

9.0.11

Rigenerazione urbana. Restauro e riuso del Paraboloido di Casale Monferrato

Urban regeneration. Renovation and reuse of the Paraboloido of Casale Monferrato

Stefano Invernizzi – Politecnico di Torino
Manuel Fernando Ramello – Exindustria

ABSTRACT

Il Paraboloido di Casale Monferrato, suggestiva struttura per la lavorazione del clinker costruita negli anni Trenta a servizio dello stabilimento Italcementi, emerge come landmark e simbolo della peculiare identità industriale del territorio. Il valore di tale edificio risiede non solo nel suo legame con la storia produttiva casalese ma anche nella peculiare struttura costruttiva, come sottolinea anche la dichiarazione d'interesse culturale (DDR n. 163 14 giugno 2011) che ne sancisce la tutela «in quanto significativa testimonianza di archeologia industriale in cemento armato degli anni '30 del XX secolo, esempio caratteristico per la tipologia costruttiva, le tecniche ed i materiali adoperati». Nel lavoro sono descritti gli interventi necessari per ripristinare i livelli di sicurezza richiesti dalla vigente normativa e per realizzare le strutture utili alla nuova destinazione d'uso. La riqualificazione dell'edificio sarà accompagnata dalla riqualificazione dello spazio pubblico circostante, attualmente connotato dalla prevalenza di ampi spazi aperti con una debole destinazione funzionale.

The Paraboloid of Casale Monferrato is a suggestive structure for the processing of clinker built in the thirties at the service of the Italcementi plant, which emerges as a landmark and symbol of the peculiar industrial identity of the territory. The value of this building lies not only in its link with the production history of Casale but also in the peculiar construction structure, as also underlined by the declaration of cultural interest (DDR n. 163 14 June 2011) which sanctions its protection «as a significant testimony of industrial archaeology in reinforced concrete of the 30s of the twentieth century, characteristic example for the type of construction, the techniques and the materials used». The work describes the interventions necessary to restore the safety levels required by current standards and to make the structures compliant to the new intended use. The refurbishment of the building will be accompanied by the redevelopment of the surrounding public space, currently characterized by the prevalence of large open spaces with a weak functional destination.

1. CENNI STORICI E CICLO PRODUTTIVO

Il Paraboloido di Casale Monferrato è l'unica traccia rimasta dello Stabilimento Robatti, poi Italcementi, all'interno di un tessuto costituito da edifici recenti a uso residenziale. Sui terreni del Conte Robatti, compresi nel perimetro dell'antica Cittadella, venne costruito dalla Società Anonima di Casale un primo complesso cementiero già dal 1874.

Il complesso, di circa 6.500 metri quadrati, era ubicato in una zona allora ai margini del nucleo urbano, nei pressi della ferrovia, alla quale era collegato da binari dedicati per il trasporto delle materie prime e dei lavorati. Il complesso produceva, con tecnologie all'avanguardia per l'epoca, cemento Portland e a presa rapida, utilizzando la marna proveniente dalle cave localizzate sul territorio casalese (Ozzano, Coniolo e San Giorgio).

Nel decennio successivo alla fusione della Società Anonima con la Italcementi di Bergamo (1917), lo stabilimento di Casale venne potenziato con nuovi edifici e depositi per lo stoccaggio dei materiali di produzione. Fra questi, il Paraboloido è l'unico silo orizzontale costruito, e l'unico rimasto dopo la demolizione dello Stabilimento alla metà degli anni Novanta del Novecento.

Il clinker – originato dalla macinazione della marna e dalla successiva cottura – veniva portato alla quota della copertura tramite la torre di elevazione sul lato NE all'interno di carrelli, e riversato dal percorso sommitale nelle tramogge in calcestruzzo sottostanti, a forma di tronco di piramide

rovesciata, che occupavano interamente l'altezza interna dell'edificio. Alla base delle tramogge erano presenti delle *bocche di leone* che mettevano in comunicazione con il piano interrato. A questo livello lavoravano gli operai, addetti al vaglio e alla miscelazione del clinker. Il piano interrato era infatti percorso da binari per il trasporto del materiale, che veniva successivamente riportato alla quota esterna da un elevatore a tazza e suddiviso negli altri silos di stoccaggio¹.

A seguito dell'abbandono dell'area, il Paraboloide venne adibito a deposito di legnami per la ditta Rosso, e subì alcuni rimaneggiamenti fra i quali la rimozione delle tramogge e la costruzione del sistema travi-pilastrati che oggi scandisce lo spazio interno.

Nel 1995 il complesso venne rilevato dal Comune di Casale Monferrato e gli edifici produttivi demoliti, ad eccezione del Paraboloide.

Negli anni 2012 e 2017 sono state eseguite delle campagne di rilievo architettonico del Paraboloide mediante la tecnologia di scansione del laser terrestre ad alta risoluzione (LIDAR) da parte del Laboratorio di Geomatica per i Beni Culturali del Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino. A seguito di tali campagne, che hanno constatato il grave livello di degrado del manufatto, nell'ottobre 2018 il Comune di Casale Monferrato ha conferito al Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica del Politecnico di Torino l'incarico relativo alla redazione delle *Linee Guida per il Progetto di Recupero e il Miglioramento Sismico del Paraboloide di Casale*.



Fig. 1 - Casale Monferrato, Paraboloide (foto Fabio Oggero, 2021).

2. IL PARABOLOIDE. MOTIVI DI INTERESSE PER LA TUTELA E LA VALORIZZAZIONE DEL BENE

Il motivo di interesse architettonico e ingegneristico del Paraboloide risiede nella sua particolare forma. Essa rappresenta un elemento ricorrente sul territorio casalese e «una forma canonica dell'architettura industriale in calcestruzzo», non solo italiana², a cui hanno fatto ricorso importanti progettisti.

Il manufatto è costituito dall'iterazione di archi parabolici in calcestruzzo armato disposti in parallelo, collegati da dei traversi anch'essi in calcestruzzo armato; l'edificio di Casale è considerato il primo esemplare della tipologia edilizia cosiddetta del *paraboloide*, edificio caratterizzato dall'ampio spazio interno libero, utilizzato di norma come magazzino di stoccaggio di inerti. Essa si afferma in Italia a partire dagli anni venti del Novecento per la sua economicità, dati gli esigui spessori e la minima armatura richiesti e la ridotta disponibilità delle risorse necessarie per la produzione di ferro e, successivamente, di acciaio; viene gradualmente abbandonata quando l'aumento dei costi della manodopera per la realizzazione delle centinature ne sconsigliano l'utilizzo; gli ultimi esempi sono datati agli anni settanta del Novecento.

I paraboloidei o silos orizzontali sono una tipologia edilizia emblematica della storiografia costruttiva italiana, manifesto dell'ottimizzazione strutturale e rappresentativi delle specifiche

identità produttive locali. «Si tratta di architetture resistenti per forma, strutture che rispondono alle sfide delle grandi luci realizzate mediante volte sottili, interpretando a pieno le possibilità offerte dal calcestruzzo armato. Consentono agli ingegneri di superare i limiti considerati sino ad allora insuperabili delle strutture cosiddette pesanti, realizzate in pietra o mattoni, sia in termini di luce coperta, sia in altezza, e raggiungere le snellezze caratteristiche delle strutture metalliche»³.

L'Italia è costellata da numerosi esempi di magazzini, oggi quasi tutti dismessi, «la cui definizione formale a parabola rappresenta il manifesto dell'ottimizzazione strutturale che si fa portavoce e rappresentante delle specifiche identità produttive dell'epoca». I silos di Margherita di Savoia (Foggia), di Cagliari, di Santa Maria degli Angeli (Assisi), i due magazzini dell'ex Fabbrica Cooperativa Perfosfati di Cerea (Verona), quelli della Manifattura Tabacchi a Bologna, della Montedison a Porto Recanati (Macerata), i depositi ex Montecatini di Castelfiorentino (Firenze), Legnago (Verona), Santa Gilla (Cagliari), l'opificio Campolmi a Prato (Firenze), il silos granaio dell'ex Consorzio Agrario di Piacenza, quello del complesso minerario di Pasquasia (Enna), il magazzino Palmanova della caserma della Cecchignola di Roma, il complesso ex SIR di Ravenna, quello delle saline di Volterra (Pisa), i tre contenitori parabolici di Porto Marghera (Venezia) sono solo alcuni dei più significativi esempi di *icone paraboliche* che costellano la penisola.

Nell'ambito di questo articolato mosaico, particolarmente significativi sono i depositi produttivi progettati da Pier Luigi Nervi tra gli anni trenta e sessanta, che «rivestono oggi uno straordinario interesse tanto per l'attenzione che sollevano in vista di una loro riconversione quanto per la ricerca formale e costruttiva che ne ha contraddistinto la realizzazione. La configurazione ad arco rappresenta per Nervi il valore di atto fondante dell'approccio progettuale ed esecutivo della maggior parte delle sue opere. Tale profilo ben si adatta al percorso di ottimizzazione strutturale al centro della sua ricerca, ossia di fare lavorare il materiale calcestruzzo nelle migliori condizioni di sola compressione». Per ogni realizzazione Nervi, «partendo dall'adozione del codice parabolico per la realizzazione dell'ossatura principale, sviluppa una progressiva indagine volta alla determinazione della migliore sezione strutturale che consenta l'ottimizzazione strutturale e l'economicità dell'opera, sempre puntando a sprecare meno materiale possibile».

La grande espressività architettonica del calcestruzzo armato «tornava ad emergere, negli anni venti del secolo scorso, [...] in quelle opere che – come i ponti, i viadotti, i capannoni industriali – erano in genere considerate come *neutrali* dal punto di vista architettonico, coperte insomma da una immunità tecnica che le privava di personalità architettonica confinandole nel grigiore e nell'anonimato, venivano a costituire le *nuove frontiere* dell'architettura del calcestruzzo armato. Sono questi tra i pochi casi nei quali un semplice approccio matematico di comportamento della struttura è vicino alla realtà: è indubbiamente una delle sorprendenti realizzazioni di intuizione matematica. La forma è quella generata da una parabola o iperbole (generatrice) che trasla lungo una retta (direttrice); ovvero quella di una retta (generatrice) che trasla lungo una parabola o iperbole (direttrice). Una figura geometrica spaziale con chiara risposta tridimensionale fornita proprio dal calcestruzzo armato. In sostanza si deve intendere per regime statico membranale il regime della struttura resistente per forma. In effetti il concetto di funicularità spaziale, come materializzazione della superficie spaziale considerata, deve implicitamente presentare una caratteristica fondamentale: quella dell'estrema sottigliezza, al limite quella del puro spessore *geometrico* del piano medio (o meglio del piano tangente medio) della superficie curva presa in considerazione».

La tipologia del paraboloido vanta importanti esempi anche nei pressi di Casale, come i già citati Magazzini del sale di Nervi, a Tortona (Alessandria). Ma il riconosciuto capostipite è proprio il Paraboloido di Casale Monferrato; talora addirittura attribuito o almeno accostato alla figura di Pier Luigi Nervi, è il primo magazzino industriale a volta parabolica realizzato in Italia tra 1922 e 1923.

Come detto, la figura geometrica ad arco che ne conforma il profilo corrisponde a uno degli esiti più rappresentativi della congiunta ricerca strutturale e formale che sottende l'applicazione del cemento armato nella copertura degli spazi industriali sin dagli albori del Novecento. Non è un caso che una struttura così innovativa per il periodo in cui fu costruita sorga proprio a Casale, quando l'industria cementiera si va affermando come settore produttivo trainante a livello locale e nazionale. Il Paraboloido, o meglio il suo elemento costitutivo, – l'arco parabolico –, è quindi il simbolo non solo del passato industriale del Casalese ma anche dell'archeologia industriale

italiana, delle architetture resistenti per forma, delle sfide delle grandi luci realizzate mediante volte sottili.

Il Paraboloide, alla luce di queste considerazioni, rappresenta quindi a pieno titolo un'icona della geografia produttiva locale e nazionale. Questo manufatto, sebbene oggi rappresenti un bene industriale obsoleto e complesso da conservare, corrisponde a una risorsa eccezionale del patrimonio industriale non solo locale che rende indispensabile e inderogabile un intervento di restauro e di valorizzazione.



Fig. 2 - Casale Monferrato, Paraboloide (foto Fabio Oggero, 2021).

3. LA RIGENERAZIONE URBANA

Negli ultimi decenni, i temi del recupero, della riqualificazione e della rigenerazione sono divenuti centrali nella definizione e nello sviluppo di politiche urbanistiche e di iniziative di trasformazione delle aree urbane. La rigenerazione urbana incarna le strategie per una crescita razionale, sostenibile e inclusiva della città. Recuperare aree urbane caratterizzate da fenomeni di dismissione o restituire nuova qualità ambientale, economica e sociale a quartieri degradati risponde all'idea di città sostenibile nella misura in cui riesce a limitare il consumo di suolo, a ridurre gli impatti ambientali propri di nuove aree urbanizzate e a incoraggiare processi di partecipazione civica alla trasformazione.

La rigenerazione si realizza attraverso un quadro sistematico e integrato di interventi, che coinvolgono enti pubblici e privati, per qualificare aree che presentano situazioni di degrado, sia di carattere urbanistico che di natura socio-economica. I processi di rigenerazione sono rivolti a migliorare le relazioni di tali aree con i tessuti urbani circostanti e con il centro urbano di riferimento, sviluppando le attrezzature, i servizi, le dotazioni di aree verdi, la compresenza delle diverse funzioni di carattere urbano, la mobilità sostenibile, l'inclusione sociale, la sostenibilità ambientale, la biodiversità e l'efficientamento energetico.

In un ambito territoriale, ambientale e paesaggistico, infatti, ogni porzione di territorio, anche periferico o degradato, presenta tracce di relazioni complesse con il contesto storicamente sedimentate. Le strategie di rigenerazione non si identificano con la banale cancellazione delle preesistenze, ancorché degradate, e con azioni di mera sostituzione edilizia. Ri-generare significa mettere in atto processi con i quali si generi di nuovo e si proietti nel lungo periodo un'interazione evolutiva tra una molteplicità di fattori, sociali, economici, insediativi, ambientali e paesaggistici. In questo senso assume valore strategico la multifunzionalità e la multiscalarità delle ipotesi progettuali che devono contemporaneamente considerare l'ambito specifico ma anche (e forse

soprattutto) le relazioni prossime e meno prossime con l'intera città, quando non si propongono come nuovi nuclei generatori di centralità.

È opportuno, tuttavia, non ridursi esclusivamente alla considerazione della dimensione della città, ma guardare anche la conformazione della sua struttura urbana e il sistema territoriale in cui è inserita: la rete dei collegamenti naturali, storici e infrastrutturali rappresenta il connettore delle risorse ambientali, paesaggistiche, storiche e culturali presenti sul territorio.



Fig. 3 - Casale Monferrato, Paraboloid (foto Fabio Oggero, 2021).

4. IL RESTAURO E RIUSO DEL PARABOLOIDE PER LA RIGENERAZIONE DELL'AREA DELLA CITTADELLA

Il progetto *Rigenerazione urbana. Restauro e riuso del Paraboloid* di Casale Monferrato viene appositamente elaborato e presentato nell'ambito dei contributi previsti dal DPCM 21 gennaio 2021 *Assegnazione ai Comuni di contributi* per investimenti in progetti di rigenerazione urbana volti alla riduzione di fenomeni di marginalizzazione e degrado sociale nonché al miglioramento della qualità del decoro urbano e del tessuto sociale e ambientale.

Il Paraboloid di Casale Monferrato costituisce l'ultima traccia dello Stabilimento Robatti poi Italcementi, destinato sin dal 1874 alla produzione di cementi. Lo stabilimento era sorto nell'area originariamente occupata dalle strutture della Cittadella di Casale, costruita a partire dal 1590 per volere della famiglia Gonzaga; allora esempio unico nel suo genere in Europa, la Cittadella fu coinvolta nei secoli successivi in numerose e importanti vicende belliche; riplasmata intorno al 1850 per rinnovare le sue strutture fortificate, viene parzialmente demolita nella seconda metà dell'Ottocento per dare avvio all'infrastrutturazione del territorio a supporto delle nascenti attività industriali. Della Cittadella risorgimentale restano oggi i bastioni e alcuni manufatti, tra cui la Porta e la Polveriera.

Nel caso del Paraboloid, il tema della rigenerazione assume ulteriori connotazioni, essendo il tessuto della *parte urbana* in stretta correlazione con il territorio extraurbano attraverso le infrastrutture storiche (la ferrovia, la rete di strade provinciali, il canale Lanza), che rappresentano, in molti casi, elementi generatori dello sviluppo urbano. Il Paraboloid e l'area urbana circostante possono quindi divenire la cerniera fisica tra il territorio extraurbano e la città, tenendo conto della loro collocazione, ma anche un collegamento ideale, considerando il Paraboloid come potenziale nodo centrale della rete dei beni del patrimonio industriale cementiero casalese, da valorizzare e implementare come elemento identitario e strumento di sviluppo locale



Fig. 4 - Casale Monferrato, Paraboloido (foto Fabio Oggero, 2021).

5. STRATEGIE DI RIGENERAZIONE PER L'AREA DEL PARABOLOIDE

Alla luce di quanto precedentemente riportato e delle prospettive delineate dal DPCM il progetto prevede il restauro finalizzato al riuso dell'iconico edificio del Paraboloido e la riqualificazione del suo immediato intorno con i seguenti obiettivi:

- a) la riqualificazione del patrimonio edilizio esistente volta anche a migliorare la relazione con i tessuti urbani circostanti; gli obiettivi specifici dell'intervento sono:
- riqualificare e riusare le aree dismesse dall'uso produttivo al fine di provvedere alla ricucitura e al completamento del tessuto urbano consolidato;
 - destinare l'area a funzioni di interesse pubblico a carattere sportivo servite da attrezzature flessibili, modulabili, aperte;
 - massima flessibilità d'uso per eventi temporanei di interesse comunale e sopracomunale, e per uso giornaliero come spazio pubblico;
 - articolare nel ridisegno dell'area e nelle sue relazioni con il resto della città (il centro storico, la vicina stazione ferroviaria) percorsi capaci di supportare e stimolare una mobilità urbana alternativa;
 - configurare il progetto di trasformazione in funzione di possibili/probabili trasformazioni future nell'intorno prossimo secondo una modalità di approccio al futuro basata sul principio del *possibile adiacente*, che porta ad ancorare prospettive, sfide e inneschi trasformativi dentro il presente, che viene mantenuto aperto e capace di esplorare, sperimentando, ciò che è possibile.
- b) il recupero, il miglioramento o il potenziamento delle opere di servizi e del verde urbano; gli obiettivi specifici dell'intervento sono:

- raggiungimento di caratteristiche di multifunzionalità e polivalenza per l'accoglienza attività sportive quotidiane ed eventi;
- creazione di un sistema di spazi pubblici caratterizzati dalla presenza del verde urbano collegato con il sistema del verde delle mura.
- integrare nel progetto attrezzature e servizi sportivi già presenti nell'area (ex Dopolavoro Eternit).

c) la compresenza di funzioni urbane diversificate e complementari; gli obiettivi specifici dell'intervento sono:

- riorganizzazione funzionale dell'area entro il perimetro ristretto con inserimento di spazi per funzioni collettive;
- realizzare spazi pubblici interni all'area opportunamente raccordati con l'intorno prossimo e qualificati morfo-tipologicamente.

d) il miglioramento della sostenibilità ambientale e della biodiversità volto a favorire l'inserimento o il rafforzamento delle reti ecologiche legate alla presenza di corsi d'acqua o aree naturali residue, a cui possono essere associati percorsi per la mobilità ciclo-pedonale;



Fig. 5 - Casale Monferrato, Paraboloide (foto Fabio Oggero, 2021).

6. IPOTESI DI INTERVENTO SULL'EDIFICIO

Il progetto prevede la riqualificazione strutturale del manufatto finalizzata al suo riuso come piazza coperta dedicata, in particolare, a eventi e attività sportive.

Agli interventi previsti per la riqualificazione strutturale dell'edificio, più approfonditamente descritti nel paragrafo seguente, seguono le operazioni necessarie a garantire la massima flessibilità d'uso degli spazi interni, così da consentire sia eventi temporanei che l'uso quotidiano.

Gli interventi finalizzati a migliorare la fruibilità degli spazi interni, che proseguono e completano quanto iniziato in passato, sono i seguenti: il rinforzo mediante incamiciatura dei contrafforti tramite la tecnica del *beton plaqu * e, per ogni arcata, la realizzazione di una nuova catena in acciaio strutturale inossidabile sotto il piano di calpestio del fabbricato, la rimozione della catena esistente e del puntone centrale.

Una nuova pavimentazione protegger  le catene poste sotto il piano di calpestio del fabbricato, pur consentendone l'ispezionabilit  e la regolazione; le bocche di lupo verranno messe in sicurezza attraverso l'installazione di griglie metalliche complanari al piano di calpestio.

La torre di elevazione localizzata sul prospetto Nord-Est verr  conservata – necessariamente consolidata – come elemento caratterizzante il prospetto e parte fondamentale per completare la

ricostruzione del processo produttivo originariamente svolto nell'edificio. La struttura della torre, alta 16 metri, è costituita da calcestruzzo semplice e priva di alcuna armatura di forza. Poiché essa risulta estremamente vulnerabile dal punto di vista sismico, gli interventi di miglioramento devono garantire la messa in sicurezza e al tempo stesso l'efficace collegamento strutturale tra la torre e il corpo principale del Paraboloide. Gli interventi in oggetto possono comprendere il rinforzo a presso-flessione e taglio degli elementi strutturali della torre realizzato mediante incamiciatura tramite la tecnica del *beton plaqué*. Il consolidamento della struttura consentirà contestualmente la predisposizione di un impianto di distribuzione verticale meccanizzato che consenta l'accessibilità del percorso in copertura e dei nuovi livelli interni al Paraboloide di cui seguirà descrizione.

Analogo intervento di rinforzo e irrigidimento è previsto per la tettoia sommitale della copertura; tuttavia, qualora, in seguito a più approfondite analisi, si renda necessaria la demolizione di questa in quanto non rispondente e non adeguabile ai requisiti di sicurezza strutturale richiesti, è stata presa in considerazione la sostituzione totale o di parte di essa con una nuova tettoia dai caratteri compositivi dichiaratamente contemporanei e realizzata con materiali differenti da quelli dell'edificio storico, come da disegni di progetto ed elaborazioni virtuali allegate.

Per garantire la flessibilità d'uso dell'edificio, è prevista la realizzazione di nuovi locali, ambienti e spazi di servizio dislocati su più livelli che possano ospitare attività varie (eventi culturali, attività associative, depositi, ecc.), attuando in questo modo anche un presidio di sicurezza sui suoi spazi. A tale scopo è previsto l'allestimento di un vano scala in cemento e acciaio che consenta la distribuzione a tutti i livelli dell'edificio, esistenti e nuovi (piano sotterraneo, livello 1 del cosiddetto soppalco, livello 2 del medesimo soppalco, tettoia sommitale). L'inserimento del vano scale per garantire il collegamento con la tettoia sommitale comporta la foratura della copertura con eliminazione di due arcarecci. È previsto, inoltre, un nuovo sistema di fondazione del vano scale comprendente la realizzazione di quattro pali di grande diametro posti agli angoli della platea dalla quale spiccano le strutture verticali principali.

La predisposizione degli impianti, da realizzarsi contestualmente alle opere strutturali previste sull'esterno dell'edificio, consentirà il successivo allestimento di un locale servizi igienici in sostituzione del volume in superfetazione destinato a magazzini localizzato sul prospetto Nord-Est.

A garantire tutti i presidi utili ai fini della durabilità della struttura riqualificata del Paraboloide è prevista, infine, l'impermeabilizzazione della volta unitamente ad un adeguato sistema di smaltimento delle acque piovane.



Fig. 6 - Casale Monferrato, Paraboloido (foto Fabio Oggero, 2021).

7. IPOTESI DI INTERVENTO STRUTTURALE SULL'EDIFICIO

L'inefficienza strutturale del Paraboloido è dovuta a cause fisiche (cicli gelo/disgelo), e chimiche largamente amplificate dalla mancanza di manutenzione del fabbricato. Il degrado, esteso in maniera più o meno grave a quasi tutto l'edificio, si traduce in fessurazioni, delaminazioni e distacchi strutturali, che possono brevemente riassumersi come segue:

1. Degrado dei pannelli di copertura: ferri a vista e presenza di fori;
2. Degrado degli arcarecci;
3. Degrado degli arconi parabolici;
4. Degrado dei nodi catena/contrafforte/arcone parabolico;
5. Degrado della pensilina: ferri a vista ed infiltrazioni;
6. Degrado della struttura della torre e della passerella.

L'ergotecnica dell'intervento di riqualificazione strutturale del Paraboloido è prevista nelle seguenti fasi:

7.1 *Puntellamento dei contrafforti e degli arconi parabolici*

Realizzazione di puntellature in legname o in tubo giunto, atte a garantire la stabilità dei contrafforti e degli arconi parabolici durante gli interventi di modifica dello schema strutturale del fabbricato. Tali puntellature saranno costituite da ritti, tavole, fasce, croci e gattelli come da regola d'arte.

7.2 *Incamicatura dei contrafforti*

I contrafforti del Paraboloide sono 24 pareti in calcestruzzo semplice di forma trapezoidale disposti sul limite d'impianto dell'edificio. Tali setti supportano gli arconi parabolici e presentano uno spessore pari a 50 cm. Dalle indagini ⁴ è emerso che questi elementi sono costituiti da un aggregato cementizio di qualità e resistenza scarse. Dai campioni estratti è inoltre emerso come il conglomerato cementizio sia caratterizzato dalla presenza di inerti di grandi dimensioni (> 40 mm), tendenzialmente costituito da pietre di fiume e che tende facilmente a disgregarsi. Inoltre, le prove pacometriche eseguite in situ hanno constatato la totale assenza di ferri di armatura.

In ragione di quanto sopra riportato ed in previsione dell'abbassamento delle catene degli arconi parabolici sotto il piano di calpestio del fabbricato, i contrafforti degli arconi parabolici verranno rinforzati mediante la Tecnica del Beton Plaqué costituita dall'incollaggio di profili angolari e calastrelli in acciaio, tra di loro saldati, al supporto in calcestruzzo mediante adesivo epossidico strutturale. La preparazione della superficie dei contrafforti avverrà mediante bocciardatura, sabbiatura e idrodemolizione al fine di ottenere un supporto sufficientemente ruvido e privo di qualsiasi materiale non dotato di sufficiente coerenza. È importante sottolineare come l'incamiciatura dei contrafforti mediante Beton Plaqué dovrà essere estesa sino al livello sottostante la nuova catena da realizzare in sostituzione di quella esistente, la quale potrà agevolmente essere vincolata alla camicia d'acciaio che rivestirà i contrafforti. L'operazione di finitura dei contrafforti incamiciati tramite Beton Plaqué potrà prevedere il ripristino del calcestruzzo facciavista.

7.3 Realizzazione di nuove catene sotto il piano di calpestio del fabbricato

Al fine di liberare lo spazio interno del Paraboloide da ingombri strutturali e nello stesso tempo di riprendere la spinta degli arconi parabolici al di sotto del piano di calpestio del fabbricato, saranno realizzate delle nuove catene al piede dei contrafforti già rinforzati tramite la Tecnica del Beton Plaqué. Tali catene saranno da realizzarsi in acciaio strutturale inossidabile, il quale offre ottima resistenza alla corrosione anche in ambienti aggressivi.

Inoltre, le nuove catene, vincolate alle camicie in Beton Plaqué dei contrafforti, dovranno essere ispezionabili e fornite di opportuni tenditori regolabili.

7.4 Rimozione delle catene esistenti e dei puntoni centrali

In seguito all'incamiciatura dei contrafforti ed all'installazione delle nuove catene sotto il piano di calpestio del fabbricato, le catene esistenti ed i puntoni centrali potranno essere rimossi in sicurezza.



Fig. 7 - Casale Monferrato, Paraboloide (foto Fabio Oggero, 2021).

7.5 Ripristini o ricostruzioni parziali degli elementi principali e secondari ammalorati

Gli interventi di riparazione corticali richiedono spessori di riporto del materiale da ripristino inferiore a 50 mm. Conseguentemente, questi interventi vengono realizzati mediante l'impiego di malte e non vengono effettuati se il degrado interessa l'intera superficie dell'elemento strutturale o quando l'estensione del danneggiamento rispetto l'area totale dell'elemento da riparare è rilevante.

Gli interventi di ricostruzione parziale della sezione originaria prevedono spessori di riporto del materiale più consistenti. In tal caso, quindi, la ricostruzione deve avvenire per mezzo di sistemi colabili o autocompattanti gettati in cassero. In particolare, possono venire impiegati betoncini o calcestruzzi.

Infine, potranno essere necessari interventi di ricostruzione che prevedono un incremento della sezione originaria nel caso in cui l'elemento presenta una carenza strutturale. Ciò è previsto, verosimilmente, per gli arcarecci della volta e le pensiline esterne, nonché quando sia previsto un cambio di destinazione d'uso del fabbricato.

7.6 Reintegro delle lastre di copertura

Le lastre di copertura della volta parabolica presentano uno spessore ridotto, pari a circa 8 cm, ed un'armatura a maglia reticolare. Questi elementi sono affetti da un esteso degrado dovuto alle infiltrazioni ed ai percolamenti di acqua piovana che hanno portato alla corrosione dei ferri di armatura. La corrosione ha portato inoltre diffusi distacchi di strati corticali e sub-corticali cementizi, tanto che in alcuni punti i pannelli risultano forati. Il reintegro delle lastre di copertura potrà avvenire tramite la tecnica del ferrocemento, realizzando gusci sottili aventi lo stesso spessore dei pannelli originali.



Fig. 8 - Casale Monferrato, Paraboloide (foto Fabio Oggero, 2021).

7.7 Interventi di rinforzo e irrigidimento della torre e della passerella

La struttura della torre, alta 16 metri e collocata sul lato nord dell'edificio, è costituita da calcestruzzo semplice e non presenta alcuna armatura di forza, Poiché essa risulta estremamente vulnerabile dal punto di vista sismico, gli interventi di miglioramento devono garantire la messa in sicurezza e al tempo stesso l'efficace collegamento strutturale tra la torre e il corpo principale del Paraboloide, al fine di evitare fenomeni di martellamento in caso di scossa sismica. Gli interventi in oggetto possono comprendere il rinforzo a presso-flessione e taglio degli elementi strutturali della torre realizzato mediante incamiciatura tramite la tecnica del Beton Plaqué, già descritta ai punti precedenti. Tali interventi si considerano necessari anche per gli elementi strutturali della passerella.

7.8 Realizzazione di vano scale e solai all'interno del paraboloide

Nell'ottica della riqualificazione del Paraboloide si prevede l'inserimento di un vano scale interno e di nuovi solai come da indicazioni preliminari del progetto architettonico. L'inserimento del vano scale comporterà l'eliminazione di due arcarecci di copertura. Il nuovo sistema di fondazione del vano scale comprende la realizzazione di quattro pali di grande diametro posti agli angoli della platea dalla quale spiccano le strutture verticali principali.

8. CONCLUSIONI

In conclusione, gli interventi sopra delineati risultano necessari per ripristinare i livelli di sicurezza minimi richiesti dalla vigente normativa e per realizzare le strutture utili alla nuova destinazione d'uso. La riqualificazione dell'edificio sarà accompagnata dalla riqualificazione dello spazio pubblico circostante, attualmente connotato dalla prevalenza di ampi spazi aperti con una debole destinazione funzionale; il nuovo disegno potenzierà il ruolo dell'area come polo dello sport e del tempo libero, garantendo caratteristiche di multifunzionalità e polivalenza degli spazi e attrezzature flessibili e aperte per poter accogliere attività sportive quotidiane ed eventi.



Fig. 9 - Casale Monferrato, Paraboloido (foto Fabio Oggero, 2021).

¹ Lida Kitsaki, *From an industrial memory to a concrete presence. The case of the Paraboloido in Casale Monferrato*, Tesi di Master in Conservation of Monuments and Sites, Università di Leuven, relatori prof. arch. Andrea Bruno, prof. arch. Clara Bertolini-Cestari, 2011.

² Peppino Pensabene Cimino, *Cenni storici sul cemento casalese*, Società Tipografica, Casale Monferrato, 1937

³ Mario Pronzato, *Le origini dell'industria delle calce e cementi a Casale Monferrato*, Edizioni Studio RS pubblicità, Casale Monferrato, 1973

⁴ Nell'ottobre 2018 il Comune di Casale Monferrato ha conferito al Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica del Politecnico di Torino l'incarico relativo alla redazione delle *Linee Guida per il Progetto di Recupero e il Miglioramento Sismico del Paraboloido di Casale* sulle quali si basa la presente relazione di fattibilità strutturale per la riqualificazione del fabbricato.