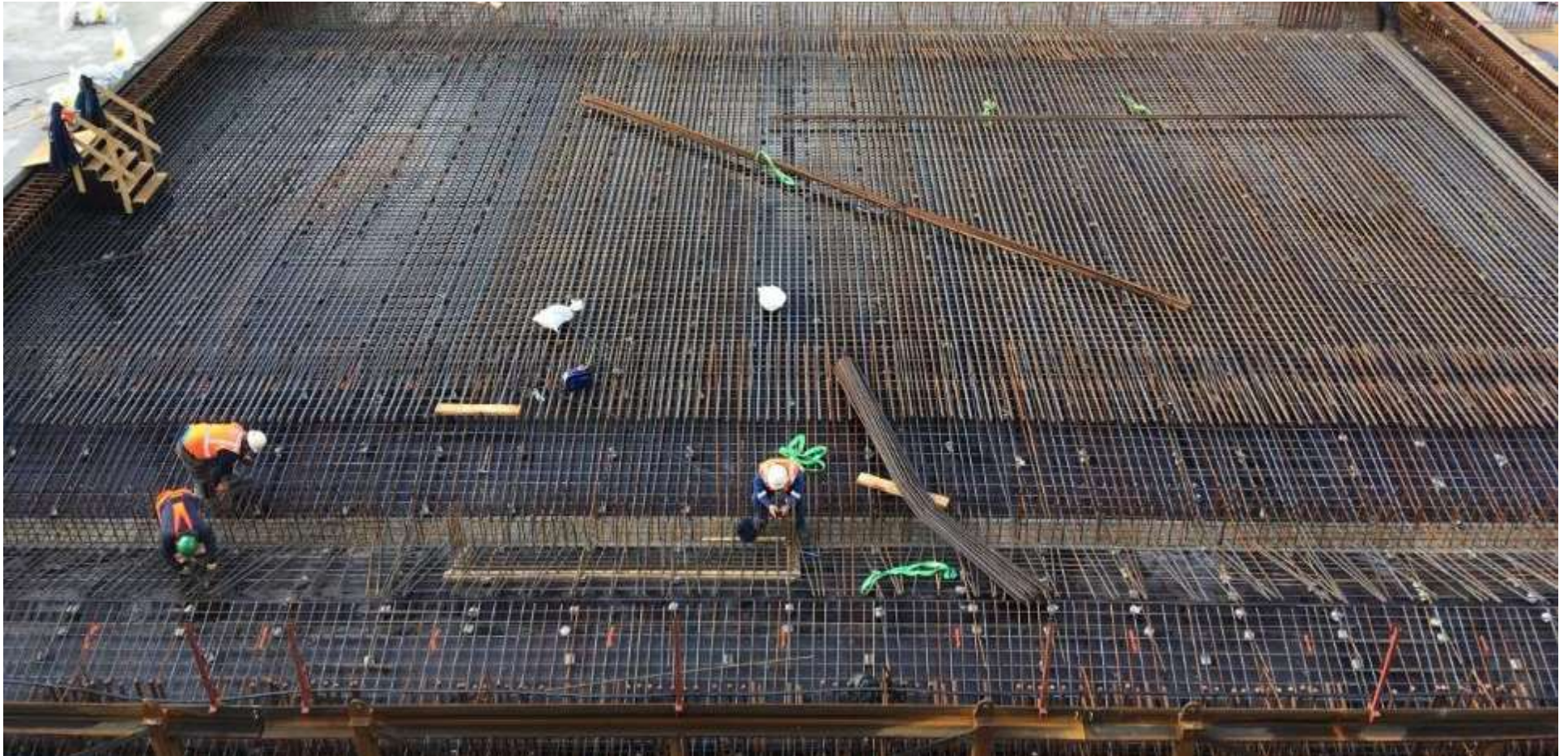


# Bouwdok Damen-Verolme



## Wapening ondernet aanbrengen

TEC • BAAK



## Sparingskist spankoppen positioneren

TEC • BAAK



## Rekken voorspankanalen plaatsen

TEC • BAAK



# Omhuilingsbuizen aanbrengen



## Bovennet en ITSO's plaatsen



Dwarskrachtwapening (T-heads) plaatsen





# Betonstort

TEC • BAAK



# Afspannen



Werkruimte beperkt

TEC • BAAK



Slim omgegaan met beperkte ruimte

TEC • BAAK



Elementen gereed

TEC • BAAK



## Uitvaren elementen

TEC • BAAK



Afzinken gepland maart en april 2023



Bedankt voor jullie aandacht!