

Giovanni Saccà



IL PROGETTO DI ATTRAVERSAMENTO STABILE DELLO STRETTO DI MESSINA

La decisione di dare avvio alla costruzione del Ponte sullo Stretto di Messina non segue i principi generali delle metodologie di project management circa l'analisi delle alternative e dei rischi di progetto richiesti da un'opera avente caratteristiche originali e uniche al mondo. Dopo una cronistoria del progetto dagli anni '60 ad oggi, l'autore compie un disanima sulle valutazioni che portarono alla "decisione del Ponte" e dimostra l'alternativa di un diverso "collegamento stabile" dello Stretto, attraverso una soluzione subalvea per i tracciati stradale e ferroviario, che appare oggi molto più promettente e sostenibile, anche in termini economici.

Qualsiasi importante opera pubblica, così come prescritto dalle leggi vigenti (vedasi D.Lgs. 31 marzo 2023, n. 36, Codice dei contratti pubblici [1], che all'art. 37, comma 2, stabilisce l'obbligatorietà della predisposizione del Documento di Fattibilità delle Alternative Progettuali (DOCFAP) per tutti i lavori di importo pari o superiore a 5.538.000 €, dovrebbe essere studiata e valutata attentamente analizzando e valutando le attuali possibili alternative progettuali per stabilirne di ciascuna non solo la fattibilità, i tempi e i costi, ma anche la convenienza e la sostenibilità nel tempo. Il rispetto di tale principio dovrebbe essere obbligatorio non solo perché stabilito dal Codice dei contratti pubblici e dalle correlate Direttive Europee, ma anche perché dettato dal comune buon senso.

Per mettere nella giusta prospettiva di gestione progetti la "questione del Ponte" richiameremo dapprima i fatti salienti che hanno caratterizzato la storia dalla fine degli anni '60 in poi, evidenziando che nel caso del cosiddetto "attraversamento stabile" dello Stretto di Messina, come si definisce storicamente l'opera, le valutazioni di tal tipo si sono ripetute varie volte nel tempo, con criteri e normative diverse, ma appaiono non essere state seguite negli ultimi tempi, dando per scontati i risultati di passate analisi, che oggettivamente dovrebbero essere messe sotto esame alla luce dei progressi più recenti e di soluzioni di analoghe opere, già realizzate con successo, in costruzione o pianificate in altri parti del mondo.

Le tappe del Ponte

Concorso internazionale di idee 1968-1970

Sulla base di quanto stabilito dalla Legge n. 384 del 28 marzo 1968 "Finanziamento per provvedere alle spese

occorrenti per lo studio dei problemi relativi alla realizzazione del collegamento viario e ferroviario sullo Stretto di Messina" [2], il 28 maggio 1969 venne bandito il "Concorso internazionale di idee per il collegamento stabile viario e ferroviario tra la Sicilia e il continente", che prevedeva il requisito del transito di due binari ferroviari e sei corsie autostradali (tre per direzione) applicando le normative vigenti dell'epoca. La Commissione giudicatrice [3] proclamò i progetti vincitori nel dicembre 1970. Furono assegnati 12 premi, 6 primi premi ex aequo di 15 milioni di lire e 6 secondi premi ex aequo di 3 milioni di lire (Tabella 1).

Come naturale prosecuzione dell'iter avviato con il Concorso internazionale, il 17 dicembre 1971 fu approvata la Legge n. 1158/1971 "Collegamento stabile viario e ferroviario tra la Sicilia e il continente" [4], che dichiarò l'opera di prevalente interesse nazionale, e successivamente, in sede di Parlamento Europeo, l'opera fu considerata di primario interesse per il riequilibrio degli scompensi regionali nell'ambito della CEE. L'articolo 1 della Legge stabiliva in particolare che

dovevano essere affidati lo studio, la progettazione e la costruzione, nonché l'esercizio del solo collegamento viario, a una S.p.A., partecipata direttamente o indirettamente dall'Istituto per la Ricostruzione Industriale (IRI) con almeno il 51% cento delle azioni. Il restante 49% del capitale sociale doveva essere sottoscritto dall'Azienda autonoma delle Ferrovie dello Stato, dall'ANAS, dalle Regioni Sicilia e Calabria e da amministrazioni ed enti pubblici.

Alternative giudicate fattibili dalla Società Gruppo Ponte Messina S.p.A. (1978)

In attesa dell'individuazione della S.p.A. concessionaria, la Società Gruppo Ponte Messina S.p.A. (GPM), che aveva ricevuto ex aequo il primo premio nel 1970 per aver presentato un progetto di ponte sospeso a 3 campate, organizzò un convegno a Roma (4-6 luglio 1978) presso la sede dell'Accademia Nazionale dei Lincei su "L'attraversamento dello Stretto di Messina e la sua fattibilità" [42, pag. 35 e seguenti].

Negli atti del Convegno sono riportati

Tipologia progetti premiati nel 1970	N. progetti	Vincitori ex aequo del primo premio	Dimensioni campate (m)	Vincitori ex aequo del secondo premio	Dimensioni campate (m)
Ponte sospeso ad 1 campata	2	Gruppo Musmeci	3000	Studio Nervi	3000
Ponte strallato a 3 campate	1	Gruppo Lambertini	540+1300+540		
Ponte sospeso a 3 campate	3	Gruppo Ponte Messina S.p.A.	770+1600+770	Colle vias treme 384 Zancle 80	650+1300+650 750+1500+750
Ponte sospeso a 4 campate	2	Montuori con Callini e Pavlo	465+1360+1360+465	Gruppo Samonà	700+1830+1830+700
Ponte sospeso a 5 campate	1	Technital S.p.A.	500+1000+1000+500		
Tunnel a mezz'acqua (in alveo)	1	Alan Grant			
Tunnel incassato sul fondo su diga sottomarina	1			Parson Brinckerhoff, Quadre and Douglas	
Tunnel sottomarino	1			Costruzioni Umberto Girola S.p.A.	

Tabella 1 - Elenco dei progetti premiati nel 1970.

Opera di attraversamento	Costo	Tempo
Gallerie	166	190
Ponte a due campate su pila	132	157
Ponte a due campate su isola	119	150
Ponte a campata unica	100	100

Tabella 2 - Tabella di raffronti per indici.

te le conclusioni degli studi di raffronto economico e finanziario tra le soluzioni studiate, allora giudicate fattibili dalla Società GPM (Tabella 2).

Nella tabella, l'indice 100 era attribuito alla soluzione di minor costo e tempo di esecuzione ovvero a un ponte a campata unica di 3.300 metri a due impalcati: quello inferiore a duplice binario ferroviario, e quello superiore a sei corsie per il traffico stradale (tre per direzione). Si aggiungeva che «La stima dei costi dell'attraversamento del ponte a campata unica comprensiva degli accessi stradali e ferroviari ed eseguibile in cinque/sei anni è stata verificata imprenditorialmente nel 1976 dal GPM e quantificata in 900 miliardi di lire».

Nel 1978 il ponte stradale con la campata più grande del mondo (1.298 m) era il Verrazzano (USA, 1964) [5] e quello ferroviario con la campata più grande del mondo (549 m) era il Quebec Bridge (Canada, 1917) [6].

Alternative giudicate fattibili dalla Società Stretto di Messina S.p.A. (1988)

L'11 giugno 1981 fu costituita la Società concessionaria Stretto di Messina S.p.A. (SdM) a maggioranza IRI-Italtat (51%) e con la partecipazione paritaria dell'Ente Ferrovie dello Stato, dell'ANAS, della Regione Sicilia e della Regione Calabria (in percentuale del 12,25% ciascuna).

Nel 1985, attraverso un decreto interministeriale, furono assentite in concessione alla SdM le attività di progettazione, realizzazione e gestione dell'opera per il collegamento stabile tra la Sicilia e il Continente. Conseguentemente la SdM stipulò con ANAS e Ferrovie dello Stato una convenzione per regolare la predisposizione dello studio di fattibilità e del progetto di massima dell'infrastruttura.

La società SdM, relativamente alla soluzione aerea, acquistò dal Gruppo Ponte di Messina gli studi relativi a ponti a una e due campate e ne valutò la localizzazione (Figura 1).

Dopo aver scartato le soluzioni indicate in nero in figura, la scelta finale avvenne tra le due soluzioni evidenziate in rosso, una con campata da 3.300 metri senza piloni in mare e una a due campate da 1.800 metri con un pilone in mare, con fondazioni da realizzare a 151 metri di profondità in un'area ripida tra i 145 e i 157 metri. La collocazione inopportuna del pilone in mare portò a scartare questa soluzione per evidenti difficoltà realizzative.

L'11 giugno 1988 il Ministro dei Trasporti Giorgio Santuz trasmise alla Presidenza della Camera la "Relazione sui finanziamenti erogati per lo studio del progetto dell'attraversamento stabile dello Stretto di Messina" [7]. Gli studi proposti erano relativi alle tre soluzioni tipologiche originali elaborate dalla Concessionaria Stretto di Messina S.p.A.:

- ponti aerei,
- gallerie alvee,
- gallerie subalvee.

Tutte le soluzioni studiate dalla SdM risultavano fattibili, però con costi, difficoltà e tempi diversi.

La scelta ricadde a favore della tipologia aerea, con particolare riguardo a un ponte sospeso a campata unica, allora «*escludendo la soluzione subalvea - ovvero gallerie sotto il fondo marino - per motivi sismici, di circolabilità stradale e ferroviaria, per l'abnorme lunghezza degli accessi, per l'elevato costo e tempi di esecuzione*»; tanto almeno, si dovrebbe oggi osservare, per lo stato delle conoscenze e dell'esperienza all'epoca disponibili. Non si ritenne definitivamente valida la soluzione *con gallerie in alveo*, cioè con strutture di attraversamento ancorate

sui fondali dello Stretto, non avente peraltro al mondo esempi analoghi. In particolare, nella citata relazione si evidenziavano costi tecnici presumibile pari a:

- 13,200 miliardi di lire per la soluzione con gallerie sotto alveo del mare;
- 7,100 miliardi di lire per il ponte a campata unica (unico impalcato, con i binari di ferrovia al centro e le corsie stradali esterne per ciascun verso di marcia ai lati).

Inoltre, in quella soluzione di galleria sottomarina si prevedeva un attraversamento subalveo a meno 258 metri sulla direttrice Punta Pezzo e Ganzirri, una profondità, cioè, fattibile e confrontabile con altre realizzazioni oggi esistenti.

La scelta di progettare il ponte a campata unica per l'attraversamento stabile dello Stretto di Messina ha prodotto quindi nel tempo un Progetto di Fattibilità nel 1986, un Preliminare nel 1990, un Definitivo nel 1992, un Preliminare nel 2002, un Definitivo nel 2011, quest'ultimo oggetto di aggiornamento nel 2023-2024.

In particolare, il Progetto Preliminare 2002 è stato messo in gara e aggiudicato nel 2005 al Consorzio Eurolink (capogruppo mandataria Impregilo S.p.A.), con contratto sottoscritto - si rilevi - il 27 marzo 2006, del valore di 3,9 miliardi di euro, che prevedeva 10 mesi per la progettazione definitiva ed esecutiva e 5 anni per la realizzazione dell'opera [8]. Ovvero, 180 giorni per la predisposizione del Progetto Definitivo, un massimo di 540 giorni per la sua approvazione da parte del CIPE, 120 giorni per il Progetto Esecutivo e 5 anni per la realizzazione dell'opera [9]. Il 1° aprile 2010 il General Contractor Eurolink avviò la progettazione definitiva delle opere a terra [8]. Il 20 dicembre 2010 Eurolink inviò alla Società Stretto di Messina il progetto definitivo del ponte vero e proprio e dei 40 chilometri di raccordi a terra stradali e ferroviari. Il 23 maggio 2011 il Comitato Scientifico di Stretto di Messina S.p.A. ha espresso con la Decisione 1/2011 il suo parere sul Progetto dell'Opera ritenendo raccomandabile, in fase di progettazione esecutiva, l'adempimento di tutte le raccomandazioni così come esplicitate nella Check List e riportate negli Annessi, nei documenti di controllo indipendente e nei documenti di Va-

liquidazione, segnalando in particolare 13 raccomandazioni [51]. Il 29 luglio 2011 il CdA della Società Stretto di Messina completava l'iter di approvazione del Progetto Definitivo, che però doveva essere approvato anche dal CIPE [8].

Quando stavano per scadere i 540 giorni previsti dal contratto sottoscritto il 27 marzo 2006 per l'approvazione del Progetto Definitivo da parte del CIPE, il Governo Monti - siamo ormai ai nostri giorni - ha prorogato e modificato i termini contrattuali (articolo 34-decies del D.L. n. 179 del 18 ottobre 2012, poi Legge n. 221/2012 [52]) disciplinando la procedura da seguire per l'approvazione del progetto anche da parte del CIPE in modo da consentire alla SdM di reperire sul mercato il 60% del valore dell'opera, così come stabilito nel 2003 dallo schema di finanziamento dell'infrastruttura (cioè, in project financing), o per annullarlo definitivamente. A causa del mancato rispetto della Legge n. 221/2012, ovvero della mancata sottoscrizione dell'atto aggiuntivo al contratto vigente tra la società Stretto di Messina S.p.A. e il contraente generale, la Società Stretto di Messina (SdM) è stata messa in liquidazione e sono stati caducati tutti gli atti sottoscritti dalla SdM a partire dal 1° marzo 2013 (D.P.C.M. 15 aprile 2013 [10]). Ne è seguito un contenzioso legale, spesso riportato anche nella stampa quotidiana, a tutt'oggi ancora aperto tra tutte le parti in causa.

Verifica delle possibili opzioni di attraversamento sia stabili che non stabili (2017-2022)

A seguito di sollecitazioni di varie parti politiche a partire dal DEF (Documento di Economia e Finanza) 2017 (Allegato Infrastrutture, appendice 2), tra gli Interventi prioritari ferroviari, nell'ambito della Direttrice Napoli-Palermo, è stato inserito l'intervento: "Attraversamento dello Stretto", classificato "Progetto di fattibilità" con la nota «Progetto di fattibilità finalizzato a verificare le possibili opzioni di attraversamento sia stabili che non stabili». Tale indicazione è stata ripetuta in tutti i DEF, Allegato Infrastrutture degli anni successivi sino al 2022.

Il 27 agosto 2020 Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, attraverso la Struttura Tecnica di Missione, ha istituito un Gruppo di Lavoro

al fine di fornire gli elementi per la "Valutazione di soluzioni alternative per il sistema di attraversamento stabile dello Stretto di Messina". Nella Relazione conclusiva del 30 aprile 2021, il GdL del (nuovo denominato Ministero) MIMS ha suggerito «di sviluppare la prima fase del progetto di fattibilità limitando il confronto ai due sistemi di attraversamento con ponte a campata unica e ponte a più campate, anche ipotizzando diverse soluzioni progettuali per i collegamenti a terra e, nel caso del ponte a più campate, per la localizzazione e la struttura» [11].

Disposizioni urgenti per la realizzazione del collegamento stabile tra Sicilia e Calabria (2022-2023)

A seguito delle elezioni politiche nazionali del settembre 2022, con il cambio di governo è stata approvata la Legge 29 dicembre 2022, n. 197, che ai commi 487-496 prevede [12] la sospensione dei giudizi civili pendenti tra il Contraente Generale e gli altri soggetti affidatari dei servizi connessi alla realizzazione del collegamento stabile viario e ferroviario tra Sicilia e continente e opere connesse. In attuazione di tale Legge, in data 31 marzo 2023 è stato emesso il D.L. n. 35, poi trasformato in Legge n. 58 del 26 maggio 2023, recante disposizioni urgenti per la realizzazione del collegamento stabile tra la Sicilia

e la Calabria [13], che pertanto ha riavviato l'iter di approvazione del Progetto Definitivo del 2011, senza dover predisporre i Progetti di Fattibilità previsti dai precedenti Governi, ovvero il Documento di Fattibilità delle Alternative Progettuali (DOCFAP) peraltro previsto dal rinnovato D.Lgs. 31 marzo 2023, n. 36, Codice dei contratti pubblici.

Nonostante l'urgenza del Governo di voler realizzare il collegamento stabile tra la Sicilia e la Calabria tramite il ponte stradale e ferroviario a campata unica da 3.300 metri, la sospensione dei giudizi civili pendenti non è ancora avvenuta, precludendo la possibilità di sottoscrivere un atto aggiuntivo in grado di riattivare il contratto originale del 2006 e s.m.i. Inoltre, il Comitato Scientifico della SdM (CS) con il "Parere sulla relazione del progettista (D.L. n. 35/2023)" del 29 gennaio 2024 ha approvato all'unanimità la Relazione del Progettista nella sua versione finale, fatte salve le considerazioni, osservazioni e raccomandazioni (n. 68) riportate nelle Sezioni 1 e 2 e nell'Appendice di tale documento, alle quali ottemperare durante la Progettazione esecutiva [14].

Il Progetto Definitivo è stato approvato nel mese di febbraio 2024 dalla Società Stretto di Messina S.p.A., che lo ha inviato ai Ministeri e alle Autorità competenti per il seguito di competenza.

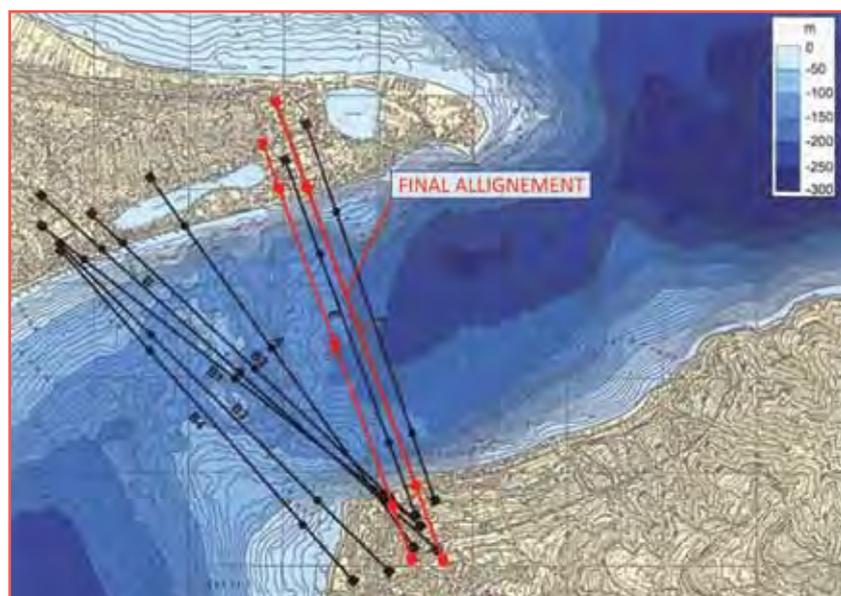


Figura 1 - Mappa dello Stretto di Messina con indicate le isobate della sella e la localizzazione dei ponti sospesi a una e a due campate studiati dalla SdM negli anni '80 [42] [Figura 2-14].

Il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE), Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale - Via e Vas, in data 15 aprile 2024, ha richiesto 239 integrazioni [57] da sanare entro 30 giorni, salvo proroghe; nel caso in cui la Società Stretto di Messina non dovesse trasmettere la documentazione integrativa come da richiesta del MASE, entro il termine concesso dalla Divisione, la Commissione procederà all'archiviazione del procedimento. Il rispetto delle indicazioni del CS e del MASE, insieme agli esiti di numerose denunce in varie Procure e Tribunali da parte di privati cittadini, di associazioni e partiti politici per molteplici motivi, dei quali molti legati ai numerosi espropri sia sul versante calabro che su quello siciliano [58], potrebbero determinare forti ritardi sia nell'avvio che nell'esecuzione dei lavori sino ad arrivare alla loro possibile interruzione. Per poter avviare i lavori il progetto deve essere approvato anche dal CIPESS [il 1° gennaio 2021 il Comitato interministeriale per la programmazione economica (CIPE) ha cambiato nome in Comitato interministeriale per la programmazione economica e lo sviluppo sostenibile (CIPESS)]. Nel caso in cui la Società Stretto di Messina S.p.A. dovesse giungere alla conclusione di dover recedere dal contratto del 2006, si dovrebbe realizzare l'opera di attraversamento stabi-

le dello Stretto nel rispetto del D.L. n. 36/2023, ripartendo dal Documento di Fattibilità delle Alternative Progettuali (DOCFAP) in modo da poter scegliere e realizzare il miglior progetto possibile con la massima attenzione per la tutela dell'ambiente e dei territori interessati, così come auspicato anche dal Governo italiano.

Le possibili alternative progettuali da valutare

Come previsto dalle conclusioni della già citata Relazione del 30 aprile 2021 del Gruppo di Lavoro del MIMS, bisognerebbe sviluppare il Progetto di Fattibilità relativo a ponti stradali e ferroviari a più campate con fondazioni da realizzare sulla cosiddetta "sella" dello Stretto (Figura 2).

L'attuale Progetto Definitivo del ponte sullo Stretto a una campata prevede, lato Sicilia, la realizzazione di un raccordo ferroviario lungo 18,222 km quasi del tutto in galleria.

Lato Calabria, nell'ambito del completamento del corridoio TEN-T 5 Scandinavia-Mediterraneo, è prevista la realizzazione della ferrovia ad Alta Velocità Salerno-Reggio Calabria di cui RFI (Rete Ferroviaria Italiana), insieme a Italferr (la società di engineering del gruppo FS), ha già redatto il Progetto di Fattibilità [16] che prevede la suddivisione dei lavori in sei lotti.

Il tracciato del lotto 6 Gioia Tauro-Villa San Giovanni [42] [Figura 11-4], totalmente in variante rispetto alla linea

costiera esistente, lungo 38,517 km di cui 23,317 in galleria (Gallerie di Gioia Tauro, Seminara e Scilla), termina con un duplice raccordo, uno alla linea costiera esistente a sud di Villa San Giovanni, in località Concessa, e l'altro allo stesso attraversamento stabile dello Stretto, che coincide con il progetto del ponte a campata unica o che, con modeste varianti ferroviarie e stradali, potrebbe essere collegato a un ponte a più campate, ipotesi anche presa in considerazione, come detto, dagli esperti del MIMS nella citata relazione del 2021, e pertanto qui considerata, anche se l'orientamento generale della Società Stretto di Messina appare favorire il disegno a campata unica.

Osserviamo oggi che all'epoca dell'espressione in favore del ponte a campata unica (Relazione Santuz del 1988) l'integrazione con il sistema ferroviario nazionale ad alta velocità era ancora da venire, così come gli sviluppi tecnologici delle costruzioni in galleria, che consentono oggi livelli di costo e performance temporali sensibilmente inferiori a quelli dell'epoca. Riunendo quindi in un unico programma il lotto 6 della ferrovia AV Salerno-Reggio Calabria con l'attraversamento stabile dello Stretto, si dovrebbero predisporre e confrontare nuovi progetti di fattibilità, relativi a ponti a una o più campate e a tunnel sottomarini. In quest'ultimo caso, il tracciato ferroviario in Calabria dello stesso lotto e il corrispondente tracciato siciliano dovrebbero essere progettati verso il basso in direzione del possibile tunnel sottomarino da realizzare all'interno della sella dello Stretto (Figura 1).

Allo stesso tempo bisognerà valutare anche le alternative progettuali per il collegamento dell'autostrada A2 (Salerno-Reggio Calabria) con le autostrade siciliane A18 (Messina-Catania) e A20 (Messina-Palermo), sia tramite ponti sospesi che tramite tunnel sottomarini (Figura 2 per le soluzioni ponti e Figura 6 per la soluzione tunnel sottomarino).

Si osservi che i tracciati autostradali lungo le due coste sono diversi da quelli ferroviari sia per posizione che per lunghezza, in quanto possono essere realizzati con una pendenza massima del 30% circa, tre volte superiore a quella ferroviaria.



Figura 2 - Schema planimetrico dei raccordi stradali (linee nere) e ferroviari (linee rosse) che dovrebbero essere realizzati insieme al Ponte sullo Stretto a una o a più campate [15].

Nel caso del ponte a più campate, i tracciati autostradale e ferroviario coinciderebbero con quelli già progettati per il ponte a campata unica, tranne che per la parte finale sulla costa siciliana dove risulterebbero più corti di circa 2,5 km (Figura 2). Invece i tracciati ferroviari e autostradali, nel caso del tunnel sottomarino, sarebbero diversi, tranne che correre in parallelo in corrispondenza della parte centrale dell'attraversamento dello Stretto (Figura 6).

Ponti autostradali e ferroviari con la campata più grande del mondo

Attualmente il ponte autostradale con la campata più grande al mondo [17] è il 1915 Canakkale (2.023 m), che nel 2028 sarà superato dal Zhangjing-gao Yangtze River Bridge [18] (2.300 m); mentre il ponte ferroviario con la campata più grande al mondo [19] è lo Yavuz Sultan Selim Bridge (1.408 m), che nel 2026 sarà superato dal Xihoumen Highway and Railway Bridge (1.488 m) [20].

Quest'ultimo, attualmente in costruzione in Cina - con una campata principale con impalcato a un solo piano simile a quello del ponte a campata unica proposto per lo Stretto di Messina - sarà un ponte di tipo sospeso e strallato, che dovrebbe essere percorribile dai treni AV sino alla velocità massima di 250 km/h (Figura 3).

Per completezza, vale la pena accennare la questione tecnica che riguarda l'architettura dei ponti sospesi o strallati. A differenza del progettato ponte sullo stretto di Messina da 3.300 metri di campata, che avrà l'impalcato sospeso alle funi portanti principali tramite funi verticali e travi orizzontali poste ogni 30 metri, il ponte Xihoumen Highway and Railway Bridge avrà l'impalcato sospeso alle funi portanti principali al centro e tramite stralli ai lati collegati a travi orizzontali poste ogni 16 metri [21]. La parte sospesa strallata sarà di circa 600 metri per lato rispetto ai piloni, mentre la parte centrale solo sospesa sarà di circa 288 metri circa ($600 + 288 + 600 = 1.488$ m).

L'evoluzione tecnologica dei ponti strallati consente attualmente la realizzazione di campate sino a 1.200 metri circa [22], che in futuro saranno sempre più lunghe. Come ampiamen-

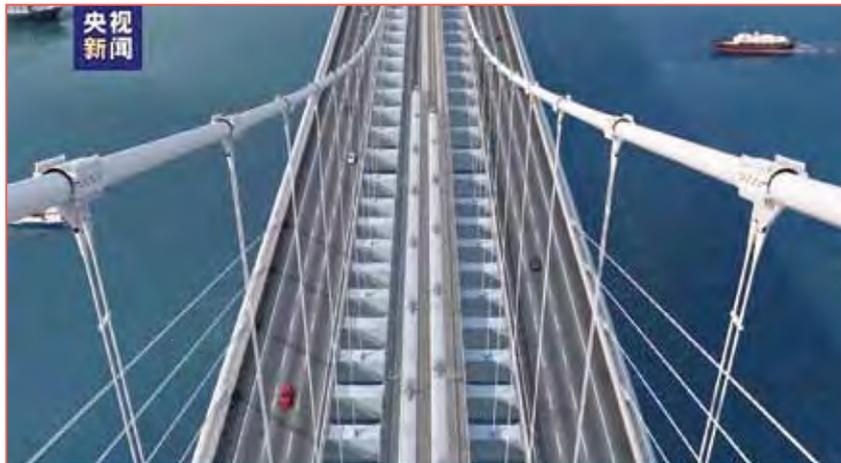


Figura 3 - Xihoumen Highway and Railway Bridge.

te sottolineato dal prof. Fritz Leonhardt [23] durante il già citato convegno organizzato dall'Accademia dei Lincei nel 1978: «I ponti strallati multicavo non presentano problemi aerodinamici significativi perché i numerosi stralli danno un forte smorzamento al sistema impedendo eventuali oscillazioni di risonanza con grandi ampiezze. Per lo Stretto di Messina sarebbero necessarie una o due fondazioni a torre in acque profonde da 90 a 100 m. Con tutta l'esperienza a disposizione per le strutture marittime non sarà un problema costruire le fondamenta per un ponte strallato nello Stretto di Messina. Anche i costi di tali strutture sono ormai ben noti. L'argomento più importante a favore del ponte strallato è l'aspetto finanziario. I calcoli dei costi comparativi hanno dimostrato che il ponte sospeso a campata unica costa almeno 2,2 volte di più del ponte strallato a tre campate con una campata principale compresa tra 1.500 e 1.600 m».

Si ricorda che nel 1982 il Gruppo Lambertini presentò una versione aggiornata del progetto del ponte strallato premiato nel 1970. Il nuovo ponte per lo Stretto di Messina [24], progettato da Fritz Leonhardt, De Miranda e altri, prevedeva la realizzazione di una campata principale di 1.800 metri. Non bisogna dimenticare che attualmente le esperienze costruttive dei ponti ferroviari sospesi a campata lunga sono molto limitate a causa della loro struttura flessibile, che presenta grandi deformazioni dovute ai carichi dei treni, con conseguente difficoltà a soddisfare i relativi requisiti di sicurezza e comfort. Non si possono ignorare gli studi recenti degli accademici

cinesi [25], che con la realizzazione di numerosi ponti ferroviari a campata sempre più lunga stanno analizzando in dettaglio e da molteplici punti di vista le problematiche da risolvere in modo da sviluppare un sistema standard di progettazione dedicato alla costruzione di ponti ferroviari ad alta velocità [26]. È da sottolineare che non sono mai stati realizzati ponti ferroviari con campate superiori ai 1.500 metri [49].

Progetti relativi ai tunnel sottomarini per lo Stretto di Messina

Tralasciando il tunnel progettato nel 1970 dall'ing. Carlo Alberto Navone [27], le relative versioni migliorative di fine Ottocento, e tutti i progetti di tunnel sottomarini presentati durante la prima metà del Novecento [42, pag. 20 e seguenti], è significativo il progetto del Gruppo Umberto Girola S.p.A. (poi Impregilo e successivamente WeBuild), premiato nel 1970 (Tabella 1).

Come sottolineato dall'ing. Paolo Berti, Direttore Generale del citato Gruppo Umberto Girola (Rivista tecnica ANIAI *L'Ingegnere* 11-1971, pagg. 880-883) «La proposta della Girola deriva anzitutto dalla considerazione che, mentre nessuno può dare la garanzia sulla eseguibilità di un ponte, che, per i problemi che deve affrontare e per le dimensioni, non ha esempi, invece per gallerie scavate entro terreno sotto il mare vi è l'esperienza giapponese che ha affrontato e sta affrontando problemi simili e più gravi».

Dal 1971 ad oggi sono stati realizzati numerosi tunnel sottomarini sia ferroviari [28] che stradali [29] in varie



Figura 4 - Progetto delle gallerie subalvee stradali e ferroviarie proposte dalla Società Umberto Girola S.p.A. [Fonte: Ingegneria Ferroviaria, Luglio/Agosto 1979].

parti del mondo, anche in zone altamente problematiche.

Il tunnel sottomarino ferroviario dello stesso Gruppo Umberto Girola prevedeva la realizzazione di gallerie naturali scavate nel terreno alla profondità di circa 256 metri sotto il livello del mare passando dentro alla sella dello Stretto in corrispondenza della quale il fondo del mare raggiunge al massimo i 105 metri circa (Figure 4 e 5); pertanto, la galleria ferroviaria subalvea avrebbe avuto una copertura di terreno sovrastante di circa 150 metri e una lunghezza di 47,410 km con una pendenza del 12‰ circa, oppure sarebbe stata lunga 36,060 km, se fosse stata utilizzata la pendenza longitudinale massima del 15‰, mentre quella autostradale avrebbe avuto una lunghezza di 20,440 km, con una pendenza longitudinale massima del 25,9‰.

Anche la Società Stretto di Messina aveva giudicato realizzabili tunnel sottomarini nello Stretto all'interno della sella utilizzando le moderne "talpe" che realizzano lo scavo, cosiddette TBM (*Tunnel Boring Machine*), collocandoli a non meno di 150-170 metri sotto il livello del mare con una copertura di almeno 50 metri di terreno [42, pag. 47 e segg. e pag. 253 e segg.]. In tal caso, se il piano binari, al centro dello Stretto in corrispondenza della sella, fosse posto a 180 metri sotto il livello del mare con una pendenza del 10‰, sarebbero necessarie gallerie

naturali lunghe almeno 18 km lato Sicilia e lato Calabria più 4 km circa per l'attraversamento dello Stretto, per un totale di almeno 40 km.

Sulla base delle indicazioni sopraccitate si potrebbe realizzare un tunnel ferroviario lungo circa 45 km con pendenza massima inferiore al 10‰, che potrebbe iniziare in Calabria in prosecuzione verso sud a partire dalla stazione di Bagnara Calabria (Figura 6). Dopo pochi chilometri la galleria potrebbe essere interconnessa con quella della ferrovia AV Salerno-Reggio Calabria, che, dopo aver superato lo Stretto, potrebbe terminare in Sicilia poco più a nord della stazione di Galati (ME). In tal caso, per poter servire la città metropolitana di Messina, si dovrebbe realizzare il "Passante ferroviario viaggiatori Messina Centro" presentato come proposta migliorativa del progetto del ponte sullo Stretto dagli ingegneri Giovanni Saccà e Salvatore Leocata alla Commissione Ponte del Comune di Messina [31] il 27 febbraio 2024 e pubblicato quindi sulla rivista CIFI *Ingegneria Ferroviaria*, marzo 2024 [32]. Nel caso del tunnel sottomarino, con piano binari posto a 200 metri sotto il livello del mare, il passante ferroviario dovrebbe essere derivato dalla galleria sottomarina poco più a sud della verticale sottostante alla località Faro Superiore a una profondità di circa 170 metri sotto il livello del mare, per poi proseguire con pendenza massima sino al 30‰ (dislivello cir-

ca 200 m, lunghezza tratta aggiuntiva circa 7.000 m) in modo da giungere in corrispondenza della stazione Annunziata nella stessa posizione e quota prevista dal Progetto Definitivo del ponte sullo Stretto e dal Passante ferroviario proposto sopraccitato.

Si potrebbe anche realizzare un tunnel autostradale lungo circa 21 km, con pendenza massima di circa il 30‰, che potrebbe iniziare in Calabria con uno svincolo a Catona (RC) e terminare in Sicilia presso lo svincolo Giostra o presso uno svincolo da realizzare all'Annunziata (ME). Il tunnel ferroviario e il tunnel autostradale sottomarini potrebbero essere affiancati tra loro solo in corrispondenza dell'attraversamento dello Stretto all'interno della sella.

Invero, per l'attraversamento dello Stretto possono essere scelti, all'interno della sella, vari tracciati di tunnel sottomarini; ma è in prima analisi indispensabile, per poter scegliere le soluzioni progettuali più idonee, conoscere in modo univoco e definitivo la geologia dei luoghi, l'entità e le caratteristiche delle faglie da superare. Allo scopo dovrebbero essere realizzati due pozzi, uno sulla costa calabra e uno su quella siciliana, per consentire l'utilizzo di moderne mini-TBM scudate e telecomandate, al fine di realizzare il cosiddetto *tunnel pilota* [33], come avviene di norma nella realizzazione delle lunghe gallerie. Anche nell'ipotesi in cui non si dovessero successivamente realizzare, per insormontabili problemi, le gallerie principali, resterebbe comunque l'indubbia utilità dei pozzi e del tunnel pilota per l'ubicazione di cavi, condutture e altro.

La possibilità di realizzare tunnel sottomarini troverebbe conferma nella recente localizzazione della faglia principale responsabile del drammatico terremoto del 1908, che dagli studi eseguiti non appare interessare la sella dello Stretto, come riportato da Barreca et al. in *Earth-Science Reviews* [34].

Circa i tunnel sottomarini ferroviari più lunghi al mondo si possono comparativamente citare i casi del:

- Seikan, un'opera senza precedenti che unisce le isole del Giappone, entrata in esercizio nel 1988, che si estende per ben 53,85 km, di cui circa 23,3 sotto al fondale marino; la sezione subalvea si colloca a una profondità di 100 metri sotto al

fondale, ovvero a meno 240 metri dal livello del mare;

- Tunnel della Manica, entrato in esercizio nel 1994, che copre una distanza di 50,4 km, ma ha la porzione sottomarina più lunga del mondo, pari a 37,9 km.

Nel caso in cui venisse costruito il tunnel sottomarino ferroviario dello Stretto di Messina, sarebbe il quarto più lungo del mondo tra quelli già costruiti [35], ma ne esistono altri, dei quali due ancora più lunghi, in fase di costruzione e progettazione. La tratta sottomarina del tunnel dello Stretto di Messina sarebbe lunga solo 4 km.

Il tunnel sottomarino autostradale, se realizzato, sarebbe il terzo in ordine di lunghezza [36], dopo i tunnel norvegesi Rogfast (27 km) e Lærdal (24,51 km). In particolare il Rogfast, in costruzione in Norvegia, tocca i 392 metri di profondità, per cui nel 2033 sarà il tunnel stradale più lungo e più profondo del mondo.

Per quanto riguarda le soluzioni di tunnel a mezz'acqua (Submerged Floating Tunnel Bridge), nonostante il premio ricevuto nel 1970 e gli approfondimenti degli anni '80 e successivi [37], non hanno trovato a tutt'oggi realizzazioni concrete [38] [39] [40] [41].

Valutazioni dei costi

Nell'ipotesi sopra riportata di unificare il lotto 6 della ferrovia AV Salerno-Reggio Calabria (tratta Gioia Tauro-Villa San Giovanni) con l'attraversamento stabile stradale e ferroviario dello Stretto di Messina, si possono confrontare i costi e i tempi di massima delle tre soluzioni prese qui in considerazione:

- ponte a una campata,
- ponte a più campate,
- tunnel sottomarino.

Soluzione 1 - Ponte a una campata da 3.300 m

Il costo del ponte e delle opere compensative, accessorie e connesse di 13,5 miliardi è riportato nella Scheda n. 65 Opere Strategiche SILOS della Camera dei deputati [8].

Il costo del lotto 6 è stato stimato parametricamente in 140 milioni/km, derivandolo dai costi recenti del Progetto del Terzo Valico che è costituito da 53 km di nuova linea ferroviaria AV/AC, di cui 37 in galleria. Il costo totale del progetto, ad oggi finanziato, ammonta a 7.442 milioni di euro. Il rap-



Figura 5 - Profilo altimetrico del tracciato ferroviario in tunnel sottomarino già ipotizzato dal Gruppo Umberto Girola [30].

porto tra la parte in galleria e quella all'aperto è pari a $37/53 = 0,70\%$, che è analogo a quello dei lavori previsti per il sesto lotto della ferrovia AV della Salerno-Reggio Calabria, pari a $0,67\%$, che deriva dal seguente calcolo: lunghezza della tratta Gioia Tauro-Villa San Giovanni $38.517 + 2.571 + 4.634 = 45.722$ km di cui $2.178 + 13.840 + 7.299 + 2.571 + 4.634 = 30.522$ km in galleria ($30.522/45.722 = 0,67\%$).

Dunque, il costo della ferrovia Gioia Tauro-Villa San Giovanni potrebbe essere stimato in $45,722 \text{ km} \times 140 \text{ milioni €/km} = 6.401.080.000 \text{ €}$.

Il costo del Passante ferroviario Messina Centro è stato dedotto da analoghe recenti opere relative al Passante ferroviario di Palermo ed è pari a $5,7 \text{ km} \times 140 \text{ milioni €/km} = 800.000.000 \text{ €}$.

La valutazione della presente soluzione è riportata in sintesi nella Tabella 3.

Soluzione 2 - Ponte a tre campate (1000 + 2000 + 1000 m)

Per la stima dei costi è stato preso a riferimento il ponte a tre campate

proposto dal prof. Remo Calzona nel suo libro *La ricerca non ha fine. Il ponte sullo Stretto di Messina*, DEI (2008), simile al ponte Akashi Kaikyo, anche se si tratta di un ponte con campata principale di 2.000 metri, di gran lunga superiore alla massima campata dei ponti ferroviari in esercizio.

L'importo dichiarato da WeBuild [43] relativo alla costruzione del ponte, come sola opera di attraversamento, è di circa 4,5 miliardi di euro. Utilizzando gli studi dei costi relativi dei ponti sospesi in funzione della lunghezza della campata, fra cui la tesi di dottorato dell'ing. Giulio Martire [44] e il citato riferimento all'Akashi Kaikyo, possiamo stimare il costo del ponte a tre campate circa la metà di quello a campata unica.

Può essere interessante confrontare le quantità dei materiali principali che dovrebbero essere utilizzati nel progetto del ponte a campata unica con la soluzione a tre campate (Tabella 4), a suffragio della valutazione dei rispettivi costi, per cui è verosimile ipotizzare che il costo puro del ponte a



Figura 6 - Tracciati di massima dei tunnel sottomarini ferroviario (linea gialla) e autostradale (linea rossa) dello Stretto.

Soluzione 1	Costi (€)
Ponte a una campata e relative opere compensative, accessorie e connesse	13.500.000.000
Ferrovia Gioia Tauro – Villa San Giovanni	6.401.080.000
Passante Messina Centro	800.000.000
Totale	20.701.080.000

Tabella 3 - Tabella dei costi stimati (Soluzione 2).

tre campate risulti la metà di quello a campata unica (senza altre opere compensative, accessorie e connesse). Il costo del 1915 Çanakale Bridge, di recente costruzione, simile al ponte proposto dell'ing. Remo Calzona, è stato di 2,545 miliardi di euro [45], quindi è ragionevole pensare di attribuire questo valore al ponte a tre campate.

Anche il ponte strallato a tre campate proposto dalla Lambertini nel 1971, così come affermato dal prof. Fritz Leonhardt nel 1978 durante il menzionato convegno tenutosi all'Accademia dei Lincei, aveva un costo stimato meno della metà di quello a campata unica.

Inoltre, dal totale è qui necessario togliere il tratto autostradale e ferroviario da Sant'Agata a Torre Faro, pari a circa 2,5 km, ovvero circa 140 milioni x 2,5 x 2 = 700 milioni di euro circa.

Quindi si può stimare il costo del ponte a tre campate in 13.500.000.000 € - 4.500.000.000 € + 2.545.000.000 € - 700.000.000 € = 10.845.000.000 €.

In sintesi, la valutazione della presente soluzione appare in Tabella 5.

Si deve tuttavia evidenziare che la soluzione di un ponte a più campate, se non interessa la riserva naturale di Capo Peloro come il ponte a una campata, non è in generale favorita per la

maggiore invasività sull'ecosistema marino e i rischi di collisione con il traffico navale. Simili valutazioni possono essere pertanto più apprezzate in altri contesti.

Soluzione 3 - Tunnel sottomarino ferroviario e stradale

Come già riferito, il tunnel sottomarino ferroviario potrebbe iniziare a Bagnara Calabria (RC) per terminare a Galati (ME) per un totale di 44,440 km, di cui solo 4 circa sottomarini; in analogia ai due casi precedenti relativi ai ponti per la parte ferroviaria, sommiamo l'intero lotto 6 con l'attraversamento stabile dello Stretto e consideriamo l'intera tratta da Gioia Tauro a Galati (Tratta Gioia Tauro-bivio Favazzina in galleria = 29,700 km a cui sommiamo la galleria Bagnara Calabria-Galati e i rami Favazzina e Mili Marina = 44,440 + 2,170 + 1,150 = 47,760 km), per un totale di (29,700 + 47,760) = 77,460 km. Dunque, il costo della nuova ferrovia Gioia Tauro-Galati potrebbe essere stimato in 77,460 km x 140 milioni/km = 10.844.400.000 €.

Il tunnel sottomarino stradale inizierebbe da uno svincolo da realizzare a Catona (RC) e terminerebbe presso lo Svincolo Giostra/Annunziata (ME) per un totale di 21 km circa e per un costo

complessivo di 21,000 km x 140 milioni/km = 2.940.000.000 €.

Per il tunnel esplorativo è stata effettuata una stima di massima cautelativa di 5 km x 100 milioni/km = 500.000.000 €.

Le opere compensative, accessorie e connesse che potrebbero essere richieste dal Comune di Messina sono state stimate in 1.440.000.000 €.

Il Passante ferroviario Messina centro risulterebbe essere più lungo di circa 7 km rispetto ai casi precedenti, pertanto 12,7 km x 140 milioni/km = 1.800.000.000 €.

In sintesi, la valutazione della presente soluzione appare nella Tabella 6.

I tunnel autostradali hanno mediamente un costo al chilometro molto variabile, tuttavia inferiore, in genere, rispetto a quelli ferroviari. In questo caso, cautelativamente e per semplicità di calcolo, i due valori sono stati qui considerati uguali.

La sintesi della valutazione dei costi delle diverse soluzioni è riportata nella Tabella 7.

Per un'analisi economica più completa bisognerebbe stimare anche i costi riguardanti il ciclo di vita di ogni alternativa progettuale e dei relativi componenti e il loro possibile riciclo, oltre ai costi dovuti alla sicurezza: costruzione, gestione, manutenzione ordinaria e straordinaria, rinnovo dei componenti, demolizione e ripristino dei luoghi. In generale, per un'analisi completa sarebbe da analizzare anche la soluzione mista: ponte stradale a una o a più campate e tunnel sottomarino ferroviario.

Si può assumere in breve che i costi del ciclo di vita intera delle diverse soluzioni non spostino, nella presente analisi, i relativi fattori di merito: la soluzione in galleria, anche per la maggiore maturità tecnologica e di esercizio di analoghe soluzioni, peraltro già diffuse sul territorio nazionale in riferimento al sistema ferroviario ad alta velocità, dovrebbe presentare rischi e costi di gestione inferiori a quella tramite ponte.

I tempi di costruzione, sulla base di analoghe realizzazioni, si potrebbero stimare tra i 7 e i 10 anni, in generale non considerando più le differenze rilevate negli studi degli anni '80, per i progressi conseguiti da allora nelle costruzioni in galleria e la robotizzazione delle operazioni in ambiente sottomarino, come si è visto negli

PONTE A UNA CAMPATA			PONTE A TRE CAMPATE		
Acciaio			Acciaio		
Impalcato	ton	62.500	Impalcato	ton	75.850
Torri	ton	108.500	Torri	ton	40.000
Cavi	ton	169.000	Cavi	ton	52.000
Totale	ton	340.000	Totale	ton	167.850
Cemento armato			Cemento armato		
Fondazioni torri	m ³	160.000	Fondazioni torri	m ³	220.000
Ancoraggi	m ³	520.000	Ancoraggi	m ³	200.000
Totale	m ³	680.000	Totale	m ³	420.000

Tabella 4 - Confronto tra quantità di cemento e acciaio necessari a costruire un ponte a una e a tre campate nello Stretto di Messina. [Fonte: Progetto definitivo SdM (tab. a sx); Fonte: R. Calzona, "La ricerca non ha fine", 2008 (tab. a dx)].

esempi già compiuti o in via di realizzazione in altri paesi.

Conclusioni

Tutte le soluzioni prese in considerazione riguardo all'attraversamento stabile dello Stretto di Messina sembrano meritevoli di essere analizzate in modo più approfondito attraverso un Documento di Fattibilità delle Alternative Progettuali, così come previsto dalle Leggi e Normative vigenti. Il *ponte a campata unica* comporta maggiori espropri rispetto alle altre soluzioni, oltre a interessare Capo Pe-loro, zona protetta da vincoli ambientali [58]; inoltre, il Progetto Definitivo [46] [42, pag. 179, nota 262] presenta numerose problematiche ancora da risolvere in fase di progettazione esecutiva (si vedano Relazione del Progettista [47] e Relazione del Comitato Scientifico [48]).

Il *ponte a tre campate* richiede minori espropri e minori raccordi autostradali e ferroviari da realizzare ed è simile a ponti già realizzati, però la presenza di piloni in mare potrebbe creare problematiche alla navigazione nello Stretto.

I ponti creano una limitazione in altezza per il passaggio delle navi, nonché limitazioni di utilizzabilità in presenza di situazioni meteorologiche estreme. La soluzione a campata unica della lunghezza ipotizzata presenta inoltre specifiche problematiche tecniche su cui una parte degli esperti in materia avanza sensibili riserve o, in altri termini, dei rischi che richiedono tuttora di essere approfonditi. A tal proposito, eminenti professori universitari, durante la conferenza tenutasi a Roma giovedì 4 aprile 2024 presso l'Università La Sapienza sul tema "Scienza e arte del costruire", hanno evidenziato che negli ultimi decenni sono stati abbandonati tutti i progetti di ponti ferroviari con campate superiori ai 1.500 metri a causa della loro irrealizzabilità [49]. Tutti tranne il progetto del ponte sullo Stretto di Messina.

Il *tunnel sottomarini*, a seguito dell'evoluzione tecnologica, delle esperienze internazionali ma, soprattutto, di una dettagliata analisi geologica, possono non solo essere fattibili, ma anche consentire la realizzazione dell'attraversamento stabile dello Stretto tramite un sistema integrato a quello

Soluzione 2	Costi (€)
Ponte a tre campate e relative opere compensative, accessorie e connesse	10.845.000.000
Ferrovia Gioia Tauro – Villa San Giovanni	6.401.080.000
Passante Messina Centro	800.000.000
Totale	18.046.080.000

Tabella 5 - Tabella dei costi stimati (Soluzione 2).

Soluzione 3	Costi (€)
Nuova ferrovia Gioia Tauro – Galati	10.844.400.000
Tunnel autostradali sottomarini	2.940.000.000
Tunnel esplorativo	500.000.000
Passante Messina Centro	1.800.000.000
Opere compensative, accessorie e connesse possibili	1.500.000.000
Totale	17.584.400.000

Tabella 6 - Tabella dei costi stimati (Soluzione 3).

Soluzioni prese in considerazione comprensive del lotto 6 ferrovia AV Salerno-Reggio Calabria	Costi (€)
Ponte a una campata da 3300 m	20.701.080.000
Ponte a tre campate (1000+2000+1000) m	18.046.080.000
Tunnel sottomarino ferroviario e stradale	17.584.400.000

Tabella 7 - Tabella di raffronto di sintesi.

attuale ferroviario AV a costi inferiori rispetto alle soluzioni ponte. Fra gli ulteriori elementi si rilevano la maggiore sicurezza in presenza di eventi bellici o atti di sabotaggio. Notoriamente i tunnel sono le strutture più sicure rispetto ai sismi, non risentono delle avverse condizioni meteorologiche, non creano intralcio alla navigazione, non modificano il paesaggio e non richiedono espropri significativi in quanto gli ingressi possono essere previsti in località poco antropizzate. Pertanto, le soluzioni di ponti stradali e/o ferroviari a una e a più campate (sospesi, strallati e ibridi) [50] dovrebbero essere confrontate con le soluzioni di tunnel sottomarini ferroviari e stradali predisponendo secondo l'attuale legislazione del Codice dei contratti pubblici i rispettivi Documenti di Fattibilità delle Alternative Progettuali (DOCFAP) e il Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica (PFTE) in modo da arrivare, nel tempo più breve possibile, a individuare la so-

luzione migliore e più sostenibile a vita intera, in grado di completare il corridoio TEN-T 5 Scandinavia-Mediterraneo, nel rispetto dei moderni e consolidati criteri di project management, delle specifiche tecniche di interoperabilità europee [53], dell'ambiente, delle leggi e normative vigenti e non da ultimo ricevendo il supporto dell'Unione Europea analogamente a quanto sta già avvenendo per il collegamento stabile dello Stretto di Gibilterra [53] [54] [55] [56] [57].

Bibliografia e sitografia

- [1] D.Lgs. 31 marzo 2023, n. 36 https://www.bosettiegatti.eu/info/norme/statali/2023_0036.htm
- [2] G.U. 13 aprile 1968, Pagg. 2295 e 2296 - <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/1968/04/13/96/sg/pdf>
- [3] YouTube "Ponte sullo stretto - progetti 1970" - <https://www.youtube.com/watch?v=5cAwYfJkGW8&t=13s>
- [4] G.U. 11 gennaio 1972, anno 113° n. 8, Parte Prima, pagg. 212-214 <https://www.gazzettaufficiale.it/do/gazzetta/downloadPdf?dataPubblicazioneGazzetta=19720111&numeroGazzetta=8&tipoSer>

- ie=FO&tipoSupplemento=GU&numeroSupplemento=0&progressivo=0&estensione=pdf&edizione=0
- [5] <https://structurae.net/en/structures/verrazzano-narrows-bridge> (click "Motorway bridges", click "Ranking")
- [6] <https://structurae.net/en/structures/quebec-bridge-1917> (click "Railroad (railway) bridges", click "Ranking")
- [7] *Relazione sui finanziamenti erogati per lo studio del progetto dell'attraversamento stabile dello Stretto di Messina* http://legislature.camera.it/_dati/leg10/lavori/stampati/pdf/027_003001.pdf
- [8] Scheda N. 65 SILOS - <https://silos.infrastrutturestrategie.it/Home/Scheda/1010>
- [9] *Presentazione COWI 2006, Slide 40 -* <https://www.slideserve.com/colman/dansk-brodag-2006-fra-lilleb-lt-til-messina-lars-hauge-director-cowi>
- [10] <https://www.strettodimessina.it/data/DPCM-15-aprile-2013-Liquidazione-Nomina-CL.pdf>
- [11] *Relazione del Gruppo di Lavoro MIMS 30 aprile 2021 -* <https://www.mit.gov.it/sites/default/files/media/notizia/2021-05/Relazione%20-%20GdL%20Attraversamento%20stabile%20stretto%20%281%29.pdf>
- [12] D.L. 29 dicembre 2022, n. 198 https://www.gazzettaufficiale.it/atto/vediMenuHTML?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2022-12-%2029&atto.codiceRedazionale=22G00212&tipoSerie=serie_generale&tipoVigenza=originario&action=select-all
- [13] Legge 26 maggio 2023, n. 58 <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2023/05/30/125/sg/pdf>
- [14] Il progetto definitivo, <https://strettodimessina.it/web/il-progetto-definitivo/>
- [15] Profilo longitudinale tracciato ferroviario lato Sicilia, <https://va.mite.gov.it/File/Documento/32894>
- [16] Ferrovia AV Salerno Reggio Calabria, <https://dp.avsalermoreggiocalabria.it/?s=fattibilit%C3%A0&submit=Cerca>
- [17] <https://structurae.net/en/structures/bridges/motorway-bridges-freeway-bridges/ranking>
- [18] <https://structurae.net/en/structures/zhangjing-gao-yangtze-river-bridge>
- [19] <https://structurae.net/en/structures/bridges/railroad-railway-bridges/ranking>
- [20] <https://structurae.net/en/structures/xihuomen-highway-and-railway-bridge>
- [21] Zhejiang, costruzione dell'autostrada e del ponte ferroviario di Xihuomen della ferrovia di Yongzhou, YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=LFTUllqK8M>
- [22] "This super bridge is breaking 7 world records and is being built in China", YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=MauHIH29Q10>
- [23] Il prof. Fritz Leonhardt è stato uno dei progettisti del Gruppo Lambertini, premiato al 1° posto pari merito per aver presentato la soluzione di un ponte strallato https://it.wikipedia.org/wiki/Gruppo_Lambertini
- [24] Mammìno A. (2010). "Il ponte come espressione di civiltà: dal primordiale attraversamento del corso d'acqua al ponte sullo Stretto di Messina", pagg. 201-233, <http://www.ateneoditrisviso.it/wp-content/uploads/2015/02/Impaginato-atti-27.pdf>
- [25] Shunquan Qin e Zongyu Gao (2017). "Developments and Prospects of Long-Span High-Speed Railway Bridge Technologies in China", <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809917304496?via%3DIihub>
- [26] Wei Huang e altri (2020). "Design and construction of super-long span bridges in China: Review and future perspectives", <https://journal.hep.com.cn/fsce/EN/article/download/ArticleFile.do?attachType=PDF&id=27827>
- [27] Navone C.A., *Passaggio sottomarino attraverso allo stretto di Messina* https://play.google.com/books/reader?id=ZTvovhD_LQIC&pg=GBS.PP6&hl=it <https://archive.org/details/passaggiosottom00navogoo/page/n7/mode/2up>
- [28] https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_longest_railway_tunnels
- [29] https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_long_tunnels_by_type#Road
- [30] Ballio G., Diana G., Fiammenghi G. (2014). *L'attraversamento dello Stretto di Messina: 50 anni di lavoro*, https://www.researchgate.net/publication/273120828_L%27attraversamento_dello_Stretto_di_Messina50_anni_di_lavoro#fullTextFileContent
- [31] Proposta Passante Ferroviario Messina Centro presentata alla Commissione Ponte del Comune di Messina, https://messina.consigliocloud.it/meetings/cEpERE9RSG1CZW89https://www.asseurmed.eu/documenti/2024-02-27-Proposta_Passante_Ferroviario_di_Messina_Centro.pdf
- [32] Saccà G. e Leocata S. (2024). "Proposta passante ferroviario Messina Centro", *Ingegneria Ferroviaria* n. 372024, ed. CIFI (Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani) <https://www.cifi.it/ricerca-articoli-ingegneria-ferroviaria/?jsf=jet-engine&c%3%A0%meta%3Dtitolo%2C%20autore>
- [33] Schmalzbauer S., "Unità d'Italia 2.0: un tunnel ferroviario per portare l'Alta Velocità in Sicilia" <https://tunnelbuilder.it/News/Unit-dItalia-20-un-tunnel-per-portare-lAlta-Velocita-fino-in-Sicilia.aspx> https://tunnelbuilder.it/uploads/CMS/Documents/Week4420_Timeco_Stretto%20di%20Messina_Tunnel_Articolo_v3_SS_SENT_20101019.pdf
- [34] Barreca G. et al. "The Strait of Messina: Seismotectonics and the source of the 1908 earthquake The Strait of Messina: Seismotectonics and the source of the 1908 earthquake", *Earth-Science Reviews*, Vol. 218, July 2021, <https://www.earth-prints.org/bitstream/2122/14751/1/Article.pdf>
- [35] <https://structurae.net/en/structures/tunnels-caverns-and-shafts/railroad-railway-tunnels/ranking>
- [36] <https://structurae.net/en/structures/tunnels-caverns-and-shafts/road-tunnels/ranking>
- [37] Goggi G. (2019). "Un progetto dimenticato per lo Stretto di Messina", <https://www.experiences.it/archives/17556>
- [38] Minoretta A. (2019). "Il ponte di Archimede - Strategie per il futuro", YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=B_3d0DfsDEU&list=UU8U8GZs3SV877_kJ9Y4Nk3Q&index=36
- [39] Feasibility Study of Submerged Floating Crossing (SFT) <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:27b61864-64b5-4f7b-9a73-b63da7f1672a/datastream/OBJ/download>
- [40] Marine Structures: SFT, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951833923001417>
- [41] "Fib Bulletin 96 Guidelines for Submerged Floating Tube Bridges (SFTB) - Chapter 1 & 2 by Arianna Minoretta", YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=x2Xt1wPky0>
- [42] Quaderno 32 ALDAI, https://www.cifi.it/UplDocumenti/Verna11102021/14-Quaderno_32_ALDAI.pdf <https://www.cifi.it/UplDocumenti/Verna11102021.htm>
- [43] <https://www.webuildgroup.com/it/media/comunicati-stampa/webuild-ponte-sullo-stretto-messina-opera-innovativa-strategica-immediatamente-cantierabile/>
- [44] http://www.fedoa.unina.it/8407/1/Martire_Giulio_23.pdf
- [45] 1915 Çanakkale Bridge https://en.wikipedia.org/wiki/1915_%3C%87anakkale_Bridge
- [46] <https://strettodimessina.it/web/il-progetto-definitivo/>
- [47] *Relazione del Progettista* <https://cloudshare.strettodimessina.it/index.php/s/SC9sFGEkE4ejna>
- [48] Relazione del Comitato Scientifico <https://cloudshare.strettodimessina.it/index.php/s/8TD5QDSGnare4TQ>
- [49] <https://www.dicea.uniroma1.it/content/%E2%80%9Cgiovane%3C%AC-4-aprile-alle-ore-1000-nella-sala-grande-del-chiostro-di-san-pietro-vincoli-avr%3C%AO> <https://www.techno-press.org/content/?page=article&journal=sss&volume=32&num=5&ordernum=5>
- [50] Saccà G. (2022). "L'attraversamento stabile dello Stretto di Messina. Elementi di riflessione per la progettazione del ponte a più campate", ed. CIFI, *Rivista Ingegneria Ferroviaria*, 2/2022, pagg. 111-149 <https://www.cifi.it/ricerca-articoli-ingegneria-ferroviaria/?jsf=jet-engine&s=Sacc%C3%A0%meta%3Dtitolo%2C%20autore>
- [51] "Ponte sullo Stretto, si riparte": webinar del 16 novembre 2022 all'Università di Messina <https://www.youtube.com/watch?v=24fkx8fR43s&t=7627s>
- [52] Legge 17 dicembre 2012, n. 221 https://www.gazzettaufficiale.it/atto/vediMenuHTML?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2012-12-18&atto.codiceRedazionale=012G0244&tipoSerie=serie_generale&tipoVigenza=originario
- [53] *España y Marruecos acuerdan impulsar estudios de viabilidad del enlace subacuático en el estrecho de Gibraltar* <https://planderecuperacion.gob.es/noticias/espana-marruecos-acuerdan-impulsar-estudios-viabilidad-enlace-subacuatico-estredo-gibraltar-prtr>
- [54] *Specifiche Tecniche di Interoperabilità* <https://www.ansfsa.gov.it/specifiche-tecniche-interoperabilit%C3%A0>
- [55] Resolución de 23 de mayo de 2023, de la Dirección General de Carreteras, https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-14413
- [56] *Sociedad Española de Estudios para la Comunicación Fija a través del Estrecho de Gibraltar* <https://www.secegsa.gob.es/>
- [57] *Proyecto de enlace fijo a través del estrecho de Gibraltar: Alternativas del proyecto* <https://www.secegsa.gob.es/proyecto-del-enlace-fijo/ingenieria-del-proyecto>
- [58] Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Valutazioni e autorizzazioni ambientali VAS-VIA-AIA, Collegamento stabile tra la Sicilia e la Calabria (C.U.P. C41C23002750005), <https://va.mite.gov.it/it-IT/Oggetti/Documentazione/10711/15959> <https://va.mite.gov.it/it-IT/Oggetti/Documentazione/10711/15982>
- [59] Espropri - Avviso di avvio del procedimento, <https://strettodimessina.it/web/espropri-sdm/>

Giovanni Saccà

Ingegnere, messinese di origine, ex-dirigente del Gruppo Ferrovie dello Stato, si dedica da anni alla questione dell'attraversamento stabile dello Stretto. Autore di diversi articoli e pubblicazioni inerenti l'argomento, partecipa a convegni e audizioni istituzionali in materia.