

Commissione Studi - Gruppo Energia ed Ecologia
Comitato ITL - Infrastrutture, Trasporti e Logistica

PRESENTA

“INFRASTRUTTURE STRATEGICHE PER L’ITALIA”

L’attraversamento stabile dello Stretto di Messina

Un nuovo Quaderno ALDAI

In collaborazione con:



Con il patrocinio di:



LE GRANDI INFRASTRUTTURE NEL MONDO

Giovanni Saccà



IABSE

International Association
for Bridge and Structural
Engineering



Structurae - International Database
and Gallery of Structures

Ponte Sospeso unica campata

Ponte Sospeso più campate

Tunnel Archimede
SFTB

Tunnel subalveo



ASSOCIATION
INTERNATIONALE DES TUNNELS
ET DE L'ESPACE SOUTERRAIN
ITA
INTERNATIONAL TUNNELLING
AND UNDERGROUND SPACE
ASSOCIATION

AITES

International Tunneling and
Underground Space Association

[World Tunnel Congress \(WTC\)](#)



The International Federation for
Structural Concrete (fib –
Fédération internationale du béton)

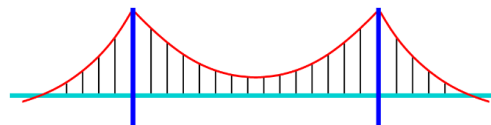
[The design guidelines for SFTBs](#)

<http://www.infoparlamento.it/Pdf/ShowPdf/8417>

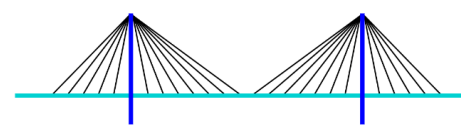


Ponti sospesi a grande luce

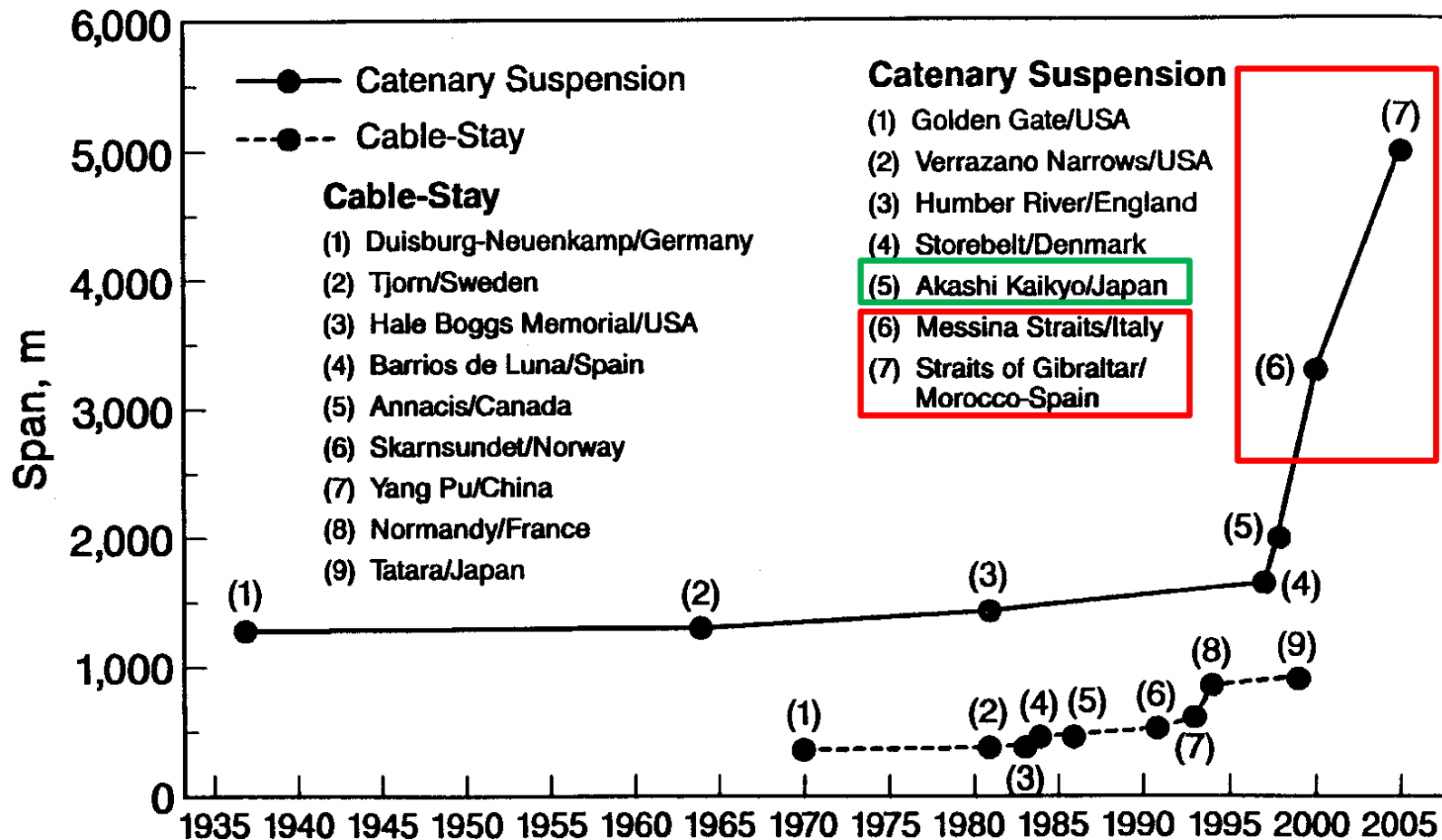




Ponte sospeso

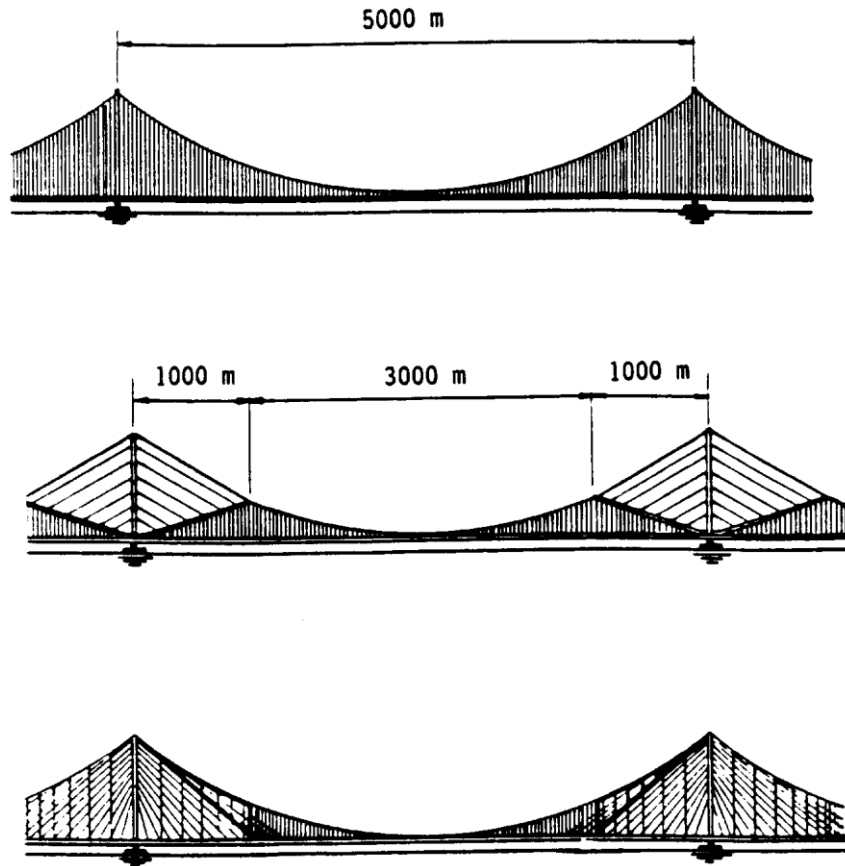


Ponte strallato



Ponti sospesi e ponti strallati

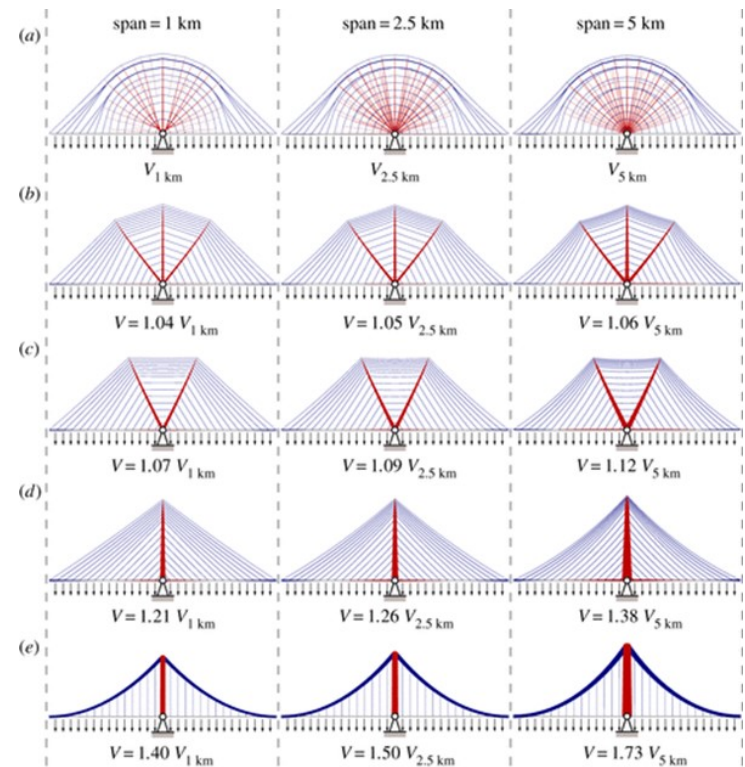
Lunghezza teorica massima dei ponti 5,4 km circa



Hybrid bridge proposals for Gibraltar
Straits Crossing

https://www.youtube.com/watch?v=_Z96elalN1

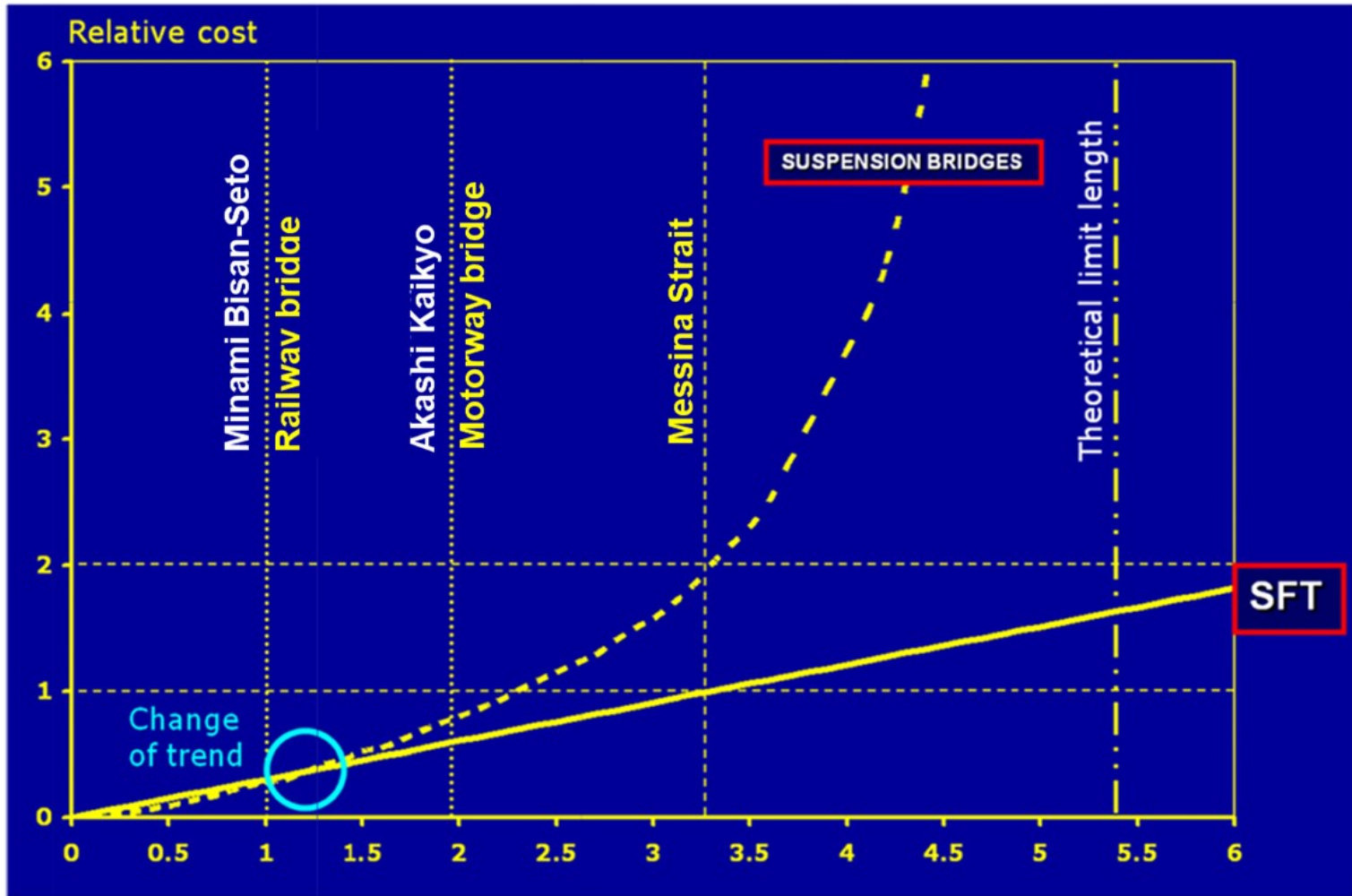
https://www.academia.edu/22312614/CABLE_SUSPENDED_BRIDGES



**Theoretically optimal forms for very long-span
bridges under gravity loading, Volume: 474,
Issue: 2217, DOI: (10.1098/rspa.2017.0726)**

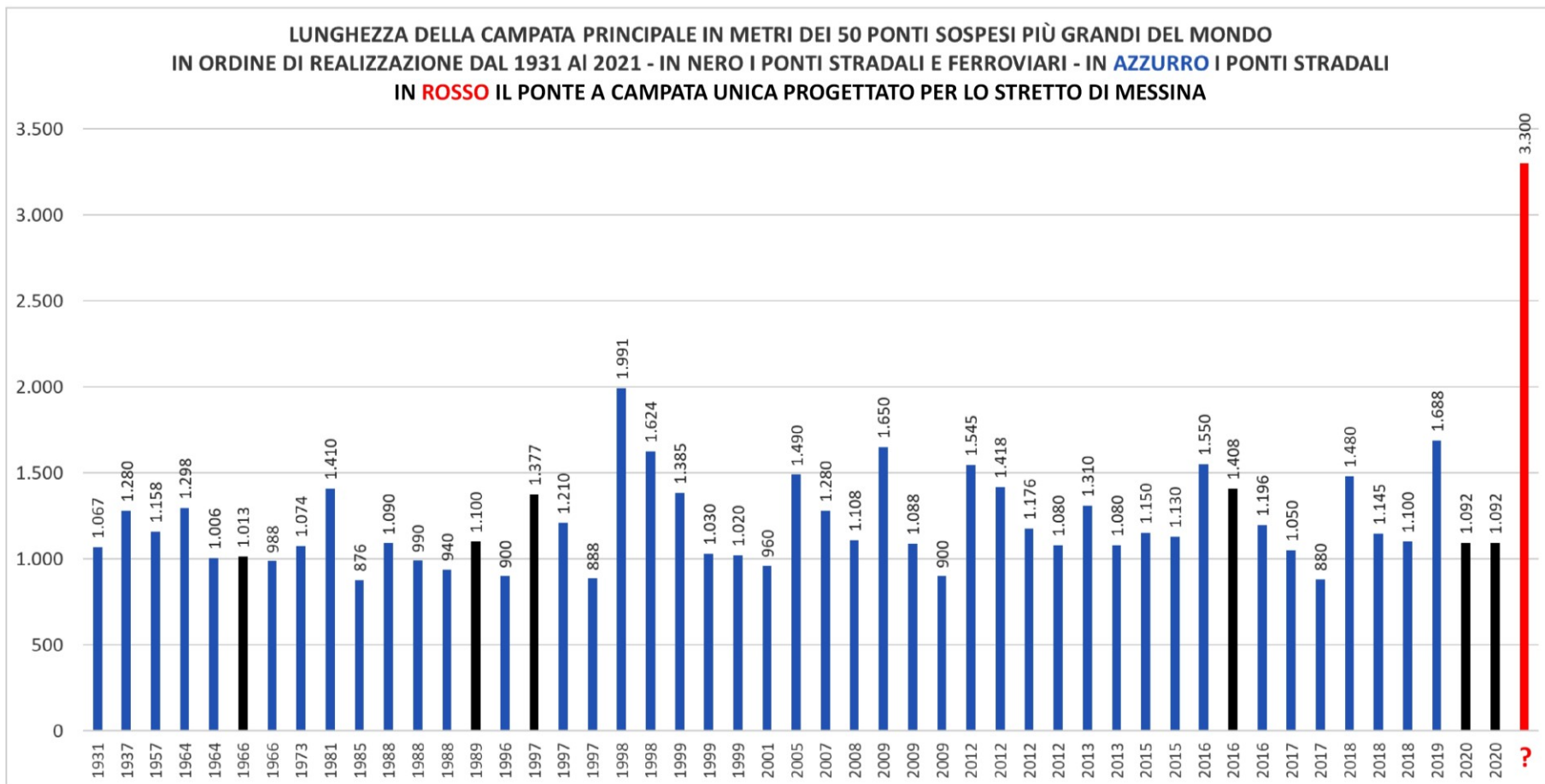
<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspa.2017.0726>

Curve qualitative di andamento dei costi dei ponti sospesi (SB) e dei tunnel flottanti sommersi (SFT)



Pag. 252 - http://www.fedoa.unina.it/8407/1/Martire_Giulio_23.pdf

Lunghezza massima dei ponti realizzati



Ponti stradali e ferroviari con campata più lunga

I primi 10 ponti stradali e ferroviari per lunghezza di campata

	Ponte	Nazione	Attivazione	Campata principale	Piani	Tipo di ponte
1	Yavuz Sultan Selim Bridge (realizzato per essere misto, attualmente è solo stradale)	Turkey	2016	1.408 m	1	Suspension bridge with cable-stays
2	Tsing Ma Bridge	China	1997	1.377 m	2	Suspension bridge
3	Minami Bisan-Seto Bridge	Japan	1988	1.100 m	2	Suspension bridge
4	Hutong Yangtze River Bridge	China	2020	1,092 m	2	Cable-stayed bridge
5	Tagus River Bridge	Portugal	1966	1.013 m	2	Suspension bridge
6	Kita Bisan-Seto Bridge	Japan	1985	990 m	2	Suspension bridge
7	Shimotsui-Seto Bridge	Japan	1988	940 m	2	Suspension bridge
8	Ohnaruto Bridge	Japan	1985	876 m	2	Suspension bridge
9	Chongming North Bridge	China	2009	730 m	2	Cable-stayed bridge
10	Tongling Road-Rail Bridge	China	2015	630 m	2	Cable-stayed bridge



The Largest Database for Civil and Structural Engineers

<https://structurae.net/en/structures/bridges/railroad-railway-bridges>

Yavuz Sultan Selim Bridge (2016)

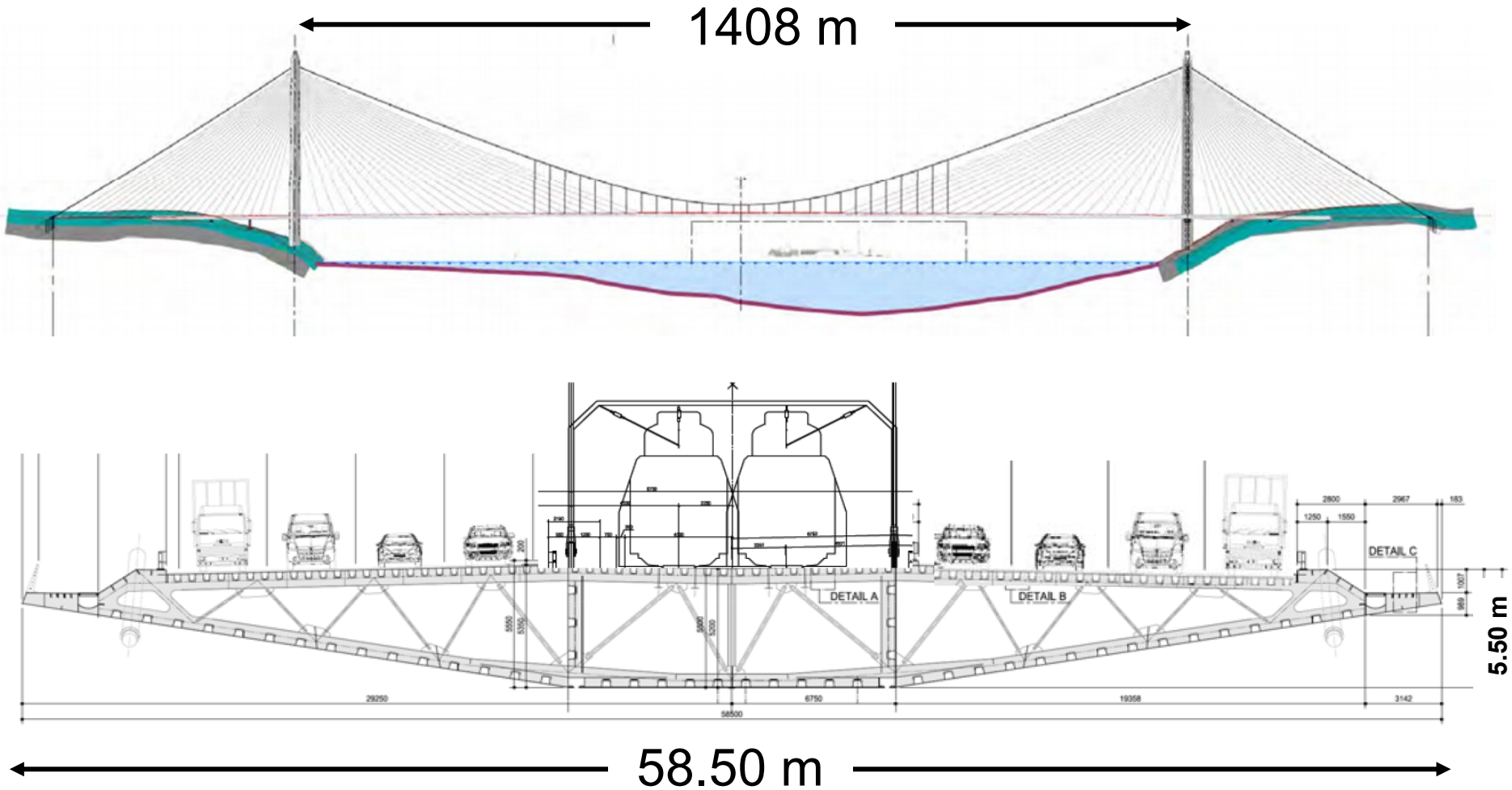
Sezione trasversale



http://www.cifi.it/UpIDocumenti/Roma30112016/08_CIFII_TO-LY.pdf

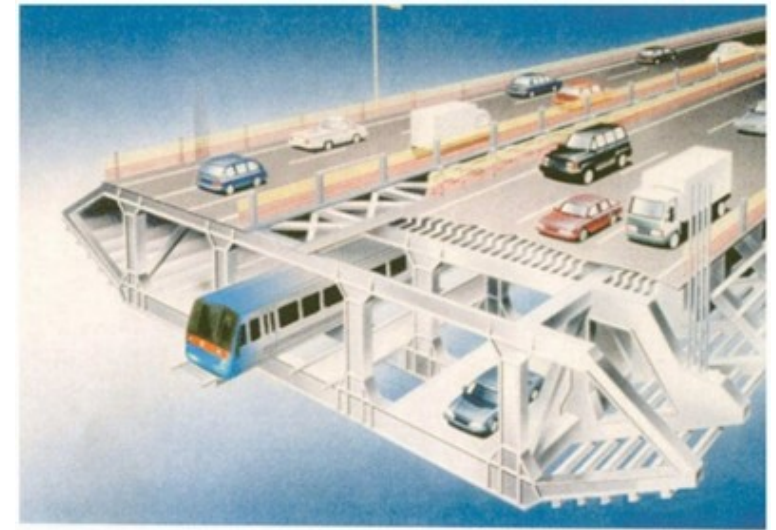
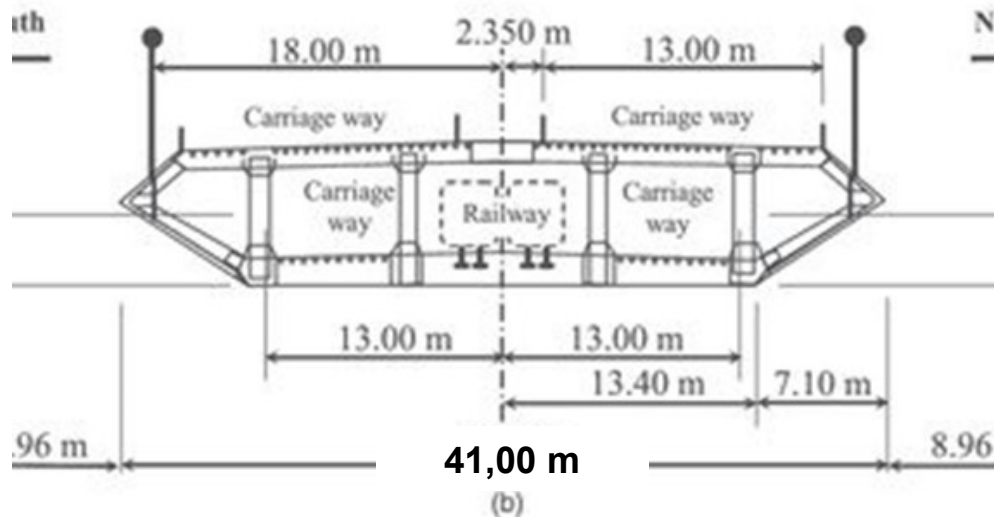
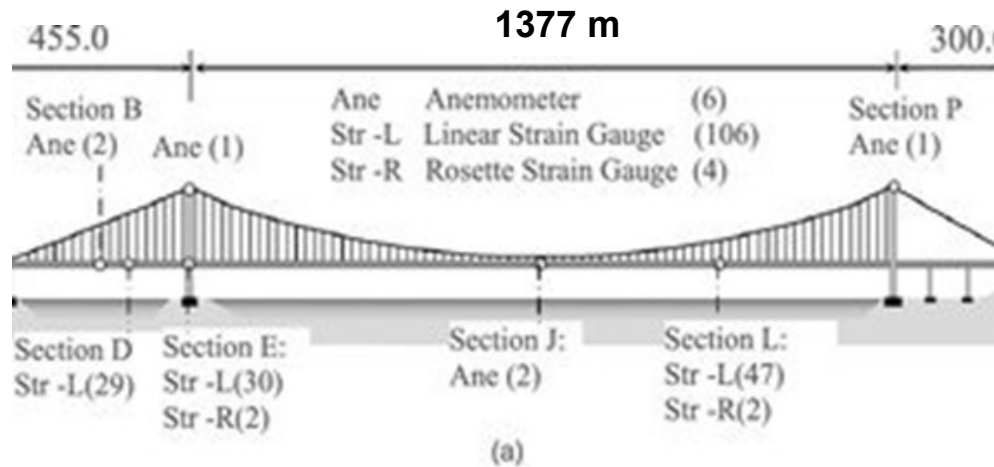
Yavuz Sultan Selim Bridge (2016)

H.R.S.B. High Rigid Suspension Bridge



<http://www.ingciv.polimi.it/wp-content/uploads/2017/10/Terzo-Ponte-Bosforo-POLIMI-17.10.2017.pdf>

Tsing Ma Bridge (1997)



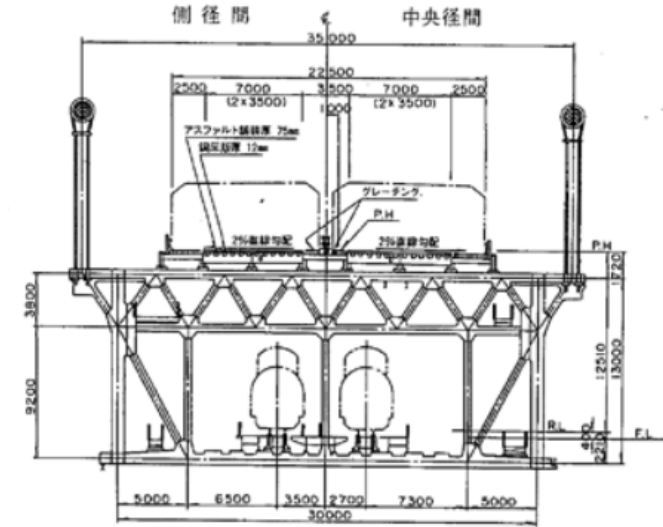
https://it.wikipedia.org/wiki/Tsing_Ma_Bridge

Minami Bisan-Seto Bridge (1988)



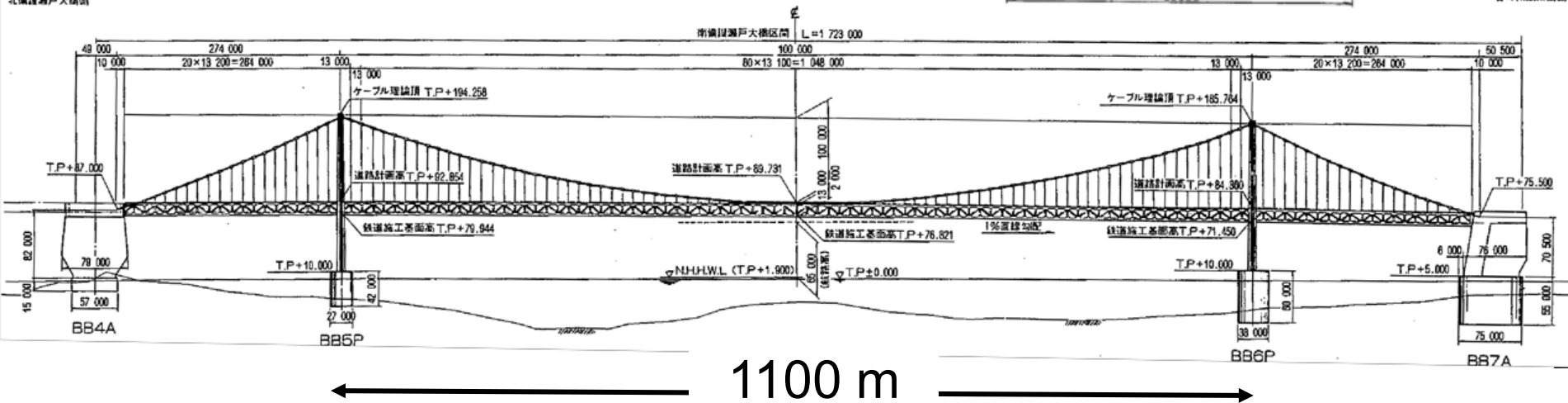
http://highestbridges.com/wiki/index.php?title=Minami-Bisan_Seto_Bridge

側面図



豊の州高架橋側

北備讃瀬戸大橋側



Hutong Yangtze River Bridge (2020)

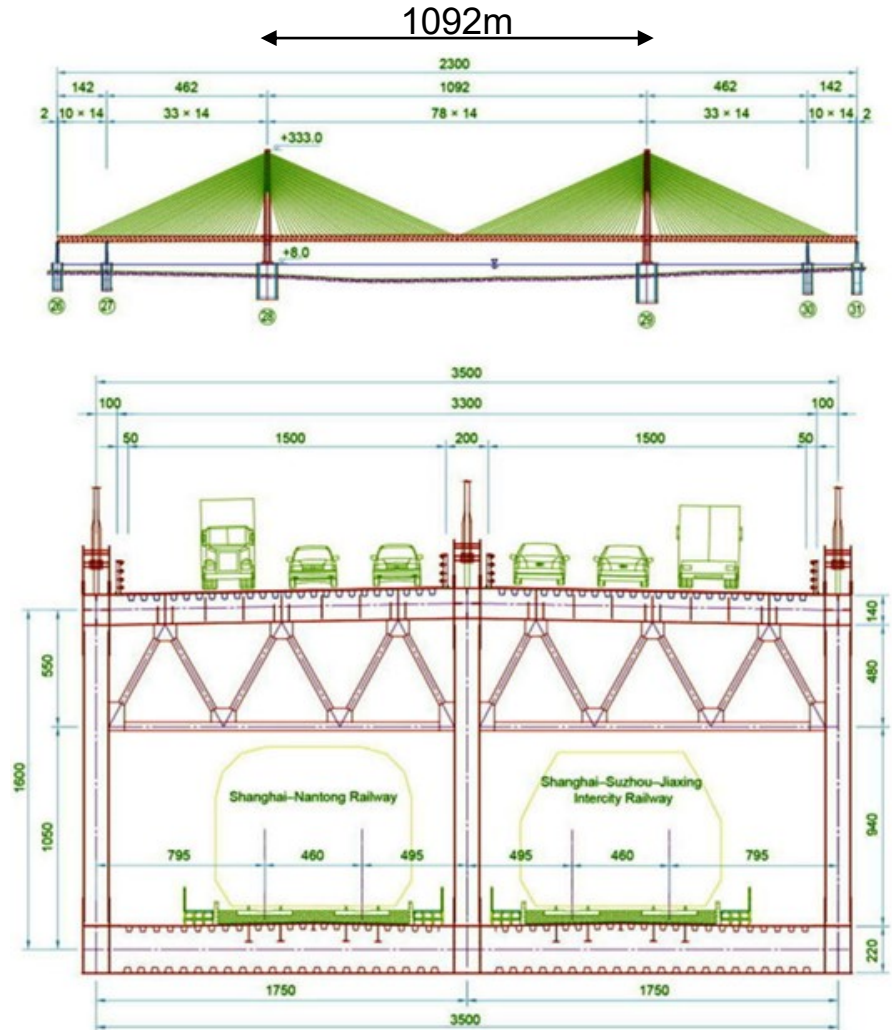
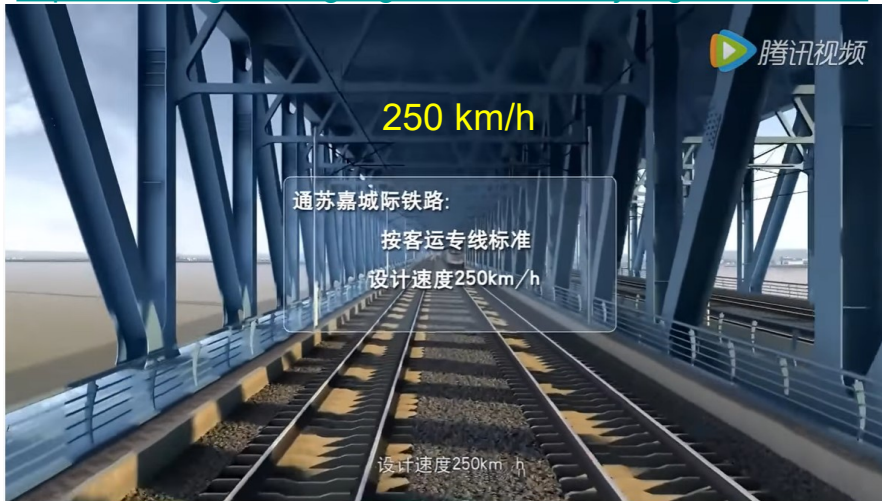


<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809917304496>

Hutong Yangtze River Bridge (2020)

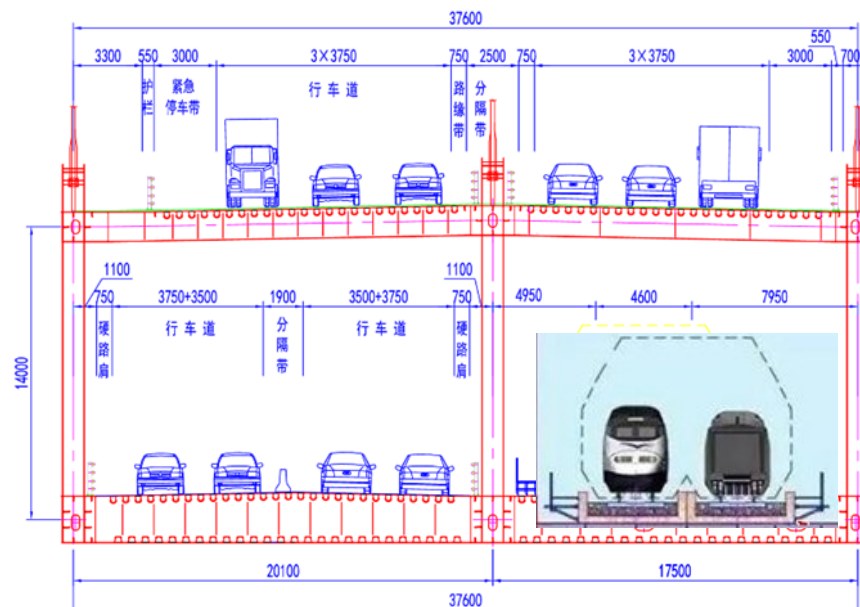


<http://www.engineering.org.cn/en/10.1016/j.eng.2017.11.001>



https://www.researchgate.net/publication/321238915_Developments_and_Prospects_of_Long-Span_High-Speed_Railway_Bridge_Technologies_in_China

Chang-Tai Yangtze River Bridge (2024)

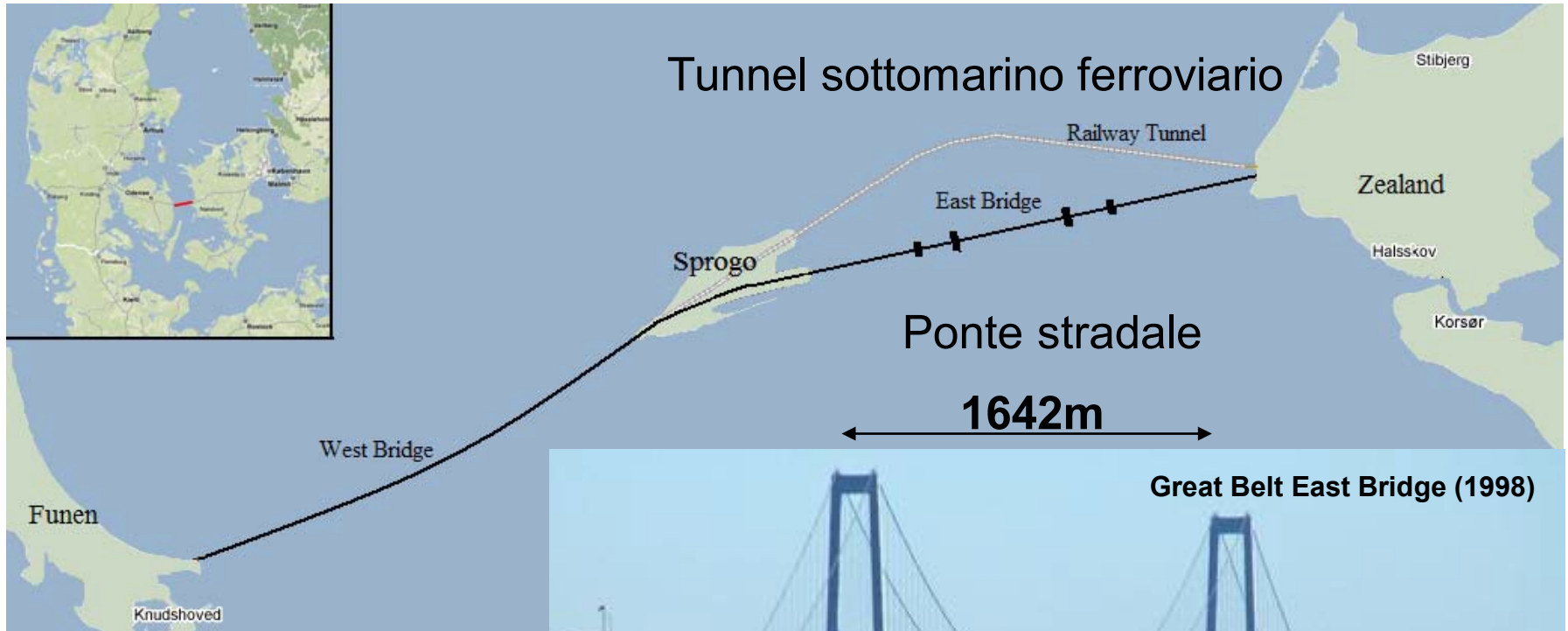


Verrà ultimato nel **2024** e stabilirà il nuovo record di lunghezza della campata principale per i ponti misti stradali e ferroviari strallati con **1176 m**, **altezza delle torri 340m**,. L'impalcato reticolare del tipo strallato a semi-ventaglio a 2 livelli combina 3 infrastrutture di trasporto: autostrada (6 corsie percorribili sino alla velocità massima di 100 km/h + 2 corsie di emergenza) al livello superiore, ferrovia interurbana a doppio binario (velocità di progettazione 200 km/h) e strada ordinaria a 2 corsie per senso di marcia (velocità massima 80 km/h)

Great Belt Fixed Link (1998)



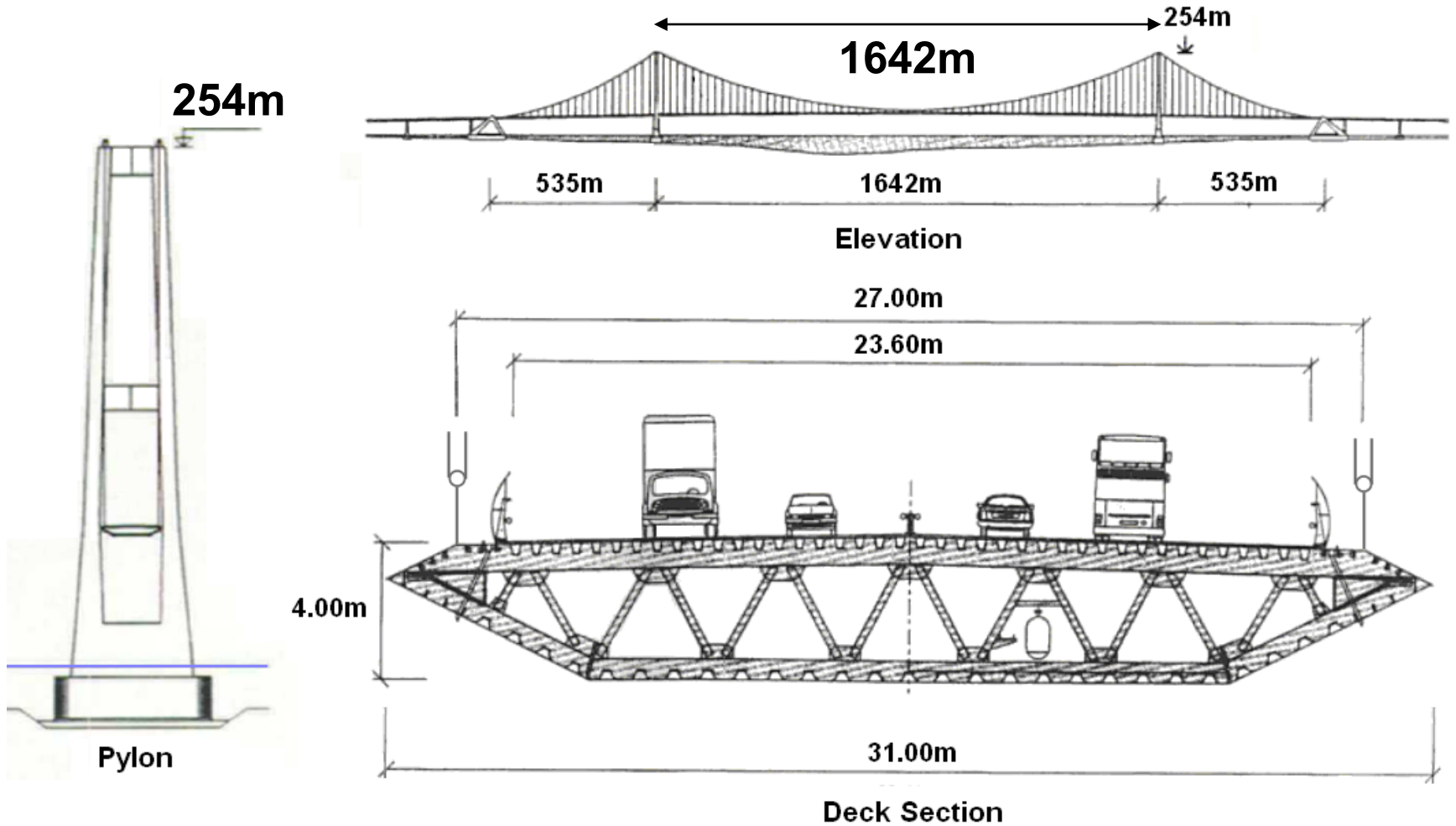
Great Belt Fixed Link (1998)



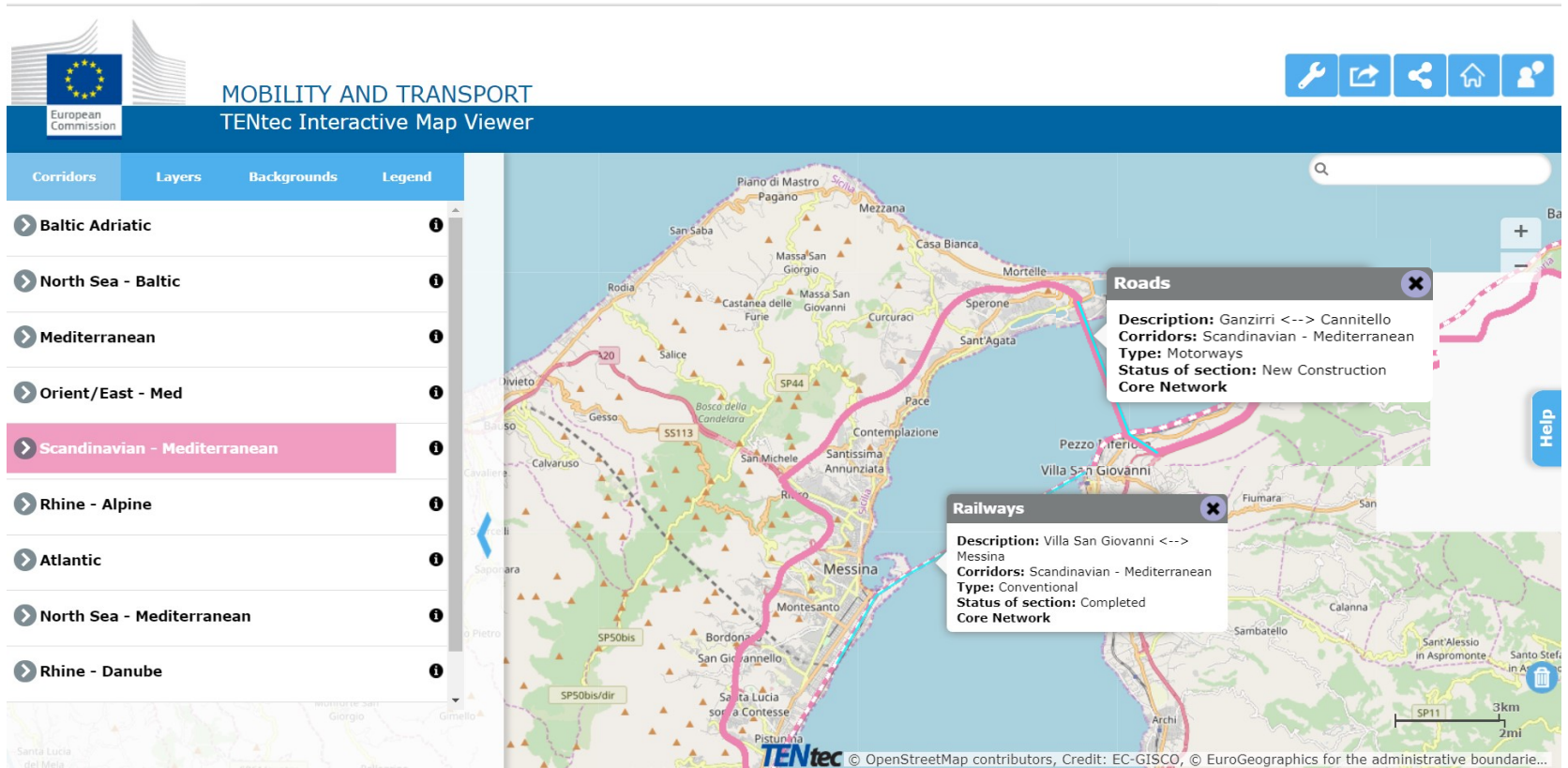
Indice di snellezza (altezza della sezione trasversale dell'impalcato / lunghezza campata) = **1/350**

<https://pdf4pro.com/cdn/great-belt-east-bridge-a-weight-university-of-bath-3fd822.pdf>

Great Belt East Bridge (1998)



Secondo quanto riportato sul sito «**Mobility and Transport**» il ponte a campata unica da 3300m, se venisse realizzato, sarebbe **solo stradale**



<https://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/map/maps.html?corridor=5>

Ponti stradali con la campata più lunga

I primi 10 ponti stradali per lunghezza di campata

	Ponti stradali	Nazione	Attivazione	Campata principale	Tipo di ponte
1	<u>Akashi Kaikyo Bridge</u>	Japan	1998	1.991 m	<u>Suspension bridge</u>
2	<u>Yangsigang Bridge</u>	China	2019	1.700 m	<u>Suspension bridge</u>
3	<u>Nansha Bridge (East)</u>	China	2019	1.688 m	<u>Suspension bridge</u>
4	<u>Xihoumen Bridge</u>	China	2009	1.650 m	<u>Suspension bridge</u>
5	<u>Great Belt East Bridge</u>	Denmark	1998	1.624 m	<u>Suspension bridge</u>
6	<u>Osman Gazi Bridge</u>	Turkey	2016	1.550 m	<u>Suspension bridge</u>
7	<u>Runyang Yangtze River North Bridge</u>	China	2005	1.490 m	<u>Suspension bridge</u>
8	<u>Hangrui Expressway Dongting Lake Bridge</u>	China	2018	1.480 m	<u>Suspension bridge</u>
9	<u>Humber Bridge</u>	United Kingdom	1981	1.410 m	<u>Suspension bridge</u>
10	<u>Yavuz Sultan Selim Bridge</u> (realizzato per essere misto, attualmente è solo stradale)	Turkey	2016	1.408 m	<u>Suspension bridge with cable-stays</u>



The Largest Database for Civil and Structural Engineers

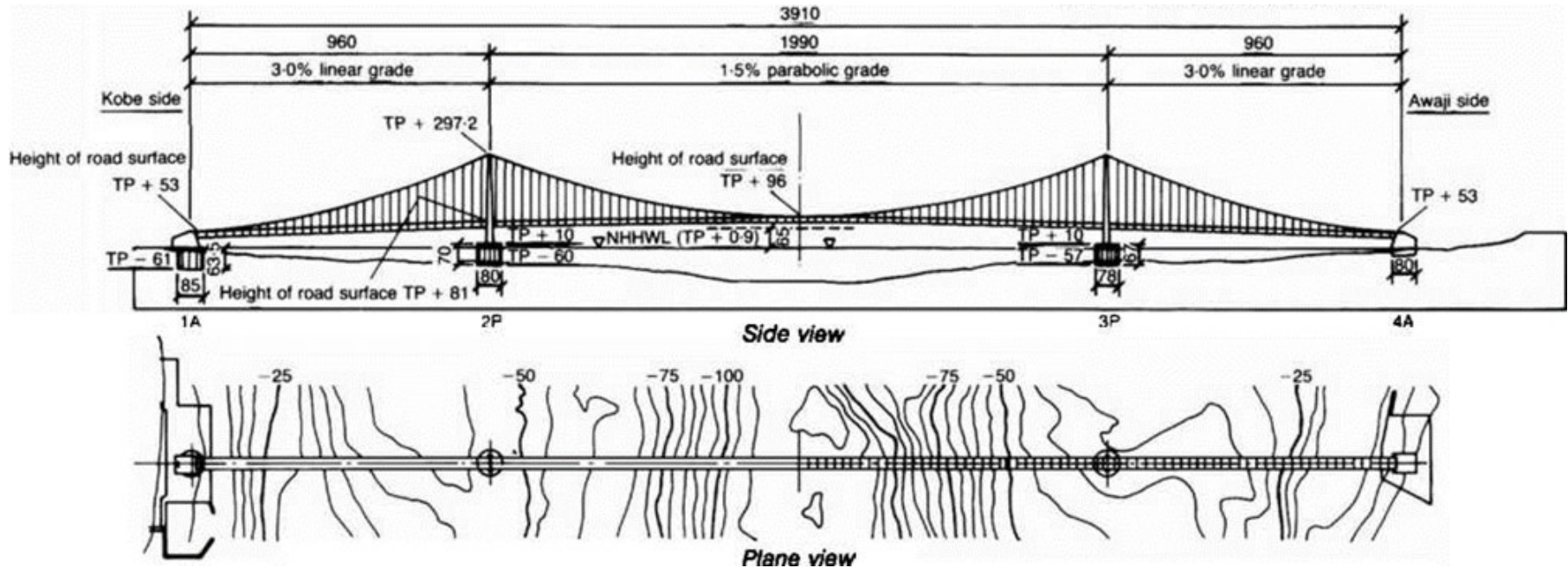
<https://structurae.net/en/structures/bridges/road-bridges>

Akashi Kaikyo Bridge (1998)

E' il ponte stradale più grande del mondo



Akashi Kaikyo Bridge (1998)



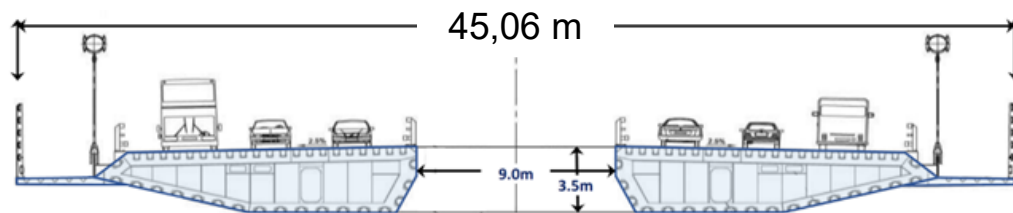
Originariamente, il ponte Akashi-Kaikyo è stato progettato sia per l'autostrada che per la ferrovia, con una campata principale di 1780 m. Tuttavia, il deterioramento finanziario delle ferrovie nazionali giapponesi negli anni '70 e '80 ha reso impossibile pianificare il ponte a duplice scopo (stradale e ferroviario) e il governo ha quindi deciso nel 1985 di riprogettare il ponte come solo stradale.

L'autorità del ponte Honshu-Shikoku ha quindi riprogettato il ponte come da direttive ricevute (lunghezza della campata principale 1990 m poi diventata 1991 m a seguito del terremoto del 1995).

Come si può leggere in figura le fondazioni del molo 2P sono a -60 m, mentre quelle 3P sono a -57 m.

<https://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/istbu.1994.26779>

1915 Çanakkale Bridge»



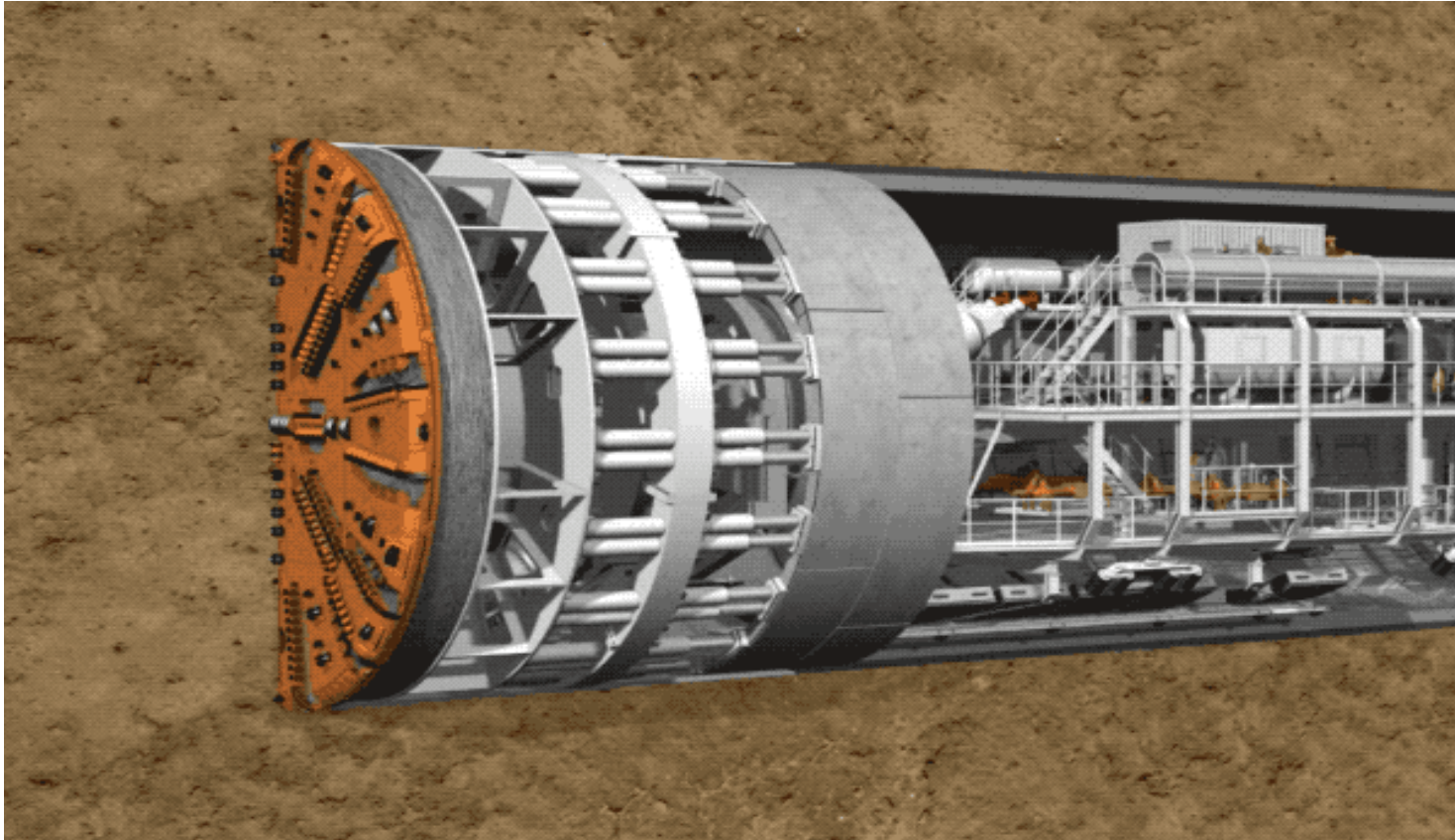
E' il ponte stradale più grande del mondo in costruzione
 (ultimazione prevista per marzo **2022**)





Tunnel sottomarini

Frese meccaniche a sezione circolare (Tunnel Boring Machine – TBM)



Le due fasi del tunneling: spingere in avanti e installare il rivestimento del tunnel



<https://www.avrasyatuneli.com/en/>



The Eurasia Undersea Tunnel Project

<https://www.youtube.com/watch?v=7v4KgSyqZLs&t=250s>

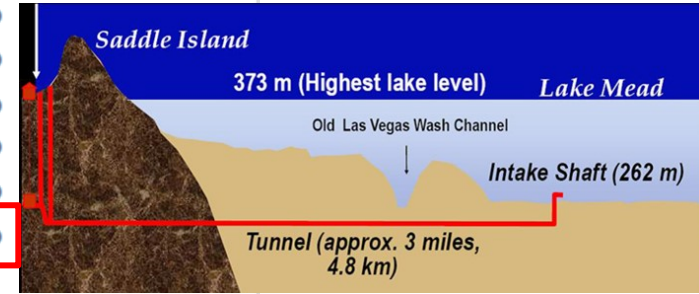
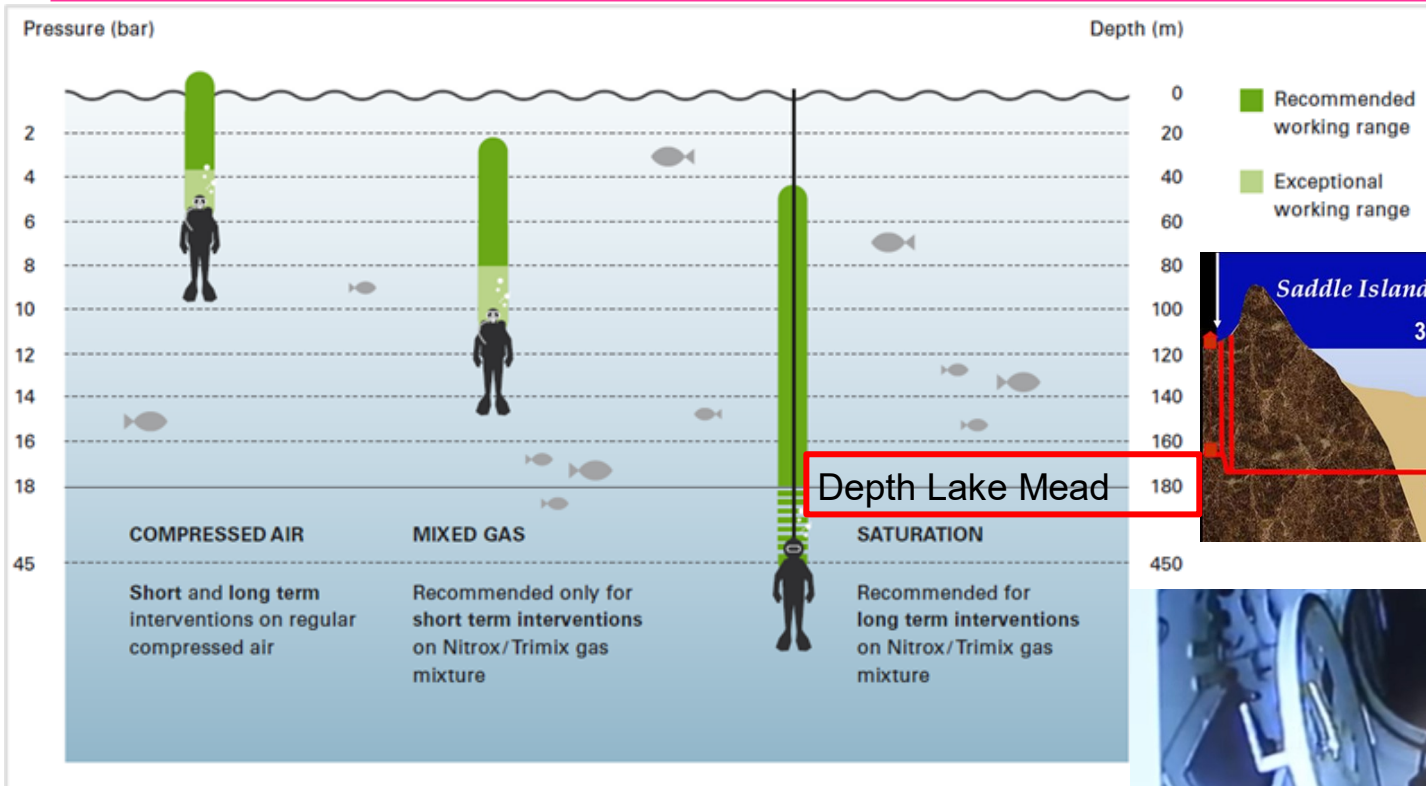
https://en.wikipedia.org/wiki/Eurasia_Tunnel

<https://youtu.be/XyrC9QvVHOs>

<https://www.avrasyatuneli.com/en/>

<http://www.italferr.it/content/italferr/it/progetti-e-studi/turchia--iran-e-centro-asia/turchia.html>

Tecniche e limiti di immersione per diverse profondità (Fonte: Herrenknecht)

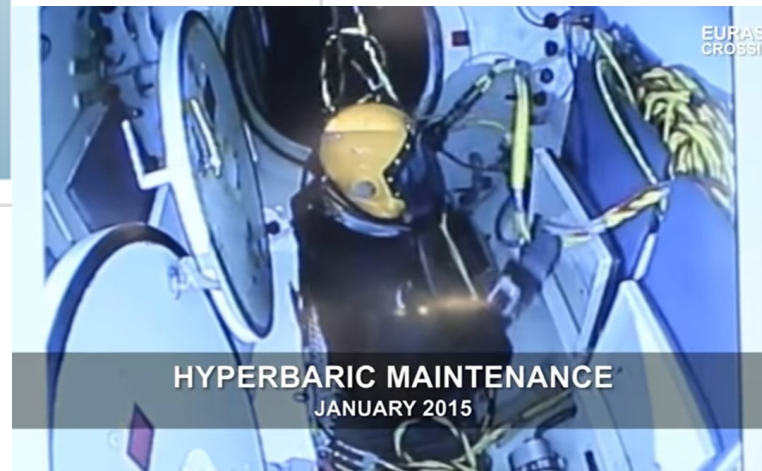


Depth Lake Mead

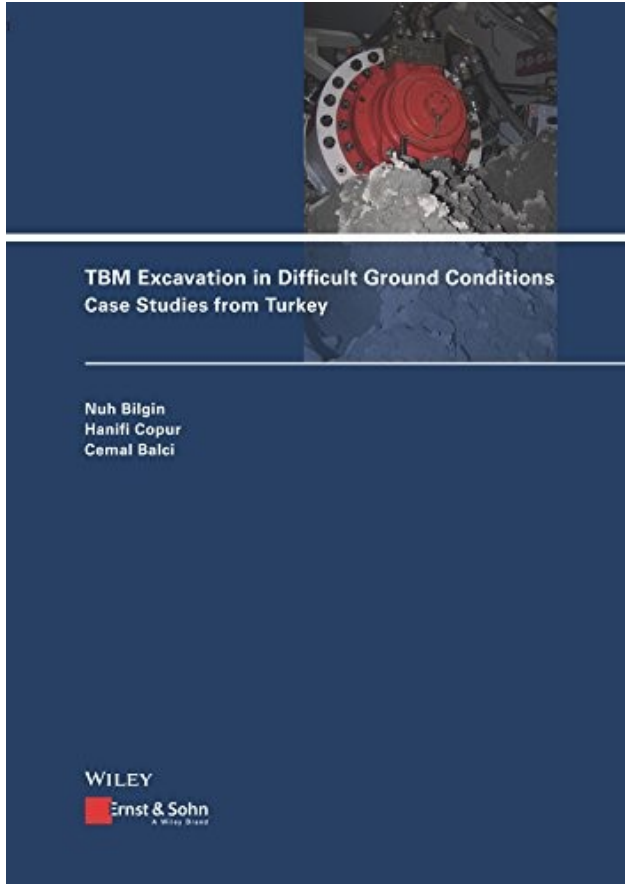
Designing TBMs for Subsea Tunnels

http://www.i-asm.org/publication_conf/asm17/7.TS/W3G.1.TS1401_4232F1.pdf

<https://www.youtube.com/watch?v=7v4KgSyqZLs&t=280s>



Turkey's New Undersea Tunnel Is Built to Resist Earthquakes



Nuh Bilgin, Hanifi Copur, Cemal Balci, TBM Excavation in Difficult Ground Conditions: Case Studies from Turkey, Ernst & Sohn, 2016

<https://www.nationalgeographic.com/history/article/131104-earthquake-proof-marmaray-tunnel-turkey-engineering>

Giunti sismici installati per superare faglie attive

LONG TUNNELS AT GREAT DEPTH

ITA Working Group n° 17
on Long tunnels at great depth

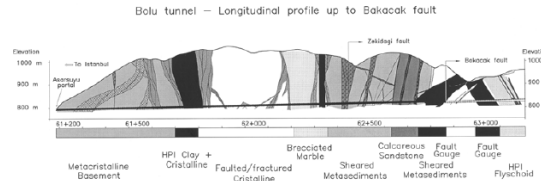
https://about.ita-aites.org/publications/wg-publications/download/1653_63f4cd80ae8564f1a6d189d3880678f0

N° ISBN : 978-2-9700624-3-1

ITA REPORT N°004 / APRIL 2010



ASSOCIATION INTERNATIONALE DES TUNNELS ET DE L'ESPACE SOUTERRAIN
IATA
 INTERNATIONAL TUNNELLING AND UNDERGROUND SPACE ASSOCIATION
AITES



Zekidagi and Bakacak Active Faults Along Tunnel Profile (Russo et al. 2002)

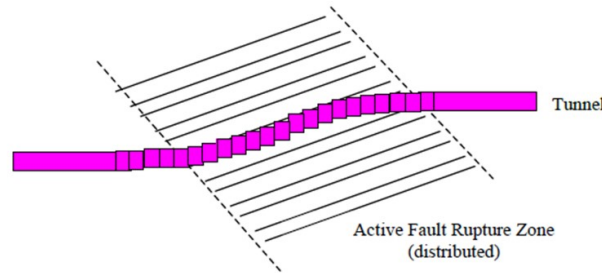


Figure 4: strategy for active fault crossing - Articulated Design.

Articulated Tunnel Design to Distribute Shear Deformation across Fault Rupture (Russo et al. 2002)



Eight 1,5m wide flexible joint rings are inserted into the primary segmental lining to help the accommodate the settlement and seismic activity

<https://about.ita-aites.org/wg-committees/itatech/publications/search?searchword=Working%20Group%2017>

<https://www.lombardi.ch/it-it/SiteAssets/Publications/1174/Pubb-0354-L-Design%20and%20construction%20of%20large%20tunnel%20through%20active%20faults%20-%20a%20recent%20application.pdf>

http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/WCEE2012_2976.pdf

<https://www.tunneltalk.com/Japan-Aug1994-Trans-Tokyo-Bay-Highway.php>

WORKING GROUP 17: LONG TUNNELS AT GREAT DEPTH



The group is working on the specific aspects related to "tunnels that are long and deep" and the elaboration of reports on "special construction aspects related to them"

<https://about.ita-aites.org/wg-committees/working-groups/214-ita-active-working-groups/working-group-17-long-tunnels-at-great-depth>

<https://about.ita-aites.org/wg-committees/itatech/publications/search?searchword=Working%20Group%2017>

Tunnel sottomarini

costruiti a partire dagli anni Ottanta del secolo scorso

Nome	Luogo	Descrizione	Lunghezza	Profondità max slm	Costruito negli anni
Flekkerøy Tunnel	Flekkerøy, Norvegia	Collega l'isola di Flekkerøy nel sud della Norvegia alla terraferma	2.3 km	-101 m	1986–1989
Seikan Tunnel	Seikan, Giappone	È il tunnel più lungo del mondo che ha un segmento sottomarino.	53.8 km	-240 m	1971–1988
Sydney Harbour Tunnel	Sydney, Australia		2.8 km	-25 m	1988–1992
Channel Tunnel	Inghilterra – Francia	Il tunnel ferroviario sottomarino più lungo del mondo (37,9 km di lunghezza subacquea)	50.4 km	-40 m	1988–1994
Hitra Tunnel	Trøndelag, Norvegia	Il più profondo del mondo al momento della costruzione	5.6 km	-264 m	1992–1994
Tokyo Bay Aqua-Line	Tokyo, Giappone	Il tunnel stradale sottomarino più lungo del mondo	9.6 km	-60 m	1988–1997
North Cape Tunnel	Magerøya, Norvegia	Sotto lo stretto di Magerysundet tra la terraferma norvegese e la grande isola di Magerya e il Capo Nord, Norvegia	6.8 km	-212 m	1993–1999
Bømlafjord Tunnel	Føyeno – Sveio, Norvegia	Il punto più profondo della rete internazionale E-road. Collega il comune di Stord alla terraferma norvegese.	7.8 km	-260.4 m	1997–2000
Eiksund Tunnel	Møre og Romsdal, Norvegia	Il secondo tunnel stradale sottomarino più profondo del mondo	7.7 km	-287 m	2003–2008

https://en.wikipedia.org/wiki/Undersea_tunnel

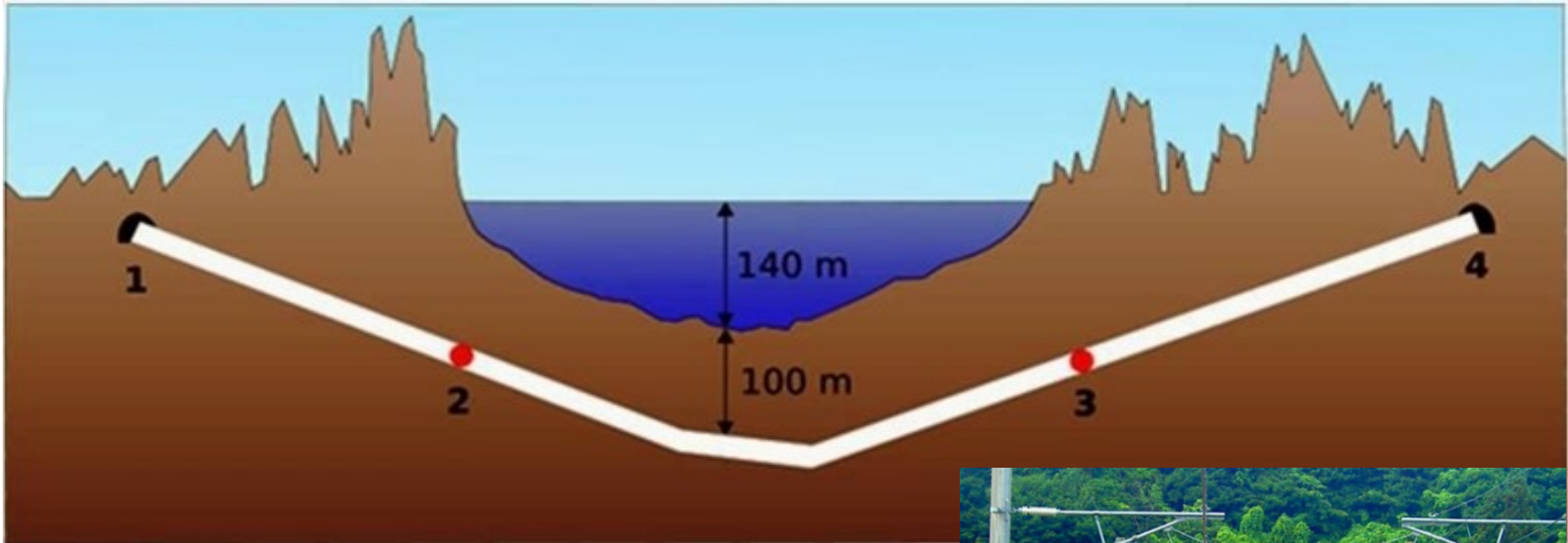
Tunnel sottomarini

costruiti a partire dagli anni Ottanta del secolo scorso

Nome	Luogo	Descrizione	Lunghezza	Profondità max slm	Costruito negli anni
Xiamen Xiang'an Tunnel	Xiamen, Cina		6.05 km	-70 m	2005–2010
Busan–Geoje Fixed Link	Busan – Geoje, Korea del Sud		3.7 km	-48 m	2008–2010
Qingdao Jiaozhou Bay Tunnel	Hangdao – Qingdao, Cina		7.808 km	-84.2 m	2006–2011
Marmaray	Istanbul (Bosphorus strait), Turchia	Tunnel ferroviario che collega Asia ed Europa a Istanbul	13.6 km	-60 m	2004–2013
Marina Coastal Expressway	Singapore	Il primo tunnel sottomarino di Singapore	5 km	-20 m	2008–2013
Port of Miami Tunnel	Miami, USA		2.1 km	-36,6 m	2010–2014
Eurasia Tunnel	Istanbul (Bosphorus strait), Turkey	Tunnel stradale che collega Asia ed Europa a Istanbul	5.4 km	-106 m	2011–2016
Hong Kong–Zhuhai–Macau Bridge	Hong Kong – Macau, Cina	Attraversamento marittimo di 55 km tra Hong Kong, Macao e Zhuhai, Cina	6.7 km (tunnel section)	-44 m	2009–2018
Ryfylke Tunnel	Stavanger – Ryfylke, Norway	Tunnel sottomarino più lungo e profondo per le auto, da Stavanger a Ryfylke	14.3 km	-293 m	2013–2020
Eysturoyartunnilin	Faroe Islands	Tunnel stradale sottomarino che collega l'isola di Streymoy all'isola di Eysturoy	11,3 km	-189 m	2016-2020

https://en.wikipedia.org/wiki/Undersea_tunnel

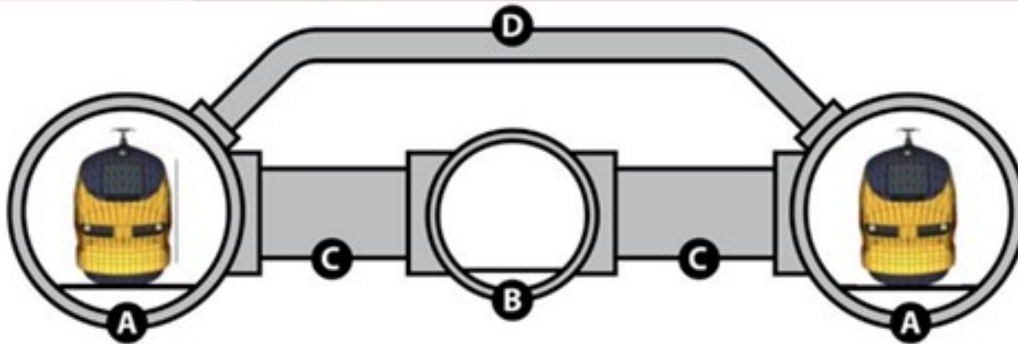
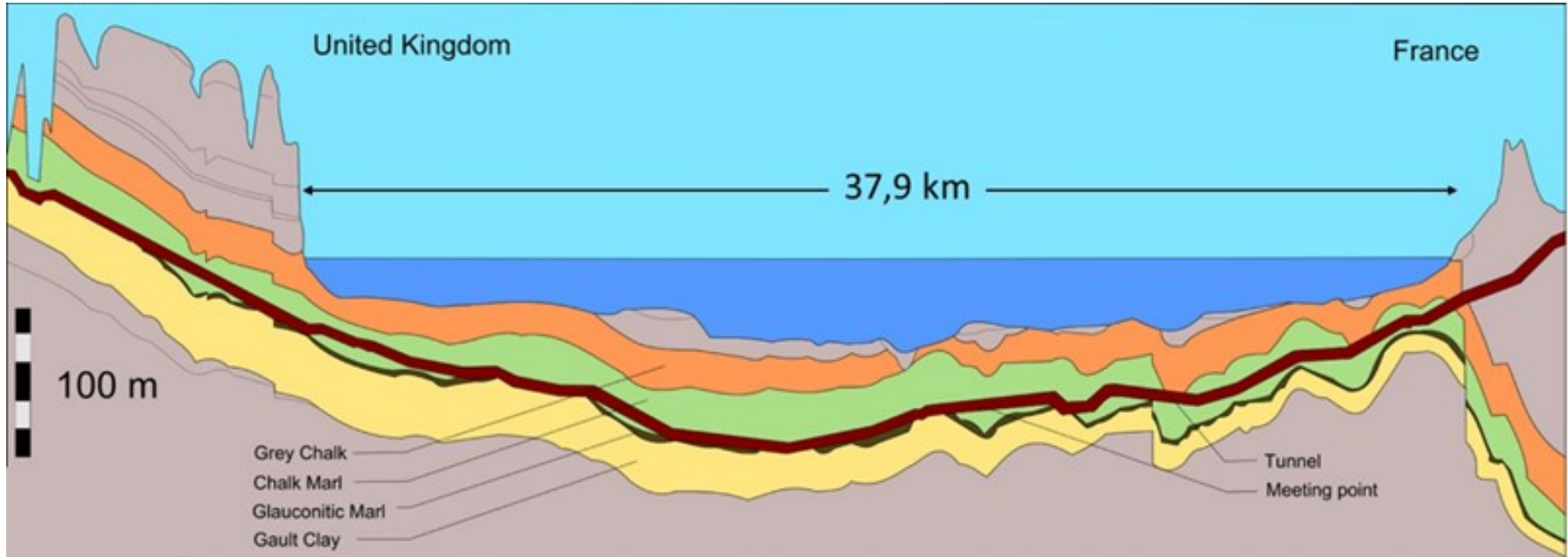
Tunnel Seikan (1988)



Lungo complessivamente 53,85 km, di cui 23,3km di tracciato sottomarino. Inaugurato nel 1988, è il tunnel sottomarino più lungo al mondo. Situato a 100 m sotto il fondo marino e a 240 m sotto il livello del mare è anche il secondo tunnel più profondo al mondo.



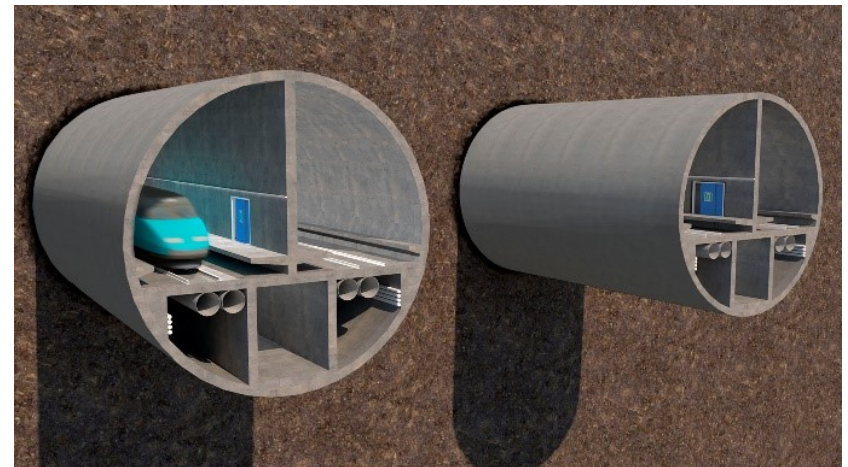
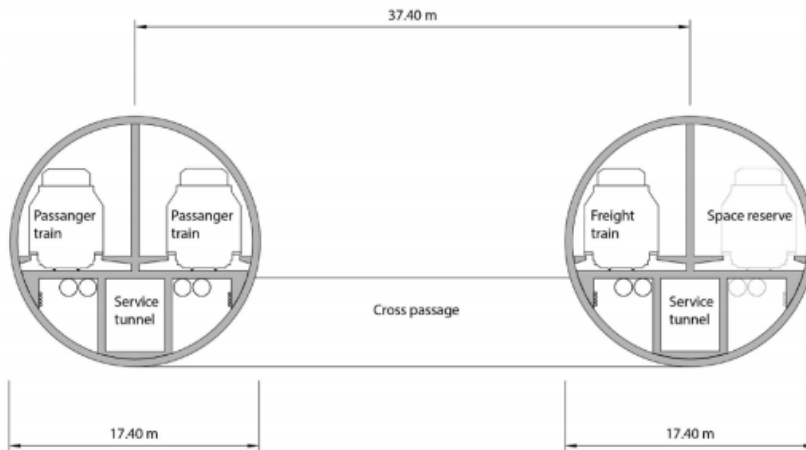
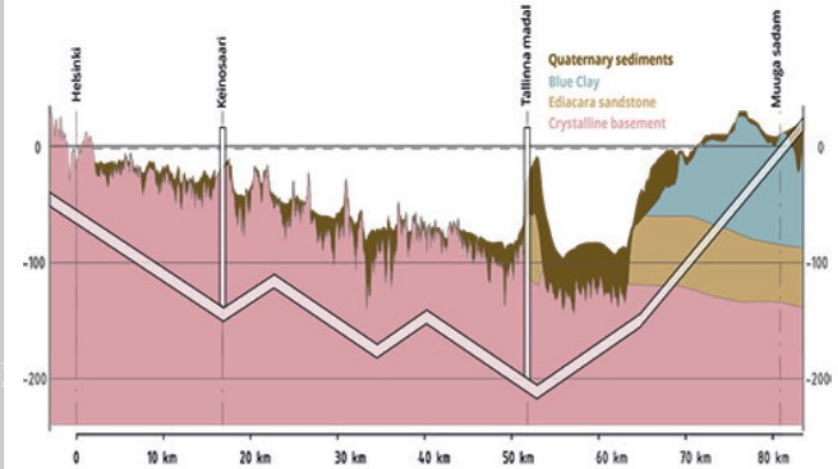
Channel Tunnel (1994)



Sezione trasversale del tunnel subalveo della Manica (50 km), inaugurato nel 1994. Le due gallerie ferroviarie sono collegate ad un tunnel centrale di servizio e tra di loro tramite condotti di sicurezza e di circolazione dell'aria.

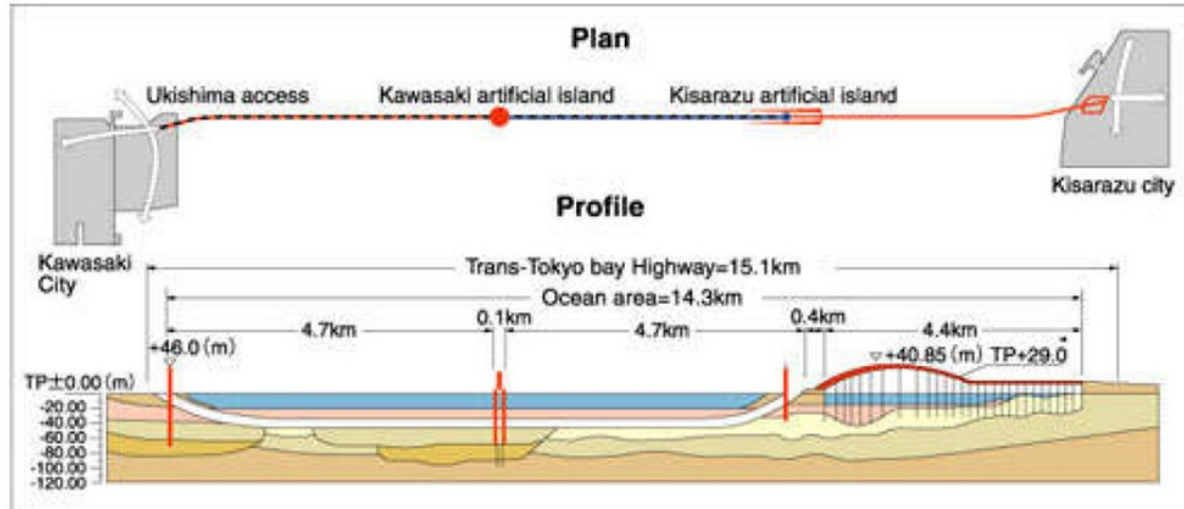
Tunnel sottomarino ferroviario Helsinki-Tallinn (2030)

lunghezza tratto sottomarino circa 50 km



<http://www.finestlink.fi/wp-content/uploads/2018/02/FinEst-link-REPORT-FINAL-7.2.2018.pdf>

Tokyo Bay Aqua-Line (1997)



Eight 1,5m wide flexible joint rings are inserted into the primary segmental lining to help the accommodate the settlement and seismic activity

Eurasia Tunnel

Alignment from Asia to Europe

◀ Europe

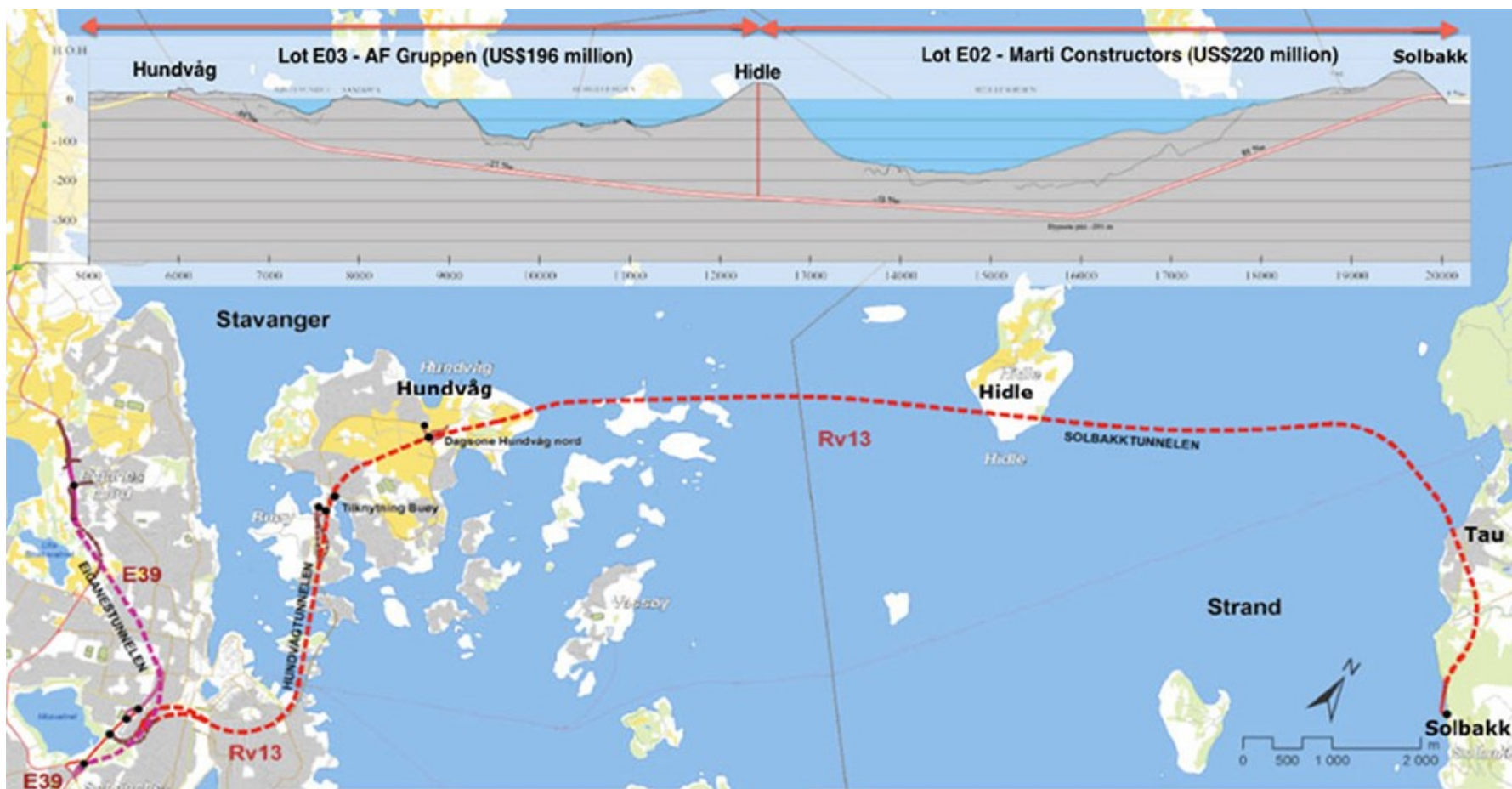
▶ Asia



Sezione longitudinale e mappa

Ryfylke Tunnel (2019)

Lungo 14,4 km, profondo 292 m



[https://vegkart-2019.atlas.vegvesen.no/#kartlag:geodata/hva:\(~\(farge:'0_0,id:67'\)\)/@-24646,6580375,10/vegobjekt:1004742282:40a744:67](https://vegkart-2019.atlas.vegvesen.no/#kartlag:geodata/hva:(~(farge:'0_0,id:67'))/@-24646,6580375,10/vegobjekt:1004742282:40a744:67)

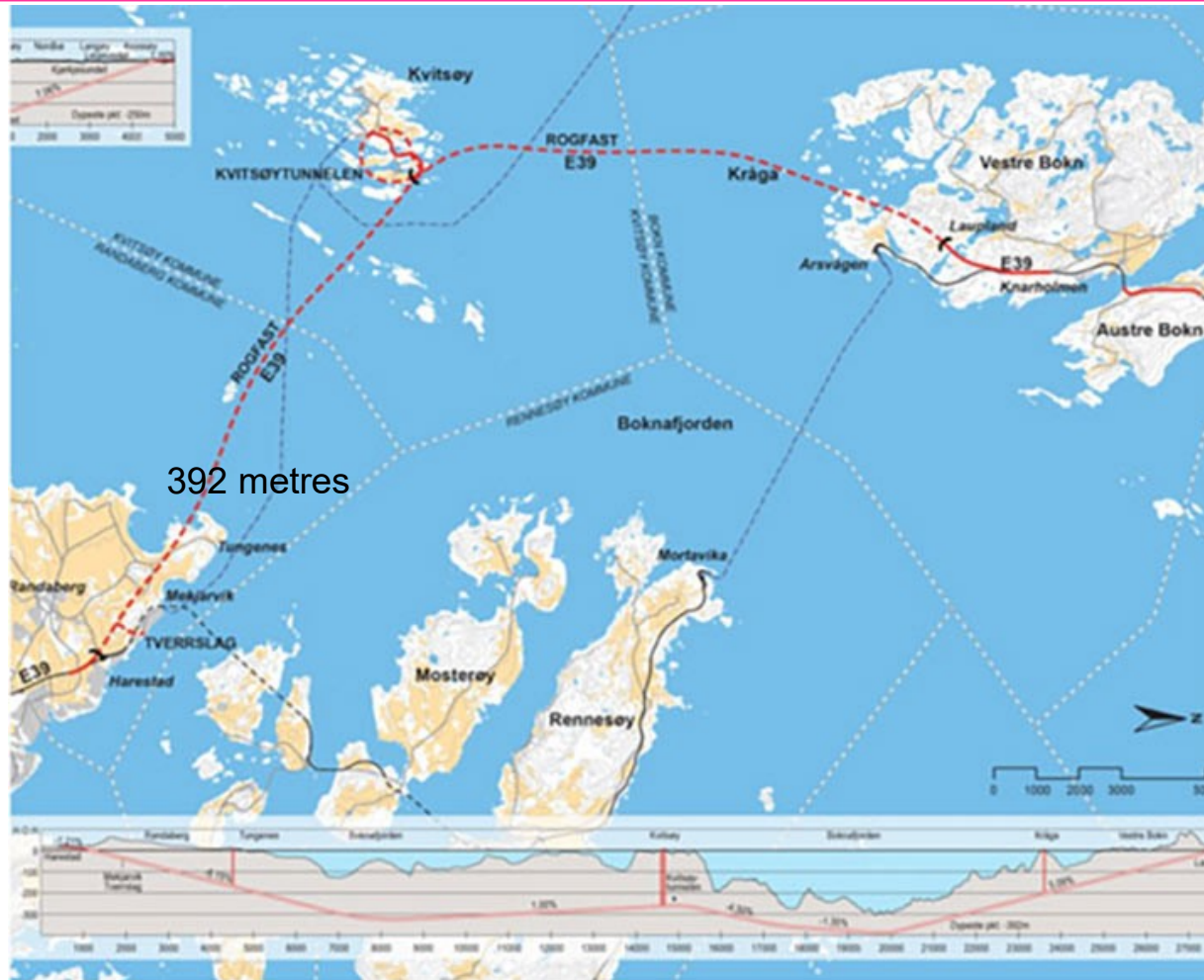
Ryfylke Tunnel (2019)

Lungo 14,4 km, profondo 292 m



Rogfast highway project (2026)

Lungo 26,7 km, profondo 392 metri

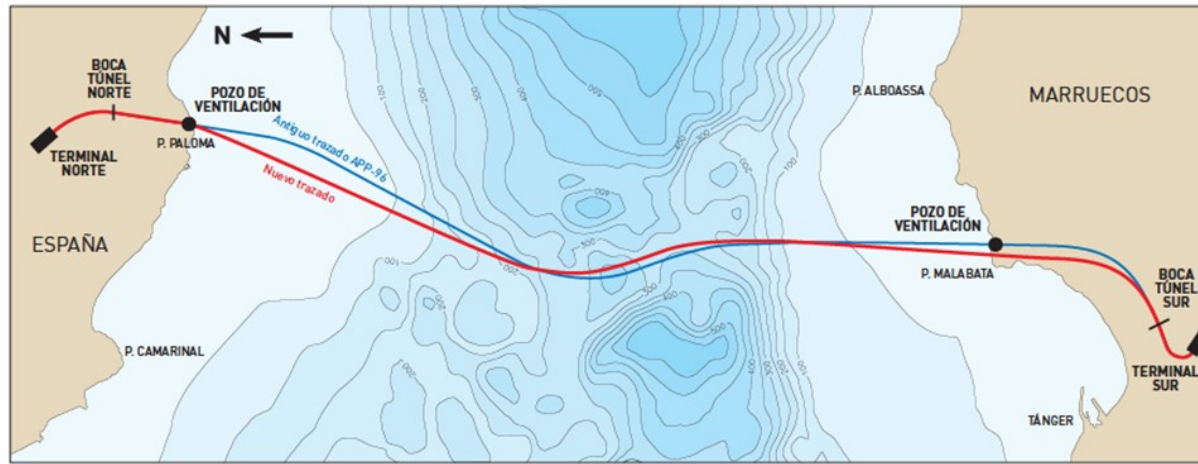


<https://www.tunneltalk.com/Norway-Nov17-Ryfylke-Ryfast-road-tunnel.php>

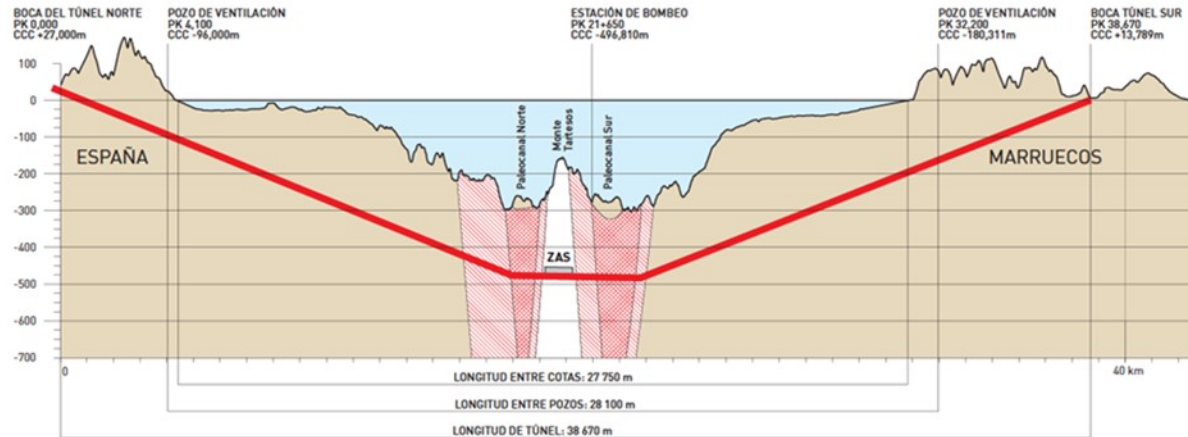
Tunnel sottomarino ferroviario di Gibilterra

Inizio lavori previsto 2035

Tunnel progettato tra Spagna e Marocco (38,7 km, di cui tratto sottomarino 27,7 km)

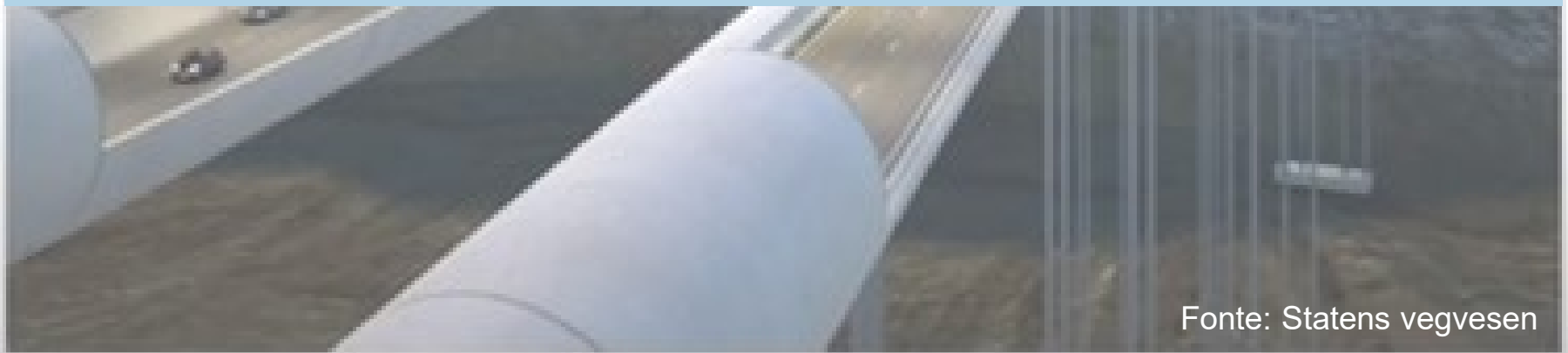


<https://www.youtube.com/watch?v=UkPXK07LLIY>



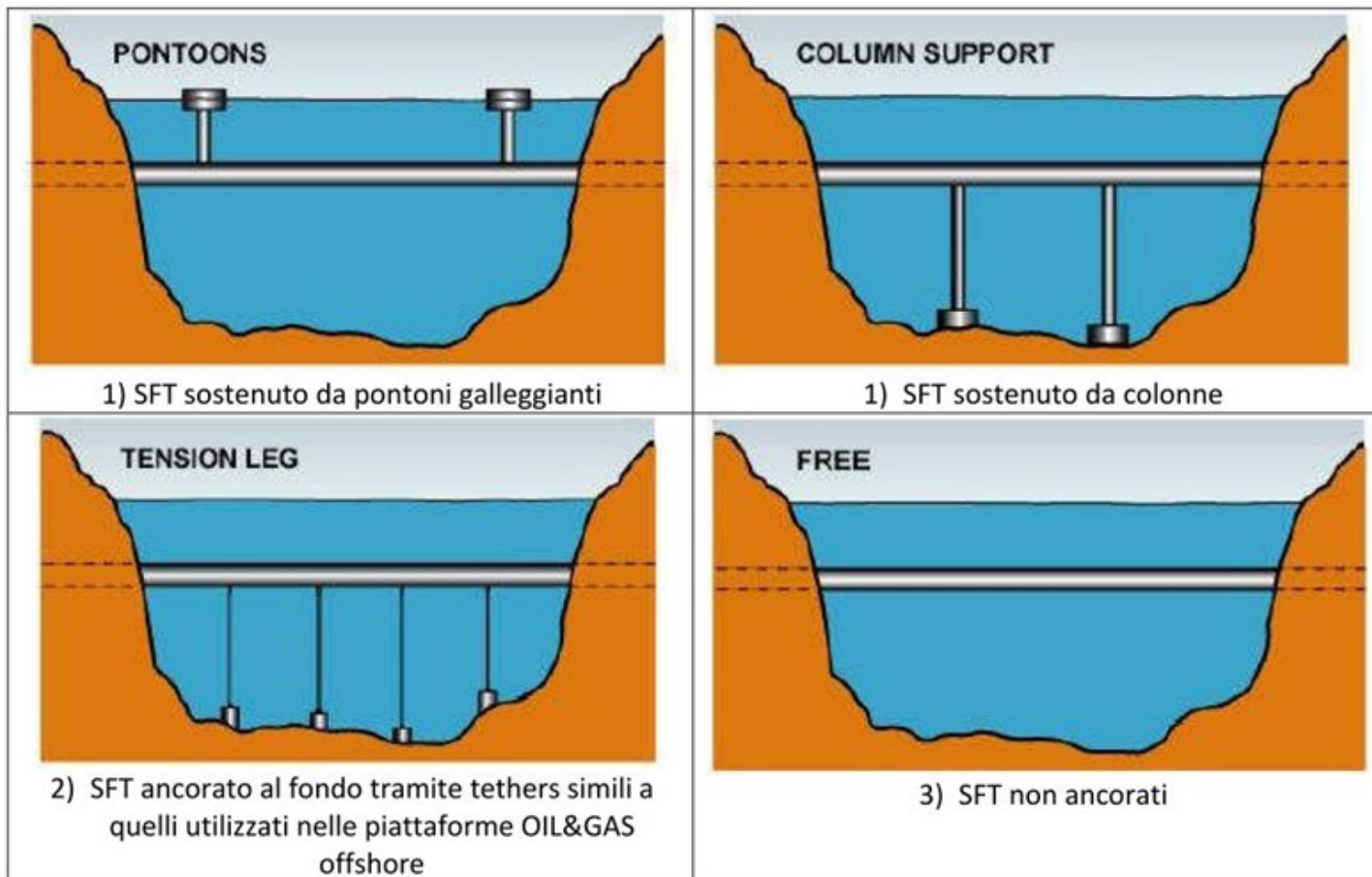


Tunnel in alveo (SFTB o di Archimede)



Fonte: Statens vegvesen

Tunnel a mezz'acqua (tunnel sommersi flottanti)



Submerged Floating Tunnel (SFT)



KAIST - SFT – Ipotesi di realizzazione di SFT nel mondo

https://www.vegvesen.no/_attachment/2487060/binary/1294864?fast_title=Research+center+for+smart+submerged+floating+tunnel+system.pdf

<https://www.ntnu.edu/kt/research/dynamics/research/long-span/submerged-floating-tube>

Commissione Studi - Gruppo Energia ed Ecologia
Comitato ITL - Infrastrutture, Trasporti e Logistica

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

“INFRASTRUTTURE STRATEGICHE PER L'ITALIA”

L'attraversamento stabile dello Stretto di Messina

Un nuovo Quaderno ALDAI

In collaborazione con:



Con il patrocinio di:



LE GRANDI INFRASTRUTTURE NEL MONDO

Giovanni Saccà