



Autorità di Sistema Portuale
del Mare Adriatico Orientale
Porti di Trieste e Monfalcone

PROGETTO AdSP n° 1949

Componenti di intervento nel progetto di ammodernamento infrastrutturale e funzionale del terminal contenitori del Molo VII nel porto di Trieste

CIG: 9192064b2b - CUP: C94E21000270001

PROGETTISTA:



F&M Ingegneria Spa
Via Belvedere 8/10
30035 - Mirano (VE)



Haskoning-DHV Nederland B.V
P.O. Box 1132
3800 BC Amersfoort
The Netherlands



HMR srl
Piazzale della Stazione 7
35131 - Padova (PD)



SQS srl
Viale della Terza Armata 7
34123 - Trieste (TS)

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Eric Marcone

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

NOME FILE: 1949_PFTE_L1_STR_r006_02_01.doc

SCALA: -

TITOLO ELABORATO:

RELAZIONE SUI RIPRISTINI STRUTTURALI

ELABORATO:

L1_STR_r006

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
01	07/06/2023	RISCONTRO OSSERVAZIONI REG_PROT-0008501	A.M.	C.S.	T.T.
00	05/05/2023	PRIMA EMISSIONE PER COMMENTI	A.M.	C.S.	T.T.



Sommario

1	PREMESSA	4
2	INQUADRAMENTO NORMATIVO	6
3	DESCRIZIONE DELL'OPERA DAL PUNTO DI VISTA STRUTTURALE	7
3.1	LA DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE	7
3.2	L'IMPALCATO	7
3.3	LE FONDAZIONI	12
3.4	I REQUISITI DI PROGETTO SUI MATERIALI	13
3.4.1	Piastra prefabbricata della struttura originaria	13
3.4.2	Piastra prefabbricata della struttura di completamento	13
3.4.3	I pali di fondazione	14
4	LO STATO DI DEGRADO	15
4.1	LE ISPEZIONI VISIVE	15
4.2	LE RISULTANZE DELLE ISPEZIONI	17
4.2.1	L'intradosso della soletta	17
4.2.2	Le nervature	18
4.2.3	Acciaio ad alta resistenza per le barre tipo dywidag di precompressione	20
4.3	SINTESI DELLE ALTRE INDAGINI SPERIMENTALI	22
4.3.1	Campagna 2020	22
4.3.2	Campagna 2022	23
4.4	INDAGINI PER LA VERIFICA DELL'ESTENSIONE DEL DANNO E L'EFFICACIA DEGLI INTERVENTI DI RIMOZIONE DELLE PARTI AMMALORATE (CAMPO PROVE)	24
5	GLI INTERVENTI FINALIZZATI ALL'ARRESTO DEL DEGRADO ED ALLA RIQUALIFICAZIONE STRUTTURALE	32
5.1	DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI	32
5.2	CRITERI GENERALI PER L'INDIVIDUAZIONE DELLA CLASSE DI INTERVENTO	37
5.3	METODOLOGIE DI LAVORO	43
5.3.1	Piattaforma di lavoro	45
5.3.2	Aperture sulle velette perimetrali passi uomo	50



5.4	CONSIDERAZIONI SUI TEMPI E SUL CONSUMO D'ACQUA	57
5.5	CONSIDERAZIONI SULLA CANTIERIZZAZIONE	59
5.6	CRONOPROGRAMMA	61
5.7	REQUISITI DEI PRODOTTI PER GLI INTERVENTI MANUTENTIVI E NORMATIVA APPLICABILE	62
5.7.1	Normativa	62
5.7.2	Requisiti dei materiali	62
5.7.2.1	Acqua per idropulizia e idroscarifica	62
5.7.2.2	Malta da ripristino	63
5.7.2.3	Tessuto in fibra di acciaio per ripristino strutturale	66
5.7.2.4	Impermeabilizzazione	68

Indice delle figure

Figura 1.1: vista dall'alto della banchina del molo VII	4
Figura 1.2: planimetria delle piastre prefabbricate con indicazione del periodo di realizzazione	5
Figura 3.1: sezione trasversale tipologica	7
Figura 3.2 schema strutturale in pianta della struttura originaria, con piastre a nervature diagonali.	8
Figura 3.3: Armatura di precompressione della trave principale	8
Figura 3.4: Armatura di precompressione della trave secondaria	8
Figura 3.5: Armatura lenta della soletta	9
Figura 3.6: pianta delle nervature della piastra tipologica.	9
Figura 3.7: Sezione della piastra prefabbricata tipica	10
Figura 3.8: Precompressione tipologica di una nervatura di bordo; per le nervature intermedie la precompressione è composta da 4 barre	10
Figura 3.9: sezioni trasversali della precompressione e dell'armatura lenta	10
Figura 3.10: vista della precompressione integrativa per le travi porta rotaia	11
Figura 3.11: vista dell'armatura lenta integrativa, posta all'interno del getto fra le nervature	11
Figura 3.12: carpenteria e dettagli di armatura del palo tipico (dal progetto di ampliamento)	12
Figura 3.13: prescrizioni del progetto originale sulla qualità dei materiali	13
Figura 4.1: varie situazioni degli stati di degrado dell'intradosso di soletta	18
Figura 4.2: stati di degrado delle nervature di bordo e interne	20
Figura 4.3: immagini relative alle ispezioni alle barre di precompressione (indagini INSITU 2020)	21
Figura 4.4: ubicazione delle prove sperimentali della campagna 2020	22
Figura 4.5: Ubicazione delle indagini sperimentali della campagna 2022.	23
Figura 4.6: Esempi tipici di fessurazioni con copriferro che impedisce di rilevare l'entità del degrado	24
Figura 4.7: Caratteristiche Idropulizia	26
Figura 4.8: Caratteristiche Idroscarifica	26



Figura 4.9: Planimetria d'inquadramento piastre oggetto di campo prova.....	27
Figura 4.10: Specifiche lavorazioni campo prova.....	27
Figura 4.11: Scheda tipo Individuazione zone ammalorate.....	29
Figura 4.12: Scheda tipo rilievi zone ammalorate.....	30
Figura 4.13: Scheda tipo report fotografico post intervento.....	31
Figura 5.1: Planimetria di individuazione delle classi di intervento.....	37
Figura 5.2: Piastra tipo x (Impalcato anni '60).....	38
Figura 5.3: Piastra tipo + (Impalcato anni '90).....	38
Figura 5.4: Piastre particolari (anni'90).....	38
Figura 5.5: Zona di raccordo tra impalcato originario (anni'60) e impalcato di ampliamento – tra i fili R e S.....	39
Figura 5.6: Getti in opera nella zona di raccordo tra radice e molo anni '60.....	39
Figura 5.7: Dalle nella zona di raccordo tra radice e molo anni '90.....	39
Figura 5.8: Conteggio piastre per classe di intervento.....	42
Figura 5.9: Superfici di intervento per ogni classe.....	42
Figura 5.10: Piattaforma tipologica in fase di lavoro – Sezione tipo.....	43
Figura 5.11: Piattaforma tipologica di lavoro – Sezione tipo.....	44
Figura 5.12: Piattaforma tipologica di lavoro – Pianta tipo.....	45
Figura 5.13: Prescrizioni per fori su velette perimetrali.....	50
Figura 14: Elaborati progetto armature velette perimetrali.....	51
Figura 5.15: Prescrizioni per passi d'uomo su piastre.....	52
Figura 16: Schema chiusura varchi velette perimetrali con lamiera sagomata.....	53
Figura 17: Elaborati progetto armature piastre zona anni 60.....	54
Figura 18: Elaborati progetto armature piastre zona anni 80.....	55
Figura 19: Caratteristiche manicotti tipo Halfen MBT per riprese armature.....	56
Figura 5.20: Tabella riassuntiva produttività intervento Tipo 1.....	57
Figura 5.21: Tabella riassuntiva produttività intervento Tipo 2.....	57
Figura 5.22: Tabella riassuntiva produttività intervento Tipo 3.....	57
Figura 5.23: Calcolo del tempo impiegato per le lavorazioni.....	58
Figura 5.24: Stima del consumo d'acqua.....	58
Figura 5.25: Progressione lavorazioni.....	60
Figura 5.26: Cantierizzazione – Pianta tipo area cantiere.....	61
Figura 5.27: Cronoprogramma generale interventi strutturali.....	61



1 PREMESSA

La presente relazione illustra le tipologie di intervento di ripristino strutturale che sono previste per l'impalcato della banchina del molo VII, sito nell'area portuale di Trieste e destinato a terminal contenitori; gli interventi sono resi necessari a seguito dei fenomeni di degrado delle parti in calcestruzzo armato normale e precompresso (corrosione di armature, distacco di copriferri, ecc.) verificatisi negli anni anche a causa dell'esposizione della struttura in ambiente marino, fortemente aggressivo per la presenza di cloruri.

Gli interventi sono finalizzati a ripristinare le originarie prestazioni strutturali in termini di resistenza, funzionalità e durabilità; non si prevede un rinforzo delle strutture.

La banchina si sviluppa con una soluzione "a giorno" per circa 367.000mq su una pianta prevalentemente rettangolare con lati di 400m x 765m con una appendice lato terra ed è costituita da un impalcato a piastre nervate prefabbricate e supportate da pali di grande diametro posti su una maglia di 9,90m x 9,90m.

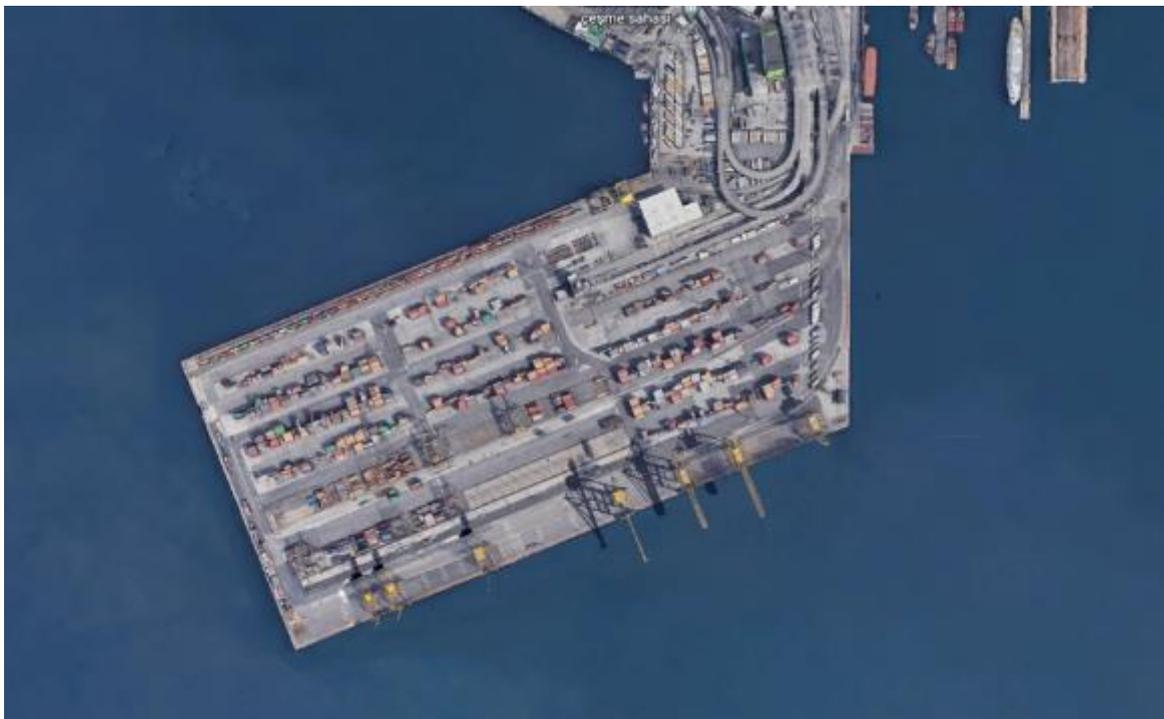


Figura 1.1: vista dall'alto della banchina del molo VII

La banchina è stata realizzata in due fasi successive: la prima fase risale alla seconda metà degli anni '60¹ mentre il completamento verso sud, relativo ad una ulteriore fascia larga 150m e realizzato in due lotti funzionali con tecniche costruttive molto simili, risale agli anni 1988-1999². La pianta riportata nella figura che segue consente di individuare sia la parte a giorno su pali e realizzata mediante piastre prefabbricate, sia le epoche costruttive.

¹ E' disponibile il collaudo tecnico – amministrativo che attesta la consegna dei lavori nel giugno 1965 e il completamento nell'agosto 1972, a seguito di una serie di proroghe.

² Sono disponibili la relazione finale del D.L. del 2° lotto funzionale ed il relativo collaudo statico, entrambi datati 1999.

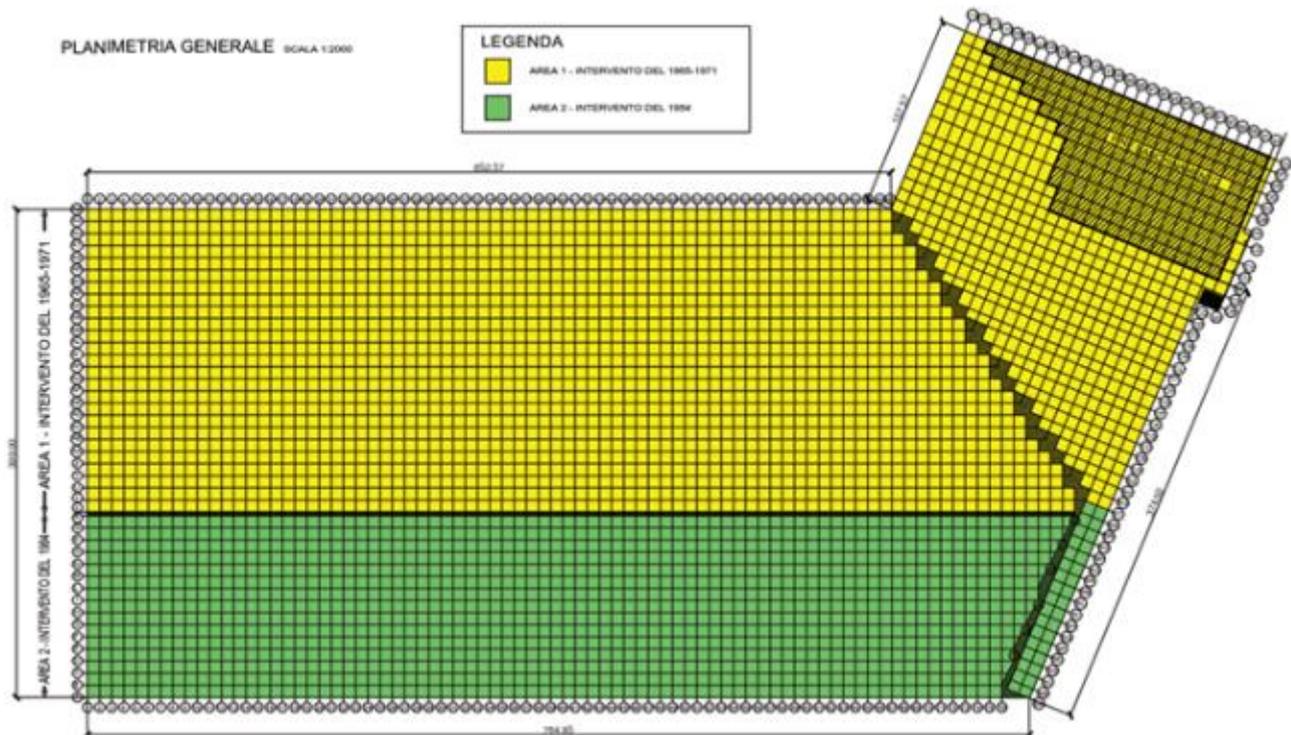


Figura 1.2: planimetria delle piastre prefabbricate con indicazione del periodo di realizzazione

Dopo un inquadramento normativo dell'intervento (cap. 2), nella presente relazione:

- viene illustrata (cap. 3) la concezione strutturale dell'opera anche con l'ausilio di una estesa documentazione progettuale originale, e vengono descritte le caratteristiche dei singoli elementi che compongono la banchina; vengono riportati anche i requisiti originali sulle caratteristiche dei materiali
- è sinteticamente descritto l'attuale stato di conservazione ed i principali fenomeni di degrado riscontrati a seguito di accurate indagini visive e strumentali (cap. 4)
- sono illustrate le tipologie di intervento finalizzate all'arresto del degrado ed al ripristino delle originali prestazioni (cap. 5).



2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

Dal punto di vista strutturale, gli interventi previsti si inquadrano come “interventi di riparazione o locali”, espressamente previsti dal cap. 8.4 “Classificazione degli interventi” del D.M. 17/1/2018 “Norme tecniche sulle costruzioni”. Più in particolare, agli interventi qui previsti si applica la definizione del cap. 8.4.1: interventi finalizzati a “*ripristinare, rispetto alla condizione precedente al danno (degrado) le caratteristiche iniziali di elementi o parti danneggiate (degradate)*”.

Gli interventi previsti, non modificando né l’assetto strutturale né i carichi complessivi, e non prevedendo una variazione della classe d’uso, non richiedono una valutazione della vulnerabilità sismica.

In teoria, gli interventi non richiederebbero nemmeno valutazioni sulla sicurezza in esercizio; tuttavia, poiché durante le campagne di indagini conoscitive sui materiali condotte nel 2020 e nel 2022 (vedi oltre) si sono evidenziati degli scostamenti rispetto alle previsioni di progetto sulle resistenze dei materiali (e nello specifico per l’acciaio di armatura della parte più vecchia) sono state condotte le verifiche di sicurezza in esercizio assumendo i limiti di resistenza sui materiali ottenuti sperimentalmente, più penalizzanti rispetto a quelli teorici di progetto.

Inoltre, sono state eseguite delle verifiche di sicurezza per alcune configurazioni di carico che “globalmente” sono inferiori a quanto già considerato a progetto, ma localmente inducono sollecitazioni locali elevate, trattandosi di carichi concentrati su aree relativamente piccole; si tratta dell’utilizzo sulla banchina di gru gommate tipo RTG.

Le valutazioni numeriche sulla sicurezza sono condotte nella relazione specifica:

1949_PFTE_L1_STR_r005_02 - Relazione tecnica sullo stato di fatto delle strutture e sulle indagini



3 DESCRIZIONE DELL'OPERA DAL PUNTO DI VISTA STRUTTURALE

3.1 La documentazione disponibile

Per entrambe le fasi costruttive è disponibile un considerevole numero di documenti di progetto originali. Il progettista è in entrambi i casi l'ing. Silvano Zorzi (IN.CO. s.p.a.) di Milano.

Per la prima fase, realizzata dall'Impresa Farsura S.p.a., sono disponibili circa 90 disegni con le relazioni di calcolo dell'impalcato (con 3 aggiornamenti) e della capacità portante dei pali. E' anche disponibile la relazione ed il certificato di collaudo tecnico - amministrativo.

Per la seconda fase, realizzata negli anni '90 dall'Impresa Gambogi (successivamente incorporata in Ferrocemento – Recchi poi divenuta a sua volta Società Italiana per Condotte nd'Acqua S.p.A) sono disponibili circa 70 disegni (afferenti essenzialmente al primo lotto funzionale) e alcune relazioni descrittive e di calcolo, compresa una relazione geologica e geotecnica. Per tale fase costruttiva sono disponibili la relazione finale del D.L. (priva degli allegati sulla qualità dei materiali) ed il certificato di collaudo statico.

Le relazioni di calcolo e i disegni disponibili consentono una completa conoscenza della concezione strutturale, dei dettagli costruttivi, delle normative adottate, dei requisiti sui carichi e sui materiali, ed infine sui livelli di sicurezza, ricordando che tutte le calcolazioni erano ovviamente state condotte con riferimento al metodo delle tensioni ammissibili, in vigore all'epoca.

3.2 L'impalcato.

L'impalcato è realizzato mediante piastre nervate a pianta quadrata di lato 9,90m in appoggio sui pali, ai quali sono connesse mediante getti di completamento. Le piastre delle due epoche costruttive si differenziano, oltre che per la quantità di armatura, anche per la disposizione delle nervature.

La piastra tipologica della struttura originaria progettata nella seconda metà degli anni '60 è costituita da nervature laterali sui quattro lati di sezione trapezoidale di luce 9m e pretese con 3 barre Dywidag $\Phi 32$ in acciaio 80/105 ad andamento parabolico e da travi secondarie, disposte in diagonale, di sezione trapezoidale di luce e pretese con 6 barre Dywidag $\Phi 26$ in acciaio 80/105 ancora ad andamento parabolico. La soletta ha spessore pari a 24cm e l'altezza totale della sezione è pari a 1.44m. Al di sopra della soletta è previsto uno strato ballast di 40cm. I bordi della banchina sono chiusi da travi perimetrali prefabbricate di sezione rettangolare con veletta inferiore sotto-sporgente.

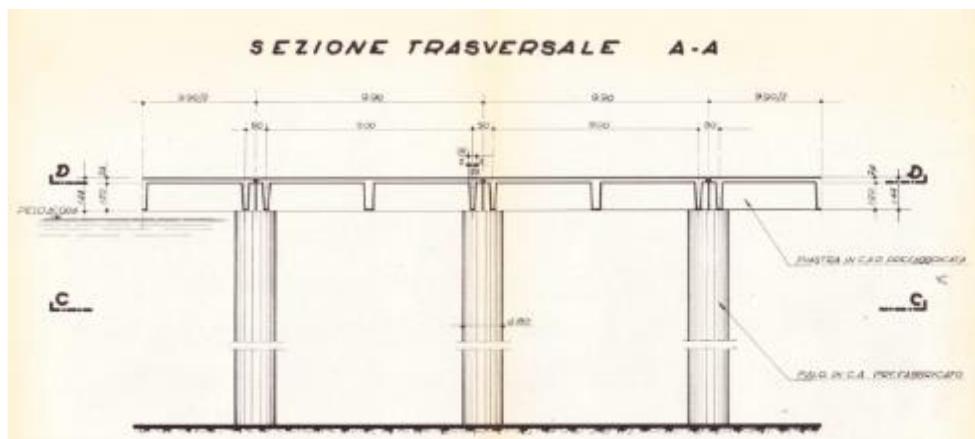


Figura 3.1: sezione trasversale tipologica

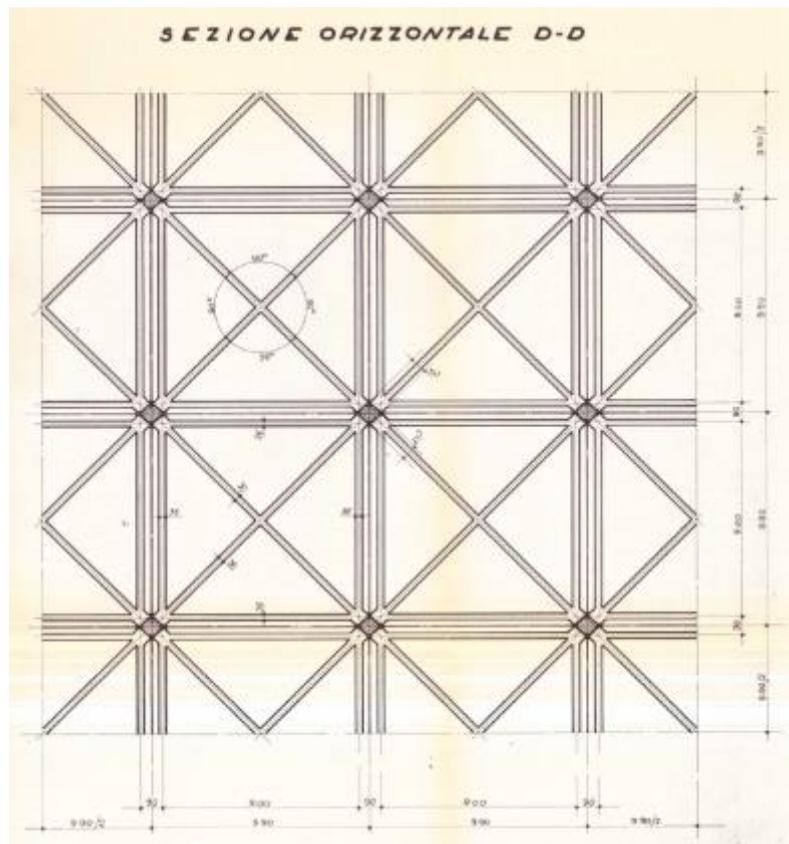


Figura 3.2 schema strutturale in pianta della struttura originaria, con piastre a nervature diagonali.

Di seguito vengono riportati alcuni estratti dai disegni della armatura di precompressione.

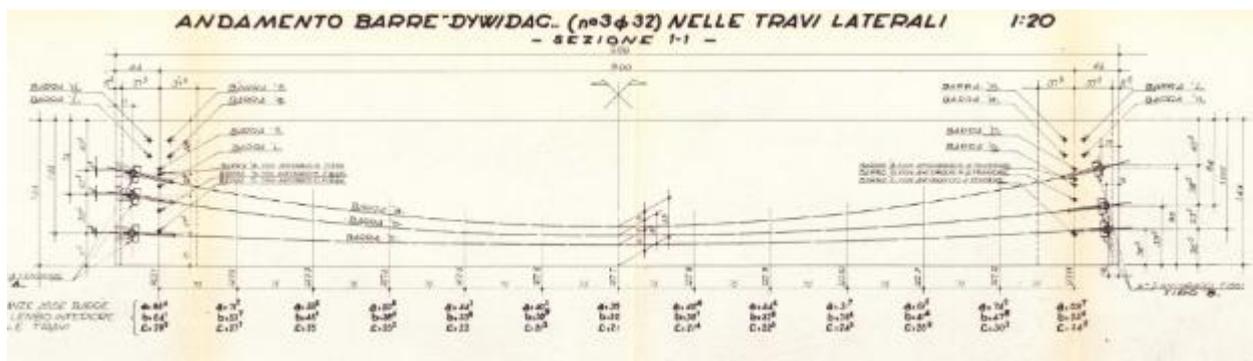


Figura 3.3: Armatura di precompressione della trave principale

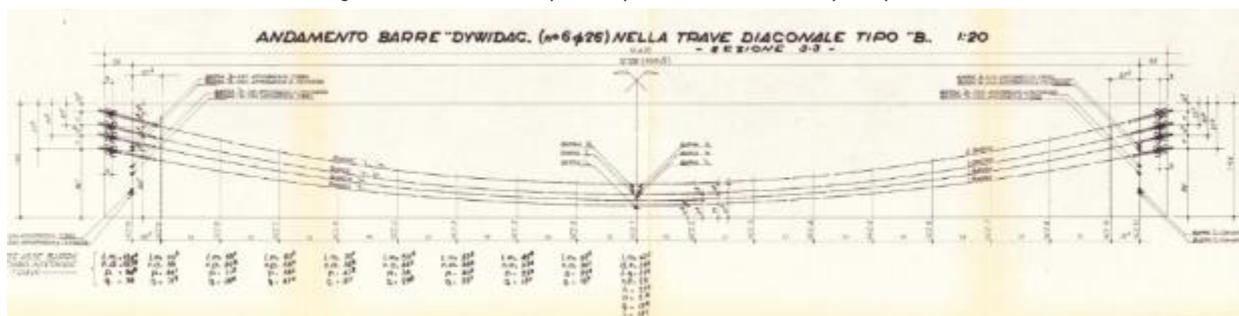


Figura 3.4: Armatura di precompressione della trave secondaria

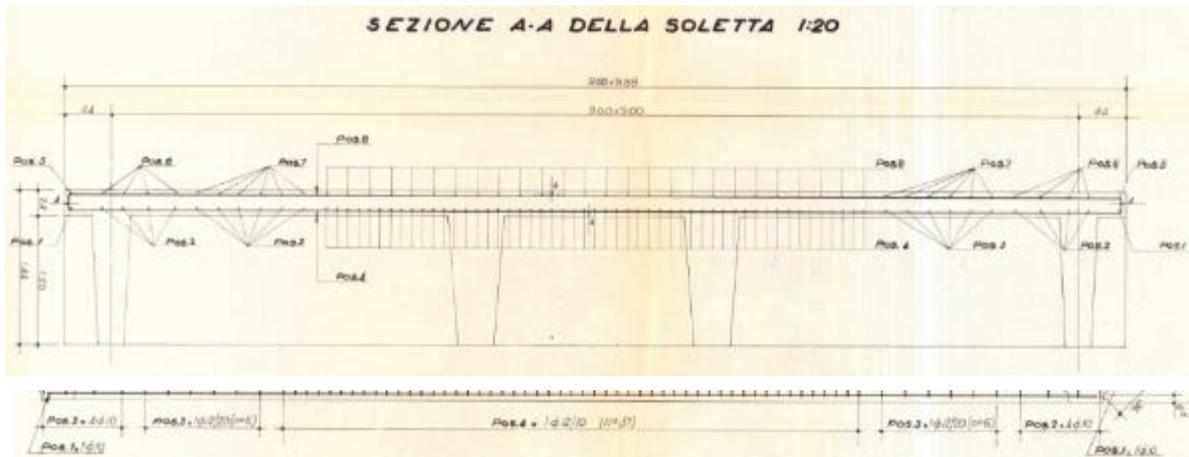


Figura 3.5: Armatura lenta della soletta

Le piastre prefabbricate della banchina in ampliamento (realizzazione anni '90) sono alte complessivamente 1,44m e si compongono di una soletta superiore di 26cm di spessore, di 4 nervature perimetrali e di 2 nervature ortogonali intermedie. Le nervature sono precomprese con barre $\varnothing 32\text{mm}$ in acciaio 110/125 ad andamento parabolico, in numero di 6 per le nervature di bordo e di 4 per quelle intermedie. La disposizione l'armatura delle nervature intermedie costituisce quindi la differenza più significativa fra le due fasi costruttive. Ai vertici sopra i pali le piastre sono unite fra loro da barre curve che conferiscono una continuità assiale al piano dell'impalcato per assorbire le spinte delle bitte. Al di sopra delle lastre è previsto un massetto in calcestruzzo di 35-40cm.

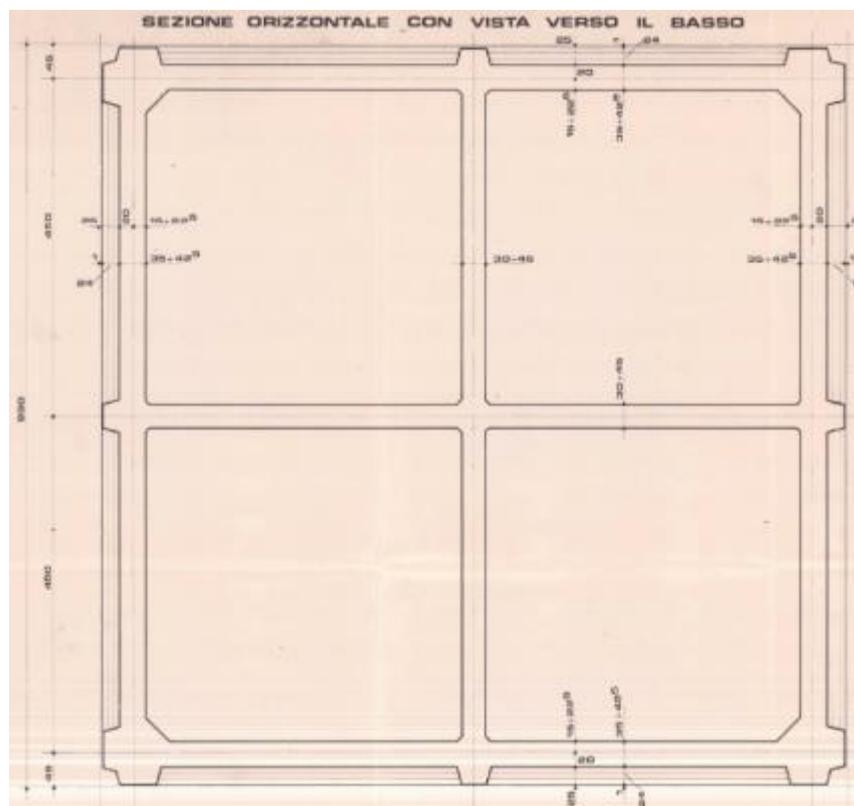


Figura 3.6: pianta delle nervature della piastra tipologica.

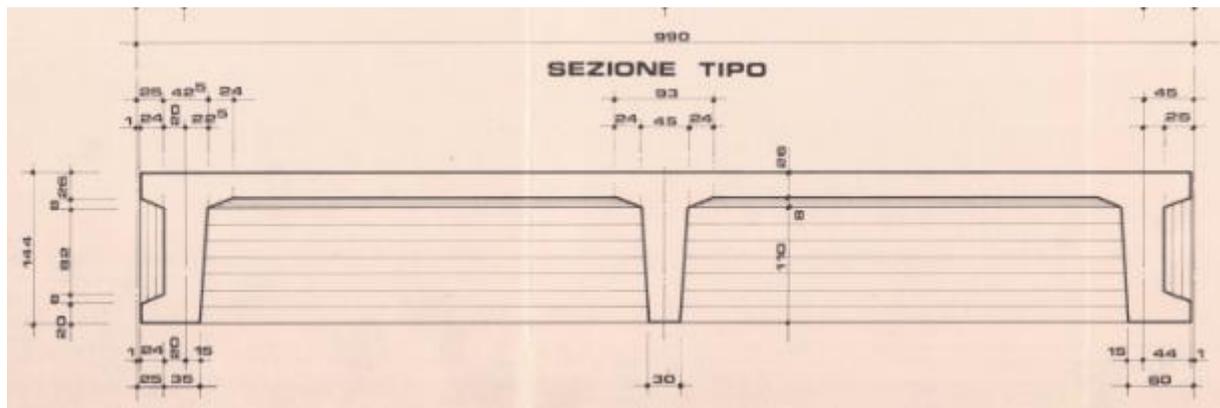


Figura 3.7: Sezione della piastra prefabbricata tipica

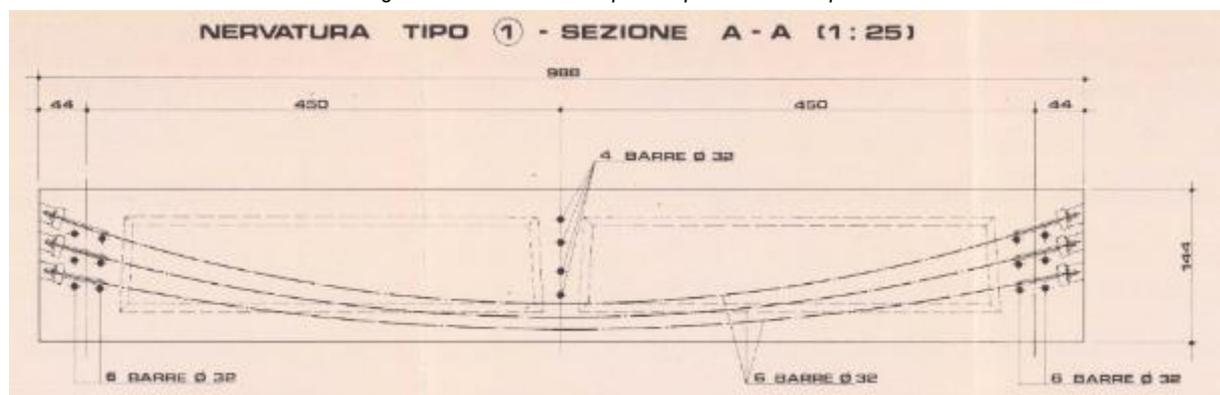


Figura 3.8: Precompressione tipologica di una nervatura di bordo; per le nervature intermedie la precompressione è composta da 4 barre

Parallelamente al lato lungo sul fronte sud, sono presenti due travi porta rotaia per le gru STS, una di bordo lato mare e una, parallela alla prima interna; quest'ultima tipologia è ottenuta mediante getto in opera all'interno dei vani delle nervature esterne fra due piastre attigue, opportunamente attrezzato con precompressione integrativa.

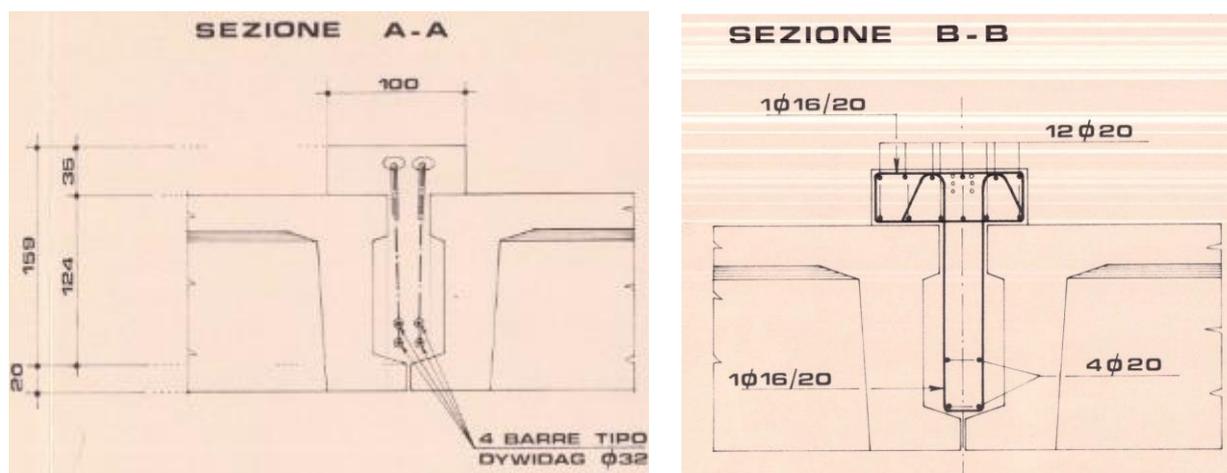


Figura 3.9: sezioni trasversali della precompressione e dell'armatura lenta

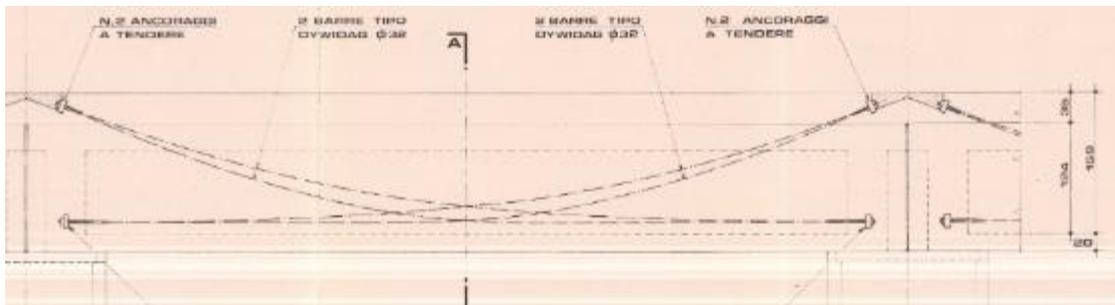
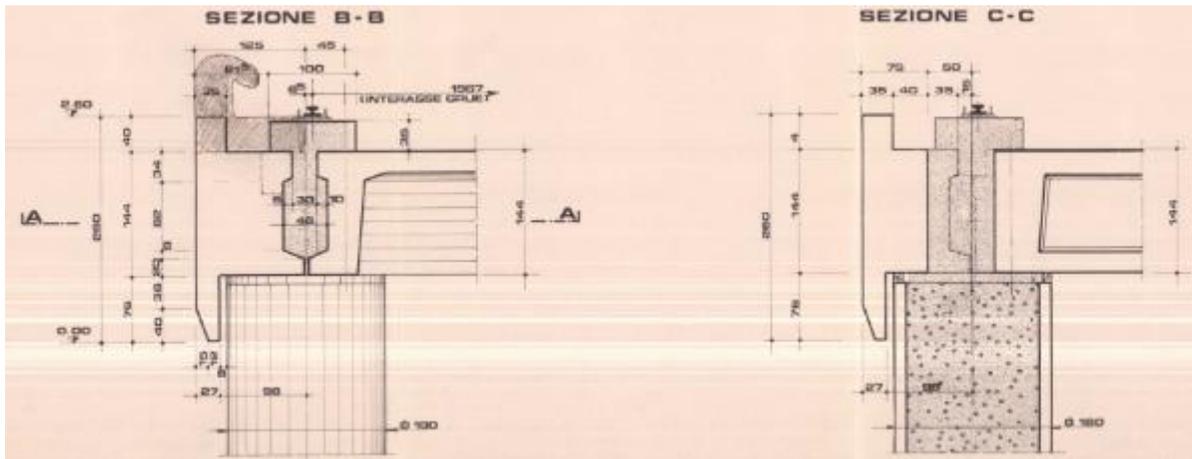


Figura 3.10: vista della precompressione integrativa per le travi porta rotaia

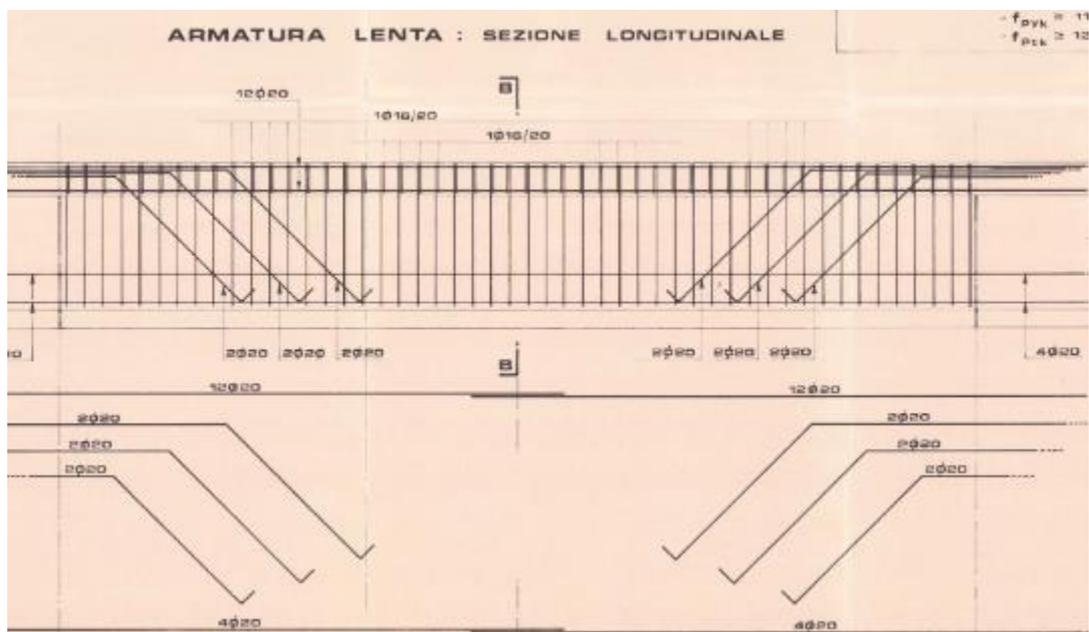


Figura 3.11: vista dell'armatura lenta integrativa, posta all'interno del getto fra le nervature.



3.3 Le fondazioni

Le fondazioni sono costituite da pali – colonne $\varnothing 1800\text{mm}$ cavi in c.a. prefabbricati centrifugati dello spessore di 16cm, monolitici sull'intera altezza atti ad attraversare il tirante d'acqua e la coltre limosa – argillosa, fino a raggiungere il sottostante livello di flysch mediante l'impiego di una attrezzatura rotary; la perforazione viene poi proseguita per la lunghezza necessaria nella roccia ed il vano viene riempito di calcestruzzo armato sub-acqueo; il restante palo viene riempito in calcestruzzo non armato fino in sommità, dove sono presenti altre armature di collegamento alla banchina. La maglia dei pali è di 9,90m x 9,90m.

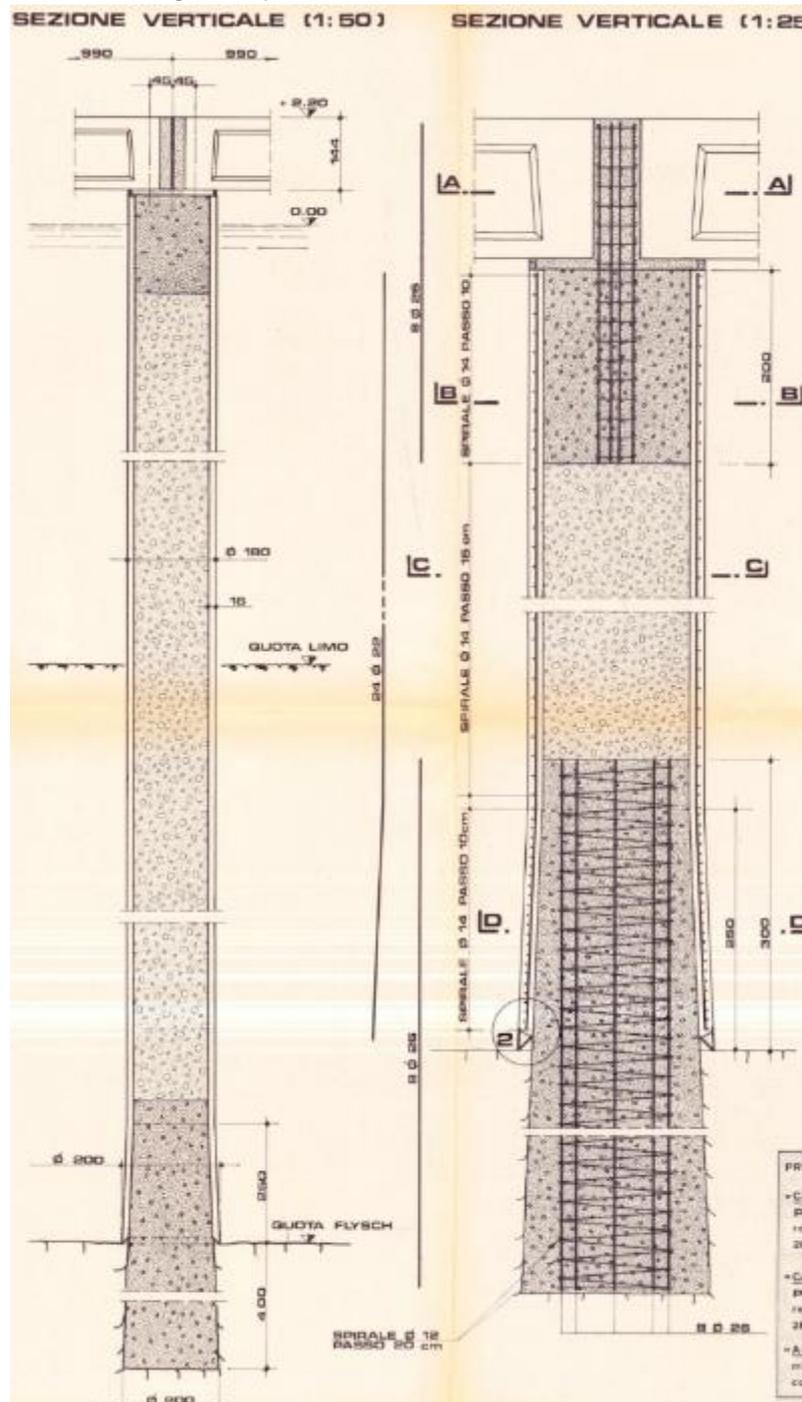


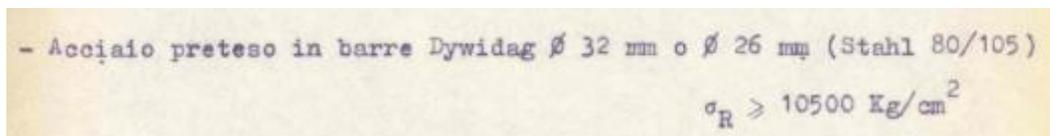
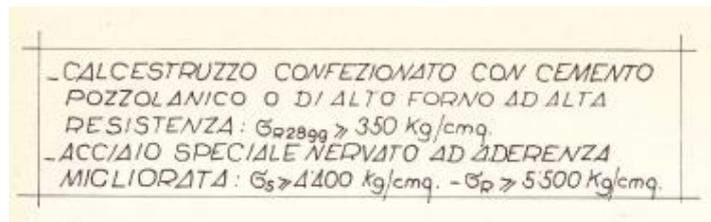
Figura 3.12: carpenteria e dettagli di armatura del palo tipico (dal progetto di ampliamento)



3.4 I requisiti di progetto sui materiali

3.4.1 Piastra prefabbricata della struttura originaria

I materiali impiegati sono dedotti dalle tavole del progetto esecutivo di cui si è in possesso e di cui si riporta un'immagine riassuntiva.



3.4.2 Piastra prefabbricata della struttura di completamento

Il progetto originale prevede i seguenti materiali (prescrizioni tratte dai disegni originali):



Figura 3.13: prescrizioni del progetto originale sulla qualità dei materiali

La conformità di quanto eseguito alle prescrizioni progettuali in termini di qualità dei materiali è attestata dal Direttore dei Lavori e dal Collaudatore; il numero di prove e le certificazioni raccolte sono citate nel certificato di collaudo, anche se non sono materialmente disponibili agli scriventi.

Confrontando questi dati con quelli della costruzione originale, si osserva che:

- La resistenza caratteristica del calcestruzzo è incrementata da $R_{ck} = 35 \text{ MPa}$ a 40 MPa
- Le caratteristiche di snervamento e rottura per l'acciaio di armatura sono rimaste immutate
- Le prestazioni delle barre dywidag di precompressione sono incrementate; la tensione caratteristica di rottura passa da 1050 Mpa a 1250 MPa , in conseguenza del progresso tecnologico nella produzione delle barre stesse.



3.4.3 I pali di fondazione

Si riportano le prescrizioni reperibili sui disegni dell'ampliamento; non vi sono dati sui pali della prima fase costruttiva.

PRESCRIZIONI PER I MATERIALI CAMICIA PREFABBRICATA	
▫	Calcestruzzo confezionato con cemento POZZOLANICO tipo 425 avente resistenza cubica caratteristica a 28 gg di stagionatura $R_{bk} \geq 400 \text{ kg/cm}^2$
RIEMPIMENTO	
▫	Calcestruzzo confezionato con cemento POZZOLANICO tipo 425 avente resistenza cubica caratteristica a 28 gg di stagionatura $R_{bk} \geq 300 \text{ kg/cm}^2$
▫	Acciaio in barre ad aderenza migliorata tipo Fe B 44 k controllato in stabilimento



4 LO STATO DI DEGRADO

4.1 Le ispezioni visive

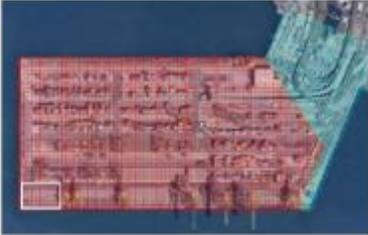
Sono state condotte due ispezioni visive con accluso piano di indagini sperimentali meglio descritte al capitolo che segue. Le risultanze delle ispezioni sono riportate negli elaborati:

- 1949_PFTE_L1_STR_r001_02 - Schede di degrado 2020

Le ispezioni visive sono state effettuate sull'intero intradosso del Molo VII; sono state prodotte una serie di schede per le varie piastre, individuate dai fili e dai picchetti di riferimento. La figura che segue mostra una scheda tipica, che riporta l'ubicazione della piastra ed una sintetica descrizione della tipologia di ammaloramento a commento delle foto.

A - SCHEDA 2

ISPEZIONE VISIVA IMPALCATO MOLO VII - PORTO DI TRIESTE



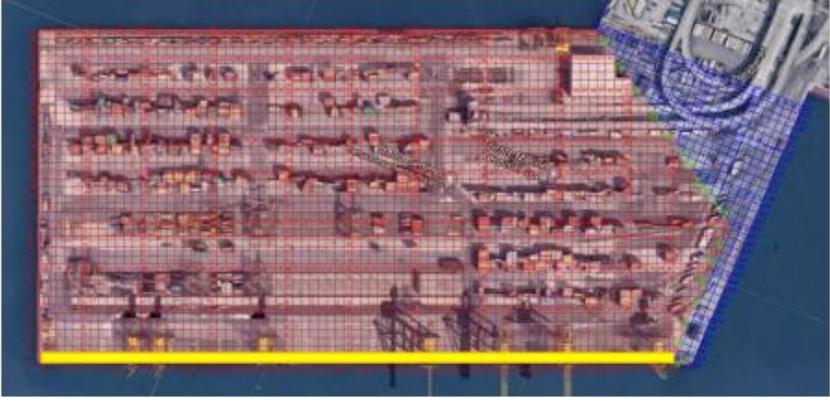
IMPALCATO TRA PALI:		A5-A6-B5-B6	
STRUTTURA	PUNTO	VIDEO	DESCRIZIONE
TRAVE SECONDARIA LONGITUDINALE		A 1-48_† 00m44s	La trave secondaria longitudinale presenta molteplici espulsioni del copriferro.
IMPALCATO	A5-A6 B5-B6	A 1-48_† 00m44s	L'impalcato presenta all'intradosso espulsione del copriferro in diverse aree.






- 1949_PFTE_L1_STR_r001_02 - Schede di degrado 2022

L'ispezione visiva è stata effettuata sull'intero intradosso del molo VII tra giugno e agosto 2022; sono state prodotte una serie di schede per le varie piastre, individuate dai fili e dai picchetti di riferimento (vedi fig. 2) che ripetono quanto prodotto nel 2020. La figura che segue mostra una scheda tipica, che riporta l'ubicazione della piastra ed una sintetica descrizione della tipologia di ammaloramento a commento delle foto. Dal confronto tra le schede prodotte nel 2020 e quelle del 2022 è stato possibile valutare un coefficiente di avanzamento del degrado, soprattutto sulle zone già ammalorate.

FILA A 3	
ISPEZIONE VISIVA IMPALCATO MOLO VII	
	
IMPALCATO TRA PALI : AB5-AB6	
STRUTTURA	DESCRIZIONE
soletta	sono presenti aree di degrado interessate dalla messa in luce del copriferro e riduzione dello spessore delle barre di armatura
trave secondaria longitudinale	alcune aree presentano la messa in luce delle barre di armatura
	



4.2 Le risultanze delle ispezioni

Le ispezioni hanno mostrato un livello di ammaloramento e di degrado piuttosto variabile. In generale, a fronte di un ambiente molto aggressivo, la soluzione di adottare piastre prefabbricate e precomprese ha contribuito in maniera importante alla limitazione del degrado.

La prefabbricazione è generalmente un fattore che favorisce il controllo di qualità del prodotto e minimizza i difetti costruttivi; la precompressione, oltre a richiedere un calcestruzzo di buona qualità (resistente e compatto) per poter essere sfruttata appieno, limita le tensioni di trazione sul calcestruzzo e le conseguenti fessurazioni che determinano le vie preferenziali per l'ingresso degli agenti aggressivi.

Di seguito si riportano alcune immagini di ammaloramenti tipologici, tratti dalle schede redatte in occasione dell'ispezione 2020.

4.2.1 L'intradosso della soletta

Anche se si tratta dell'elemento strutturale più lontano dalla quota del mare, e il meno esposto della splash zone, l'intradosso della soletta è un elemento particolarmente sensibile all'attacco degli agenti aggressivi essendo non precompresso direttamente e avendo livelli di copriferro delle armature lente piuttosto ridotto (come sperimentalmente accertato).

Le immagini che seguono mostrano alcune situazioni di distacco del copriferro e corrosione della armatura di intradosso a vari livelli di gravità; nelle prime foto si vede una situazione particolarmente critica, con la compromissione del calcestruzzo che appare passante. Si ricorda che la corrosione dei ferri è un fenomeno "espansivo" che produce ulteriore distacco del copriferro, dando luogo ad un fenomeno che si aggrava rapidamente.



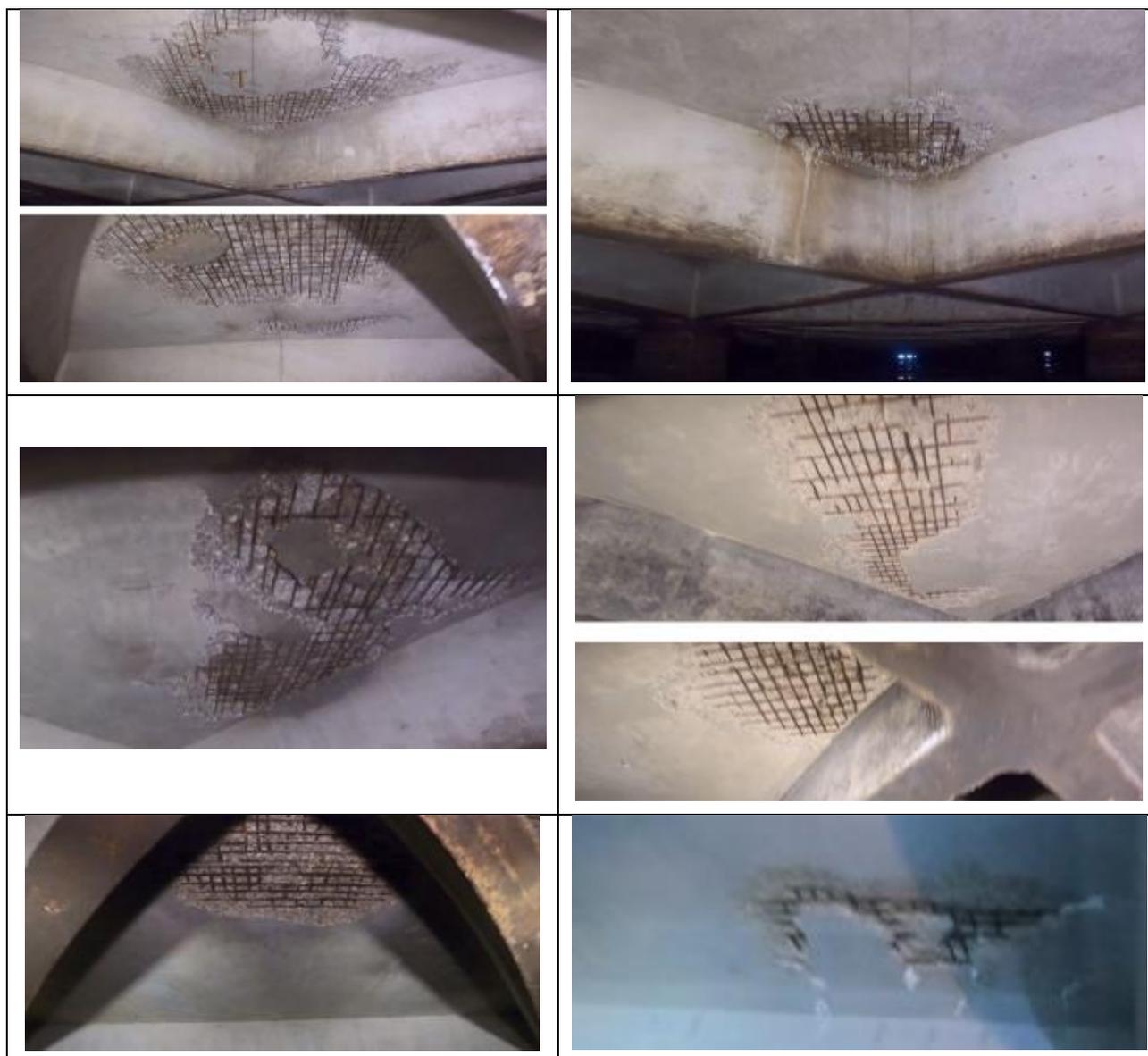


Figura 4.1: varie situazioni degli stati di degrado dell'intradosso di soletta

4.2.2 Le nervature

Si ricorda che tutte le nervature sono direttamente precomprese. Si riportano di seguito una serie di foto afferenti alle varie tipologie di ammaloramento. Si segnalano in particolare delle situazioni in cui all'intradosso delle nervature si vedono chiaramente segnali importanti di ossido, sia pure in assenza di espulsione di copriferro; questo significa che comunque le armature lente all'interno hanno iniziato ad ossidarsi a causa della possibile presenza di fessurazioni longitudinali o porosità localizzate, e quindi anche qui un rapido degrado appare probabile.





Figura 4.2: stati di degrado delle nervature di bordo e interne

4.2.3 Acciaio ad alta resistenza per le barre tipo dywidag di precompressione

Nel quadro delle indagini 2020, sono state condotte delle indagini finalizzate a verificare lo stato di conservazione mediante demolizione localizzate per ispezionare il sistema di protezione (guaina + iniezione) delle barre di precompressione. Dal report si deduce che *“le barre dywidag si presentano protette da una guaina metallica e da un rivestimento simile al “teflon”. Sola la guaina mostra segni di leggera corrosione, mentre le barre sembrano integre e non interessate, al momento, da fenomeni corrosivi”*.

Si riportano alcune immagini tratte dal report citato.





Figura 4.3: immagini relative alle ispezioni alle barre di precompressione (indagini INSITU 2020).



4.3 Sintesi delle altre indagini sperimentali

Oltre all'esame visivo e alla documentazione del degrado, sono state condotte anche altre rilevazioni funzionali a definire lo stato del degrado attuale e potenziale e le proprietà "in situ" dei materiali. Per il dettaglio delle resistenze dei materiali in opera, si veda la relazione:

1949_PFTE_L1_STR_r005_02 - Relazione tecnica sullo stato di fatto delle strutture e sulle indagini

4.3.1 Campagna 2020

A livello di prove sperimentali, la campagna 2020 ha riguardato una fascia lato sud di 40m x 400m, come da pianta che segue.

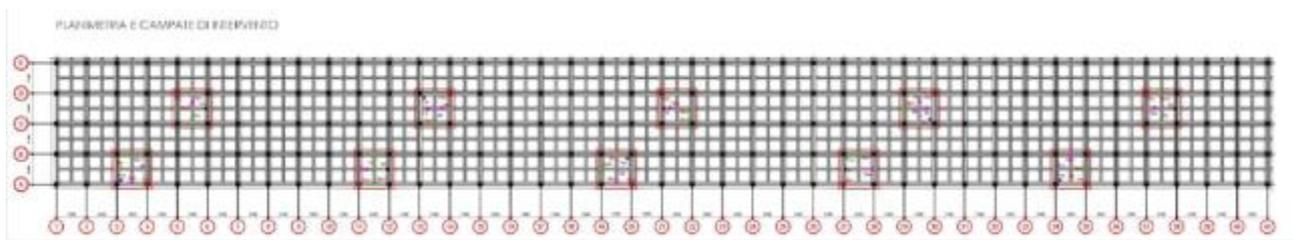


Figura 4.4: ubicazione delle prove sperimentali della campagna 2020

Sono state effettuate le seguenti prove:

- Indagine pacometrica (individuazione delle armature) finalizzata a verificare la corrispondenza fra quanto riscontrabile dai disegni storici e quanto effettivamente realizzato. Si ricorda che è disponibile il progetto originale, e quindi l'indagine si limita ad un controllo, e non all'individuazione delle armature presenti
- Prove di compressione su carote estratte sia dai pali che dalle piastre prefabbricate di impalcato; le prove sono state completate con la determinazione della profondità di carbonatazione e con la determinazione del contenuto di ioni cloruro. Sono state prelevate complessivamente 20 carote, 10 dai pali e 10 dalle piastre prefabbricate; i risultati sperimentali confermano sostanzialmente le prescrizioni progettuali
- Prove di trazione su barre di armatura lenta estratte dalle piastre prefabbricate; sono stati provati 5 spezzoni, di cui uno fortemente corrosivo. Le risultanze mostrano risultati che, in termini di resistenza allo snervamento, sono leggermente inferiori a quelli dell'acciaio Fe b 44 k.
- La misura del potenziale di corrosione che, nelle zone indagate, fornisce valori non allarmanti
- Delle prove di integrità dei copriferri al lembo inferiore delle nervature, eseguite mediante martellinatura nelle zone con segni di degrado: è risultato che per il 30% delle zone indagate di è verificato il distacco del copriferro, segno evidente che il processo di ossidazione dei ferri sottostanti (che è un processo espansivo) è pesantemente iniziato.



4.3.2 Campagna 2022

La campagna sperimentale ha riguardato in maniera diffusa tutta la banchina con una accurata ispezione visiva documentata da filmati. Sono state anche condotte numerose prove sperimentali, localizzate come riportato nella pianta che segue.

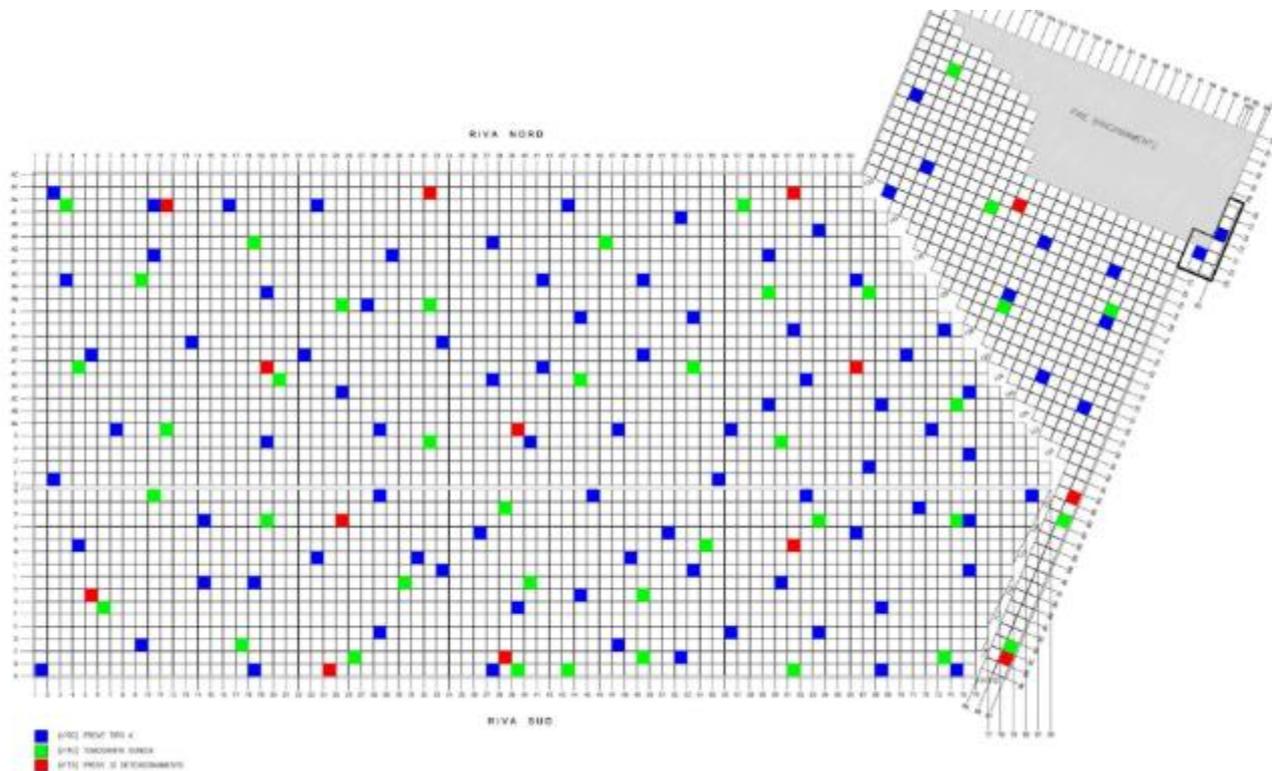


Figura 4.5: Ubicazione delle indagini sperimentali della campagna 2022.

Le indagini realizzate sono consistite in:

- Prelievo di n°90 campioni cilindrici di cls al fine di ottenere un'indicazione sul valore medio della resistenza a compressione e del modulo elastico del calcestruzzo in opera - in conformità alle norme UNI EN 12390-3:2019 e UNI EN 12504- 1:2021. Le prove hanno messo in evidenza una netta differenza fra i calcestruzzi degli anni '60 (le cui prestazioni sono comunque sostanzialmente corrispondenti a quelle di progetto) e quelli della parte di completamento anni '90, che presentano resistenze molto elevate.
- N°90 Prove colorimetriche per la verifica della profondità di carbonatazione. Anche relativamente a questo parametro, vi sono evidenti differenze fra i calcestruzzi anni '90 (sostanzialmente poco aggrediti dall'anidride carbonica) e i calcestruzzi anni '60, che presentano profondità di carbonatazione importanti, certamente superiori ai copriferri e quindi potenzialmente pericolose.
- N°270 Indagini SonReb (tre prove per ogni campata relative alle tre diverse tipologie di elemento) in conformità alle normative UNI EN 12504-4: 2021 (indagini ultrasoniche) e UNI EN 12504-2: 2021 (indagini sclerometriche) al fine di valutare in modo indiretto la resistenza del calcestruzzo su un numero di elementi considerato rappresentativo dell'intera struttura.
- Prelievo di n° 90 barre d'armatura per prova a trazione in Laboratorio in conformità alle norme UNI EN



ISO 6892- 1:2020. In estrema sintesi, pur avendo l'acciaio di armatura teoricamente lo stesso requisito progettuale (Fe B 44 k), per la parte di completamento (anni '90) le prove sostanzialmente confermano, con un lieve deficit, i requisiti di progetto, mentre per la parte di molto originale risalente agli anni '60, tali requisiti mediamente non sono raggiunti. Tale circostanza ha reso necessario ripercorrere le verifiche di sicurezza anche coi carichi di progetto.

- N° 40 Indagini tomografiche ultrasoniche per la verifica puntuale dell'integrità delle travi in cap e l'identificazione di anomalie o difetti.
- N° 15 Prove di detensionamento per la verifica dello stato tensionale degli elementi costruttivi. In assenza della precisa ubicazione del punto "detensionato", non è possibile ricavare un termine numerico teorico di confronto.

4.4 Indagini per la verifica dell'estensione del danno e l'efficacia degli interventi di rimozione delle parti ammalorate (campo prove)

In sede di analisi della quantificazione delle zone ammalorate e di stima della entità e dell'estensione delle lavorazioni di ripristino è stato necessario approfondire alcune indagini per meglio qualificare le indicazioni provenienti dalla ispezione visiva. Uno dei temi di principale incertezza è infatti quello relativo alla reale estensione del degrado locale a fronte di manifestazioni superficiali di modesta gravità; ci si riferisce essenzialmente ai casi in cui si rilevano fessurazioni con segnali di ruggine, ma non si ha distacco di copriferro e quindi non è possibile determinare visivamente il livello di aggressione delle armature (vedi figura sotto).



Figura 4.6: Esempi tipici di fessurazioni con copriferro che impedisce di rilevare l'entità del degrado



D'altra parte, anche nelle zone con parziale espulsione del copriferro (ferri d'armatura in vista) non è immediato comprendere fino a che punto il calcestruzzo periferico rispetto alla zona ammalorata sia sano e continui a offrire efficace protezione ai ferri.

Per approfondire tali temi è stata attivata una ulteriore campagna di indagine su una decina di piastre "campione", finalizzata a testare le operazioni preparatorie di "pulizia" delle superfici degradate dal calcestruzzo ammalorato e indebolito e delle zone attorno ai ferri già fortemente aggrediti.

La campagna sperimentale prevedeva diverse tipologie di intervento, che riproducono quelle che poi verranno proposte nel progetto di riqualificazione (vedi capitolo successivo), di entità graduabile in funzione del danno visibile e con le seguenti caratteristiche derivanti dai test eseguiti:

- IDROPULIZIA SUPERFICIALE su tutte le superfici delle travi e intradosso soletta utilizzando ugello con 1 testina rotante con una pressione di circa 450 bar ad una distanza di 15cm al fine di togliere tutte le imperfezioni superficiali dovute a incrostazioni, macchie, residui di altri trattamenti o simili e rendere la superficie pronta per l'applicazione del rivestimento superficiale.
- IDROSCARIFICA LEGGERA (fino a 2cm) utilizzando ugello con 2 testine rotanti con una pressione di circa 1800 bar ad una distanza di 5cm sulle zone con macchie di ruggine senza armatura a vista (su intradosso travi dovuti a possibile presenza dei distanziatori di fondo cassero). Il trattamento è esteso oltre la zona ammalorata finché non si trovi calcestruzzo integro.
- IDROSCARIFICA PROFONDA (fino a 5cm) con una pressione di circa 2100 bar ad una distanza <1cm sulle zone che presentano i seguenti ammaloramenti:
 - zone con copriferro parzialmente o completamente esploso
 - zone con armatura parzialmente o completamente a vista senza copriferro

Il trattamento dovrà essere esteso oltre la zona ammalorata finché non si trovi calcestruzzo integro. Si richiede che venga misurato lo strato di materiale che viene tolto e il diametro residuo delle barre di armatura dopo il ciclo di idroscarifica.

Come riportato nell'elaborato "1949_PFTE_L1_STR_r004_02 - Relazione sui risultati del campo prove" per eseguire gli interventi descritti sopra è stata utilizzata la seguente attrezzatura:



Le operazioni di Idropulizia, sono state realizzate con l'obiettivo di rimuovere tutte le imperfezioni superficiali dovute a incrostazioni, macchie e residui di precedenti lavorazioni o ripristini. L'Idropulizia viene realizzata con pressioni fino ad un massimo di 500 bar.

Si riporta di seguito la scheda tecnica della idropulitrice utilizzata, modello Idropavese 500.

	Alimentazione	Benzina
	Motore	Honda GX 690
	Cavalli	22 HP
	Pressione	500 bar
	Portata	900 L/h
	Giri	1450 rpm
	Temperatura	40 °C
	Serbatoio	15 L
	Dimensioni	68 x 105 x 78 cm
	Peso	120 kg

Figura 4.7: Caratteristiche Idropulizia

L'idroscarifica, è una tecnica che mediante getti d'acqua ad altissima pressione (1.000- 2.500 bar) garantisce una rimozione puntuale del calcestruzzo, consentendo l'asportazione delle sole parti deteriorate ed evitando il danneggiamento delle armature e delle parti sane.

Si riporta di seguito la scheda tecnica della idropulitrice utilizzata, modello CD 160-2500.

	Pressione	2500 bar max.
	Portata	25 litri/minuto
	Liquido passante	acqua fredda pura, (5 micron)
	Pressione di alimentazione	da 2 a 6 bar
	Connessione lancia	9/16 LH
	Valvola di sicurezza	integrata
	Pompa alimentazione	2 vie integrata
	Manometro	inox in bagno di glicerina 0 - 4000 bar
	Pre-filtro acqua	1x 20"x 25micron
	Filtro acqua	2x 20"x 5 micron
	Manometri alimentaz. Acqua	3x 10 bar
	Pressostato mancanza acqua	2 bar
	Serbatoio acqua	120 litri
Serbatoio carburante	140 litri	
Motore	115 KW - 160 hp	
Batterie avviamento	1 x 12 V 100Ah	
Peso complessivo	1650 kg	
Dimensioni LxWxH	2160x 1350 x H1700 mm	

Figura 4.8: Caratteristiche Idroscarifica

Le indagini sono state eseguite come indicato nella planimetria d'inquadramento seguente.

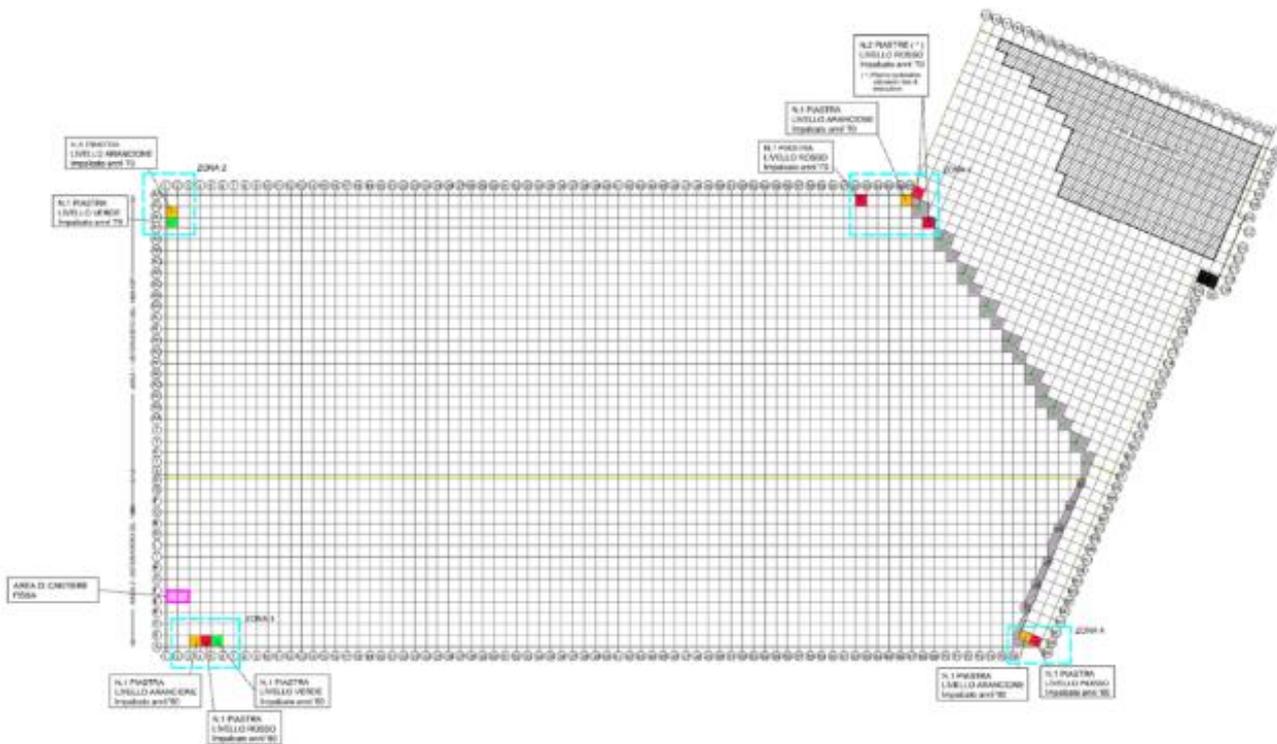


Figura 4.9: Planimetria d'inquadramento piastre oggetto di campo prova

Si riportano di seguito alcune specifiche ed informazioni sulle lavorazioni eseguite nelle dieci aree di campo prova.

La giornata lavorativa, condizioni meteo e marea permettendo, è mediamente di 8 ore. Le operazioni di logistica propedeutiche alle lavorazioni in acqua (accantieramento, preparazione/manutenzione/pulizia della strumentazione, vestizione e svestizione dei sub e smantellamento del cantiere) richiedono all'incirca 2 ore.

La squadra è composta da 3 fino a 5 operatori:

- Un tecnico di supporto a terra e due tecnici in acqua che si alternano nelle lavorazioni;
- Un tecnico di supporto a terra e 2 team composti da due tecnici ciascuno (un team per il mattino e uno per il pomeriggio) nel caso in cui le condizioni meteorologiche e una bassa temperatura del mare richiedessero immersioni di durata limitata.

Infine si riporta di seguito, in forma tabellare, le specifiche per la realizzazione delle lavorazioni e i tempi di lavorazione medi espressi in m²/h.

Tipo lavorazione	Metri quadri di lavorazione per ora	Specifiche della lavorazione e mezzi usati
Idropulizia	16 m ² /h	Idropulitrice modello: Idropavese 500 Pressione dell'acqua: 450bar, 15 l/min, una testina rotante Distanza ugello dalla superficie di scarifica: 15-20cm
Idroscarifica superficiale	8 m ² /h	Idropulitrice modello: CD 160-2500 Pressione dell'acqua: 1800 bar, 25 l/min, 2 testine rotanti. Distanza ugelli dalla superficie di scarifica: 5cm
Idroscarifica profonda	1 m ² /h	Idropulitrice modello: CD 160-2500 Pressione dell'acqua: 2100bar, 25 l/min Distanza ugelli dalla superficie di scarifica: <1cm
Passivazione ferri di armatura	16 m ² /h	Passivante: Sika Monotop 610 New

Figura 4.10: Specifiche lavorazioni campo prova



I risultati ottenuti sono riportati nell'elaborato "1949_PFTE_L1_STR_r004_02 - Relazione sui risultati del campo prove" che comprendono:

- individuazione zone ammalorate;
- rilievo geometrico elementi;
- rilievo estensione ammaloramenti pre-intervento;
- report fotografico pre-intervento;
- rilievo estensione ammaloramenti post-intervento;
- report fotografico post-intervento.

Si precisa che nelle zone trattate sono stati applicati i seguenti prodotti:

- protezione anticorrosione tipo Sika MonoTop-610 New: boiaccia cementizia contenente fumi di islice, polimero-modificata, usata come protezione anticorrosione per le armature e ponte adesivo per malte;
- malta tipo "KeraKoll GeoLite10": geomalta minerale certificata, eco-compatibile, a base di Geolegante a reazione cristallina, per la passivazione, ripristino, rasatura e protezione monolitica di strutture in calcestruzzo degradato.
-

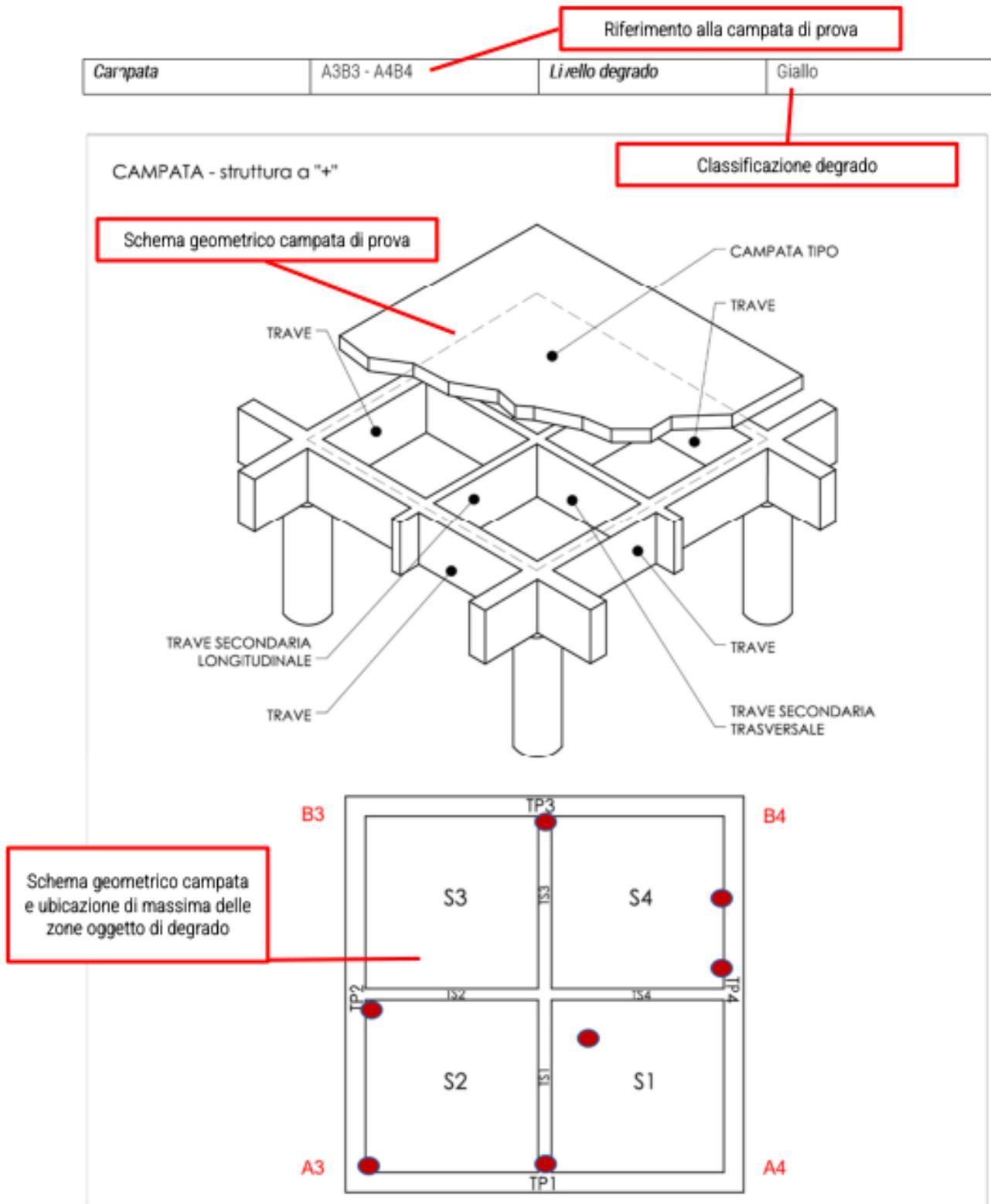


Figura 4.11: Scheda tipo Individuazione zone ammalorate



Rilievo geometrico elementi

Rilievo geometrico		
elemento	dimensioni	note
Travi principali	Base 60cm x altezza 120cm	
Travi secondarie	Base 30cm x altezza 120cm	
Soletta	Spessore 62 cm	Stratigrafia: piastra 26 cm, getto cls 24cm, asfalto 12cm

Tabella riassuntiva degrado ante e post opera

Elemento	Tipologia degrado	Rilievo degrado ante opera	Rilievo degrado post opera eseguita idroscarifica leggera
		Dimensioni Lunghezza x ampiezza (m)	Dimensioni Lunghezza x ampiezza (m)
S1	Distacco copriferro/fessurazione	0.5x0.1	0.2x0.1
TP1	Distacco copriferro/ossidazione armatura	0.5x0.5	0.5x0.5
TP1	Distacco copriferro/ossidazione armatura	0.4x0.2	0.4x0.5
TP2	Distacco copriferro/ossidazione armatura	0.9x0.3	0.9x0.3
TP3	Distacco copriferro/ossidazione armatura	0.4x0.4	0.4x0.8
TP4	Distacco copriferro/fessurazione	0.2x0.5	0.1x0.1
TP4	Distacco copriferro/fessurazione	0.1x0.1	0.2x0.5

Documentazione fotografica ante opera

Documentazione fotografica riassuntiva ante opera



Figura 4.12: Scheda tipo rilievi zone ammalorate



Documentazione fotografica post opera - eseguita idroscarifica leggera

Documentazione fotografica riassuntiva post opera



Figura 4.13: Scheda tipo report fotografico post intervento



5 GLI INTERVENTI FINALIZZATI ALL'ARRESTO DEL DEGRADO ED ALLA RIQUALIFICAZIONE STRUTTURALE

5.1 Descrizione generale degli interventi

Gli interventi tipologici previsti sono calibrati in funzione della gravità del degrado, e si basano sostanzialmente sulle seguenti fasi:

- preparazione superficiale mediante martellinatura delle travi per rimozione delle parti più ammalorate con evidenti segni di distacco del copriferro
- idropulizia finalizzata a rimuovere qualsiasi traccia di sporco e difetti minori e a preparare le superfici all'applicazione del trattamento protettivo di impermeabilizzazione;
- idroscarifica del calcestruzzo ammalorato ed in fase di distacco (circa 3 cm per l'idroscarifica leggera e 5 cm per quella profonda o comunque fino a completa rimozione del calcestruzzo degradato);
- passivazione dei ferri di armatura scoperti o messi a nudo dalle demolizioni;
- ricostruzione del copriferro mediante malta tissotropica a ritiro compensato;
- applicazione generalizzata del trattamento protettivo finale di impermeabilizzazione.

Più in particolare, si individuano **3 tipologie di interventi** in funzione del livello di degrado:

- **Intervento di tipo 1**, essenzialmente di tipo preventivo / protettivo, applicato su tutte le superfici, comprese le zone non degradate, costituito da:
 - idropulizia della superficie dell'intera piastra, con le seguenti caratteristiche:
 - uso di ugelli a 1 testina rotante
 - pressione 450 bar
 - distanza dalla superficie di pulizia 15cm
 - consumo d'acqua 15l/min
 - Impermeabilizzazione della superficie mediante:
 - malta cementizia bicomponente elastica tipo "Mapelastic Guard®" o equivalente.
- **Intervento tipo 2**, applicabile alle zone degradate ma senza significative perdite di sezione resistente dell'armatura, costituito da:
 - Martellinatura delle travi per rimozione delle parti più ammalorate con evidenti segni di distacco del copriferro
 - Idroscarifica leggera localizzata del copriferro (circa 3 cm o comunque fino a completa rimozione del calcestruzzo degradato) in prossimità delle zone ammalorate, con le seguenti caratteristiche:
 - uso di ugelli a 2 testine rotanti
 - pressione 1800 bar
 - distanza dalla superficie di pulizia 5cm
 - consumo d'acqua 25l/min
 - Rimozione totale dai ferri d'armatura dell'eventuale ruggine presente.



- Ciclo di passivazione delle barre d'armatura esposte e ripristino del copriferro mediante:
prodotto unico tipo “KeraKoll GeoLite10”: geomalta minerale certificata, eco-compatibile, a base di Geolegante a reazione cristallina, per la passivazione, ripristino, rasatura e protezione monolitica di strutture in calcestruzzo degradato.
In alternativa si può utilizzare:
 - per la passivazione delle barre d'armatura: protezione anticorrosione tipo Sika MonoTop-610 New: boiaccia cementizia contenente fumi di silice, polimero-modificata
 - per il ripristino del copriferro: malta tipo “KeraKoll GeoLite10”: geomalta minerale certificata, eco-compatibile, a base di Geolegante a reazione cristallina
- **Intervento tipo 3**, applicabile alle zone in cui è necessario ripristinare la capacità portante dell'elemento strutturale parzialmente compromessa dalla perdita di sezione resistente delle armature corrose.
 - Martellinatura delle travi per rimozione delle parti più ammalorate con evidenti segni di distacco del copriferro
 - Idroscarifica profonda localizzata del copriferro (circa 5 cm o comunque fino a completa rimozione del calcestruzzo degradato) in prossimità delle zone ammalorate, con le seguenti caratteristiche:
 - uso di ugelli a 2 testine rotanti
 - pressione 2100 bar
 - distanza dalla superficie di pulizia 5cm
 - consumo d'acqua 25l/min
 - Rimozione totale dai ferri d'armatura dell'eventuale ruggine presente.
 - Applicazione primo strato di malta tixotropica e contestuale trattamento dei ferri di armatura (passivazione), mediante utilizzo di malta tixotropica tipo “Geolite®” o equivalente sp. 3-5 mm.
In alternativa si può utilizzare:
 - per la passivazione delle barre d'armatura: protezione anticorrosione tipo Sika MonoTop-610 New: boiaccia cementizia contenente fumi di silice, polimero-modificata
 - per il primo strato di malta: malta tipo “KeraKoll GeoLite10”: geomalta minerale certificata, eco-compatibile, a base di Geolegante a reazione cristallina
 - Posa del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, avendo cura di garantire una completa impregnazione del tessuto tipo “GeoSteel G600®” o equivalente.
 - Ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio tramite arrotolamento del tessuto e inghisaggio delle code all'interno dei fori precedentemente realizzati con adesivo minerale epossidico o placcaggio con elementi metallici installati con adesivo minerale epossidico tipo “GeoLite Gel®” o equivalente.
 - Esecuzione secondo strato di malta tixotropica, mediante utilizzo di malta tixotropica tipo “Geolite®” o equivalente sp. 5-8 mm.
 - Ripristino del copriferro mediante:
 - malta tipo “KeraKoll GeoLite10”: geomalta minerale certificata, eco-compatibile, a base di Geolegante a reazione cristallina, per la passivazione, ripristino, rasatura e protezione monolitica di strutture in calcestruzzo degradato



Per tutte le tipologie di intervento dal tipo 1 al tipo 3 si prevede di adottare i seguenti provvedimenti:

- 1) Utilizzo di sistemi di ventilazione per dissolvere la nube di acqua nebulizzata derivante dalle lavorazioni di idropulizia e idroscarifica visti gli spazi di lavoro confinati.
- 2) Utilizzo, quando possibile, di sistemi semi-automatici per l'idropulizia e l'idroscarifica al fine di ottimizzare sia i tempi che il risultato finale delle lavorazioni.

Un sistema efficace è l'utilizzo di worker tipo falch multiworker 250 come descritto di seguito, che potrebbe essere anche installato su delle guide/binari fissate direttamente sulla piattaforma di lavoro.



multi worker 250	
 max 3000 bar	200 - 400% more efficiency than hand lanced water jetting
 max 80 l/min	
 max 600 N	50 - 70% less labour costs
 400 V / 50 Hz / 16 A, 2,5 m	
 100 %	working with multi worker is extremely safe 
 24 months	
 89 kg	the Falch multi worker finally makes water jetting more profitable! 
 1623 x 790 x 560 mm	
 z0000583	



accessories

jetting units



for particular requirements



holders







5.2 Criteri generali per l'individuazione della classe di intervento

Considerando le 3 tipologie di intervento descritte al paragrafo precedente, sulla base delle superfici di intervento, si individuano le seguenti 5 classi:

	Piastra Verde:	100% Tipo 1			
	Piastra Gialla:	100% Tipo 1	+	15% Tipo 2	
	Piastra Arancione:	100% Tipo 1	+	25% Tipo 2	
	Piastra Rossa:	100% Tipo 1	+	25% Tipo 2	+ 25% Tipo 3
	Piastra Viola:	100% Tipo 1	+	50% Tipo 2	+ 25% Tipo 3

Si riporta di seguito la planimetria di individuazione delle classi di intervento come rappresentato nell'elaborato 1949_PFTE_L1_STR_t003_07.

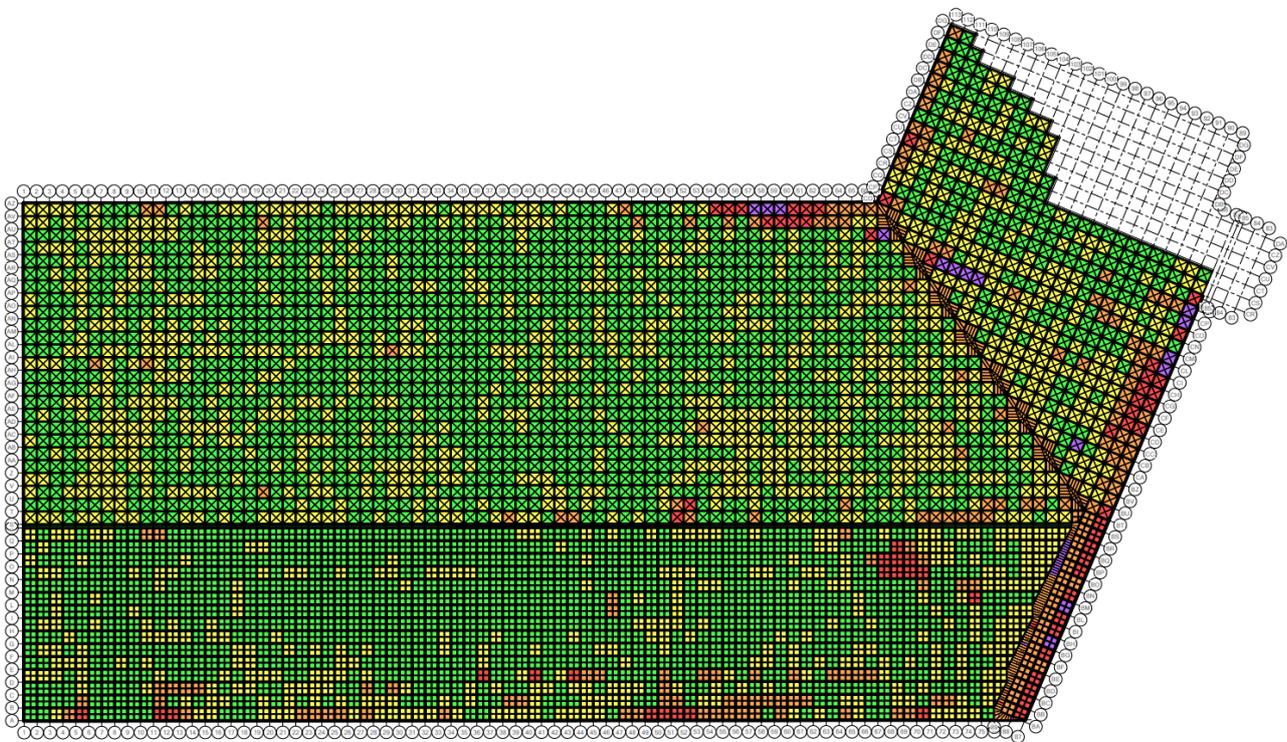


Figura 5.1: Planimetria di individuazione delle classi di intervento

Il conteggio delle piastre diviso per classe di intervento è riportato nella tabella di Figura 5.8, dove la nomenclatura delle diverse piastre si riferisce allo schema seguente (Figura 5.2, Figura 5.3, Figura 5.4, Figura 5.5, Figura 5.6 e Figura 5.7)

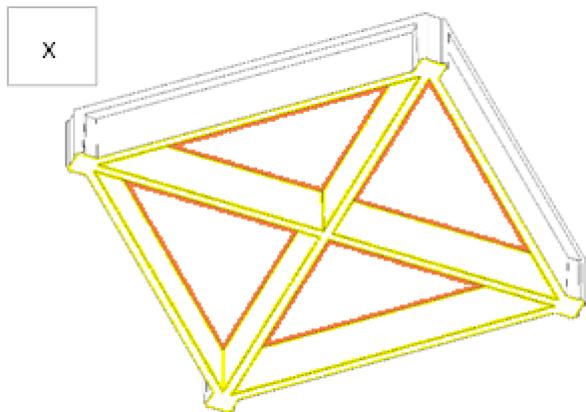


Figura 5.2: Piastra tipo x (Impalcato anni '60)

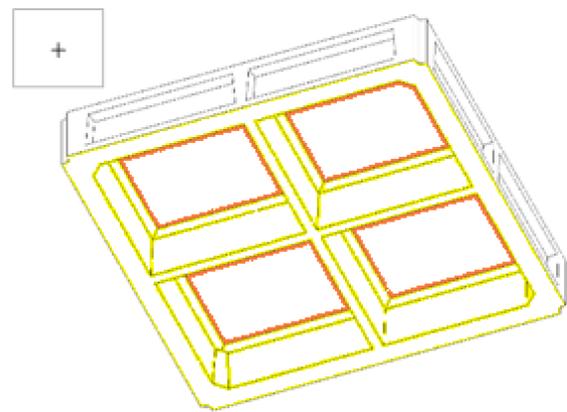


Figura 5.3: Piastra tipo + (Impalcato anni '90)

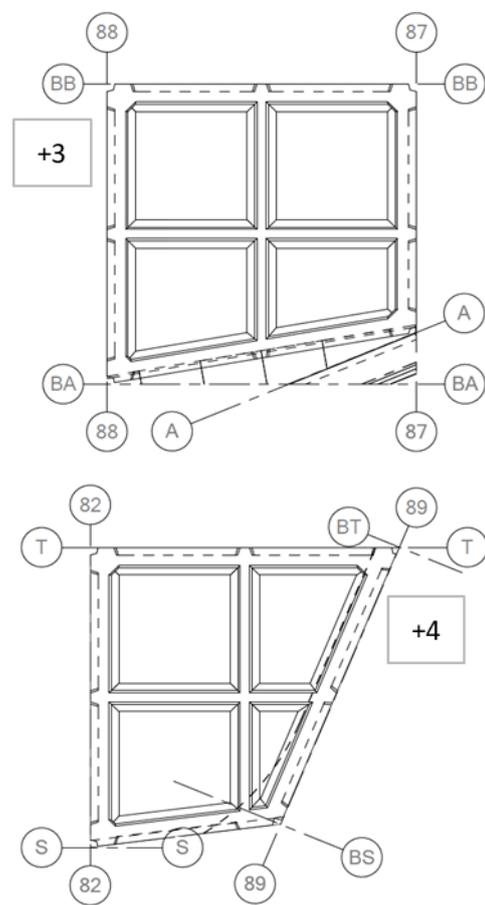
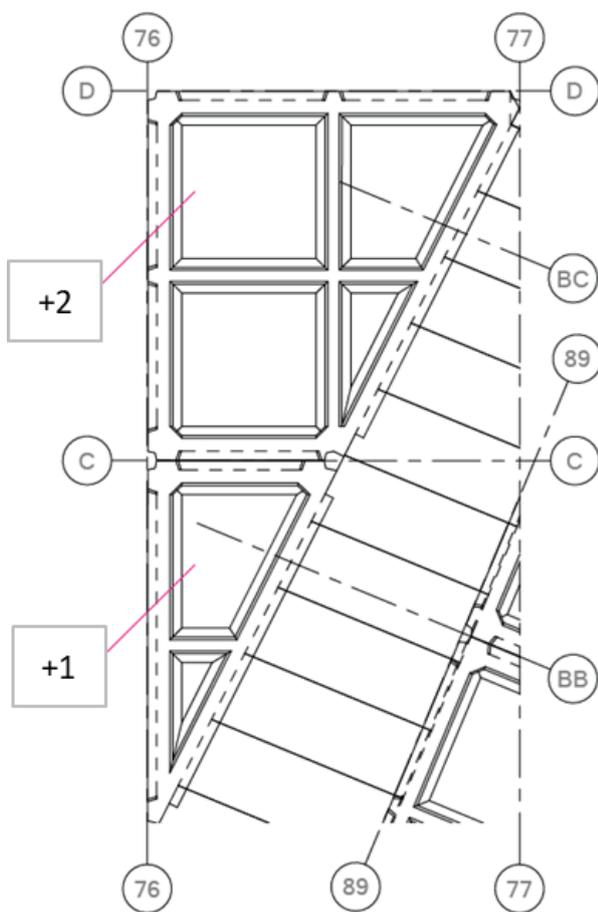


Figura 5.4: Piastre particolari (anni'90)

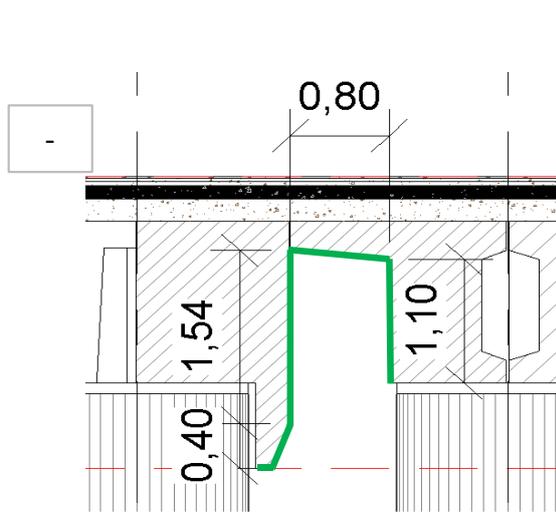


Figura 5.5: Zona di raccordo tra impalcato originario (anni '60) e impalcato di ampliamento – tra i fili R e S

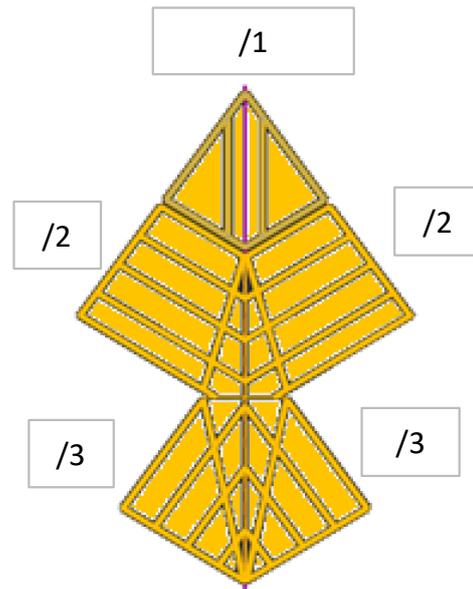


Figura 5.6: Getti in opera nella zona di raccordo tra radice e molo anni '60



Figura 5.7: Dalle nella zona di raccordo tra radice e molo anni '90



Tipo	AREA (mq)	n° piastre totali	Classificazione				
			n. piastre verdi	n. piastre gialle	n. piastre arancioni	n. piastre rosse	n. piastre viola
x	177.58	2265	1312	817	93	30	13
+	165.43	1192	782	294	82	32	2
+1	51.25	6	1	5			
+2	137.29	6		6			
+3	132.96	1			1		
+4	153.69	1				1	
-	38.33	81	81				
/1	130.45	8			8		
/2	173.49	16			16		
/3	137.54	16			16		
-1	12.49	1			1		
-2	10.26	1			1		
-3	8.5	1			1		
-4	8.77	1			1		
-5	9.04	1				1	
-6	9.04	1			1		
-7	9.58	1			1		
-8	9.86	1					1
-9	10.13	1				1	
-10	10.4	1				1	
-11	10.67	1				1	
-12	10.94	1				1	
-13	11.21	1				1	
-14	11.48	1					1
-15	11.48	1					1
-16	12.02	1					1
-17	12.29	1					1
-18	12.56	1					1
-19	12.83	1					1
-20	13.1	1					1
-21	13.37	1				1	
-22	13.64	1				1	
-23	13.91	1			1		
-24	14.18	1			1		
-25	14.45	1			1		
-26	14.72	1			1		
-27	14.99	1			1		
-28	15.26	1			1		
-29	15.53	1			1		



Tipo	AREA (mq)	n° piastre totali	Classificazione				
			n. piastre verdi	n. piastre gialle	n. piastre arancioni	n. piastre rosse	n. piastre viola
-30	15.8	1			1		
-31	16.07	1			1		
-32	16.34	1			1		
-33	16.61	1			1		
-34	16.88	1			1		
-35	17.16	1			1		
-36	17.42	1			1		
-37	16.12	1			1		
-38	12.68	1			1		
-39	12.25	1			1		
-40	11.36	1			1		
-41	9.82	1			1		
-42	10.1	1			1		
-43	10.37	1				1	
-44	10.64	1				1	
-45	10.91	1				1	
-46	11.18	1			1		
-47	11.45	1			1		
-48	11.71	1			1		
-49	11.98	1			1		
-50	12.25	1			1		
-51	12.52	1			1		
-52	12.79	1					1
-53	13.06	1			1		
-54	13.33	1			1		
-55	13.6	1			1		
-56	13.87	1			1		
-57	14.13	1			1		
-58	14.4	1			1		
-59	14.67	1			1		
-60	14.94	1			1		
-61	15.21	1			1		
-62	15.53	1			1		
-63	15.8	1			1		
-64	15.69	1			1		
-65	14.19	1			1		
-66	12.57	1			1		
-67	10.94	1			1		
-68	9.32	1			1		
-69	8.6	1			1		
-70	8.87	1			1		
-71	9.14	1			1		
-72	9.41	1				1	
-73	9.68	1			1		
-74	9.94	1			1		
-75	10.21	1			1		
-76	10.48	1			1		
-77	10.75	1				1	
-78	11.02	1			1		
-79	11.32	1			1		
-80	11.89	1			1		
-81	10.1	1			1		



Tipo	AREA (mq)	n° piastre totali	Classificazione				
			n. piastre verdi	n. piastre gialle	n. piastre arancioni	n. piastre rosse	n. piastre viola
-61	15.21	1			1		
-62	15.53	1			1		
-63	15.8	1			1		
-64	15.69	1			1		
-65	14.19	1			1		
-66	12.57	1			1		
-67	10.94	1			1		
-68	9.32	1			1		
-69	8.6	1			1		
-70	8.87	1			1		
-71	9.14	1			1		
-72	9.41	1				1	
-73	9.68	1			1		
-74	9.94	1			1		
-75	10.21	1			1		
-76	10.48	1			1		
-77	10.75	1				1	
-78	11.02	1			1		
-79	11.32	1			1		
-80	11.89	1			1		
-81	10.1	1			1		
-82	18.11	1			1		
-83	13.77	1			1		
-84	10.66	1			1		
-85	7.68	1			1		
-86	6.24	1			1		
-87	5.09	1			1		
-88	4.12	1			1		
-89	3.23	1			1		
-90	2.33	1			1		
-91	1.83	1			1		
TOT		3683	2176	1122	285	76	24

Figura 5.8: Conteggio piastre per classe di intervento

Complessivamente, per ogni classe si hanno le seguenti superfici di intervento:

Classe	Area intervento totale (mq)		
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Verde	365507.20	0.00	0.00
Giallo	194799.27	29219.89	0.00
Arancione	37060.18	9728.30	0.00
Rosso	10916.33	3001.99	3001.99
Viola	2747.81	1511.30	755.65
TOT	611030.79	43461.47	3757.64

Figura 5.9: Superfici di intervento per ogni classe



Per le piastre che ricadono nelle classi di intervento:

- Verde
- Gialla
- Arancione

non è richiesta nessuna limitazione alle attività durante i lavori di riqualificazione strutturale.

Queste piastre quindi, al di fuori dell'area di cantiere, possono continuare ad essere operative al 100%.

Per le piastre che ricadono nelle classi di intervento:

- Rossa
- Viola

durante le fasi di applicazione della malta e dei rinforzi e in fase di presa dei prodotti applicati, si prescrive l'interdizione al passaggio di gru, treni e mezzi pesanti per evitare che le vibrazioni indotte possano provocare il distacco della malta e compromettere così la buona riuscita dell'intervento.

5.3 Metodologie di lavoro

Per gli interventi di pulizia, ripristino e impermeabilizzazione, nel progetto è previsto l'utilizzo di piattaforme componibili su elementi galleggianti con piano di lavoro idoneo (acciaio inox) e vasca di recupero della parte solida e liquida derivante dalle attività previste. Nel capitolo 5.5 sono riportate alcune considerazioni sulla cantierizzazione che esplicitano i vincoli di operatività dati dal contesto e dall'operatività del Concessionario.

Saranno inoltre previste di tutti gli accessori (teli perimetrali, pompe, sportello stagno per ingresso, mensole stabilizzatrici con martinetti e adeguato sistema d'illuminazione) necessari come riportato nelle immagini seguenti.

con livello medio marino 0,00 m (MAREA MEDIA)
SCALA 1:50

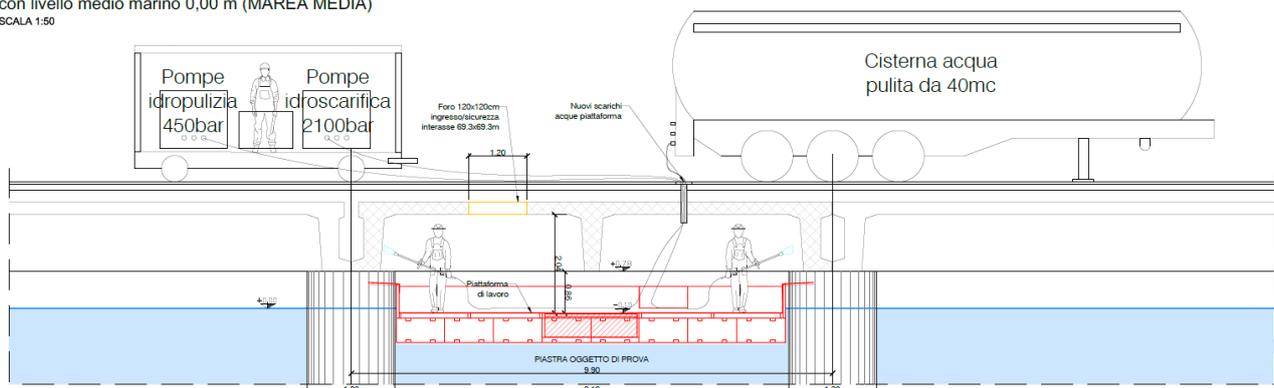


Figura 5.10: Piattaforma tipologica in fase di lavoro – Sezione tipo.

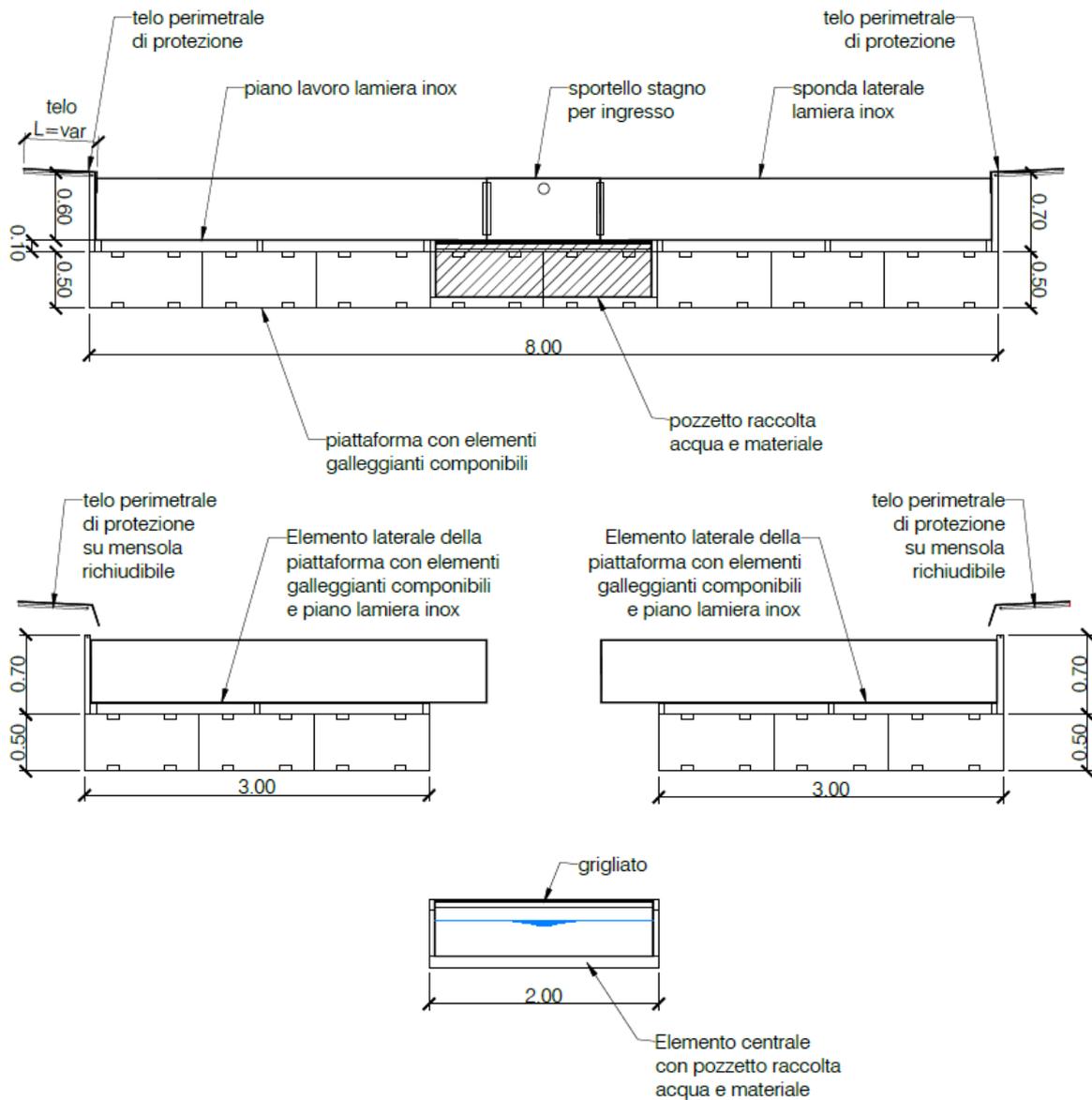


Figura 5.11: Piattaforma tipologica di lavoro – Sezione tipo.

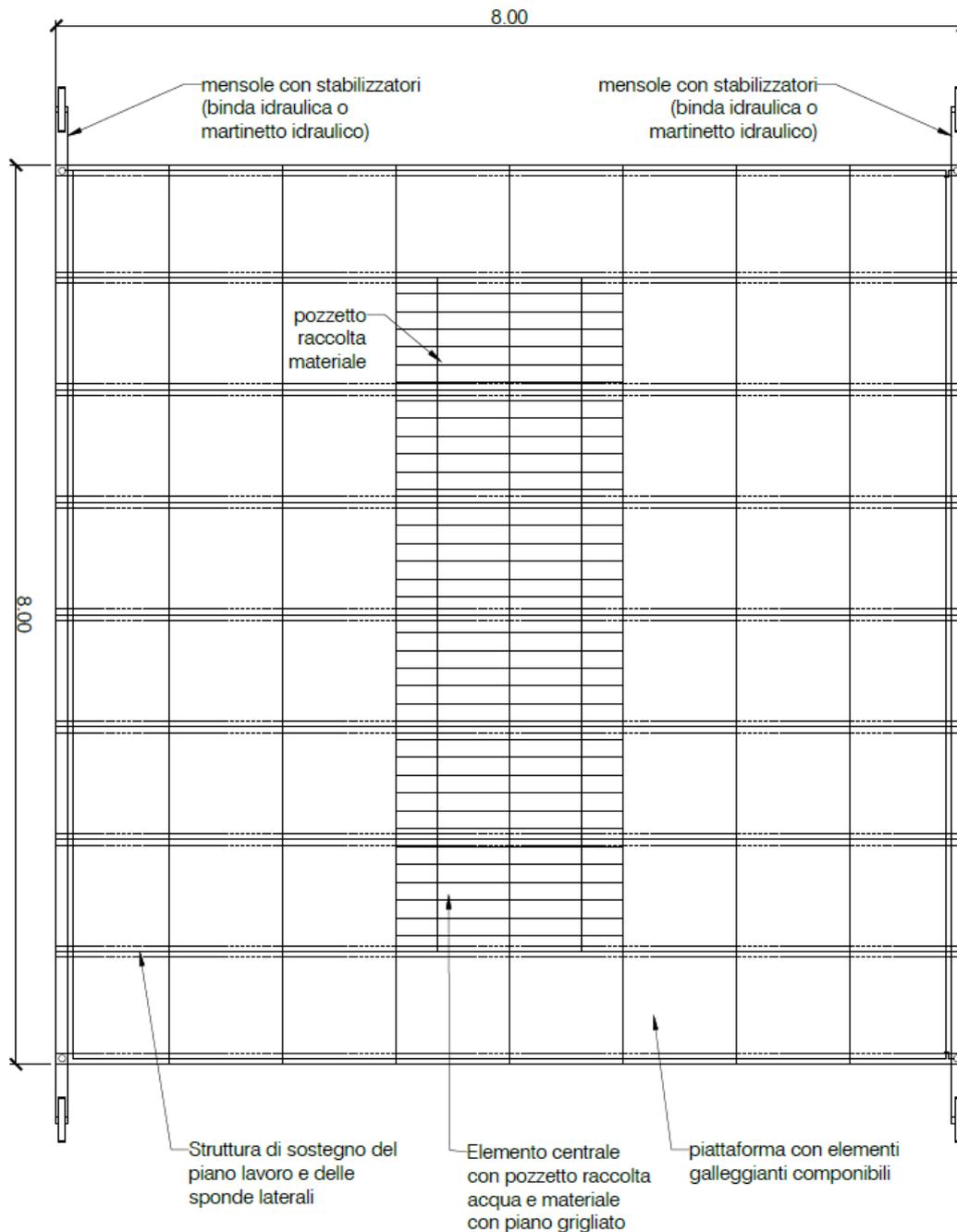


Figura 5.12: Piattaforma tipologica di lavoro – Pianta tipo.

5.3.1 Piattaforma di lavoro

Per la piattaforma si prevede di utilizzare degli elementi galleggianti del tipo CUBO-DOCK, il materiale utilizzato è L'ERACLENE BB82 della ENI che ne garantisce la qualità; questo materiale è certificato ed omologato anche per il trasporto di merci pericolose. Il suo alto peso molecolare e la larga distribuzione dei pesi molecolari garantiscono un ottimo bilanciamento tra resistenza all'impatto e all'accatastamento e resistenza allo stress cracking. Tale materiale, inoltre, per la sua particolare struttura chimica è totalmente inattaccabile dagli agenti atmosferici, acqua salata, acidi e sostanze chimiche. Al momento dello stampaggio il Polietilene viene additivato



con Anti UV che lo rendono totalmente resistente ai raggi del sole, resiste a temperature da -60° a $+80^{\circ}$ gradi centigradi, che lo rendono idoneo alla realizzazione di piattaforme di lavoro in qualsiasi ambiente.



Le caratteristiche tecniche degli elementi sono riportate di seguito:

ELEMENTO SINGOLO:

- DIMENSIONI (LxLxH): 50 x 50 x 40 cm
- PESO: 6,0 kg
- COLORE STANDARD: azzurro o beige
- COLORE CONNETTORE: nero
- PORTATA: 350 kg/m² singolo strato 700 kg/m² doppio strato 1050 kg/m² triplo strato
- RESISTENZA TEMPERATURA: -60°C / $+80^{\circ}\text{C}$
- MATERIALE: Polietilene alta densità (HDPE)
- NOME: ENI ERACLENE BB82
- TRATTAMENTO: additivato con anti UV e antidecoloranti

ELEMENTO DOPPIO:

- DIMENSIONI (LxLxH): 100 x 50 x 40 cm
- PESO: 10,5 kg
- COLORE STANDARD: azzurro o beige
- COLORE CONNETTORE: nero
- PORTATA: 350 kg/m² singolo strato 700 kg/m² doppio strato 1050 kg/m² triplo strato
- RESISTENZA TEMPERATURA: -60°C / $+80^{\circ}\text{C}$
- MATERIALE: Polietilene alta densità (HDPE)
- NOME: ENI ERACLENE BB82
- TRATTAMENTO: additivato con anti UV e antidecoloranti

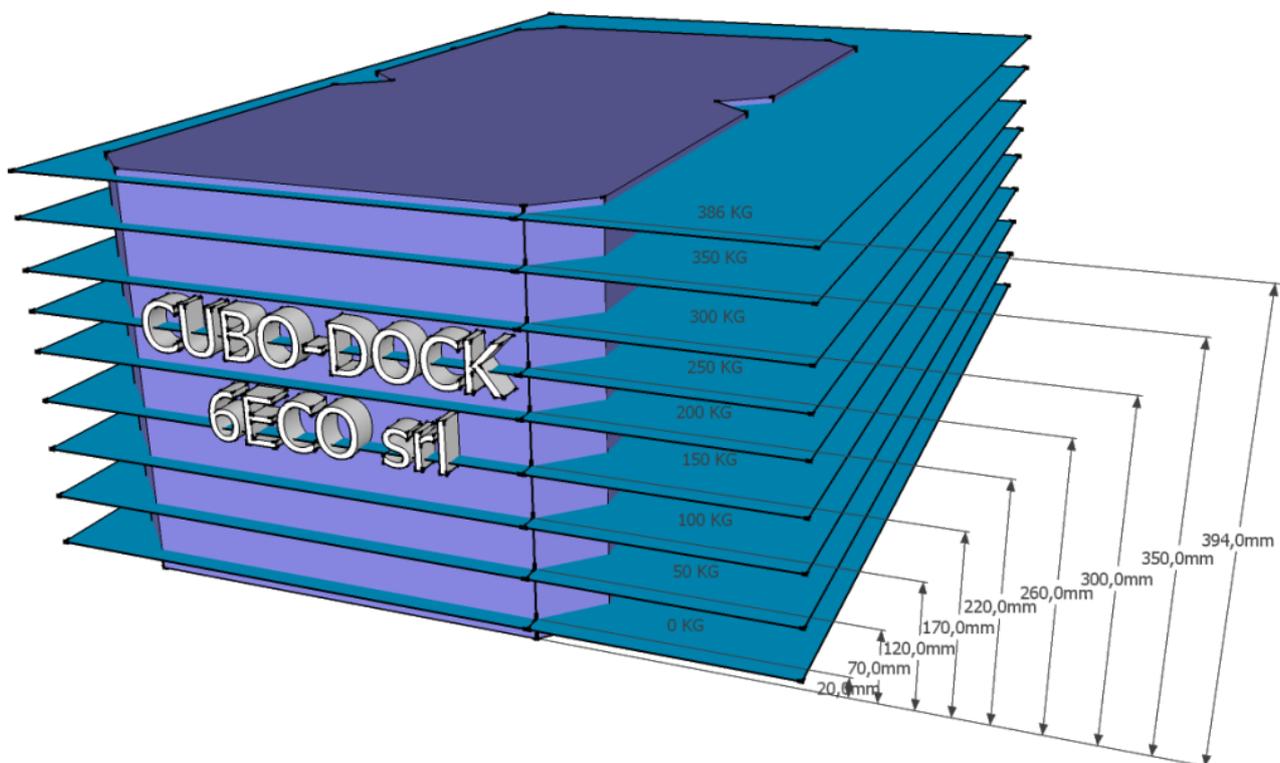
ELEMENTO SINGOLO BASSO:

- DIMENSIONI (LxLxH): 50 x 50 x 25 cm
- PESO: 4,5 kg
- COLORE STANDARD: disponibile in diversi colori.



- COLORE CONNETTORE: nero
- PORTATA: 350 kg/m² singolo strato 700 kg/m² doppio strato 1050 kg/m² triplo strato
- RESISTENZA TEMPERATURA: – 60 °C / + 80 °C
- MATERIALE: Polietilene alta densità (HDPE)
- NOME: ENI ERACLENE BB82
- TRATTAMENTO: additivato con anti UV e antidecoloranti

La scheda tecnica degli elementi galleggianti del tipo CUBO-DOCK riporta le seguenti caratteristiche:



La galleggiabilità del singolo modulo certificata dal risultato dei test effettuati è pari a 367 kg/m², portato a 350 kg/m² come ulteriore misura a tutela della sicurezza.



SCHEDE TECNICA

CUBO-DOCK SYSTEM

SISTEMA GALLEGGIANTE MODULARE IN HDPE CERTIFICATO

CUBO-DOCK è un sistema galleggiante modulare, si possono creare pontili o piattaforme di qualsiasi forma e dimensione, ampliabili e trasformabili in qualsiasi momento. E' un prodotto multifunzionale e versatile.



MODULO SINGOLO 50x50x40H CM - N°4 MODULI = 1 MQ

DIMENSIONI:
50X50 (LxL) x 40H CM
PESO 6 KG

CAPACITA' DI GALLEGGIAMENTO CERTIFICATA
CUBO-DOCK SINGLE: 87,5 KG CAD
COLORE: AZZURRO



MODULO DOPPIO 100x50x40H CM - N°2 MODULI = 1 MQ

DIMENSIONI:
100X50 (LxL) x 40H CM
PESO 10,5 KG

CAPACITA' DI GALLEGGIAMENTO CERTIFICATA
CUBO-DOCK DOPPIO: 175 KG CAD
COLORE: AZZURRO BIANCO & BEIGE



CAPACITA' DI GALLEGGIAMENTO E STABILITA' CERTIFICATA E TESATATA DA ISTITUTO GIORDANO

350 KG/MQ SINGOLO STRATO **700 KG/MQ** DOPPIO STRATO

RESISTENZA ALLE ONDE: FINO A 2 MT D'ONDA - INSTALLAZIONI IN MARE APERTO O SOTTO COSTA

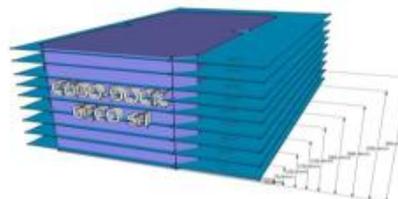
Prove di carico Galleggiabilità dei Moduli (RAPPORTO DI PROVA N°329944)
Prova effettuata dall'ente certificatore ISTITUTO GIORDANO



TEST EFFETTUATO IN PISCINA: N°2 MODULI DA 100x50x40H CM A FORMARE 1 MQ.
SECONDO I CALCOLI TEORICI DI CARICO I MODULI DOVEVANO SOPPORTARE 350 kg/mq. IL TEST ESEGUITO HA CON FERMATO I CALCOLI TEORICI RESTANDO A GALLA FINO AL PESO DI 386 KG, DOPO DI CHE L'ACQUA HA COMINCIATO A SALIRE SOPRA LA SUPERFICE DEI MODULI.



TABELLA DI GALLEGGIABILITA'



MATERIALE DI COSTRUZIONE

RESINA DI POLIETILENE AD ALTA DENSITA'

(HDPE) ADDITTIVATO CON ANTI-UV ANTIDECOLORANTI

PROTEZIONE UV - PLASTICA RESISTENTE AGLI AGENTI ATMOSFERICI ED AI RAGGI UV

COLORI STANDARD: AZZURRO - BIANCO - BEIGE

SU RICHIESTA CON UNA QUANTITA' MINIMA DI 300 PZ E' POSSIBILE REALIZZARE MODULI DI QUALSIASI COLORE

La struttura di sostegno del piano di lavoro ipotizzato è costituito da:

- Traversi principali con profili quadri (o equivalenti) in acciaio inox 100x100x5 mm ad interasse 100cm del peso di 15,323 kg/ml
- Montanti laterali con Profili a C in acciaio inox 50x100x50x5mm ad interasse 100cm del peso di 7.15 kg/ml
- Traversi secondari con profili rettangolari (o equivalenti) in acciaio inox 100x50x5 mm ad interasse 150cm del peso di 11,336 kg/ml
- Piano di calpestio e parete laterale con lamiera inox spessore 10mm del peso di 80 kg/mq
- Vasca centrale di raccolta acqua da utilizzare anche come vasca di carico per affondamento della piattaforma costituita da struttura perimetrale con profili rettangolari (o equivalenti) in acciaio inox 100x50x5 mm del peso di 11,336 kg/ml e lamiera inox spessore 10mm del peso di 80 kg/mq



- Mensole reggitelo perimetrale con Profili a C in acciaio inox 40x80x40x5mm del peso di 5.58 kg/ml
- N° 4 martinetti d'angolo per il bloccaggio e stabilizzazione in fase di lavoro

Il peso della struttura di sostegno è pari a circa 10000 kg, a cui aggiungere il peso delle attrezzature ed operatori (al massimo 5 per piattaforma) pari 1000kg.

La portata massima di galleggiamento della piattaforma considerando le dimensioni pari a 8x8m ed escludendo la vasca centrale di 6x2m è pari a: $350\text{kg/mq} \times (8 \times 8 - 6 \times 2) = 18200 \text{ kg}$

Si prevede una vasca centrale con un volume pari a $6 \times 2 \times 0.60 = 7.2\text{mc} = 7200 \text{ kg}$ di acqua

Si ottiene quindi la seguente verifica al galleggiamento:

$$10000 \text{ kg} + 1000 \text{ kg} + 7200 \text{ kg} = 18200 \text{ kg} \sim 18200 \text{ kg}$$

La piattaforma di lavoro non sarà dotata di propulsione, pertanto la movimentazione potrà avvenire mediante imbarcazione di ausilio con argano installato su una trave metallica che andrà a contrasto sui pali. In questo modo la movimentazione è possibile in entrambe le direzioni della maglia strutturale.



5.3.2 Aperture sulle velette perimetrali passi uomo

Per accedere alla zona intradosso delle piastre si prevede di:

1. Aprire delle finestre sulle velette perimetrali di bordo del molo per l'ingresso delle piattaforme delle dimensioni pari a 4,00 x 0,76 m ad interasse di 29,70 m che non compromettono la stabilità degli elementi perimetrali, in quanto viene demolita solo la parte inferiore di spessore 27 cm dell'elemento di bordo.

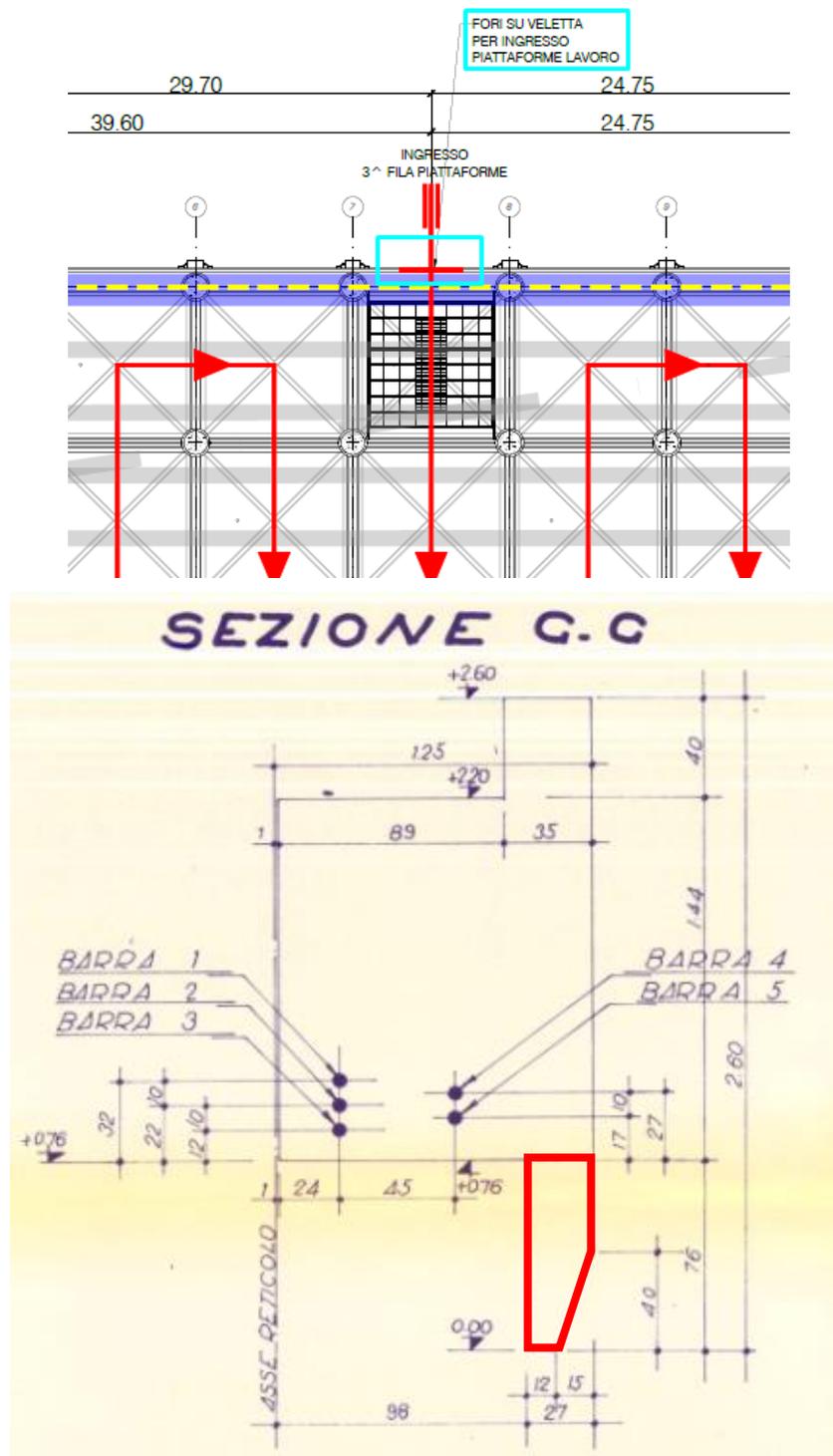


Figura 5.13: Prescrizioni per fori su velette perimetrali

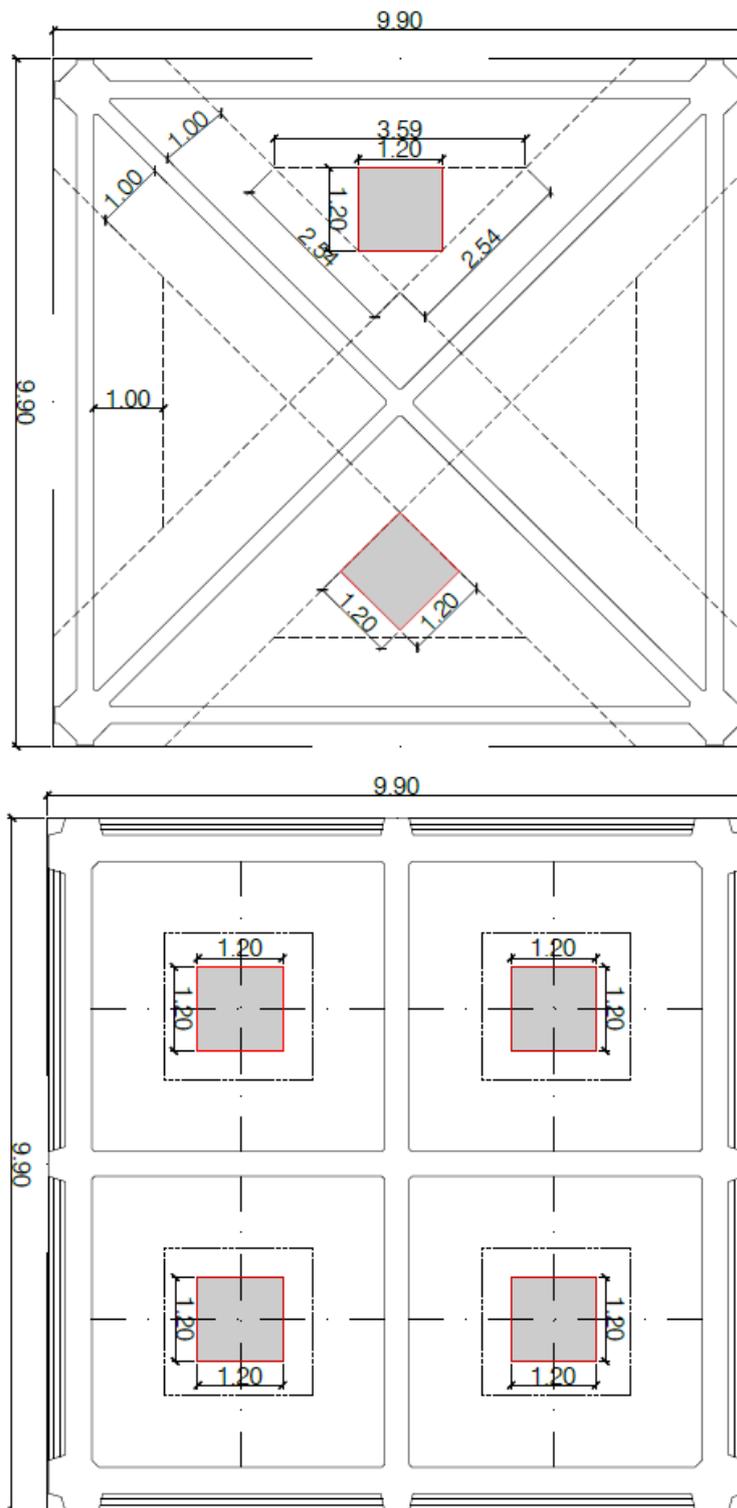


Figura 5.15: Prescrizioni per passi d'uomo su piastre

Per la chiusura successiva dei varchi si prevede di utilizzare delle lamiere in acciaio inox sagomate come la veletta di progetto da posizionare e fissare tramite dei perni passanti anch'essi in acciaio inox M20 come rappresentato nell'immagine seguente. Questa soluzione permette di avere facilmente a disposizione i varchi da utilizzare anche per la manutenzione/ispezioni future.

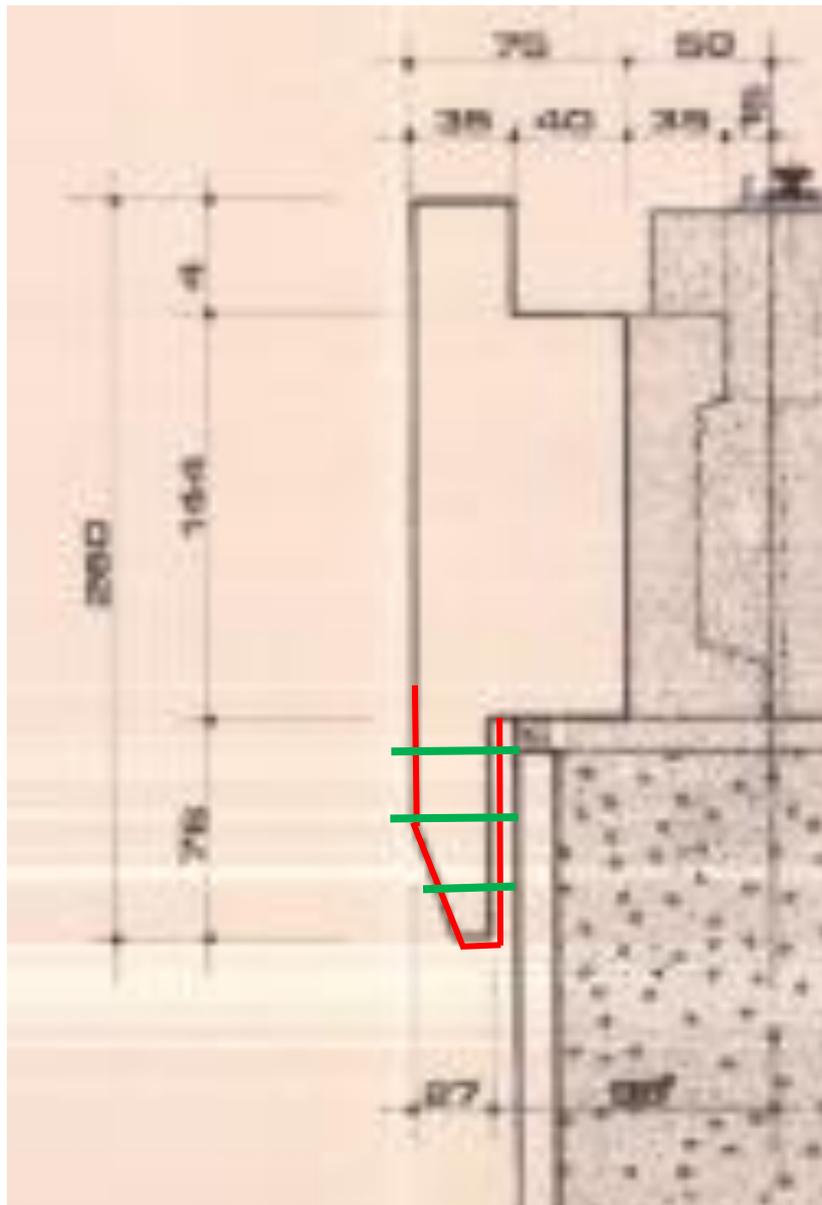


Figura 16: Schema chiusura varchi velette perimetrali con lamiera sagomata

Per la chiusura successiva dei passi d'uomo nelle piastre anni 60 si prevede di ricostruire la soletta con l'armatura $1\text{Ø}12/10$ e $1\text{Ø}12/20$ inferiori e superiori nelle due direzioni come da progetto originario rappresentato nelle immagini seguenti:

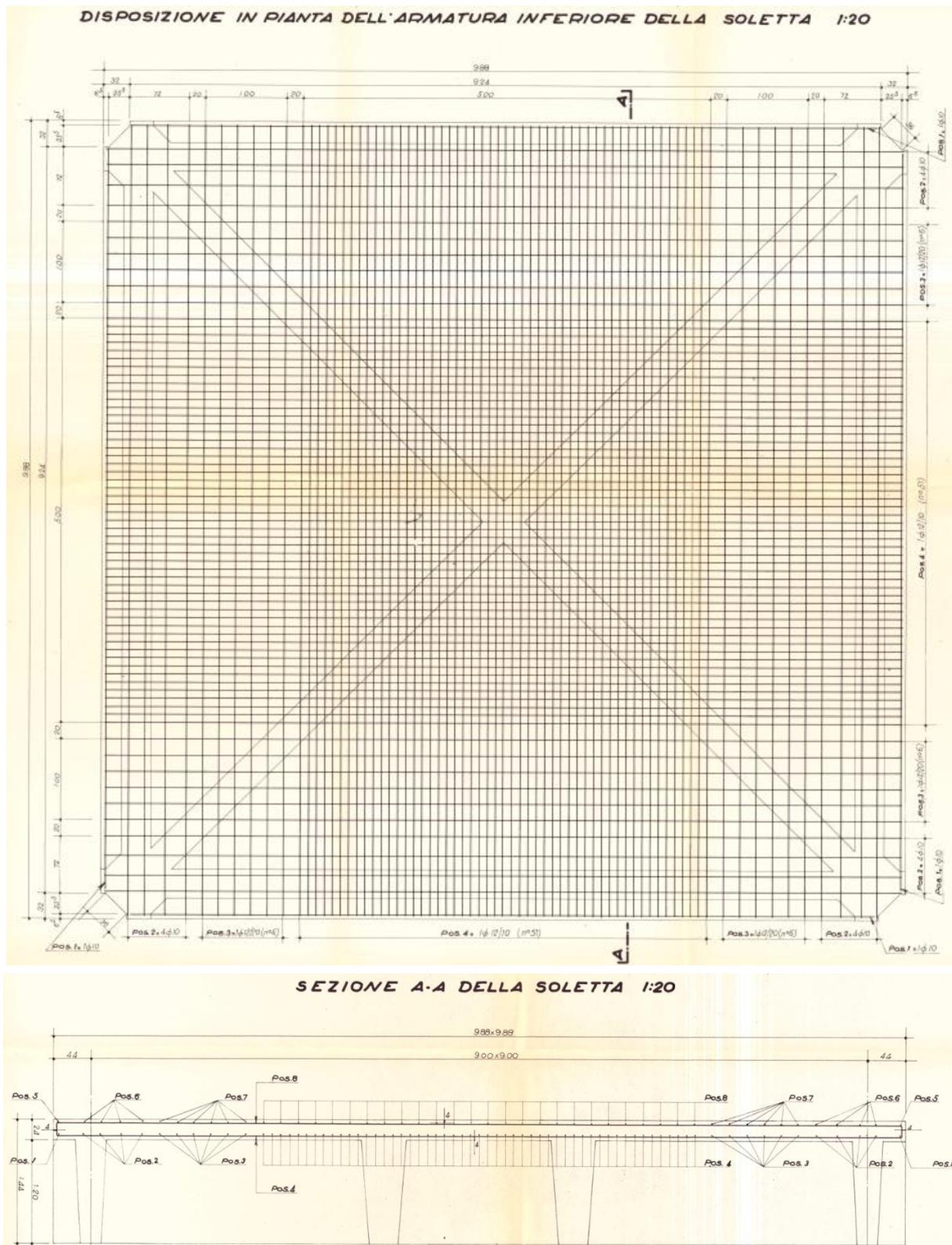


Figura 17: Elaborati progetto armature piastre zona anni 60

Per la chiusura successiva dei passi d'uomo nelle piastre anni 80 si prevede di ricostruire la soletta con l'armatura 1Ø14/10 inferiori e superiori nelle due direzioni come da progetto originario rappresentato nelle



immagini seguenti:

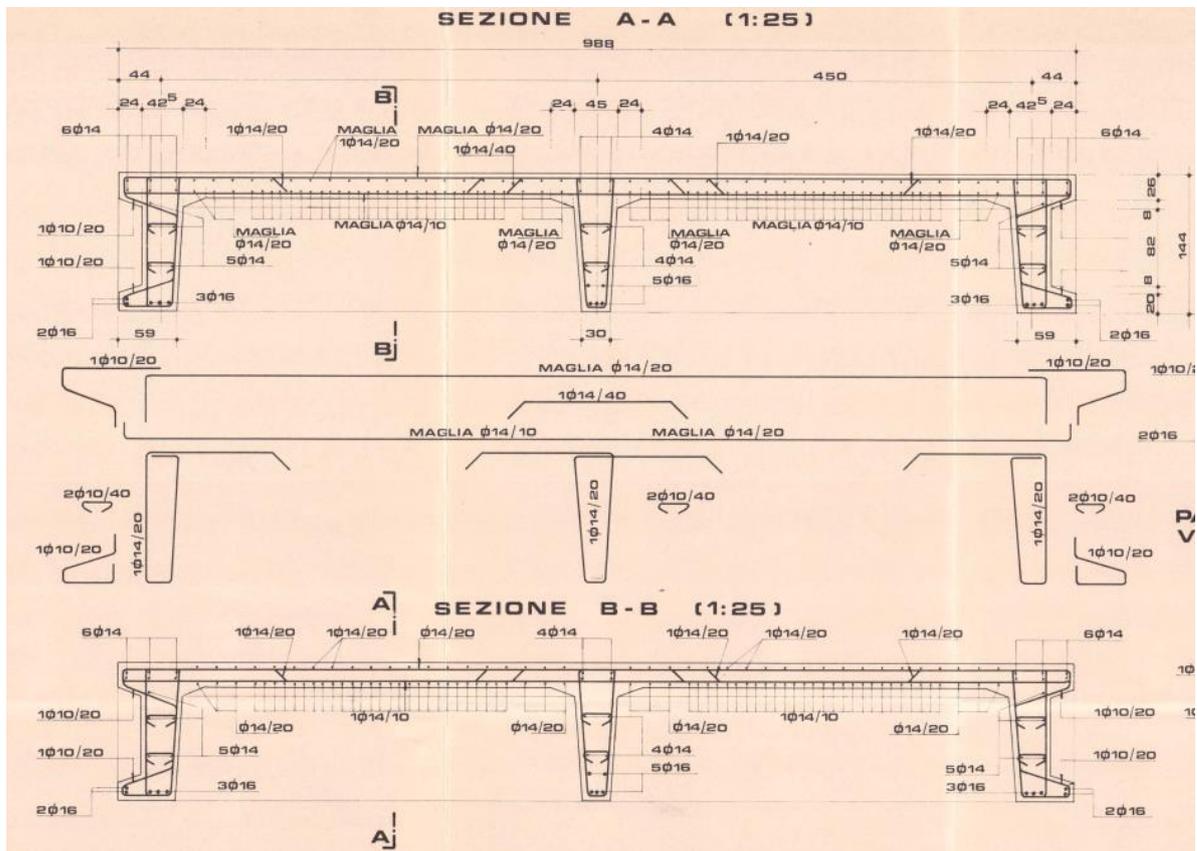
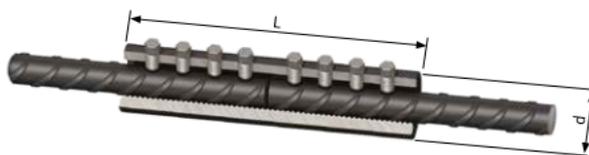


Figura 18: Elaborati progetto armature piastre zona anni 80

Per le riprese delle armature si prevede di utilizzare dei manicotti in modo da facilitare l'inserimento delle nuove armature nelle due direzioni del tipo HALFEN MBT o prodotti similari o in alternativa si possono saldare.

MBT Standard coupler – type selection and dimensions



The batch number and the rebar diameter are imprinted on all standard couplers.

E.g. T12 is for a rebar diameter of 12 mm.



Dimensions of MBT Standard coupler														
Identification	T10	T12	T14	T16	T18	T20	T22	T25	T26	T28	T30	T32	T36	T40
Rebar Ø [mm]	10	12	14	16	18	20	22	25	26	28	30	32	36	40
Order no.	0710.010-00002	00003	00004	00005	00012	00006	00013	00007	00014	00008	00015	00009	00016	00010
Outer coupler Ø d [mm]	33.4	33.4	42.2	42.2	48.3	48.3	48.3	54.0	66.7	66.7	71.0	71.0	85.0	81.0
Coupler length L [mm]	100	140	160	160	204	204	248	258	312	312	312	312	484	484
Socket size [mm]	13	13	13	13	13	13	13	16	16	16	16	16	19	19
Number of screws	4	6	6	6	8	8	10	8	10	10	10	10	14	14
Weight [kg]	0.52	0.72	1.25	1.25	2.0	1.96	2.38	3.00	5.91	5.80	6.68	6.50	15.30	11.30

Ⓜ Couplers for these diameters are not covered in the approval (Z-1.5-10).



The benefits

- officially approved by the German Building Authority DIBt, Berlin
- also approved for non-predominant static loads
- no preparatory work needed on the rebar ends
- using shear-off screws means fast and safe installation
- efficient and cost-effective installation using standard tools and with low screw shear-off moments
- wide range of standard, transition- and head-couplers allows planning reliability and flexibility in diverse applications
- ideal for renovation/restructuring and for building extensions projects
- numerous country-specific approvals confirm compliance with international norms for structural analysis



Figura 19: Caratteristiche manicotti tipo Halfen MBT per riprese armature



5.4 Considerazioni sui tempi e sul consumo d'acqua

Dalle prove eseguite sulle piastre del campo prova è stato possibile ricavare indicazioni sulla produttività degli interventi da eseguire, riportate di seguito e nell'elaborato 1949_PFTE_L1_STR_t003_07.

Lavorazione	Produttività	Specifiche
Idropulizia	16 mq/h	Idropulitrice tipo Idropavese 500 Pressione dell'acqua: 450bar, 1 testina rotante Distanza ugello dalla superficie di :15 cm Consumo d'acqua 15 l/min
Impermeabilizzazione	10 mq/h	Impermeabilizzante tipo "Mapelastich Guard"

Figura 5.20: Tabella riassuntiva produttività intervento Tipo 1

Lavorazione	Produttività	Specifiche
Idroscarifica leggera	8 mq/h	Idropulitrice tipo CD 160-2500 Pressione dell'acqua: 1800 bar, 2 testine rotanti Distanza ugello dalla superficie di scarifica: 5 cm Consumo d'acqua 25 l/min
Ripristino del copriferro	1.6 mq/h	Malta cementizia monocomponente anticorrosiva tipo "GeoLite" (spessore 10 mm)

Figura 5.21: Tabella riassuntiva produttività intervento Tipo 2

Lavorazione	Produttività	Specifiche
Idroscarifica profonda	1 mq/h	Idropulitrice tipo CD 160-2500 Pressione dell'acqua: 2100 bar Distanza ugello dalla superficie di scarifica: <1 cm Consumo d'acqua 25 l/min
Ripristino strutturale	0.8 mq/h	Malta cementizia monocomponente anticorrosiva tipo "GeoLite" (spessore 10 mm) Tessuto in fibra d'acciaio tipo "GeoSteel G1200" Ancoraggio tessuto in fibra d'acciaio tipo "GeoLite Gel"

Figura 5.22: Tabella riassuntiva produttività intervento Tipo 3

Con i dati sulla produttività e con il numero di operai destinati a singoli interventi sono stati calcolati i tempi necessari ad eseguire i lavori sulle piastre, riportati di seguito:

Classificazione	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Verde	100%	0%	0%
Giallo	100%	15%	0%
Arancione	100%	25%	0%
Rosso	100%	25%	25%
Viola	100%	50%	25%

Coeff. temporale (per un periodo di 2 anni)	Tipo 1
Verde	1
Giallo	1
Arancione	1
Rosso	1
Viola	1

Tempi	Intervento	mq/h	l/min
Tipo 1	Idropulizia	16	15
	Impermeabilizzazione	10	
Tipo 2	Idroscarifica leggera	8	25
	Ripristino copriferro	1.6	
Tipo 3	Idroscarifica profonda	1	25
	Ripristino strutturale	0.8	

Intervento	N. operai per ogni squadra
Idropulizia	2
Impermeabilizzazione	3
Idroscarifica leggera	1
Ripristino copriferro	3
Idroscarifica profonda	1
Ripristino strutturale	3



Dopo anni	2
-----------	---

Classe	Atot (mq)	Numero piastre	Area media (mq)	Area intervento media (mq)		
				Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Verde	365507.20	2176	167.97	167.97	0.00	0.00
Giallo	194799.27	1122	173.62	173.62	26.04	0.00
Arancione	37060.18	285	130.04	130.04	34.13	0.00
Rosso	10916.33	76	143.64	143.64	39.50	39.50
Viola	2747.81	24	114.49	114.49	62.97	31.49
TOT	611030.79	3683		729.75	162.65	70.99

Classe	Area intervento per piastra media (mq)					
	Idropulizia	Impermeabilizzazione	Idroscarifica leggera	Ripristino copriferro	Idroscarifica profonda	Ripristino strutturale
Verde	167.97	167.97	0.00	0.00	0.00	0.00
Giallo	173.62	173.62	26.04	26.04	0.00	0.00
Arancione	130.04	130.04	34.13	34.13	0.00	0.00
Rosso	143.64	143.64	39.50	39.50	39.50	39.50
Viola	114.49	114.49	62.97	62.97	31.49	31.49
TOT	729.75	729.75	162.65	162.65	70.99	70.99

Classe	Area intervento totale (mq)					
	Idropulizia	Impermeabilizzazione	Idroscarifica leggera	Ripristino copriferro	Idroscarifica profonda	Ripristino strutturale
Verde	365507.20	365507.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Giallo	194799.27	194799.27	29219.89	29219.89	0.00	0.00
Arancione	37060.18	37060.18	9728.30	9728.30	0.00	0.00
Rosso	10916.33	10916.33	3001.99	3001.99	3001.99	3001.99
Viola	2747.81	2747.81	1511.30	1511.30	755.65	755.65
TOT	611030.79	611030.79	43461.47	43461.47	3757.64	3757.64

Classe	Tempo intervento per piastra media (h)					
	Idropulizia	Impermeabilizzazione	Idroscarifica leggera	Ripristino copriferro	Idroscarifica profonda	Ripristino strutturale
Verde	5.25	5.60	0.00	0.00	0.00	0.00
Giallo	5.43	5.79	3.26	5.43	0.00	0.00
Arancione	4.06	4.33	4.27	7.11	0.00	0.00
Rosso	4.49	4.79	4.94	8.23	39.50	16.46
Viola	3.58	3.82	7.87	13.12	31.49	13.12
TOT	5.21	5.56	1.42	2.37	0.85	0.35
Tempo totale	19197	20477	5231	8718	3121	1300
Tipo di mezzo	A	C	A	B	A	B

Tipo di mezzo	Tempo con 1 mezzo (h)	Numero mezzi	Tempo a tipo di mezzo (h)	Tempo a tipo di mezzo (giorni)
A	27548	4	6887	574
B	10018	2	5009	417
C	20477	3	6826	569

Figura 5.23: Calcolo del tempo impiegato per le lavorazioni.

Dai consumi di acqua per le diverse attività di idropulizia e idroscarifica si è ricavato il volume d'acqua necessario:

Classe	Consumo acqua per piastra media (l)		
	Idropulizia	Idroscarifica leggera	Idroscarifica profonda
Verde	9448	0	0
Giallo	9766	9766	0
Arancione	7315	12800	0
Rosso	8080	14812	118500
Viola	6440	23614	94456
Media ponderata	9382	4261	2542
Litri totali	34554875	15691924	9361510
Litri al giorno	60208	27342	16311

59608309	Litri totali
103861	Litri totali al giorno
25965	Litri al giorno a mezzo tipo A

Figura 5.24: Stima del consumo d'acqua.



Si ottiene un volume di circa 105 mc al giorno che saranno da fornire per i 4 mezzi di tipo A. Un volume circa uguale sarà da predisporre per essere recuperato dalle piattaforme e depurato, previa separazione della parte grossa derivante dall'idropulizia e idroscarifica.

5.5 Considerazioni sulla cantierizzazione

Come visto al paragrafo precedente la suddivisione delle lavorazioni è la seguente:

- n° 4 piattaforme per idropulizia e idroscarifica con n° 3 operai per piattaforma
- n° 2 piattaforme per ripristini con n° 3 operai per piattaforma
- n° 3 piattaforme per l'impermeabilizzazione con n° 3 operai per piattaforma
- n° 1 piattaforma per lavori puntuali e per le zone poco accessibile con n° 3 operai OTS (operatori tecnici subacquei)

Il contesto di intervento si presenta con condizioni operative difficili conseguenti alla ristrettezza degli spazi sotto impalcato (caratteristiche geometriche illustrate al capitolo 3.2 e nell'elaborato 1949_PFTE_L1_STR_t002_07) e alle condizioni derivanti dal moto ondoso e dalle maree. Le piattaforme di lavoro, illustrate al capitolo 0, dovranno quindi rispettare determinati vincoli operativi:

- Per l'accesso alle aree sotto impalcato, dato che la dimensione delle aperture sulle velette di bordo non può essere ampliata più di quanto già previsto (4 m x 0.76 m) a causa di vincoli strutturali (cfr. capitolo 0), il mezzo operativo dovrà essere assemblato sotto impalcato.
- Dato che le travi che costituiscono le piastre prefabbricate hanno intradosso a quota +0.78 m s.l.m.m., il mezzo dovrà avere un basamento sufficientemente basso e affondabile per seguire le variazioni di marea e consentire i tempi di lavoro illustrati al capitolo 5.6 (su due turni da 6 ore ciascuno)
- Durante i passaggi tra una piastra e l'altra i parapetti dovranno poter essere abbassati / richiusi.

Il mezzo dovrà inoltre essere dotato di teli per la raccolta del materiale demolito e dell'acqua derivante dalle operazioni di idropulizia e idroscarifica che dovranno essere poi portate a smaltimento / trattamento.

Per quanto riguarda i vincoli dettati dal Concessionario si segnala quanto segue:

- Il mezzo dovrà rimanere costantemente sotto impalcato perché non sono disponibili ormeggi in banchina. Per il trasporto degli operai dai passi uomo alla piattaforma si prevede l'impiego di una piccola imbarcazione e per l'accesso all'interno della piattaforma, si prevede una paratoia a tenuta stagna sul parapetto.
- Le aree di cantiere sopra impalcato saranno itineranti per seguire l'andamento delle lavorazioni sotto impalcato e saranno disposte come illustrato nell'elaborato 1949_PFTE_L0_SIC_t001_14

L'area di cantiere sotto impalcato è suddivisa in 45 fasi per aree di estensione pari a circa 7x11 piastre (70 x 110 m) con almeno n. 2 passi uomo per area. Si prevede che siano presenti due cantieri contemporanei e che le piattaforme di lavoro possano lavorare, secondo necessità, su entrambe le aree.



Si procede in sequenza con 3 squadre (una per idropulizia e idroscarifica, una per ripristini e una per l'impermeabilizzazione) che procedono circa alla stessa velocità (le produttività per le varie operazioni sono simili) come indicativamente rappresentato nelle immagini seguenti.

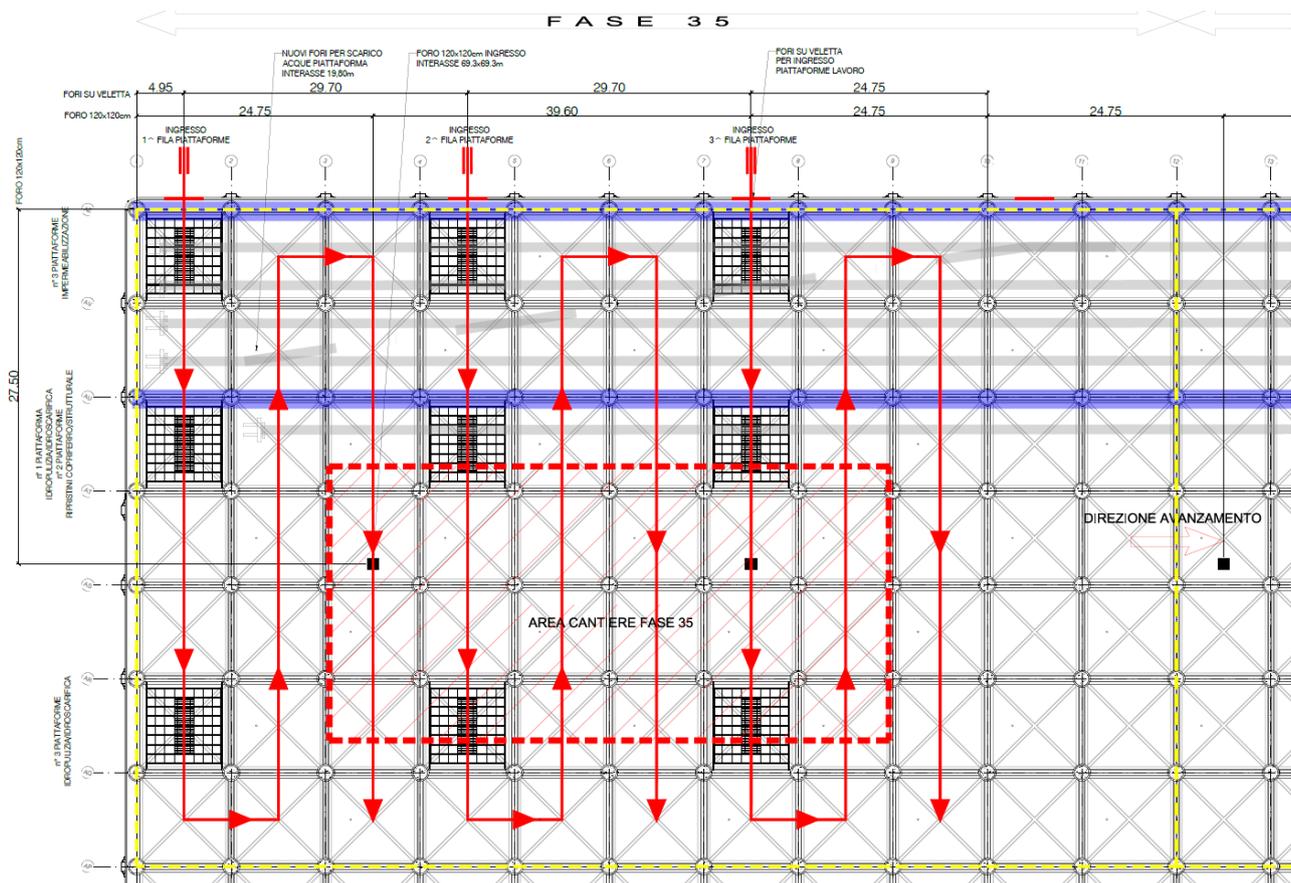


Figura 5.25: Progressione lavorazioni

La disposizione tipo dell'area di cantiere deve ospitare tutti i mezzi necessari alle varie attività, quali cisterne, vasche, compressori, pompe, etc come rappresentato di seguito. Ogni area di cantiere avrà forma e dimensione variabile in funzione del layout del terminal e degli spazi messi a disposizione dal Concessionario, come illustrato nell'elaborato 1949_PFTE_L0_SIC_t001_14.

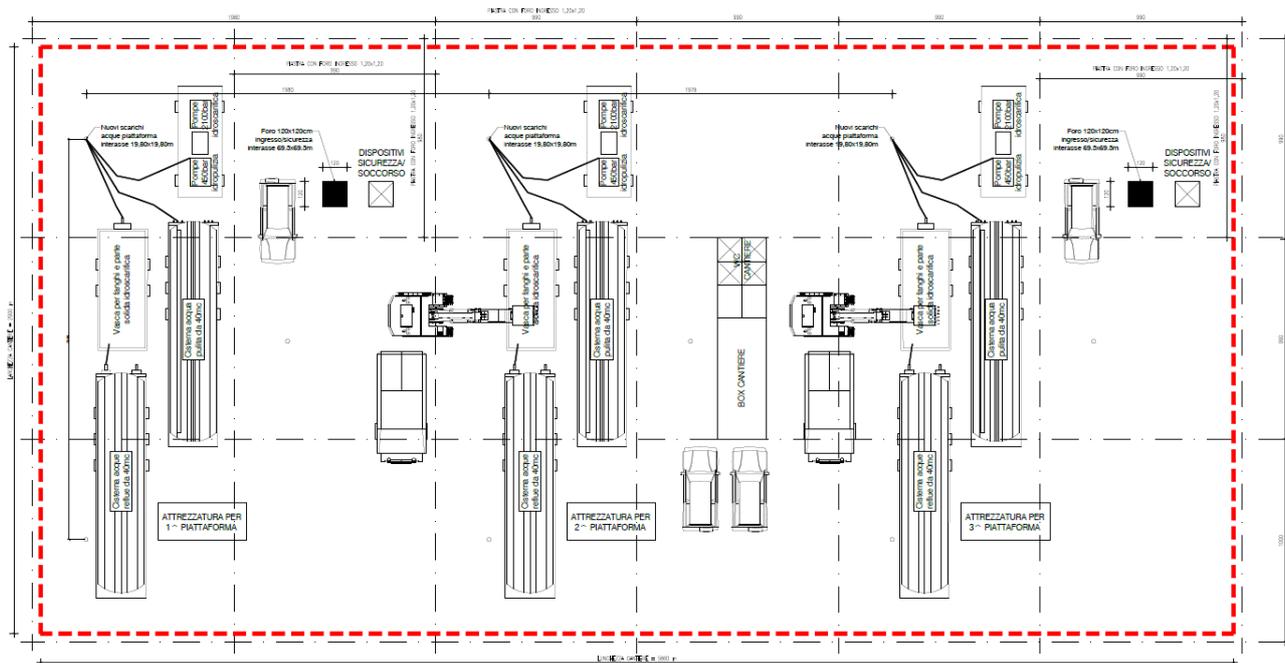


Figura 5.26: Cantierizzazione – Pianta tipo area cantiere

5.6 Cronoprogramma

Considerando le ipotesi descritte nei paragrafi precedenti si ricava il seguente cronoprogramma (parte dell'elaborato 1949_PFTE_L0_ECO_r006_13 e qui visualizzato in forma chiusa) espresso in giorni naturali consecutivi su 2 turni da 6 ore ciascuno.

Ogni lavorazione sopra descritta ha una durata stimata di 635 giorni (tempo riportato nella Figura 5.23 incrementato del 10% per considerare i giorni a operatività limitata causa alta marea o condizioni meteo avverse). L'intervento di ripristino strutturale può avere inizio 2 giorni dopo l'idropulizia/idroscarifica, mentre l'intervento di impermeabilizzazione può iniziare 3 giorni dopo aver concluso le operazioni di ripristino sulla medesima piastra.

In totale le lavorazioni al di sotto dell'impalcato dureranno quindi circa 640 giorni.



Figura 5.27: Cronoprogramma generale interventi strutturali

Per le zone di raccordo tra il molo e la radice, dove l'accessibilità dei mezzi e il lavoro da parte di operai tradizionali potrebbero essere difficoltosi, si è ipotizzato di operare con n. 3 sub sul decimo mezzo previsto (cfr.



cap. 5.5).

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati sulla cantierizzazione e al cronoprogramma:

1949_PFTE_L0_SIC_r004_14	Relazione sulla cantierizzazione
1949_PFTE_L0_SIC_t001_14	Sequenza di cantierizzazione generale
1949_PFTE_L0_SIC_t002_14	Sequenza di cantierizzazione delle opere strutturali sotto impalcato
1949_PFTE_L0_SIC_t003_14	Sequenza di cantierizzazione delle opere idrauliche
1949_PFTE_L0_SIC_t004_14	Sequenza di cantierizzazione delle opere elettriche
1949_PFTE_L0_SIC_t005_14	Sequenza di cantierizzazione delle opere di prolungamento RMG
1949_PFTE_L0_ECO_r006_13	Cronoprogramma

5.7 Requisiti dei prodotti per gli interventi manutentivi e normativa applicabile

5.7.1 Normativa

Tutti i materiali utilizzati devono possedere la marcatura CE e devono essere conformi alla norma UNI EN 1504 “Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo”. Più in particolare, la norma citata si compone di 9 parti:

- 1) UNI EN 1504-1 Descrizione dei termini e delle definizioni dello standard.
- 2) UNI EN 1504-2 Protezione superficiale del calcestruzzo.
- 3) UNI EN 1504-3 Riparazione strutturale e non strutturale.
- 4) UNI EN 1504-4 Incollaggio strutturale.
- 5) UNI EN 1504-5 Iniezione del calcestruzzo.
- 6) UNI EN 1504-6 Ancoraggio delle barre di rinforzo in acciaio.
- 7) UNI EN 1504-7 Protezione contro la corrosione delle armature.
- 8) UNI EN 1504-8 Controllo delle qualità e valutazione delle conformità.
- 9) UNI EN 1504-9 Principi generali per l'uso dei prodotti e dei sistemi.
- 10) UNI EN 1504-10 Applicazione in opera di prodotti, sistemi e controllo di qualità dei lavori.

5.7.2 Requisiti dei materiali

5.7.2.1 Acqua per idropulizia e idroscarifica

Per il corretto funzionamento delle idropulitrici è richiesto l'utilizzo di acqua pulita ad una temperatura massima di 40°C e con un contenuto di solidi ($\leq 25 \mu\text{m}$) non superiore a 25 ppm, come riportato nella seguente scheda tecnica.



Dati sul prodotto Angaben über das Erzeugnis	
Pompa ad alta pressione, modello Hochdruck-Pumpe	KD719-G
No. d'ordine cliente Auftragsnummer des Kunden	27.07.2016 / e-Mail
No. commessa URACA URACA-Kommissions-Nr.	HD-11606433
(Da indicare negli ordini di ricambi o nelle richieste.) (Bei Ersatzteilbestellungen oder Rückfragen bitte angeben.)	
Informazioni sulla sostanza trasportata Angaben zum Fördermedium	
Mezzo pompato Fördermedium	L'acqua pulita max. 40°C Sauberes Wasser max. 40°C
Uso Verwendung	captazione Reinigung
Tempi d'impiego Einsatzweise	Intermittente / continuo Intermittierend / kontinuierlich
Costruzione Bauweise	Stazionario Stationär
Temperatura ambiente Umgebungstemperatur	°C ---
Temperatura della sostanza trasportata, max. Temperatur Fördermedium max.	°C 40
Temperatura della sostanza trasportata, min. Temperatur Fördermedium min.	°C 4
Percentuale solida max. Feststoffanteil max.	ppm ≤ 25
Grandezza delle particelle solide max. Feststoffpartikelgröße max.	µm ≤ 10

5.7.2.2 Malta da ripristino

Malta tixotropica per passivare, ripristinare, rasare e proteggere strutture in calcestruzzo armato, ancorare e fissare elementi metallici.

Dati tecnici:



Aspetto	polvere	
Massa volumica apparente	≈ 1300 kg/m ³	UEAtc
Natura mineralogica aggregato	silicatica-carbonatica	
Intervallo granulometrico	0 – 0,5 mm	EN 12192-1
Conservazione	≈ 6 mesi dalla data di produzione in confezione originale e integra; teme l'umidità	
Confezione	sacchi 25 / 5 kg	
Acqua d'impasto	≈ 4,6 l / 1 sacco 25 kg – ≈ 0,9 l / 1 sacco 5 kg	
Spandimento dell'impasto	140 – 160 mm	EN 13395-1
Massa volumica dell'impasto	≈ 2040 kg/m ³	
pH dell'impasto	≥ 12,5	
Inizio / Fine presa	≈ 8 – 10 min. (≈ 22 – 25 min. a +5 °C) – (≈ 3 – 4 min. a +30 °C)	
Temperature limite di applicazione	da +5 °C a +40 °C	
Spessore minimo	2 mm	
Spessore massimo per strato	40 mm	
Resa	≈ 17,5 kg/m ² per cm di spessore	

Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisiti richiesti EN 1504-7	Prestazione Geolite 10		
Protezione dalla corrosione	EN 15183	nessuna corrosione	specificata superata		
Adesione per taglio	EN 15184	≥ 80% del valore della barra nuda	specificata superata		
			Geolite 10 Prestazione in condizioni CC e PCC (MPa)		
			-10 °C*	+5 °C	+21 °C
			2 h	> 5	> 10
			4 h	> 3	> 8
			24 h	> 7	> 15
Resistenza a compressione	EN 12190	≥ 45 MPa (28 gg)	7 gg	> 23	> 25
			28 gg	> 30	> 40
			* Temperatura ambiente -10 °C per le prime 12 h e successivamente +5 °C, temperatura supporto e polvere +5 °C		
				+5 °C	+21 °C
Resistenza a trazione per flessione	EN 196-1	nessuno	2 h	> 1	> 2
			4 h	> 3	> 3
			24 h	> 4	> 6
			7 gg	> 5	> 7
			28 gg	> 6	> 8



Modulo elastico a compressione	EN 13412	≥ 20 GPa (28 gg)	21 GPa in CC 20 GPa in PCC
Compatibilità termica ai cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti	EN 13687-1	forza di legame dopo 50 cicli ≥ 2 MPa	> 2 MPa
Assorbimento capillare	EN 13057	$\leq 0,5$ kg·m ⁻² ·h ^{-0,5}	$< 0,5$ kg·m ⁻² ·h ^{-0,5}
Contenuto ioni cloruro (determinato sul prodotto in polvere)	EN 1015-17	$\leq 0,05\%$	$< 0,05\%$
Reazione al fuoco	EN 13501-1	Euroclasse	A1
	Metodo di prova	Requisiti richiesti EN 1504-2 (C)	Prestazione Geolite 10
Permeabilità al vapore acqueo	EN ISO 7783-2	classe di riferimento	Classe I: $s_D < 5$ m
Assorbimento capillare e permeabilità all'acqua	EN 1062-3	$w < 0,1$ kg·m ⁻² ·h ^{-0,5}	$w < 0,1$ kg·m ⁻² ·h ^{-0,5}
Forza di aderenza per trazione diretta	EN 1542	≥ 2 MPa	> 2 MPa
Ritiro lineare	EN 12617-1	$\leq 0,3\%$	$< 0,3\%$
Coefficiente di espansione termica	EN 1770	$\alpha_T \leq 30 \cdot 10^{-6} \cdot k^{-1}$	$\alpha_T < 30 \cdot 10^{-6} \cdot k^{-1}$
Resistenza all'abrasione	EN ISO 5470-1	perdita di peso < 3000 mg	specificata superata
Aderenza in seguito a shock termico	EN 13687-2	≥ 2 MPa	> 2 MPa
Resistenza all'urto	EN ISO 6272-1	classe di riferimento	Class III : ≥ 20 Nm
Sostanze pericolose		conformi al punto 5.4	
	Metodo di prova	Requisiti richiesti EN 1504-6	Prestazione Geolite 10
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio (spostamento in mm relativo a un carico di 75 kN)	EN 1881	$\leq 0,6$ mm	$< 0,6$ mm
Contenuto ioni cloruro (determinato sul prodotto in polvere)	EN 1015-17	$\leq 0,05\%$	$< 0,05\%$
Sostanze pericolose		conformi al punto 5.4	
Caratteristica prestazionale aggregato	Metodo di prova	Requisiti richiesti UNI 8520-22	Prestazione aggregato Geolite 10
Reazione alcali-aggregati	UNI 11504	classe di reattività	NR (non reattivo)

L'intervento di ripristino del copriferro si svolgerà nelle seguenti fasi:

- preparazione del substrato, irruvidimento del calcestruzzo;
- inserimento di eventuale armatura integrativa e bagnatura a rifiuto del supporto;
- applicazione di malta tixotropica minerale per riprofilare e ripristinare il copriferro;



Preparazione dei supporti:

- asportazione in profondità dell'eventuale calcestruzzo ammalorato, fino ad ottenere un substrato solido, resistente e con asperità di almeno 5 mm, mediante scarifica meccanica o idrodemolizione;
- rimozione della ruggine dai ferri d'armatura
- pulizia della superficie trattata, con aria compressa o idropulitrice;
- bagnatura a rifiuto fino ad ottenere un substrato saturo, ma privo di acqua liquida in superficie.

Applicazione:

- Per il ripristino localizzato e/o generalizzato, in spessori variabili da 2 a 40 mm (max per strato), applicare la malta manualmente a cazzuola.
- Per la realizzazione di una rasatura protettiva, in spessori non inferiori a 2 mm, applicare manualmente (con spatola d'acciaio) previo irruvidimento delle superfici con asperità di 1-2 mm.
- Per l'inghisaggio di barre, riempire il foro precedentemente realizzato tramite estrusione del materiale con apposita pistola e inserire la barra con movimento rotatorio.

Curare la stagionatura umida delle superfici per almeno 24 ore.

5.7.2.3 Tessuto in fibra di acciaio per ripristino strutturale

Tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da micro-trefoli di acciaio fissati su una microrete in fibra di vetro per i rinforzi strutturali in accoppiamento a matrici minerali.

Dati tecnici:

Trefolo 3x2 ottenuto unendo fra loro 5 filamenti, di cui 3 rettilinei e 2 in avvolgimento con elevato angolo di torsione:		
- area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili)	A_{trefolo}	0,538 mm ²
- n° trefoli/cm		1,57 trefoli/cm
- massa (comprensivo di termosaldatura)		≈ 670 g/m ²
- carico di rottura a trazione di un trefolo		> 1500 N
- resistenza a trazione del nastro, valore caratteristico	σ_{nastro}	> 3000 MPa
- resistenza a trazione per unità di larghezza		> 2,35 kN/cm
- modulo di elasticità normale del nastro, valore medio	E_{nastro}	> 190 GPa
- deformazione a rottura del nastro, valore caratteristico	ϵ_{nastro}	> 1,5%
- spessore equivalente	t_t	≈ 0,084 mm
Confezione		rotoli 50 m (h 30 cm)
Peso 1 rotolo		≈ 24 kg inclusa confezione



Caratteristica prestazionale¹	Metodo di prova		Prestazioni sistema Geosteel SRG su supporto in calcestruzzo
Tensione limite convenzionale	LG FRCM (SS 2.1 – 7.2)	$\sigma_{lim,conv}$	1827 MPa
Deformazione limite convenzionale	LG FRCM (SS 2.1 – 7.1)	$\epsilon_{lim,conv}$	0,94 %
Modulo elastico del tessuto	LG FRCM (SS 2.1 – 7.1.1)	E_f	195 GPa
Resistenza a compressione della malta (valore caratteristico)	EN 12190	$f_{c,mat}$	> 50 MPa (28 gg)
Percentuale in peso delle componenti organiche			< 1%
Permeabilità al vapore acqueo	EN ISO 7783-2		Classe I: $s_d < 5$ m
Condizioni di installazione			
Temperatura massima (aria e superficie)	-	-	< +40 °C
Temperatura minima (aria e superficie)	-	-	> +5 °C
Umidità relativa dell'aria	-	-	ininfluente
Umidità relativa della superficie di incollaggio	-	-	supporto saturo privo di acqua liquida in superficie
Condizioni di esercizio			
Temperatura massima (aria e superficie)	-	-	< +80 °C
Temperatura minima (aria e superficie)	-	-	> -40 °C
Umidità relativa dell'aria	-	-	ininfluente
Contatto con acqua ²	-	-	occasionale
Reazione al fuoco ³	Decisione 2000/605/CE	-	Classe A1

L'intervento di ripristino strutturale si svolge nelle seguenti fasi:

- eventuale trattamento di ripristino delle superfici degradate, ammalorate, decoese o non planari (da contabilizzare a parte), garantendo asperità di almeno 5 mm, e bagnatura a rifiuto del supporto;
- stesura di un primo strato di geomalta®, di spessore di circa 3 – 5 mm;
- con malta ancora fresca, procedere alla posa del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, avendo cura di garantire una completa impregnazione del tessuto ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto;
- esecuzione del secondo strato di geomalta®, di spessore complessivo del rinforzo di 5 – 8 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti;
- eventuale ripetizione delle fasi (c), e (d) per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto;
- eventuale ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio tramite arrotolamento del tessuto e inghisaggio delle code all'interno dei fori precedentemente realizzati con adesivo minerale epossidico o placcaggio con elementi metallici installati con adesivo minerale epossidico (da contabilizzare a parte).

Preparazione dei supporti:

supporti dovranno essere preparati e bonificati a regola d'arte, comunque seguendo le indicazioni e prescrizioni della D.L. In caso di supporti non degradati procedere con il semplice irruvidimento della superficie garantendo asperità di almeno 5 mm, la pulizia e rimozione di polveri e olii che possano compromettere l'adesione del



sistema, mediante aria compressa o idropulitrice. In caso di supporto evidentemente degradato, non planare o danneggiato da eventi gravosi si procederà come di seguito descritto: eventuale rimozione in profondità del calcestruzzo ammalorato mediante scarifica meccanica o idrodemolizione, avendo cura di irruvidire il substrato con asperità di almeno 5 mm; eventuale rimozione di ruggine dai ferri d'armatura; eventuale ricostruzione monolitica o rasatura della sezione mediante malta tixotropica. Prima dell'applicazione del sistema di rinforzo provvedere sempre alla preparazione del supporto con asperità di almeno 5 mm.

Applicazione:

La realizzazione del sistema di ripristino strutturale in fibra di acciaio in abbinamento a malta minerale strutturale tixotropica andrà eseguito, realizzando una fascia di rinforzo longitudinale al senso di sviluppo della trave stessa, con l'applicazione di una prima mano di malta, garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore minimo 3 – 5 mm) per regolarizzarlo e per adagiare e inglobare il tessuto di rinforzo. Successivamente si procederà applicando, sulla matrice ancora fresca, il tessuto in fibra di acciaio galvanizzato, garantendo il perfetto inglobamento del nastro nello strato di matrice, esercitando una pressione energica con la spatola e avendo cura che la stessa fuoriesca dai trefoli per garantire così un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Nei punti di giunzione longitudinale, si procederà a sovrapporre due strati di tessuto in fibra di acciaio per almeno 30 cm.

L'applicazione si concluderà con la rasatura finale protettiva (spessore complessivo del rinforzo 5 – 8 mm), sempre realizzata con malta tixotropica, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca.

5.7.2.4 Impermeabilizzazione

Malta cementizia bicomponente elastica, di colore grigio, per la protezione di grandi opere in calcestruzzo, soggette ad elevate sollecitazioni.

Fornitura e posa in opera di malta cementizia bicomponente elastica, fino a -20°C, di colore grigio chiaro, per applicazioni a spruzzo con pompa intonacatrice, a base di leganti cementizi, aggregati selezionati a grana fine, fibre sintetiche, additivi speciali e polimeri sintetici in dispersione acquosa (tipo Mapelastic Guard della MAPEI S.p.A.) per la protezione di supporti in calcestruzzo contro la penetrazione di agenti aggressivi (anidride carbonica e cloruri). In particolare 2 mm di prodotto dovranno incrementare la durabilità della struttura, contrastando la penetrazione della CO₂ (carbonatazione) per un periodo superiore a 50 anni; mentre per quanto riguarda l'aggressione da cloruri, 2,5 mm di prodotto dovranno garantire una protezione pari a 30 mm di copriferro realizzato con un calcestruzzo avente rapporto a/c pari a 0,45. L'applicazione della malta dovrà essere effettuata previa adeguata preparazione del supporto (da computarsi a parte) asportando tutte le parti inconsistenti e in fase di distacco, fino ad ottenere un sottofondo solido, avendo cura di eliminare residui polverosi che impediscono una corretta adesione. Il prodotto dovrà essere applicato, su sottofondo pulito e umido, in due mani, a spruzzo con pompa intonacatrice dotata di lancia per rasature, in uno spessore finale non inferiore a 2 mm.



Il prodotto dovrà rispondere ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-2 rivestimento (C), secondo i principi PI, MC e IR, per la protezione del calcestruzzo e avere le seguenti caratteristiche prestazionali:

Adesione al calcestruzzo secondo EN 1542:

- dopo 28 gg a +20°C e 50% U.R. +21 gg in acqua (N/mm²): 1,0

Compatibilità termica ai cicli di gelo-disgelo con Sali disgelanti

(EN 13687-1), misurata come adesione secondo EN 1542 (N/mm²): 0,8

Adesione al calcestruzzo secondo EN 1542:

- dopo 7 gg a +20 °C e 50% U.R. +21 gg in acqua (N/mm²): 0,6

Elasticità espressa come allungamento (DIN 53504 mod.):

- dopo 28 gg a +20°C e 50% U.R. (%): 30

Crack-bridging statico a -20°C secondo EN 1062-7 espresso come
larghezza massima della fessura (mm):

Classe A3 (-20 °C)
(> 0,5 mm)

Permeabilità al vapore acqueo secondo EN ISO 7783-1:

-spessore di aria equivalente S_D (m):

S_D= 2,1
μ= 1160

Impermeabilità all'acqua espressa come assorbimento capillare secondo
EN 1062-3 (kg/m²·h^{0,5}):

W < 0,02 Classe III
(bassa permeabilità all'acqua)
secondo EN 1062-1

Permeabilità dell'anidride carbonica (CO₂) secondo EN 1062-6 Metodo B:

- diffusione in spessore di aria equivalente SDCO₂ (m): > 50

Reazione al fuoco (EN 13501-1) (Euroclasse):

E