

# Internationale sænketunneler

## Indledning

### INTERNATIONALE SÆNKETUNNELER

Danmarks position på det internationale sænketunnelmarked

Casper Paludan-Müller - COWI

# Internationale sænketunneler

## Indledning

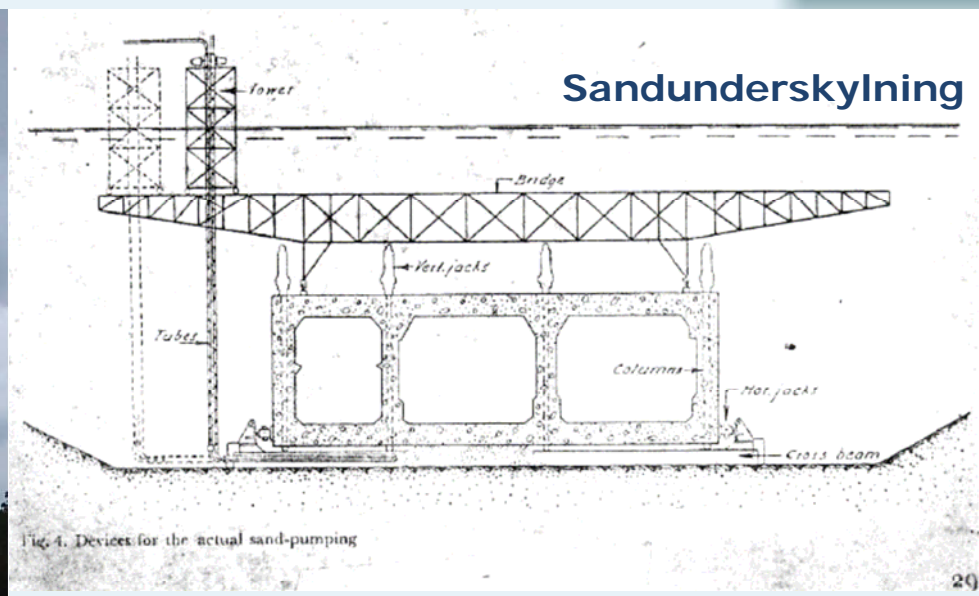
### Agenda

- Baggrund og udvikling
- Nye kontraktformer
- Tekniske udfordringer og nye løsninger
- Fremtidige perspektiver

# Internationale sænketunneler

## Baggrund og udvikling

### Tunnel under Maas floden Rotterdam (åben 1942)



CHRISTIANI & NIELSEN



# 3 | DFTU 25 års Jubilæum  
02.10.08 | Casper Paludan-Müller

COWI

# Internationale sænketunneler

## Baggrund og udvikling

### Maas Tunnel, Rotterdam

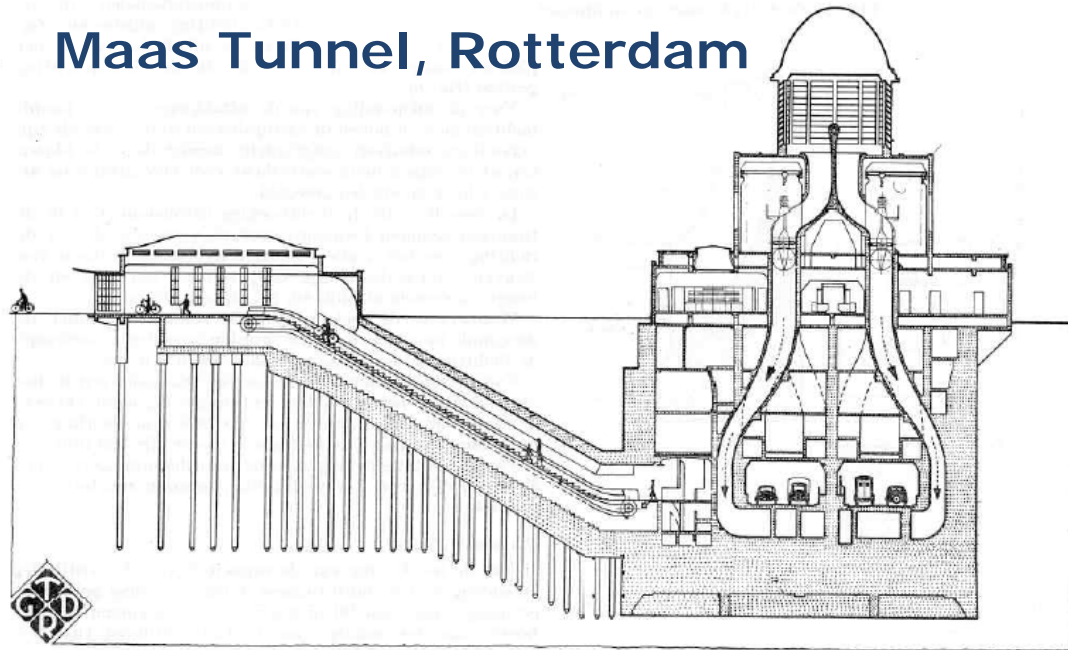
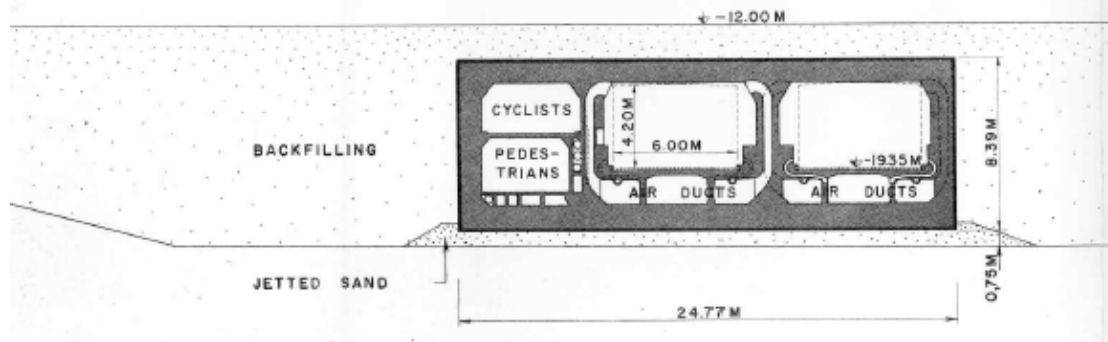


Fig. 4. Doorsnede door ventilatiechambre en roltrambaanbaait



Også for cykler og fodgængere



# Internationale sænketunneler

## Baggrund og udvikling

Udført i periode	Udførte projekter	Antal DK deltagelse	DK deltager som projekterende	DK deltager som entreprenør
1940-49	1	1	C&N	C&N
1950-59	2	1	C&N (1)	
1960-69	12	8	C&N (6)	C&N (6)
1970-79	8	2	C&N (2)	C&N (1)
1980-89	15	3	C&N(1),Kampsax(1)	C&N(1), Pihl(1)
1990-99	26	4	Comar (3)	Pihl(1), C&N(1)

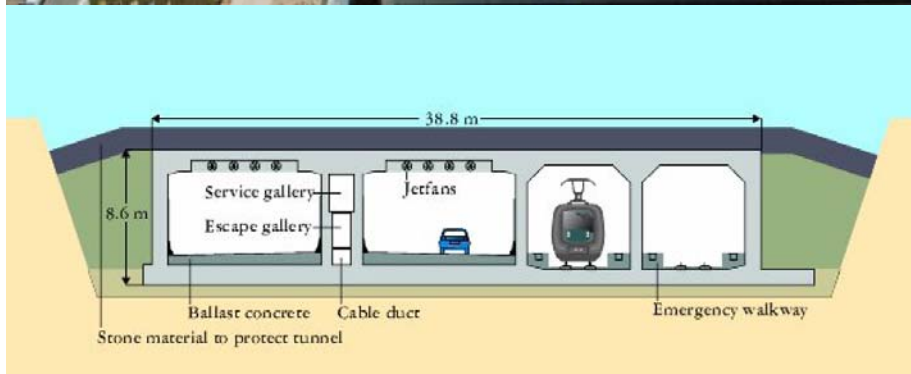
### Beton sænketunneler vej/ jernbane 1960-2000 (kilde: ITA)



- C&N indstiller entreprenør virksomhed fra hovedkontor og Comar etableres 1987 fra teknisk afdeling
- COWI overtager og integrerer Comar i 1993

# Internationale sænketunneler

## Baggrund og udvikling

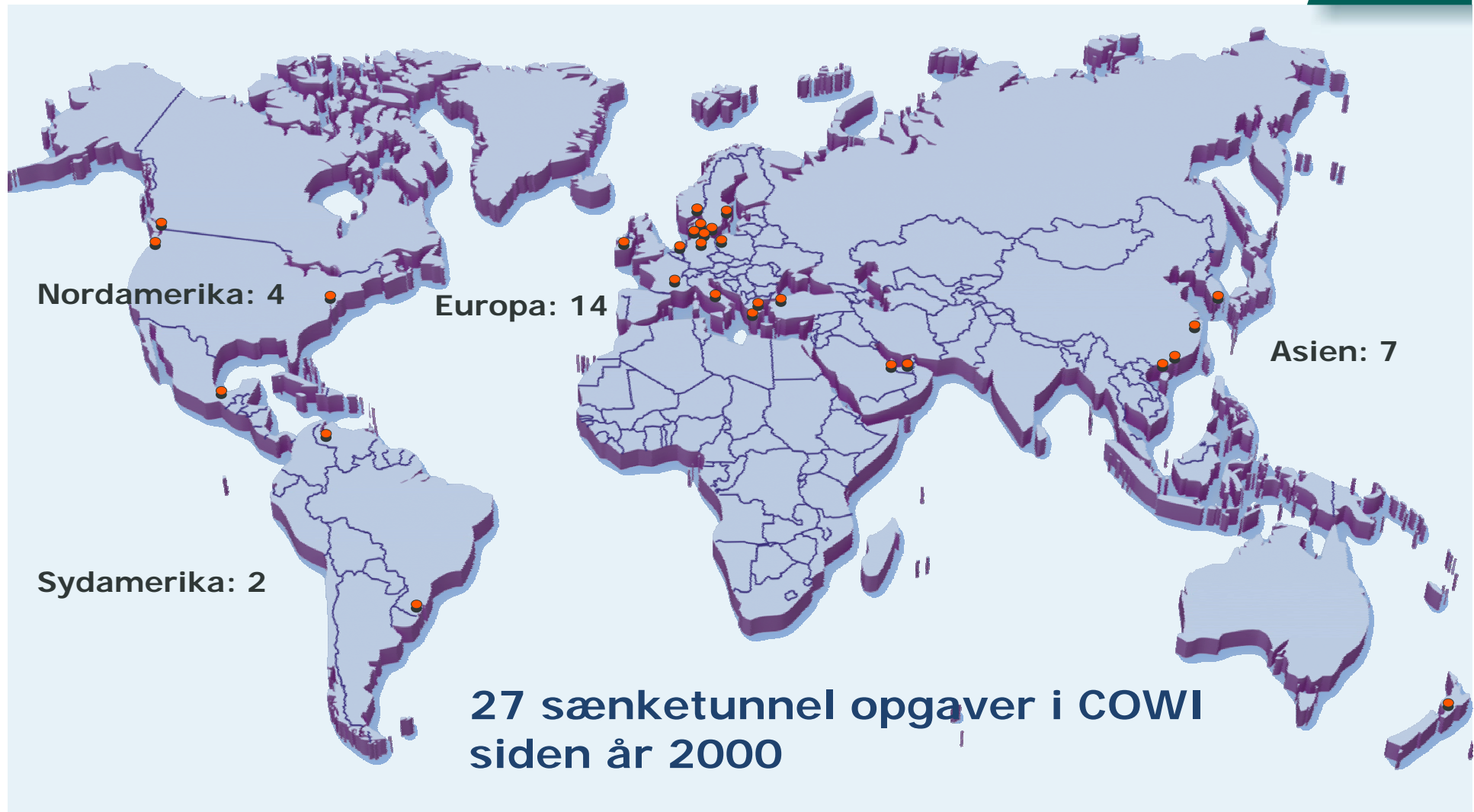


## Øresund 2000

- Internationalt ry og forbillede
- Verdens længste
- Fabriksproduktion af elementer
- Pihl deltager i entreprenør konsortium ØTC
- Rambøll rådgiver for Øresunds-konsortiet

# Internationale sænketunneler

## Baggrund og udvikling



# Internationale sænketunneler

## Nye kontraktformer



- PPP (Public Private Partnership) eller DBOF
- 35 års anlægs og koncessionsperiode
- COWI rådgiver for National Roads Authority i alle faser siden 1999
- Rambøll Design Checker

## Limerick, Irland



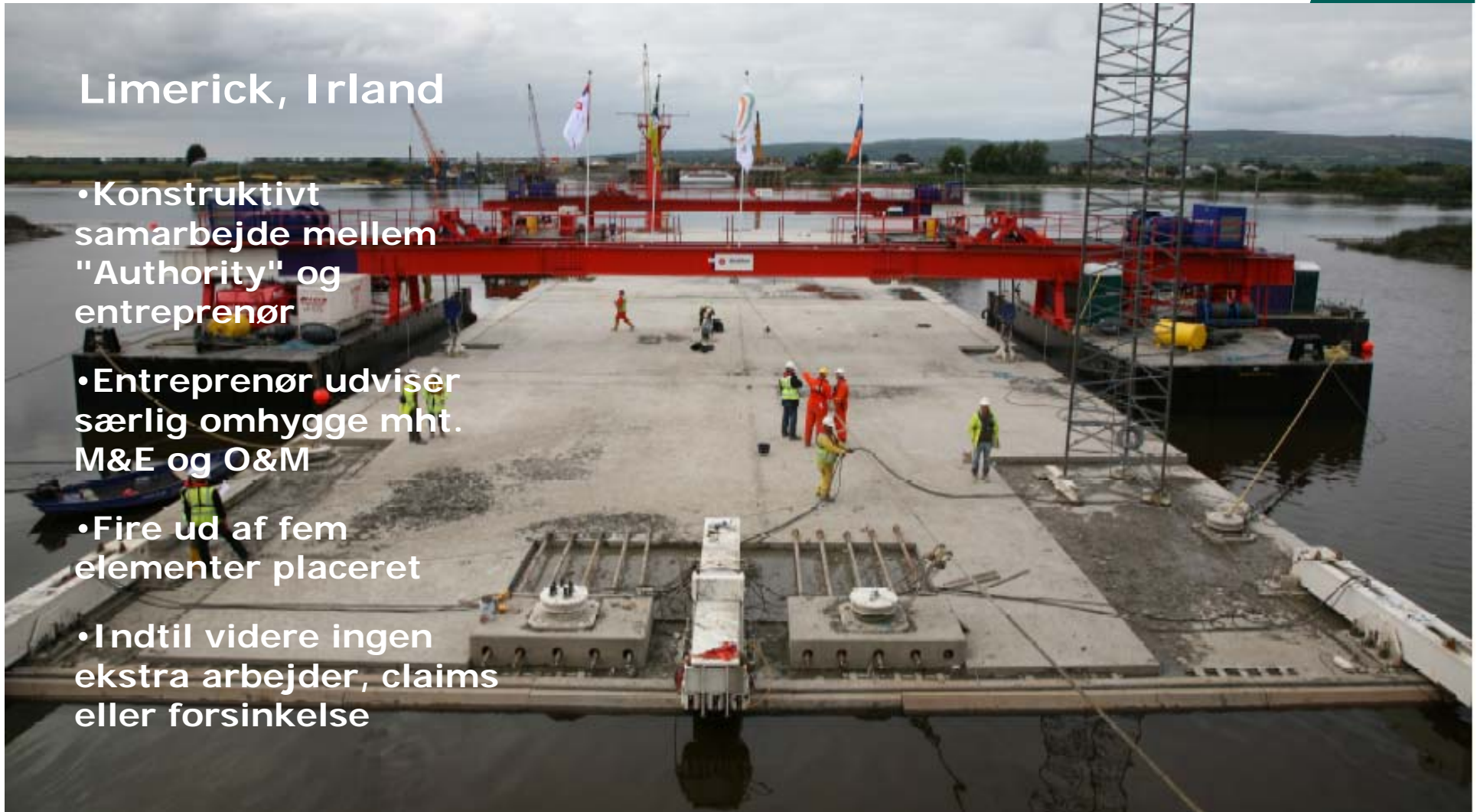


# Internationale sænketunneler

## Nye kontraktformer

### Limerick, Irland

- Konstruktivt samarbejde mellem "Authority" og entreprenør
- Entreprenør udviser særlig omhygge mht. M&E og O&M
- Fire ud af fem elementer placeret
- Indtil videre ingen ekstra arbejder, claims eller forsinkelse



# Internationale sænketunneler

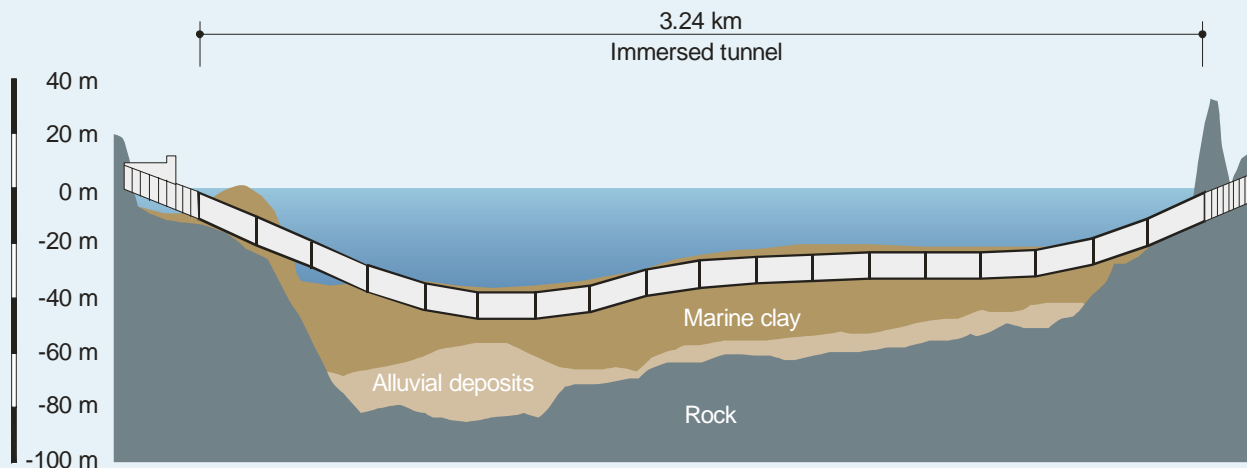
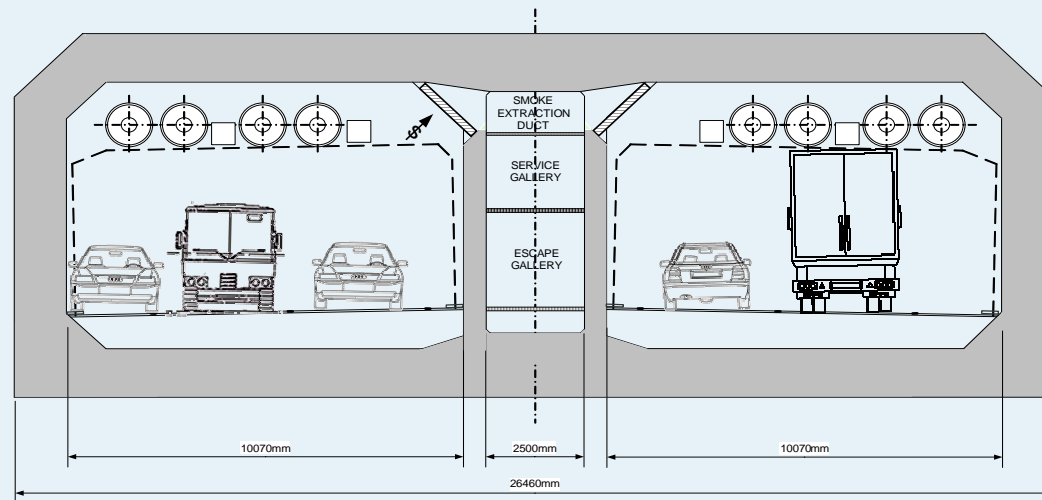
## Tekniske udfordringer og nye løsninger

### Busan Geoje Fixed Link, Sydkorea

- Vejforbindelse med 3,24 km sænketunnel og to skråstagsbroer
- COWI projekterende for Daewoo Engineering & Construction
- Teknisk vanskelige forhold har ført til nye løsninger
- 4 (snart 8) af 18 elementer placeret

# Internationale sænketunneler

## Tekniske udfordringer og nye løsninger



## Busan Geoje

- Funderingsniveau ned til -47m

- Segment-opdelte elementer uden membran

- "Duracrete Design" af beton for 100 års levetid baseret på pålidelighedsanalyse

- Tunnel delvis over havbund og på undersøisk dæmning

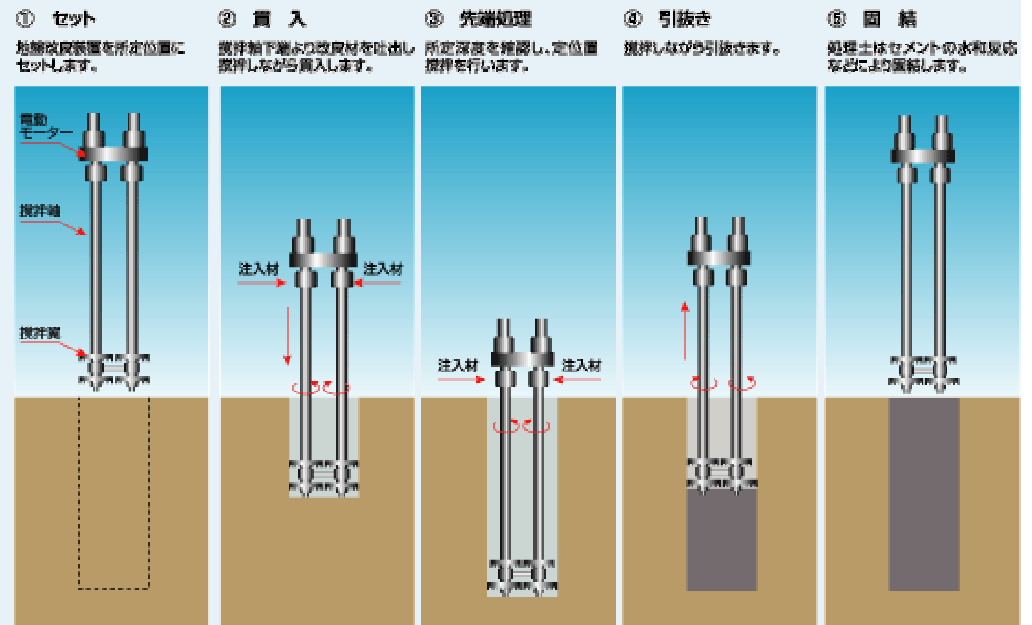
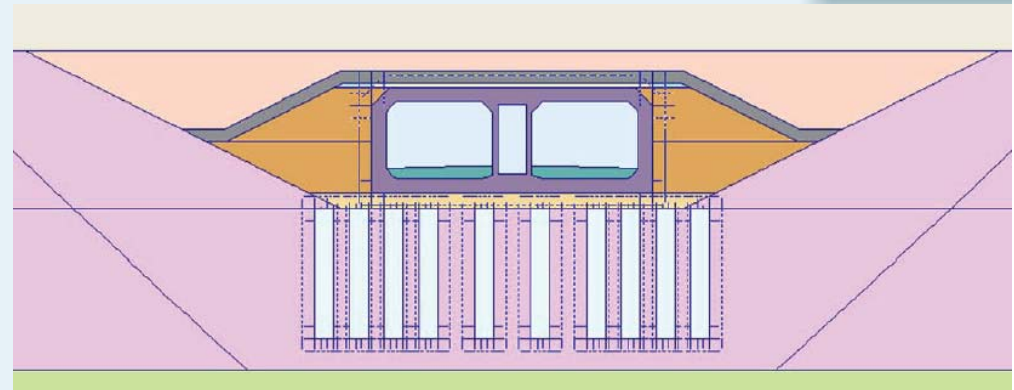
- Usædvanligt dårlige funderingsforhold

# Internationale sænketunneler

## Tekniske udfordringer og nye løsninger

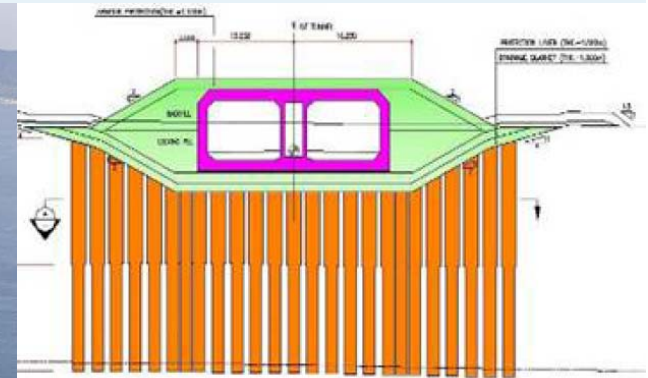
### Busan Geoje

- Jordforbedring ved CDM (Cement Deep Mixing) i udgravet havbund
- Cement Slurry tilføres og mixes via et shaft mens det løftes



# Internationale sænketunneler

## Tekniske udfordringer og nye løsninger



### Busan Geoje

Jordforbedring med SCP (Sand Compaction Piles) langs undersøisk dæmning

- Casing løftes, mens sand tilføres og komprimeres

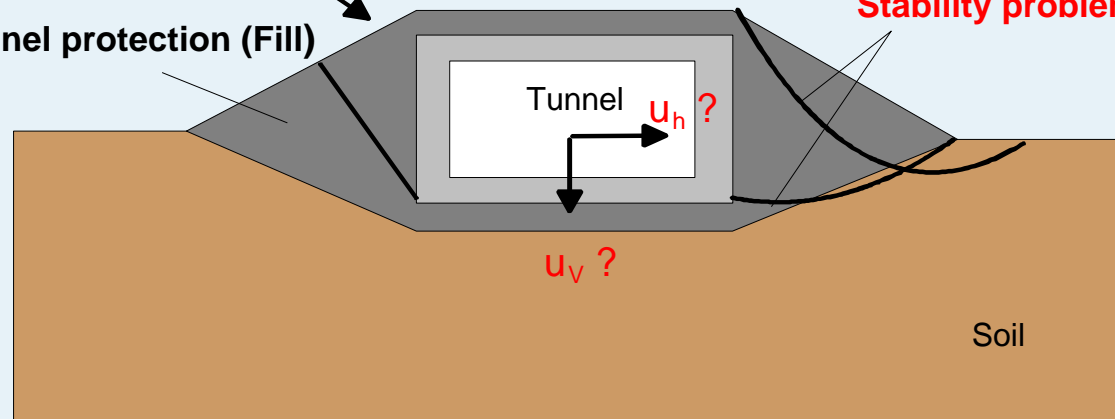
# Internationale sænketunneler

## Tekniske udfordringer og nye løsninger

### Busan Geoje



Tunnel protection (Fill)

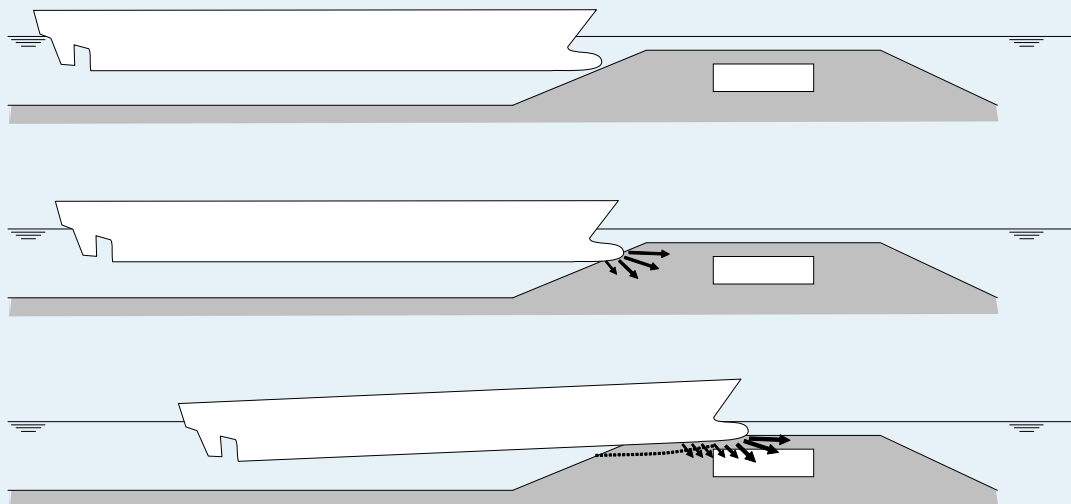


- Signifikant bølgehøjde på 9 m for 100 år
- Trykforskelle giver risiko for lodret og vandret ustabilitet (ingen Arkimedes)
- Plaxis beregninger og modelforsøg
- Tilstrækkelig sikkerhed opnået ved lokal øgning af beskyttelse på tunnel tag

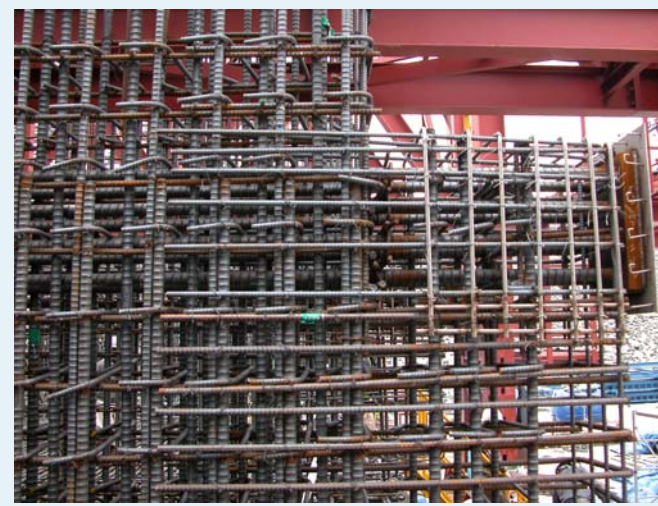
# Internationale sænketunneler

## Tekniske udfordringer og nye løsninger

### Busan Geoje

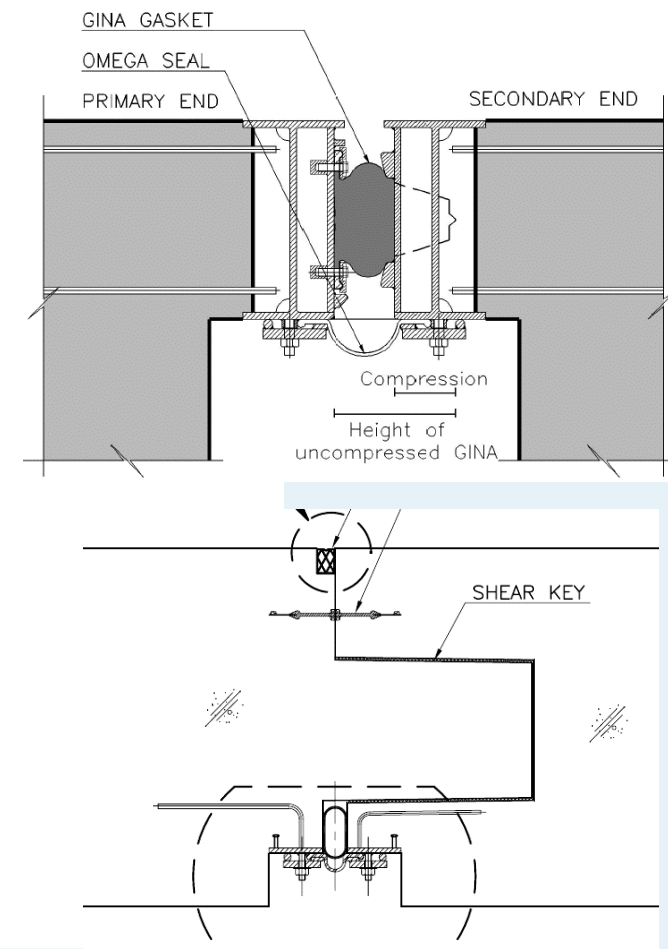
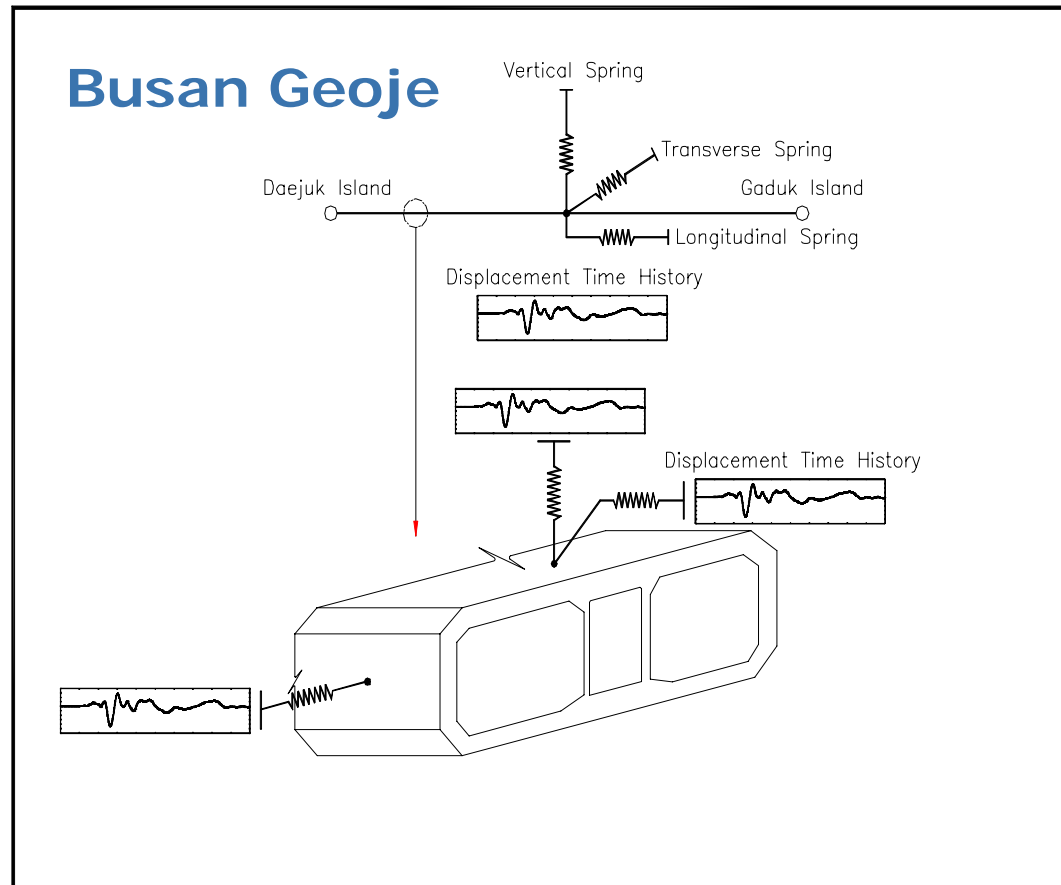


- Projektering for risiko højst 1% per 100 år
- Beskyttende rev op til 45m fra tunnel
- Kraftigt armerede forskydningslåse mellem segmenter



# Internationale sænketunneler

## Tekniske udfordringer og nye løsninger



- Fuger designet for jordskælv, sætninger og temperatur bevægelser



# Internationale sænketunneler

## Tekniske udfordringer og nye løsninger



### Söderströmmen, Stockholm

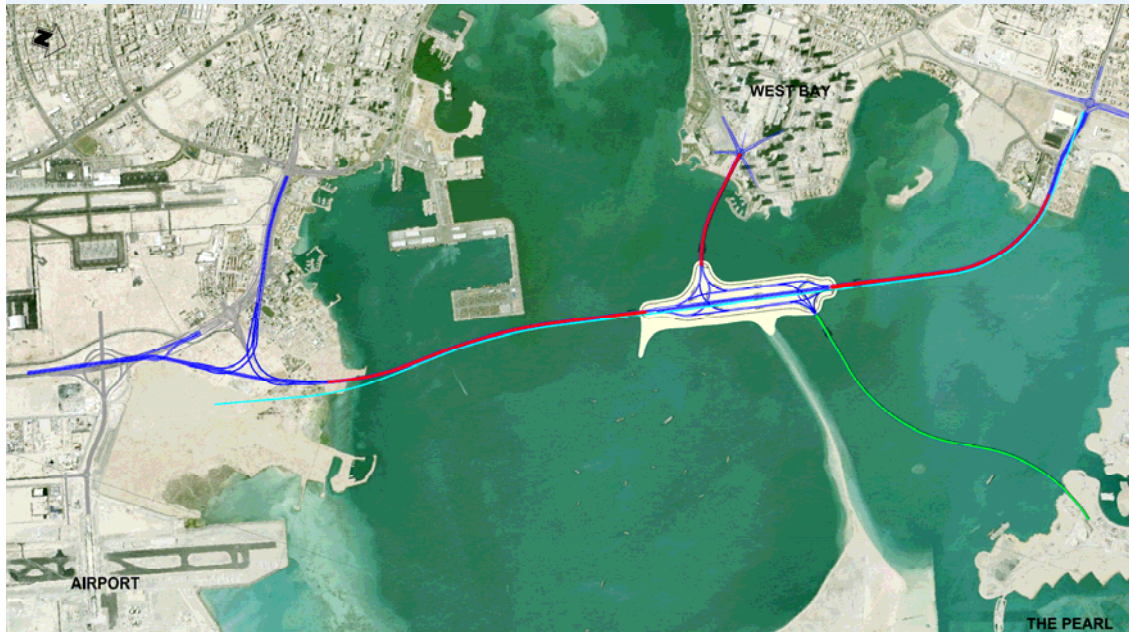
- Usædvanlig og kompliceret konstruktion og udførelsesmetode

- Pihl entreprenør i Joint Venture med Züblin

- COWI projekterende for entreprenør

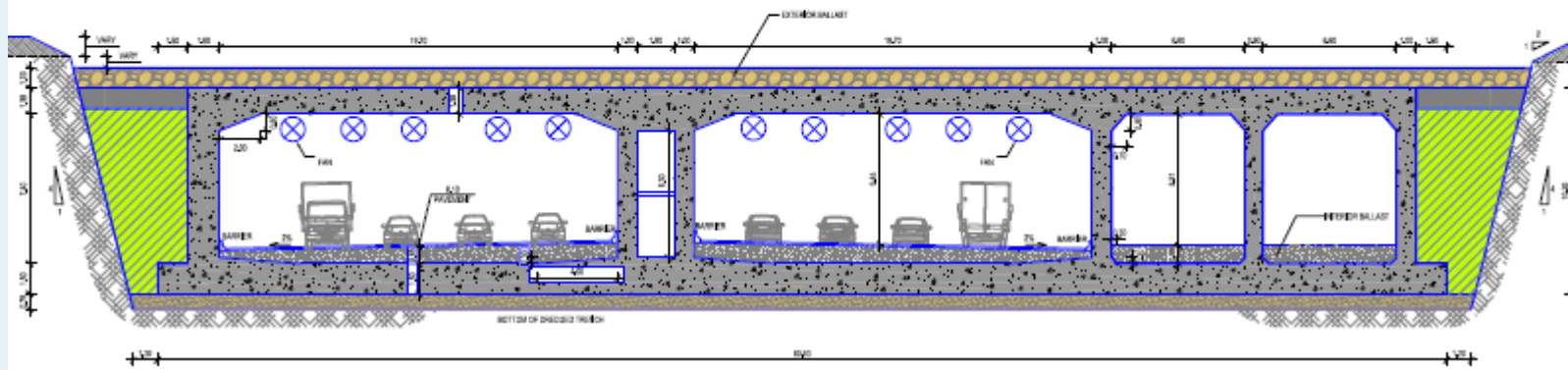
# Internationale sænketunneler

## Fremtidige perspektiver



### Doha Bay Crossing Qatar

- COWI arbejder på feasibility studie vedr. 8 km lang fast forbindelse over/under Doha Bay
- Sænketunnel løsninger overvejes
- 4 baner og nødspor



# Internationale sænketunneler

Slut på præsentation

