



**ORDINE DEGLI
INGEGNERI**
DELLA PROVINCIA
DI CASERTA

in collaborazione con

Agenda Tecnica
informazione tecnico-scientifica



Ponti, viadotti e gallerie esistenti.

**Linee Guida, PNRR, gestione del rischio, controlli e monitoraggi strutturali,
tecnologie di riqualificazione**

CASERTA – 12 maggio 2023

Partner tecnico



Patrocini



“Viadotto Ritiro | Autostrada Me-Pa. Interventi di recupero della pila 9 sx; una metodologia di approccio integrata ed innovativa”.

.

Relatore: Dott. Ing. Gianluca Ievolella - Dirigente Generale a. r. MIT

caratteristiche del Viadotto Ritiro

- Comune: **Messina**
- **Autostrada A20 Messina-Palermo**, tra lo svincolo di Messina-Bocchetta e la Barriera nei pressi di Villafranca Tirrena
- Epoca di realizzazione : **primi anni 70**
- due carreggiate indipendenti:
 - carreggiata in direzione Palermo di 924.10 m 22 campate (15 con luce 45.00m e 5 con luce pari a 34.25 m.
 - carreggiata in direzione Messina di 866.77m 20 campate (16 di luce 45.00m, 2 con luce di 34.25 m.
- schema statico vecchi impalcati: **travata** semplicemente appoggiata realizzati con 4 travi in c.a.p. collegate
- pile in c.a. con un'altezza variabile tra 14.00m e 63.00m con sezione trasversale cava

Progettazione esecutiva ed affidamento dei Lavori per l'intervento di adeguamento statico e miglioramento sismico del "VIADOTTO RITIRO" sull'Autostrada A-20 Messina Palermo, con previsione di rinforzo delle pile, fondazione e sostituzione degli impalcati con tipologia e schemi strutturali di nuova concezione, misti acciaio/calcestruzzo a travata continua

L'appalto è stato affidato dal CAS - Consorzio Autostrade Siciliane di Messina all'Impresa TOTO S.p.A. Costruzioni Generali di Chieti con contratto In data 17/06/2015 con Rep. CAS n. 817/2015



Ubicazione del Viadotto Ritiro



vista aerea del Viadotto Ritiro



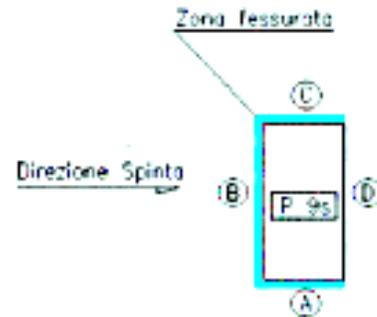
vista del cantiere di intervento

Descrizione dell'intervento

- A. Rinforzo delle Pile:** E' stata prevista un'incamiciatura delle pareti in c.a. ed una **Variante** che prevede come intervento di miglioramento, **ad oggi in corso**, di alcune Pile l'utilizzo di FRP quale tecnologia di rinforzo strutturale realizzato
- B. Rinforzo delle Fondazioni:** Sono stati previsti interventi di rinforzo delle fondazioni per mezzo di coronelle / pozzi di micropali che, solidarizzati ai plinti esistenti, formassero un'unica fondazione profonda in grado di assorbire in modo adeguato tutte le forze trasmesse delle opere soprastanti;
- C. Sostituzione dell'impalcato esistente con impalcato continuo in acciaio:** E' stata realizzata la completa rimozione dell'impalcato esistente in c.a.p. con la messa in opera di un nuovo impalcato CONTINUO in acciaio.
- D. Sostituzione degli appoggi esistenti dell'impalcato sulle pile con ISOLATORI SISMICI**

DESCRIZIONE INCIDENTE AVVENUTO DURANTE IL VARO DELL'IMPALCATO SIN.

Durante la spinta necessaria per il varo dell'impalcato che prevedeva l'arrivo dell'avambecco sulla pila 4x, il cuneo di alloggiamento del dissipatore sismico (appoggio) destinato alla pila 6sin. lato monte transitando sulle torri di calaggio poste sulla pila 9sin. andava ad impattare sulla testa delle torri di calaggio lato monte mentre il cuneo gemello sovrappassava la testa della torre di calaggio lato mare strisciandoci sopra. Quindi è stato applicato uno sforzo di spinta eccentrico sulla testa pila.



Il prosieguo della spinta ha comportato un'inflexione della torre di calaggio inghisata sul pulvino della pila che quindi ha deformato la pila stessa attirando a questo punto è stato invertita la spinta tirando indietro l'impalcato riportando la torre di calaggio in verticale.

Stato di fatto dei danni della pila 9 Sin. dopo l'incidente

La pila alta 49 m. è stata sottoposta ad uno stato di flessione e torsione che ha provocato su 3 delle 4 facce della pila uno stato di fessurazione in una fascia compresa tra i 28 ed i 34 metri dallo spiccato

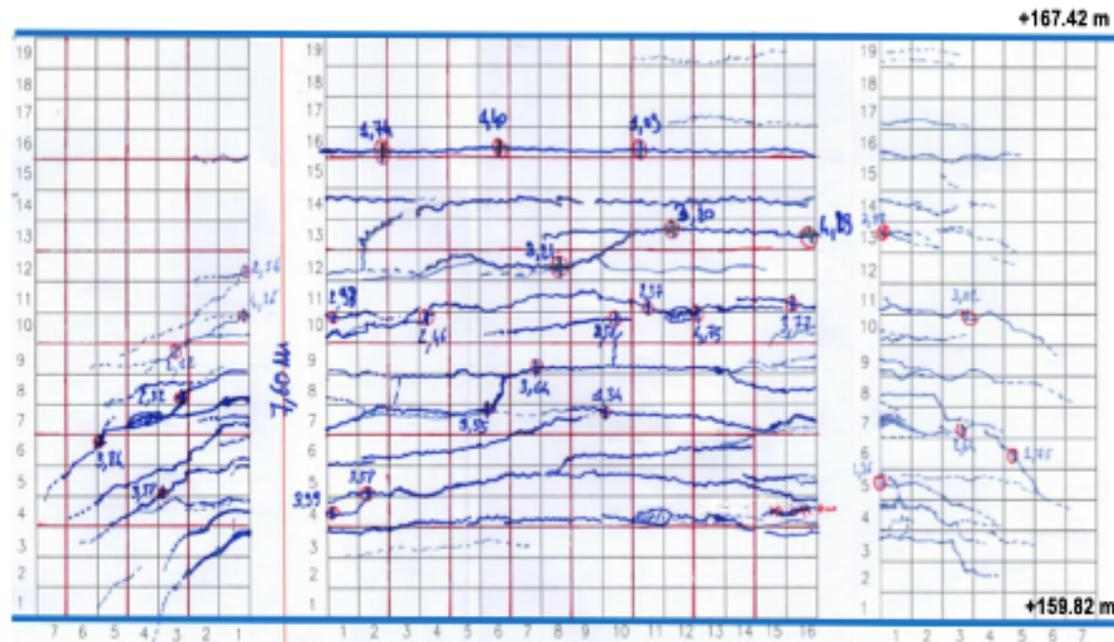
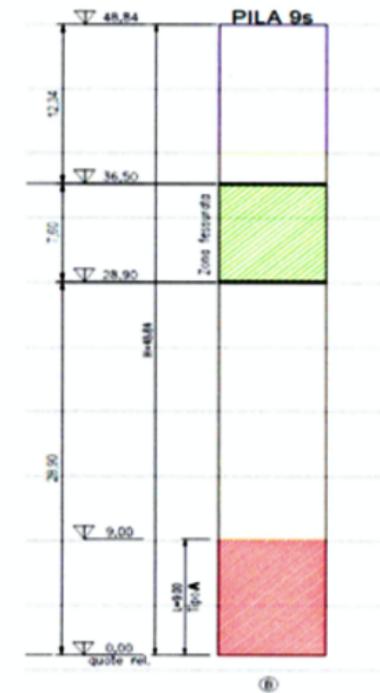
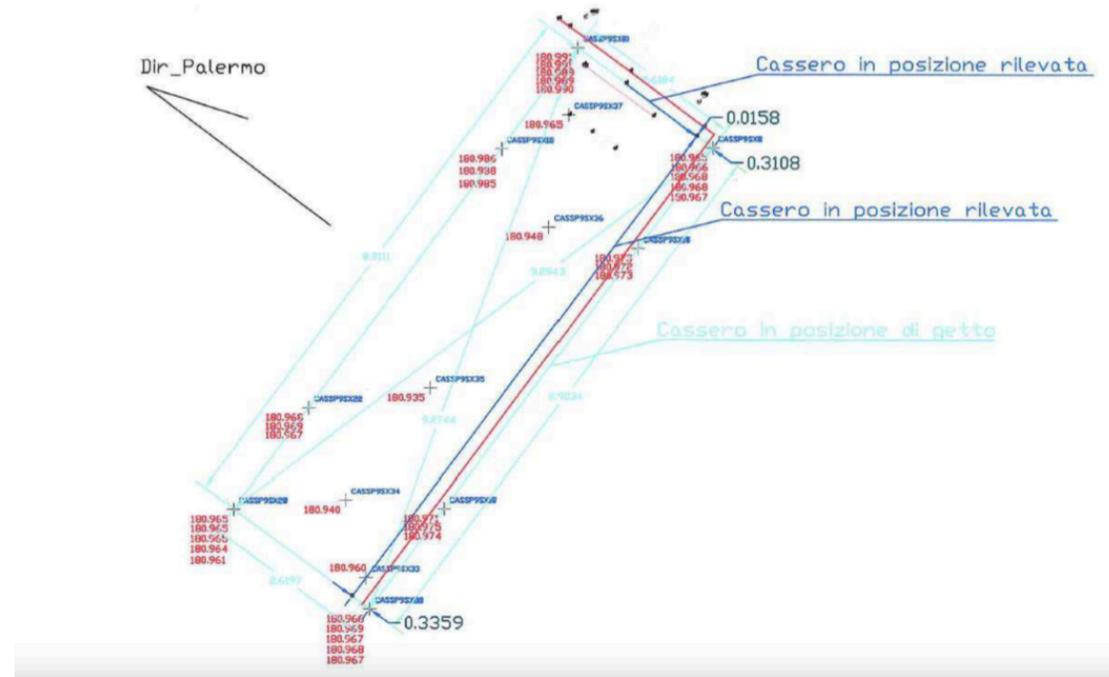


FIGURA 22 P9s – LATI A (sx), B (CENTRO) E C (dx): RICOSTRUZIONE QUADRO FESSURATIVO DELLA PORZIONE DI PILA OGGETTO DI RILIEVO DI DETTAGLIO



Ulteriori danni riscontrati sulla pila 9 sin.

la pila presentava una curvatura permanente di circa 0.003 rad/m uniformemente distribuita nella zona fessurata che ha comportato uno spostamento orizzontale del pulvino nella direzione longitudinale del ponte di spinta variabile tra 31 cm lato mare e 33 cm lato monte



progetto di recupero della pila 9 sin.

- 1. ampliamento dei baggioli e dei ritegni trasversali;** a causa della deformata residua dell'asse della pila; questa, in corrispondenza della quota di estradosso del pulvino, presenta un disassamento rispetto alla configurazione prevista nel PED con una traslazione dell'asse appoggi non più in linea con quello relativo al sovrastante impalcato. Dal momento che la posizione degli isolatori al di sotto dell'impalcato (ossia l'asse appoggi) deve mantenere la posizione prevista l'intervento prevede lo spostamento degli isolatori, ed il conseguente ampliamento dei relativi baggioli e dei ritegni sismici trasversali lato "Messina".
- 2. ripristino delle fessure mediante iniezioni di resina epossidica e malte di ripristino** per ripristinare la continuità strutturale della pila, tramite l'utilizzo di prodotti iniettati in grado di garantire un'adesione monolitica tra le due parti lesionate e per tutta la profondità della lesione
- 3. posa in opera di fasce verticali in FRP sui quattro lati della pila:** L'intervento prevede la posa in opera di fasce in FRP applicate verticalmente sui quattro lati della pila tra le quote di -12.00m e -20.50m misurate da intradosso pulvino mediante l'utilizzo di fasce di FRP di spessore e larghezza rispettivamente pari a 0.333mm e 500mm, applicate in singolo strato per mezzo di resina epossidica posizionate con un passo pari a 50cm

Il Collegio Consultivo Tecnico (CCT)
Art. 6 Decreto Legge 16.07.2020 n. 76 (convertito in Legge n.120 /2020)

Dott.Ing. Gianluca Ievolella - Presidente
Prof. Ing. Giuseppe Mussumeci
Dott. Ing. Maria Alloggio

Quesito formulato dal CAS stazione appaltante :

**esprimere il proprio parere, per quanto di competenza, in merito alle ipotesi di
intervento per il ripristino della pila 9sx**

Valutazioni del Collegio Consultivo Tecnico

1. Il Viadotto Ritiro rappresenta senza ombra di dubbio una delle principali opere strategiche della Regione Siciliana punto di arrivo del traffico in arrivo ed in partenza dai traghetti dello Stretto con la rete autostradale dell'isola.
2. le finalità di trasporto locale in entrata ed in uscita dalla città di Messina ed in caso di eventi calamitosi rappresenta una delle principali vie di evacuazione della popolazione e di arrivo dei soccorsi da terra.
3. la presenza nelle immediate vicinanze di un elevato numero di abitazioni sottostanti la struttura.
4. L'impresa ha proposto un intervento di ripristino dei danni alla pila 9 che utilizza le medesime lavorazioni e materiali già impiegate negli interventi di rinforzo strutturale già eseguiti e realizzati e cioè un insieme di tecnologie diciamo di tipo tradizionale quale l'ampliamento dei baggioli e dei ritegni trasversali e l'uso di tecnologie di nuova concezione con materiali innovativi per il ripristino delle fessure mediante iniezioni di resina epossidica e malte di ripristino e la posa in opera di fasce verticali in FRP sui quattro lati della pila.
5. il CAS, ha valutato in senso critico l'intervento di ripristino dei danni alla pila 9, ed ritenuto di valutare la demolizione parziale o totale della pila 9 danneggiata

Valutazioni del Collegio Consultivo Tecnico

Considerazioni di merito

- Modifica dello schema statico impalcato a travi appoggiate (sforzi di pressoflessione) con impalcato a trave continua con isolatori sismici; quindi sostanzialmente la pila anche in caso di sisma è sottoposta esclusivamente a carichi verticali.
- Unicità delle responsabilità esecutive e progettuali
- la “*opzione zero*” cioè la demolizione totale o parziale della pila danneggiata.
- la effettiva realizzabilità dell’esecuzione dei lavori con la presenza nelle immediate vicinanze di nuclei abitativi.
- problematiche sociali sul piano della viabilità, la prolungata durata dei lavori e su possibili evacuazioni di fabbricati sottostanti.
- la possibilità di poter disporre di una infrastruttura viaria che oltre ad avere una sicurezza di esercizio in condizioni normali, deve garantire accettabili livelli di agibilità in caso di eventi calamitosi
- affidabilità e durata nel tempo dei materiali di tipo innovativo proposti

Decisione del CCT messa a punto del DesSS

**Design Support System (DesSS) in grado di
apprendere, correlare e interpretare
i parametri di un database realizzato in base ad una
analisi SWOT**

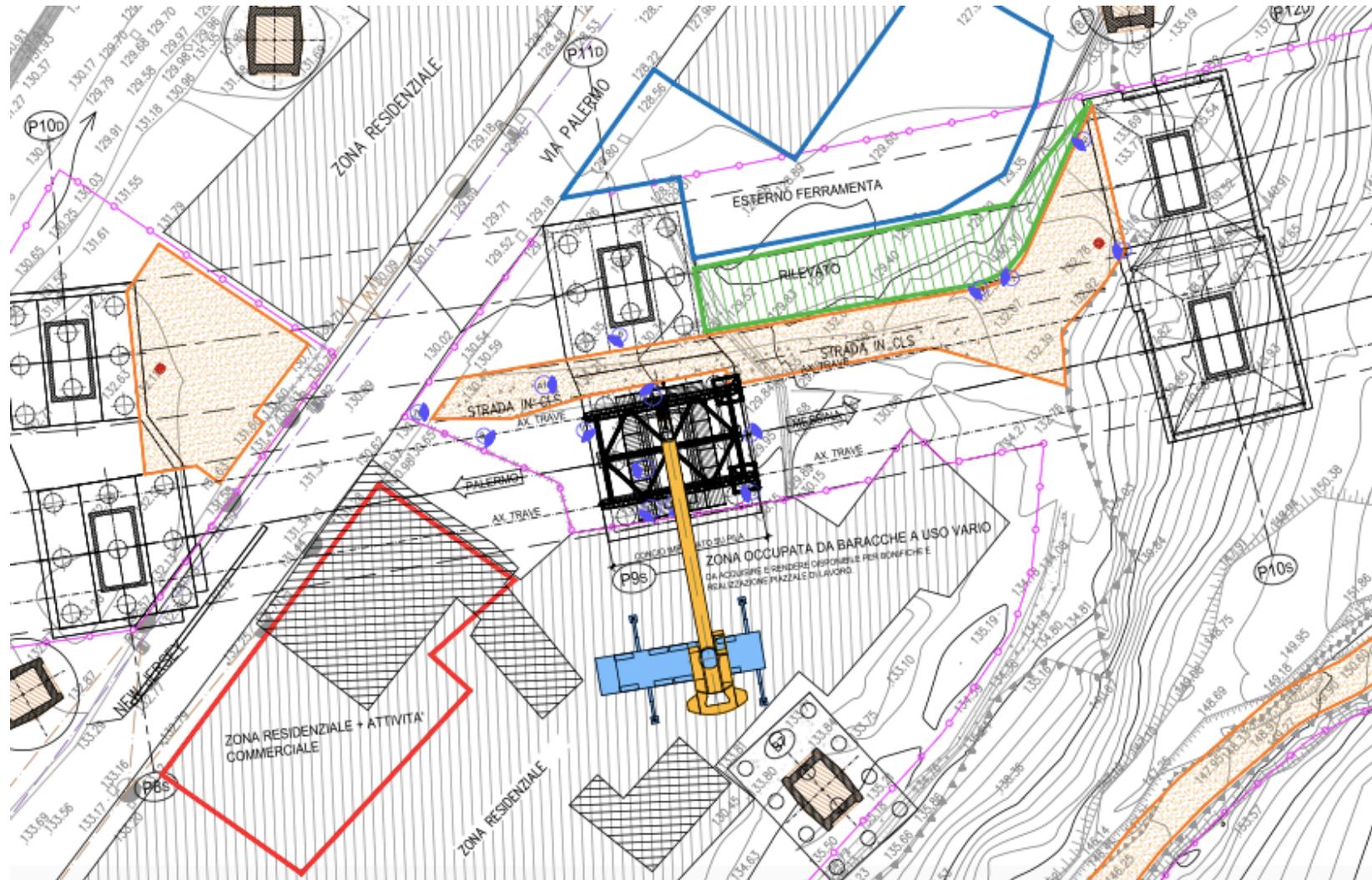
per valutare i punti di forza (*Strengths*), le debolezze (*Weaknesses*), le opportunità (*Opportunities*) e le minacce (*Threats*)
del progetto di ripristino in modo da mettere in condizione i responsabili di prendere
la decisione per il raggiungimento degli obiettivi di massima sicurezza, certezza
della realizzabilità, minore durata del completamento dei lavori.

Contenuti del DesSS

All'interno del DesSS sono confluiti i risultati e le valutazioni di:

1. **analisi di fattibilità della demolizione** parziale o totale della pila danneggiata con le relative opere accessorie provvisorie di sostegno con tutte le variabili al contorno e con la valutazione dei tempi di realizzazione;
2. **analisi di fattibilità** della realizzazione della soluzione proposta **con materiali tradizionali** che tenga conto di tutti i parametri e le condizioni al contorno, tra cui la modifica dello schema strutturale dell'intero intervento già in parte realizzato, la unicità di responsabilità nell'esecuzione e nella realizzazione, i tempi di realizzazione etc.,
3. **analisi della realizzabilità** dell'intervento **con l'uso dei materiali innovativi** con l'applicazione di tutte le cautele realizzative richieste al massimo della loro previsione normativa, data la particolarità e delicatezza dell'intervento, dalle linee guida per l'accettazione dei materiali in cantiere da parte della DL con i relativi programmi di prova, le procedure di installazione da parte di personale altamente specializzato con il controllo continuo dei parametri di temperatura ed umidità dell'ambiente e del supporto, fondamentali per la corretta installazione ed il suggerimento delle prove che il collaudatore statico e la Commissione di collaudo T.A. deve condurre.
4. modalità di effettuazione del **monitoraggio delle strutture del viadotto** consolidato e delle eventuali necessità di manutenzione.

Planimetria che evidenzia le costruzioni che insistono alla base della pila 9 e delle pile vicine

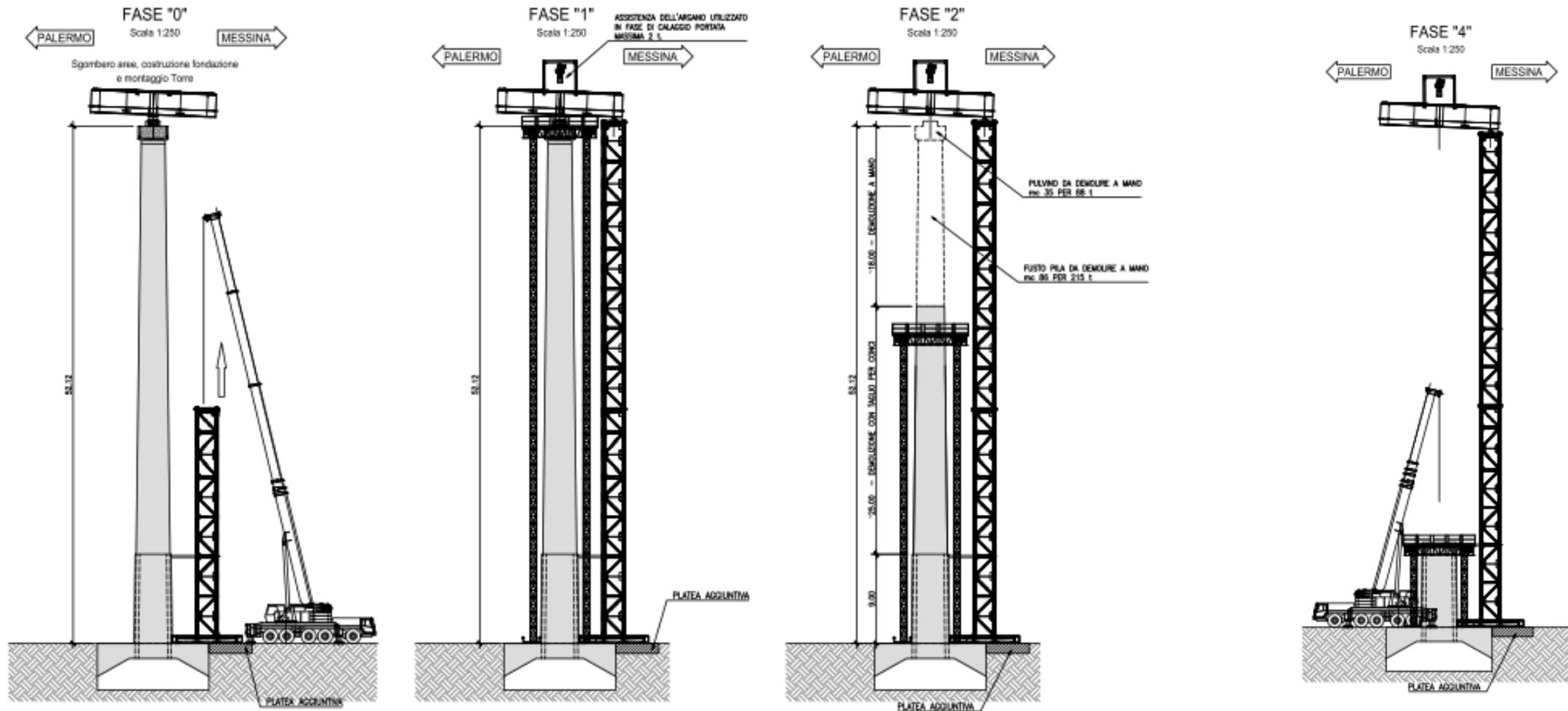


Elenco elaborati del DessSS

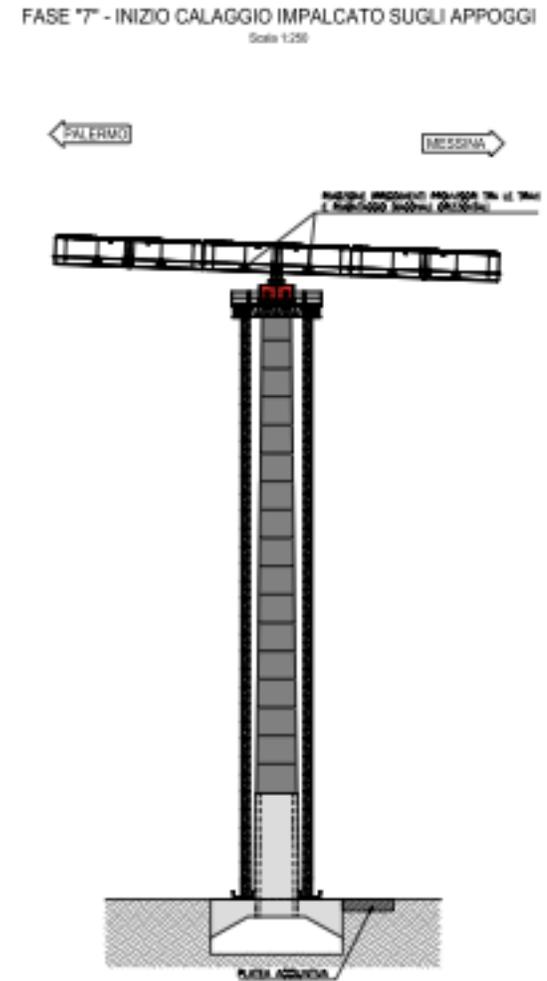
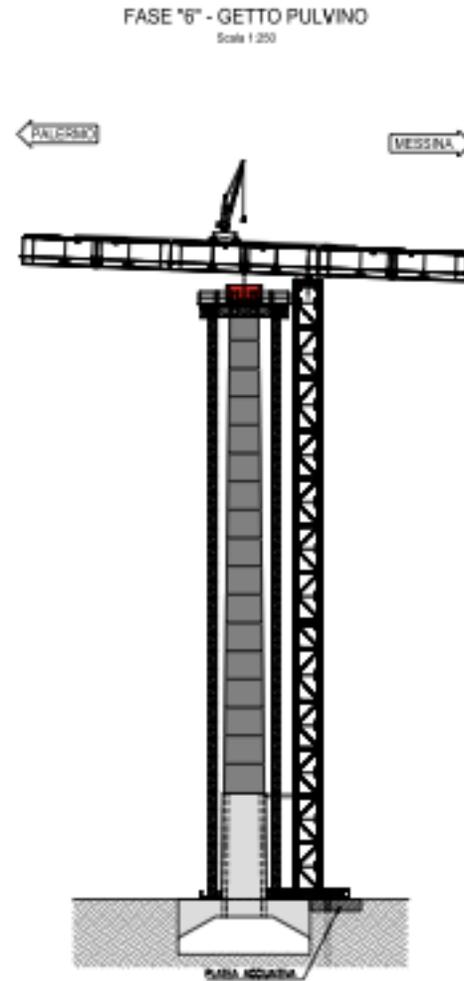
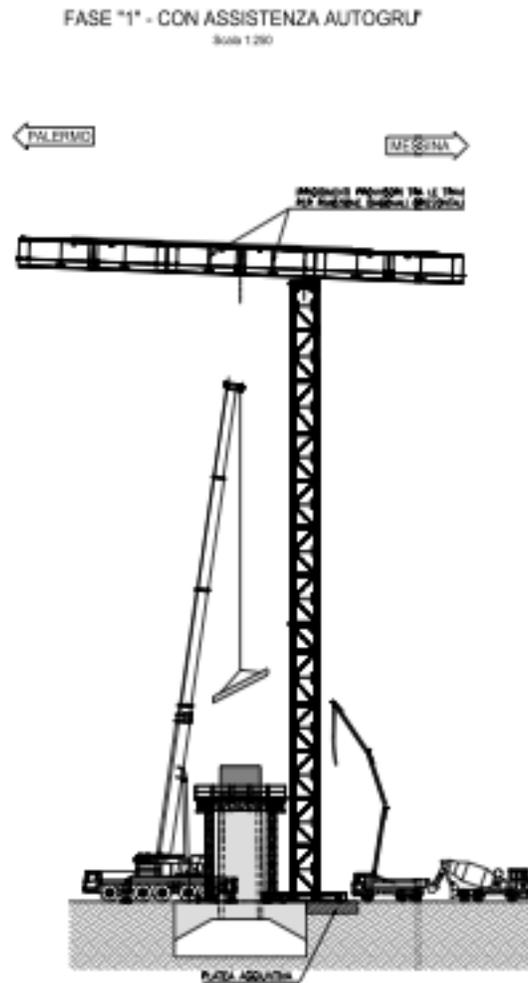
1. Fasi di demolizione
2. Fasi di ricostruzione
3. Cronoprogrammi vari interventi
4. Studio SWOT
5. Relazione illustrativa della analisi SWAT condotta
6. Piano di monitoraggio
7. Relazione Tecnica di approfondimento intervento.

Fasi di demolizione della pila

SCI



Principali fasi di ricostruzione della pila



Elaborato SWAT

OPERA FINITA -Strengths- Weaknesses - Opportunities-Threats			FASE DI PROGETTAZIONE			FASE DI COSTRUZIONE			FATTORE TEMPO		NUMERO SIGNIFICATIVI NOTEVOLI=3
SOLUZIONE	PUNTI DI FORZA	PUNTI DI DEBOLEZZA	CRITICITA' PROGETTUALE "Cp"	RISPOSTA ALLA CRITICITA' "Cr"	IMPATTO "Cp"	CRITICITA' COSTRUTTIVA "Cc"	RISPOSTA ALLA CRITICITA' "Cc"	IMPATTO "Cc"	IMPATTO TEMPORALE "T"	NOTE IMPATTO TEMPORALE	IMPATTO TOTALE
A) INTERVENTO CON FIBRE DI CARBONIO (FRP) - PROPOSTO DALLA TOTO SPA CG											
<p>4.1 Ripristino delle lesioni nel fusto pilastro mediante resine epossidiche a matrici di ripristino</p> <p>4.2 Posa in opera di fasce verticali in FRP sul quarto tela della pia, protette con l'applicazione di impermeabilizzante cementizio-elastico microforato dello spessore 4 mm</p> <p>4.3 Ampliamento dei baglioli e dei ritagli trasversali</p>	<p>1- Ripristino delle capacità strutturali rispetto alla domanda statica e sismica</p> <p>2- Semplicità logica ed operativa</p> <p>3- Impatto nullo delle lavorazioni aggiuntive nel contesto urbano</p> <p>4- Tempi di realizzazione contenuti nel percorso critico per l'attuazione dei lavori</p> <p>5- Riduzione delle eccentricità delle azioni rispetto al baricentro teorico della pia indeformata per il solo peso proprio, in più, limitata alla sola porzione di pia deformata permanentemente</p> <p>6- Validità delle analisi sismiche eseguite e delle autorizzazioni sismiche emesse dal Genio Civile</p> <p>7- Monitoraggio strutturale della pia P15 e di altra pia adiacente</p>	<p>1- Persistenza della deformazione plastica della pia nonostante la riduzione di eccentricità (vedere punto 5 precedenti)</p> <p>2- Presenza di rigenerazione della zona di c.a. fessurata a seguito del danno</p>	<p>1- Analisi del danno mediante rilievo di dettaglio dello stato di fessurazione, campionamenti dei materiali strutturali</p> <p>2- Analisi numerica dello stato deformativo ed individuazione della zona plasticizzata</p> <p>3- Sviluppo del progetto mediante l'uso della tecnica "Fiber Reinforced Polymer"</p>	<p>3- Il progetto esecutivo di dettaglio è stato emesso in data 01 luglio 2023 ed è immediatamente consultabile</p>	0	<p>1- Approvvigionamento dei materiali</p> <p>2- Ricerca ed allestimento delle attrezzature</p> <p>3- Reperimento risorse umane adeguate</p>	<p>1- La tecnica FRP è in fase di applicazione sulle altre pile del viadotto. La fornitura dei materiali è mera estensione di quella attuale, con l'esecuzione dei nastri di larghezza di 50 cm per una non utilizzati in progetto.</p> <p>2- Attrezzature presenti in cantiere</p> <p>3- Personale specializzato presente nell'unità produttiva</p>	0	0	<p>Tutte le altre lavorazioni di completamento della carreggiata sinistra possono proseguire senza rallentamenti in quanto non interferisce dalle lavorazioni di ripristino della pia P15</p>	0
B) INTERVENTO DI INCARCICATURA											
<p>5.1 Incremento da realizzarsi mediante appositi ampliamenti della sezione con l'impiego di materiali tradizionali (C18, matrici cementizie e acciaio)</p>	<p>1- Ripristino delle capacità strutturali rispetto alla domanda statica e sismica</p> <p>2- Estensione dell'intervento di incarcicatura, limitato nel 90 al 9 m, a partire dal piano di fondazione</p> <p>3- Monitoraggio strutturale della pia P15 e di altra pia adiacente</p>	<p>1- Persistenza della deformazione plastica della pia, che in testa raggiunge circa 32 cm, in senso longitudinale, in direzione Palermo</p> <p>2- Incremento del peso proprio eccentrico</p> <p>3- Incremento delle masse sismiche a quota significativa</p> <p>4- Tempi molto lunghi per la modifica del sistema di isolamento (progetto e costruzione isolatori, test di accettazione)</p> <p>5- Incremento dei carichi in fondazione a causa dell'incremento del peso della pia</p> <p>6- Impatto significativo nel contesto urbano delle lavorazioni aggiuntive per l'esecuzione di getti e cassetture in quota</p>	<p>1- Modifica della righeggiatura di una sola pia sulla 19 che costituiscono il viadotto e campata continua lunga circa 1 km, vincolata alla pia con isolatori sismici in gomma piovana, e collegata sismicamente alle altre pila, 3 (campata della trave 19), adiacente alla prima campata lato PA</p> <p>2- Progettazione ed individuazione dei nuovi isolatori gomma epossidici dell'intero impalcato (non limitato alla sola pia 19)</p> <p>3- Verifica delle fondazioni esistenti, già eseguite in PE</p> <p>4- Acquisizione di una nuova autorizzazione sismica da parte del GC</p>	<p>2- Elaborazione analitica e progettuale molto complessa per la ricerca del sistema di isolamento che produca azioni sulle sottostutture (fondazioni) inferiori a quelle alle sollecitazioni sismiche (sismiche) delle parti strutturali già realizzate (fondazioni diverte e sovraccarichi integrativi - pile, spalle - tali parti devono essere verificate in maniera iterativa fino a trovare la soluzione che garantisce i coefficienti di sicurezza</p> <p>2- Progettazione degli isolatori sismici che tengano conto dei processi produttivi e delle componenti proprie del costruttore</p> <p>3- Notevole risorse specialistiche per la progettazione</p>	2	<p>1- Approvvigionamento e procedure di accettazione degli isolatori</p> <p>2- Installazione di un adeguato numero di isolatori sismici</p> <p>3- Sensibile impegno di macchine e apparecchiature per il sollevamento</p> <p>4- Reperimento risorse umane adeguate per tempi lunghi</p> <p>5- Impatto significativo nel contesto urbano per il posizionamento di gru e macchine necessarie per la realizzazione di carpenterie e getti in quota</p>	<p>Impiego organizzativo complesso con notevole incertezza dei tempi di approvvigionamento dagli isolatori sismici</p>	2	3	<p>Le tempistiche associate a questa soluzione sono significative sia per lo svolgimento delle elaborazioni descritte nella "criticità progettuale", sia per l'approvvigionamento degli isolatori. Al 12 mesi necessari per la messa in opera delle lavorazioni di ripristino (vedi il relativo cronoprogramma) sono da aggiungere i tempi associati alle interferenze con le altre lavorazioni d'appalto, non è inoltre possibile l'esercizio autoridotto prima del completamento delle lavorazioni e della verifica del sistema di isolamento dell'impalcato.</p>	2+2+3=7
C) DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE AD ALTEZZA PARZIALE (AL DI SOTTO INTRADOSSO CERNIERA PLASTICA)											
<p>6.1 Puntellamento dell'impalcato con struttura reticolare in acciaio Hx50 m</p> <p>6.2 Demolizione del pilastro</p> <p>6.3 Demolizione della pia per 25 m</p> <p>6.4 Ricostruzione della pia per 25 m</p> <p>6.5 Ricostruzione del pilastro</p>	<p>3- Nuova opera con capacità strutturali adeguate alla domanda statica e sismica, ridotta della sezione fino all'intradosso del tratto danneggiato</p>	<p>1- Complessità logica ed operativa anche in relazione alla effettiva entità del danno subito</p> <p>2- Notevole impatto delle nuove lavorazioni sul residenti e sulla fruibilità dell'opera</p> <p>3- Permanenza del rinforzo con FRP nel tratto non danneggiato, ma che necessitava già di adeguamento secondo la Perizia di Variante per la pia</p> <p>4- Differenti moduli sismici tra il calcestruzzo "matrico" e quello della parte ricostruita lungo il fusto</p> <p>5- Tempi molto lunghi per l'attuazione dei lavori, ben oltre i tempi contrattuali</p>	<p>1- Criticità progettuale della pia non rilevante</p> <p>2- Significativa criticità progettuale delle opere provvisorie (travi di puntellamento) e delle attrezzature speciali (derrick e relative vie di corsa)</p> <p>3- La travi di puntellamento dovranno essere progettate e realizzate per le condizioni di utilizzo specifico</p> <p>3- Il telaio di supporto e le vie di corsa del derrick dovranno essere adattati ai vincoli della carpenteria metallica dell'impalcato</p>	<p>1- La pia verrà progettata con la medesima carpenteria dell'attuale</p> <p>2- Le travi di puntellamento dovranno essere progettate e realizzate per le condizioni di utilizzo specifico</p> <p>3- Il telaio di supporto e le vie di corsa del derrick dovranno essere adattati ai vincoli della carpenteria metallica dell'impalcato</p>	1	<p>1- Agibilità delle aree occupate da edifici residenziali e commerciali periodici per lunghi</p> <p>2- Necessità di dover eseguire la demolizione e la ricostruzione del pilastro e della gran parte della pia "a mano", con limitata assistenza di mezzi di sollevamento, in quanto non si può agire dall'alto. La presenza dell'impalcato impone l'esecuzione di operazioni con limitato uso di attrezzature che non garantiscono una produttività adeguata rispetto alla entità delle lavorazioni da farsi. La raccolta delle porzioni di calcestruzzo demolito deve farsi mediante l'uso di apposite piattaforme da predisporre per evitare la caduta di materiale dall'alto.</p> <p>3- Notevole impegno di macchine, apparecchiature e attrezzature speciali (argani, derrick, cassetture ad hoc, dovendo riprodurre fedelmente la carpenteria della pia esistente)</p> <p>4- Reperimento risorse umane adeguate per tempi molto lunghi</p> <p>5- Rischi per la sicurezza per le lunghe e complesse lavorazioni in quota</p>	<p>Impiego organizzativo molto complesso, notevole per durata e costi sociali</p>	3	3	<p>Il tempo di progettazione ha uno scarso impatto mentre il TEMPO DI DEMOLIZIONE e ricostruzione è notevole. Al 23 mesi stimati per l'esecuzione, va aggiunto il tempo necessario per il completamento delle opere dell'impalcato della carreggiata sinistra le quali subirebbero durante la ricostruzione una sospensione completa delle lavorazioni.</p>	1+3+3=7
D) DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE AD ALTEZZA TOTALE											
<p>6.1 Puntellamento dell'impalcato con struttura reticolare in acciaio Hx50 m</p> <p>6.2 Demolizione del pilastro</p> <p>6.3 Demolizione della pia per 40 m</p> <p>6.4 Ricostruzione della pia per 40 m</p> <p>6.5 Ricostruzione del pilastro</p>	<p>3- Nuova opera con capacità strutturali adeguate alla domanda statica e sismica</p>	<p>1- Complessità logica ed operativa anche in relazione alla effettiva entità del danno subito</p> <p>2- Notevole impatto delle nuove lavorazioni sul residenti e sulla fruibilità dell'opera</p> <p>3- Tempi molto lunghi per l'attuazione dei lavori, ben oltre i tempi contrattuali</p>	<p>1- Criticità progettuale della pia non rilevante</p> <p>2- Significativa criticità progettuale delle opere provvisorie (travi di puntellamento) e delle attrezzature speciali (derrick e relative vie di corsa)</p> <p>3- La travi di puntellamento dovranno essere progettate e realizzate per le condizioni di utilizzo specifico</p> <p>3- Il telaio di supporto e le vie di corsa del derrick dovranno essere adattati ai vincoli della carpenteria metallica dell'impalcato</p>	<p>1- La pia verrà progettata con la medesima carpenteria dell'attuale</p> <p>2- Le travi di puntellamento dovranno essere progettate e realizzate per le condizioni di utilizzo specifico</p> <p>3- Il telaio di supporto e le vie di corsa del derrick dovranno essere adattati ai vincoli della carpenteria metallica dell'impalcato</p>	1	<p>1- Agibilità delle aree occupate da edifici residenziali e commerciali periodici per lunghi</p> <p>2- Necessità di dover eseguire la demolizione e la ricostruzione del pilastro e della gran parte della pia "a mano", con limitata assistenza di mezzi di sollevamento, in quanto non si può agire dall'alto. La presenza dell'impalcato impone l'esecuzione di operazioni con limitato uso di attrezzature che non garantiscono una produttività adeguata rispetto alla entità delle lavorazioni da farsi. La raccolta delle porzioni di calcestruzzo demolito deve farsi mediante l'uso di apposite piattaforme da predisporre per evitare la caduta di materiale dall'alto.</p> <p>3- Notevole impegno di macchine, apparecchiature e attrezzature speciali (argani, derrick, cassetture ad hoc, dovendo riprodurre fedelmente la carpenteria della pia esistente)</p> <p>4- Reperimento risorse umane adeguate per tempi molto lunghi</p> <p>5- Rischi per la sicurezza per le lunghe e complesse lavorazioni in quota</p>	<p>Impiego organizzativo molto complesso, notevole per durata e costi sociali</p>	3	3	<p>Il tempo di progettazione ha uno scarso impatto mentre il tempo di demolizione e ricostruzione è notevole. Al 23 mesi stimati per l'esecuzione, va aggiunto il tempo necessario per il completamento delle opere dell'impalcato della carreggiata sinistra le quali subirebbero durante la ricostruzione una sospensione completa delle lavorazioni.</p>	1+3+3=7

Opera finita	Punti di forza	punti di debolezza	Criticità fase di progettazione	Criticità fase di costruzione	Fattore tempo	valore degli impatti
Utilizzo FRP						0
Incamicatura con C.A.						7
Demolizione e ricostruzione parziale						7
Demolizione e ricostruzione totale						7

Confronto cronoprogrammi

Opera finita	Analisi e confronto tempi/ metodi in intervento	Durata interferenze
Utilizzo FRP	mesi 4	nessuna
Incamicatura con C.A.	mesi 12	lavorazioni impalcato e carreggiata sin.
Demolizione e ricostruzione parziale	mesi 21	sospensione lavorazioni impalcato carreggiata sin.
Demolizione e ricostruzione totale	mesi 23	sospensione lavorazioni impalcato carreggiata sin.

Sistema di Monitoraggio

In relazione alle analisi condotte la valenza strategica dell'intervento consiglia l'installazione di un sistema di monitoraggio in continuo per la prevenzione di ogni possibile situazione di pericolo

Il sistema di monitoraggio, basato sulla tecnologia a fibra ottica , è così costituito:

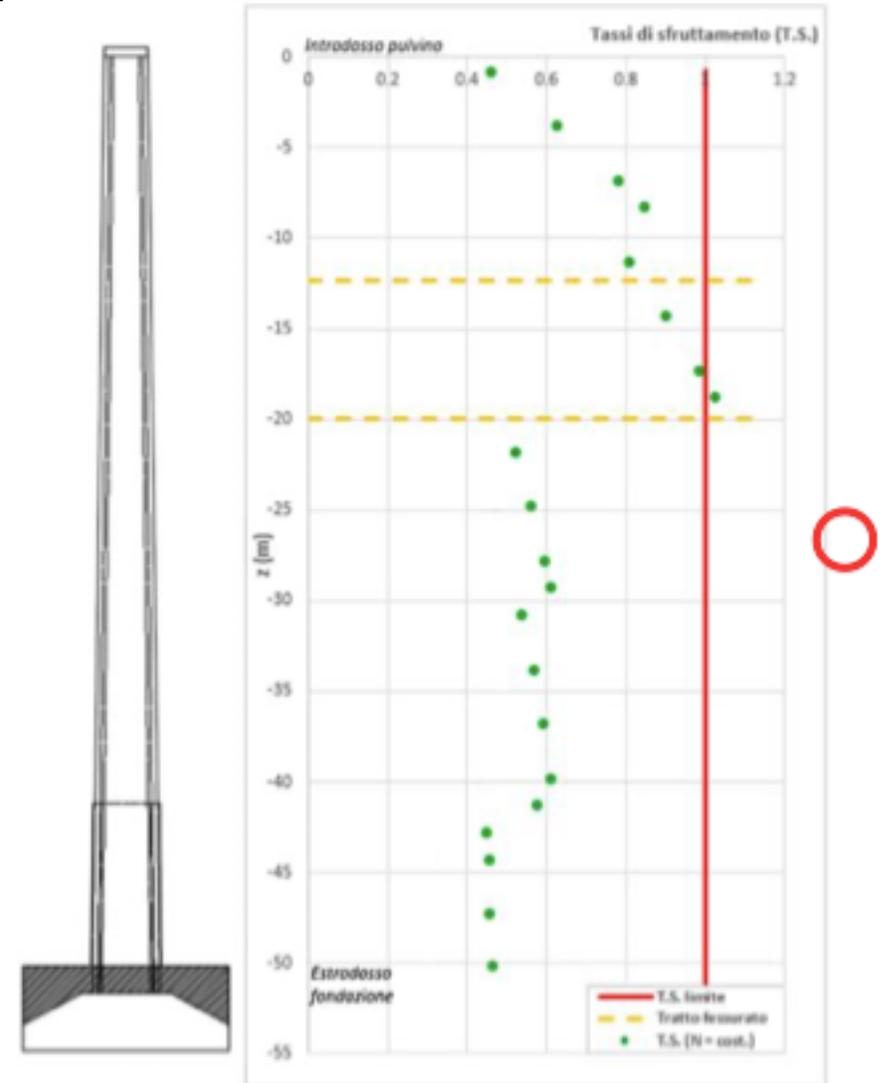
1. inclinometri biassiali ad alta precisione (con range $\pm 5^\circ$ e sensibilità $\pm 0.002^\circ$) per la misurazione della verticalità delle pile,
2. sensori per il rilevamento degli spostamenti dell'impalcato secondo gli assi delle due pile,
3. tecnologia a fibra ottica, range $-20^\circ\text{C}/+60^\circ\text{C}$ e sensibilità $<1^\circ\text{C}$, per il rilevamento della temperatura delle strutture dell'impalcato (acciaio e calcestruzzo della soletta) e del fusto pila,
4. stazioni per la rilevazione dei dati meteorologici (tecnologia analogica per il rilevamento della temperatura e dell'umidità dell'aria),
5. anemometri per identificare la direzione e la velocità del vento,
6. centralina di acquisizione per il trasferimento in remoto dei dati (Istituto Universitario) .

valutazioni finali del CCT

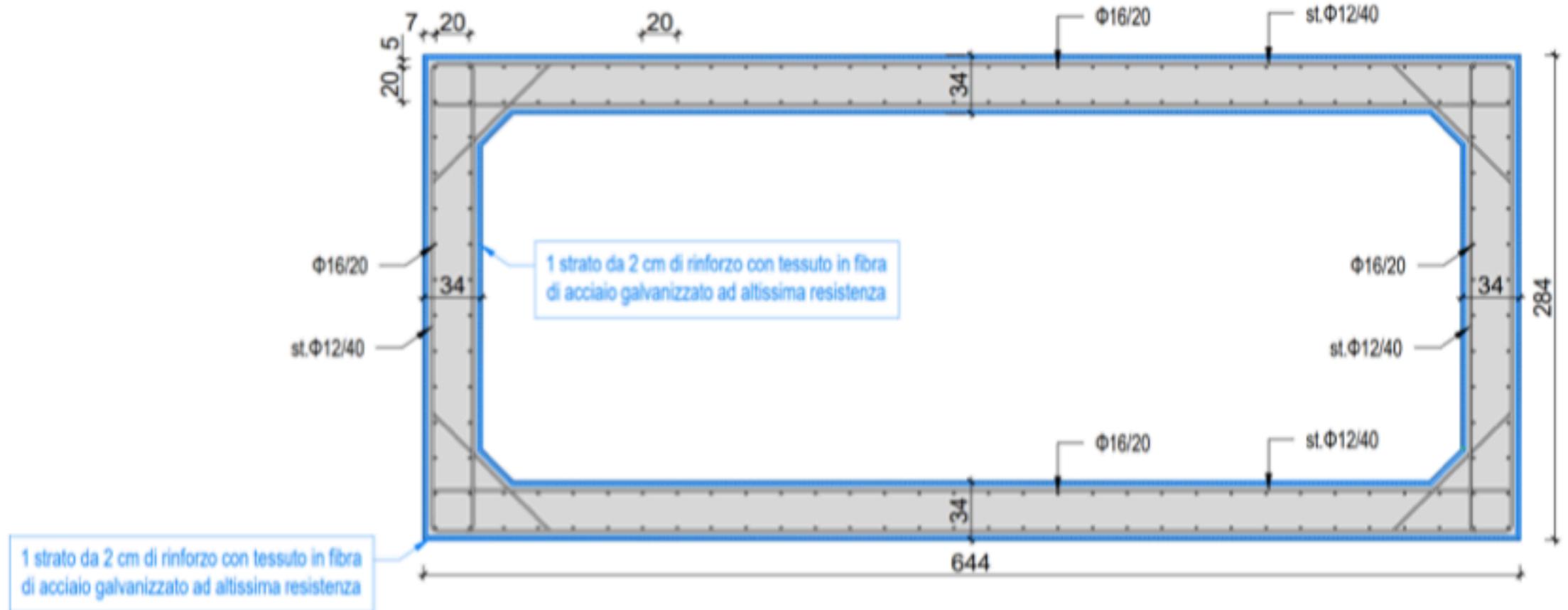
1. La particolare posizione strategica del Viadotto Ritiro nei confronti della viabilità locale della città di Messina e della viabilità della Regione Sicilia;
2. Lo stato della pila e dei danni riscontrati configura l'intervento come un intervento di ripristino della continuità strutturale della pila;
3. La possibile soluzione della demolizione parziale o totale della pila appare non perseguibile
4. La modifica dello schema statico del viadotto comporta l'eliminazione della maggior parte dei momenti flettenti sulla pila riducendo anche gli sforzi a semplice compressione.
5. L'uso di materiali tradizionali (betoncino e rete metallica) sono sconsigliati;
6. L'uso degli FRP sconsigliati a causa della temperatura di esercizio locale simile alla temperatura di transizione vetrosa
7. Gli FRCM con rete di acciaio ad alta resistenza:
 - A. non risente della temperatura,
 - B. non modifica la proposta progettuale,
 - C. notevole semplificazione in termini di posa in opera;
 - D. maggiore garanzia di durabilità e sicurezza;

Distribuzione del tasso di sfruttamento lungo altezza della pila per la condizione di carico considerata

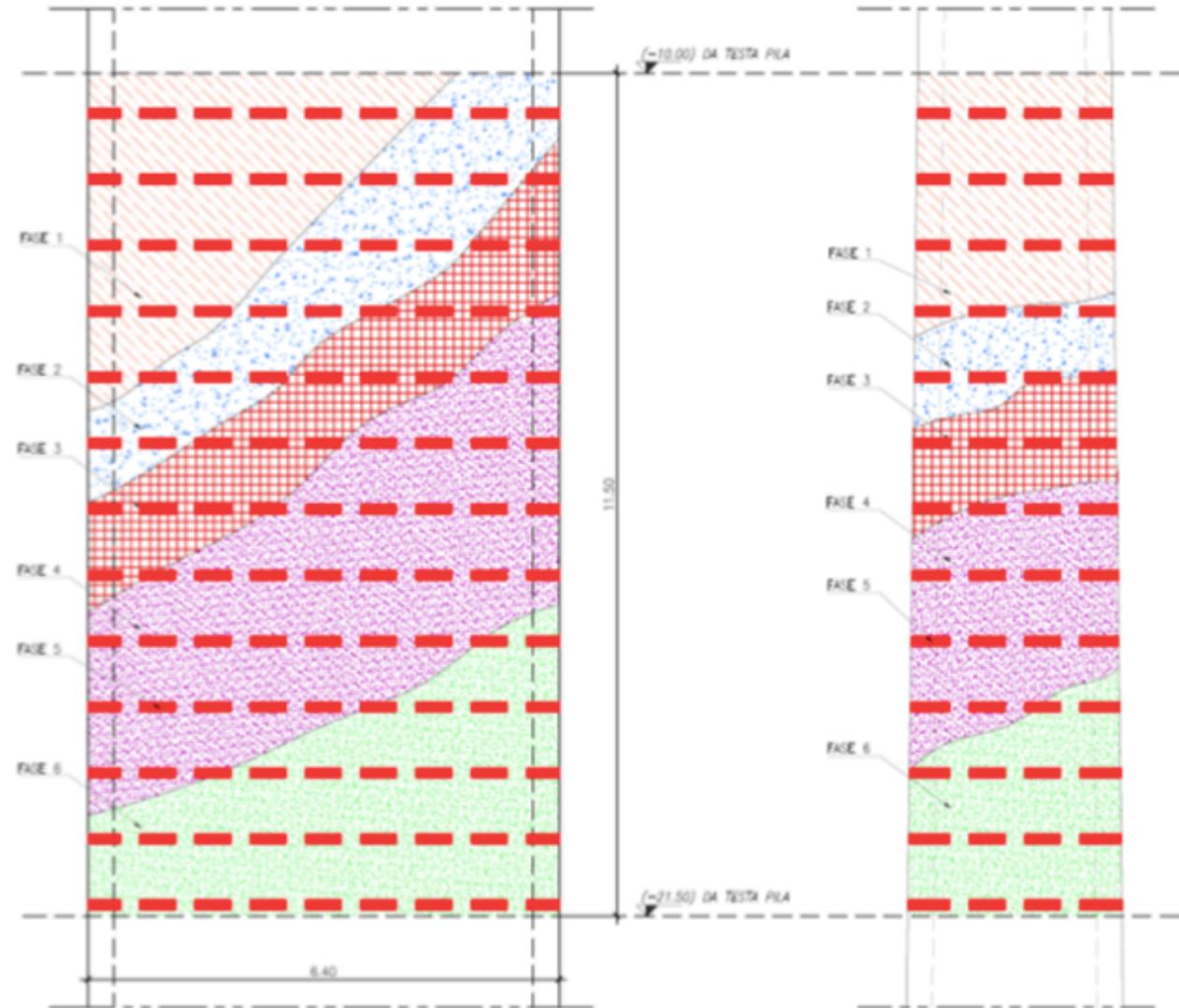
Considerando un'azione orizzontale longitudinale applicata alla sommità della torre di varo, in modo da simulare la configurazione di carico presente al momento dell'evento, sono state condotte delle analisi numeriche sulla pila P9s, che consentono di individuare le sezioni corrispondenti ai valori massimi del Tasso di Sfruttamento, ovvero l'inverso del rapporto tra la domanda e capacità in termini di momento flettente. Le sezioni poste ad una distanza dall'intradosso pulvino compresa tra 12.0 m e 19.5 m, corrispondente al tratto fessurato, registrano i valori maggiori del Tasso di Sfruttamento. Si riscontra quindi, un buon accordo tra valori massimi del T.S., relativi ad una condizione di N costante e pari allo sforzo normale agente all'atto dell'incidente, ed estensione del tratto danneggiato. Nella zona fessurata il tasso di lavoro supera 80%, in particolare nella sezione posta a 19.5 m dall'intradosso del pulvino si supera il 100% (linea rossa verticale).



Individuazione dell'intervento di rinforzo sulla sezione della pila



Localizzazione ed estensione
dell'intervento di rinforzo
da -10,00 a -21,50 testa pila

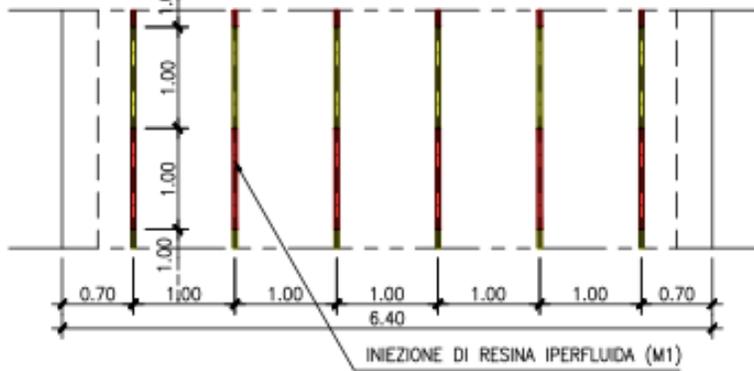


Fasi di installazione dell'intervento di rinforzo strutturale in FRCM

1. Ripristino dello strato fessurato a mezzo di posa tubi microfessurati in appositi alloggiamenti verticali, iniezione resina iperfluida dopo apposita sigillatura. La posa in opera dei tubi microfessurati avverrà solo in corrispondenza del bordo esterno pila, mentre la sigillatura sarà eseguita sia sulle superfici esterne che interne.
2. Scarifica mediante idrodemolizione e/o fresatura del calcestruzzo superficiale per uno spessore $S_p=20\text{mm}$ (± 5 mm).
3. Posa di tre strati di malta reoplastica tixotropica bicomponente a ritiro compensato per uno spessore $SP=8$ mm alternati con due strati di tessuto in acciaio galvanizzato ad altissima resistenza posto verticalmente ed uno strato di tessuto metallico disposto orizzontalmente.
4. Realizzazione di fori $\varnothing 16$ a passo 1 m in senso orizzontale profondità 20cm, inserimento nel loro interno di connettori di ancoraggio in acciaio galvanizzato, iniezione di resina all'interno dei fori e sfioccamento dei connettori.
5. Posa quarto strato di malta reoplastica tixotropica ricomponente a ritiro compensato per uno spessore $SP=8$ mm.
6. Finitura finale delle superfici trattate a mezzo di Mapelastic spesso

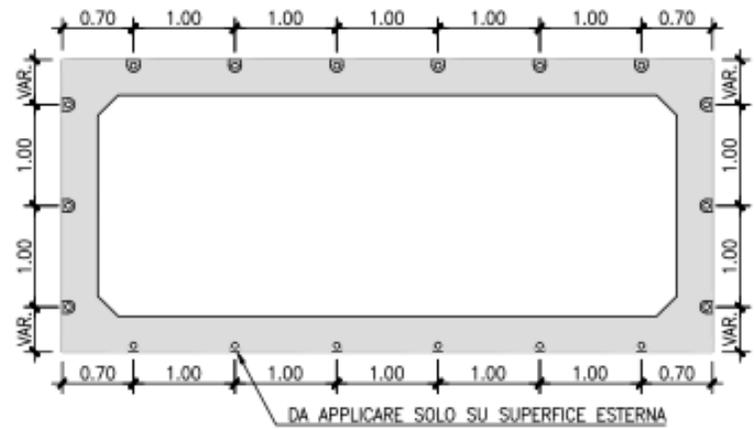
STRALCIO TUBI MICROFESSURATI PROSPETTO TRASVERSALE

Scala 1:50



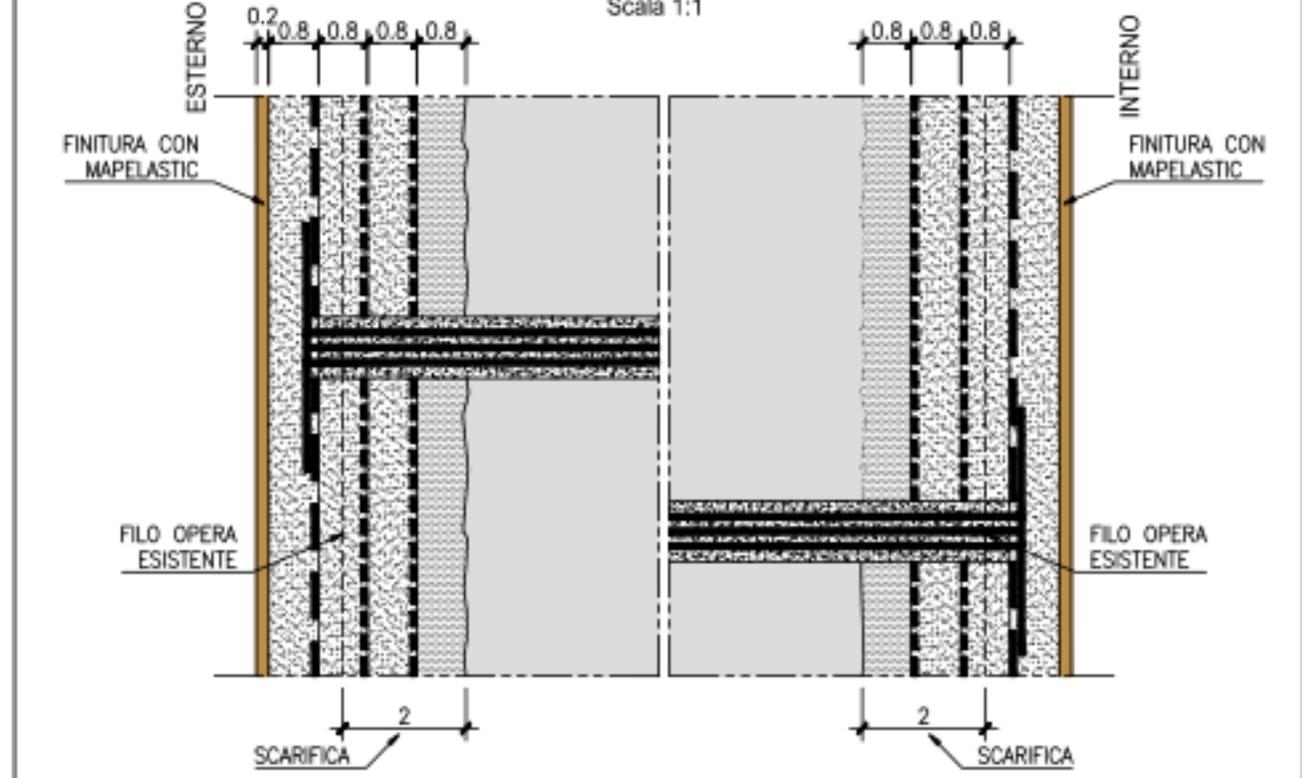
SEZIONE ORIZZONTALE

Scala 1:50



PARTICOLARE "A"

Scala 1:1



Grazie per l'attenzione

