



COMUNE DI MILANO - MILANOSPORT S.P.A.

PISCINA SOLARI
VIA MONTEVIDEO, 20

RIPRISTINO DELLE STRUTTURE ESISTENTI



DIRETTORE TECNICO
ARCH. STEFANO PEDULLA'



Il Tecnico certificatore: Ing. Massimo Panizza

R4M
engineering

ELABORATO

RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA

ER01

14.02.2014

INDICE

1.	DESCRIZIONE GENERALE	2
1.1.	DESCRIZIONE STRUTTURE ESISTENTI.....	2
2.	STATO DI CONSERVAZIONE DELLE STRUTTURE ESISTENTI	4
2.1.	INDAGINI SULLE STRUTTURE ESISTENTI	4
2.2.	PILASTRI PIANO INTERRATO	4
2.3.	TRAVI SOLAIO PIANO TERRA	6
2.4.	SOLAI IN LATEROCEMENTO PIANO TERRA	8
2.5.	STRUTTURA DELLA VASCA	10
2.6.	TRAVI DI CORONAMENTO DELLA COPERTURA IN C.A.....	11
2.7.	FUNI DI COPERTURA	13
2.8.	LAMIERA DI COPERTURA.....	14
3.	INTERVENTI DI RIPRISTINO	15
3.1.	PILASTRI PIANO INTERRATO	15
3.2.	TRAVI SOLAIO PIANO TERRA	16
3.3.	SOLAI IN LATEROCEMENTO PIANO TERRA	17
3.4.	STRUTTURA DELLA VASCA	18
3.5.	TRAVI DI CORONAMENTO DELLA COPERTURA IN C.A.....	19
3.6.	FUNI DI COPERTURA	20
3.7.	LAMIERA DI COPERTURA.....	20

1. DESCRIZIONE GENERALE

Il presente documento riguarda la descrizione e la verifica degli interventi di ripristino e di rinforzo sulle strutture della piscina Solari, in via Montevideo 20, nel comune di Milano.

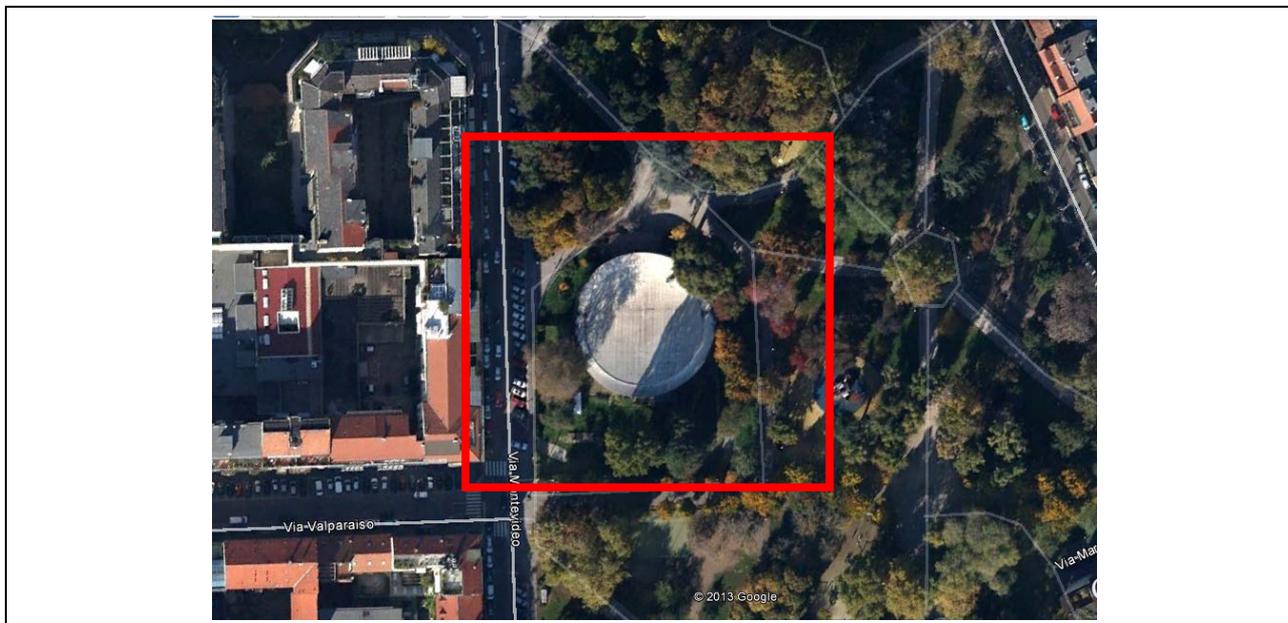


Figura 1 – Foto aerea della piscina Solari

1.1. DESCRIZIONE STRUTTURE ESISTENTI

La realizzazione della piscina Solari risale al 1963. La struttura si caratterizza per la particolare copertura: si tratta di una tensostruttura a sella formata da due famiglie di funi di acciaio che reggono pannelli in lamiera grecata.

La forma della copertura è quella di una porzione di paraboloide iperbolico.

Le funi sono ancorate a una struttura portante in calcestruzzo armato, costituita da due archi inclinati attestati su due blocchi massicci laterali, che hanno la funzione di contrastare la spinta orizzontale.

Gli archi, appoggiati a una doppia serie di pilastri in acciaio, hanno una larghezza di circa 3.15 m. Il diametro della copertura è di circa 40 m, l'altezza massima da terra di circa 8.5 m.

La struttura presenta due ordini di funi, suddivise in base alla funzione statica, in "funi portanti" e "funi traenti".

Le funi portanti hanno un diametro di 22 mm, mentre le funi traenti hanno un diametro di 9 mm. Le funi traenti sono necessariamente pretese per assorbire le deformazioni della tensostruttura dovute al carico neve e al carico vento.

La lamiera grecata è collegata a queste ultime mediante anelli saldati alle nervature della stessa.

Il comportamento strutturale di questo tipo di copertura comporta deformazioni importanti in occasione di grandi nevicate.



Figura 2 – Foto della copertura della piscina

Il sotterraneo presenta invece una struttura tradizionale con travi e pilastri in calcestruzzo armato e solai in latero-cemento.

La maglia di pilastri ha dimensioni in pianta di circa 4.0×4.9 m, con le travate principali continue su campate di 4.0 m, i solai in latero-cemento sulle luci di 4.9 m.

I pilastri hanno una sezione di 30×30 cm; le travi principali, in spessore di solaio, hanno una larghezza di 90 cm.

La vasca esistente, che sarà soggetta a un intervento di ampliamento, presenta pareti e soletta di fondo in calcestruzzo armato.

Sotto il fondo della vasca è presente una griglia di travi ribassate su pilastri di altezza variabile, che seguono l'andamento del fondo della vasca.

2. STATO DI CONSERVAZIONE DELLE STRUTTURE ESISTENTI

2.1. INDAGINI SULLE STRUTTURE ESISTENTI

Durante i sopralluoghi effettuati tra i mesi di novembre e dicembre 2013, conclusi in data 2 gennaio 2014, è stato rilevato visivamente lo stato di conservazione dell'intero manufatto e sono stati effettuati alcuni assaggi sulle strutture esistenti.

In data 2 gennaio 2014 è stata effettuata un'indagine estesa che ha compreso diverse prove non distruttive sui materiali, a cura della TeknoProgetti engineering srl, società specializzata nei monitoraggi e rilevamenti strumentali.

Le indagini sono state eseguite con lo scopo di effettuare un rilievo geometrico degli elementi e di stimare le proprietà meccaniche dei materiali in opera, oltre che valutare i fenomeni di degrado in atto.

Nella stessa data è stato inoltre effettuato un rilievo geometrico della copertura mediante stazione totale.

Le indagini effettuate sono le seguenti:

- n°7 assaggi localizzati e rilievi geometrici
- n° 36 indagini pacometriche
- n° 165 prove sclerometriche su c.a.
- n° 11 prove ultrasoniche su c.a.
- n° 24 verifiche della carbonatazione

2.2. PILASTRI PIANO INTERRATO

Alcuni pilastri al piano interrato presentano, prevalentemente alla base, fessurazioni longitudinali e distacco del copriferro dovuti alla corrosione delle barre di armatura.

Il fenomeno risulta limitato alla porzione inferiore dei pilastri , mentre la parte superiore non manifesta evidenti segni di degrado.

In alcuni casi una significativa porzione del copriferro risulta completamente distaccata e le armature risultano danneggiate dalla corrosione, come si può vedere nelle immagini seguenti.



Figura 3 – Pilastrini danneggiati dalla corrosione delle armature

I pilastri maggiormente danneggiati dalla corrosione, individuati durante il rilievo, sono indicati nella figura seguente.

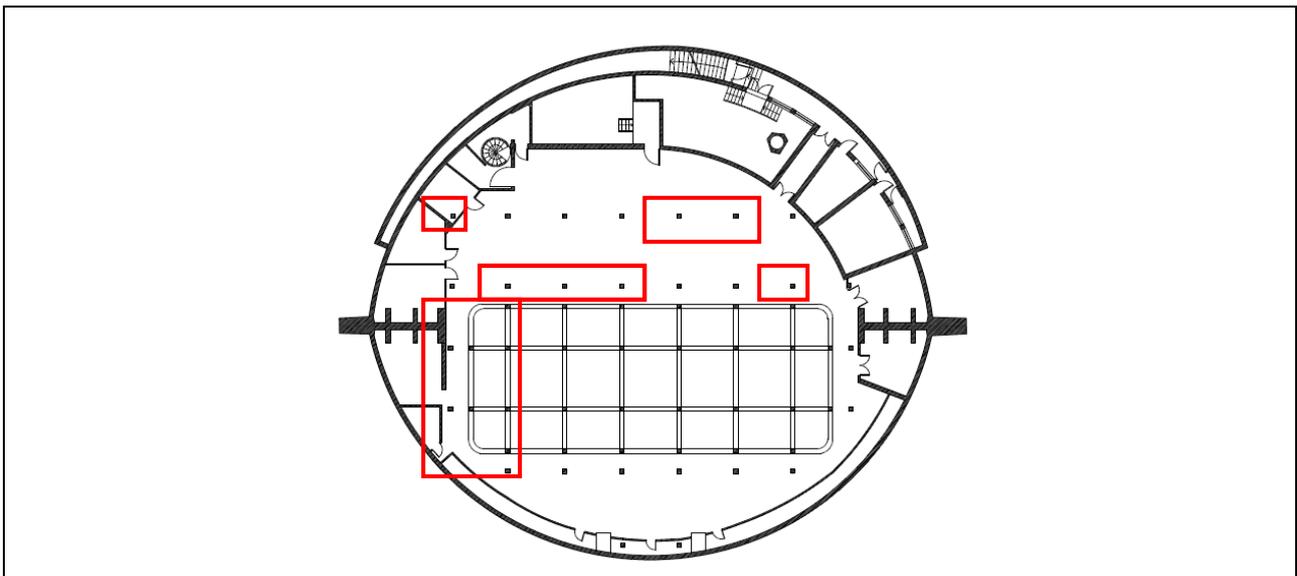


Figura 4 – Pilastrini danneggiati dalla corrosione

Si dovrà comunque prevedere una ulteriore verifica puntuale di tutti i pilastri per controllare, mediante battitura, l'effettiva consistenza del copriferro.

Lo spessore di copriferro rilevato nei pilastri per i ferri longitudinali (barre lisce $\varnothing 14$) è compreso tra 20 e 24 mm.

La profondità di carbonatazione misurata risulta compresa tra 8 e 17 mm, inferiore allo spessore di copriferro. Solo in uno dei sei pilastri indagati il fronte di calcestruzzo carbonatato (spessore di carbonatazione 40 mm) ha raggiunto i ferri di armatura.

Dai risultati delle prove Sonreb eseguite sul calcestruzzo dei pilastri, si ricava una resistenza a compressione compresa nell'intervallo:

$$25 \text{ MPa} < R_c < 30 \text{ MPa}$$

2.3. TRAVI SOLAIO PIANO TERRA

Gli assaggi su alcune travi del piano terra in cui il copriferro non si presenta fessurato mostrano l'assenza di significativi fenomeni corrosivi in atto.

La documentazione fotografica relativa agli assaggi sulle travi è riportata nella tavola R02 allegata alla presente relazione.



Figura 5 – Assaggi su travi non fessurate

Alcune travi invece, tra cui in particolare quelle evidenziate nella figura seguente, presentano significativi fenomeni di degrado dovuti alla corrosione delle barre di armatura, con conseguente fessurazione e distacco del copriferro in diversi punti.

La stessa situazione è stata riscontrata in alcune parti dei locali accessori del piano interrato, in cui infiltrazioni d'acqua e perdite dalle tubazioni hanno favorito il degrado.

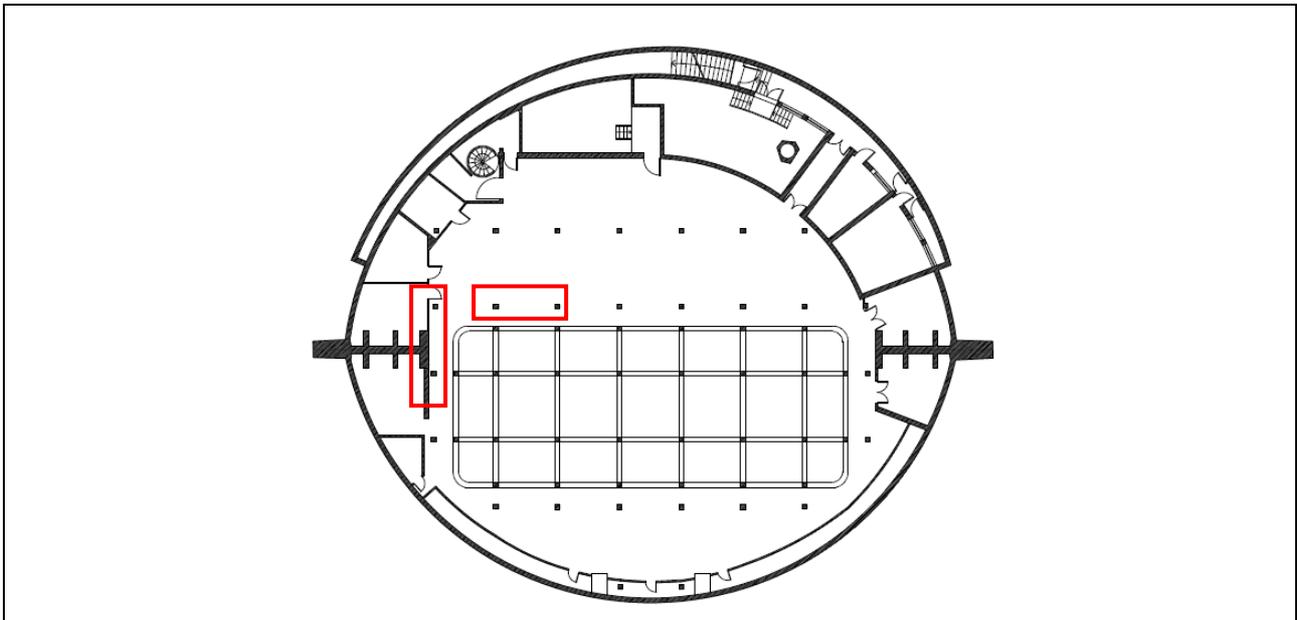


Figura 6 – Travi gravemente danneggiate dalla corrosione

In queste travi la corrosione ha in alcuni punti ridotto in modo significativo la sezione resistente delle barre di armatura.

In adiacenza alle travi è peraltro presente una vasca aperta contenente acqua clorata (F20 tavola R03), che ha probabilmente favorito una corrosione da cloruri (pitting) delle barre.



Figura 7 – Travi del piano terra fortemente danneggiate dalla corrosione

Lo spessore di copriferro rilevato nelle travi per i ferri longitudinali ($\varnothing 14$ lisci) è compreso tra 5 e 11 mm.

La profondità di carbonatazione misurata risulta compresa tra 10 e 35 mm.

La profondità di carbonatazione risulta quindi in generale superiore allo spessore di copriferro.

Tuttavia, salvo situazioni locali in cui la corrosione è stata favorita dalla presenza di umidità o dalla forte concentrazione di cloruri, le armature visionate negli elementi in cui il copriferro si presentava integro non apparivano soggette a corrosione.

2.4. SOLAI IN LATEROCEMENTO PIANO TERRA

Nella zona centrale attorno alla vasca i solai in latero-cemento, intonacati, si presentano generalmente in buono stato di conservazione.

Gli assaggi eseguiti mostrano che sulle barre di armatura non risultano significativi fenomeni corrosivi in atto.



Figura 8 – Assaggi su solai non fessurati

I principali fenomeni di degrado si osservano nei locali accessori dove si riscontra presenza di umidità e perdite d'acqua dalle tubazioni che attraversano i solai nei locali accessori.

In questi casi i solai in latero-cemento risultano gravemente danneggiati dall'umidità e presentano depositi minerali sulla superficie, in particolare attorno ai fori presenti probabilmente per passaggi impianti ora non più utilizzati ma non richiusi, attraverso i quali risulta favorito il percolamento d'acqua.

Le condizioni ambientali attuali risultano certamente favorevoli alla carbonatazione del calcestruzzo e alla conseguente corrosione delle armature del solaio.

Risultano ossidate anche alcune putrelle in acciaio inserite all'interno di un solaio, così come alcune porzioni di solaio realizzate con getti pieni presentano barre di armatura ossidate visibili all'esterno.

Il rischio di sfondellamento è stato riscontrato principalmente nel solaio dietro la vasca.

Un'altra porzione di solaio gravemente danneggiata sia dallo sfondellamento, sia dalla corrosione delle armature, è quella che si trova in adiacenza alle travi con le armature completamente esposte e corrose.



Figura 9 – Fenomeni di degrado sui solai del piano terra

Il copriferro rilevato nei travetti dei solai (interasse 50 cm) per i ferri longitudinali (2 \varnothing 14 lisci in ogni travetto) è compreso tra 7 e 24 mm.

La profondità di carbonatazione misurata risulta compresa tra 33 e 45 mm, superiore allo spessore di copriferro.

Tuttavia, salvo le situazioni locali descritte in cui la corrosione è stata favorita dalla presenza di umidità dovuta a infiltrazioni d'acqua o perdite dalle tubazioni che attraversano il solaio, le armature visionate negli elementi in cui il solaio si presentava esternamente integro e asciutto non apparivano soggette a corrosione.

2.5. STRUTTURA DELLA VASCA

Le pareti e il fondo della vasca, realizzati con getti pieni in calcestruzzo armato, presentano alcuni fenomeni di degrado localizzati, con fessurazione e distacco del copriferro in seguito alla corrosione delle barre di armatura, in particolare in corrispondenza di alcuni punti delle travi ribassate sotto la vasca.



Figura 10 – Fenomeni di degrado sul fondo e sulle pareti della vasca

Lo spessore di copriferro delle armature ($\varnothing 10$ lisci) rilevato nelle strutture della vasca è compreso tra 5 e 11 mm.

La profondità di carbonatazione misurata risulta compresa tra 10 e 35 mm, superiore allo spessore di copriferro.

I fenomeni corrosivi in atto risultano localizzati solo in alcune zone, mentre il fondo vasca si presenta in generale integro, con presenza locale di depositi minerali all'intradosso della soletta.

Dai risultati delle prove Sonreb eseguite sul calcestruzzo della vasca, si ricava una resistenza a compressione compresa nell'intervallo:

$$35 \text{ MPa} < R_c < 40 \text{ MPa}$$

2.6. TRAVI DI CORONAMENTO DELLA COPERTURA IN C.A.

Le travi di coronamento della copertura presentano, soprattutto nella parte all'interno dell'edificio, fenomeni di degrado dovuti alla corrosione delle barre di armatura, con conseguente fessurazione e distacco del copriferro in diversi punti.

In generale si è riscontrata la presenza di un copriferro per i ferri più superficiali inferiore ad 1 cm.

Lungo tutto l'arco, nella porzione più vicina alle vetrate, si vedono le barre di armatura esposte perchè il copriferro si è distaccato a seguito della corrosione.

In altri punti, in cui sono stati già effettuati precedenti interventi di ripristino del copriferro con malta cementizia, si è verificato come la corrosione delle barre, che è proseguita dopo l'intervento di ripristino, abbia provocato nuovamente la fessurazione del calcestruzzo.

Si è potuto infatti facilmente staccare la porzione di calcestruzzo che appariva delimitata da fessure superficiali.

Anche sul massiccio pilastro in c.a., che si trova all'interno della sala docce dello spogliatoio, l'elevata umidità ha favorito l'ossidazione dell'armatura che ha causato l'espulsione di una porzione del copriferro.

Esternamente lo stesso pilastro risulta ricoperto da uno strato di muschio.

La faccia esterna delle travi di coronamento che risulta direttamente esposta agli agenti atmosferici presenta i maggiori segni di degrado proprio sul contorno esposto alla pioggia. Si vedono infatti porzioni di copriferro danneggiate e barre di armatura soggette a corrosione in diversi punti.

Sono evidenti i segni degli interventi di ripristino del copriferro effettuati in passato (con una malta di colore diverso da quella della struttura esistente). Visto quanto riscontrato per alcune porzioni ripristinate (distacco della malta cementizia a seguito del processo di corrosione dell'armatura non arrestato) dovrà essere accuratamente verificato lo stato della malta di ripristino lungo tutto lo sviluppo della trave.

Si vedono inoltre tracce di ossidazione localizzate in alcuni punti in corrispondenza dell'attacco dei montanti in acciaio all'arco.

Lo spessore di copriferro delle armature ($\varnothing 10$ lisci) rilevato all'intradosso dell'arco risulta compreso tra 5 e 12 mm.

La profondità di carbonatazione misurata risulta di circa 25 mm, superiore allo spessore di copriferro.

Dai risultati delle prove sclerometriche, ultrasoniche e Sonreb eseguite sul calcestruzzo dell'arco, si ricava una resistenza a compressione compresa nell'intervallo:

$$50 \text{ MPa} < R_c < 55 \text{ MPa}$$



Figura 11 – Degrado degli archi di copertura

2.7. FUNI DI COPERTURA

Durante i sopralluoghi si è proceduto ad un accurato rilievo visivo delle funi e della lamiera di copertura. Rimuovendo puntualmente la guaina di protezione dei cavi si è potuto osservare come l'acciaio delle funi non presenti alcun fenomeno corrosivo in atto.

Dato che la guaina con cui sono rivestiti i cavi risulta l'elemento principale di protezione degli stessi dalla corrosione, la guaina è stata aperta solamente in pochi punti e il cavo è stato successivamente protetto con un materiale impermeabile.

Sulla tavola è indicata la posizione in cui è stata tolta la guaina dei cavi per effettuare il rilievo visivo.

Dall'ispezione visiva dell'esterno dei cavi, si è notata la presenza di una sostanza oleosa in alcuni punti, di colore simile all'ossido di ferro. La rimozione della guaina in uno di questi punti ha però mostrato come questa fosse perfettamente intatta e non vi fossero tracce di corrosione sulla fune metallica.



Figura 12 – Funi di copertura

Il diametro esterno delle funi principali, compresa la guaina protettiva e la vernice, è pari a 28 mm, quello delle funi secondarie è pari a 12 mm.

Il diametro delle funi rilevato rimuovendo la guaina, risulta di 22 mm per quelle principali, di 9 mm per quelle secondarie. I cavi principali hanno un interasse di circa 160 cm.

In data 2 gennaio 2014 è stato inoltre effettuato un rilievo geometrico mediante stazione totale dei punti di intersezione dei cavi principali e secondari per valutare la simmetria della copertura.

Le misurazioni sono state ripetute due volte nel corso della giornata con differenti condizioni di temperatura interna.

Dal rilievo si è riscontrato come punti simmetrici in pianta presentino quote simmetriche, con una variazione minima di 2 mm e una variazione massima di 33 mm.

Nel secondo rilievo effettuato, a circa 7 ore di distanza dal primo e con una variazione termica di circa 2°C, le quote dei punti monitorati hanno avuto variazioni pressoché nulle, comprese tra 0 e 6 mm.

2.8. LAMIERA DI COPERTURA

La lamiera grecata di copertura presenta uno strato superficiale di verniciatura generalmente degradato. Si è infatti verificato un distacco della vernice superficiale da uno strato precedente, che appare invece integro.

La lamiera si presenta localmente ossidata in corrispondenza della greca.

La lamiera è vincolata ai cavi secondari della copertura mediante anelli, che consentono uno scorrimento dei pannelli.



Figura 13 – Degrado della lamiera di copertura

3. INTERVENTI DI RIPRISTINO

3.1. PILASTRI PIANO INTERRATO

I pilastri presentano fenomeni di degrado localizzati in particolare alla base, con distacco del copriferro e corrosione delle barre di armatura.

Si dovrà procedere con una accurata verifica di tutti i pilastri, battendo sul copriferro per verificarne l'effettiva integrità.

Oltre ai pilastri nella sala centrale e nel sotto vasca si dovranno verificare anche quelli sul contorno e nei locali accessori.

Sugli spigoli dei pilastri e, in generale, su tutta la porzione degradata dalla corrosione, si dovrà prevedere la rimozione del calcestruzzo ammalorato con mezzi meccanici e/o con idroscarifica ad alta pressione fino a raggiungere lo strato di calcestruzzo sano e comunque non carbonatato, mettendo in vista i ferri di armatura.

Si dovrà quindi provvedere alla spazzolatura manuale dei ferri fino al grado St2 o sabbiatura delle armature metalliche affioranti, fino al grado Sa 2,5 (secondo la norma ISO 8501-1), a cui seguirà il lavaggio delle superfici.

Per la protezione anticorrosiva rialcalinizzante dei ferri d'armatura si utilizzerà una boiaccia passivante a base di cementi, inerti selezionati, resine ed additivi, applicata in due mani a pennello. Il prodotto utilizzato dovrà essere provvisto di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali definiti dalla UNI EN 1504-7.

Non si dovrà alterare in alcun modo l'aderenza tra la malta di ripristino e le armature trattate.

Si procederà infine alla ricostruzione del copriferro con malta a ritiro controllato a base di cementi ad alta resistenza, inerti selezionati, additivi e fibre conformi ai requisiti prestazionali definiti dalla EN 1504-3, per malte strutturali di classe R3 di tipo CC e PCC.

Il sottofondo irruvidito dovrà essere bagnato fino a saturazione e si dovrà prevedere la nebulizzazione con acqua durante l'indurimento.

Laddove la corrosione abbia compromesso gravemente la sezione delle barre di armatura si dovrà prevedere una cerchiatura di rinforzo del pilastro mediante tessuto in fibra di carbonio.

Per l'applicazione si dovranno seguire scrupolosamente le indicazioni di posa del produttore del sistema di rinforzo in fibra di carbonio.

La superficie dovrà essere perfettamente pulita, asciutta e meccanicamente resistente.

Gli spigoli del pilastro dovranno essere arrotondati con un raggio di curvatura non inferiore a 2 cm.

Si può stimare la quantità di superficie da ripristinare in circa il 15% della superficie complessiva dei pilastri, pari a circa 200 m².

L'area su cui dovrà essere effettuato l'intervento risulta pari a circa 30 m².

L'intervento dovrà comunque essere eseguito su tutte le porzioni di copriferro che risultino ammalorate.

Si stima che l'intervento di rinforzo mediante fibra di carbonio risulti necessario su una superficie pari a circa il 25% di quella da ripristinare.

Le fasi esecutive dell'intervento di ripristino e rinforzo per i pilastri del piano interrato sono riportate nella tavola ES01.

3.2. TRAVI SOLAIO PIANO TERRA

Negli assaggi effettuati su travi che non manifestavano evidenti segni di degrado si è riscontrata l'assenza di significativi fenomeni corrosivi in atto.

Si dovrà procedere con una accurata verifica di tutte le travi, battendo sul copriferro per verificarne l'effettiva integrità.

Si dovranno verificare anche le solette piene e le travi ribassate presenti in alcuni locali accessori, sulle quali si dovranno prevedere, dove necessari, interventi di ripristino analoghi a quelli descritti per alcune travi principali del solaio centrale.

Su tutte le parti ammalorate e fessurate a causa della corrosione dei ferri di armatura si dovrà prevedere la rimozione del calcestruzzo ammalorato con mezzi meccanici e/o con idroscarifica ad alta pressione fino a raggiungere lo strato di calcestruzzo sano e comunque non carbonatato, mettendo in vista i ferri di armatura.

Si dovrà quindi provvedere alla spazzolatura manuale dei ferri fino al grado St2 o sabbiatura delle armature metalliche affioranti, fino al grado Sa 2,5 (secondo la norma ISO 8501-1), a cui seguirà il lavaggio delle superfici.

Per la protezione anticorrosiva rialcalinizzante dei ferri d'armatura si utilizzerà una boiaccia passivante a base di cementi, inerti selezionati, resine ed additivi, applicata in due mani a pennello. Il prodotto utilizzato dovrà essere provvisto di marcatura CE e conformi ai requisiti prestazionali definiti dalla UNI EN 1504-7.

Non si dovrà alterare in alcun modo l'aderenza tra la malta di ripristino e le armature trattate.

Si procederà infine alla ricostruzione del copriferro con malta a ritiro controllato a base di cementi ad alta resistenza, inerti selezionati, additivi e fibre conformi ai requisiti prestazionali definiti dalla EN 1504-3, per malte strutturali di classe R3 di tipo CC e PCC.

Il sottofondo irruvidito dovrà essere bagnato fino a saturazione e si dovrà prevedere la nebulizzazione con acqua durante l'indurimento.

Laddove la corrosione abbia compromesso gravemente la sezione delle barre di armatura si dovrà prevedere un intervento di rinforzo della trave.

L'intervento di rinforzo mediante inserimento di profilati in acciaio al di sotto delle travi, oggetto di specifica relazione di calcolo, riguarderà le due travi gravemente danneggiate dalla corrosione, individuate nella Figura 6.

Si può stimare la quantità di superficie da ripristinare in circa il 20% della superficie complessiva delle travi, pari a circa 125 m².

L'area su cui dovrà essere effettuato l'intervento risulta pari a circa 25 m².

L'intervento dovrà comunque essere eseguito su tutte le porzioni di copriferro che risultino ammalorate, sulle solette piene e sulle travi ribassate dei locali accessori.

Le fasi esecutive dell'intervento di ripristino e rinforzo per le travi sono riportate nella tavola ES02.

3.3. SOLAI IN LATEROCEMENTO PIANO TERRA

Per quanto riguarda le parti di solaio soggette a sfondellamento, risulta sufficiente una rimozione delle parti interessate.

In particolare nei solai dei locali accessori e, in generale, su tutti i solai che presentano segni di degrado (perdite d'acqua, umidità, depositi minerali), si dovrà procedere con una pulizia delle superfici e con una accurata verifica dei travetti, battendo sul copriferro per verificarne l'effettiva integrità.

Su tutte le parti ammalorate e fessurate a causa della corrosione dei ferri di armatura si dovrà prevedere la rimozione del calcestruzzo ammalorato con mezzi meccanici e/o con idroscarifica ad alta pressione fino a raggiungere lo strato di calcestruzzo sano e comunque non carbonatato, mettendo in vista i ferri di armatura.

Si dovrà quindi provvedere alla spazzolatura manuale dei ferri fino al grado St2 o sabbiatura delle armature metalliche affioranti, fino al grado Sa 2,5 (secondo la norma ISO 8501-1), a cui seguirà il lavaggio delle superfici.

Per la protezione anticorrosiva rialcalinizzante dei ferri d'armatura si utilizzerà una boiaccia passivante a base di cementi, inerti selezionati, resine ed additivi, applicata in due mani a pennello. Il prodotto utilizzato dovrà essere provvisto di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali definiti dalla UNI EN 1504-7.

Non si dovrà alterare in alcun modo l'aderenza tra la malta di ripristino e le armature trattate.

Si procederà infine alla ricostruzione del copriferro con malta a ritiro controllato a base di cementi ad alta resistenza, inerti selezionati, additivi e fibre conformi ai requisiti prestazionali definiti dalla EN 1504-3, per malte strutturali di classe R3 di tipo CC e PCC.

Il sottofondo irruvidito dovrà essere bagnato fino a saturazione e si dovrà prevedere la nebulizzazione con acqua durante l'indurimento.

Laddove la corrosione abbia compromesso gravemente la sezione delle barre di armatura si dovrà prevedere un intervento di rinforzo dei travetti con lamine in fibra di carbonio.

Per l'applicazione si dovranno seguire scrupolosamente le indicazioni di posa del produttore del sistema di rinforzo in fibra di carbonio.

La superficie dovrà essere perfettamente pulita, asciutta e meccanicamente resistente.

Si può stimare una percentuale di travetti ammalorati e da rinforzare pari al 20% della superficie dei travetti totale, pari a circa 120 m².

La superficie di travetti da ripristinare risulta quindi pari a circa 24 m².

Si ritiene che l'intervento di rinforzo con fibra di carbonio sarà necessario sui travetti per una lunghezza complessiva pari a circa 40 m.

Le fasi esecutive dell'intervento di ripristino e rinforzo per i travetti sono riportate nella tavola ES03.

3.4. STRUTTURA DELLA VASCA

Nella definizione dell'intervento di ripristino si tiene conto del fatto che la vasca sarà soggetta ad un ampliamento che prevede la demolizione delle due pareti sui lati lunghi, che pertanto non necessitano di interventi di ripristino.

Si dovrà procedere con una accurata verifica delle travi ribassate sul fondo vasca, della soletta di fondo vasca e delle due pareti sui lati corti, battendo sul copriferro per verificarne l'effettiva integrità.

Su tutte le parti ammalorate e fessurate a causa della corrosione dei ferri di armatura si dovrà prevedere la rimozione del calcestruzzo degradato con mezzi meccanici e/o con idroscarifica ad alta pressione fino a raggiungere lo strato di calcestruzzo sano e comunque non carbonatato, mettendo in vista i ferri di armatura.

Si dovrà quindi provvedere alla spazzolatura manuale dei ferri fino al grado St2 o sabbiatura delle armature metalliche affioranti, fino al grado Sa 2,5 (secondo la norma ISO 8501-1), a cui seguirà il lavaggio delle superfici.

Per la protezione anticorrosiva rialcalinizzante dei ferri d'armatura si utilizzerà una boiaccia passivante a base di cementi, inerti selezionati, resine ed additivi, applicata in due mani a pennello. Il prodotto utilizzato dovrà essere provvisto di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali definiti dalla UNI EN 1504-7.

Non si dovrà alterare in alcun modo l'aderenza tra la malta di ripristino e le armature trattate.

Si procederà infine alla ricostruzione del copriferro con malta a ritiro controllato a base di cementi ad alta resistenza, inerti selezionati, additivi e fibre conformi ai requisiti prestazionali definiti dalla EN 1504-3, per malte strutturali di classe R3 di tipo CC e PCC.

Il sottofondo irruvidito dovrà essere bagnato fino a saturazione e si dovrà prevedere la nebulizzazione con acqua durante l'indurimento.

Si può stimare una superficie da ripristinare pari al 5% della superficie del fondo vasca, pari a circa 280 m².

Si è tenuto conto del fatto che le due pareti più lunghe della vasca dovranno essere demolite per l'ampliamento della vasca stessa.

La superficie da ripristinare risulta quindi pari a circa 14 m².

Le fasi esecutive dell'intervento di ripristino e rinforzo per la vasca sono riportate nella tavola ES04.

3.5. TRAVI DI CORONAMENTO DELLA COPERTURA IN C.A.

Si dovrà procedere con una accurata verifica della superficie di intradosso delle travi e del bordo esposto all'esterno, battendo sul copriferro per verificarne l'effettiva integrità.

Dovranno in particolare essere verificate anche le zone in cui il calcestruzzo è già stato precedentemente ripristinato.

L'intervento comprenderà il ripristino delle porzioni ammalorate dei due blocchi in c.a. su cui si attestano le travi.

Su tutte le parti ammalorate e fessurate a causa della corrosione dei ferri di armatura si dovrà prevedere la rimozione del calcestruzzo degradato con mezzi meccanici e/o con idroscarifica ad alta pressione fino a raggiungere lo strato di calcestruzzo sano e comunque non carbonatato, mettendo in vista i ferri di armatura.

Si dovrà quindi provvedere alla spazzolatura manuale dei ferri fino al grado St2 o sabbiatura delle armature metalliche affioranti, fino al grado Sa 2,5 (secondo la norma ISO 8501-1), a cui seguirà il lavaggio delle superfici.

Per la protezione anticorrosiva rialcalinizzante dei ferri d'armatura si utilizzerà una boiaccia passivante a base di cementi, inerti selezionati, resine ed additivi, applicata in due mani a pennello. Il prodotto utilizzato dovrà essere provvisto di marcatura CE e conformi ai requisiti prestazionali definiti dalla UNI EN 1504-7.

Non si dovrà alterare in alcun modo l'aderenza tra la malta di ripristino e le armature trattate.

Si procederà infine alla ricostruzione del copriferro con malta a ritiro controllato a base di cementi ad alta resistenza, inerti selezionati, additivi e fibre conformi ai requisiti prestazionali definiti dalla EN 1504-3, per malte strutturali di classe R3 di tipo CC e PCC.

Il sottofondo irruvidito dovrà essere bagnato fino a saturazione e si dovrà prevedere la nebulizzazione con acqua durante l'indurimento.

A causa della corrosione avanzata dei ferri di armatura in alcuni punti all'intradosso della trave si dovrà prevedere un intervento di rinforzo mediante applicazione di fasce di tessuto in fibra di carbonio.

Per l'applicazione si dovranno seguire scrupolosamente le indicazioni di posa del produttore del sistema di rinforzo in fibra di carbonio.

La superficie dovrà essere perfettamente pulita, asciutta e meccanicamente resistente.

Gli spigoli della trave dovranno essere arrotondati con un raggio di curvatura non inferiore a 2 cm.

Si può stimare la quantità di superficie da ripristinare in circa il 15% della superficie delle travi, pari a circa 400 m².

La superficie da ripristinare risulta quindi pari a circa 60 m².

Le fasi esecutive dell'intervento di ripristino e rinforzo per le travi di coronamento sono riportate nelle tavole ES05-ES06.

Sarà inoltre necessario un intervento di rivestimento della trave di copertura con una malta cementizia bicomponente elastica per l'impermeabilizzazione delle superfici, come protezione dalla penetrazione degli agenti aggressivi presenti nell'atmosfera (anidride carbonica e cloruri).

3.6. FUNI DI COPERTURA

Per quanto rilevato rimuovendo localmente la guaina di rivestimento, i cavi risultano in ottimo stato di conservazione.

Si dovrà comunque prevedere un intervento accurato di pulizia dei cavi dalla sostanza oleosa che li ricopre in diversi punti, dalla polvere e da grumi di vernice formati attorno alla guaina.

Le operazioni di pulizia e rimozione della vernice degradata dovranno essere effettuate in modo tale da non causare danneggiamenti alla guaina protettiva delle funi.

N.B.: l'eventuale nuova verniciatura non dovrà causare danneggiamenti alla guaina protettiva delle funi nè impedire lo scorrimento reciproco tra funi secondarie e principali.

3.7. LAMIERA DI COPERTURA

Si prevede la rimozione dello strato più superficiale di vernice che si presenta danneggiato.

La rimozione dello strato degradato di vernice e la pulizia della lamiera dovranno essere effettuate in modo tale da non causare alcun danneggiamento alla vernice originale della lamiera ancora integra e alla guaina protettiva delle funi.

Localmente si è riscontrata la presenza di parti di lamiera soggette a corrosione, che dovranno essere ripristinate.

ALLEGATI

- Documentazione fotografica

N.	TITOLO	FORMATO
	<u>RILIEVO FOTOGRAFICO</u>	
R01	PILASTRI PIANO INTERRATO	A3
R02	TRAVI PIANO TERRA (1/2)	A3
R03	TRAVI PIANO TERRA (2/2)	A3
R04	SOLAI PIANO TERRA	A3
R05	STRUTTURA DELLA VASCA	A3
R06	LOCALI ACCESSORI PIANO INTERRATO (1/3)	A3
R07	LOCALI ACCESSORI PIANO INTERRATO (2/3)	A3
R08	LOCALI ACCESSORI PIANO INTERRATO (3/3)	A3
R09	TRAVE DI COPERTURA INTERNO (1/2)	A3
R10	TRAVE DI COPERTURA INTERNO (2/2)	A3
R11	TRAVE DI COPERTURA ESTERNO (1/2)	A3
R12	TRAVE DI COPERTURA ESTERNO (2/2)	A3
R13	FUNI DI COPERTURA	A3
R14	LAMIERA DI COPERTURA	A3

Il Progettista delle strutture
dott. ing Massimo Panizza



Milano, 14 febbraio 2014