

Foredrag i DFTU 31 Januar 2012

Hong Kong Zhuhai Macao forbindelsen

Verdens længste sænketunnel for biltrafik

Del 2

Tommy Olsen

Fundering og udførelse

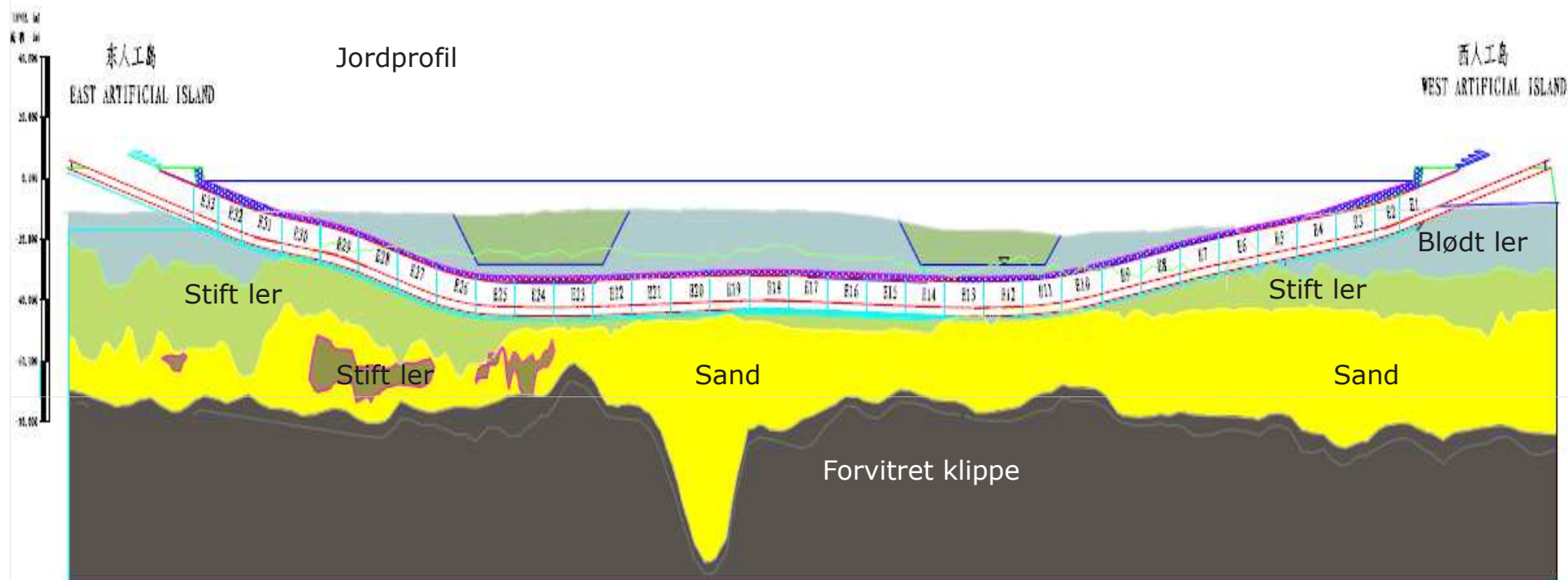
Fundering

1. Geologi, linjeføring og kritiske aspekter
2. Krav til fundering og funderingstyper
3. Analyse af differenssætninger
4. Test af stivhed af gruspude

Udførelse

1. Kunstige øer
2. Tunnel elementer
3. Marine arbejder
4. Gruspude

Fundering

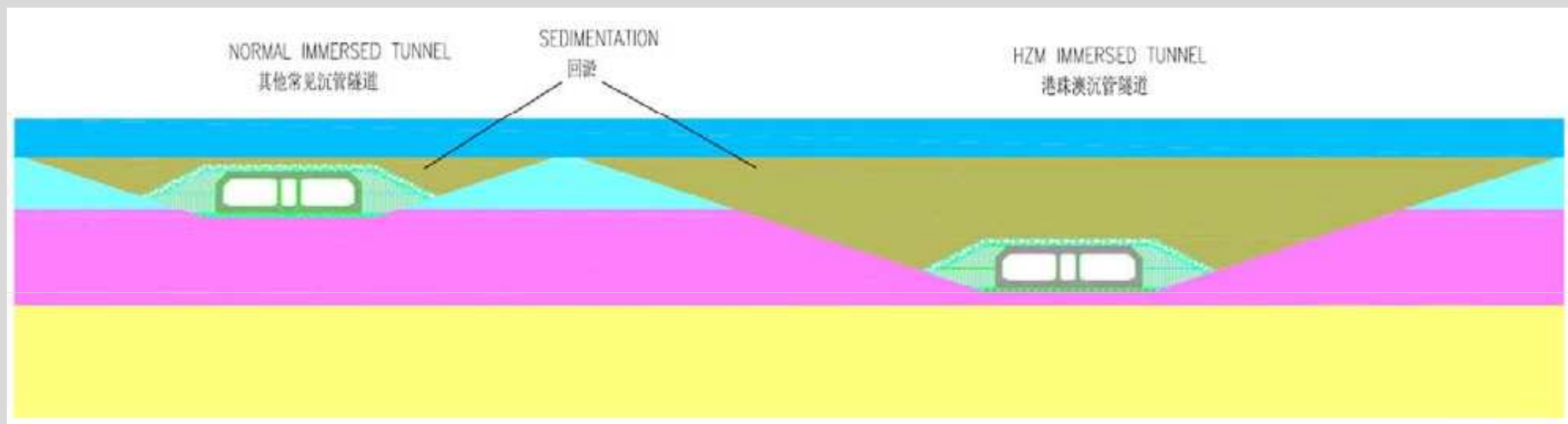


Jordlag

1. Blødt marin normalkonsolideret ler (Holocæn)
2. Stift overkonsolideret alluvial ler (Pleistocæn)
3. Medium sand
4. Forvitret klippe

Fundering

Sedimentation



- Høj sedimentationslast giver høje fundamenttryk
- Høje fundamenttryk gør konstruktionen følsom overfor fundamentets stivhedsvariationer
- Omfordeling af laster giver anledning til langsgående bøjningsmomenter og forskydningskræfter

Fundering

Kritiske aspekter for fundering

1. Overgang imellem tunnel element og kunstige øer
2. Valg af funderingsmetode (risiko, tid og omkostninger)
3. Last og stivhedsvariationer som følge af udførelse
4. Sammentrykning af dybe lerlag med varierende tykkelse (i begge retninger)
5. Last variationer (profil ny sejlrende, udgravningstolerancer og skråningsstabilitet)
6. Ulykkeslaster; skibstød, sunket skib, oversvømmelse og jordskælv
7. Stivhed af gruspude, øvre/nedre værdi, verificeret ved tests (afhængig af udførelse)

Fundering

Funderingstyper

1. Direkte fundering
2. Udskiftning
3. Sand Compaction Piles
4. Cement Deep Mixing
5. Sætningsreducerende pæle, $f_s = 1,0$ (SRP)
6. Bærende pæle, $f_s > 2,0$ (stål eller beton)

Afrettet gruspude som lastoverførsel fra konstruktion til fundering

Primære funktion for fundering

Sætningskontrol

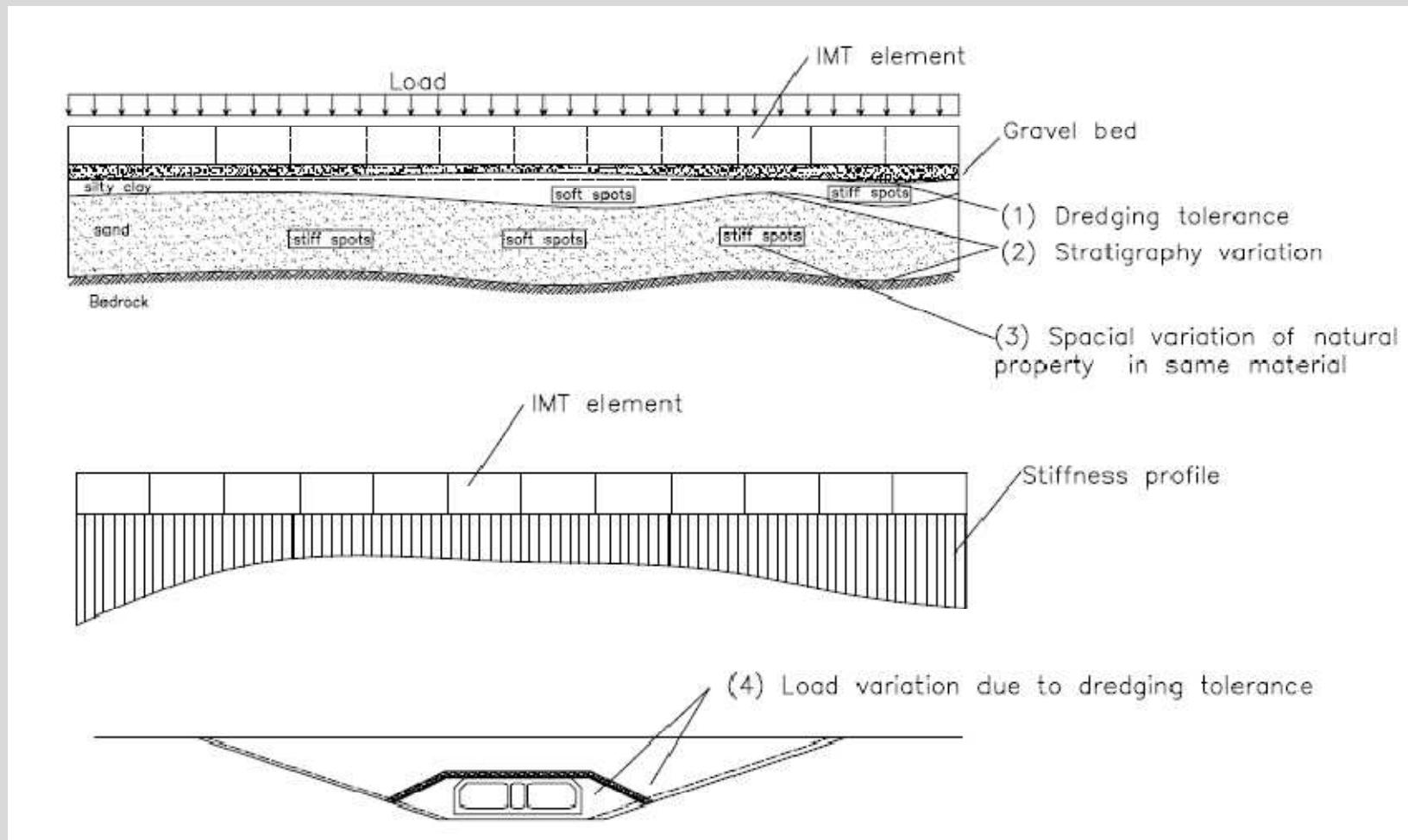
- undgå overbelastning af tunnel konstruktion
- overhold fritrumsprofil

Integritet

- Fundering med ikke gå i brud (strukturelt eller geoteknisk)

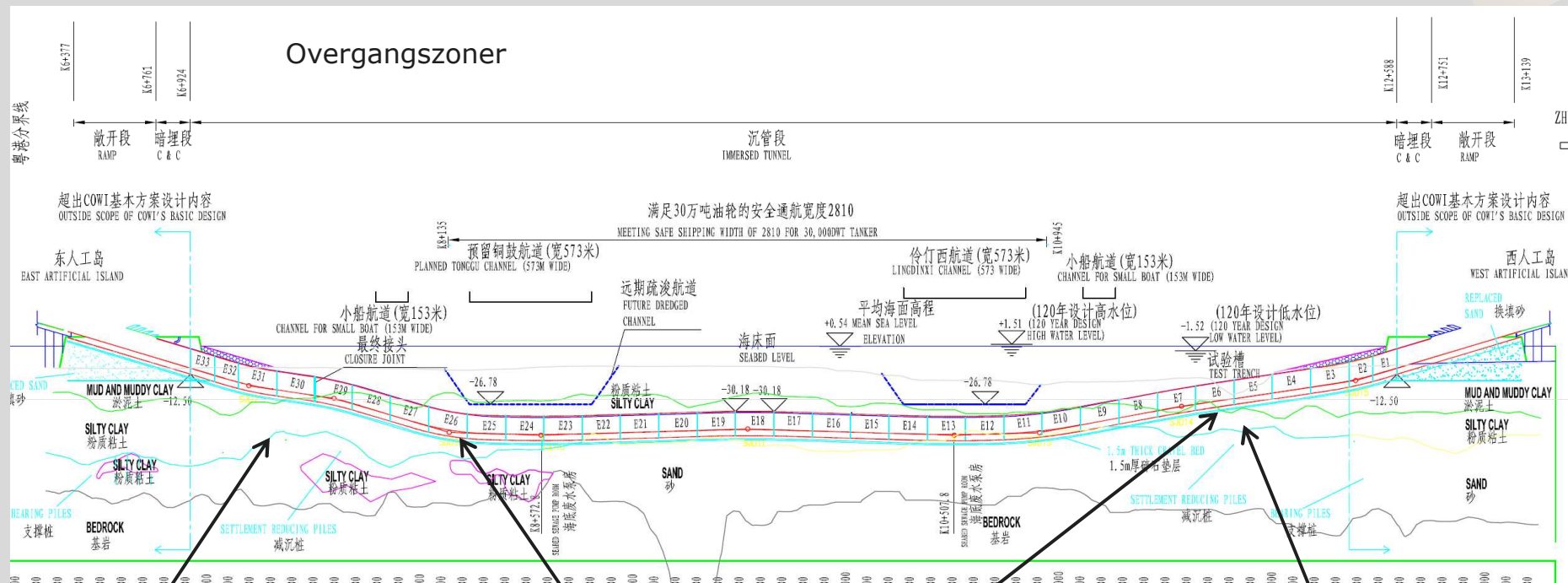
Fundering

Differenssætninger



Hong Kong Zhuhai Macao forbindelsen

Fundering

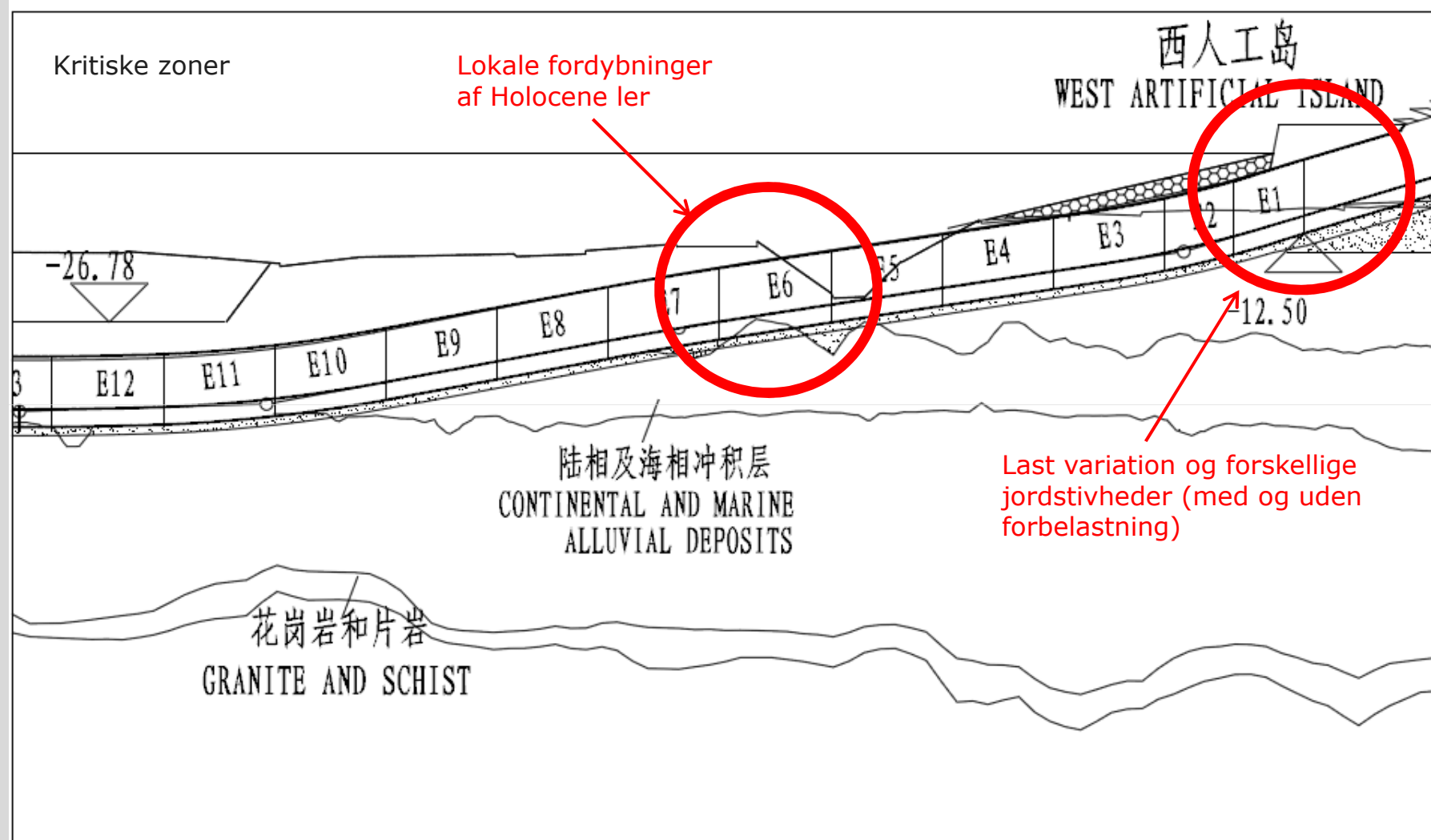


Overgang fra bærepæle
til sætningsreducerende
pæle

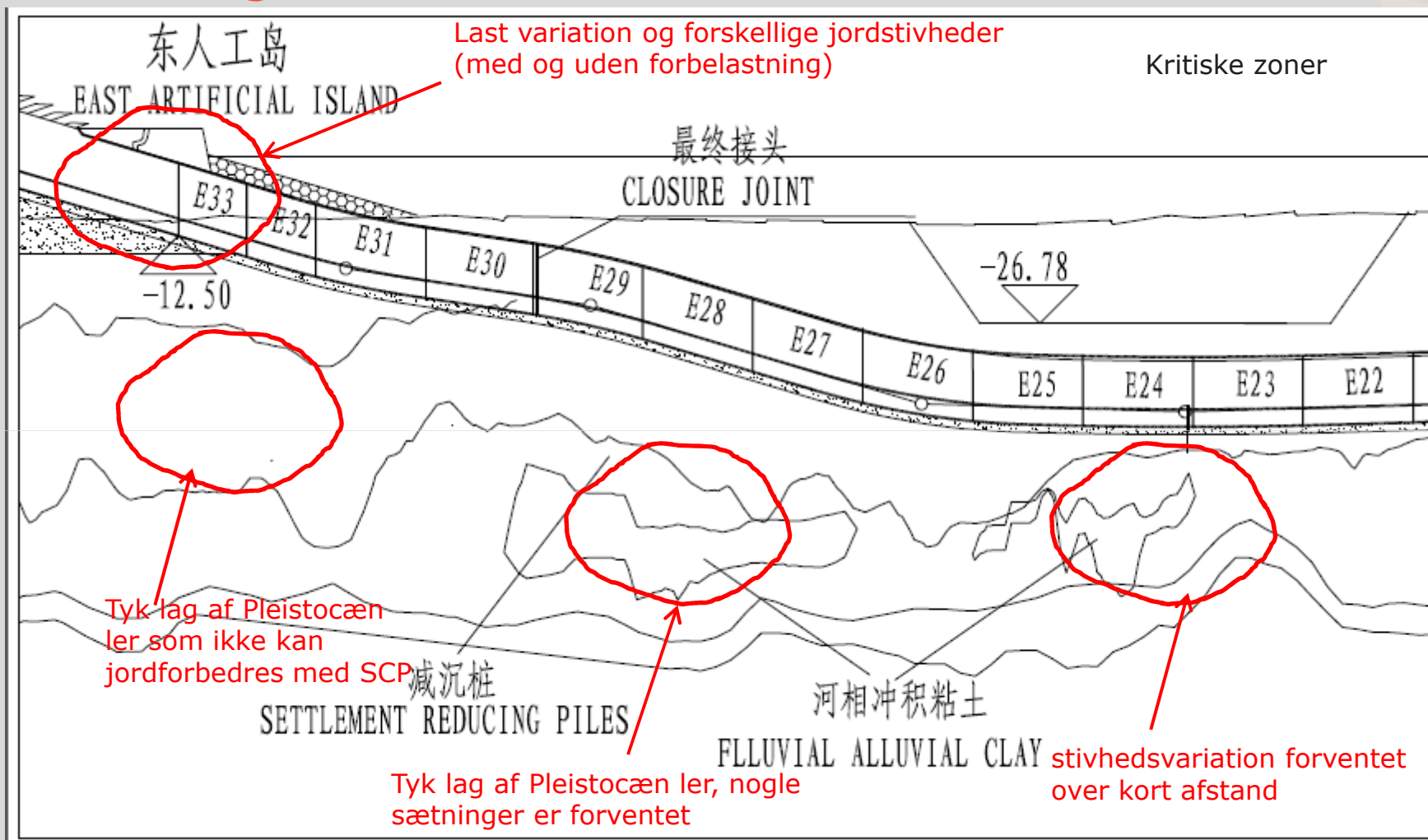
Overgang fra
sætningsreducerende pæle
til direkte fundering

Overgang fra bærepæle
til sætningsreducerende
pæle

Fundering



Fundering



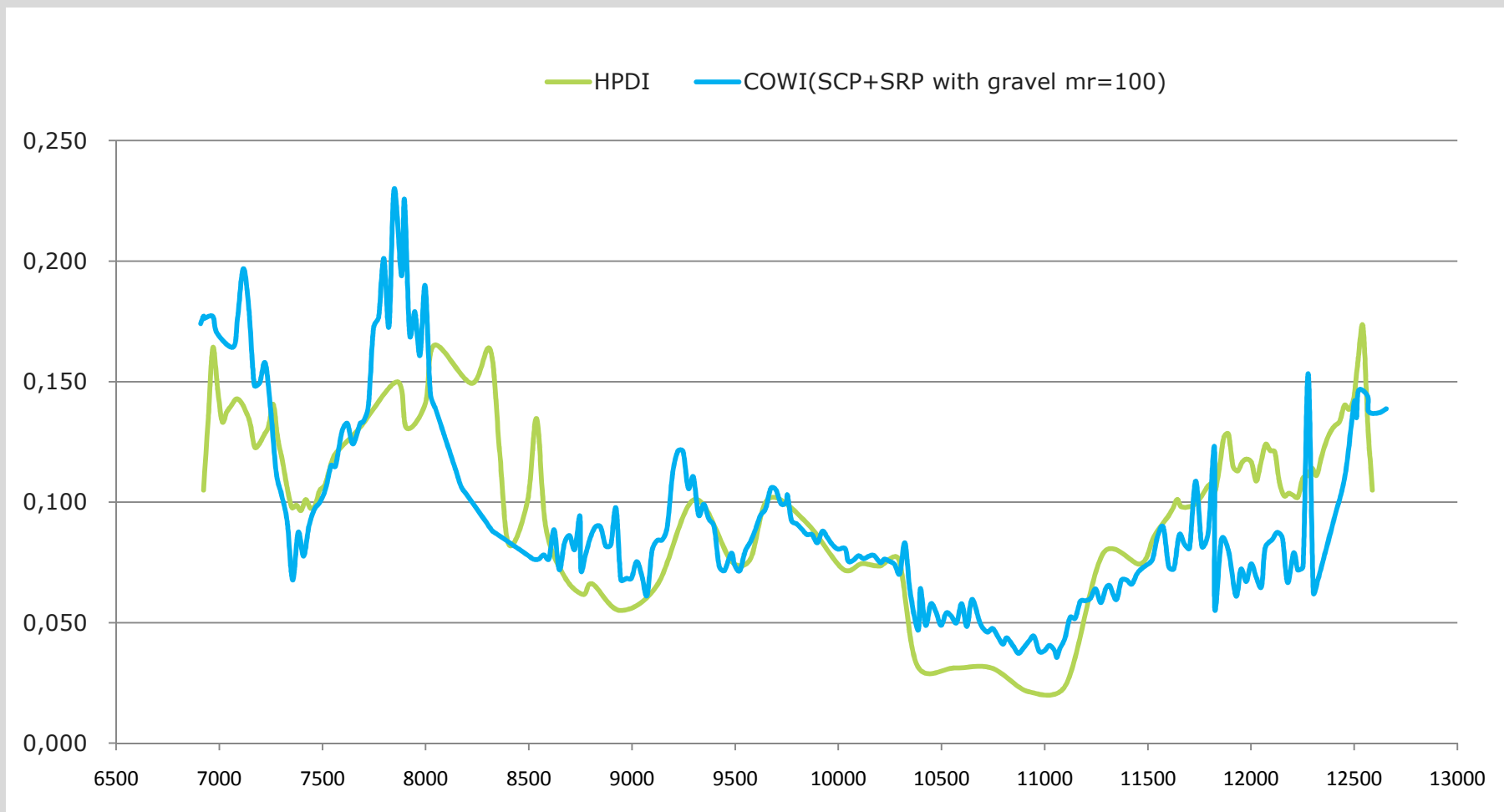
Fundering

Analyse af differenssætninger

1. Stivhedvariationer kan måles, analyseres og dokumenteres
2. Geotekniske parametre;
 - Lagtykkelse
 - Materialestivhed af jord
 - "Hardpoints" af gruspude
 - Udgravning og andre udførselsmæssige variationer
3. Statistiske parametre
 - Gennemsnitsværdier (centralestimer)
 - Statistiske og systematiske variationer (karakteristisk kurve)
4. Karakteristisk kurve fastlagt med 95% sandsynlighed
5. Fokus på overgangszoner i fundering
6. Monitering under udførelse og drift / sedimentation

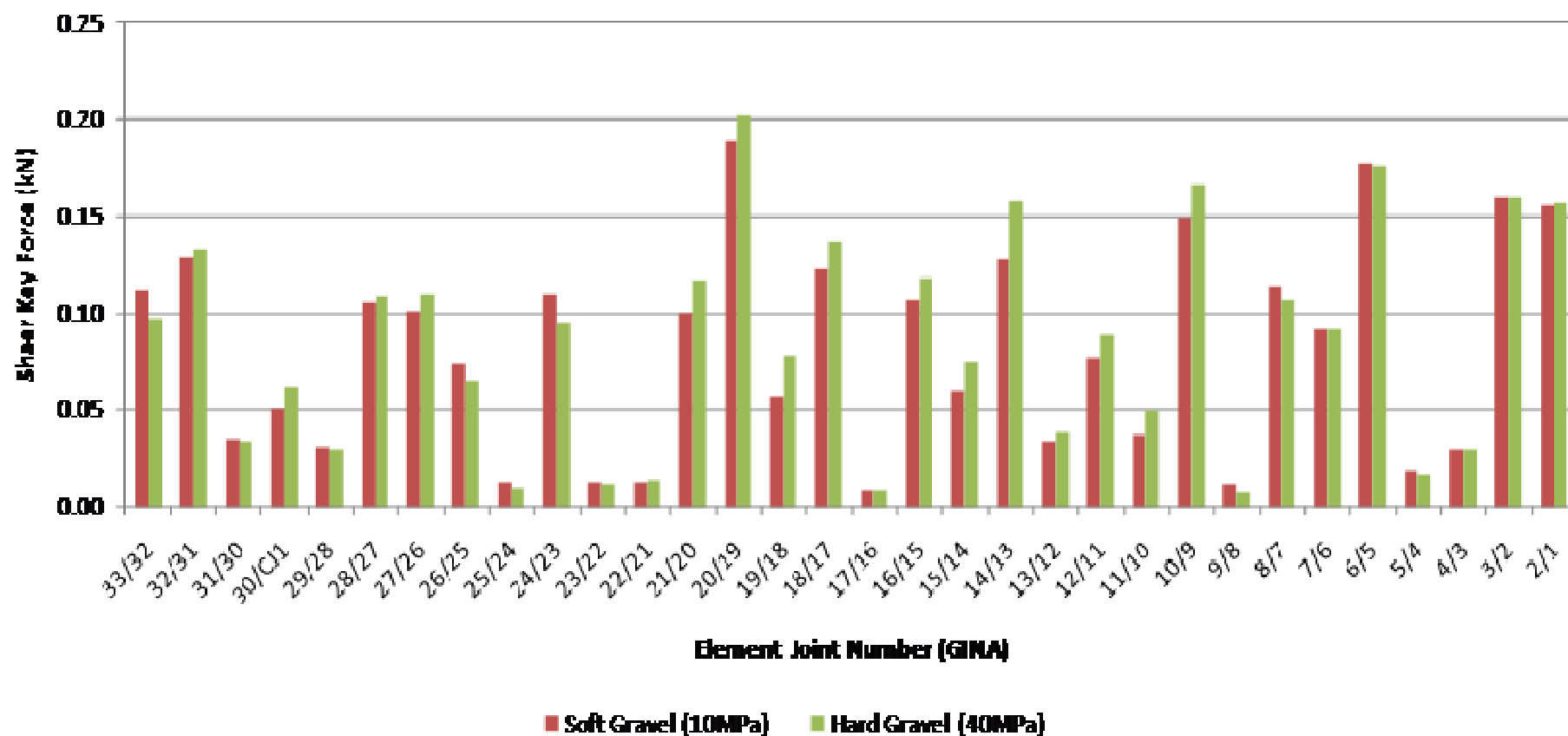
Fundering

Sætningsberegning



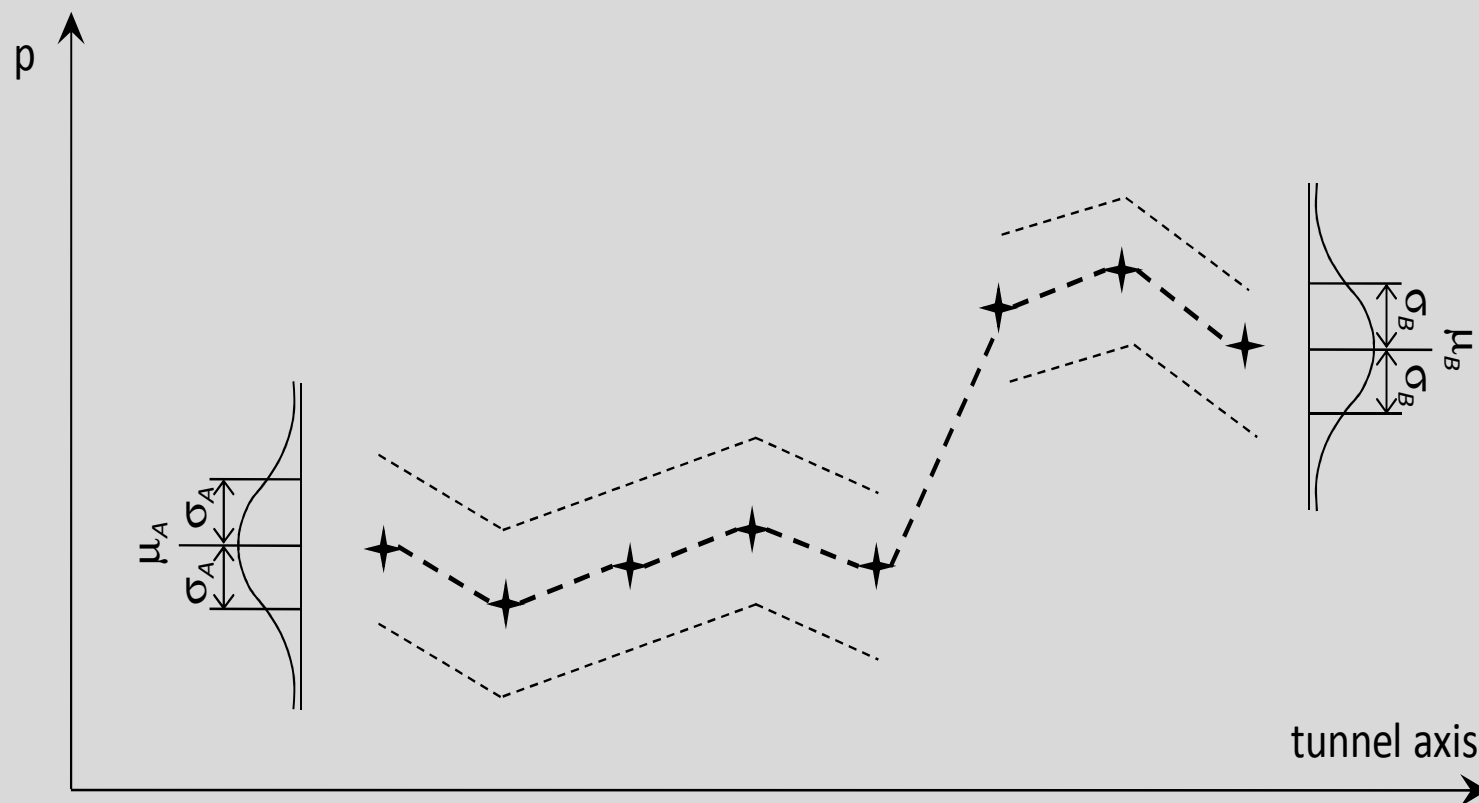
Element Shear Key Utilization Ratios (Basic Design "SCP concept")

SLS



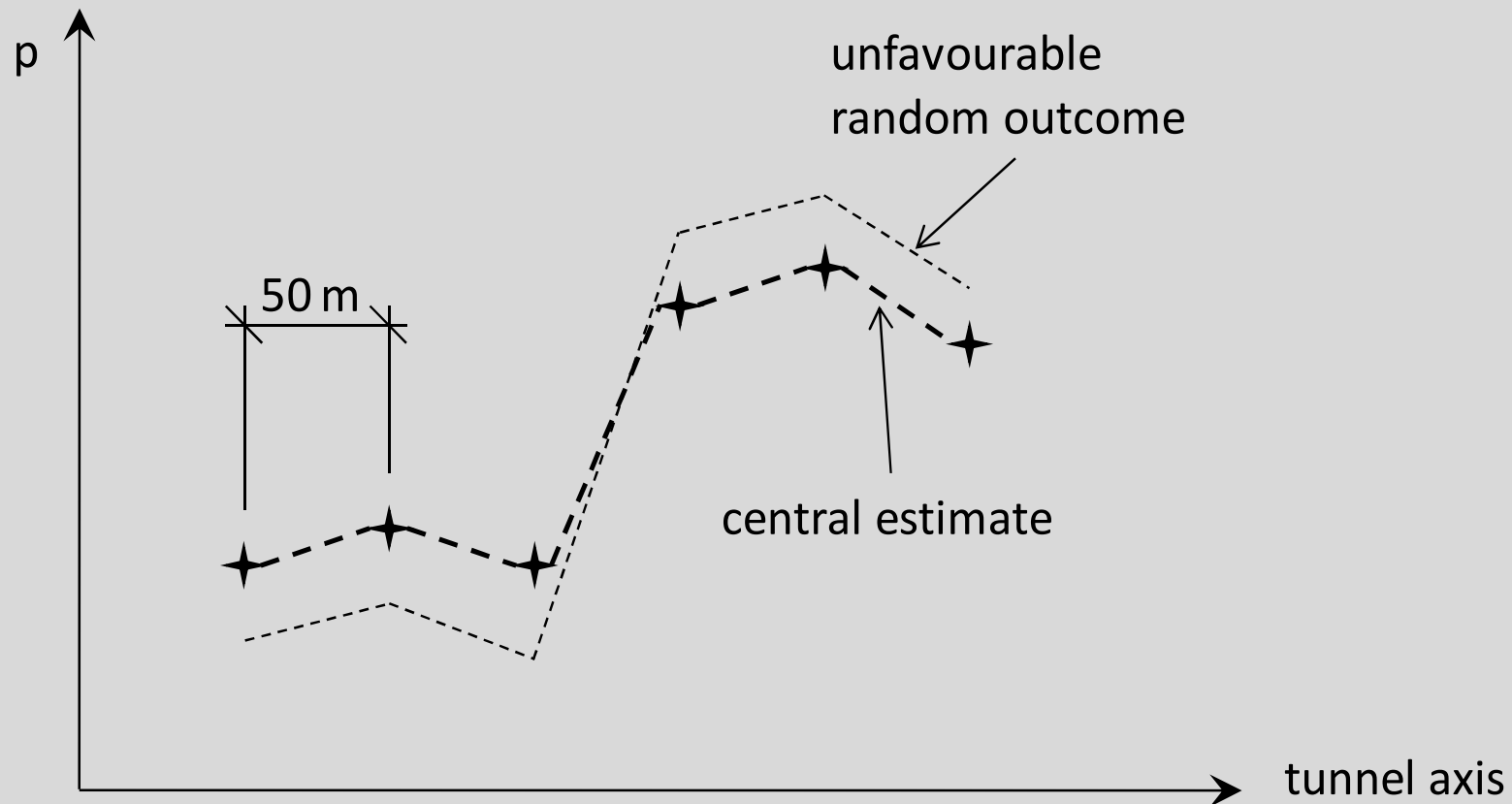
Fundering

Centralestimat og karakteristisk kurve



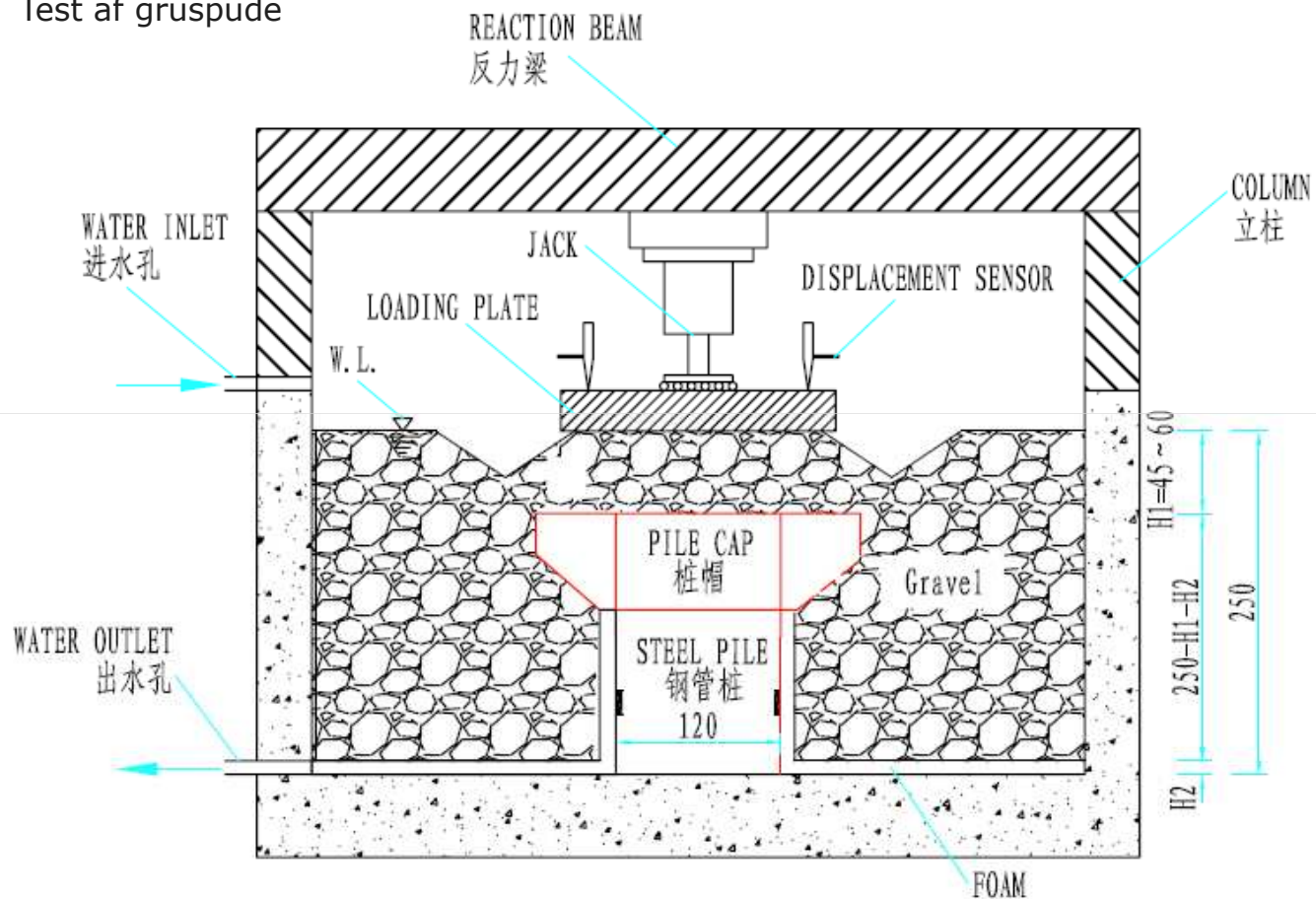
Fundering

Centralestimat og karakteristisk kurve



Fundering

Test af gruspude



Fundering



Hong Kong Zhuhai Macao forbindelsen

Fundering

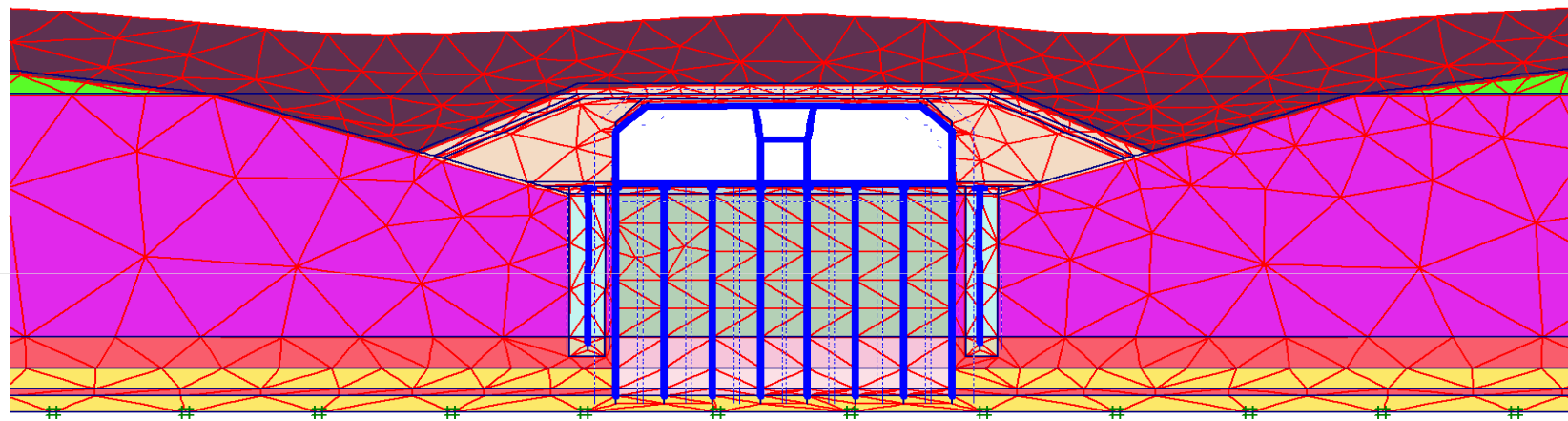


Hong Kong Zhuhai Macao forbindelsen

Fundering

Plaxis 2D

Numerisk analyse



Deformed mesh
Extreme total displacement 4,60 m
(displacements scaled up 2,00 times)

PLAXIS
Finite Element Code for Soil and Rock Analyses
Version 9.0.0.1182

Project description

Project name

E 27 normal piles

Step

112

Date

30-06-11

User name

COWI A/S

Udformning af kunstige øer



Dissing og Weitling

Fra Tokyo Bay

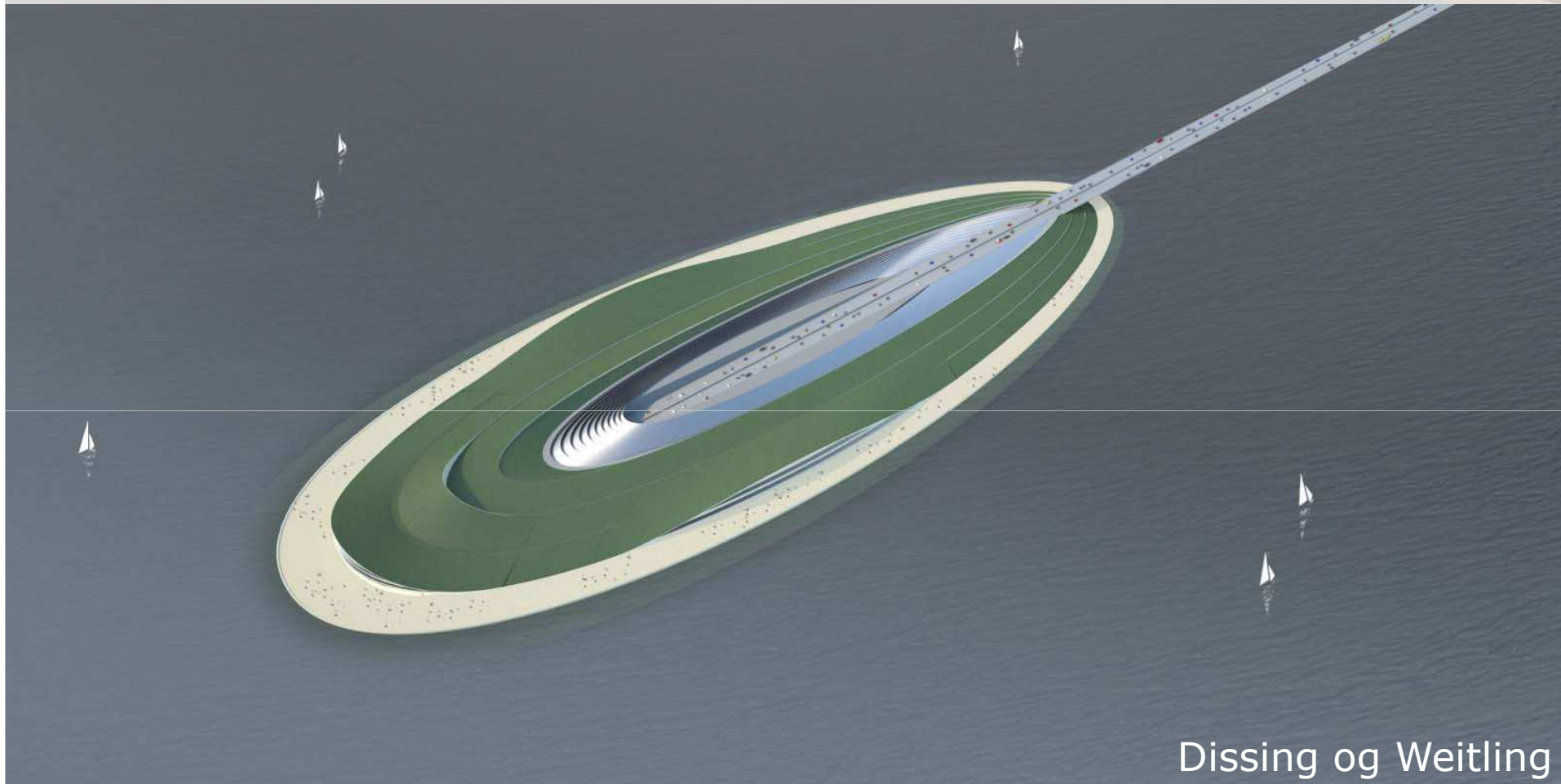


Fra Øresund



Hong Kong Zhuhai Macao forbindelsen

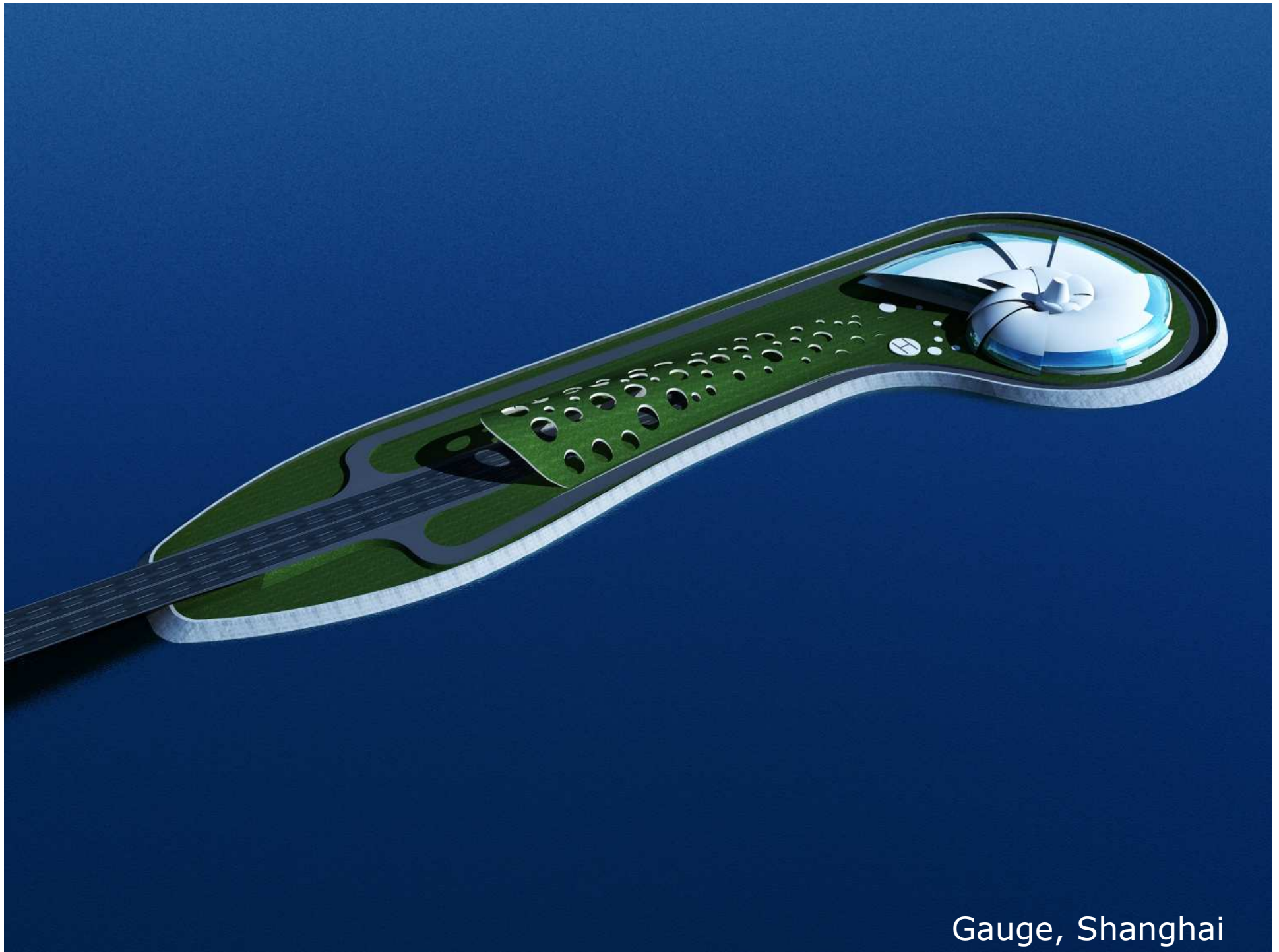
Kunstige Øer



Dissing og Weitling



Dissing og Weitling

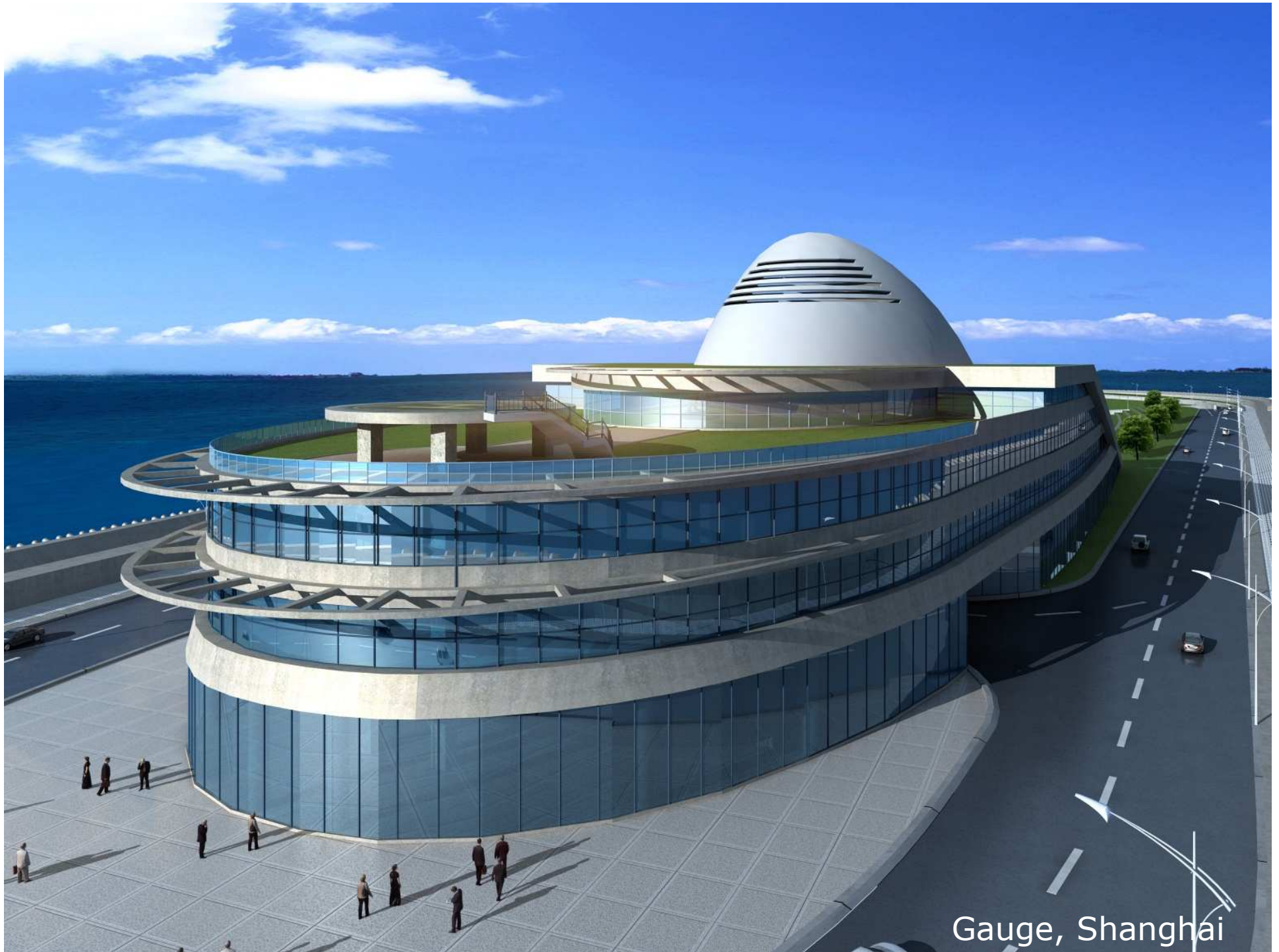


Gauge, Shanghai

Hong Kong Zhuhai Macao forbindelsen
Kunstige Øer



Gauge, Shanghai



Gauge, Shanghai

Udførelse af kunstige øer



Fra HZM



Fra HZM

www.apevibro.com/wordpress/ape-video-gallery
Video - APE Octa-Kong Complete Process





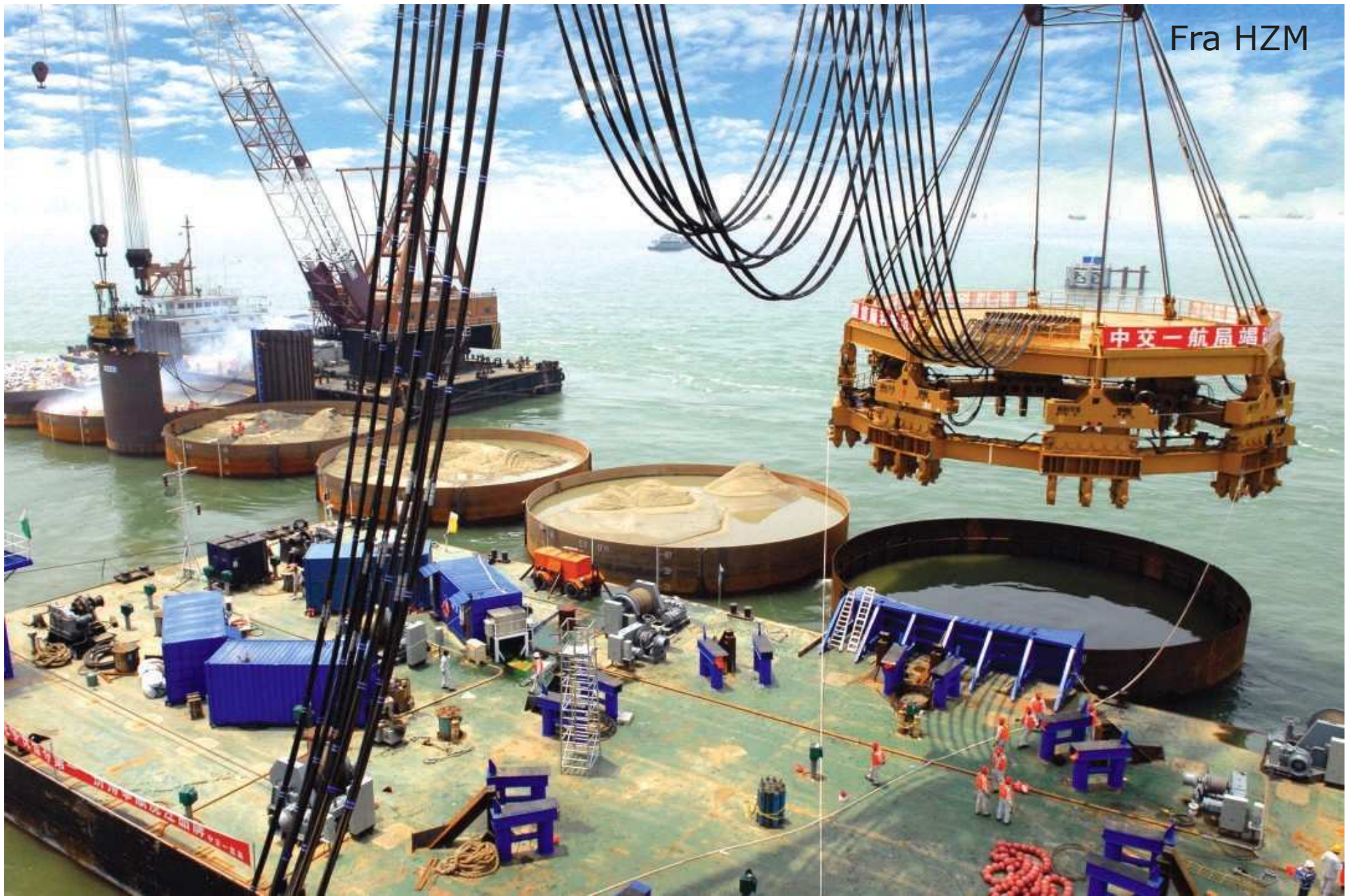
Hong Kong Zhuhai Macao forbindelsen
Kunstige Øer

Fra HZM

www.cccchzmb.com



Fra HZM







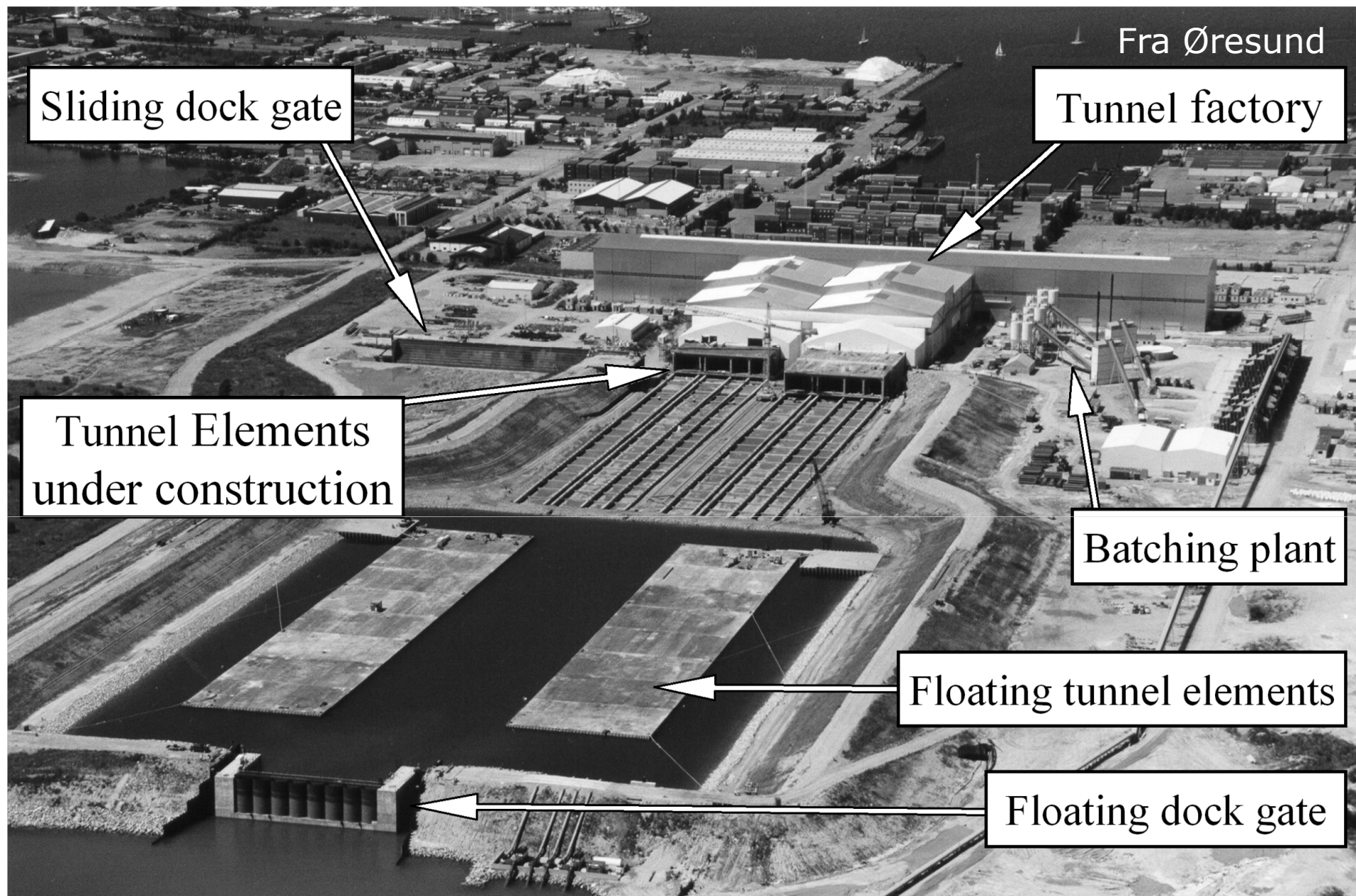
Hong Kong Zhuhai Macao forbindelsen
Kunstige Øer

Fra HZM





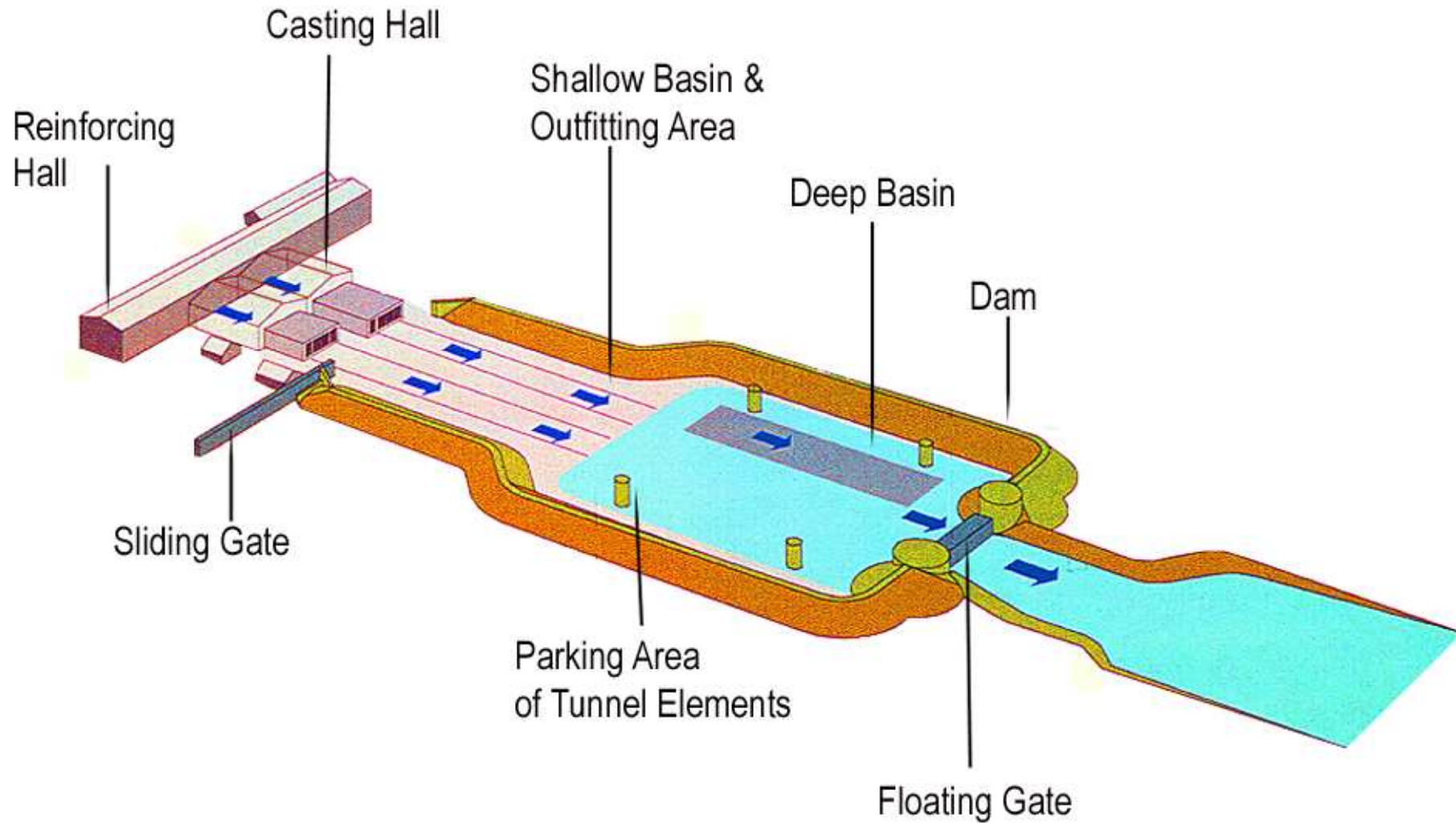
Udførelse af tunnel elementer



Hong Kong Zhuhai Macao forbindelsen

Tunnel Elementer

Fra Øresund



Fra HZM

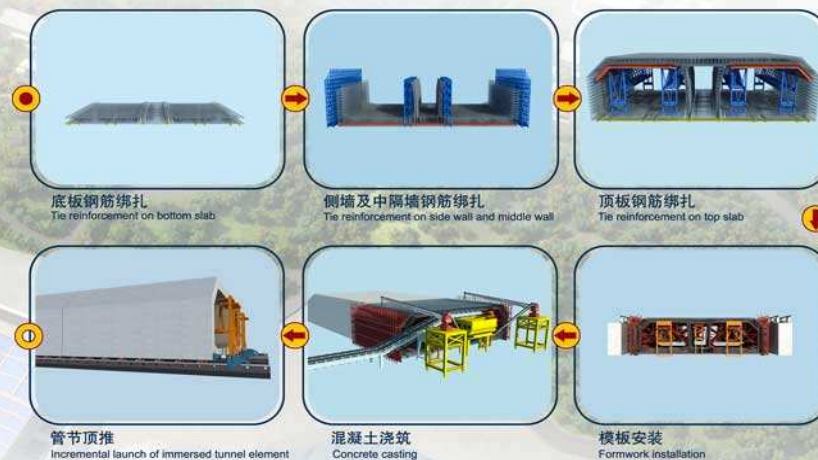
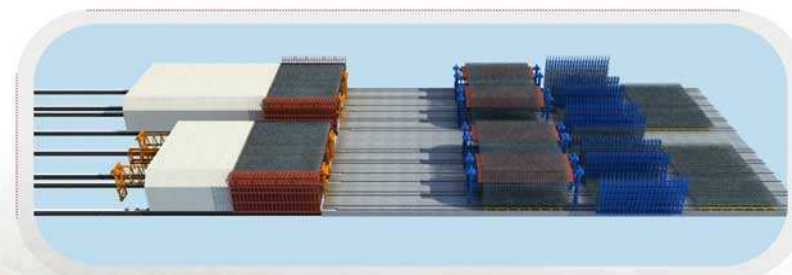


沉管预制

Fabrication of immersed tunnel element

沉管预制

Fabrication of immersed tunnel element



Fra HZM



Fra Øresund



Fra HZM







Hong Kong Zhuhai Macao forbindelsen

Tunnel Elementer



Vibration

Fra Busan

Curing



Hong Kong Zhuhai Macao forbindelsen
Tunnel Elementer

Rebars at shear keys



Fra Busan

Shear key results



Hong Kong Zhuhai Macao forbindelsen
Tunnel Elementer



Concreting

Example of segmental casting



Fra Busan



Fra Øresund



Marine arbejder

Fra Øresund

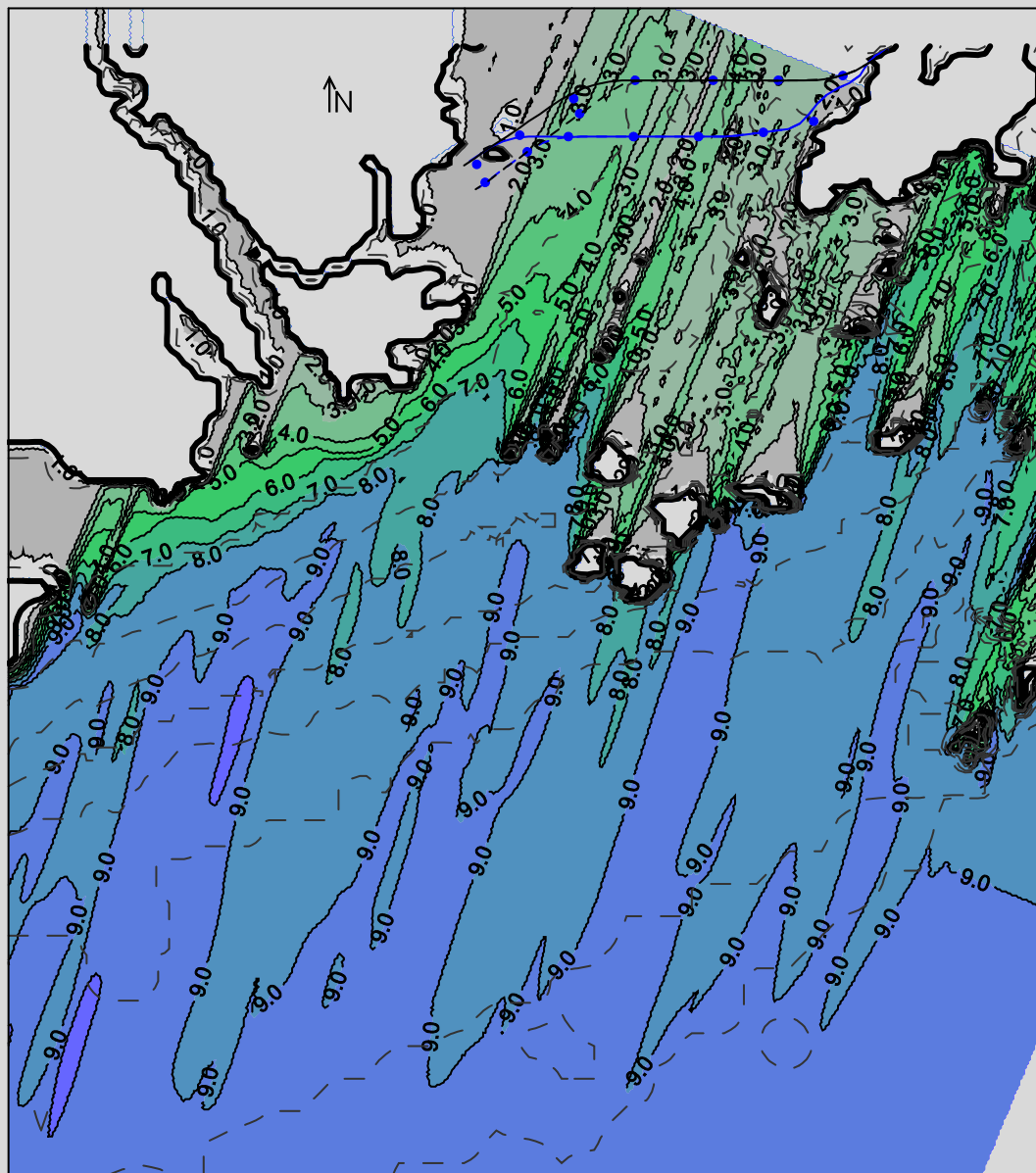


Fra Øresund



Hong Kong Zhuhai Macao forbindelsen

Marine arbejder



Hong Kong Zhuhai Macao forbindelsen

Udgravning

Fra HZM

20-25Mill m3





Hong Kong Zhuhai Macao forbindelsen

Gruspude

Gruspude

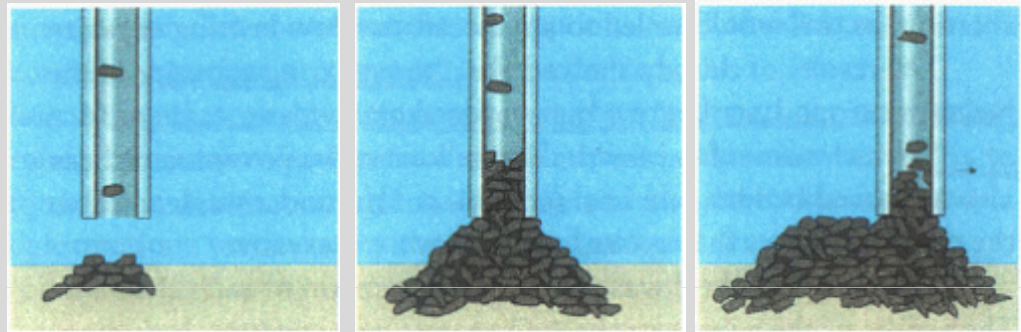
Fra Busan



Gruspude

Gravel bed with intermediate grooves has several advantages compared to a closed gravel surface

**Method of
Placement**



Cross section



Fra Busan



Fra Busan



Opsummering

- Baggrund
- Overordnet projektudformning
- Geotekniske undersøgelser
- Design af sænketunnel konstruktion
- Design af fundering for sænketunnel
- Differenssætninger og stivhedsvariationer
- Forsøg med gruspude
- Udførelse af øer, og marine arbejder
- Udførelse af tunnel elementer

Hong Kong Zhuhai Macao forbindelsen



Tak

