

Kilde Femern A/S

Dansk Betondag

September 2026

Femern-forbindelsen

Når betonteknologi, produktion og logistik mødes.

FLC

FEMERN LINK CONTRACTORS

Ingrid Ahrenkilde

Concrete Development Manager, FLC

Senior Project Manager, Per Aarsleff A/S

Agenda

- Introduktion
- Materiale logistik
- Armeringsfremstilling
- Betonproduktion og pumpelinjer
- Støbeproces & curing
- Skidding af elementer
- Betonteknologi
- Marine og immersion



Kilde Femern A/S

Introduktion

18 KM KOMBINERET VEJ OG TUNNEL





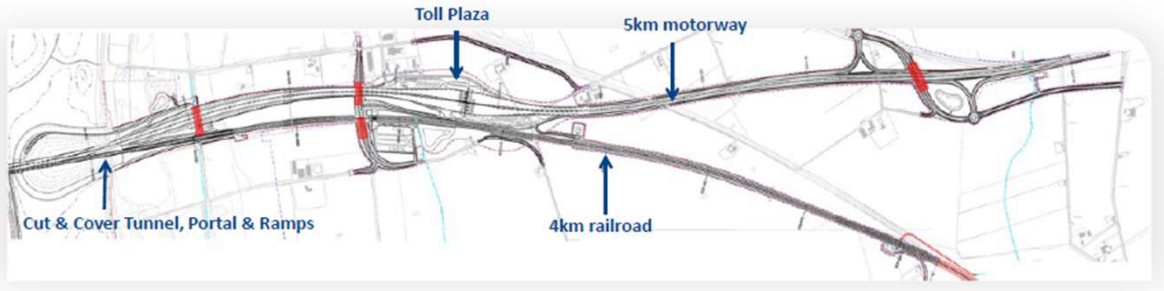


Etablering af den faste forbindelse mellem Skandinavien og det kontinentale Europa

FEMERN LINK CONTRACTORS

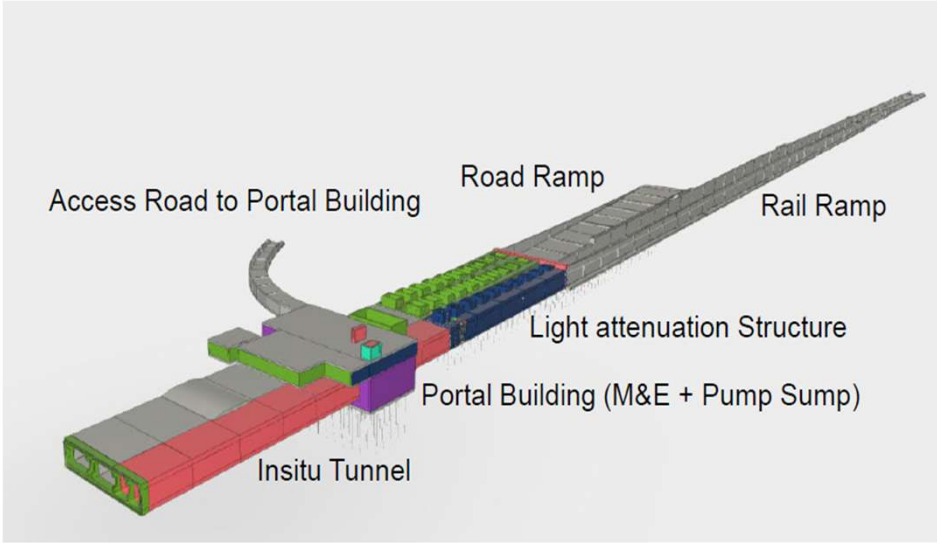
Introduktion

LANDANLÆG LOLLAND



- Cut & Cover
- Sea cut-off structure
- Portal building
- Road & Rail Ramps

- Motorway
- Side Roads
- Bridges (4 nos)
- Fauna passage
- Drainage and ponds
- Railroad earthworks incl. ballast



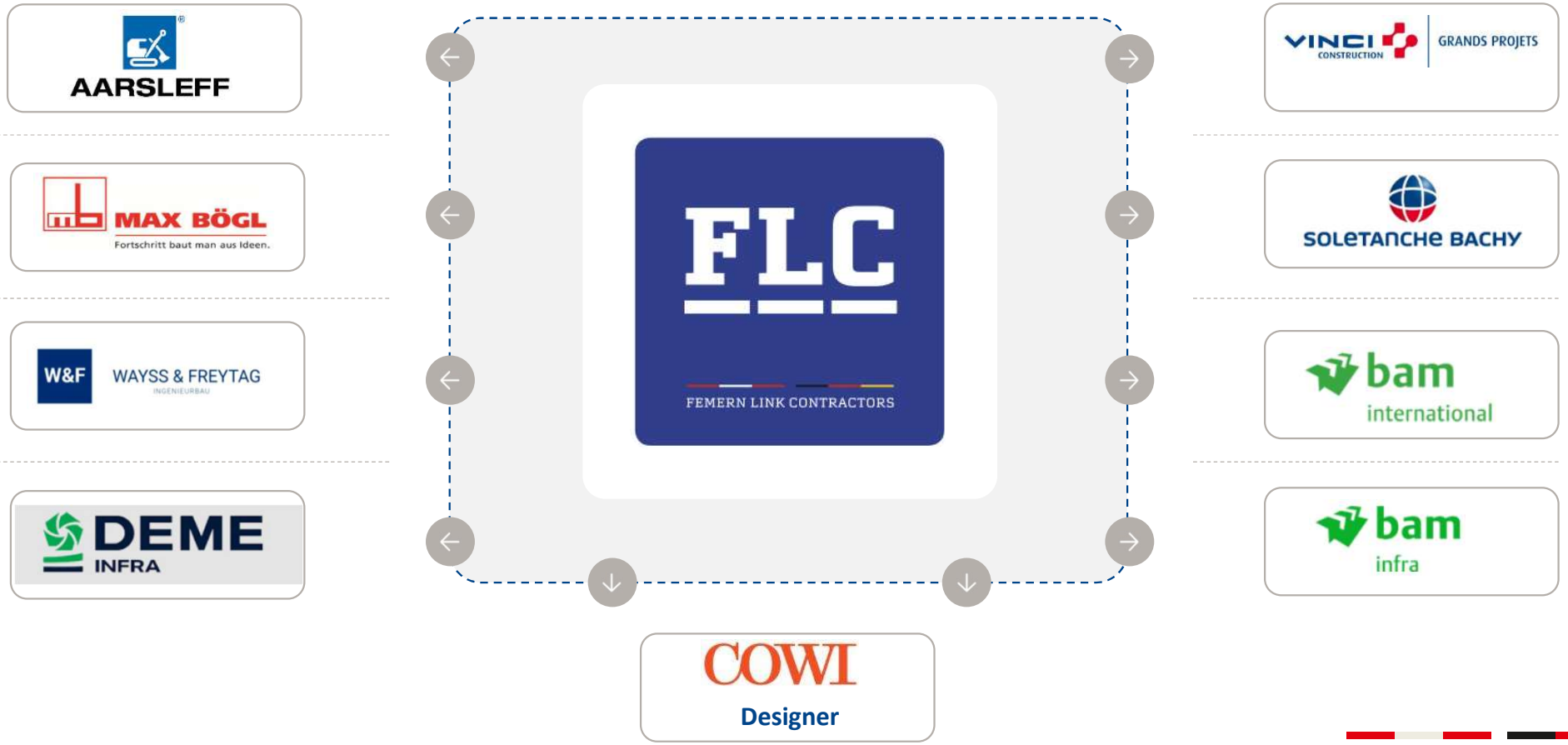
Tunnel

- Cut-and-cover tunnel – 160m
- Attenuation structure – 100m
- Road Ramp – 190m
- Rail Ramp – 860m
- Portal Building
- Sea cut-off structure

FEMERN LINK CONTRACTORS

FLC - Femern Link Contractors

A JOINT VENTURE – ET STÆRKT INTEGRERET INTERNATIONALT TEAM



Projekt beskrivelse

TIDSLINJE

2016

Joint venturet blev **tildelt tre kontrakter**: Etablering af sænketunnelen, produktion af præfabrikerede tunnelelementer, og adgangsramper og broer

2018

Start på **planlægnings-fasen**

2021

Jordarbejde startes til forberedelse af produktionsanlægget

2023

Præfabrikerede segmenter produktions start

2026

Immersion fasen starter

FEMERN LINK CONTRACTORS

Projekt beskrivelse

KEY FIGURES

OVERALL LENGTH
25 km

CONCRETE
3M m3

REBAR
370,000 T

EARTHWORKS LAND
3.5M m3

EARTHWORKS SEA
5.8M m3

IMMERSED TUNNEL
18 km

PORTAL & RAMPS
Excluding platforms
2.4 km

STANDARD ELEMENTS
79 elements
75,000 T each

SPECIAL ELEMENTS
10 elements

LABOUR PEAK
2,500

STAFF
1,000

Oversigt - Byggeplads

JANUAR 2023



Kilde FLC

SOMMER 2024



Kilde FLC

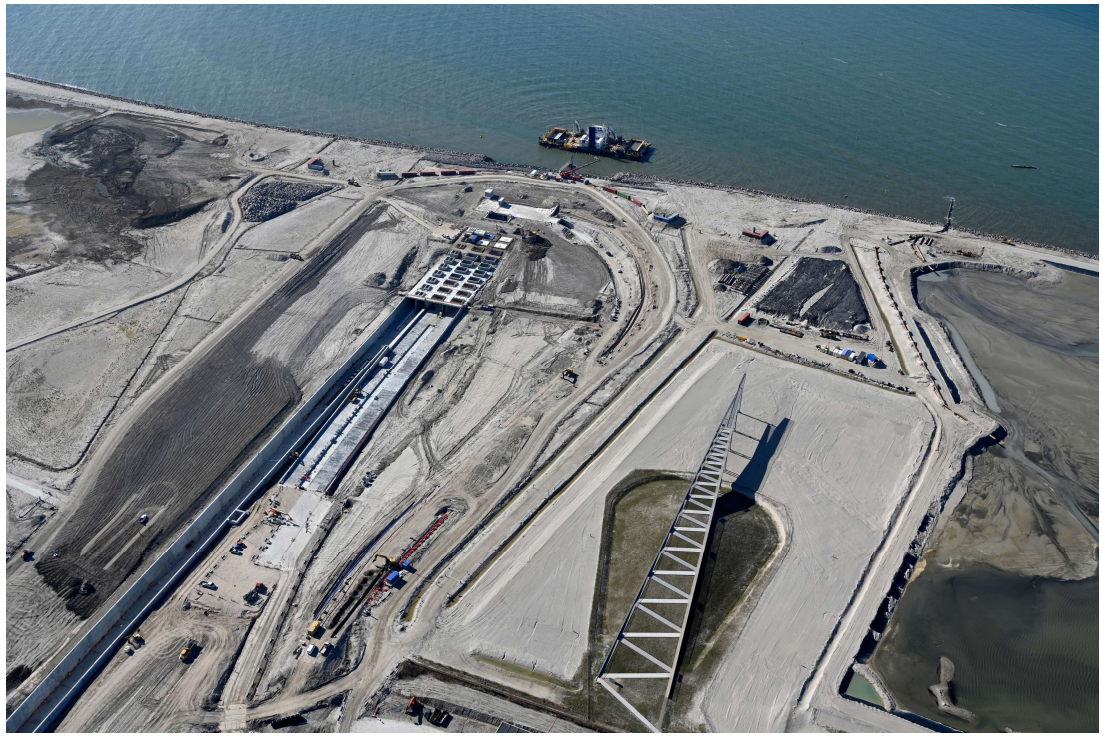
FEMERN LINK CONTRACTORS

Oversigt - Byggeplads

APRIL 2026

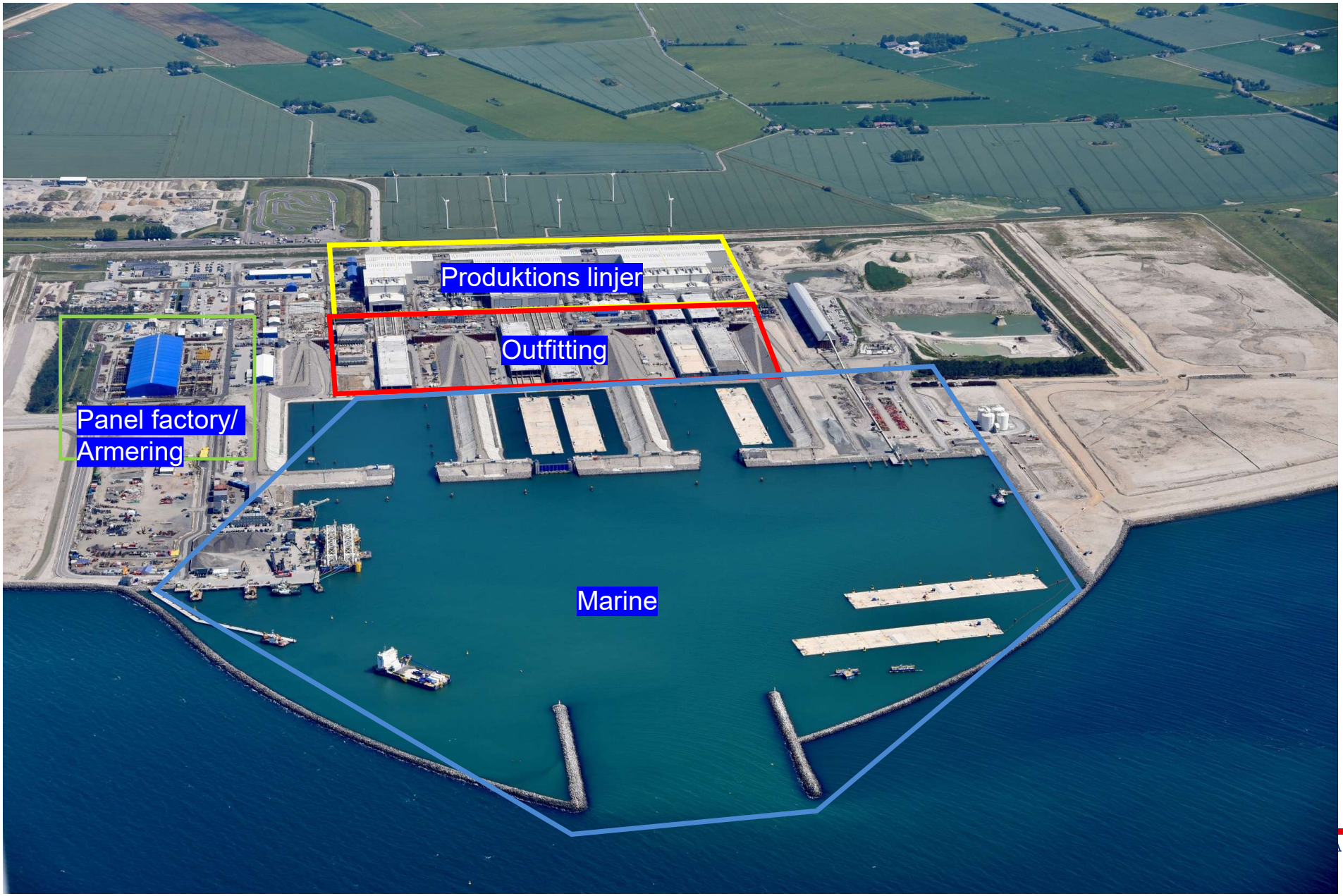


Kilde Femern A/S



Kilde Femern A/S

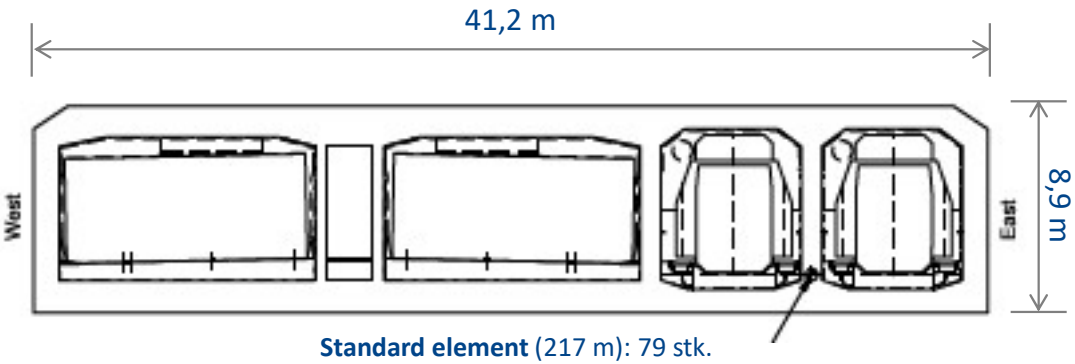
FEMERN LINK CONTRACTORS


Produktions linjer
Outfitting
Panel factory/
Armering
Marine

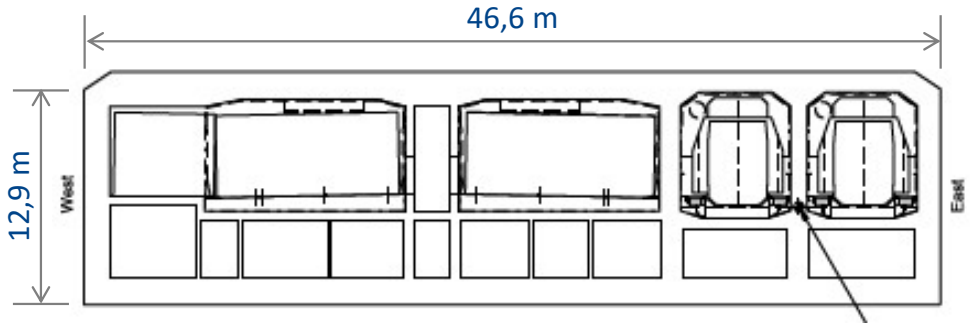
Kilde FLC

Design beskrivelse

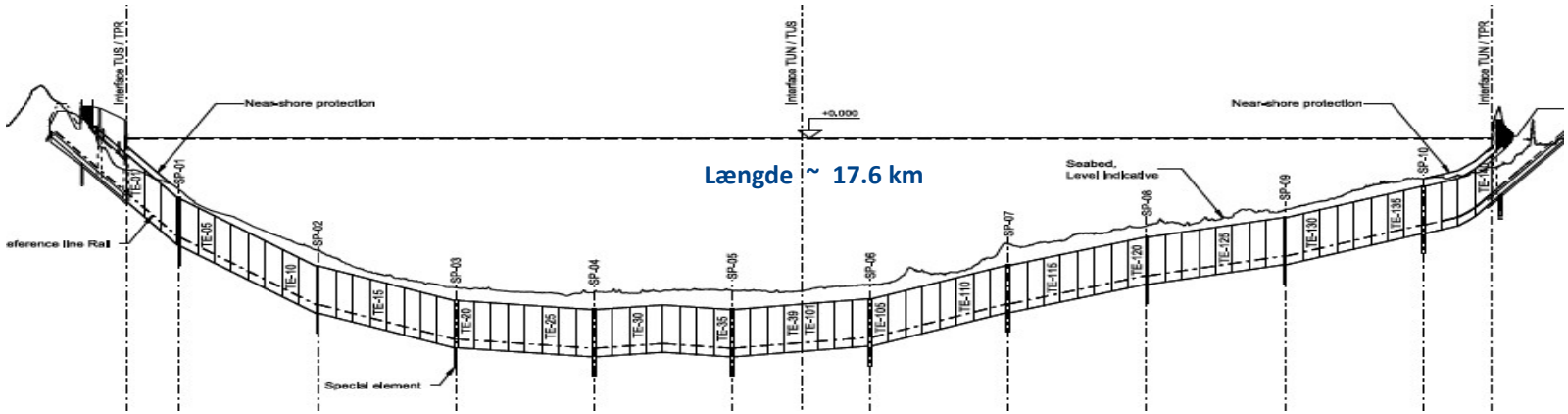
ELEMENTER



Standard element (217 m): 79 stk.
Vægt: 75.000 tons
Beton: Et delsegment 3.200 m3



Special element (39 m): 10 stk.
Vægt: 23.000 tons
Beton: 8.000 m3



Længde ~ 17.6 km

Dybde – 40 m

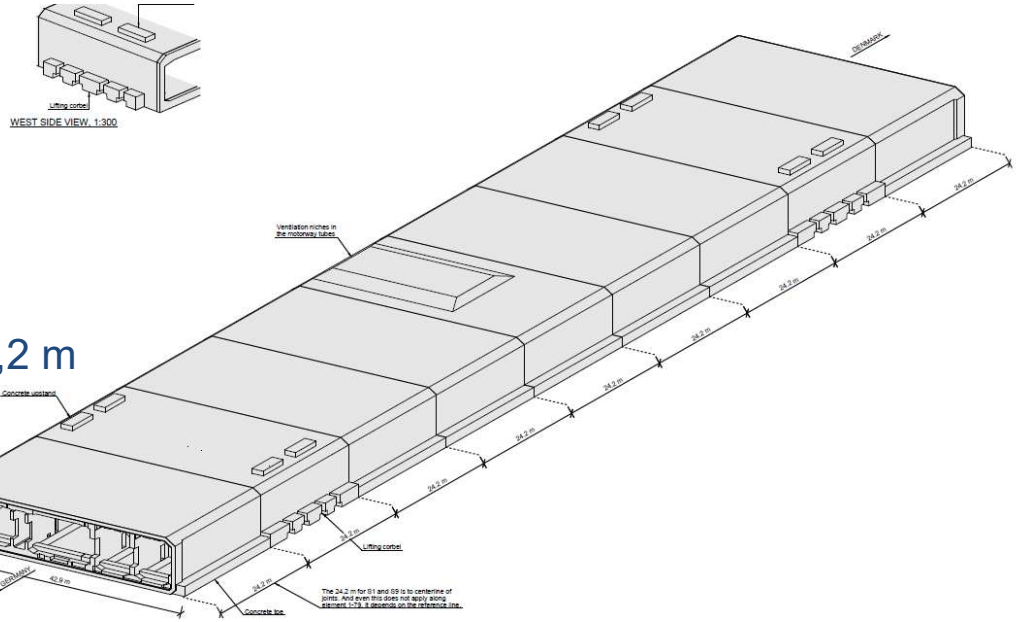
FEMERN LINK CONTRACTORS

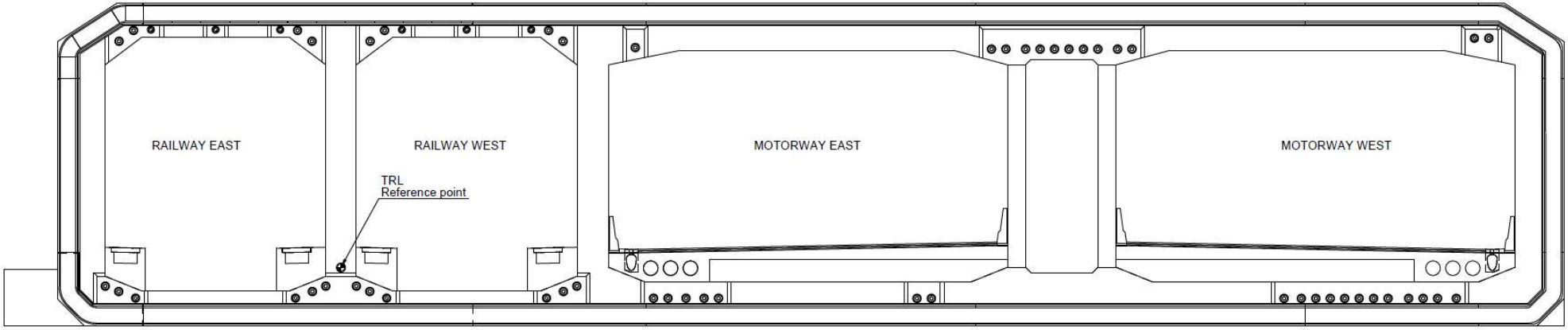
Design beskrivelse

STANDARD ELEMENTER (STE)

Antal standard elementer: 79

- Længde: 217m, bredde: 42m, højde: 8,9m
- Består af 9 delsegmenter, hver med en længde på 24,2 m
- Total vægt af et element: 75.000 tons





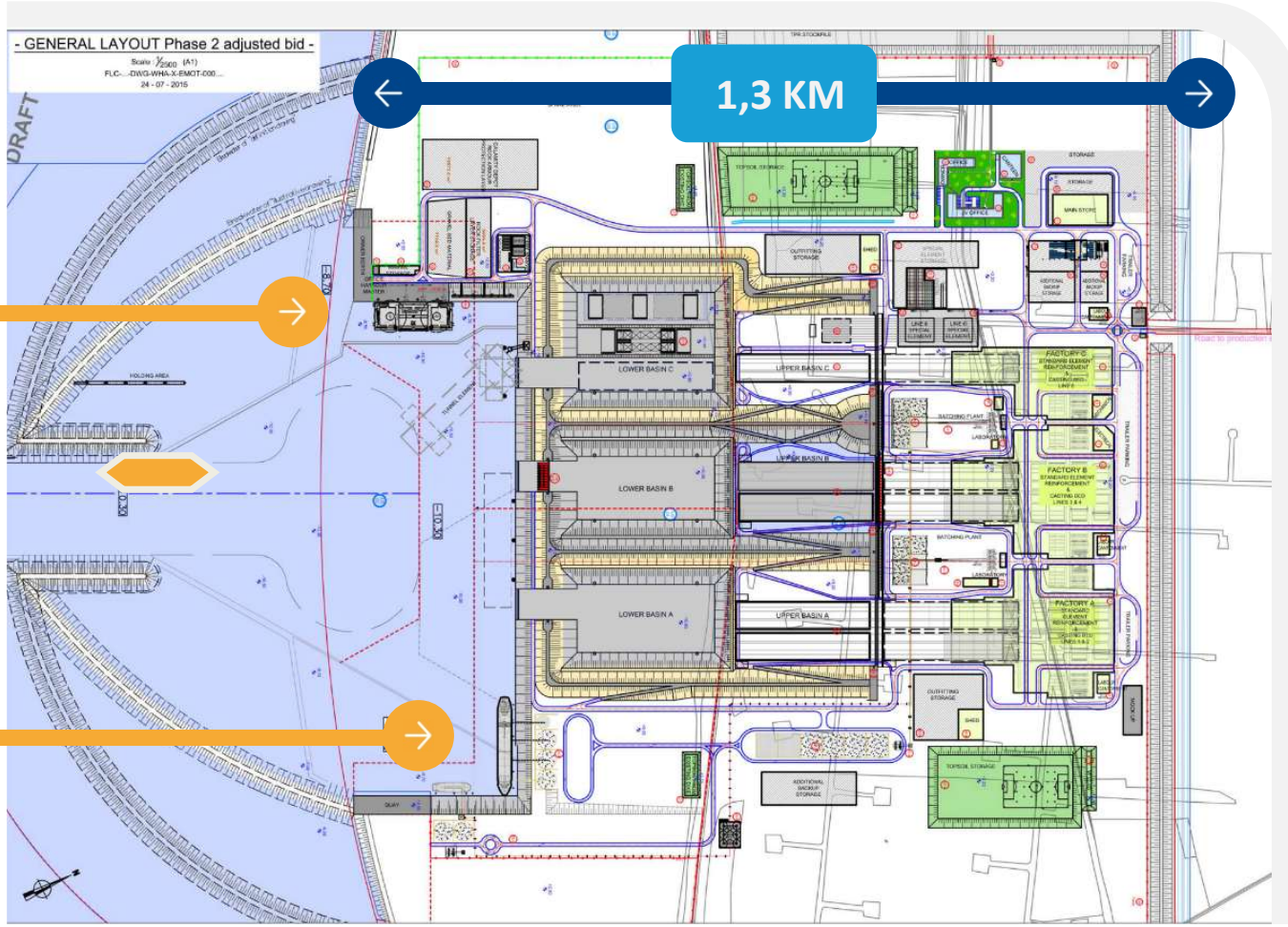
FEMERN LINK CONTRACTORS

Faciliteter

LAYOUT AF PRODUKTIONSOMRÅDET

Modtagelse af:
- Stål/Armering
- Marine tilslag

Modtagelse af:
- Cement
- Beton tilslag



FEMERN LINK CONTRACTORS

Materialer og logistik

MATERIALER – TILSLAG OG CEMENT

Logistik – Modtagelse af materialer via havn

- Arbejdshavnen er **500.000 m²** og med en **sejldybde på 10,3 meter.**
- Havnen modtager op til **20 – 22 skibe pr. måned** med leverancer af sand, tilslag og cement.
- Skibsstørrelsen varierer fra **4.000 til 25.000 tons**.
- Der modtages ligeledes materialer via havnefaciliteter på den **tyske side**.
- **Tæt koordinering** mellem materialeleverancer og marine aktiviteter, herunder:
  - Udflytning af tunnelelementer (towing operations)
  - Ballastering
  - Nedsænkning af tunnelelementer (immersion)



Kilde FLC

Materialer og logistik

MATERIALER – TILSLAG OG CEMENT

Fra Skib til Mainstore

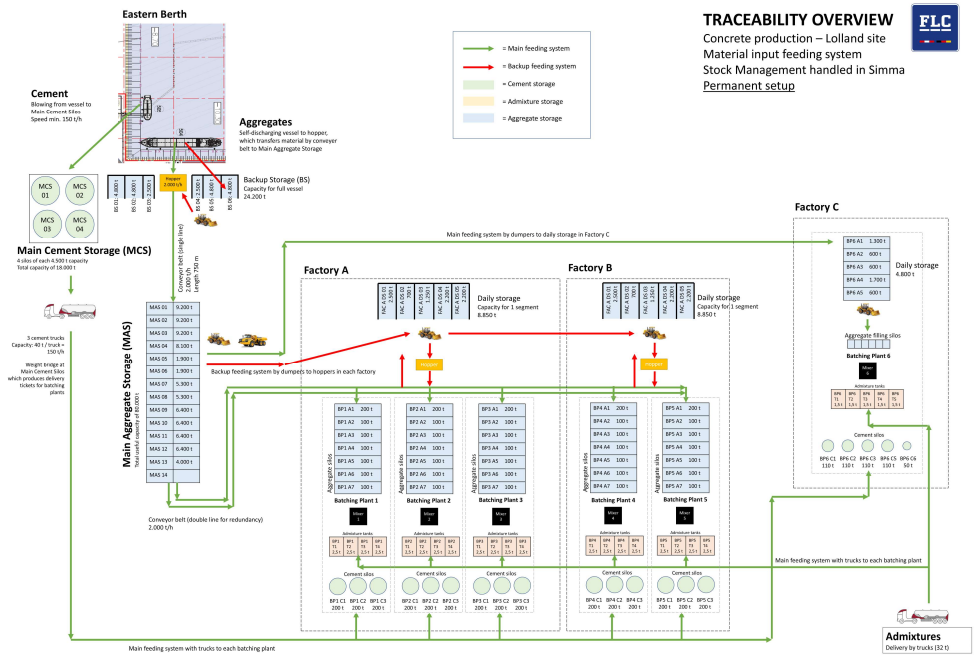
- Materialerne losses med en **kapacitet op til 1.600 ton i timen**, afhængigt af materialetypen.
- Sand og tilslag losses via hopper og transporteres til mainstorage via transportbånd.
- Cementskibe tilsluttes et rørsystem, hvorfra cementen pneumatisk blæses på siloerne.

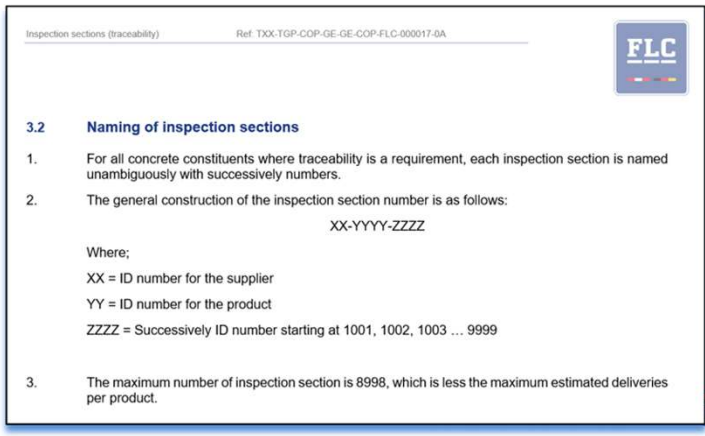
Fra Mainstore til de enkelte produktionsanlæg

- Et dobbelt transportbåndssystem transporterer **sand og tilslag** fra Mainstore til siloerne ved betonværkerne med en **kapacitet på 600-800 ton i timen**.
- **Cement** transporteres til betonværkerne med **40-tons lastbiler.**

Sporbarhed

- **100% sporbarhed** på alle materialer fra leverandør til betonproduktion.




Inspection sections (traceability) Ref: TXX-TGP-COP-GE-GE-COP-FLC-000017-0A

3.2 Naming of inspection sections

1. For all concrete constituents where traceability is a requirement, each inspection section is named unambiguously with successively numbers.
2. The general construction of the inspection section number is as follows:

   XX-YYYY-ZZZZ

   Where;

   XX = ID number for the supplier

   YY = ID number for the product

   ZZZZ = Successively ID number starting at 1001, 1002, 1003 … 9999

3. The maximum number of inspection section is 8998, which is less the maximum estimated deliveries per product.

Armering

PANEL FACTORY/ARMERING

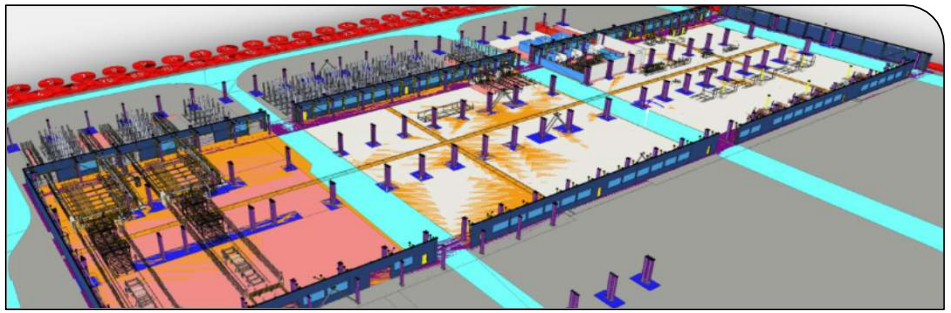
Panel factory - Pre-fabrikation af:

- Svejste **armeringspaneler**
- Fremstilling af **armeringsbøjler**
- Fremstilling af **armeringskoblinger**
- Svejsning af **del-elementer** til armeringskurv
- Mere end **75% af armeringskurven** består af præfabrikeret armeringspaneler og svejsede delsamlinger

De færdige del-armeringselementer transporteres derefter til produktionshallerne.







Billeder - Kilde FLC

FEMERN LINK CONTRACTORS

Produktionslinjer

FREMSTILLING AF ARMERINGSKURV

Produktionslinjer

25m lange segmenter - 3 trins proces

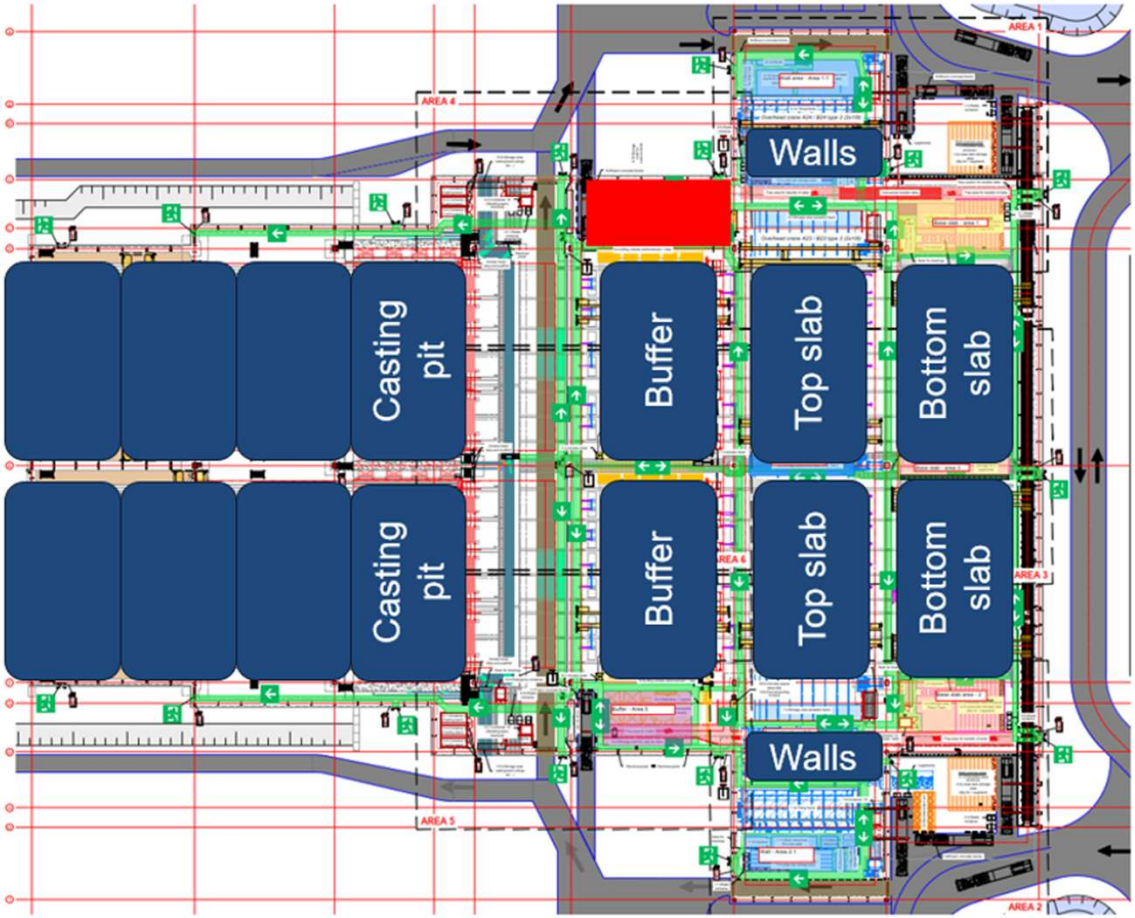
- Bundplade
- Vægge og top plade
- Buffer område

Samling af armeringskurv

- Brug af stålafstivningsrammer (ESS)
- Special udstyr (løfte, placering & fordeling)

500 tons armeringskurv

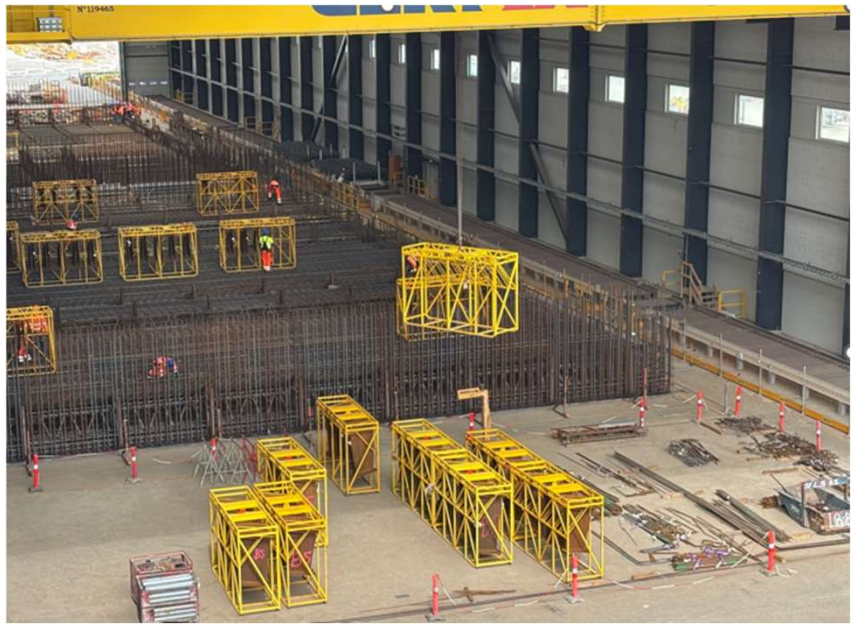
- Skidding af armeringskurven fra samle- til bufferområde og videre ind i støbe-området.
- Løfte og placering i støbeformen



Produktionslinjer

Armeringshal

Samling af bundplade



Billeder Kilde FLC

Samling af vægge



Udretningsmaskine

Armeringen bliver leveret i coils op til 20mm og rettes og skæres i længder på 24 m



Vippebord

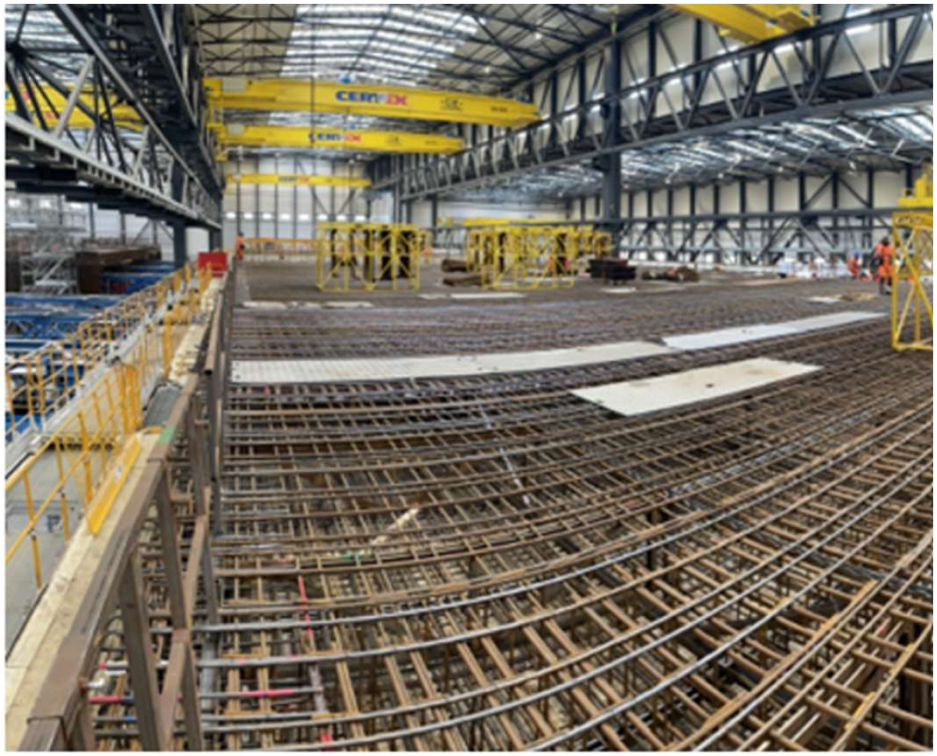
Til præfabrikerede vægge
Hver væg samles vandret på vippebordet.

Efter samling vippes bordet til lodret position, og elementet placeres i lagringsreolerne.

Produktionslinjer

Armeringshal

Samling af topplade



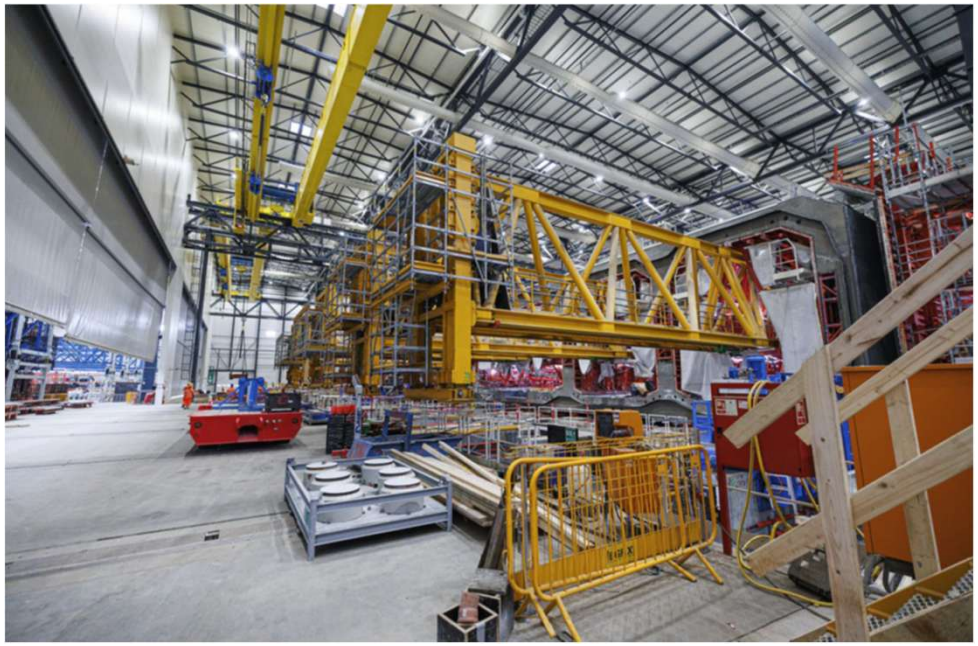
Færdig armeringskurv i buffer area



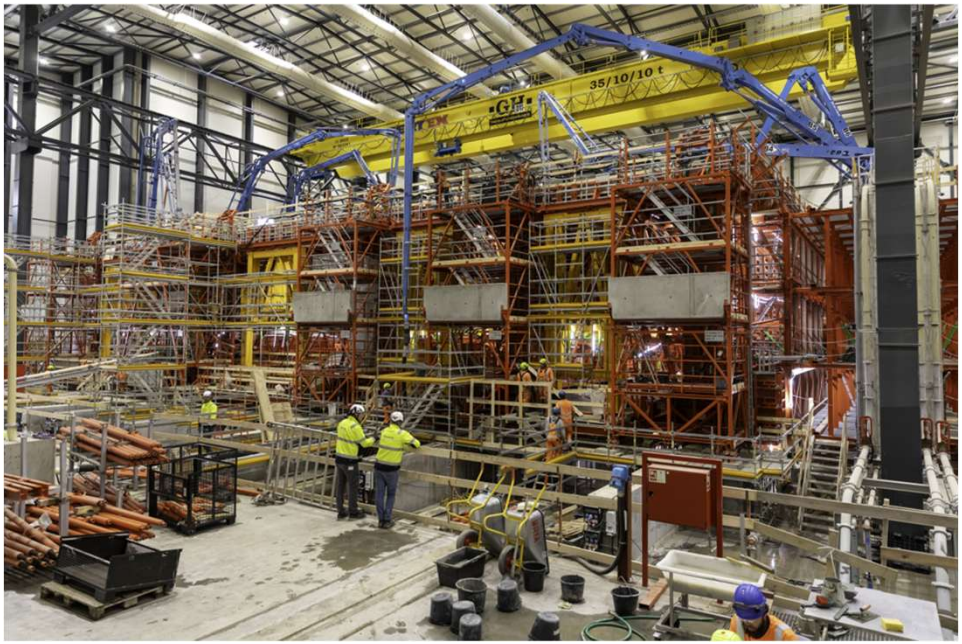
Billeder - Kilde FLC

Produktionslinjer

Støbeområde



Kilde FLC



Kilde Femern A/S

Betonproduktion og støbeproces

Blandeanlæg

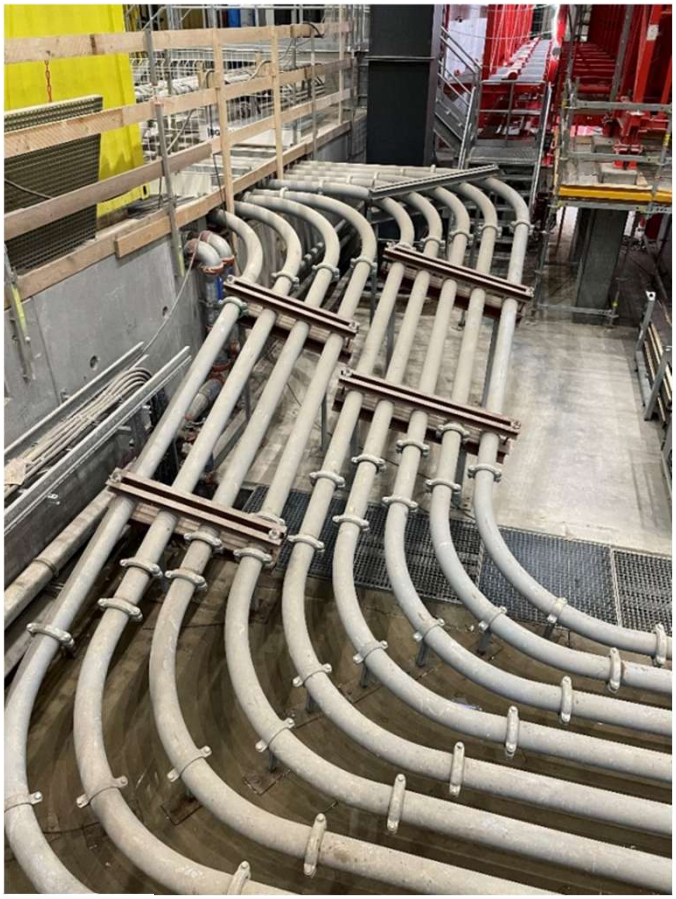


Kilde FLC

Blandeanlæg FAKTA

<u>Danmark</u>
5 BP á 4,5m³ mixer tvangsblandere
1 mobilanlæg á 3m³
<u>Tyskland</u>
2 BP á 3,3m³

<u>Produktion</u>
Ca. 140m³/h pr BP
Gennemsnit 90 – 110 m³/h x 5



Kilde FLC

Pumpelinjer FAKTA

Fra hver Secatol føres tre pumpelinjer ind til støbehallen.

Pumpelinjerne forsyner de enkelte placingbooms med beton.

Det omfattende rørsystem sikrer en kontinuerlig og effektiv betonforsyning til produktionen

FEMERN LINK CONTRACTORS

Betonproduktion og støbeproces

STØBEPROCES

Støbning af segmenter

- -- Monolitisk støbning **3.200 m³** på 30 timer
- – **Ingen støbeskel**
- – **Ingen** gennemgående **bindearmering** i ydervæggene
- – **Reduceret risiko** for tidlige **revnedannelser**
- – **Styring** af omgivelses**temperaturen**



Kilde Femern A/S

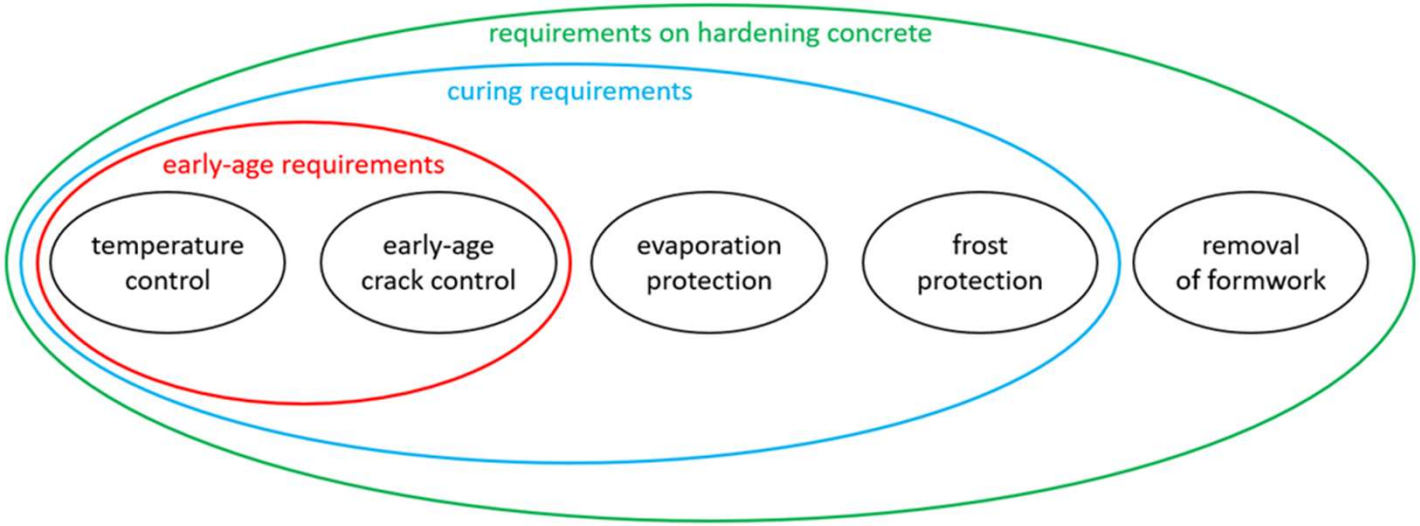


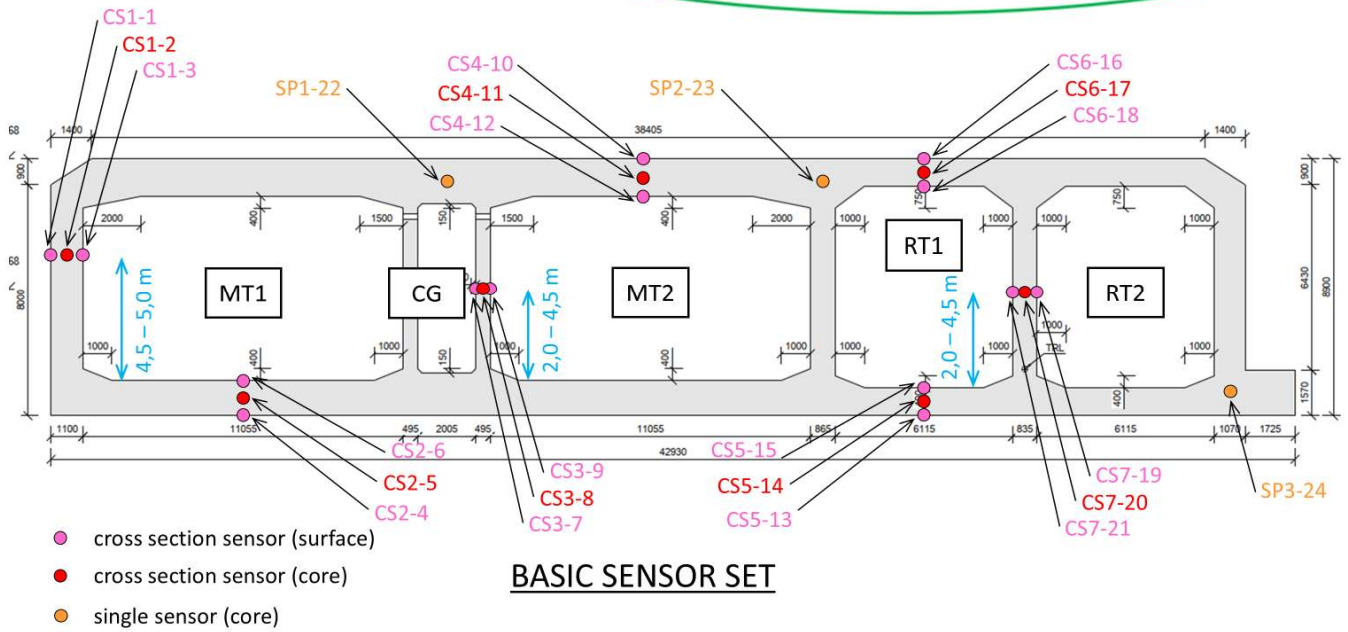
Kilde FLC

FEMERN LINK CONTRACTORS

Støbeproces

CURING



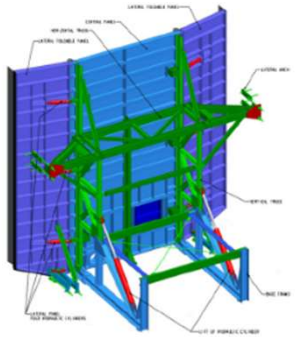


BASIC SENSOR SET

FEMERN LINK CONTRACTORS

Produktionsproces

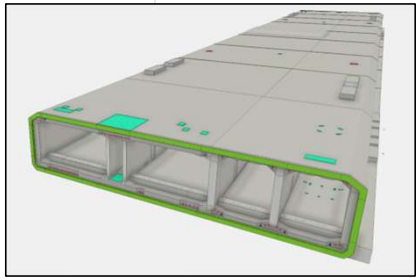
OUTFITTING





Outfitting

- Elementerne skubbes ud ved hjælp af **hydrauliske donkrafte**
- Installation af **brandbeskyttelse** (fireboard)
- **Ballasttanke og ballastbeton**
- **Efterspændingskabler**
- **Bulkheads**
- **Marine udstyr** (pumper, pin/catchers m.m.
- Montering af **Gina-joint**





Kilde FLC

Flytning af elementer

SKIDDING-*Flytning ved hjælp af glidesystem*

Kilde FLC



Procesbeskrivelse

SKIDDING

To skiddingsystemer anvendes på projektet:

- Skidding af armeringskurven
- Skidding af elementerne



Kilde FLC

Procesbeskrivelse

SKIDDING

Skidding af elementer:

- Et mere kompleks system bestående af
  - Støttedonkraft (supporting jacks)
  - Skubbedonkraft (pushing jacks)
  - Styreanordninger
  - Hydrauliske systemer.

- Skiddingsystemet er designet til at skubbe med en hastighed på op til 10 m/time.
- Skiddingen udføres med en præcision på ±10mm.
- Skidding af ét segment tager normalt ca. 3-4 timer.



Kilde FLC

Skidding



Basis Mix Design

MIX DESIGN

Mere end 60 pre-testede mix designs er udviklet og verificeret gennem et omfattende testprogram.

De pre-testede Mix-designs er udviklet til mange forskellige anvendelser:

⚖️ Densitet
- Betondensitet op til 3.100 kg/m³

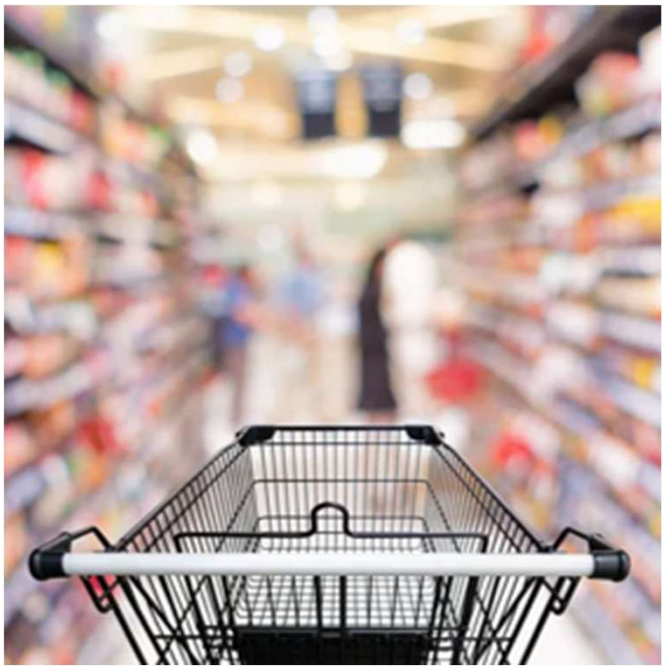
🔄 Konsistens
- Fra jordfugtig beton (No-Slump) til selvkompakterende beton (SCC)

❄️ Holdbarhed
- Beton med og uden luftindblanding (frost/tø påvirkede konstruktioner)

🏗️ Pumpebarhed
- Dokumenteret pumpning over afstande op til 500 m

🔥 Brandbestandighed
- Beton med PP-fibre (polypropylenfibre) for forbedret brandmodstand

▦ Fiberarmerede løsninger
- Beton med stålfibre som alternativ eller supplement til traditionel armering



Basis Mix Design

MIX DESIGN

Betonerfaringer fra Femern som grundlag for fremtidens mix designs:

- ✓ Mere end **1,2 mio. m³ beton** produceret, pumpet og udstøbt.
- ✓ **Omfattende data** fra styrke-, holdbarheds- og produktionskontrol.
- ✓ Unikt grundlag for **optimering** af **fremtidige projektkrav til materialer og beton** til de næste store (infrastruktur)projekter.

Læring og optimering

- ✓ *Fokus på den rette kvalitet.*
- ✓ *Målet er ikke den "højeste" kvalitet, men den rigtige kvalitet både i forhold til anvendelse, egnethed og bæredygtighed.*
- ✓ *Fremtidige krav til materialer og beton bør i højere grad afspejle funktionsbaserede krav til konstruktionen frem for traditionelle forskrevne krav.*
- ✓ *Betonens egenskaber udvikler sig over tid – og bliver bedre.*
- ✓ *Skab mulighed for anvendelse af nye teknologier, materialer og bindemiddelsystemer.*
- ✓ *Læring fra projekter skal omsættes til kontinuerlig optimering, så fremtidige løsninger bliver mere effektive, ressourcebevidste og klimavenlige.*

Erfaringer → Optimerede krav → Fremtidige løsninger

Nøglebudskab - Målet må være:

Den rette kvalitet frem for den højeste kvalitet.
Kvalitet skabes gennem performance, ikke overdimensionering

Skibe

MARINE

Multipurpose Pontoon – udlægning af "gravel bed"

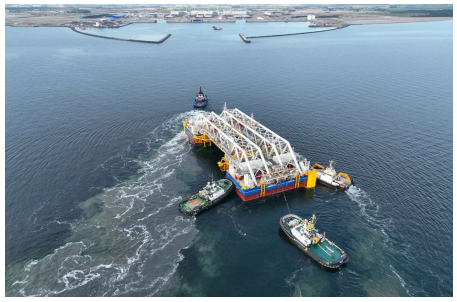
MAYA



Immersion Pontoon – placering af elementerne

IVY-1 & IVY-2





Spreader Pontoon – placering af "backfill" omkring elementerne

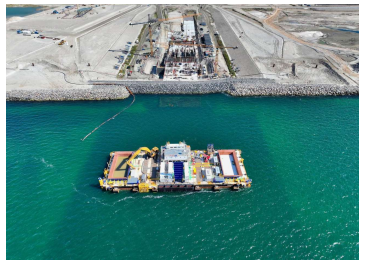
NP - 460



Protection Layer Pontoon – placering af stenfyld ovenpå tunnel-elementerne

PALMA





Billeder - Kilde FLC

Immersion

PLACERING AF TUNNELELEMENTER

Immersion Pontoon Ivy

- Et **special fartøj** der består af to dele der arbejder sammen om at transportere og nedsænke elementerne.
- De to dele **fastspændes til elementerne** i arbejdshavnen.
- Hver del af Ivy er ca. **105 m lang og 45 m bred.**

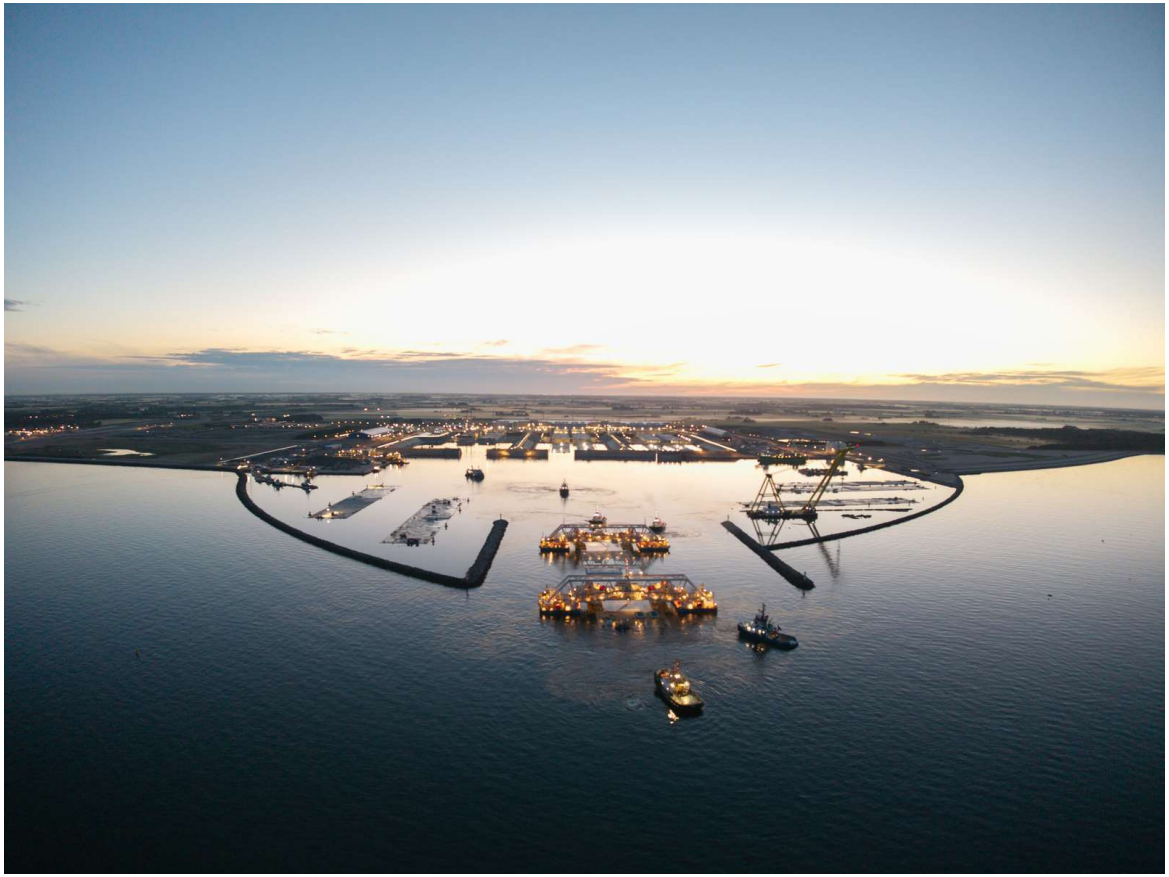
- Elementet **nedsænkes** på havbunden med høj præcision vha. **spil og stålwire**.



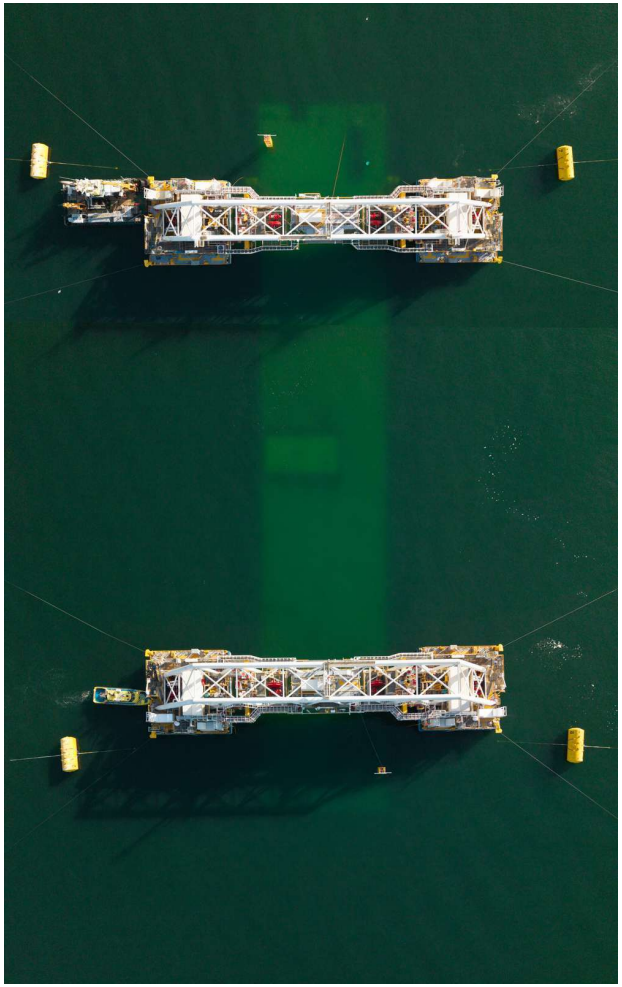
Kilde Femern A/S



Og godt i gang



Kilde Femern A/S



Kilde Femern A/S

Tak for opmærksomheden