

DIREZIONE OPERE PUBBLICHE

COMMITTENTE SCR Piemonte		COMUNE Città di TORINO			
LIVELLO PROGETTUALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
CUP C14E21001220001		TITOLO INTERVENTO TORINO, IL SUO PARCO, IL SUO FIUME: MEMORIA E FUTURO” REALIZZAZIONE DELLA BIBLIOTECA CIVICA E RIQUALIFICAZIONE DEL TEATRO NUOVO			
CODICE OPERA 22044D02					
ELABORATO N. 001		TITOLO ELABORATO RELAZIONI TECNICA GENERALE			
DATA settembre 2022		SCALA -		AREA PROGETTUALE GENERALE	
FORMATO DI STAMPA A4		CODICE GENERALE ELABORATO 22044D02_1_0_P_GE_00_CA_001_0		NOME FILE 22044D02_1_0_P_GE_00_CA_001_0_Rel Tecnica.docx	
VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE	DIS.	CONTR	APPR.
0	settembre 2022	Prima Emissione	RTP	CGG	LCN
RTP PROGETTAZIONE RAFAEL MONEO Arch. Rafael Moneo (mandante) Calle Cinca 5 - 28002 Madrid (Spagna) ISOLARCHITETTI Isolarchitetti S.r.l. (mandante) Via Mazzini, 33 - 10123 Torino ICIS ICIS S.r.l. (mandataria) Corso Einaudi, 8 - 10128 Torino Ing. Quirico Ing. Giovanni Battista Quirico (mandante) Corso Giovanni Lanza, 58 - 10131 Torino MCM MCM Ingegneria (mandante) Vicolo Vincenzo Monti, 8, 10095 Grugliasco (TO) onleco Onleco Srl (mandante) Via Pigafetta,3 - 10129 Torino			TIMBRI - FIRME Direttore Tecnico: Ing. Adolfo Coggiola (ICIS Srl) Integrazione prestazioni specialistiche: Ing. Luciano Luciani (ICIS Srl)		
ORGANISMO DI CONTROLLO CONTECO S.p.A. Responsabile di Commessa: Ing. Daniele Baldi			SCR PIEMONTE S.p.A. Responsabile del Procedimento: Arch. Sergio Manto		

Sommario

1	Principali definizioni e acronimi	3
2	Premessa.....	4
3	Le esigenze, i requisiti e i livelli prestazionali da soddisfare (con riferimento al DIP)	6
4	Le valutazioni sulla fattibilità dell'intervento con riferimento alle analisi effettuate	8
4.1	La valutazione previsionale di impatto acustico.....	8
4.2	Il comfort degli ambienti interni.....	9
4.3	Fattibilità strutturale e sismica	9
5	Gli esiti della verifica di sussistenza delle interferenze.....	12
6	Lo studio di inserimento urbanistico	14
7	La descrizione delle scelte tecniche a base del progetto	19
8	Elementi di dimensionamento preliminare.....	21
9	Stato attuale di consistenza, funzionalità e conservazione dell'opera	31
9.1	Conoscenza storico-critica	39
	Il Palazzo del Giornale e il Palazzo della Moda di Ettore Sottsass	39
	Il nuovo Palazzo della Moda	40
	La nascita di Torino Esposizioni nel dopoguerra e il complesso Sottsass-Nervi.....	41
	Il progetto di ampliamento del 1954	43
9.2	Conoscenza geometrica.....	44
	L'innovazione dei sistemi di digitalizzazione. Mobile Mapping Systems	46
	Pianificazione del rilievo 3D	46
	Rete d'inquadramento topografica	49
	Rilievo fotogrammetrico da UAV	50
	Rilievo laser scanning	53
	Completamento del rilievo degli ambienti di servizio mediante MMS.....	54
	Sistema ZEB Revo di Geoslam	55
	Sistema SWIFT	56
	Integrazione nuvole di punti.....	56
	Rilievo fotogrammetrico CLOSE RANGE delle diagnosi.....	57
9.3	Conoscenza strutturale	60
	La volta ondulata	64
	Il Ventaglio.....	66
	Il Pilastrone inclinato.....	66
	Il Timpano anteriore.....	68
	Timpano posteriore.....	69
	Abside.....	70
	Solai.....	73
	Fattori di vulnerabilità sismica	74
9.4	Conoscenza Impiantistica	75

10	Relazione inerente alle indagini e prove effettuate	76
	Il piano indagini e delle prove	76
	Oggetto delle prove	82
	Riferimenti Normativi	82
	Strumenti di prova	82
	Discussione dei risultati	83
	Riepilogo	83
	Prove su elementi in ferrocemento	84
	Prove su elementi in calcestruzzo	85
	Prove su solai ed elemento ad arco IN SAP	86
	Prove su Armature	86
	Prove su elementi strutturali	86
	Monitoraggio ambientale	87
	Monitoraggio strutturale	87
10.1	Il grado di approfondimento adottato per le indagini	87
	NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	89
	IL PERCORSO DI CONOSCENZA NEL CASO DEL COMPLESSO DI TORINO ESPOSIZIONI	90
	ASSUNZIONE DEL LIVELLO DI CONOSCENZA PER LE VALUTAZIONI DI SICUREZZA STRUTTURALE E SISMICA	91
10.2	L'integrazione delle indagini strutturali con quelle ambientali	93
11	Caratteri storici, tipologici e costruttivi dell'opera da valorizzare nel progetto	94
	Filosofia del restauro	94
	Gli interventi sull'esistente	94
	Le coperture	94
	La facciata verso corso Massimo d'Azeglio	96
	Le facciate verso il Parco	97
	Spazi interni	99
	Padiglione 2	100
	Padiglione 2b	101
	Padiglione 4	102
12	Esito delle indagini e valutazione economica dei costi di esecuzione	103
13	Descrizione dell'intervento	104
13.1	Tipologia e finalità dell'intervento	104
13.2	Le tecniche di esecuzione	104
	13.2.1 Interventi strutturali sull'esistente	104
	Interventi su copertura ondulata in ferro-cemento	105
	Interventi su ventaglio	105
	Interventi su pilastri	106
	Interventi su arco SAP	106
	Interventi su pilastri	107
	Interventi su travi abside	107
	Interventi su solai	107
	Interventi su pareti di tamponamento	107
	Interventi per connettivi verticali	108

Interventi di ripristino di elementi i c.a. e in ferro-cemento.....	108
13.2.2 Interventi strutturali di nuova realizzazione	109
Nuovi volumi interrati	109
Balconata esterna.....	109
Parapetti.....	110
Soppalchi interni.....	110
13.2.3 Il progetto acustico	110
REQUISITI ACUSTICI PASSIVI - Specifiche tecniche per l'isolamento acustico e il trattamento acustico degli ambienti interni	112
13.2.4 Il progetto degli impianti	112
Impianti meccanici	113
Impianti elettrici	113
13.3 La verifica di conformità ai CAM e la certificazione LEED	116
13.4 L'impatto del cantiere sulle attuali condizioni di utilizzo dell'opera	117
13.4.1 Viabilità generale dell'area urbana di pertinenza	117
13.4.2 Dislocazione aree esterne di cantiere.....	117
13.5 Indicazioni sulle fasi esecutive.....	123
14 Bibliografia sintetica	127

1 Principali definizioni e acronimi

Documento di Indirizzo alla Progettazione	DIP
Piano Tecnico Esecutivo (ai sensi dell'art. 47 LUR)	PTE
Norme Urbanistico Edilizie di Attuazione (Città di Torino)	N.U.E.A.
Comprensorio di Torino Esposizioni	comprensorio TOESPO
Padiglioni di Torino Esposizioni (pad. 1, 2, 2b, 3, 3b, 4, 5)	complesso TOESPO
Insieme dei padiglioni 1,2, 2b, 3, 3b, 4, Rotonda, Teatro Nuovo	complesso SOTTASS- NERVI
Insieme dei padiglioni 2, 2b, 4	parte del complesso SOTTASS- NERVI ovvero padiglioni destinati alla BCC
Padiglione 5 del comprensorio TOESPO	(padiglione) MORANDI
“Polo della Cultura e Campus dell'Architettura del Design” (v. protocollo d'intesa MIUR, CITTÀ, POLITECNICO)	CAMPUS VALENTINO
Studio di Fattibilità (con riferimento allo SdF del 2018)	SdF
Progetto di Fattibilità Tecnico Economica	PFTE

Raggruppamento temporaneo di Professionisti e Società di Ingegneria affidatario dello SdF	RT
Gruppo di Lavoro del Raggruppamento Temporaneo	GdL
Collegi di Architettura, Pianificazione e Design del Politecnico di Torino	(SCUOLA DI) ARCHITETTURA
Corpi di fabbrica singoli	PADIGLIONI
Scenario meta progettuale di insediamento	SCENARIO
Soluzione meta progettuale ritenuta preferibile fra i diversi scenari	SOLUZIONE REALIZZATIVA
Interventi realizzativa di opere autonome, finanziariamente e funzionalmente.	UNITÀ D'INTERVENTO (U.I.)
Superficie utile lorda (superficie costruita al lordo dei muri)	SUL
Biblioteca Civica Centrale della Città di Torino	BCC Biblioteca Civica (Centrale)
Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio	SABAP

Sui Padiglioni:

Volume edificato antistante il 2b	AVANCORPO
Volume del 2	NAVATA CENTRALE
Copertura della navata centrale	VOLTA (nervata)
BALCONATA (interna o esterna)	BALCONATA (interna o esterna)
Volumi edificati interrati	VOLUMI IPOGEI (tecnologici, laboratori etc.)
Volumi edificati destinati agli impianti	LOCALI TECNOLOGICI
Aree esterne	CORTE (sul fronte EST) SAGRATO (sul fronte OVEST)
Area ipogea aperta e alberata	PATIO CENTRALE

2 Premessa

La presente Relazione Tecnica è redatta ai sensi delle “Linee guida per la redazione del progetto di fattibilità tecnica ed economica da porre a base dell’affidamento di contratti pubblici di lavori del PNRR e del PNC” (ex Art. 48, comma 7, del decreto-legge 31 maggio 2021, n. 77, convertito nella legge 29 luglio 2021, n. 108), come previsto dal contratto di affidamento del presente PFTE.

3 Le esigenze, i requisiti e i livelli prestazionali da soddisfare (con riferimento al DIP)

Il DIP individua nei capitoli introduttivi gli obiettivi generali a base del PFTE, e successivamente, nelle “Linee guida per la progettazione”, gli obiettivi specifici per la progettazione della nuova Biblioteca Civica Centrale.

Il PFTE dovrà prevedere la realizzazione della Biblioteca Civica della Città di Torino all’interno dei Padiglioni 2-2b e 4, come indicati nei seguenti schemi grafici, con particolare riguardo:

- alla conservazione e alla valorizzazione degli elementi architettonici e strutturali esistenti;
- alla definizione degli elementi tecnici, distributivi e funzionali dell’intero complesso nonché delle singole funzioni;
- all’efficienza energetica/impiantistica dell’intero complesso e la riduzione dell’inquinamento atmosferico, oltre che la necessità di indipendenza gestionale;
- alla progettazione relativa alla fornitura degli allestimenti e degli arredi necessari per la fruizione della Biblioteca Civica.

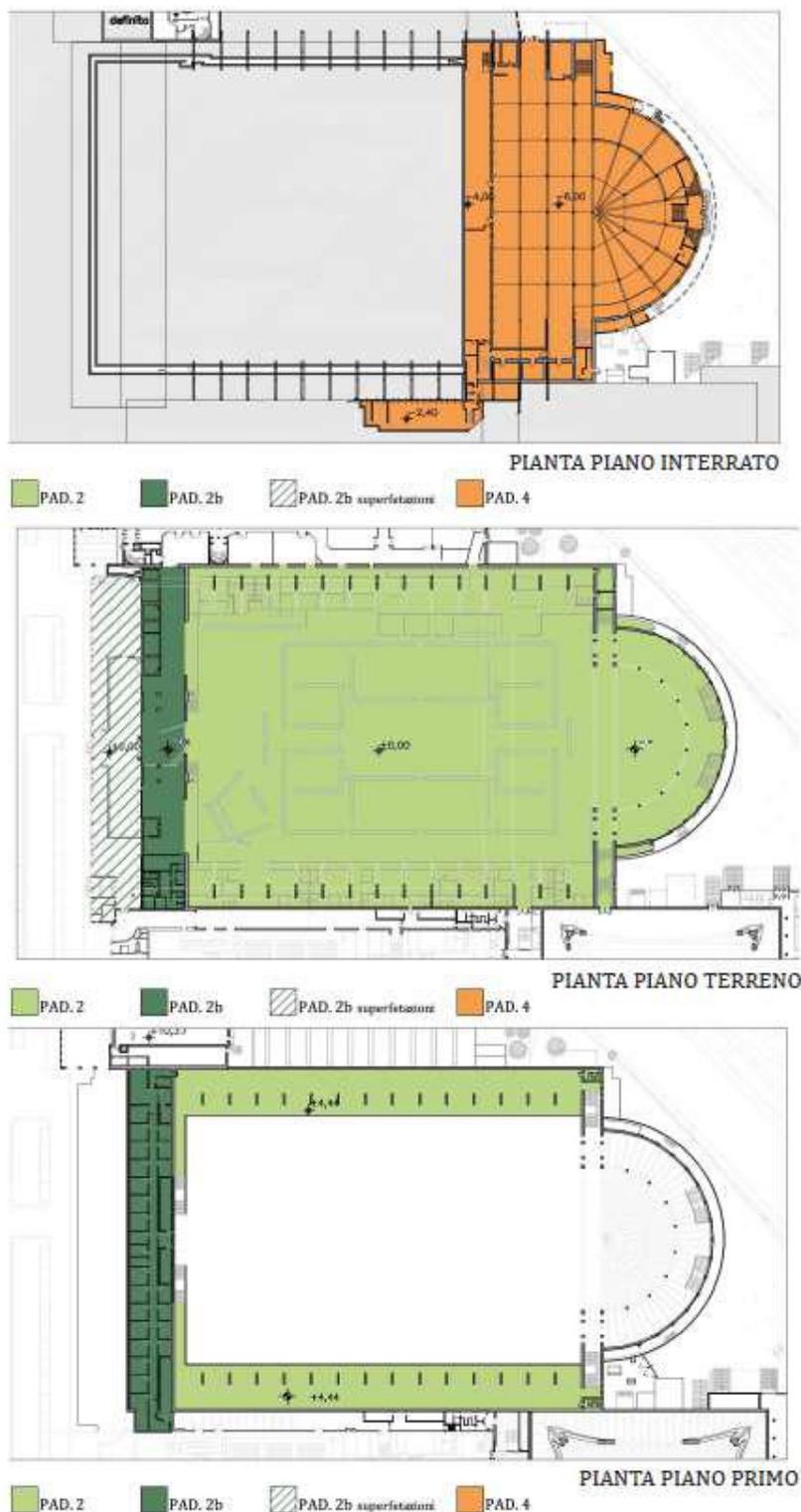


Figura 1 – Nomenclatura aree

Farà parte del PFTE anche la **riqualificazione del Teatro Nuovo**, anticipando alcuni interventi che saranno oggetto di appalto dedicato.

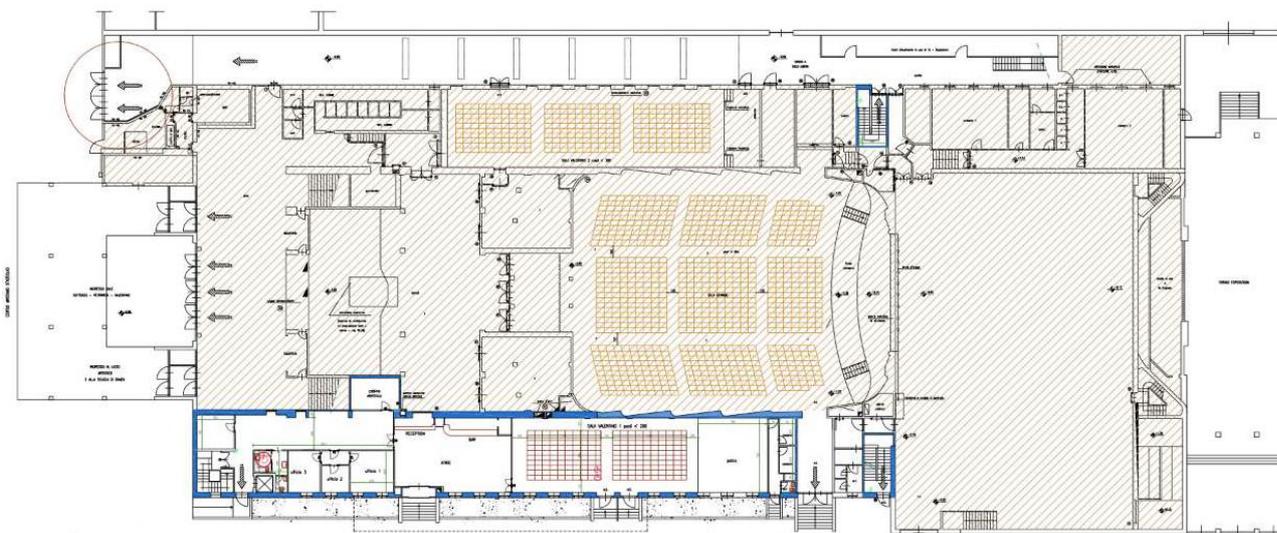


Figura 2 - Planimetria Teatro Nuovo

Alla scala urbana gli obiettivi sono definiti da PTE approvato con Deliberazione della Giunta Comunale di Torino n. 573 del 30/08/2022

In estrema sintesi, gli obiettivi a scala urbana, in conformità allo strumento urbanistico vigente sono così riassumibili:

1. *ricreare sul territorio un polo attrattivo di grande interesse culturale (Nuova sede della Biblioteca Civica centrale, Teatro Nuovo, Campus delle Architetture);*
2. *recuperare i padiglioni all'uso mantenendo gli elementi originali rimasti e rimuovendo, per quanto possibile, le superfetazioni;*
3. *realizzare la nuova sede della Biblioteca Civica centrale quale elemento caratterizzante l'intero complesso;*
4. *rivitalizzare il Teatro Nuovo attraverso l'incremento di funzioni che completino l'offerta urbana (struttura di sostegno per gli attori culturali territoriali, istituzioni, compagnie professionali e amatoriali, associazioni);*
5. *destinare una parte del complesso a Campus delle Architetture.*

Alla scala dell'intervento, i requisiti ed i livelli prestazionali da soddisfare sono definiti all'interno del DIP con le *Linee Guida per la progettazione*. Le **Linee guida** contengono un'ampia serie di informazioni relative alla storia della Biblioteca Civica, alla fisionomia bibliografica del patrimonio documentario conservato e gestito, al contesto sociale, culturale, biblioteconomico entro il quale la biblioteca attualmente è situata, alle modalità di erogazione dei servizi, alla loro valutazione ed al loro impatto sulla società.

Per approfondimenti in merito al complesso delle esigenze espresse e agli obiettivi posti a base della progettazione si rimanda alla Relazione Generale Illustrativa di Progetto (cfr. elaborato **22044D02_1_0_P_GE_00_CC_01**)

4 Le valutazioni sulla fattibilità dell'intervento con riferimento alle analisi effettuate

4.1 La valutazione previsionale di impatto acustico

Per la caratterizzazione del clima acustico e per la taratura del modello previsionale sono stati eseguiti due rilievi fonometrici nel luglio 2022.

La Figura 3 e la Figura 4 mostrano la collocazione dei punti di misura individuati.



Figura 3 – Collocazione in pianta dei punti di misura individuati.



Figura 4 – Collocazione in foto assometrica dei punti di misura individuati.

Ai sensi del comma 3 articolo 8 della L 447/95 e del Titolo V art. 24 del Regolamento Comunale per la Tutela dall'Inquinamento Acustico della Città di Torino, il presente intervento **non è incluso tra quelli per i quali è necessaria la valutazione previsionale di clima acustico.**

La valutazione di impatto acustico è stata condotta considerando la presenza degli impianti tecnologici previsti in progetto: un gruppo polivalente e tre pompe di calore situati dentro una centrale frigorifera.

Dai risultati delle simulazioni emerge che i livelli sonori simulati nella configurazione *post operam* sono conformi ai limiti assoluti di immissione. I valori in corrispondenza dei ricettori posti sugli edifici che si affacciano su corso Massimo d'Azeglio o che gli sono più vicini, risultano superiori ai limiti assoluti di

immissione sia nella condizione *ante operam* sia in quella *post operam* esclusivamente a causa del fatto che risentono del rumore dell'intenso traffico stradale sul corso (criticità pregressa all'esecuzione dell'intervento in oggetto).

Emerge inoltre che solo alcuni dei ricettori considerati risentono dell'installazione di quanto in progetto e che, per tutti i punti, è possibile affermare che **gli interventi previsti non comportano impatto acustico**, nel rispetto del criterio differenziale.

Per approfondimenti si rimanda alla relazione “*Valutazione previsionale di Clima e Impatto acustico*” (cfr. elaborato **22044D02_1_0_P_AC_00_CZ_001**) allegata al progetto.

4.2 Il comfort degli ambienti interni

La valutazione dei livelli di comfort dell'ambiente interno della nuova *Biblioteca Civica Centrale di Torino*, è stato condotto relativamente all'illuminazione naturale e al benessere termo-igrometrico in conformità ai requisiti prestazionali introdotti dalla normativa nazionale.

Illuminazione naturale

Le simulazioni dinamiche per il calcolo di *daylighting* hanno dato i seguenti esiti:

- la verifica del **Fattore medio di luce diurna (FLDm)** ha restituito valori superiori alla soglia del 1%, attestandosi rispettivamente al 3,2% e 2,8%, sia considerando i soli ambienti con occupazione continua, sia includendo anche quelli a occupazione saltuaria. Valori questi conformi alla normativa nazionale e ai *Criteri Ambientali Minimi*;
- la **Spatial Daylight Autonomy** presenta un valore complessivo (comprensivo di tutti gli ambienti oggetto di calcolo) di poco superiore al 70% (buon illuminamento naturale);
- **Annual Sunlight Exposure ASE**, questo risulta particolarmente elevato (valori superiori al 30% - possibile presenza di fenomeni di abbagliamento -) da cui l'esigenza d'introdurre *sistemi di schermatura diretti* (tende mobili) / *indiretti* (riduzione della trasmissione luminosa dell'elemento trasparente) a livello delle chiusure trasparenti verticali e orizzontali (lucernai)

Il complesso delle calcolazioni e delle prescrizioni progettuali assunte a base della progettazione è riportato nella “*Relazione sul comfort dell'ambiente interno*” (cfr. elaborato **22044D02_1_0_P_QI_00_CZ_001**) allegata al progetto.

4.3 Fattibilità strutturale e sismica

Norme di riferimento

Il Cap. VIII del Decreto Ministeriale, 17 gennaio 2018 (NTC 2018), che riguarda le costruzioni esistenti, dispone che la valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorrano alcune situazioni, fra cui ad esempio:

- *cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o passaggio ad una classe d'uso superiore;*
- *ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali di miglioramento o adeguamento.*

Nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche il livello di sicurezza della costruzione è quantificato attraverso il rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione.

Analisi strutturale e sismica del padiglione 2 - stato attuale

Vista la complessità e l'importanza della struttura, è stato effettuato un confronto tra il modello matematico di riferimento, realizzato con il codice MIDAS, e il modello ANSYS utilizzato dal team del Politecnico di Torino e corroborato a seguito delle indagini, consentendone così la convalidazione, come richiesto dalla normativa per le strutture per le opere di particolare importanza (§10.2.2 delle NTC 2018).

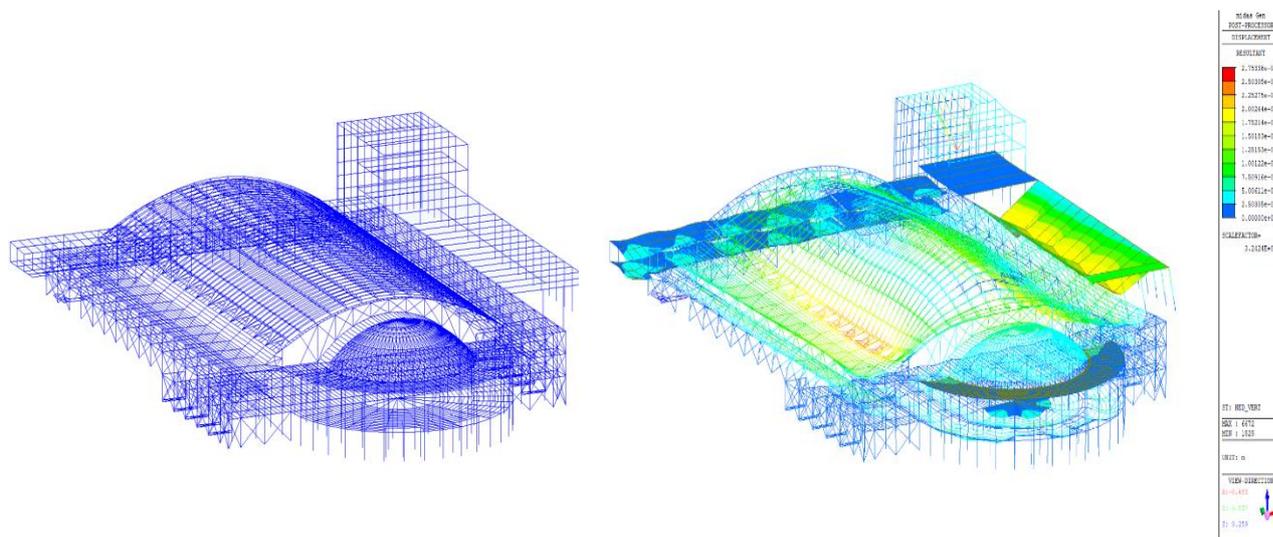


Figura 5 - Modello a elementi finiti MIDAS (a sinistra) e campo di spostamenti (amplificati) generato dalla combinazione fondamentale a SLU (a destra).

I risultati delle verifiche strutturali mostrano come **i livelli di sicurezza rispetto alle azioni statiche siano in linea con le previsioni di Nervi**. L'attenzione, rispetto alle azioni statiche, è quindi da focalizzare sul *tema della durabilità*, in particolare degli elementi in ferrocemento, sperimentato da Nervi, proponendo l'utilizzo di opportuni trattamenti e protezioni.

Valutazioni di fattibilità

A parte gli interventi locali di rinforzo dei singoli elementi critici, si è ritenuto che la misura di sicurezza più importante consista nella **protezione sistematica di tutti i nodi deboli**, soprattutto quelli non confinati, all'intersezione fra elementi verticali e orizzontali. I principali interventi previsti sono:

Pilastroni inclinati	Rinforzo a taglio con tessuti di acciaio in matrice cementizia inorganica (FRCM). Rinforzo a pressoflessione con tiranti esterni in acciaio ad alta resistenza all'estradosso dei pilastri centrali più sollecitati (limitatamente al piano terra). Protezione lato estradosso della testa della colonna fino alla giunzione con l'elemento a ventaglio (rete in fibra naturale basalto).
Ventagli	Rinforzo diffuso estradosso a taglio e flessione con rete di fibre naturali di basalto.
Volta SAP	Rinforzo a taglio e flessione con rete biassiale in fibra di basalto naturale e barre elicoidali in acciaio ancorate negli archi in cemento armato (da rinforzare a loro volta con FRCM per taglio e flessione), in modo tale da assorbire le sollecitazioni di trazione.

Volta ondulata in ferroceamento	Rinforzo e miglioramento strutturale della volta ondulata in ferroceamento con realizzazione di rinforzo estradossale diffuso con rete in fibra naturale di basalto.
Timpani, muri di tamponamento laterali e pilastri cavi in muratura.	Ripristino antiribaltamento delle tamponature con intonaco strutturale, rete biassiale in fibra naturale di basalto e barre elicoidali in acciaio.
Travi e colonne	Rinforzo con placcaggio di confinamento con FRCM a matrice inorganica a basso spessore per migliorare la resistenza a flessione e/o a taglio.
Travi e colonne con alte sollecitazioni (travi anulari esterne e alcuni pilastri)	Rinforzo con placcaggio in acciaio e malta epossidica per migliorare la resistenza a flessione e/o a taglio.

Le verifiche strutturali condotte con il codice MIDAS sul padiglione assoggettato agli interventi di miglioramento strutturale mostrano come **l'indice di sicurezza sismica, IS a SLU, superi il valore di 0.60, non molto inferiore a quanto si richieda a un intervento di adeguamento sismico**, con incrementi ben superiori a quelli minimi prescritti dalle NTC 2018.

In definitiva, i risultati delle verifiche dimostrano la fattibilità dell'intervento con livelli di miglioramento strutturale più restrittivi di quelli richiesti dalla norma di riferimento per edifici tutelati, come il complesso di Torino Esposizioni.

Per approfondimenti si rimanda alla *“Relazione specialistica sulle strutture e vulnerabilità delle strutture esistenti”* (cfr. elaborato **22044D02_1_0_P_ST_00_CB_001**) allegata al progetto.

5 Gli esiti della verifica di sussistenza delle interferenze

Dall'analisi dei sottoservizi esistenti il fabbricato è interessato dalla presenza di due collettori fognari di grande dimensione e relativi innesti (dorsali secondarie di immissione) *condizionanti* o *interferenti* (frecche rosse nelle immagini in bassi) l'esecuzione delle opere:

- collettore di fognatura nera – profonda (1200x2100 mm) con fondo scorrevole a oltre 10 m dall'esistente piano campagna e, pertanto, non interferente con i locali ipogei da realizzarsi,
- collettore di fognatura bianca (2000x2000 mm) con fondo scorrevole a circa 9m dal piano campagna, ovvero con estradosso posto a circa 1m dalle nuove fondazioni da realizzarsi,
- innesto su collettore di fognatura nera (dim. ipotizzate – non disponibili da SMAT - 700x1200mm) superficiale e, pertanto, **completamente interferente** con le nuove fondazioni da realizzarsi,
- innesto su collettore di fognatura bianca (ovoidale 70x120cm in c.a.) con scorrevole posto a circa 3,5m dall'esistente piano campagna e, pertanto **completamente interferente** con le nuove fondazioni da realizzarsi

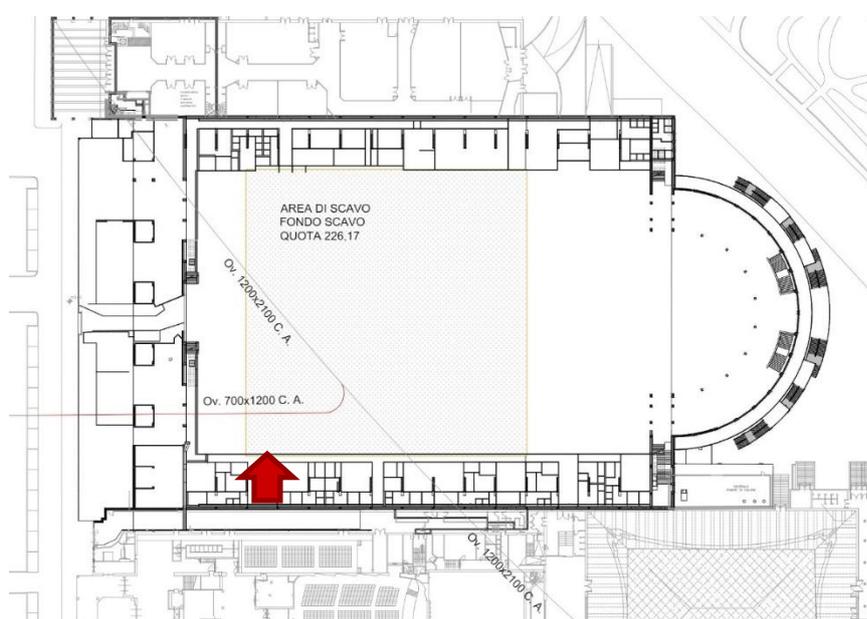


Figura 6 - Planimetria rete fognaria – nera profonda e innesto interferente

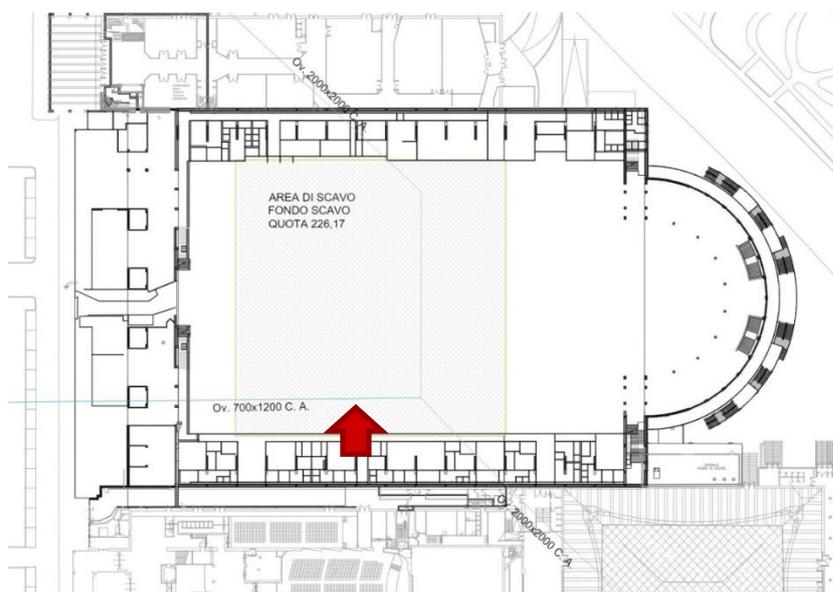


Figura 7 - Planimetria rete fognaria – bianca profonda e innesto interferente

Il progetto, per ovviare alle interferenze descritte contempla interventi di consolidamento del terreno a protezione dei collettori esistenti profondi (*jet-grouting*) e il rifacimento degli innesti interferenti.

Per approfondimenti si rimanda alla *Relazione di censimento e risoluzione delle interferenze* (cfr. elaborato **22044D02_1_0_P_IN_00_CB_001**) di progetto.

6 Lo studio di inserimento urbanistico

Il comprensorio di Torino Esposizioni è destinato dal Piano Regolatore Generale vigente, ai sensi dell'art. 8 punto 15 e dell'art. 19 delle N.U.E.A., a "Servizi Pubblici S: Aree a verde pubblico, a servizi pubblici ed a servizi assoggettati all'uso pubblico".

L'art. 3 punto 7 definisce nel dettaglio le destinazioni d'uso per le attività di servizio:

- lettera "v": **giardini, aree verdi per la sosta e il gioco, parchi naturali e attrezzati** e servizi connessi, comprensivi di eventuali ambiti conservati ad uso agricolo; attrezzature sportive al coperto e all'aperto, attrezzature per il tempo libero;
- lettera "z": **attività di interesse pubblico generale: musei, teatri, attrezzature fieristiche e congressuali, attrezzature per la mobilità, attrezzature giudiziarie, attrezzature annonarie...**

Inoltre, l'art. 3 punto 7 specifica che tra le attività di servizio "Sono ammesse, destinazioni accessorie strettamente pertinenti e connesse allo svolgimento dell'attività principale quali attività commerciali al dettaglio, e pubblici esercizi e attività artigianali di servizio (v. punti 4A1a, 4A2 e 4A3), entro il limite del 25% della S.L.P. esistente o in progetto; per motivate esigenze le attività di cui sopra sono ammesse, oltre tale limite, previa deliberazione di Consiglio Comunale. Oltre il limite del 25% tali attività sono sempre ammesse negli edifici esistenti di proprietà comunale."

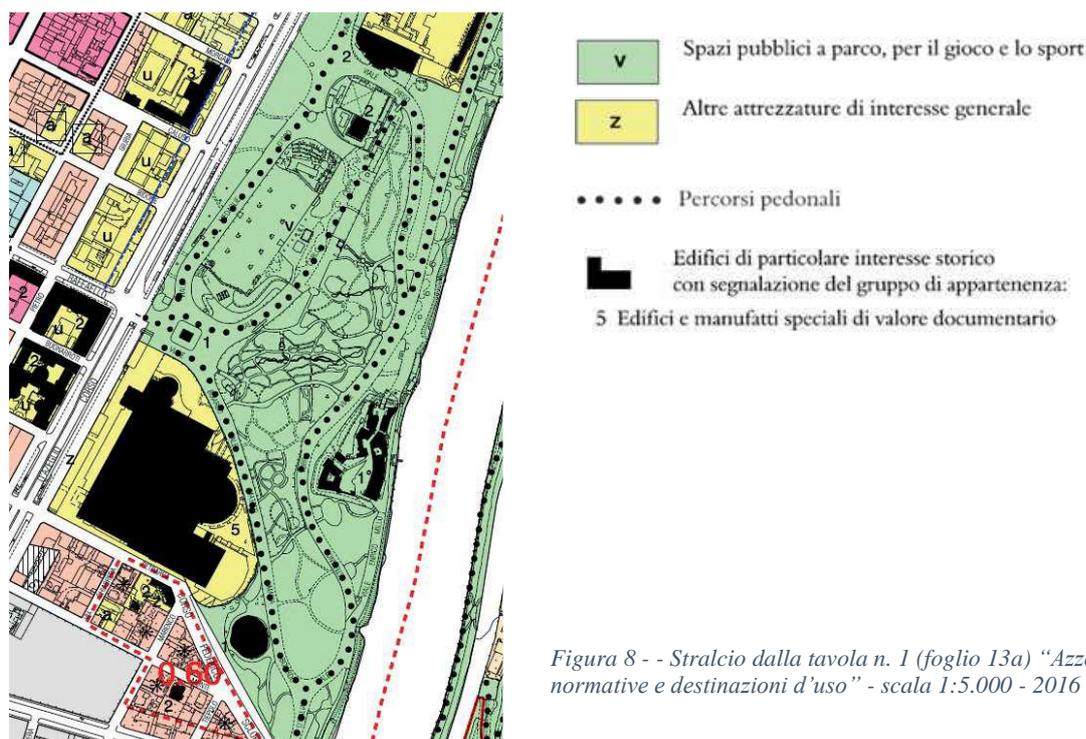


Figura 8 - - Stralcio dalla tavola n. 1 (foglio 13a) "Azzonamento - Aree normative e destinazioni d'uso" - scala 1:5.000 - 2016

La scheda normativa per la zona consolidata residenziale mista che comprende il comprensorio di Torino Esposizioni, contiene i seguenti parametri edilizi ed urbanistici e le seguenti prescrizioni:

SERVIZI ex art. 21 ex art. 22:

- I.F. non prescritto;
- H max: come da R.E.;
- Distanza tra fabbricati: aderenza o \geq mt.10;
- Distanza da confini privati: aderenza o \geq mt.5), fatta eccezione per quelli indicati all'art. 2 punto 34 lettere "h" e "i" (distanza dal filo stradale o dal filo di fabbricazione e spessore del corpo di fabbrica).

[...] Non si applicano i parametri relativi alla dotazione di servizi prevista nel Piano (standard urbanistici).

Qualora siano previste destinazioni accessorie commerciali, deve essere garantita la relativa dotazione di parcheggi prevista dall'art. 13 dell'allegato C.

Per i SERVIZI di interesse generale oltre alle quantità minime di legge (tra cui istruzione universitaria):

- I.F. 2 m²/m²;
- Rispetto del filo stradale e del filo edilizio;

BENI CULTURALI ED AMBIENTALI

Come indicato nella **Tavola 14 degli Allegati Tecnici al PRG** (Tavola 1 – Azzonamento – cfr. figura 1), il complesso di Torino Esposizioni, in quanto compreso all'interno del Parco del Valentino, rientra tra i *Beni ambientali vincolati ai sensi dell'art. 134 del Codice beni culturali* pertanto, ai sensi dell'art. 5 comma 17 delle NUEA, i relativi interventi sono sottoposti alla preventiva approvazione delle autorità competenti in base alla normativa vigente, alla tutela del vincolo stesso e del vigente PRG.

La dichiarazione di notevole interesse pubblico del Parco del Valentino recita: *"... perché il suo insieme costituito da boschi, prati, viali, chalets ed altre costruzioni costituisce un complesso panoramico assai caratteristico"*. Il P.P.R. (approvato con D.C.R. n. 233-35836 del 3 ottobre 2017) fornisce ulteriori specifiche prescrizioni per gli Edifici di Torino Esposizioni: *"non sono ammessi interventi che ne alterino le caratteristiche strutturali e compositive, fatti salvi quelli rivolti alla sua conservazione e valorizzazione. Non è ammesso l'inserimento di apparati tecnologici esterni agli edifici che non rispettino il criterio del minimo impatto visivo e del buon coordinamento con le linee architettoniche della costruzione"*

Nell'aprile del 2020, la Commissione regionale per il patrimonio culturale del Piemonte, richiamata la seduta della Co.Re.Pa.Cu. del Piemonte n. 02, del 12/03/2020 dichiara che il Complesso Torino Esposizioni, censito al C.F. e al C.T. Foglio 1352, part. 2 del Comune di Torino, **"riveste l'interesse culturale di cui agli artt. 10, c. 1 e 12 del Codice dei Beni culturali"**.

Si legge nella relazione: *"il complesso rappresenta nella pluralità degli interventi sia l'espressione del razionalismo torinese che l'espressionismo strutturale nella tecnologia avanzata con l'impiego del ferro - cemento e del cemento armato, a testimonianza della cultura progettuale del dopoguerra; per quanto premesso si ritiene che il complesso Torino Esposizioni rivesta l'interesse e sia meritevole di tutela ai sensi dell'art. 10 comma 1 del D.lgs. 42/2004."*

INTERVENTI AMMESSI

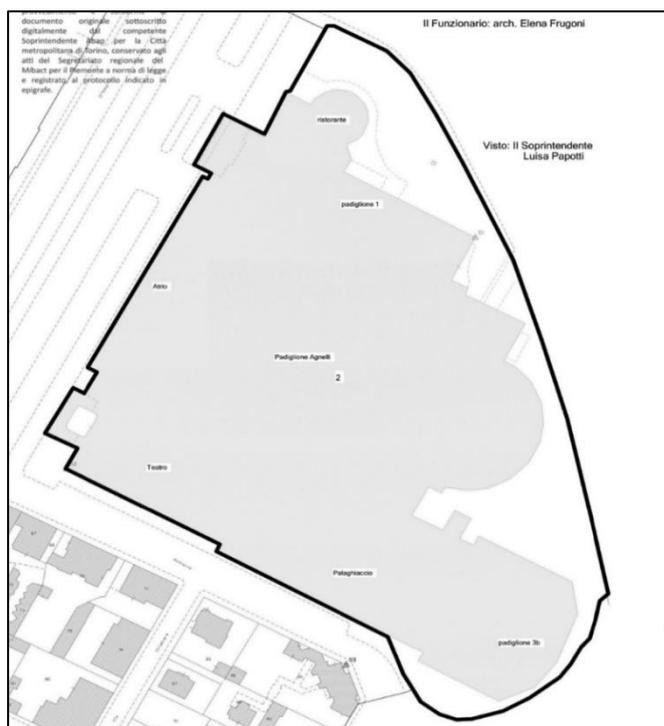


Figura 9- Estratto catastale dell'area di intervento oggetto del decreto della Commissione Regionale per il Patrimonio

Gli interventi ammessi nell'area oggetto dello SdF sono **definiti dal comma 17 art. 19**, che riporta le *prescrizioni particolari dedicate all'area del complesso di Torino Esposizioni* (cui però non corrisponde una individuazione cartografica), e **dal comma 18 dell'art. 26** che regola gli *“Edifici e manufatti speciali di valore documentario”*. Infatti gli edifici appartenenti al complesso di Torino Esposizioni sono classificati nel gruppo 5 - *“Edifici e manufatti speciali di valore documentario”* e assoggettati alle prescrizioni dell'art. 26 delle N.U.E.A... Il comma 17 dell'art. 19 ammette esclusivamente *“interventi di riqualificazione fisica [...] nel rispetto dei caratteri formali, storici e strutturali del manufatto esistente [...]”;* gli interventi devono *“essere compresi in un progetto di insieme che permetta di valutarne il corretto inserimento architettonico e ambientale. [...]”* e il comma 18 dell'art. 26 ammette *“la ristrutturazione edilizia, limitatamente ad adeguamenti funzionali. Tali interventi devono essere attuati nel rispetto dei caratteri formali, storici, strutturali del*

manufatto edilizio ed essere compresi in uno studio d'insieme che permetta di valutare il corretto inserimento dell'intervento rispetto all'ambiente circostante. [...]”

L'art. 26 consente, solo all'interno dei giardini e dei cortili, la demolizione di superfetazioni *“incongrue rispetto alla caratterizzazione storico-architettonica dell'ambiente”* e il successivo recupero della SLP demolita *“mediante riplasmazione dei volumi all'interno dei cortili”* (allegato A alle N.U.E.A – 2014); dal punto di vista normativo tali interventi sono assimilati alla ristrutturazione edilizia.

MODALITÀ ATTUATIVE

Il comma 17 dell'art. 19 delle NEUA prescrive lo strumento urbanistico esecutivo, riaffermando la necessità di un approccio progettuale d'insieme che comprenda l'intero complesso e le aree di pertinenza.

“... Art. 19 - Altre aree per verde e servizi con prescrizioni particolari.

Comma 17 - Area del complesso di Torino Esposizioni.

...omissis...La trasformazione deve avvenire a mezzo di piano particolareggiato ai sensi dell'art.38 e seguenti della L.U.R. o di piano tecnico esecutivo di opere pubbliche ai sensi dell'art.47 della L.U.R...”

PROGRAMMAZIONE COMMERCIALE

Il complesso di Torino Esposizioni non ricade in alcuna tipologia di addensamento commerciale (cfr. tavola di piano Allegato tecnico n. 17). Sono comunque ammessi gli esercizi commerciali di vicinato (con superficie di vendita non superiore a m² 250 (ai sensi dell'art. 7 punto a) del nuovo allegato C delle N.U.E.A.).

PRESCRIZIONI, VINCOLI E CONDIZIONAMENTI DI CARATTERE IDRO-GEOMORFOLOGICO

Relativamente all'aspetto idro-geomorfologico, il complesso, come si evince dalla Figura 3, è classificato nella "CLASSE III" – Sottoclasse IIIb4a(P) – che comprende aree inondabili di preminente interesse ambientale inserite in Fascia C.¹

PIANO DI CLASSIFICAZIONE ACUSTICA DELLA CITTÀ DI TORINO

Relazione illustrativa – maggio 2010

Il complesso Sottsass-Nervi (padiglioni 2, 2b, 4 e 3) insieme al Teatro Nuovo, rientrano nella classe acustica IV.

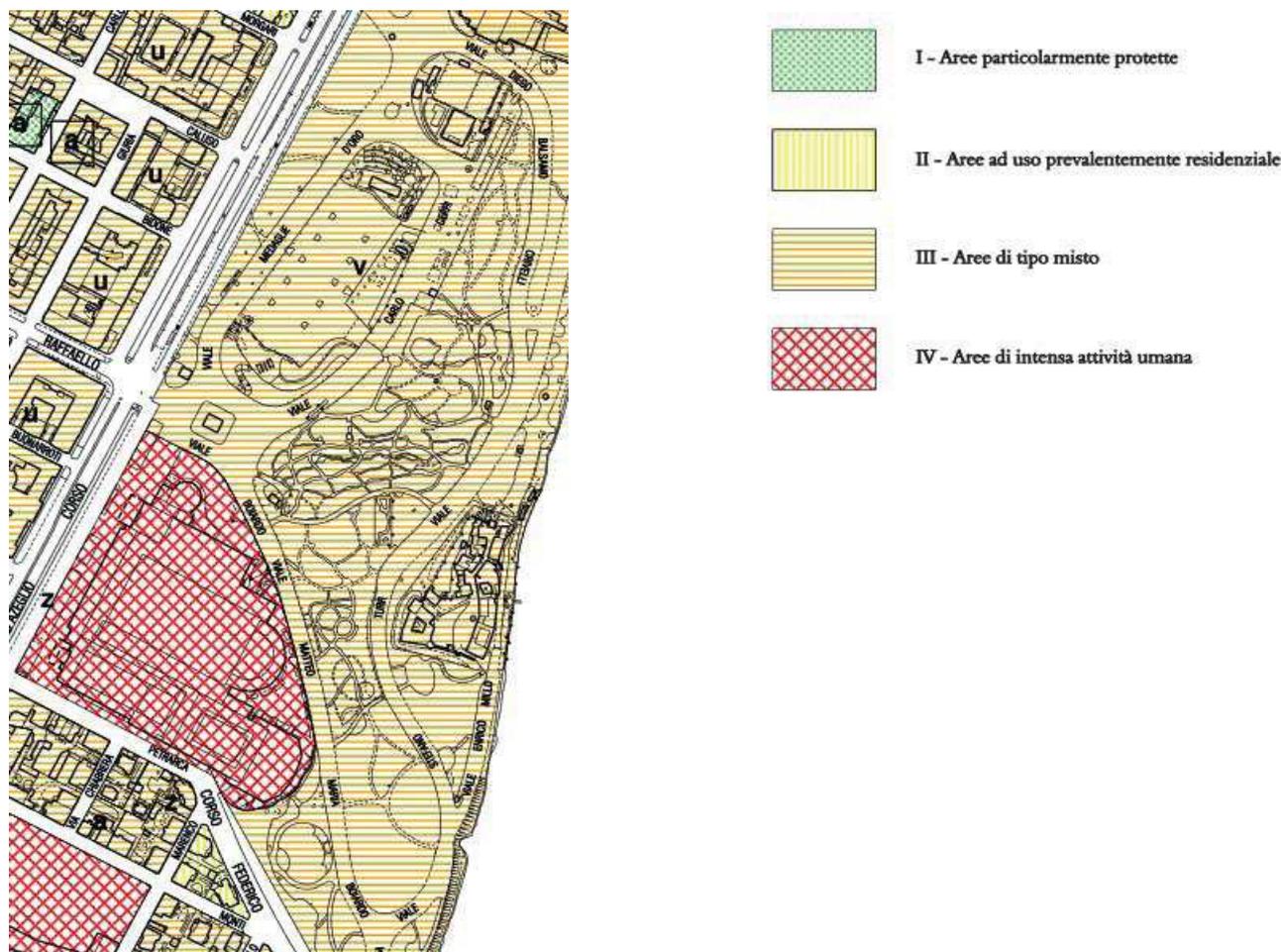


Figura 10 – Stralcio cartografico da: Piano di Classificazione Acustica fase III omogeneizzazione della classificazione acustica - tavola 2 – foglio 13 a - approvato con Del C.C. 2010 06483/126

La classe acustica III comprende “le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano di macchine operatrici.”

¹ 4 ART. 2 COMMA 61 PUNTO 41 NUEA – definizioni

Fascia C: Area di inondazione per piena catastrofica costituita dalla porzione di territorio esterna alla Fascia B, che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento.

La classe acustica IV comprende “le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali ed uffici, con presenza di attività artigianali, le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie.”

Il Piano di classificazione acustica individua i **contatti critici residui** ovvero quelle aree, situate in zone urbanizzate e sature, non contigue dal punto di vista della classe acustica (il cui salto di classe è > 1).

Il complesso di Torino Esposizioni è *interessato a sud da un contatto critico residuo* di secondo livello, dovuto all'accostamento tra l'area a servizi (classe IV) e quella residenziale a bassa densità abitativa – ville – (classe II), separate tra loro da via Petrarca. In questi casi il Piano di Classificazione Acustica prescrive l'adozione di un **piano di risanamento acustico** da parte della Città di Torino. La relazione illustrativa a questo proposito recita:

“Contatti critici residui [...]

I contatti critici residui presenti all'interno del Piano di classificazione Acustica della Città di Torino sono determinati a causa di preesistenti destinazioni d'uso e non sono eliminabili né attraverso il processo di omogeneizzazione, perché definiti da zone autoconsistenti (superfici maggiori di 12.000 m² o isolati), né per mezzo dell'inserimento di fasce cuscinetto, perché costituiti da aree sature. La Città di Torino, ai sensi dell'art. 6 comma 3 della L.R. 52/2000, adotta per tali aree apposito piano di risanamento.

LE PRESCRIZIONI DEL PTE

Le specifiche prescrizioni urbanistiche ed edilizie contenute nell'Art. 8. NORME TECNICHE URBANISTICHE ED EDILIZIE del PTE richiamano, dettagliandole, le norme tecniche del PRGC di cui il PTE costituisce strumento attuativo

Di seguito si riporta la tabella di verifica dei parametri urbanistici ed edilizi per l'intero comparto, contenuta nel PTE:

VERIFICA PARAMETRI URBANISTICI ED EDILIZI

SLP (mq) di progetto	45.959 mq	< 74.710 mq	Valore di SLP massimo con indice 2 mq/mq			
Indice fondiario di progetto	45.959mq/37.355mq = 1,23 mqSLP/mqSF	< 2 mq SLP/mq SF	Art. 19 comma 7 NUEA	verificato	(IF) Indice fondiario per l'area	2 mq SLP/mq SF
% Verde in piena terra di progetto	3.738mq/8.761mq = 0,43 = 43%	>20%	Art.21 del Regolamento del Verde	verificato	% minima di verde in piena terra da Regolamento del Verde	20%
Dotazione di Superficie a parcheggi privati di progetto	1.290 mq	>1.190 mq*	Art. 41 sexies L.1150/42 come modificato dall'art.2 della L.122/89	verificato	Requisito parcheggi Privati Art. 41 sexies L.1150/42 come modificato dall'art.2 della L.122/89 (mq)	1.190 mq

* standard a parcheggio privato = a fronte di una SLP complessiva demolita e ripianata di 3.401 mq, occorre una superficie a parcheggio privato pari a 1.190 mq ovvero 1/10 del volume di 11.903,5 mc (3401mq x 3,50m)

Per approfondimenti si rimanda alla *Relazione urbanistica di progetto* (cfr. elaborato **22044D02_1_0_P_UR_00_CQ_001**).

7 La descrizione delle scelte tecniche a base del progetto

La prospettiva che il modello biblioteconomico propone è quella di realizzare spazi e servizi fondati su una *organizzazione olistica dello spazio bibliotecario*, innovativa e creativa, che fornisca una risposta solida e convincente alle crescenti esigenze di partecipazione e di co-creazione dei contenuti. Per raggiungere questo obiettivo è necessario trasformare il modello classico della *public e reference library*, valorizzandone quando necessario i valori profondi persistenti e durevoli, evitando di appiattirsi riduttivamente sui singoli “livelli”, concettuali e spaziali, privati dei loro contesti dinamici e reticolari.

Il modello biblioteconomico della nuova BCT *accentua la dimensione metaforica, creativa e generativa*, prodotta dalla connessione sinergica delle funzioni simboliche, documentarie, digitali, delle collezioni, degli spazi e dei servizi, e delle persone che con esse interagiscono, nella convinzione che gli elementi basilari e fondativi delle biblioteche, opportunamente reimmaginati e ripensati, dispongano tuttora di una potente capacità simbolica, metaforica, comunicativa, in grado di posizionarsi adeguatamente negli attuali ecosistemi antropologici, culturali, sociali, tecnologici.

Il modello biblioteconomico della nuova BCT, nella sua concreta dimensione spazializzata nella essenzialità delle linee dell’edificio di Torino Esposizioni, si fonda dunque su alcuni elementi teorici e metodologici di rilevanza centrale quali:

- ✓ organizzazione e valorizzazione integrata dello spazio architettonico e del modello biblioteconomico,
- ✓ centralità delle relazioni tra collezioni e persone,
- ✓ organizzazione innovativa delle collezioni contemporanee, storiche, speciali,
- ✓ livelli avanzati di integrazione tra realtà fisica e digitale,
- ✓ potenziamento delle connessioni con il sistema del libro e della lettura,
- ✓ sintesi equilibrata e dinamica tra fruizione e produzione di contenuti,
- ✓ la nuova BCT in una prospettiva narrativa.

Gli aspetti funzionali e tecnici del modello biblioteconomico sono sinteticamente elencate nella Tabella che segue:

Nome dell’area	Funzione nel modello biblioteconomico
Portico	- Area di ingresso con funzioni di primo orientamento, con ledwall e interfacce di comunicazione orientate all’esterno ed all’interno della biblioteca. Caffè letterario e Bookshop, spazio per incontri
Galleria del sapere	- Servizi di informazione, orientamento, <i>reference</i> , consultazione e studio - Organizzazione a scaffale aperto delle collezioni, in modalità “narrativa” - Area Scienza aperta. Area Realtà Virtuale / Reading(&)Machine
Teche Imparare&Fare La biblioteca si racconta La città che cresce TecheStudio TecheLab TecheCarrels	- La biblioteca si racconta: area dedicata alla storia dell’edificio e della biblioteca, con risorse documentarie e videowall per valorizzare la comunicazione dei contenuti - La città che cresce: area dedicata alle trasformazioni della città, ed a luoghi ed eventi di particolare interesse (es.: Salone del libro, Torino Film Festival, Biennale democrazia etc.). - Aree dedicate a funzioni documentarie (TecheStudio e TecheCarrels) e funzioni ed attività formative e partecipative (TecheLab)

Nome dell'area	Funzione nel modello biblioteconomico
Rotonda Leggere il presente, interpretare il futuro Crescere con i libri (0-3 e 4-6 anni) Le sfide del cambiamento	<ul style="list-style-type: none"> - Area dedicata alla consultazione di periodici di informazione generale - Aree dedicate a vetrine e rassegne su argomenti di attualità - Le sfide del cambiamento: area con unità documentarie collocate in base agli SDGs dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite - Crescere con i libri: collezioni ed ai servizi per bambini
Terrazze Crescere con i libri (7-10 e 11-14 anni) Crescere insieme La Via delle Storie	<ul style="list-style-type: none"> - Crescere con i libri: collezioni e servizi per bambini e ragazzi - Crescere insieme: area dedicata alle culture della genitorialità - La Via delle Storie: area finalizzata alla organizzazione integrata e transmediale di opere di narrativa, risorse multimediali, risorse digitali; piccola sezione dedicata al Cooking, integrata all'area laboratoriale del livello ipogeo
La macchina della memoria. Libri, documenti, comunità	<ul style="list-style-type: none"> - Servizi logistici dedicati alla gestione delle collezioni, al Sistema Bibliotecario Urbano, ai bibliobus - Magazzino con scaffalature compatte - Collocazione di circa 40.000 unità documentarie delle collezioni storiche e speciali, con spazi per consultazione e studio, mostre, esposizioni e storytelling digitale
Il bosco incantato. Organismo che cresce Sala prove musicali Aree polivalenti a bassa definizione Area Makerspace Area Gaming Area Realtà Virtuale/produzioni audio video Area Cooking	<ul style="list-style-type: none"> - Area ipogea con elementi vegetali, tavoli, posti a sedere. - Aree destinate a funzioni laboratoriali e di produzione e co-produzione dei contenuti
Area uffici e servizi logistici	<ul style="list-style-type: none"> - Aree destinate ad attività di back office della biblioteca, ad altre tipologie di uffici, a servizi logistici

Per approfondimenti si rimanda alla *Relazione Generale Illustrativa di Progetto* (cfr. elaborato 22044D02_1_0_P_GE_00_CC_01).

8 Elementi di dimensionamento preliminare

In questa sezione del documento viene proposta una descrizione sommaria delle funzioni e dei servizi localizzati nelle diverse aree della biblioteca.

Piano terra - Portico

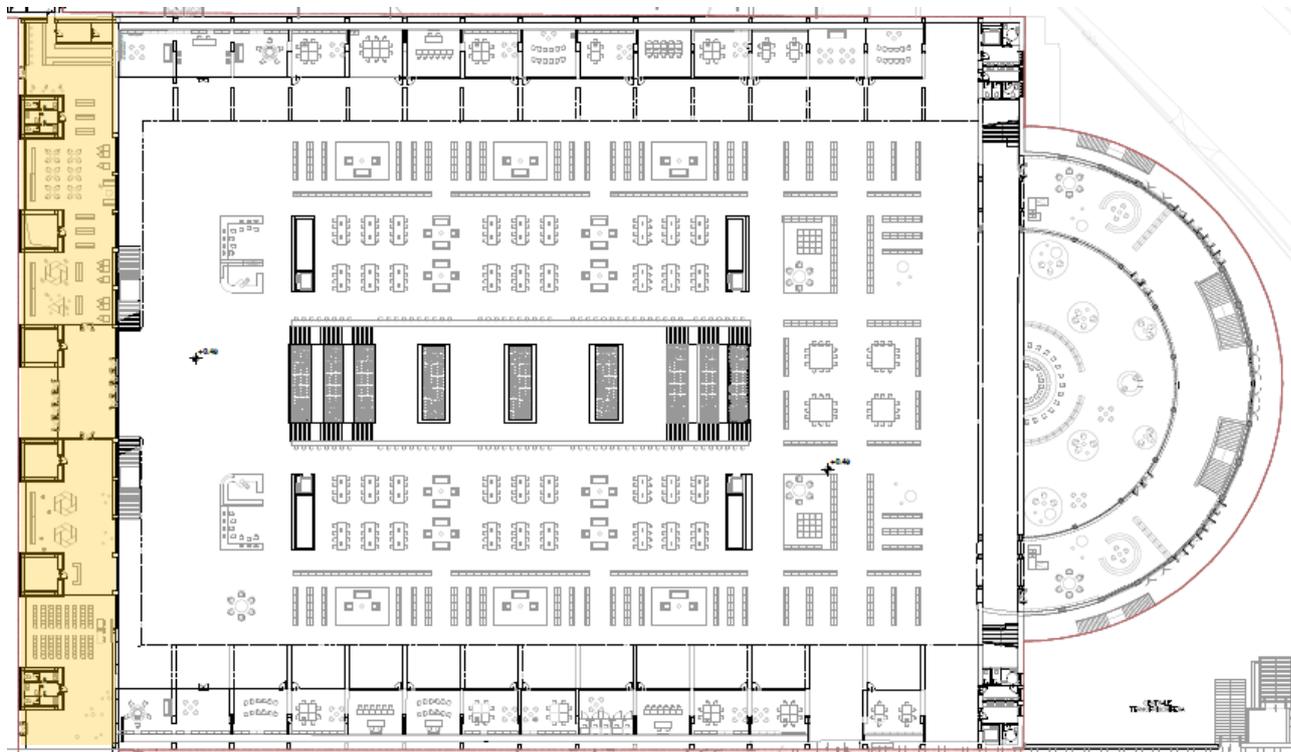


Figura 11 - Piano Terra - Portico

Il Portico costituisce lo **spazio di connessione tra la biblioteca e lo spazio urbano**. In esso sono previste attività e servizi di prima informazione e di comunità, piccole vetrine e rassegne tematiche, postazioni per l'accesso rapido al catalogo, ai servizi digitali della piattaforma MediaLibraryOnLine (d'ora in avanti MLOL), ad Internet. L'area include il Caffè letterario, che renderà disponibile anche un congruo numero di quotidiani nazionali ed internazionali, entro il quale sarà localizzato un Bookshop, anche per potenziare lo sviluppo di rapporti di collaborazione con i diversi soggetti della "filiera del libro".

Affacciato verso l'esterno, ed accessibile dunque in modo autonomo, **il Caffè letterario** costituisce un servizio importante, che può garantire anche benefici economici alla biblioteca ed alla Amministrazione comunale, come mostrano alcune significative esperienze di affidamento in concessione di queste tipologie di servizi.

Sul lato destro del Portico sarà realizzata una area dedicata a seminari ed incontri.

Nel Portico sarà localizzato un *ledwall*, orientato verso l'esterno, unitamente a monitor, destinati a funzioni comunicativi diverse, che potrebbero includere anche la visualizzazione spettacolarizzata dei dati prodotti attraverso le attività e le transazioni degli utenti. Dal lato esterno di Corso Massimo D'Azeglio saranno utilizzabili anche due dispositivi per la restituzione ed il prestito automatico dei libri.

Funzioni e servizi

- Punto di servizio per informazioni generali e di comunità, orientamento del pubblico
- Attività di prestito e restituzione, anche in self-service e con box che si affacciano all'esterno
- Consultazione rapida di OPAC, MLOL, Internet
- Attività di comunicazioni orientate all'esterno ed all'interno della biblioteca
- Attività del Caffè letterario e del Bookshop

- Spazi polivalenti (vetrine, rassegne, schermi, attività di natura espositiva)
- Area attrezzata per seminari ed incontri
- Area dedicata al primo soccorso
- Attività connesse al controllo dell'edificio

Galleria del sapere

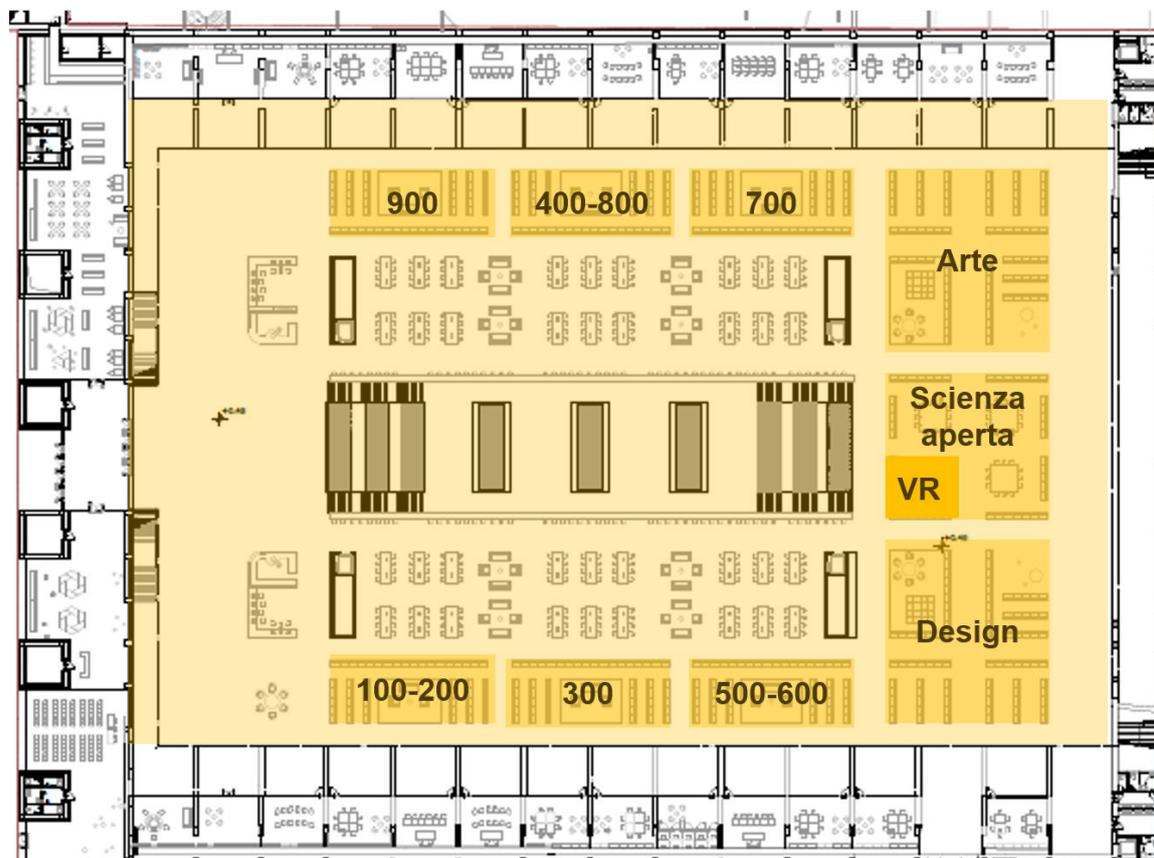


Figura 12 - Galleria del sapere

In prossimità del Portico sono localizzate i banconi e le aree di servizio, arricchite dalla presenza di *ledwall* e di *monitor* per potenziare l'offerta comunicativa della biblioteca.

Le 6 “stanze” bibliografiche sono costituite da unità documentarie ordinate secondo la Classificazione decimale Dewey (CDD), con interventi di declassificazione (raggruppamento di classi diverse: 500-600 e 400-800); ognuna delle “stanze” avrà una dotazione a regime di circa 15.000 unità documentarie.

L'area Scienza aperta, che si prevede di sviluppare in collaborazione con Politecnico di Torino ed Università di Torino, sarà interamente dedicata alla collocazione e gestione di opere, risorse, progetti dedicati all'ambito della comunicazione scientifica collaborativa, ed ai temi ad esso connessi (Citizen Science, Open Access). L'area Scienza aperta disporrà di una dotazione di circa 5.000 unità documentarie, di scaffali per vetrine, rassegne, esposizione e comunicazione di progetti.

In questa parte della Galleria del sapere è prevista una area di accesso alla Realtà Virtuale ed alle funzioni del prototipo Reading (&) Machine, che fornirà, in un ambiente immersivo, suggerimenti di lettura individuati grazie a strumenti di Intelligenza Artificiale e machine learning.

Gli “scaffali narrativi”, oltre a valorizzare la tradizionale disposizione di piatto delle risorse documentarie, per la segnalazione di novità editoriali o la predisposizione di vetrine e rassegne, secondo il modello del raggruppamento per gruppi di interesse, prevedono l'utilizzo di codici QR per collegare risorse digitali alle risorse fisiche disposte sugli scaffali. Inoltre, gli “scaffali narrativi” saranno integrati da schermi ed interfacce

specifiche (denominate nello schema che segue “Aree di evidenza”), da utilizzare sia per migliorare l’accesso alle risorse documentarie, in stretta connessione al sistema del catalogo, e per dare origine a vetrine e rassegne transmediali, in grado di potenziare ed arricchire l’accesso al contenuto informativo delle collezioni. L’obiettivo degli “scaffali narrativi”, e delle interfacce e degli strumenti ad essi collegati, è dunque quello di favorire un approccio creativo alla scoperta di contenuti informativi utili e creativi, valorizzando contestualmente la funzione di rappresentazione e recupero delle informazioni documentarie che il catalogo continuerà naturalmente a garantire.

Qui di seguito vengono schematizzate le modalità di organizzazione e comunicazione delle risorse documentarie all’interno degli “scaffali narrativi”, con cui si prevede di migliorare ed arricchire l’accesso ai contenuti delle diverse tipologie di risorse documentarie.

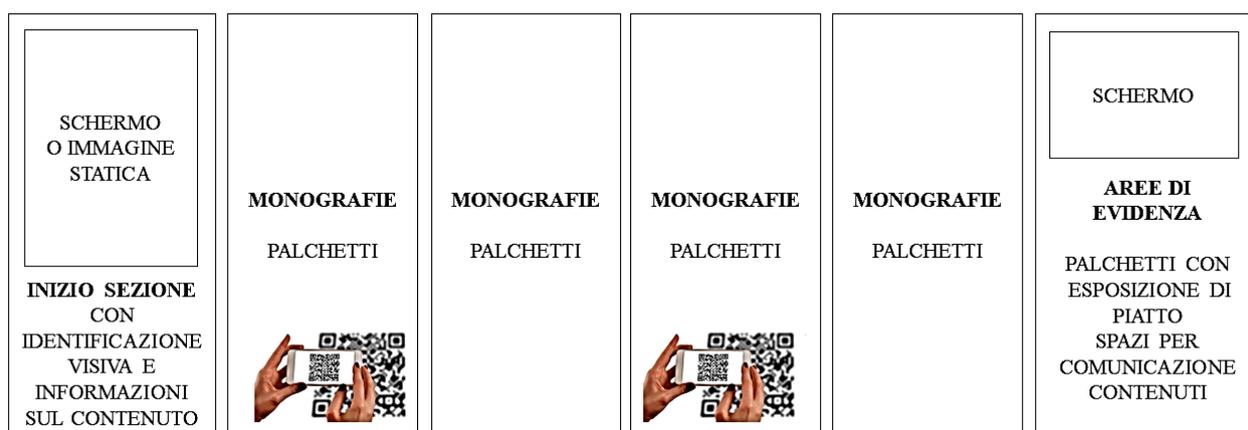


Figura 13 – Schema modalità organizzazione e comunicazione risorse documentarie

Teche. Imparare & Fare

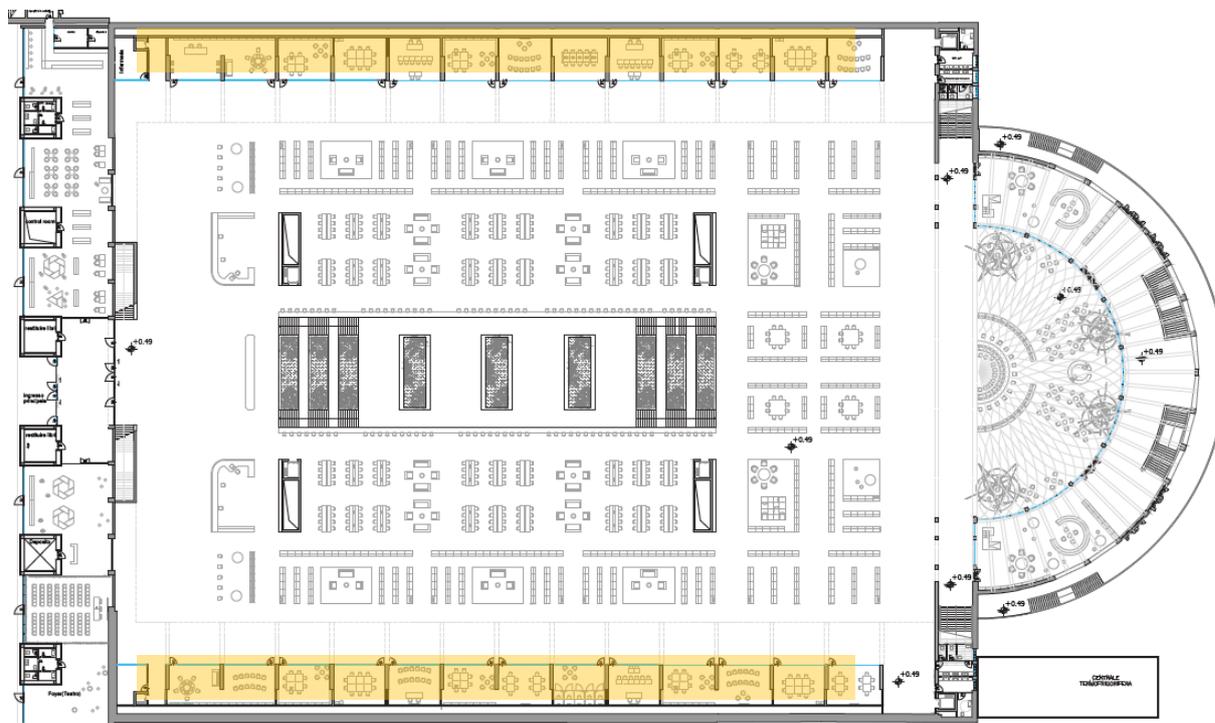


Figura 14 - Teche - Imparare e Fare

Le diverse tipologie di Teche sono localizzate nei locali che, sui due lati, sono disposti intorno allo spazio centrale della Galleria del sapere, e costituiscono un importante elemento di innovazione nell'organizzazione degli spazi e dei servizi della nuova BCT. Il termine "Teca", inoltre, suggerisce l'idea di una forte integrazione tra le funzioni in esse ospitate e quelle rese disponibili dalla Biblio-Teca nel suo insieme.

Le **TecheStudio** sono moduli collegati alle "stanze" presenti nella Galleria del sapere, e ne espandono e ne rafforzano le funzioni documentarie. In esse troveranno spazio i periodici specialistici collegati al tematismo della singola "stanza", le opere di introduzione ai campi disciplinari correlati, con tutte le connessioni interdisciplinari descritte in precedenza.

Le **TecheLab**, flessibili ed a bassa definizione, saranno dedicate alle diverse tipologie di attività formative e laboratoriali (alfabetizzazione informatica ed information literacy; gruppi di lettura; attività di formazione continua etc.). Due Teche avranno per oggetto specifico la programmazione e gestione di servizi interculturali di base.

Le **TecheCarrels** sono infine destinate ad ospitare box per studio individuale e di gruppo.

Negli ambienti delle Teche saranno dislocati monitor mobili, che consentano lo spostamento dei monitor stessi nei diversi ambienti.

Rotonda. Leggere il presente, immaginare il futuro

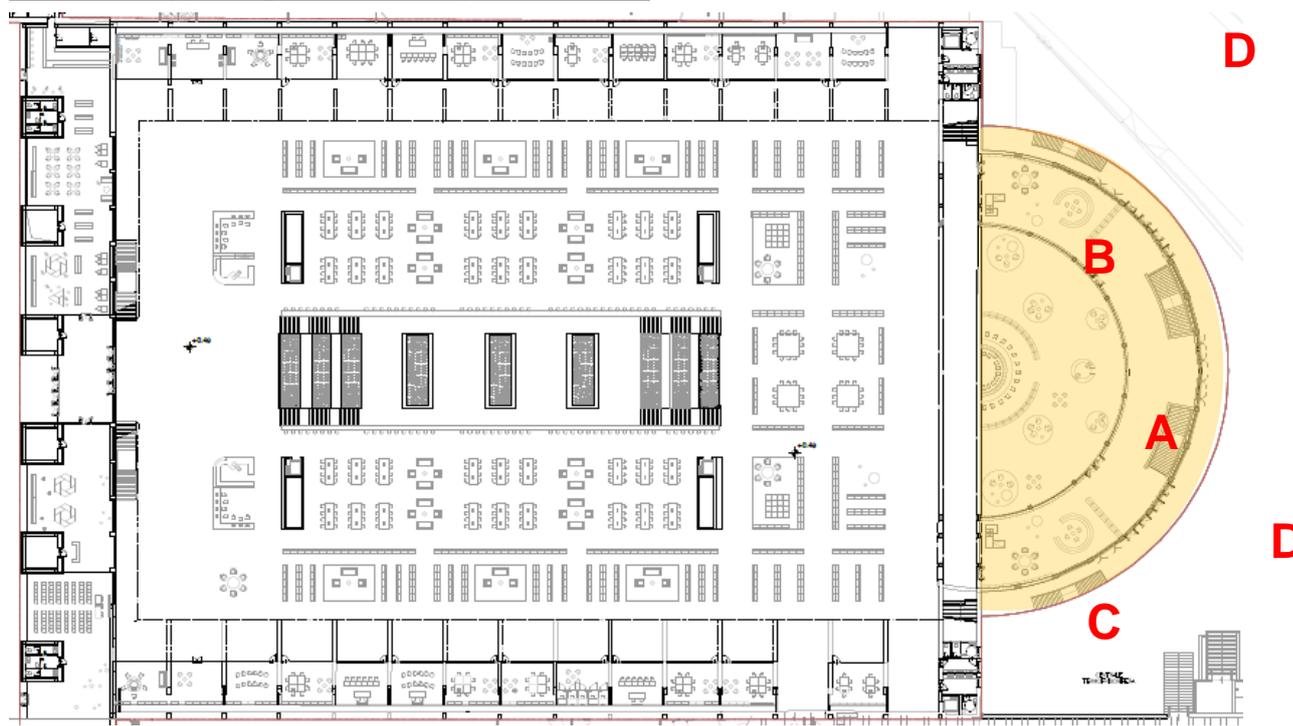


Figura 15- Rotonda - Leggere il presente, immaginare il futuro

Con la Rotonda ci si apre ad una delle aree di maggior impatto estetico della Biblioteca, su cui si innesta la seconda area di ingresso affacciata sul Parco del Valentino. Nella Rotonda saranno resi disponibili periodici di natura non specialistica, postazioni di accesso al catalogo, a MLOL, ad Internet, insieme a vetrine e rassegne su argomenti diversi. All'interno della Rotonda è prevista inoltre l'area Le sfide del cambiamento, interamente dedicata ai grandi temi della sostenibilità e del mutamento climatico, ispirata ai principi ed ai valori dell'Agenda 2030 nelle Nazioni Unite, descritti nella infografica di seguito riportata:



Figura 16 - Obiettivi per lo sviluppo sostenibile - Agenda 2030 delle Nazioni Unite

Dalla Rotonda, infine, sarà possibile accedere direttamente al Parco del Valentino, e ad aree collegate alla biblioteca in cui saranno disponibile arredi e sedute informali.

Funzioni e servizi

- Gestione delle attività dei servizi bibliotecari nelle aree di Crescere con i libri, destinati a bambini delle fasce di età 0-3 e 4-6 anni, ognuna con un punto di servizio attrezzato
- Consultazione e prestito di periodici di informazione generale
- Consultazione e lettura informale
- Consultazione di OPAC, MLOL, Internet
- Consultazione e prestito delle unità documentarie della sezione: Le sfide del cambiamento
- Un punto di servizio attrezzato dedicato all'area nel suo insieme, collegato anche alle funzioni dislocate all'esterno, nel Parco del Valentino

Primo piano - Terrazze

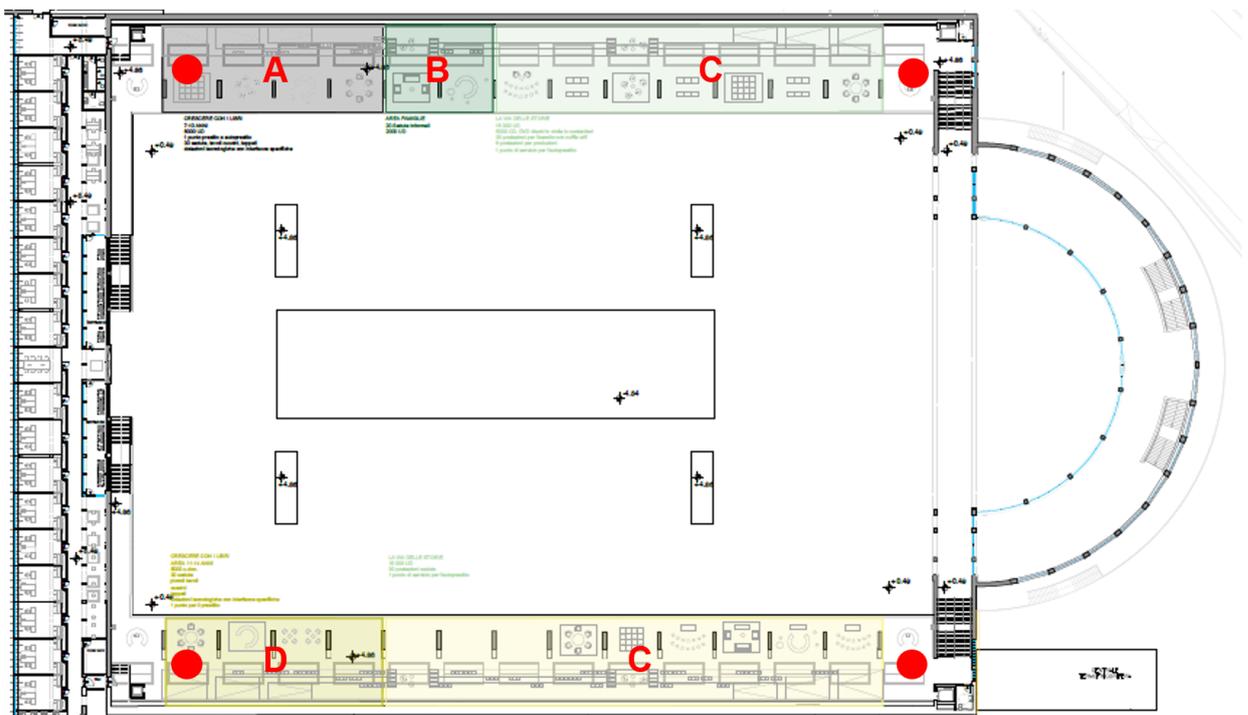


Figura 17 - Primo Piano - Terrazze

Nelle aree iniziali dei due lati delle Terrazze sono localizzati gli ulteriori due moduli di Crescere con i libri.

Il primo, sul lato sinistro (**A** nella planimetria), è **dedicato ai servizi per bambini** di 7-10 anni; ad esso è collegata un'area dedicata alle diverse tipologie di nuclei familiari e sociali, chiamata Crescere insieme (**B** nella planimetria), con sedute informali ed una contenuta offerta documentaria, stimabile in circa 2.000 unità, finalizzata a promuovere **culture della genitorialità democratiche, non discriminatorie, inclusive**.

Il secondo, sul lato destro (**D** nella planimetria), riguarda i **ragazzi di 11-14 anni**. Ognuna delle due aree di Crescere con i libri prevede una dotazione documentarie di circa 5.000 unità, organizzate e rese disponibili in modalità transmediale, in grado dunque di valorizzare e promuovere le diverse tipologie di lettura, su carta, schermo, audio.

Nelle aree rimanenti (**C** nella planimetria), chiamate **La Via delle Storie**, sono disposte, e rese agevolmente fruibili, circa 20.000 unità documentarie, integrate tra di loro in una prospettiva transmediale, in cui l'organizzazione narrativa dei contenuti prevale sulla tipologia formale delle unità documentarie. Qui saranno collocate circa 15.000 opere di fiction ordinate in base al genere (fantascienza, gialli, romanzi sentimentali etc.), fumetti e graphic novel, circa 5.000 CD, DVD, dischi in vinile, con un'ampia selezione di audiolibri. Queste risorse documentarie saranno integrate a strumenti e interfacce di accesso a contenuti narrativi resi disponibili in ambiente Web, come piattaforme di *social reading* e piattaforme di accesso a contenuti in senso lato narrativi, come ad esempio Spotify, Netflix etc.

In un'area delle Terrazze saranno collocate e rese disponibili le unità documentarie (monografie, periodici, risorse digitali dedicate al cibo ed alla gastronomia) dedicate al Cooking, collegate funzionalmente all'area con caratteristiche laboratoriali localizzata nel livello ipogeo, ed ispirata alla esperienza di The Cooking Library recentemente inaugurata a Seoul.

Funzioni e servizi

- Gestione delle attività e dei servizi bibliotecari delle aree di Crescere con i libri dedicate ai bambini e ragazzi delle fasce di età 7-10 e 11-14 anni
- Gestione delle attività previste nell'area Crescere insieme
- Consultazione, in modalità prevalentemente informale, e prestito di tutte le unità documentarie, inclusi e-book ed audiolibri, dell'area La Via delle Storie e della sezione dedicata al Cooking
- Consultazione di OPAC, MLOL, Internet, con accesso e fruizione di contenuti digitali audio-video
- Punti di servizio inseriti nelle aree di Crescere con i libri e della Via delle Storie

Piano interrato - La macchina della memoria: *Libri, documenti, comunità*

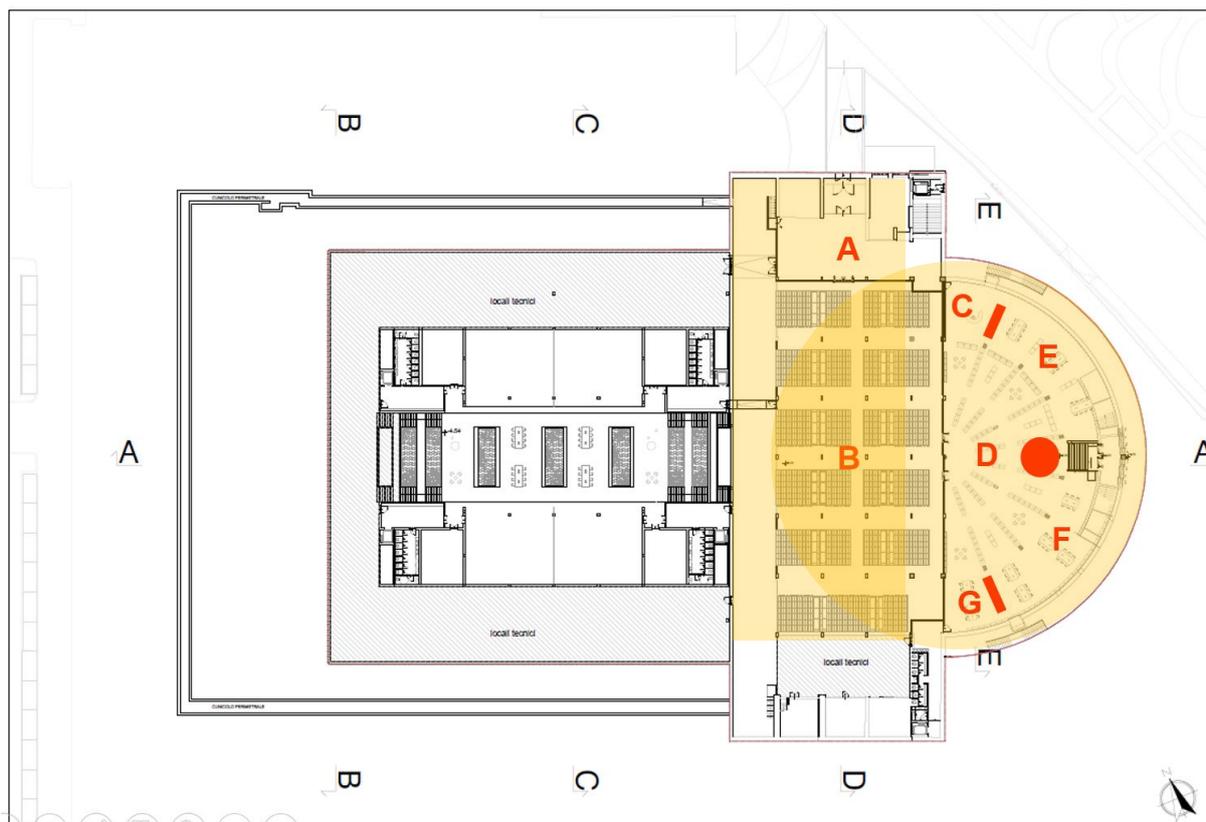


Figura 18 - Piano interrato – La macchina della memoria

Le diverse aree localizzate nel piano interrato sono dedicate ad alcune diverse funzioni, collegate alla dimensione della gestione, organizzazione bibliografica, comunicazione e valorizzazione del patrimonio documentario: i servizi logistici dedicati alla gestione delle collezioni ed al Sistema Bibliotecario Urbano ed ai bibliobus; il magazzino con scaffalature compatte; l'area destinata alle collezioni storiche e speciali. Proprio a queste funzioni e servizi, tra di loro strettamente connessi, è collegato il nome dell'intera area, La macchina della memoria. Libri, documenti, comunità. In questa sezione della biblioteca, oltre alle rilevanti funzioni tecniche e gestionali, sono localizzate le fondamentali attività e servizi di conservazione, ordinamento, comunicazione del patrimonio documentario storico e speciale, secondo una prospettiva aperta, inclusiva e partecipativa, orientata fortemente a valorizzare con modalità creative ed innovative la comunicazione dei contenuti delle collezioni documentarie. Il termine "comunità", utilizzato fin dal nome dell'area, rimanda esplicitamente e direttamente ai principi ed ai valori della Convenzione di Faro, che prevedono una stretta connessione ed integrazione tra patrimonio culturale e comunità di eredità, cui i contenuti del patrimonio sono affidati per garantirne la trasmissione intergenerazionale.

Individuato nella planimetria con la lettera **A** è il **Centro servizi del Sistema Bibliotecario**, in cui sono localizzate le attività di gestione fisica e logistica delle collezioni, quelle dedicate ai bibliobus, quelle connesse alla catalogazione e digitalizzazione del patrimonio; con la lettera **B** il **magazzino** con scaffalature compatte; con la lettera **C** l'area **da dedicare ai servizi di catalogazione e digitalizzazione** del Centro servizi; con la lettera **D** l'area dedicata alla collocazione di circa 40.000 unità delle **collezioni storiche e speciali**; con la lettera **E** le aree dedicate ai **servizi al pubblico** (tavoli e posti a sedere per la consultazione e lo studio); con la lettera **F** le aree e gli strumenti (teche e videowall) da destinare ad attività di **esposizione, comunicazione, storytelling digitale e valorizzazione**; con la lettera **G** l'area destinata ai servizi di **back office** relativi alle **collezioni storiche e speciali**.

Funzioni e servizi

- Attività dedicate alla gestione tecnica delle collezioni
- Attività connesse alla gestione del Sistema Bibliotecario Urbano e dei bibliobus
- Attività di catalogazione e di digitalizzazione
- Servizi connesi alla conservazione del patrimonio documentario
- Consultazione delle unità documentarie delle collezioni storiche e speciali
- Attività di comunicazione e valorizzazione delle collezioni storiche e speciali
- Attività di back office connesse alla gestione delle collezioni storiche e speciali
- Punto di servizio relativo alla consultazione delle collezioni storiche e speciali

Livello – 5.00 – 6.00 - Il bosco incantato: *Organismo che cresce*



Figura 19 – Nuovo interrato – Il bosco incantato

Il livello ipogeo, denominato Il bosco incantato. Organismo che cresce (in omaggio alla celebre quinta legge della biblioteconomia di Shiyali Ramamrita Ranganathan: *The five laws of library science*, 1931), è una delle aree della biblioteca di maggior efficacia estetica ed emotiva, grazie alla localizzazione degli elementi vegetali in prossimità dei quali sono previsti tavoli e posti a sedere.

Le funzioni dei locali che si affacciano sul Bosco incantato sono in larga parte dedicate alla produzione e co-produzione di contenuti, digitali e creativi, da parte delle persone (locali 1-5-6-7-8), ed in parte collegate alla flessibilità di ambienti (2-3-4) caratterizzati da una spiccata polivalenza, che consentirà di ospitare attività dei gruppi di lettura, per nuclei familiari e sociali, ed altre attività di natura laboratoriale e formativa.

- 1 = Area sala prove musicali
- 2 = Area polivalente a bassa definizione
- 3 = Area polivalente / Attività nuclei familiari e sociali
- 4 = Area polivalente a bassa definizione
- 5 = Area Makerpace
- 6 = Area Gaming
- 7 = Area Realtà Virtuale / Produzioni audio-video

8 = Area Cooking con funzioni laboratoriali

9 = Area verde con tavoli e posti a sedere

Funzioni e servizi

- Punto di servizio dedicato alle diverse attività localizzate nell'area
- Attività e servizi laboratoriali, di cui sono descritti le risorse strumentali che saranno rese disponibili a regime, relativi a produzione e co-produzione dei contenuti, localizzati in:
 - **Aree polivalenti a bassa definizione:** attività di natura laboratoriale e collettiva (gruppi di lettura, attività per bambini e famiglie, attività di natura formativa, tornei di gaming etc.)
 - **Area Gaming:** videogiochi, anche di tipo VR per diverse piattaforme (PlayStation, Nintendo Switch, Xbox) e per PC. Libri game, guide di strategie, riviste ed opere relativi al gaming, libri di informatica, giochi da tavolo. Accesso a schermi, console, PC, cuffie per le diverse piattaforme, per gioco singolo o multiplayer con controller aggiuntivi, con dotazioni per l'utilizzo anche in modalità VR (visori e controller specifici). Scaffali, tavoli e posti a sedere, sedute informali
 - **Area Realtà Virtuale / Produzione audio-video e contenuti digitali:** visori VR, applicazioni, contenuti virtuali. Strumenti per installazioni e proiezioni immersive. PC e software per editing e gestione di contenuti testuali e grafici (editor EPUB3). Workstation e software per editing e post-produzione audio/video. Tastiere midi, schede audio, controller per il *sequencer* e gli strumenti virtuali, monitor da studio *nearfield*, cuffie per produzione musicale. Postazione fisica dedicata alla produzione musicale con periferiche installate in condizioni ergonomiche. Scaffali, tavoli e posti a sedere, sedute informali
 - **Area sale prove musicali:** sala prova insonorizzata e infrastrutturata con prese elettriche e prese audio adeguate alla gestione di un mixer a 16 canali, attrezzata con mixer, microfoni, computer, cavi, porta chitarre e aste microfoniche, casse acustiche. Per gli strumenti prevedere una batteria adeguatamente attrezzata
 - **Area Cooking:** dotazioni strumentali ed elementi di arredo per semplici attività di preparazione e consumo di cibo; Scaffali, tavoli e posti a sedere, sedute informali. Eventi tematici dedicati alla gastronomia di qualità
 - **Area Makerspace:** stampanti e scanner 3D, vinyl cutter, strumenti per attività di produzione di "artigianato" digitale. Scaffali, tavoli e posti a sedere, sedute informali.

Area uffici

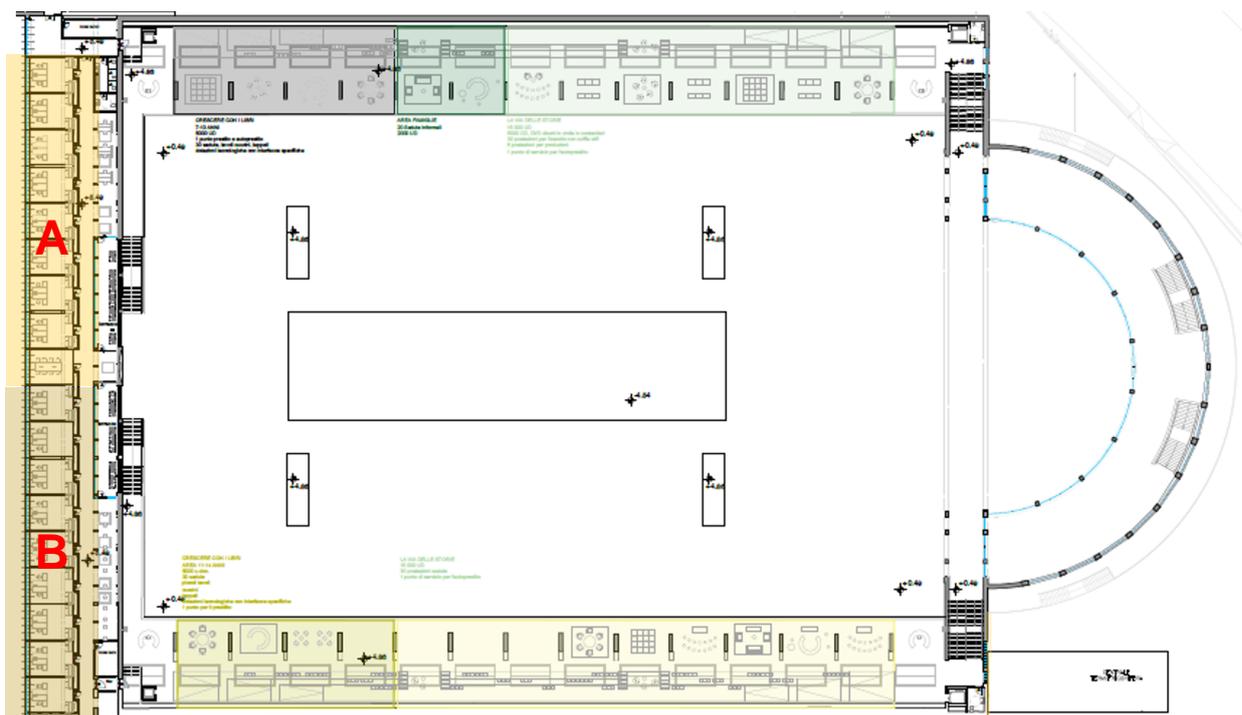


Figura 20 - Area Uffici

Area indicata con la lettera A: uffici back office della BCT

- Direzione: 1 postazione e 1 tavolo riunioni
- Uffici amministrativi e segreteria: 2 postazioni
- Area Innovazione digitale e Comunicazione: 6 postazioni di lavoro
- Area Attività culturali: 5 postazioni di lavoro
- Area Partecipazione culturale e civica: 2 postazioni
- Area Reference back office: 4 postazioni
- Area Coordinamento acquisti e periodici: 6 postazioni
- Uffici responsabili: 5 postazioni

Nell'area sono previsti inoltre uno spazio ristoro, salette riunioni da 20 persone, spazi con sedute informali.

Area indicata con la lettera B: altre tipologie di uffici da definire

Funzioni e servizi logistici

- Locali destinati al ricovero di attrezzature e prodotti per la pulizia dell'edificio,
- Bagni dedicati al personale addetto alle pulizie,
- Al piano interrato ampi spazi per il personale (armadietti, locali spogliatoio).

9 Stato attuale di consistenza, funzionalità e conservazione dell'opera

Il complesso di Torino Esposizioni, considerato nella sua interezza, si percepisce a 360 gradi poiché libero da adiacenze costruite. Allineato lungo corso Massimo d’Azeglio e proteso all’interno del Parco del Valentino, emerge come un unico oggetto edilizio composto da volumi diversi visibile lungo tutto il suo perimetro.



Figura 21 - Fotografia realizzata da drone, dal lato fiume verso sud

Immaginando gli osservatori che percorrono le strade adiacenti il complesso, e considerando unicamente l’area di intervento, i padiglioni 2-2b-4 sono visibili soltanto per due fronti e parzialmente per la copertura. I restanti fronti sono adiacenti gli altri padiglioni quindi ciechi.

Il primo punto di vista è su c.so Massimo d’Azeglio, come mostrato nella fotografia sottostante.



Figura 22 – Fronte di intervento su corso Massimo d'Azeglio.

Percorrendo viale Boiardo oppure viale Petrarca, scendendo verso il fiume, si percepisce invece il “retro” del complesso e risulta visibile l’abside semicircolare e un breve tratto del volume del Pad. 2 sugli angoli. Una porzione della facciata laterale lato Nord Est sarebbe percepibile dall’osservatore all’interno dal parco del Valentino ma attualmente coperta da vegetazione.

Parte della copertura è a tratti visibile anche lateralmente, nella sua sommità.

Non possiamo definire altri prospetti o fronti in quanto dall’esterno si percepiscono unicamente le aree evidenziate.



Figura 25 – Fronte di intervento da viale Boiardo arrivando dal fiume nel senso della salita



Figura 25 – Fronte di intervento Nord Est da viale Boiardo scendendo verso il fiume



Figura 25 – Vista dell'area di intervento da un osservatore posto in adiacenza al castello medievale

Il fronte principale su c.so Massimo d'Azeglio

La facciata originaria su c.so Massimo d'Azeglio è caratterizzata, a partire dal 2006, da un avancorpo realizzato in occasione dei XX Giochi olimpici invernali quando ha ospitato le partite di hockey su ghiaccio. La descrizione del PTE riporta essere: *“un nuovo volume provvisorio di un piano, con funzione di hall a chiusura del porticato esistente, facendo perdere completamente la percezione della facciata originale –avancorpo che versa oggi in pessime condizioni”*.

La facciata originaria, oggi visibile dal primo piano, è rivestita da lastre in marmo travertino di colore chiaro, suddivisa da una finestratura continua che occupa l'intero prospetto.

Attualmente i serramenti appaiono in pessimo stato di conservazione.



Figura 26 – Viste da c.so Massimo d'Azeglio. Avancorpo 2006 e finestratura piano primo

Il fronte verso il Parco

Questo fronte è caratterizzato dalla presenza dell'abside semicircolare, finestrato, e di un terrazzo in calcestruzzo che divide in due il volume cilindrico. L'abside si innesta sull'asse planimetrico del Pad.2 e sporge dal grande volume con una pianta semicircolare e una vetratura ampia a prima vista regolare.

Le facciate sono intonacate, di colore chiaro, ed i serramenti, metallici, appaiono disomogenei tra loro nei diversi livelli. Risale al 2006 il sistema di scale esterne metalliche.

La terrazza è in calcestruzzo ed ampliata da pianerottoli sorti in concomitanza delle rampe. L'immagine generale del fronte appare decisamente degradata e deturpata dall'inserimento di numerosi impianti.



Figura 27 – Viste della facciata del pad. 2 verso il Parco

Padiglione 2: salone principale e abside

Il grande salone è sormontato dalla grande volta di 81m di luce e 110 m di sviluppo longitudinale, creata con archi solidarizzati, ciascuno costituito da 13 elementi prefabbricati in ferroceemento montati su armatura tubolare e resi solidali da nervature in cemento armato gettate lungo i colmi e gli incavi delle onde. Il senso di profondità di questo spazio è accentuato da enormi ventagli, anch'essi in ferroceemento, che raccordano 3 a 3 gli archi a ciascun pilastro. Le superfici trasparenti sono in policarbonato, come pure i 30 lucernari, a 2 falde, allineati e simmetrici all'asse centrale del fabbricato collocati sulle fasce laterali piane.

L'abside è coperta in parte da una semicupola, anch'essa realizzata con formelle in ferroceemento (losanghe di 10 tipi differenti, che fungono da casseri a perdere), in parte da un solaio piano che costituisce un "anello" perimetrale alla prima, con finitura in membrana bituminosa. Le spinte della semicupola dell'abside con cui si conclude il grande salone sono contrastate da un grande frontone e dalla resistenza delle travi di bordo e dal solaio anulare piano.

Lo spazio delle coperture del Pad.2 è in buona parte occupato da impianti, installati nel 2006.

Padiglione 2b



Figura 28 –Padiglione 2b ed avancorpo - Copertura

Sia l'avancorpo del pad. 2b che il padiglione stesso sono coperti da solaio interamente piano, il primo con finitura in membrana bituminosa e il secondo con lamiera a cui fu sovrapposta una membrana bituminosa poi verniciata di bianco ma ormai fortemente deteriorata.

Gli spazi interni

Su questo tema è possibile estendere alcune considerazioni comuni a tutti i padiglioni, i cui spazi interni sono stati nel corso degli ultimi anni occupati da abusivi.

Il fabbricato versa in gravi condizioni di degrado degli spazi interni, aggravate di recente a questi fenomeni di occupazione illecita da parte di numerosi gruppi di persone.

L'edificio appare ovunque degradato anche a causa di infiltrazioni di acqua dalle coperture, e sia le pavimentazioni che i controsoffitti che ogni altro elemento di finitura risultano in pessime condizioni di conservazione. La struttura originaria è malamente leggibile (realizzazione di tamponamenti e tramezzi a partire dagli anni '60) e sono evidenti le tracce di adeguamenti funzionali ed impiantistici occorsi negli anni, ciascuno con pesanti tracce e danneggiamenti.

I serramenti sono rovinati e da sostituire.

Dati dimensionali:

Pad2 Piano interrato: 500m² / Piano terra: 12.410 m² / Piano primo: 4.530 m²--Totale: **25.788 m²**

Pad2b: Piano terra: 1.340 m² / Piano primo: 1.340 m² /--Totale: **2.680 m²**

Pad4: Piano interrato: 5.038 m² -- Totale: **25.588 m²**

Padiglione 2-4

La grande sala presenta una pianta rettangolare di **95 m di larghezza e 118 m di profondità**. L'altezza **all'imposta** della volta è di **9,30 m** circa, mentre **in chiave** è di **21,30 m**. Le due maniche di soppalchi che corrono lungo l'asse longitudinale della navata sono di circa 13 mt con altezza utile di 4,4 mt. La navata del padiglione 2 culmina verso est con un grande abside (di raggio 30 m) vetrato di forma semicircolare.

Da questo si dipartono le due scalinate che conducono (a quota -6.00 m) al padiglione 4 seminterrato che ricalca l'impronta dell'abside e si sviluppa sotto la basilica per circa 35 m.

Il padiglione è parzialmente illuminato grazie alle vetrate sul fronte cortile (a quota -4.40 m circa). Dall'abside al piano terreno si dipartono due rampe di scale d'esodo. Due rampe di scale che collegano il piano terreno della basilica con il piano primo si trovano nei due arconi che dividono la basilica dall'abside e a ridosso del padiglione 2b.



Figura 29 - Padiglione 2 - Vista del Salone dall'ingresso principale su c.so Massimo d'Azeglio



Figura 30 - Padiglione 2 - Fotografie interne dello stato di fatto

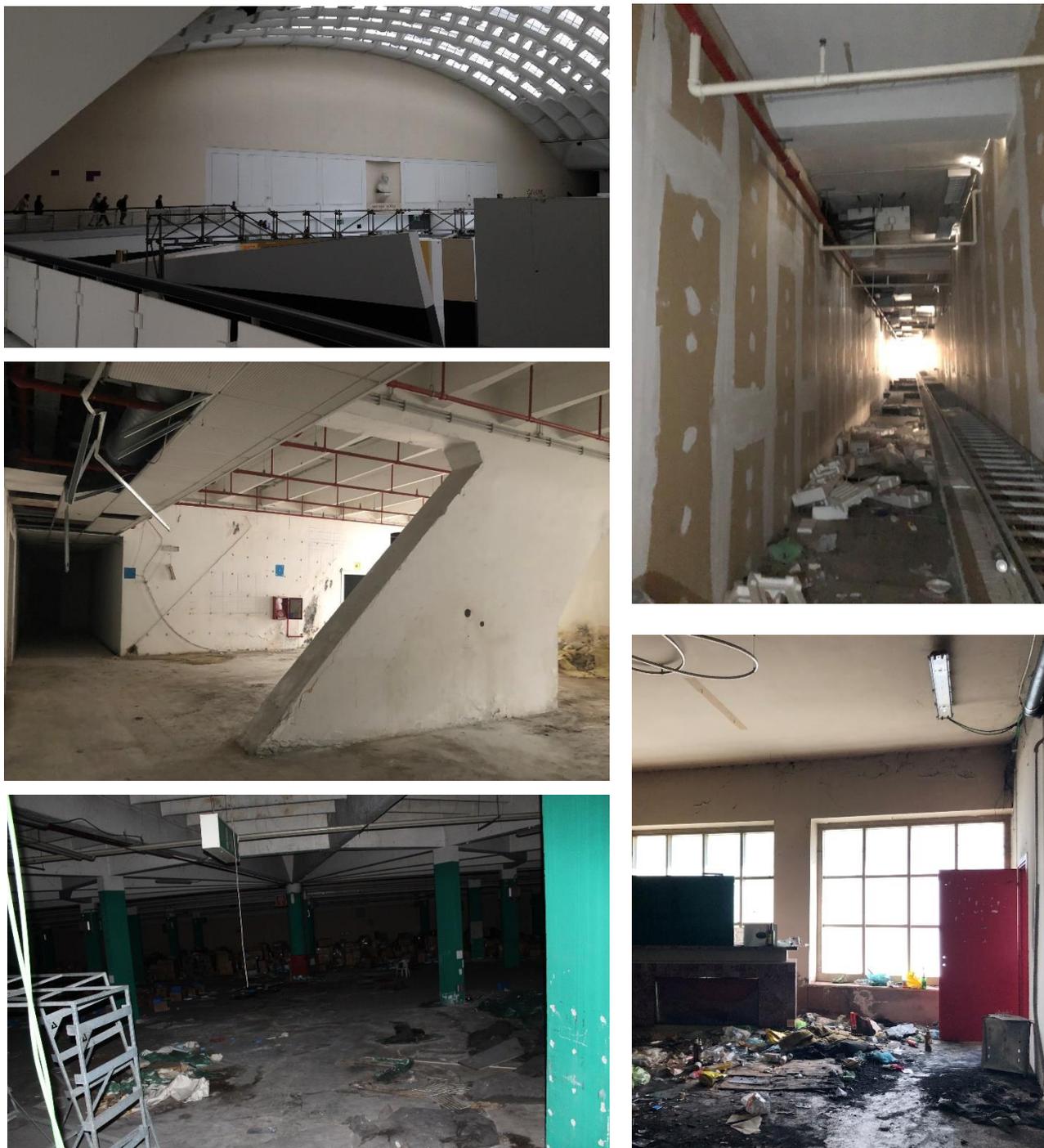


Figura 31 – Pad 2 e Pad.4 Fotografie dello stato di fatto. Le foto in basso corrispondono all'interrato-pad.4

Padiglione 2b

È un volume parallelepipedo di due piani costituito da una manica profonda 13 mt circa e lunga quanto il padiglione 2. Destinato in più occasioni ad ospitare uffici è stato riplasmato numerose volte e presenta condizione di forte degrado e abbandono, sia al piano terreno che al primo in corrispondenza della finestratura continua.

Vi si aprono 2 “patii” accessibili a cielo aperto oggi in pessime condizioni di degrado.

Al padiglione 2, in occasione di Torino 2006 è stato giustapposto un nuovo volume provvisorio di un piano solo con funzione di hall.

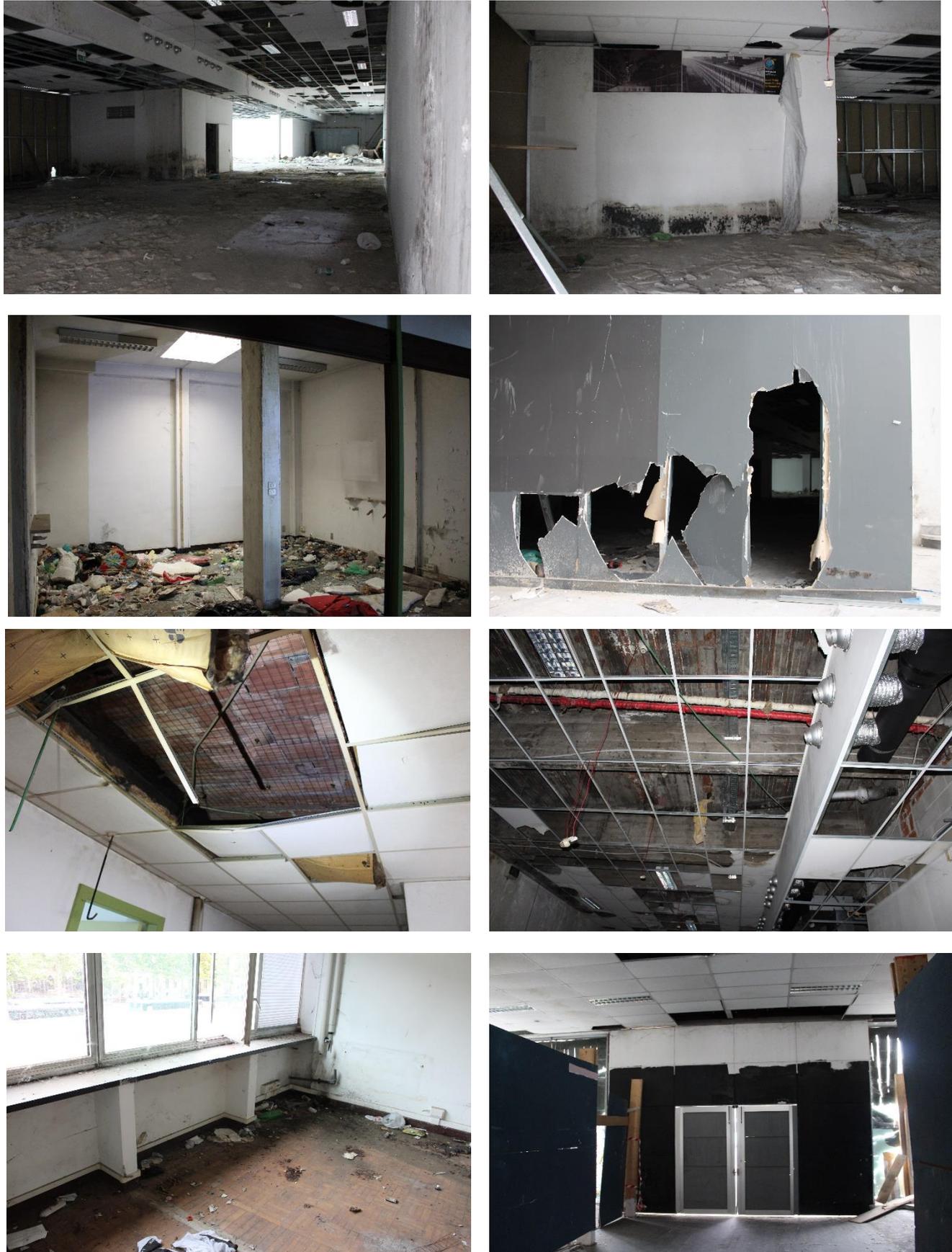


Figura 32 - Padiglione 2b - Fotografie dello stato di fatto dei locali interni

9.1 Conoscenza storico-critica

Il Palazzo del Giornale e il Palazzo della Moda di Ettore Sottsass

Il Complesso Sottsass-Nervi sorge nella parte a sud del Parco del Valentino tra corso Raffaello e via Petrarca. L'area insiste sul **sedime del precedente Palazzo del Giornale**, edificio realizzato nel 1911 durante l'Esposizione Universale² organizzata per il cinquantesimo anno dell'Unità d'Italia. Il palazzo era nato per esaltare la presenza e il ruolo di Torino sulla scena internazionale, mostrandone l'identità di grande polo industriale, sede d'importanti manifatture e fabbriche, su tutte la FIAT, guidata da Giovanni Agnelli, e la fabbrica di liquori Carpano.



Figura 33 – Il palazzo del Giornale, fronte verso corso Massimo d'Azeglio

L'edificio era stato progettato, insieme ad altri padiglioni, da architetti eccellenti dell'epopea Art-Nouveau quali *Pietro Fenoglio*, *Giacomo Salvadori* e *Stefano Molli*. L'edificio occupava un'area di circa 6.000 m² ed era caratterizzato da una struttura in cemento armato realizzata dall'impresa dell'ingegner Giovanni Antonio Porcheddu, famoso per aver introdotto l'uso di questo materiale edilizio in Italia. Di due piani fuori terra, l'edificio era stato concepito a pianta basilicale e abbondava di decorazioni tardo liberty.

L'idea innovativa rappresentata dal padiglione era la riproduzione del ciclo produttivo del potente strumento di comunicazione di massa, il Giornale: dalla produzione del supporto cartaceo alla fusione dei caratteri, dalla composizione tipografica alla piegatura³. All'interno, inoltre, vi erano mostre riguardanti le industrie affini (fototipia, litografia, produzione di inchiostri, incisione, processi fotomeccanici, macchine grafiche, rilegatura del libro, ecc.), l'iconografia dei giornalisti celebri, una Mostra retrospettiva della caricatura, nonché Mostre del Calendario e della Cartolina illustrata⁴.

Nel 1928 viene organizzata l'Esposizione Nazionale Italiana che, con il pretesto di festeggiare il quarto centenario della nascita di Emanuele Filiberto ed il decimo anniversario della vittoria della Prima guerra mondiale, voleva celebrare il regime fascista⁵. È durante questo evento che, nell'area antistante al Palazzo del Giornale⁶, viene realizzato nel 1932 il primo **Palazzo della Moda** a firma di *Gino Levi Montalcini*, il quale si occuperà anche della successiva esposizione.

² Per il Parco del Valentino e le Esposizioni: P. L. BASSIGNANA (a cura di), *Il Valentino, un luogo di progresso. Ciclo di conferenze 14 gennaio – 11 febbraio 2004*, Torino, Centro Congressi Torino Incontra, 2004.

³ <http://www.italyworldsfairs.org>.

⁴ <http://www.italyworldsfairs.org>.

⁵ VALERIA GARUZZO, *Torino 1928: l'architettura all'Esposizione Nazionale Italiana*, Torino, Testo & Immagine, 2002.

⁶ VALERIA GARUZZO, *Il Palazzo torinese della moda al Valentino*, in «Studi Piemontesi», vol. 31, fasc. 1, pp. 53-65

Il nuovo Palazzo della Moda

L'anno successivo, per la prima Mostra della Moda curata da Giuseppe Pagano, viene indetto un **concorso per la progettazione del secondo Palazzo della Moda**, che avrebbe sostituito il *Palazzo del Giornale*. Il nuovo edificio avrebbe dovuto contenere, tra le diverse destinazioni, una scuola di sartoria e un museo del costume, ma avrebbe anche dovuto ospitato diverse manifestazioni ed eventi, coprendo in totale una superficie di circa 5.000 m². La commissione giudicatrice composta dal Presidente dell'Ente Nazionale della Moda, dal segretario federale, dal podestà e dai rappresentanti dei Sindacati di Architetti, Belle Arti e Ingegneri, riduce a quattro i progetti più meritevoli tra i partecipanti al concorso⁷. Gli ingegneri e architetti scelti sono *Enrico Bonicelli, Alfio Guaitoli, Gino Levi Montalcini, Mario Passanti, Ferruccio Grassi, Ettore Sottsass*. Il **vincitore** è quest'ultimo in associazione **con l'impresa Ferraris e Bellardo**, perché il suo progetto risulta "il più aderente, sotto ogni aspetto, ai requisiti richiesti"⁸.

Il progetto vincitore rispecchia l'impostazione urbanistica a reticolo della città di Torino con il suo «*calmo andamento delle superfici [...] distese in modo da fornir godimento e riposo di linee continue;*» e con il suo «*ben studiato equilibrio di volumi e cordiale bilanciarsi di vuoti e di pieni*»⁹. Sottsass, infatti, si distingue per la sua architettura razionalista, dalle forme pure e semplici, in netta contrapposizione con l'opulenza e l'enfasi decorativa del precedente Palazzo del Giornale. La struttura si sviluppava in orizzontale e si inserisce dolcemente nel contesto naturale del parco.

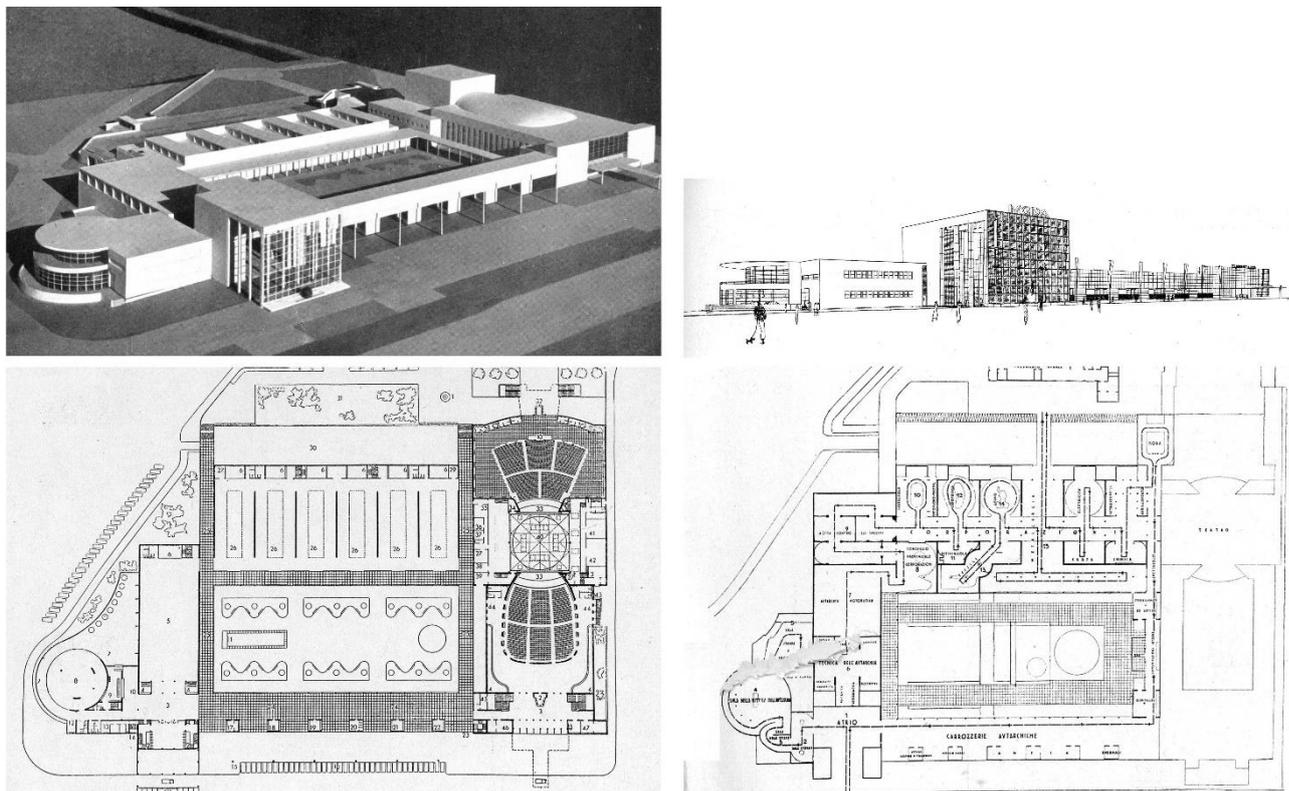


Figura 34 - Progetto per il Palazzo della Moda, vincitore al concorso e firmato Ettore Sottsass

Il complesso consiste in **tre nuclei principali**: il **ristorante circolare** (l'attuale rotonda), il **salone delle esposizioni** vero e proprio e il **teatro**. Ognuno di essi presentava il fronte e l'accesso principale su Corso Massimo d'Azeglio¹⁰. Un grande giardino a pianta rettangolare fungeva da elemento unificatore, delimitato verso corso Massimo d'Azeglio da un grande porticato che accoglieva i servizi principali e fungeva da filtro tra il parco e il costruito. La facciata del padiglione espositivo era caratterizzata da finestre a nastro, mentre

⁷ Il palazzo delle Esposizioni come sorgerà al Valentino, «La Stampa», 21 ottobre 1936.

⁸ Ibidem

⁹ Ibidem.

¹⁰ VALERIA GARUZZO, Il Palazzo torinese della moda al Valentino, cit., p. 63-64

per accedere al teatro, si passa attraverso un portale, dove si collocavano servizi simili a quelli presenti nel portico, quali biglietterie, tabaccherie e servizi igienici.

Prima di procedere alla costruzione dell'edificio viene trasferito il Museo Nazionale del Risorgimento Italiano nella sua attuale sede a Palazzo Carignano¹¹. Sebbene il progetto esecutivo, affidato all'ing. Amedeo China, inizia nel 1937, l'inaugurazione dell'edificio avviene l'anno successivo durante la mostra dal nome Torino e l'Autarchia, nella quale si celebrano le conquiste autarchiche del regime fascista in tutti i settori dell'economia di Torino e provincia.

Durante la Seconda guerra mondiale il **Palazzo della Moda subisce pesanti bombardamenti** notturni da parte della RAF l'8 novembre 1942 e il 13 Luglio 1943, come riportato dalle carte: "Bombe e mezzi incendiari lanciati del 1942-1945"¹², "Danni arrecati agli stabili del 1942-1945"¹³ e "Bombardamenti aerei. Censimento edifici danneggiati o distrutti"¹⁴ dal Fondo danni di guerra, tutte presenti nell'Archivio Storico della Città di Torino.

La nascita di Torino Esposizioni nel dopoguerra e il complesso Sottsass-Nervi

Nel 1947 la neonata Società del Palazzo delle Esposizioni ha la necessità di avere degli spazi espositivi e flessibili per diversi eventi e manifestazioni, ma soprattutto per dare un segno forte a sostegno dell'industria piemontese. La città di Torino, pertanto, decide di concedere a tale scopo l'utilizzo dei locali del Palazzo della Moda, o quel che ne rimane dopo i bombardamenti, alla società interessata.

Il compito della progettazione dei nuovi spazi è affidato a **Roberto Biscaretti di Ruffia**, ingegnere della Fiat, il cui progetto di massima *mantiene l'impostazione del progetto di Sottsass di suddividere l'area in tre diversi settori: il ristorante* a pianta circolare, risparmiato dai bombardamenti, *il teatro* e nel mezzo *il nuovo salone espositivo*, modificato nelle dimensioni e nelle forme. Biscaretti, infatti, concepisce il complesso come una pianta basilicale a tre navate, di cui quella centrale caratterizzata da una campata maggiore rispetto alle altre due navate laterali e caratterizzata dalla presenza di un'abside vetrata affacciata sul parco¹⁵.

Del progetto di Sottsass conferma anche la presenza del giardino e della corte centrale. Questa versione però **non viene mai realizzata** probabilmente a causa di difficoltà costruttive o per la mancanza di fondi a disposizione.

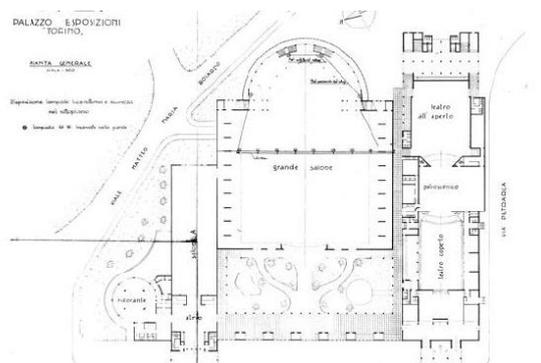


Figura 35 – Progetto di Nervi per il nuovo centro espositivo

¹¹ Cfr. Delibera del Podestà, 3 novembre 1936, verb. n° 45, par. 49.

¹² <http://www.museotorino.it/view/s/5a69a46c16c041eeb8a24bd2c0dc4b10>; Bombe e mezzi incendiari lanciati 1:5000, 1942-1945. Zona 1: Municipio - Vanchiglia - Porta Susa - Porta Nuova - Borgo Nuovo. ASCT, Tipi e disegni, cart. 68, fasc. 1 disegno 1. © Archivio Storico della Città di Torino

¹³ <http://www.museotorino.it/view/s/78d55387d3fe43e5b4f18095d3ea7288>; Danni arrecati agli stabili 1:5000, 1942-1945. Zona 2: Borgo San Salvario, Parco del Valentino, Vecchia Barriera di Nizza, Borgo San Secondo, Crocetta. ASCT, Tipi e disegni, cart. 68, fasc. 2 disegno 2. © Archivio Storico della Città di Torino

¹⁴ <http://www.museotorino.it/view/s/aced8aa949a465782bb715e8b583ba2>; Bombardamenti aerei. Censimento edifici danneggiati o distrutti. ASCT Fondo danni di guerra inv. 362 cart. 6 fasc. 1. © Archivio Storico della Città di Torino

¹⁵ Archivio Storico del Comune di Torino, Società Torino Esposizioni, Parco del Valentino, Ricostruzione 1952 (918)

L'appalto per la ricostruzione del Palazzo della Moda viene quindi affidato a Pier Luigi Nervi e alla sua impresa nel 1947. Per il *padiglione 1* (già Salone A) e per il Teatro, Nervi si limita alla semplice ricostruzione della preesistenza, mentre per il *padiglione 2* (già Salone B) realizza una basilica di 110,5 m di lunghezza per 95 m di larghezza, con una superficie libera rettangolare di 81x75 m. Questa risulta scandita lungo l'asse longitudinale da una serie di pilastri-mensola dalla forma sinuosa e inclinata con passo ogni 7,5 metri a sostegno della volta di copertura e del solaio che funge da ballatoio sporgente sulla navata. I pilastri poggiano a loro volta su plinti sagomati per contrastare la spinta dell'enorme volta che copre lo spazio centrale.

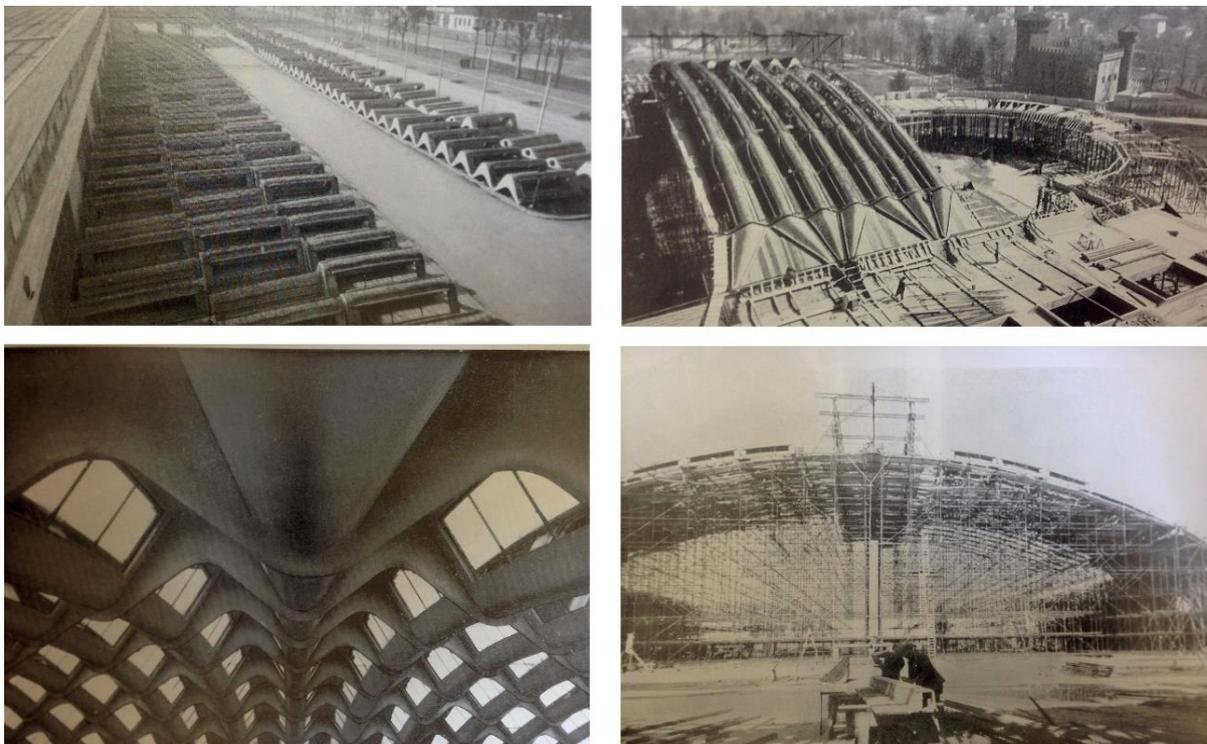


Figura 36 – Disegno costruttivo di Nervi per la copertura e fotografie di cantiere

A completamento della navata, verso il parco, viene realizzato il grande abside vetrato come già previsto dal progetto Biscaretti. Per la realizzazione del padiglione Nervi si avvale di sistemi innovativi già sperimentati dalla Società Ing. Nervi e Bartoli di Roma, precursori nella prefabbricazione di sistemi in ferro e cemento.

Il grande salone presenta una copertura a volta sottile e ondulata, realizzata con elementi in ferro cemento fabbricati in serie e resi solidali fra loro. La posa in opera avviene su apposito ponteggio, mediante nervatura in cemento armato, disposto sul colmo e nel cavo delle onde. Questa particolare struttura rende possibile la copertura di una grandissima luce con un limitato impiego di materiale e con un'incredibile facilità e rapidità esecutiva. Ai suoi vantaggi costruttivi, la struttura unisce una mirabile espressività architettonica particolarmente apprezzabile nei ventagli di passaggio dalla volta ondulata ai pilastri.

Per la realizzazione dell'abside (padiglione 4) al fondo della navata, caratterizzata da un diametro di 40 metri, viene adottato un sistema costruttivo basato sulla prefabbricazione di elementi a forma di losanga, collegati in opera con nervature in c.a. La struttura viene completata all'estradosso con una soletta sottile in ferro cemento di 3 cm di spessore. Lo spessore complessivo, tenuto conto delle nervature, è di soli 7 cm.

Le nervature di collegamento delle losanghe prefabbricate restano in vista all'intradosso e costituiscono il caratteristico motivo architettonico. I solai di copertura del sotto-piano e quelli delle gallerie laterali del Salone sono sostituiti da travi prefabbricate di 7,50 m sulle quali trovano appoggio tavelloni a doppia curvatura.

Travi e tavelloni sono resi solidali tra loro e completati staticamente dalla soletta. La prefabbricazione delle travi rende possibile la loro sagomatura con l'allargamento verso gli appoggi per rispondere alle esigenze

statiche della struttura. Tutto il sistema, che rimane a vista all'interno dell'Edificio, risulta essere la caratteristica principale e la riconosciuta bellezza dell'opera di Nervi.

Il progetto di ampliamento del 1954

Dal 1953 anche *Ettore Sottsass viene coinvolto*, assieme allo stesso Nervi, nella redazione del **progetto di ampliamento del secondo padiglione** (già Salone B) da dedicare a Giovanni Agnelli, padre fondatore della Fiat. L'architetto muore nel 1954 e Nervi, **tralasciando il progetto portato avanti con Sottsass, si limita a coprire la restante parte tra il padiglione 2 e il limite segnato dalla manica sopraelevata** destinata ad uffici della società Torino Esposizioni (già uffici dell'Ente della Moda), *sostituendo il portico preesistente del 1938*.

Il grande salone viene così **ampliato di 5 campate, cancellando definitivamente la corte interna** e il suo giardino. Questa fase di costruzione si rivela la più complessa per Nervi, il quale decide di mantenere la manica sopraelevata degli uffici (padiglione 2b) e di conservare l'autonomia strutturale del porticato preesistente, vincolando il nuovo corpo al porticato degli uffici progettato da Sottsass. Alcuni pilastri originali degli uffici vengono in parte demoliti e il solaio appeso alla struttura del frontone di Nervi.

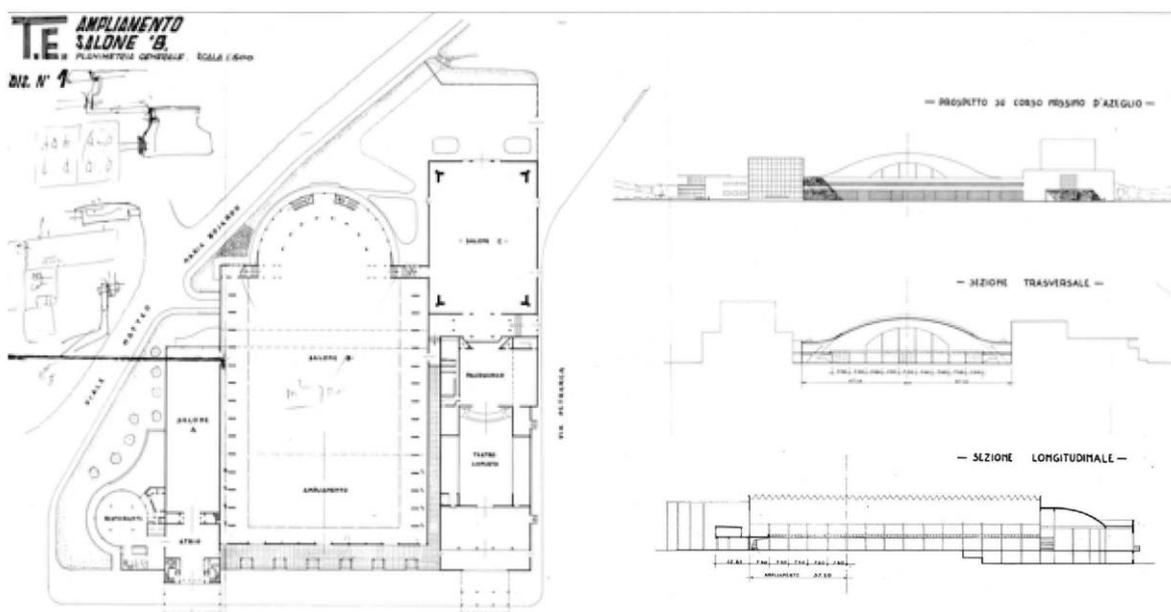


Figura 37 - Progetto di Nervi per l'ampliamento del 1954

Dagli anni '60 a oggi

Il complesso di Torino Esposizioni è stato *intensamente utilizzato nel corso degli anni Sessanta e Settanta* del secolo scorso come polo fieristico e sede di diverse edizioni del Salone dell'Automobile di Torino.

Da 1989 l'attività fieristica viene trasferita al Lingotto, di conseguenza inizia un periodo di scarso utilizzo di tale struttura, interrotto solo in occasione dei XX Giochi olimpici invernali quando ha ospitato le partite di hockey su ghiaccio (2006).

A partire **dal novembre 2014** Torino Esposizioni è **passato in gestione dall'Ente Fierimpresa al Comune di Torino** e ha ospitato "Paratissima", festival d'arte contemporanea che si svolge nel mese di novembre. L'area antistante il Complesso è attualmente adibita ad ospitare il parcheggio degli autobus della GTT e spazi di sosta a pagamento.

Attualmente i padiglioni necessitano di interventi di restauro e di manutenzione straordinaria, nonché di adeguamento alle norme antisismiche, per la sicurezza e per l'antincendio.

Alcune parti sono utilizzate come aule in convenzione con l'Università di Torino oppure per attività espositiva e sono stati oggetto di adeguamenti normativi in funzione dei cambiamenti di destinazione d'uso.

Il teatro è in uso convenzionato con la fondazione Teatro Nuovo.



Fotografia del pad.2b in occasione di un salone dell'Automobile durante gli anni'60

9.2 Conoscenza geometrica

Nell'ottobre 2021 la Centrale di Committenza della Regione Piemonte "SCR" ha commissionato al Laboratorio di GEOMATICA per i BENI CULTURALI del POLITO – Dipartimento di Architettura e Design, un "*Rilievo metrico integrato da tecnologie 3D innovative (laser scanning e fotogrammetriche, anche da UAV Unmanned Aerial Vehicle) per la costruzione di un modello user oriented arricchito dei saloni B e C.*" Il report era parte del progetto: "*Studio sperimentale sulle condizioni di sicurezza strutturale dei padiglioni 2 e 3, realizzati da Pier Luigi Nervi, del complesso di Torino Esposizioni - coord. prof. R. Ceravolo*".

Il rilievo 3D dei padiglioni Nervi di Torino Esposizioni è stato realizzato adottando procedure non del tutto standard; i metodi e sistemi impiegati hanno risposto a costituire una parte di quei tasselli che compongono il mosaico di indagini connesse tra loro e rivolte al comune scopo della conservazione del patrimonio architettonico.

La documentazione metrica che consiste nel rilievo e modellazione 3D fanno parte del progetto complessivo di conservazione, e necessariamente devono essere armonizzati con la ricognizione storica, lo studio e analisi dei materiali e delle tecniche costruttive, la valutazione strutturale e sismica, con il monitoraggio dello stato di salute strutturale.

Questo report riporta quindi le tecnologie di rilievo 3D innovative impiegate e i conseguenti risultati multi-scala e multi-contenuto della modellazione 3D sino alla prefigurazione di sistemi per la gestione di modelli 3D arricchiti, strutturati con il supporto dei metadati.

I processi di digitalizzazione così enunciati, ed in particolar modo quando l'oggetto di interesse consiste in strutture architettoniche eccezionali per rilevanza e qualità dell'innovazione costruttiva che aveva condotto alla loro realizzazione, come nel caso dei saloni progettati da P.L. Nervi, non mirano semplicemente alla riproduzione di un modello geometrico fedele per forma all'originale, ma ad una vera e propria generazione di un Digital Twin.

La Geomatica ha strutturato negli ultimi anni un insieme consolidato di metodi e sistemi di misura per il rilievo 3D e la modellazione di grandi complessi architettonici:

- *Metodi di rilievo 3D range based e image based* (vale a dire tecniche fotogrammetriche, applicate da diversi punti vista, quale quello terrestre e anche aereo, impiegando cioè mezzi UAV – Unmanned Aerial Vehicles, nonché sistemi ibridi come gli MMSs - Mobile Mapping Systems, che consentono scansioni speditive e diversamente accurate sfruttando il movimento del sensore.)
- *Controllo continuo della propagazione degli errori* (adottando strategie di controllo dell'accuratezza di ogni fase del processo, e facendo uso di criteri statistici per valutare la qualità dei risultati delle elaborazioni e dei conseguenti prodotti 2D/3D)
- *Strategie di modellazione 3D e fusione di tecniche*. Il continuo sviluppo dell'automazione che ha caratterizzato le tecnologie dell'informazione spaziale offre un buon insieme di strategie di fusione di tecniche. Fusione di metodi o tecniche significa essere in grado non solo di combinare e integrare i risultati delle elaborazioni fotogrammetriche e di scansione laser, ma rendere collaborativi i loro contributi, raggiungendo risultati diversi e più specializzati rispetto alla somma delle parti.

È necessario, considerare nel campo delle strutture architettoniche quali quelle dei sistemi voltati realizzati da Nervi, che l'indagine di ingegneria strutturale necessita sicuramente di un'elevata accuratezza delle nuvole di punti e dei modelli 3D, ma contemporaneamente una densità equilibrata di informazioni e un adeguato livello di dettaglio. Sono cioè da armonizzare attentamente i seguenti obiettivi:

- Configurazione generale dell'edificio
- Geometria precisa degli elementi strutturali
- Contenuti informativi multidisciplinari

Uno degli aspetti a cui si è attribuita particolare rilevanza è stata la possibile fruizione futura dei dati: per ottenere modelli orientati all'utente, che è un valore fondamentale per l'usabilità degli stessi.

È infatti necessario considerare di finalizzare modelli multisensore, multiscala e multicontenuto per supportare finalità differenti: la conoscenza globale degli spazi, la caratterizzazione morfologica degli elementi strutturali, che quindi saranno idonei all'individuazione dei valori architettonici, supporteranno la rilevazione del deterioramento meccanico degli elementi ed il degrado delle superfici. La fruizione dei risultati è possibile quando anche le caratteristiche dei risultati, come risoluzione, livello di schematizzazione e formati finali dei files, rispondono alle esigenze degli users, articolate per differenti finalità (conoscenza globale degli spazi; identificazione della geometria di elementi costruttivi; valori architettonici globali e dei singoli elementi; rilievo dei segni del deterioramento meccanico; rilievo del degrado dei materiali).

Molti dei metodi adottati sono noti come tecnologie di rapid mapping, poiché la fase di acquisizione è stata molto automatizzata. Un punto importante è che i sensori possono essere montati su veicoli aerei senza equipaggio (UAV) in modo da poter raccogliere immagini dal punto di vista aereo che consente di documentare le coperture degli edifici, così come è stato eseguito per Torino Esposizioni. Un certo numero di applicazioni fotogrammetriche è stato eseguito ovviamente anche da terra, quando i valori radiometrici delle superfici indagate sono state ritenute particolarmente importanti, e si è quindi ritenuta non sufficiente l'informazione radiometrica derivata dalle scansioni laser.

Parallelamente alle tradizionali tecnologie di scansione laser, gestite da posizionamento statico, si può contare da alcuni anni su sistemi di mobile mapping basati su tecnologia SLAM (Simultaneous Localisation and Mapping), che sfruttano le caratteristiche dell'ambiente: contemporaneamente il sistema localizza il sensore e misura gli scenari in cui avviene l'acquisizione. Le nuvole che si possono ottenere sono meno precise e meno dense rispetto agli scanners tradizionali, ma il vantaggio è che i metodi possono essere applicati a spazi ristretti, interni e sotterranei (ciò significa che possiamo utilizzare questi scanner anche senza l'aiuto del contributo dei sistemi di posizionamento GPS/GNSS). A Torino Esposizioni è stato usato un *sistema supportato da uno scanner hand-held per gli spazi di servizio interni*, e da un più sofisticato *sistema ibrido che utilizza uno scanner tradizionale accoppiato ad un profilometro*, entrambi montati su carrello mobile (Sistema Swift). (Tecnologie impiegate: ricevitori GNSS -Global Navigation Satellite System-, stazioni totali per misure

topografiche tradizionali, camere montati su droni multicotteri, laser scanners per acquisizioni statiche e in configurazione mobile mapping.)

L'innovazione dei sistemi di digitalizzazione. Mobile Mapping Systems

Le attività di rilievo 3D ampie e complesse come quella necessaria per documentare gli immensi spazi racchiusi dalle avveniristiche strutture voltate di metà anni '50 del '900 di Nervi, costituiscono spesso occasioni per sperimentare e testare nuovi sensori, tanto che le esperienze condotte si attestano sulla ricerca applicata più che non su linee guida dettate per la pratica professionale di alto livello. Nel caso di Torino Esposizioni si è profilata la possibilità di una collaborazione con la società internazionale Faro Technologies, che ha consentito di valutare il nuovissimo sistema Swift, proposto sul mercato nel 2021, per validarne le potenzialità in uno scenario di digitalizzazione per la conservazione di un importante esempio di architettura in ferrocemento del XX secolo.

Le capacità del sistema Swift di FARO Technologies si basano principalmente sulla natura integrata dei suoi sensori. Infatti, è costituito da tre diversi componenti collegati:

- uno scanner laser 3D statico della serie S (funzionante anche in autonomia);
- il cosiddetto ScanPlan dotato di un profilometro laser orizzontale attraverso il quale opera la funzione di posizionamento basata SLAM;
- lo smartphone che connette in modalità Wi-Fi i due sensori e li gestisce.

Tutti i componenti sono ancorati ad un carrello leggero e stabile, spinto dall'operatore che cammina durante il rilievo (Figura 3). Il sensore dello scanPlan, caratterizzato da un range operativo fino a 20 m

Nella prima release, ma recentemente innalzato fino a 60 m, rileva le caratteristiche dell'ambiente su di un piano che vengono utilizzate dalla funzione SLAM per stimare la traiettoria durante la fase di mapping.

Le prestazioni della misura della distanza LiDAR dipendono dalle capacità dello scanner della serie S (l'S350 a lungo raggio è quello testato in questa esperienza, vale a dire che lo scanner è capace di rilevare punti a 350m). Il sistema è stato messo a punto per la mappatura di interni come fabbriche, ospedali, aeroporti, uffici.

Il sistema opera in tre modalità di scansione: la scansione continua mobile; le cosiddette anchor scans che vengono eseguite lungo la traiettoria eseguendo una brevissima scansione in modalità statica, e che sono utili quando nell'ambiente di scansione sono presenti punti problematici come lunghi corridoi, attraversamenti di vani porta tra stanze diverse, linee curve ecc. ma che possono essere utilizzate anche come scansioni statiche a bassa risoluzione e co-registrate separatamente; ed infine le scansioni statiche ordinarie, le uniche attivabili per acquisire immagini ed attribuire valori radiometrici alla nuvola, ma il loro ruolo è anche finalizzato alla post-elaborazione, per una migliore valutazione dei problemi di posizionamento e di controllo del livellamento.

Pianificazione del rilievo 3D

Le strutture architettoniche articolate come il complesso di Torino Esposizioni, in virtù delle vicende costruttive e anche della stratificazione degli usi che generalmente li caratterizza, necessitano oggi di piani di conservazione urgenti e particolarmente attenti alla conoscenza complessiva e a contrastare il degrado, nella direzione della conservazione e del riuso adattivo.

Per questo motivo, il progetto del rilievo 3D del complesso delle Sale di Nervi ha richiesto la previsione di metodi di acquisizione e modellazione conformi alle migliori pratiche e raccomandazioni per una corretta documentazione 3D. In funzione di tali requisiti e in special modo della rispondenza degli outcomes del rilievo sia in termini di accuratezze metriche, sia per il livello di dettaglio multiscala delle informazioni raccolte, le varie fasi di sviluppo del progetto di rilievo sono state pianificate per rispondere alla necessità di raggiungere una definizione precisa della geometria complessiva dell'edificio oltre a mirare che i contenuti semantici dei risultati fossero utili allo studio della consistenza degli elementi in ferrocemento del sistema voltato finalizzato alla valutazione dello stato strutturale.

È infatti importante considerare che la qualità dei prodotti di modellazione non è intrinseca ai modelli, ma dipende dai processi che hanno portato ad ottenerli e dalle relative relazioni reciproche. Per tutti questi motivi, si può dire che il rilievo 3D delle Sale di P. Nervi oltre a fronteggiare il compito del processo di digitalizzazione per definire la configurazione outdoor e indoor delle sale, ha consentito di affrontare questioni metodologiche che potranno essere impiegate in contesti simili.

Riassumendo, è possibile identificare gli obiettivi principali cui il progetto di rilievo ha deciso di dar risposta:

1. La definizione della configurazione globale dell'involucro della struttura architettonica spaziale, focalizzando lo spessore degli elementi in ferrocemento e studiando il problema intradosso-estradosso;
2. Il riconoscimento, la segmentazione e la modellazione degli elementi coinvolti nell'analisi strutturale;
3. L'organizzazione e archiviazione del complesso dei dataset e dei test di indagine diagnostica multidisciplinare, che generano un più completo e approfondito contesto informativo se si valorizza la loro relazione spaziale.
4. La generazione del modello arricchito è realizzata con l'obiettivo di ricercare gli opportuni equilibri tra la densità informativa che caratterizza il modello del complesso architettonico e dei suoi elementi strutturali, e il livello di dettaglio degli stessi, correttamente armonizzati ai diversi scopi.

Operativamente il rilievo 3D è stato organizzato in tre fasi, ciascuna recante obiettivi specifici, anche in termini di accuratezza e livello di dettaglio da raggiungere.

Fase I: Rete topografica d'inquadramento

La rete principale di inquadramento, usualmente finalizzata nel rilievo metrico di beni architettonici ad ottenere il riferimento di tutte le misurazioni e degli elaborati di rilievo ad un unico sistema cartesiano, nonché al controllo della propagazione degli errori al fine di garantire le tolleranze richieste, è stata *accuratamente progettata nel caso di Torino Esposizioni* anche per ottenere la possibilità di studiare il problema estradosso/intradosso e definire di conseguenza gli spessori degli elementi strutturali.

La rete topografica (Figura 1), dispiegata nell'intorno del complesso edilizio, sulle sue coperture e all'interno, è stata misurata, calcolata e compensata per poter soddisfare i requisiti delle accuratezze del rilievo finale conformi alla scala 1:50 – 1:100, quindi l'accuratezza richiesta delle coordinate dei vertici è stata dell'intorno di $\pm 5\text{mm}$.

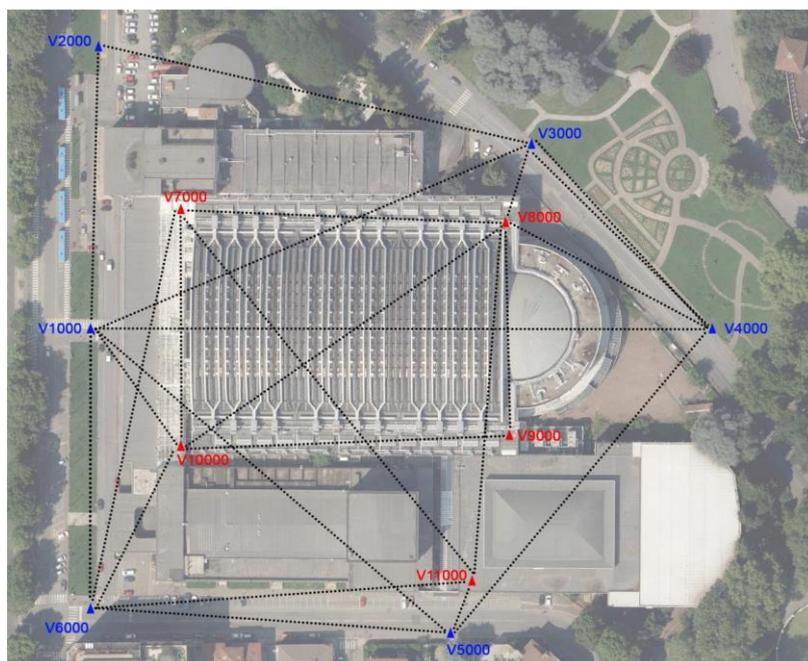
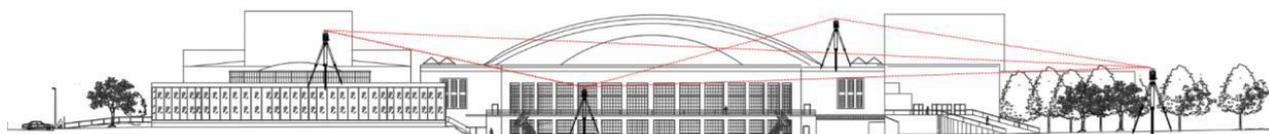


Figura 38 – Schema della rete topografica principale e fase di misura GNSS. In blu sono indicati i vertici collocati al livello stradale, mentre i vertici in rosso sono materializzati sulle coperture.

La sezione ambientale del complesso mostra le baseline della rete topografica in configurazione sensibilmente 3D.



Fase II: Rilievo 3D dell'involucro, delle coperture del complesso architettonico

Il rilievo outdoor del complesso e del suo intorno è stato pianificato prefigurando l'utilizzo di fotogrammetria UAV, soprattutto in funzione di ottenere una documentazione dettagliata delle coperture e dei relativi impianti. Sono stati affrontati i problemi dell'organizzazione di un volo in area urbana da UAV, con l'ausilio dei vigili urbani, ed è stato realizzato un rilievo topografico per costituire l'appoggio fotogrammetrico con previsione delle accuratezze delle coordinate topografiche dei punti di controllo pari a circa 1 cm.

Fase III: Rilievo 3D degli interni

Per quanto riguarda gli interni, sono stati scelti i più opportuni metodi di rilievo di dettaglio, prefigurati in forma integrata o come è corrente definire con approccio multi-sensore, caratterizzati tutti da capacità di acquisizione rapide. Si tratta dei sistemi a scansione 3D, di applicazioni di fotogrammetria close-range e dei sistemi di mapping mobile da tecnologie ibride e da scanner hand-held basati su tecnologia SLAM. Tali metodi di rilievo di dettaglio, combinati insieme in modo gerarchico, sono tutti accompagnati da rilievi topografici di punti di controllo anche in questo caso caratterizzati da accuratezze delle coordinate dei punti dell'intorno di 1 cm.

Le elaborazioni dei dati (registrazioni delle nuvole e generazione di nuvole di punti da tecniche Structure from motion – SfM della fotogrammetria digitale), sono state previste e organizzate per fornire restituzioni del modello di forma, nella forma di nuvole di punti integrate, e completate ove necessario da ortofoto digitali, caratterizzate da accuratezze metriche comprese tra 2 e 4 cm (si intende la posizione reciproca di ciascun punto rispetto a qualsiasi altro, che si trovi in qualsiasi livello di fabbrica dell'edificio).

Da questi primi risultati del rilievo 3D si è previsto di derivare sia i modelli di forma continui nella direzione della costituzione di un modello digital twins in ambiente HBIM, sia i disegni vettoriali 2D tipici della descrizione architettonica. Questi ultimi, sono sicuramente utili per il supporto di computi metrici dettagliati e, nella configurazione che integra ortofoto digitali, consentono analisi approfondite dello stato di conservazione dei paramenti murari.

Rete d'inquadramento topografica

La rete topografica d'inquadramento, come detto, consente di calcolare in un unico sistema di riferimento l'intero complesso delle misure 3D, consentendo di organizzare e controllare la propagazione dell'errore secondo l'ordine gerarchico sia dei diversi livelli di fabbrica che del rapporto esterno-interno. I vertici topografici della rete principale (Figura 1) sono stati segnalizzati in maniera stabile sul terreno, sono stati collocati nell'intorno del complesso di Torino Esposizioni e sulle coperture, e sono stati misurati con tecnica GPS/GNSS in modalità statica con campionamento ad 1s per 45 minuti /1 ora di stazionamento.

In Figura 1 sono indicati in blu i vertici collocati al livello stradale, mentre i vertici in rosso sono materializzati sulle coperture.

La rete topografica è stata elaborata con il software Leica Geo Office (LGO) utilizzando le stazioni permanenti di Torino, Savigliano, Crescentino, adottando il sistema di riferimento WGS84-ETRF2000; l'intera elaborazione del rilievo del complesso di Torino Esposizioni è quindi GEOREFERENZIATA. Le altezze ellissoidiche sono state convertite in quote ortometriche mediante il software ConveRgo e i grigliati GK2 dell'IGM. Il calcolo e la compensazione della rete di vertici sono stati eseguiti utilizzando la procedura di compensazione ai minimi quadrati, che stima oltre le coordinate dei vertici anche la loro qualità metrica; l'accuratezza media dei vertici è risultata nell'intorno di 5 mm (Tabella 1).

Cod. vertice	Est [m]	Nord [m]	Quota [m]	RMSE plan [m]	RMSE quote [m]
1000	396130.789	4989243.899	232.166	0.0020	0.0033
2000	396175.003	4989327.373	232.216	0.0032	0.0067
3000	396304.740	4989228.980	228.094	0.0024	0.0038
4000	396329.306	4989142.191	226.203	0.0024	0.0038
5000	396190.986	4989085.175	229.445	0.0026	0.0042
6000	396078.334	4989157.919	232.522	0.0025	0.0044
7000	396186.722	4989267.260	241.948	0.0036	0.0064
8000	396287.991	4989210.257	241.603	0.0020	0.0033
9000	396247.934	4989135.712	241.641	0.0022	0.0035
10000	396145.730	4989189.679	242.015	0.0020	0.0032
11000	396206.225	4989096.429	238.333	0.0023	0.0040

Tabella 1 – Coordinate topografiche dei vertici della rete e loro accuratezze.

La rete topografica di raffittimento ha condotto i vertici topografici all'interno del fabbricato, per referenziare i rilievi di dettaglio all'unico sistema di riferimento. La rete interna è stata misurata evidentemente con tecnica classica, mediante stazione totale, determinando un certo numero di direzioni misurate in collegamento con la rete principale. Sono state eseguite misure coniugate ripetute su almeno 3 strati; anche in questo caso, il calcolo e la compensazione della rete di vertici è stata eseguita utilizzando la procedura di compensazione ai minimi quadrati mediante il software STAR*NET della MicroSurvey, che stima oltre le coordinate dei vertici anche la loro accuratezza. La Figura 2 mostra la maglia triangolare rigida delle direzioni misurate, con vertici utili al rilievo dei padiglioni Nervi, dei matronei, del loro collegamento lungo il corridoio del padiglione 3 e nel cortile sul lato dell'essedra del padiglione 2, con collegamento dell'area dell'ingresso del padiglione interrato.

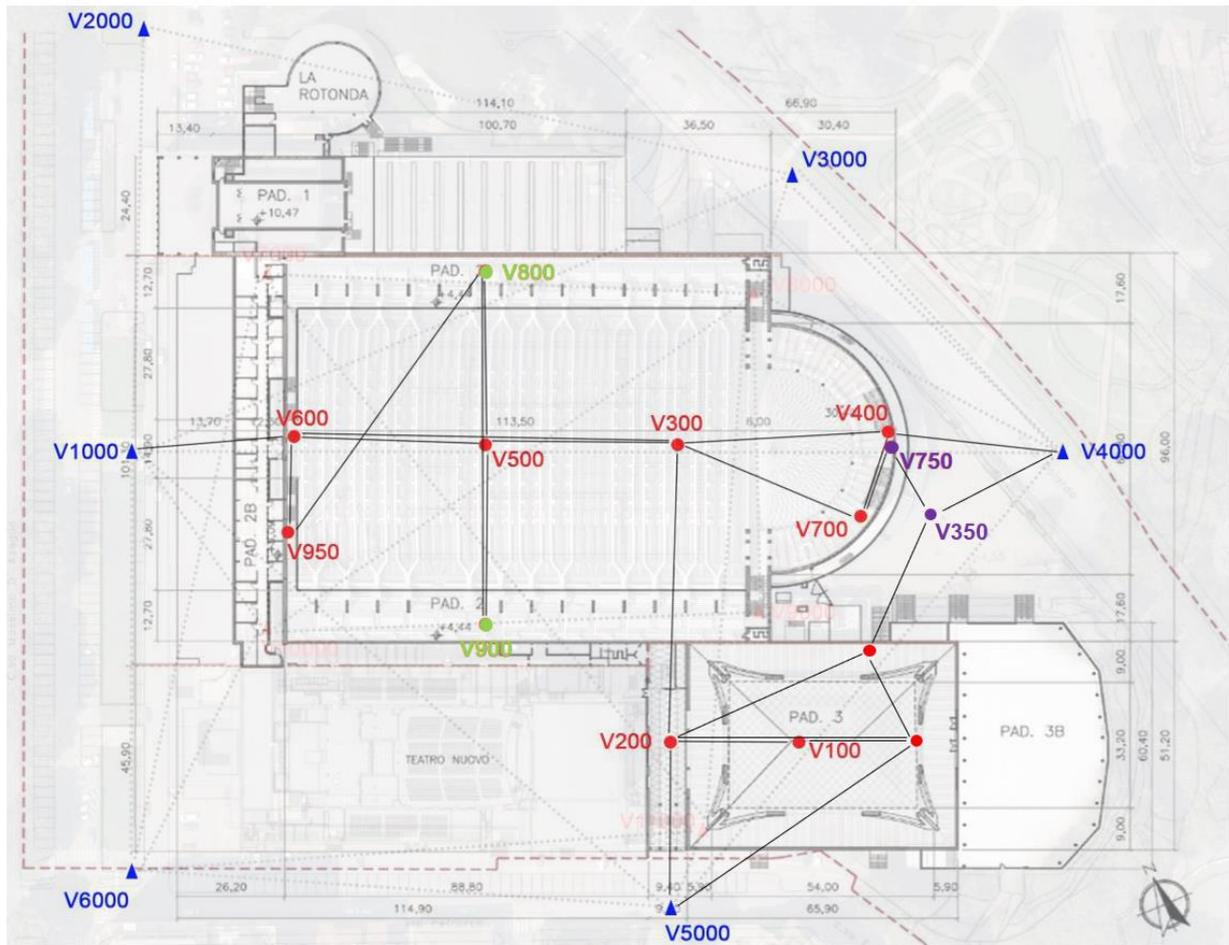


Figura 39 - Rete topografica interna ai fabbricati (in rosso) collegata alla rete esterna (in blu). In verde i vertici nei matronei, in viola al livello seminterrato e del cortile.

Vertice	X [m]	Y [m]	Z [m]	St.d. X [m]	St.d. Y [m]	St.d. Z [m]
V100	234.4856	108.0685	230.9320	0.0069	0.0061	0.0042
V200	211.7822	120.5123	230.9519	0.0047	0.0048	0.0034
V300	248.5106	185.3902	232.5052	0.0029	0.0045	0.0023
V400	295.8975	162.1772	232.4447	0.0039	0.0063	0.0027
V500	222.9436	200.1826	232.5031	0.0027	0.0036	0.0021
V600	164.8561	227.8943	232.4666	0.0025	0.0020	0.0017
V700	280.7611	146.4650	232.4417	0.0043	0.0058	0.0028
V750	295.7409	162.5307	228.4284	0.0047	0.0067	0.0031
V800	240.0119	233.0472	236.9368	0.0034	0.0054	0.0029
V900	201.7984	162.9278	236.9247	0.0044	0.0042	0.0029
V950	155.2217	206.5649	236.9097	0.0033	0.0038	0.0024

Tabella 2 – Coordinate topografiche dei vertici della rete interna e loro accuratèzze

Per una più agevole elaborazione delle nuvole dei punti le coordinate della rete dei vertici interna ai padiglioni sono state troncate (grande traslazione rispetto alle coordinate georiferite). La referenziazione altimetrica dei vertici è stata ulteriormente convertita assegnando la quota convenzionale pari 0,0 ad un punto nell'intorno del vertice 1000, nei pressi dell'ingresso principale su corso Massimo D'Azeglio del complesso di Torino Esposizioni, che costituisce il caposaldo di progetto.

Rilievo fotogrammetrico da UAV

Il rilievo fotogrammetrico UAV del complesso architettonico e delle coperture è stato preceduto dalla distribuzione e misurazione di punti di controllo a terra e sulle coperture, materializzati per mezzo di marker stabili sulle superfici orizzontali o punti naturali su superfici comunque orientate, per l'ottimizzazione del bundle adjustment dei blocchi di immagini derivate dai voli UAV. Per la misura dei punti di controllo, alla tecnica topografica satellitare, è stata preferita quella classica mediante stazione totale, con direzioni determinate a partire dai vertici della rete topografica. Questa soluzione è stata adottata per aumentare l'accuratezza del rilievo fotogrammetrico da UAV, e per soddisfare con maggior precisione l'obiettivo di stimare la relazione spaziale reciproca di estradosso ed estradosso delle volte.



L'acquisizione fotogrammetrica è stata eseguita utilizzando un drone Phantom 4 RTK equipaggiato con una camera FC6310R (dotata di un sensore CMOS 1" da 20 MP con lunghezza focale 8,8 mm/24 mm formato 35 mm equivalente).

Il rilievo aereo ha interessato l'intero complesso di Torino Esposizioni e le aree immediatamente limitrofe, ricoprendo un'area di approssimativamente 0,07 km².

La quota di volo media è stata di circa 60 m, con un GSD (Ground Sample Distance) stimato di circa 1,5 cm. Sono stati pianificati diversi voli in modo da acquisire sia immagini nadirali (in modo da ricoprire le superfici relative alle coperture) sia immagini inclinate a 45° (per irrigidire il calcolo e per migliorare la determinazione delle superfici voltate delle coperture). In totale sono state acquisite 1922 immagini (risoluzione delle immagini: 5472 x 3648 pixels) di cui 850 nadirali e 1072 oblique.

Le immagini digitali acquisite seguendo le modalità sopra illustrate sono state successivamente elaborate utilizzando il software fotogrammetrico basato su algoritmi SfM (Structure-from-Motion) Agisoft Metashape. Il workflow seguito è stato il seguente:

- Orientamento relativo dei fotogrammi tramite estrazione dei tie-points (Figura 4)
- Estrazione dei tie-points
- Georeferenziazione e bundle adjustment utilizzando il set di punti di controllo acquisito come riportato precedentemente. In totale sono stati utilizzati 39 punti come GCPs (Ground Control Points) e 25 punti come CPs (Control Points) (Figura 3). L'accuratezza (RMSE) osservata sui GCP e sui CP è riportata nella Tabella 3
- Generazione di una nuvola densa (Figura 5)
- Generazione di un DSM (Figura 6 sinistra)
- Generazione di un'ortofoto (Figura 6 destra)

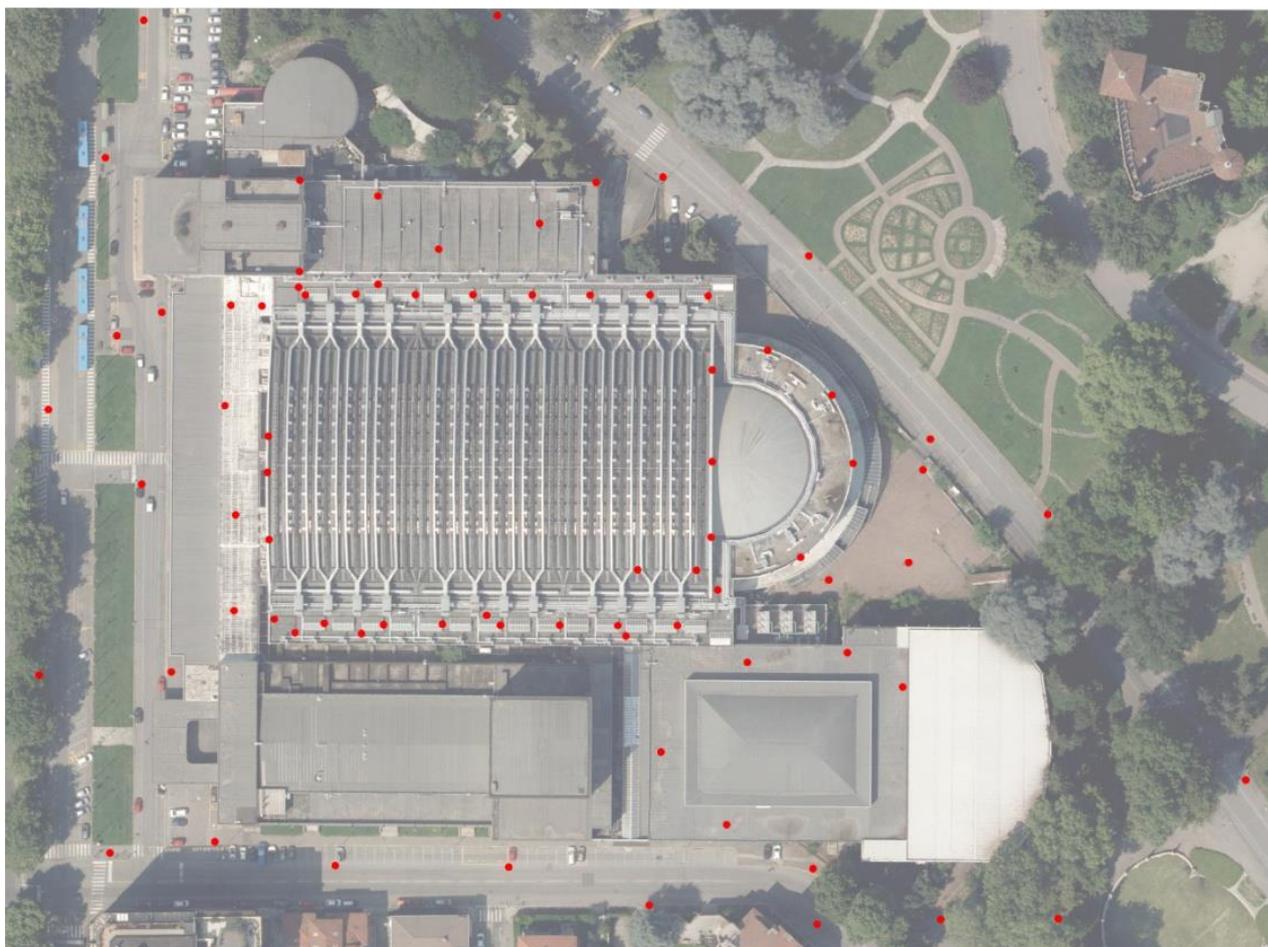


Figura 40 - Distribuzione dei punti di controllo per rilievo fotogrammetrico UAV

	RMSE [m]			
	X [m]	Y [m]	Z [m]	XYZ [m]
GCPs (39)	0.017	0.014	0.009	0.024
CPs (25)	0.021	0.016	0.013	0.030

Tabella 3 - Accuratezza osservata sui punti di controllo (GCPs e CPs).

Perspettiva 30°

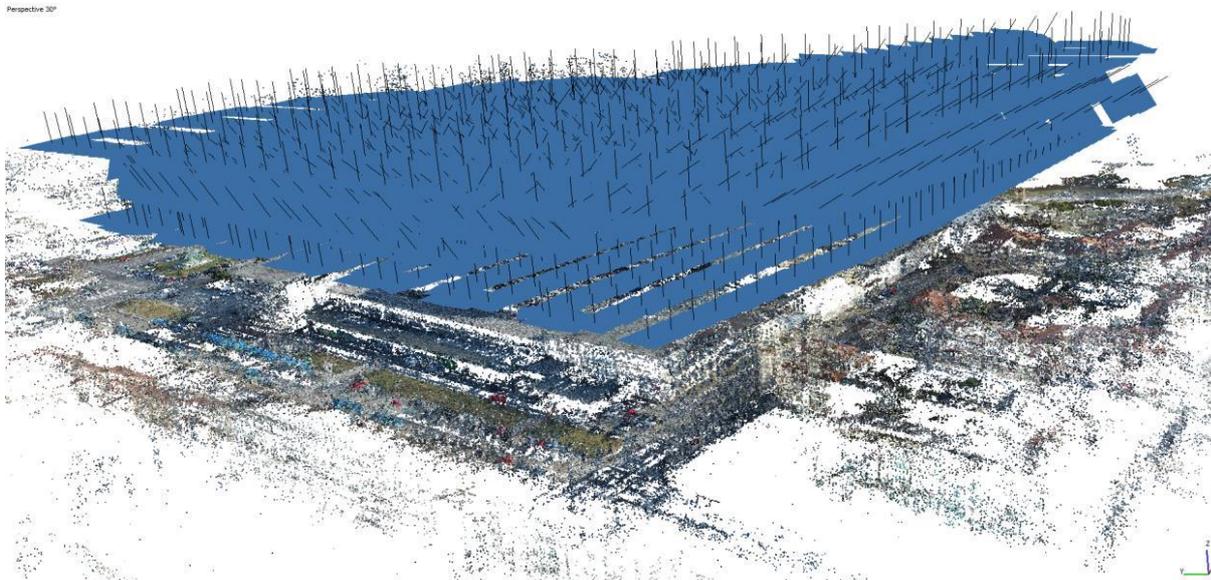


Figura 41 - Fotogrammi orientati e nuvola di tie-points

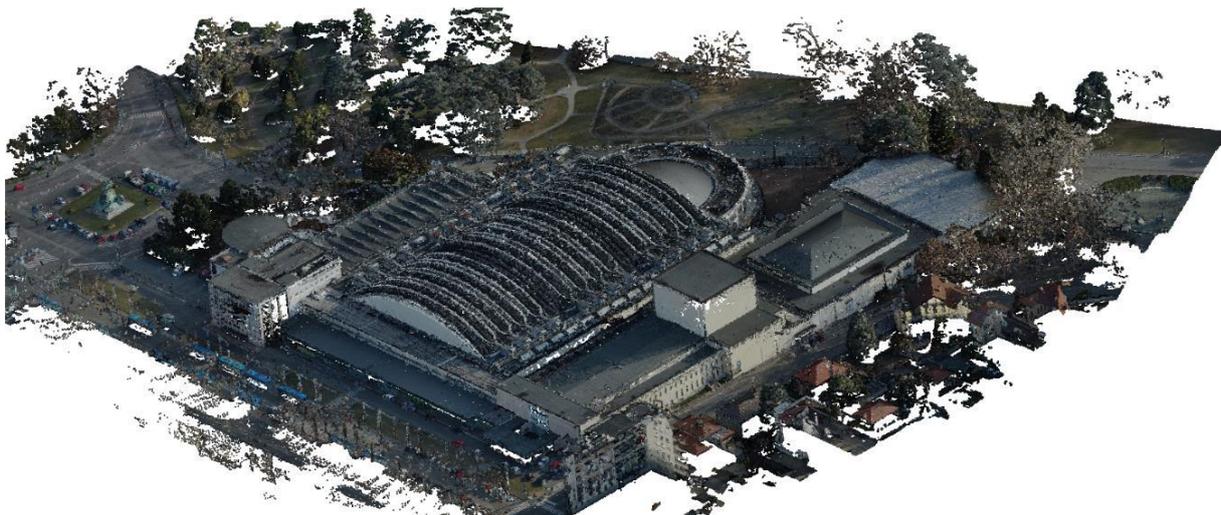


Figura 42 – Nuvola densa

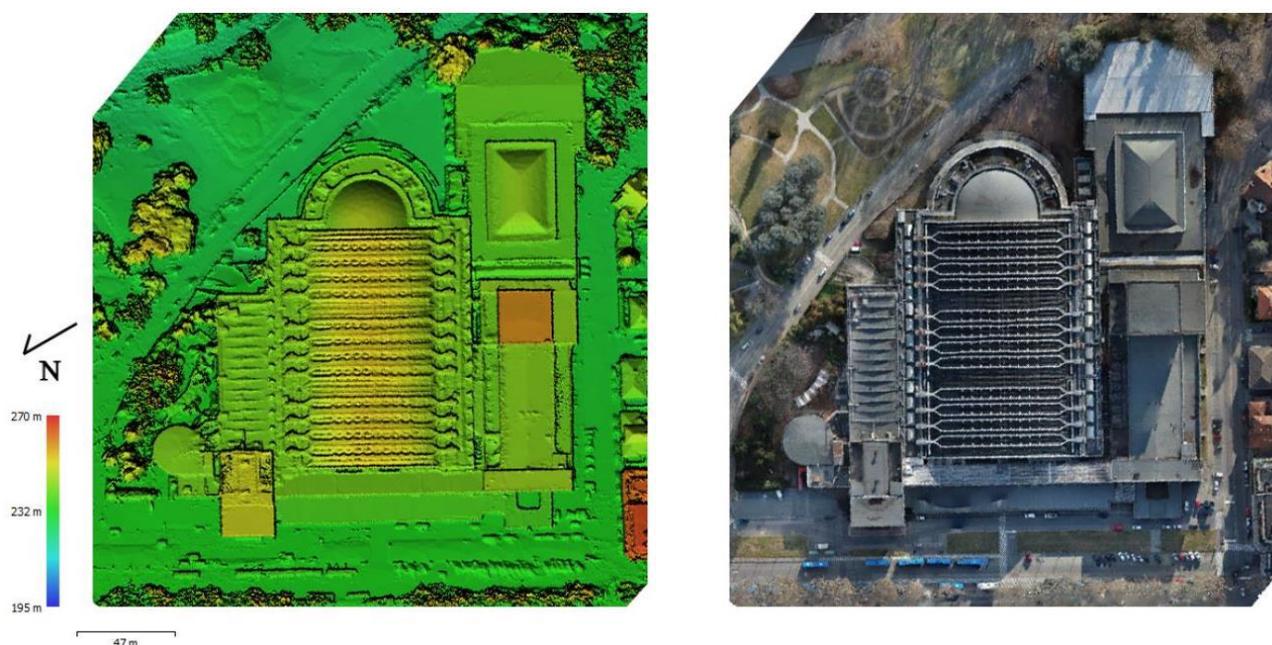


Figura 43 - Prodotti metrici derivati da tecnica fotogrammetrica. A sinistra, DSM. A destra, ortomosaico.

Rilievo laser scanning

Per quanto riguarda gli spazi interni, un rilievo completo di tipo terrestre laser scanning è stato pianificato e condotto sia all'interno del **Padiglione 2** che del **Padiglione 3**, con l'obiettivo di acquisire il maggior numero di superfici e di geometrie per documentare l'interno degli spazi misurati nella maniera più completa possibile. Il laser scanner utilizzato è di tipo phase shift, modello Faro Focus3D X330.

La pianificazione della posizione delle stazioni di acquisizione è stata effettuata in modo da ottimizzare i ricoprimenti reciproci tra le scansioni contigue e, pertanto, minimizzare il numero di scansioni necessarie ad ottenere il completo ricoprimento dei due padiglioni. Si è tenuto pertanto conto delle aree di occlusione, delle aree cieche e delle zone caratterizzate da un incremento in termini di rumorosità (dovuto a vari fattori tra cui, ad esempio, la presenza di superfici vetrate).

All'interno del Padiglione 2 sono state acquisite in totale n° 58 scansioni statiche con una densità pianificata di punti di > 100.000 pt/m². Le acquisizioni sono state così ripartite:

- N° 7 scansioni nell'area limitrofa all'ingresso.
- N° 4 scansioni nell'area centrale del padiglione.

- N° 6 scansioni nella loggia settentrionale.
- N° 10 scansioni localizzate nell'area dell'edera.
- N° 10 scansioni nell'area limitrofa alle scale di collegamento tra l'edera e il piano interrato.
- N° 21 scansioni nel piano interrato.

La registrazione delle scansioni è avvenuta con un processo in due fasi secondo un workflow consolidato che consiste in una preliminare registrazione mediante algoritmo ICP (Iterative Closest Point). L'errore medio osservato al termine di questa procedura, inteso come distanza media tra i punti delle scansioni registrate, è stato di circa 3 mm. Il secondo passaggio è consistito nella registrazione mediante punti di controllo (misurati mediante stazione totale: in questo modo sono stati misurati sia punti materializzati sotto forma di target a scacchiera ad elevato contrasto radiometrico, sia punti naturali univocamente riconoscibili). In totale sono stati utilizzati 28 punti di controllo: l'errore medio al termine di questa seconda procedura di registrazione è stato osservato pari a circa 5 mm.

Considerando l'elevato numero di punti (pari a più di due miliardi di punti, al termine delle procedure di registrazione si è quindi proceduto applicando un filtro alla nuvola complessiva per eliminare i punti ridondanti o rumorosi, ed eventuali outliers. Inoltre, è stato applicato un algoritmo per equalizzare radiometricamente il colore delle nuvole di punti adiacenti, con il fine di omogeneizzare il valore RGB delle scansioni adiacenti. Al termine di questi processi la nuvola di punti derivata dal rilievo LiDAR risulta composta da circa 193 milioni di punti. La nuvola da Lidar statico è stata generata in punti cruciali della struttura ad arco, ingresso ed edera. Nel salone principale si è proceduto all'impiego della nuvola Swift da MMS co-registrata in un secondo momento nel sistema di riferimento globale.

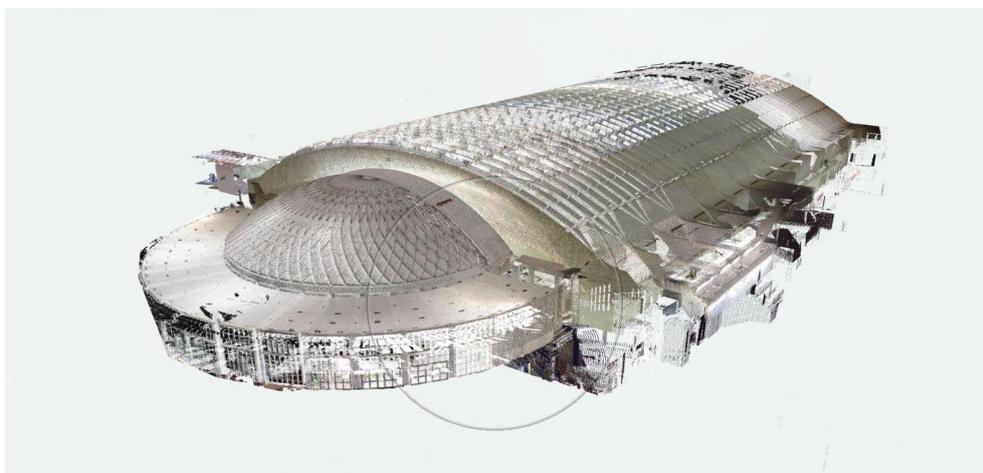


Figura 44 - Nuvola LiDAR

Completamento del rilievo degli ambienti di servizio mediante MMS

La configurazione degli ambienti, la loro accessibilità e le ragioni legate alla speditività di alcune delle fasi di misura hanno consentito di sperimentare, come introdotto, sistemi di mapping 3D a completamento degli ambienti principali mappati per via tradizionale con scanner statico, localmente più accurato e sicuramente e globalmente più dispendioso in termini di risorse. È stato verificato e validato che queste tecniche ben si adattano alla complessità degli spazi del padiglione e la loro competitività ha permesso di velocizzare i tempi di acquisizione dati. In particolare, le aree delimitate da murature provvisorie in cartongesso al di sotto delle gallerie e al di sopra della galleria nord, che inglobano le strutture dei grandi archi inclinati (o pilastri-arco) nel loro attacco a terra, sono state mappate con una serie di traiettorie eseguite con sistema SLAM, così come le stanze del piano interrato.

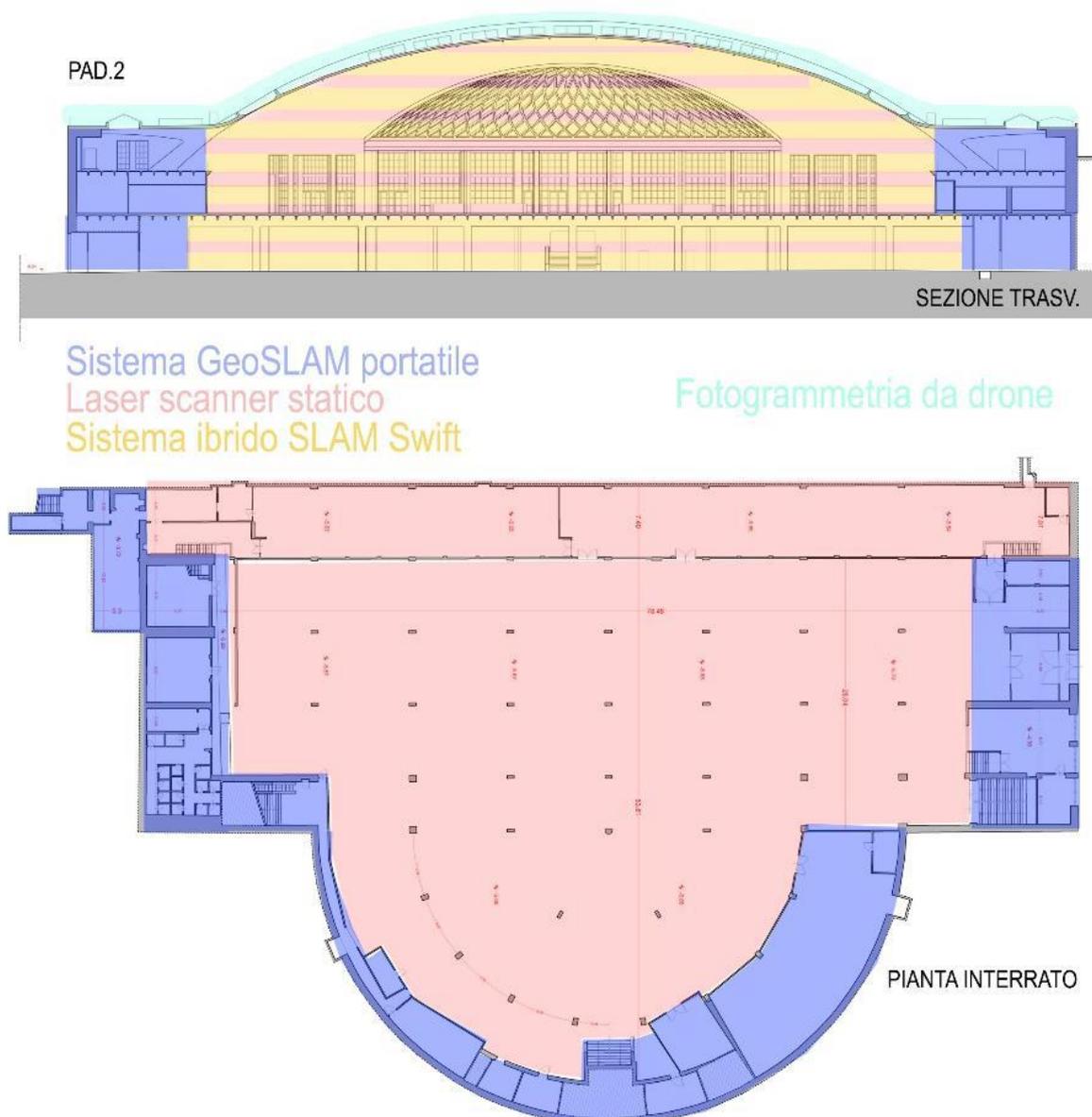


Figura 45 - Indicazione delle aree del padiglione B e copertura delle tecniche integrate impiegate

Sistema ZEB Revo di Geoslam

Il sistema portatile ZEB Revo di GeoSLAM è stato sperimentato principalmente nel padiglione B ed è stato possibile portare a termine la complessa ed estensiva mappatura degli spazi temporanei superiori e inferiori delle gallerie costituiti da tramezzi in cartongesso, nonché parte degli articolati ambienti dell'interrato, con un notevole risparmio in termini di tempi e di risorse operative impiegate.

Le acquisizioni sono caratterizzate da traiettorie chiuse in andata e ritorno con chiusura dell'acquisizione nel punto di partenza. Le operazioni di scansione sfruttano il movimento dell'operatore e la caratterizzazione degli ambienti: l'algoritmo SLAM è in grado di determinare la traiettoria del centro di presa sulla cui base è possibile calcolare la nuvola acquisita durante il tragitto tramite algoritmi ICP. Una coppia di traiettorie ha lavorato al piano superiore nelle due gallerie.

Le stanze al piano terra hanno richiesto una divisione delle traiettorie a causa della complessità degli ambienti e il rischio di una possibile deriva nell'acquisizione di geometrie con traiettorie percorse troppo lunghe. Le acquisizioni hanno avuto una durata media di 10-20 minuti, con 15mln-25mln di punti a scansione, a seconda del percorso. Per questo sono state acquisite separatamente, ma con aree in sovrapposizione, le stanze nord e sud al piano terra e relativi bagni: 3 nuvole nelle stanze lato nord e 5 nuvole nelle stanze a sud.

Il piano interrato si è dimostrato un ambiente all'apparenza congruente con gli spazi tipici del funzionamento di tali sistemi SLAM, ma una serie di condizioni ambientali hanno reso articolata l'acquisizione e la performance del sistema di misura è stato compromesso. Alcune delle cause sono state la fitta e modulare maglia di pilastri in corrispondenza dell'edera, la pervasiva presenza dell'acqua a terra e sulle pareti a causa delle infiltrazioni e una quantità di superfici metalliche riflettenti che ha causato problemi di rumorosità e errori di deriva e duplicazioni dei pattern acquisizioni.

Le 5 nuvole tramite MMS dell'interrato hanno perciò riguardato solamente gli ambienti accessori e per questo motivo l'acquisizione SLAM è stata integrata con un dataset di scansioni statiche dell'aere centrale di ingresso.

Sistema SWIFT

Il sistema Swift di FARO Technologies è stato sperimentato nel grande ambiente voltato del padiglione 2, dove la nuvola 3D da Swift è stata parte integrante e consistente della mappatura e restituzione grafica.

Sono state stabilite tre traiettorie di acquisizione negli ambienti principali aperti della navata, lungo cui l'operatore ha camminato a velocità costante e rallentata: due nel salone e una attorno ai pilastri dell'edera, in connessione con la discesa all'interrato.

Le traiettorie hanno avuto una durata di circa 10-15 min ciascuna, con percorsi fino a 400m (rossa), e una nuvola di punti di circa 600-700mln di punti (rossa e blu). Un campione di misure longimetriche, confrontate con il dato statico di riferimento, ha permesso di validare globalmente il sistema Swift con un errore residuo medio <1cm per le distanze più brevi, inferiori a 100m, e di 4-5 cm per le distanze longitudinali >100m.

Per quanto riguarda una valutazione locale del dato 3D, in termini di accuratezza e precisione geometriche, utile a trattare la nuvola nel processo di sezione, settorializzazione e modellazione, sono stati analizzati differenti campioni di nuvola.

Analisi di densità di punti del dato, planarità delle superfici ricostruite e rumorosità nella distribuzione dei punti si attestano su valori molto competitivi rispetto allo scanner statico seppur non stessa precisione strumentale. Il dato, integrato con il resto del modello di punti, è stato quindi utilizzato in maniera efficiente, insieme a quello derivante dal dato statico e SLAM portatile, per la fase di interpretazione e restituzione grafica.

Integrazione nuvole di punti

In linea con l'approccio metodologico presentato, e grazie alla pianificazione mirata delle tecnologie di acquisizione, vagliate e pesate a seconda dei differenti ambienti, nonché all'impiego continuativo dell'appoggio topografico per l'adozione del sistema di riferimento globale e il controllo della propagazione degli errori, è stato possibile pervenire al modello 3D completo relativo sia all'intradosso che all'estradosso dei volumi. L'efficace integrazione dei dati metrici orientata alla modellazione 3D ha riguardato, in sintesi, le nuvole esterne, da fotogrammetria da drone, e interne da sistemi LiDAR statici e mobile.

Per quanto riguarda l'integrazione delle nuvole esterne l'approccio ha garantito la co-registrazione complessiva grazie all'impiego del medesimo sistema di riferimento nella misura dei punti di controllo fotogrammetrici e per quelli impiegati nelle scansioni, sia statiche e mobile tramite Swift.

Le nuvole SLAM hanno richiesto invece un approccio articolato per la verifica di una accurata co-registrazione nel modello di punti, in linea con le accuratezze ricercate per gli scopi del modello, con un errore massimo inferiore a 4-5cm. Le nuvole SLAM, una volta elaborate verificate e segmentate, sono state ognuna co-registrata con il modello LiDAR interno, grazie alla creazione di corrispondenze su punti omologhi. Su di essi è stato fatto un controllo dell'errore medio (Figura 9) ed è stato verificato rientrasse nei limiti di accettabilità.

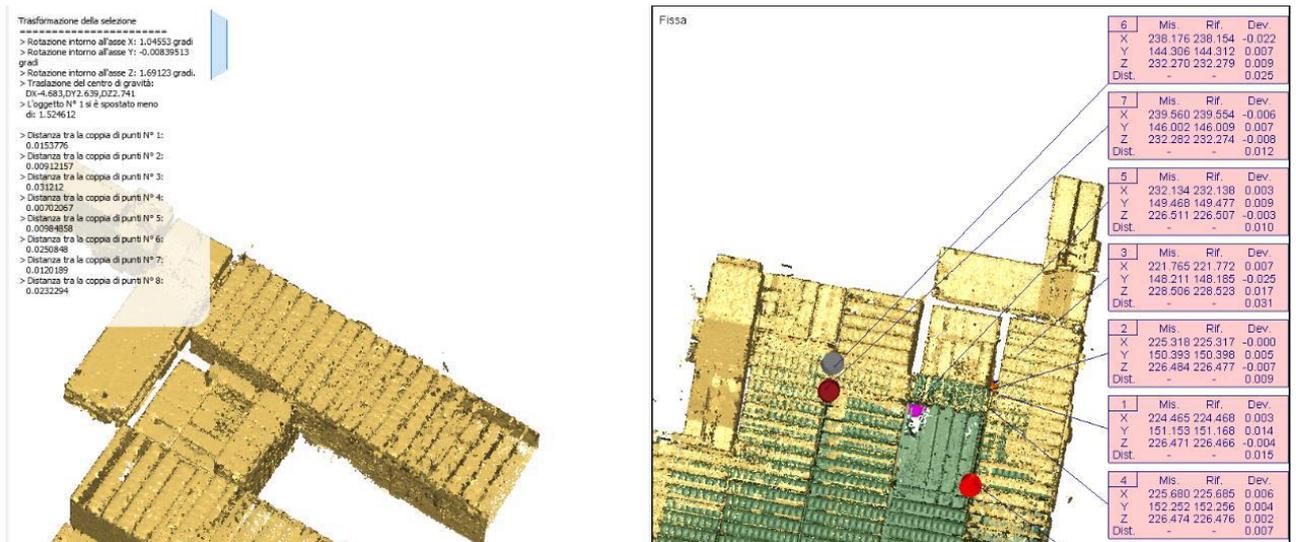


Figura 46 - Co-registrazione delle nuvole derivate dal sistema ZEB Revo GeoSLAM nel sistema di riferimento globale grazie alla creazione di corrispondenze con la nuvola LiDAR statica grazie alla collimazione di punti di aree in comune.

La caratterizzazione morfologica dell'involucro sottile è stata affrontata, come illustrato nei paragrafi precedenti, a partire dall'integrazione dei dati relativi all'intradosso (scansioni LiDAR) e all'estradosso (nuvola di punti da fotogrammetria UAV) della struttura.

Tuttavia, un interesse particolare è stato dedicato alla possibilità di verificare le corrispondenze degli elementi in ferrocemento della fase di progetto con la realizzazione effettiva grazie al modello reality-based.

Rilievo fotogrammetrico CLOSE RANGE delle diagnosi

Tra gli obiettivi previsti del progetto vi è quello di integrare la documentazione a più grande scala dei punti di interesse e localizzare spazialmente le attività diagnostiche del team multidisciplinare e i lavori di indagini operate in specifiche aree distribuite sulle superfici dei padiglioni.

Questa necessità è stata l'occasione di testare una combinazione di tecniche di digitalizzazione consolidate e approcci più innovativi su superfici complesse, grazie all'aiuto del carrello elevatore che ha permesso di stabilire distanze di presa più ravvicinate.

Nel corso della campagna di rilievo metrico sono state previste diverse integrazioni mediante l'impiego di tecnica fotogrammetrica close-range terrestre; pertanto, sono stati acquisiti diversi dataset fotogrammetrici. L'obiettivo di queste integrazioni è duplice: da un lato arricchire radiometricamente il dato LiDAR laddove necessario, dall'altro eseguire dei focus mirati su elementi di particolare interesse (es. quelli indagati dal team di strutturisti) in modo da poter disporre di prodotti metrici di elevata precisione e caratterizzati da un maggiore livello di dettaglio. Inoltre, è stato testato uno scanner a luce strutturata ad altissima risoluzione per acquisire alcune lesioni collocate sul grande arco dell'esedra.

Si è proceduto eseguendo dei rilievi a grande e grandissima scala, mirati agli elementi strutturali oggetto delle indagini diagnostiche. La procedura di acquisizione è stata analoga a quella descritta nel paragrafo precedente. Anche in questo caso sono stati utilizzati la camera e l'obiettivo descritti nei paragrafi precedenti. Ciascun blocco fotogrammetrico (formato da circa 70-80 immagini per ciascun elemento) è stato elaborato con l'obiettivo di ottenere un dato denso, ad alta risoluzione, idoneo a documentare efficientemente i vari test svolti.

Inoltre, grazie all'impiego di un carrello elevatore che ha permesso di avvicinare la posizione dei centri di presa alle coperture del padiglione, è stato possibile acquisire con criteri fotogrammetrici immagini a distanza

ravvicinata di un modulo della volta del padiglione. In totale sono state acquisite 333 immagini, che hanno consentito di ricostruire digitalmente la geometria del modulo oggetto di studio.



Figura 47 - Disegni del progetto degli elementi ad onda del padiglione 2, e ricostruzione fotogrammetrica di un modulo della volta.

In questo caso, oltre all'approccio fotogrammetrico, è stato testato l'utilizzo di un laser scanner a luce strutturata (modello Stonex F6 SR). Lo scanner F6 SR di Stonex lavora a distanze comprese tra 25-50 cm, acquisendo circa 640000 punti al secondo. Viene emesso e proiettato un pattern NIR (infrarosso vicino) e misurato dal ricevitore come maglia di punti 3D nello spazio misurato grazie a un algoritmo di triangolazione. Utilizzando questa tecnologia è stato possibile acquisire nuvole di punti ad altissima risoluzione – caratterizzate da un livello di dettaglio elevato – relative alle lesioni collocate sul grande arco adiacente all'edera del Padiglione B per effettuare una documentazione a grandissima scala.

Questi primi dataset hanno permesso di riflettere sia su questioni metodologiche relative alla tecnologia sia sulla predisposizione di superfici e materiali ad essere documentati tramite tale tecnologia, per poter stabilire workflow operativi ripetibili in condizioni analoghe. Essi saranno oggetto di successive indagini e possibili approfondimenti in vista di una modellazione a scala maggiore degli elementi costruttivi della copertura.

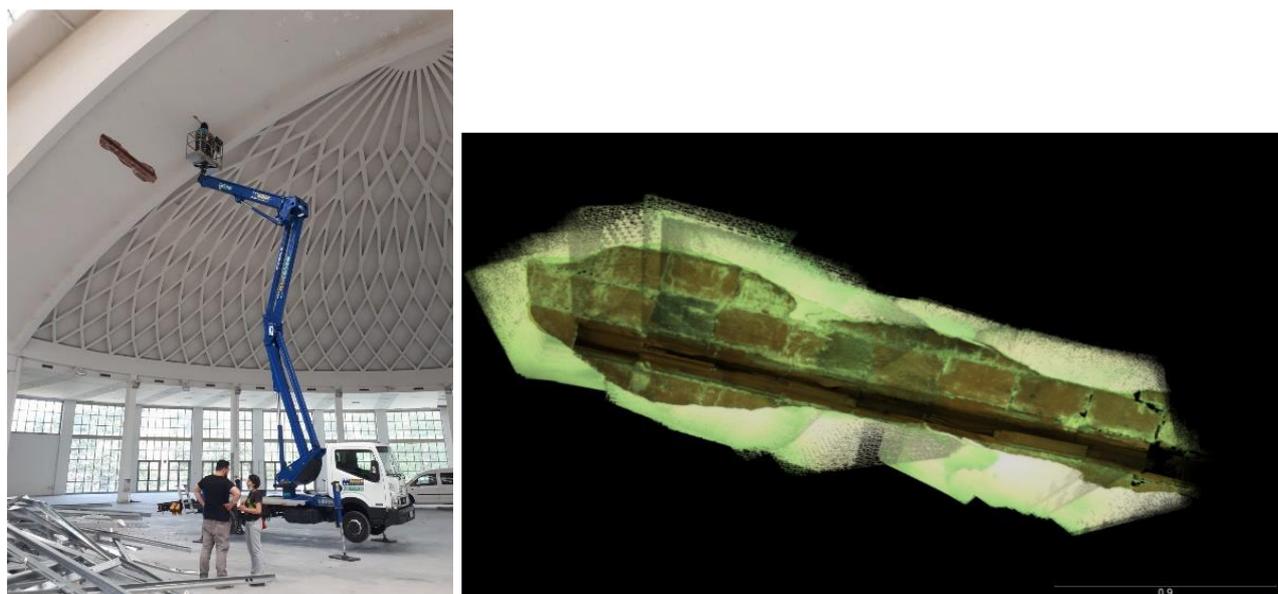


Figura 48 - Fessurazione volta SAP

Il carrello elevatore ha permesso di raggiungere distanze inferiori al metro del grande arco che separa navata centrale ed esedra. È stata acquisita a grandissima scala, come si vede dall'anteprima mostrata in foto, una porzione della superficie in cui le indagini hanno operato sulla pulizia e rimozione di intonaco sulla base di una preesistente fessurazione.

Nel 2022, in occasione del presente PFTE, si è reso necessario **integrare il rilievo dell'opera** in quanto alcune zone risultavano completamente sconosciute. È stato quindi eseguito un **rilievo geometrico di tutti i locali del padiglione 2B**, della **centrale tecnologica** (collocata tra il padiglione 2, il padiglione 3 e il Teatro Nuovo), delle aree esterne, e dei fronti esterni sia lato corso Massimo sia lato parco del Valentino.

I rilievi sono stati realizzati con Laser Scanner 3D TOPCON serie GLS-2000 e Laser scanner Mobile Portatile Leica BLK2GO. La restituzione del rilievo nei modelli BIM e nelle elaborazioni dwg si è basata sulle nuvole di punti e sull'analisi della documentazione storica ricavata da archivi pubblici e privati.

9.3 Conoscenza strutturale

Il complesso fieristico di Torino Esposizioni nasce nella seconda metà degli anni 30 su progetto dell'arch. Ettore Sottsass; subendo ingenti danni durante i bombardamenti della Seconda Guerra mondiale, viene ricostruito nel 1948 dall'Impresa Nervi & Bartoli su progetto dell'Ing. Pier Luigi Nervi.

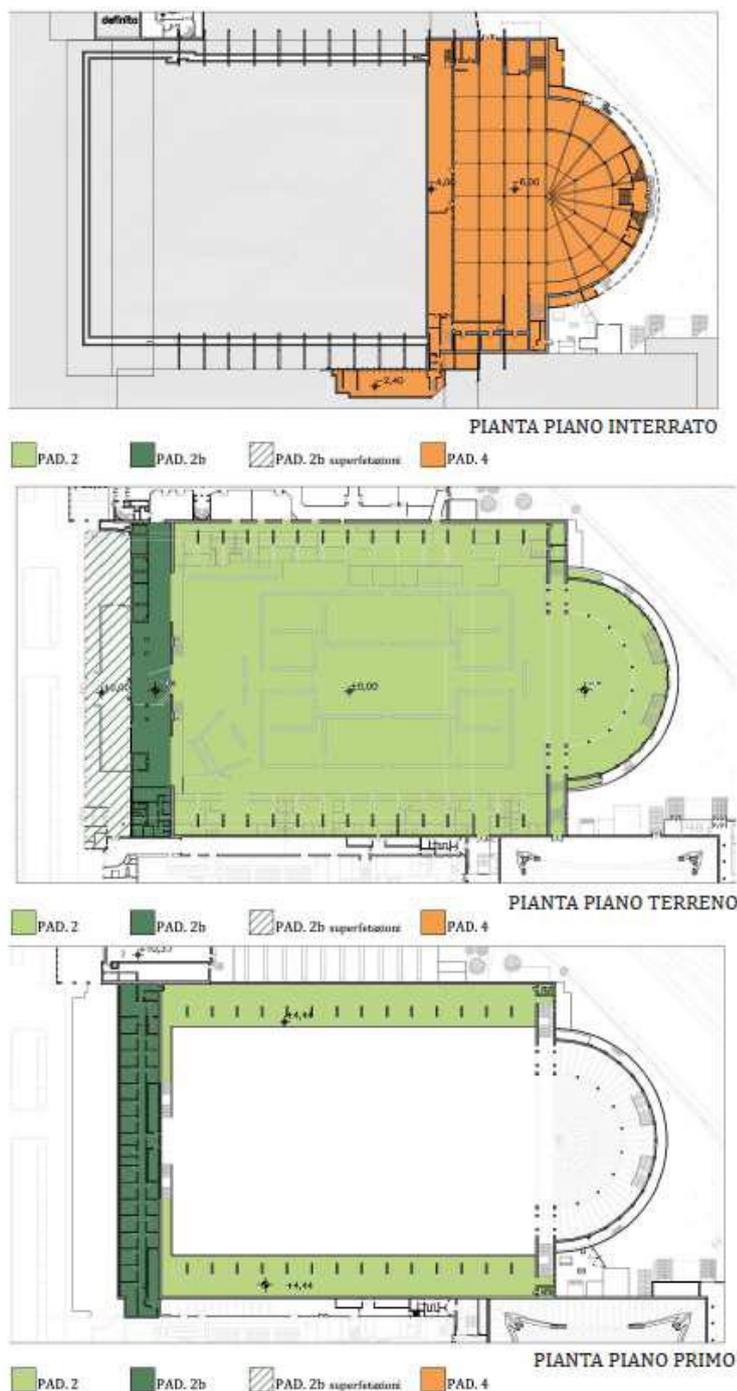


Figura 49 – Nomenclatura aree

celebri al mondo, all'incrocio fra arte e scienza del costruire.

In queste opere Nervi utilizza per la prima volta in un progetto su grande scala di strutture spaziali la sua personalissima tecnica del ferrocemento (maglia metallica e armature di piccolo diametro conglobate in un sottile strato di malta di cemento), tecnica di cui è internazionalmente considerato il re inventore, dopo gli esperimenti iniziali di Lambot a metà Ottocento (Chiorino C. 2010, 2014).

Il Padiglione 2, detto Salone Agnelli, presenta un'impronta rettangolare con asse principale su un orientamento sud-est nord-ovest trasversalmente al quale è presente il caratteristico sistema voltato ondulado costituito da "arconi" composti da elementi ondulati in ferro-cemento di pochi centimetri di spessore, prefabbricati a terra, accostati al montaggio e completati da getti integrativi in corrispondenza del colmo e dalla gola delle onde. Sulla testata corta di sud-est dal corpo principale si protende una semi-cupola "trattenuta" da un solaio anulare piano, anch'essi costruiti con elementi prefabbricati in ferro-cemento con getto integrativo di completamento in opera. È stato **realizzato in due fasi**: la prima negli anni 1947-48, a partire dalla cupola a est e con le **prime 10 campate** voltate, lasciava spazio a una corte interna; **la seconda negli anni 1952-53** ha visto il completamento del sistema voltato verso ovest con **altre cinque campate** voltate, fino a collegarsi al padiglione 2b, stecca originale parallela corso Massimo D'Azeglio del progetto Sottsass.

Il Padiglione denominato 4 è in realtà il piano interrato del Salone Agnelli, situato sul fronte orientale del fabbricato, realizzato in corrispondenza dell'impronta del precedente salone con copertura a shed del progetto Sottsass, distrutto dai bombardamenti.

I Padiglioni 2 e 3 di Torino Esposizioni, progettati e costruiti da Pier Luigi Nervi (1891 – 1979) tra il 1948 e 1953, rappresentano una delle opere di architettura strutturale del Novecento più



Figura 50 - Padiglione 2, stoccaggio dei conci prefabbricati



Figura 51- Padiglione 2, immagine di cantiere

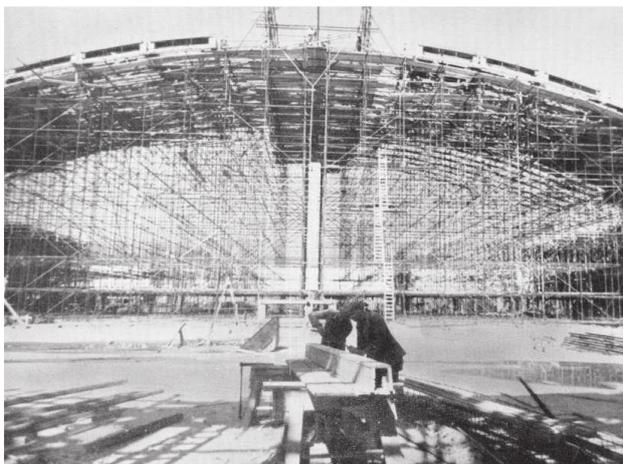


Figura 52- Padiglione 2, immagine di cantiere

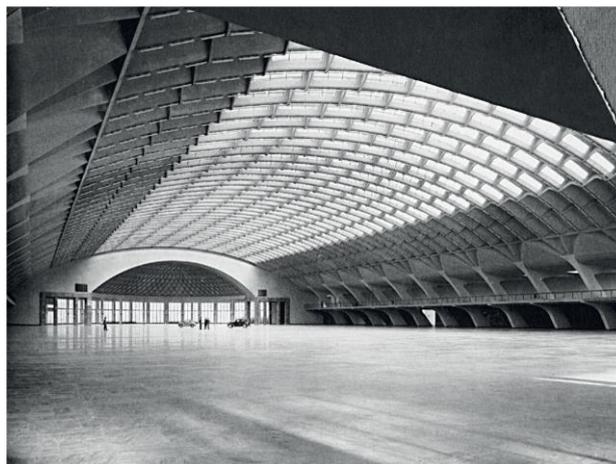


Figura 53- Padiglione 2, immagine storica

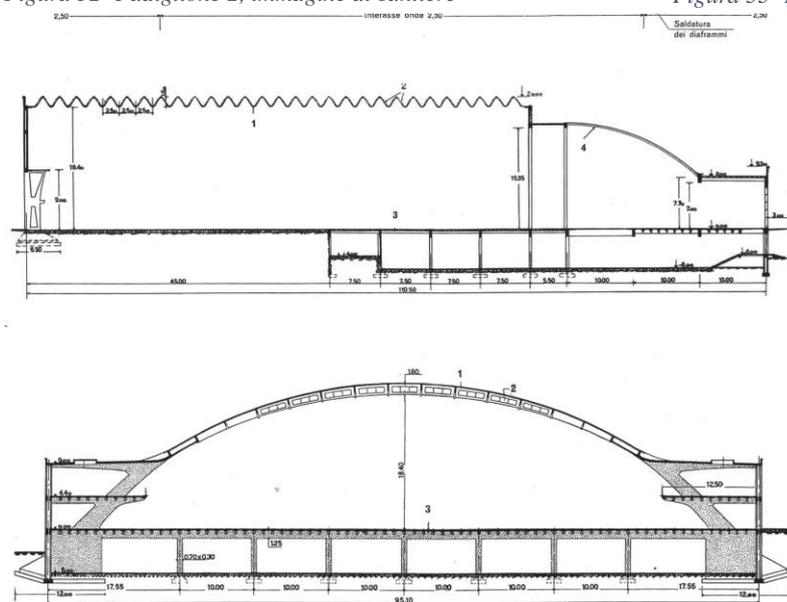


Figura 54- Padiglione 2, immagini di cantiere

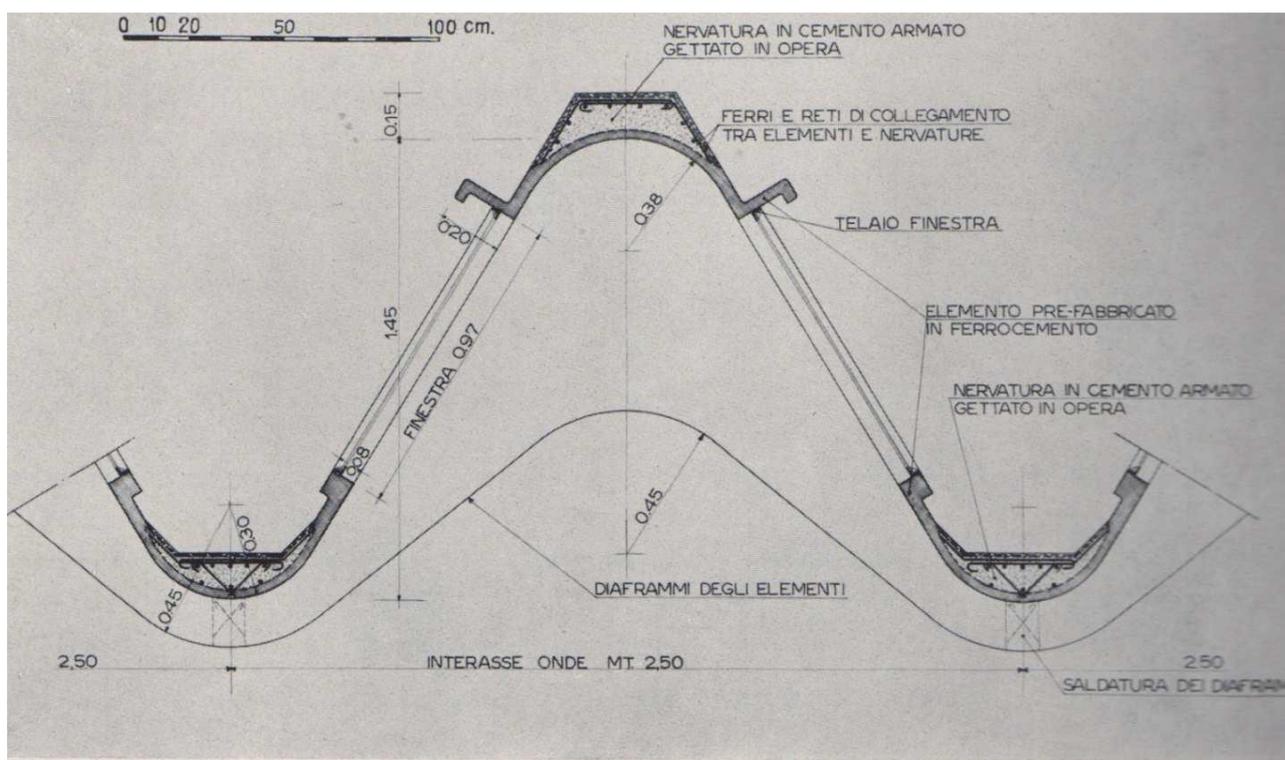


Figura 55 - Padiglione 2, sezione longitudinale trasversale delle nervature in ferroceemento della volta



Figura 56 - Padiglione 2, immagine di cantiere



Figura 57- Padiglione 2, immagine storica Salone dell'Auto

Il ferroceemento, il cui impiego è qui abbinato ad un ampio ricorso alla prefabbricazione, viene adottato per la sua leggerezza, resistenza e plasmabilità al fine di realizzare elementi strutturali resistenti per forma, con risultati straordinari dal punto di vista estetico. Nervi stesso sottolinea queste grandi possibilità espressive offerte dall'uso di queste tecniche, affermando ad esempio nella presentazione delle strutture del Padiglione 3, che esse consentono “di svincolare il cemento armato dalla schiavitù della cassaforma in legname e di aprire nuovi e illimitati campi alla fantasia progettuale e statico architettonica” (Nervi 1950). Lo stesso sistema costruttivo sarà adottato da Nervi negli anni successivi in altre celebri opere, dal Palazzetto e Palazzo dello Sport a Roma, alla cattedrale di St. Mary a San Francisco e all'Aula delle udienze pontificie in Vaticano.

All'inaugurazione nel 1948 il Padiglione 2 viene definito “*il più bel palazzo che l'Italia abbia mai costruito*”.

I Padiglioni 2 e 3 di Torino esposizioni vengono illustrati sin dall'inizio, e ancora oggi, sulle principali riviste italiane e internazionali (Fig.11 e 12) (Levi e Chiorino M.A. 2004, Abel et al. 2013), citati in monografie dedicate a Nervi (basti ricordare fra le tante quella dell'Architectural Press di Londra del 1957 o quella pubblicata a Mosca nel 1968 da E. K. Ivanova e R. A. Kacnelson), così come nei più autorevoli libri sull'arte

e scienza del costruire come *Razón y Ser de los Tipos Estructurales* di Eduardo Torroja (Fig. 13) e il terzo volume di *Scienza delle Costruzioni* di Gustavo Colonnetti (1957) dedicato alle pareti sottili. Essi ben giustificano la definizione di Nervi, da parte di Nikolaus Pevsner, come “*il più brillante artista del cemento armato dei nostri giorni*” (Pevsner 1966; Chiorino C. 2006-2016, Chiorino M.A. 2010-2013).

Con un riferimento alle tappe individuate dai criteri e linee guida per la conservazione e la riabilitazione strutturale definiti in sede ICOMOS-ISCARSAH, bisogna tenere conto che i Padiglioni di Pier Luigi Nervi del Complesso di Torino Esposizioni sono costruzioni in calcestruzzo armato realizzate tra 65 e 70 anni addietro, le quali presentano anche la speciale caratteristica di essere state realizzate per una larga parte con l’impiego della tecnica del ferrocemento. Pertanto, il progetto di recupero deve necessariamente fare riferimento sia alla evoluzione delle conoscenze e dei corrispondenti riferimenti normativi elaborati negli anni recenti a livello internazionale per le strutture in calcestruzzo armato ordinario, sia alle linee guida più specifiche elaborate per le opere in ferrocemento.

Occorre inoltre tenere conto del fatto che trattasi di opere che sono state sostanzialmente prive di un piano sistematico di interventi ispettivi e manutentivi nel corso della loro vita, con la sola eccezione della campagna di indagini (Orza e Napoli 2003) condotta limitatamente al Padiglione 2 in occasione della riutilizzazione temporanea dei due padiglioni per le Olimpiadi del 2006. Tali indagini non hanno peraltro riguardato le strutture nella loro globalità.

Per quel che riguarda le strutture orizzontali dei solai dei piani superiori, le ispezioni effettuate nel 2003 (Orza e Napoli 2003) indicavano la presenza di stati fessurativi all’intradosso (con ampiezza delle fessure pari a circa 0,4 mm), Per i solai del piano terra l’esame visivo delle strutture di intradosso, effettuato nella medesima occasione limitatamente alla parte esplorabile dal piano interrato, rivelava la presenza di fessurazioni sistematiche in mezzeria delle solette e anche alcune sbrecciature dei travetti.

Soprattutto per le opere in ferrocemento, la tecnologia “di cui Nervi è stato il riconosciuto re-inventore negli anni Quaranta del Novecento dopo le limitate applicazioni da parte di Lambot nell’Ottocento (Pemberton 1998, Greco 2008, Chiorino C. 2010)” era appena agli albori in termini di criteri e regole di progetto ed esecuzione ai tempi della realizzazione dei Padiglioni 2 e 3 di Torino Esposizioni, opere che sfruttano, con una concezione geniale ed audace, tutte le potenzialità di questa nuova tecnica costruttiva, rappresentandone la prima utilizzazione a grande scala da parte di Nervi stesso, e nello scenario internazionale.

In occasione dello SdF del 2018, grazie alla cortese disponibilità di PLN Pier Luigi Nervi Project Association, è stata acquisita una documentazione particolarmente ampia:

- i documenti di progetto originali e relative note di calcolo dello Studio Nervi depositati presso gli archivi del Centro Studi e Archivio della Comunicazione (CSAC) dell’Università di Parma.
- un’ampia gamma dei rendiconti e descrizioni pubblicate da Nervi stesso o da altri autori su libri e riviste.

I disegni di progetto e note di calcolo originali consentono di identificare con adeguata precisione le caratteristiche fondamentali della costruzione in termini di disegni di carpenteria e di armatura, e di criteri adottati per le verifiche con riferimento alle prassi progettuali e criteri di sicurezza di normale impiego all’epoca.

Il Salone Agnelli (padiglione 2) è costituito da una copertura a volta ondulata (110mx95m) e da una semicopola, fu costruito nel 1947-48 e successivamente ampliato nel 1953.

Nella sezione assonometrica seguente (Figura 9) sono riportati i principali elementi strutturali oggetto di analisi; a seguire, alcune informazioni sulla concezione strutturale di questi elementi sulla base delle relazioni di calcolo originale (Nervi, Calcoli statici, salone B 1947) e le tavole esecutive del progetto (Nervi, Tavole salone B, Torino Esposizioni 1947).

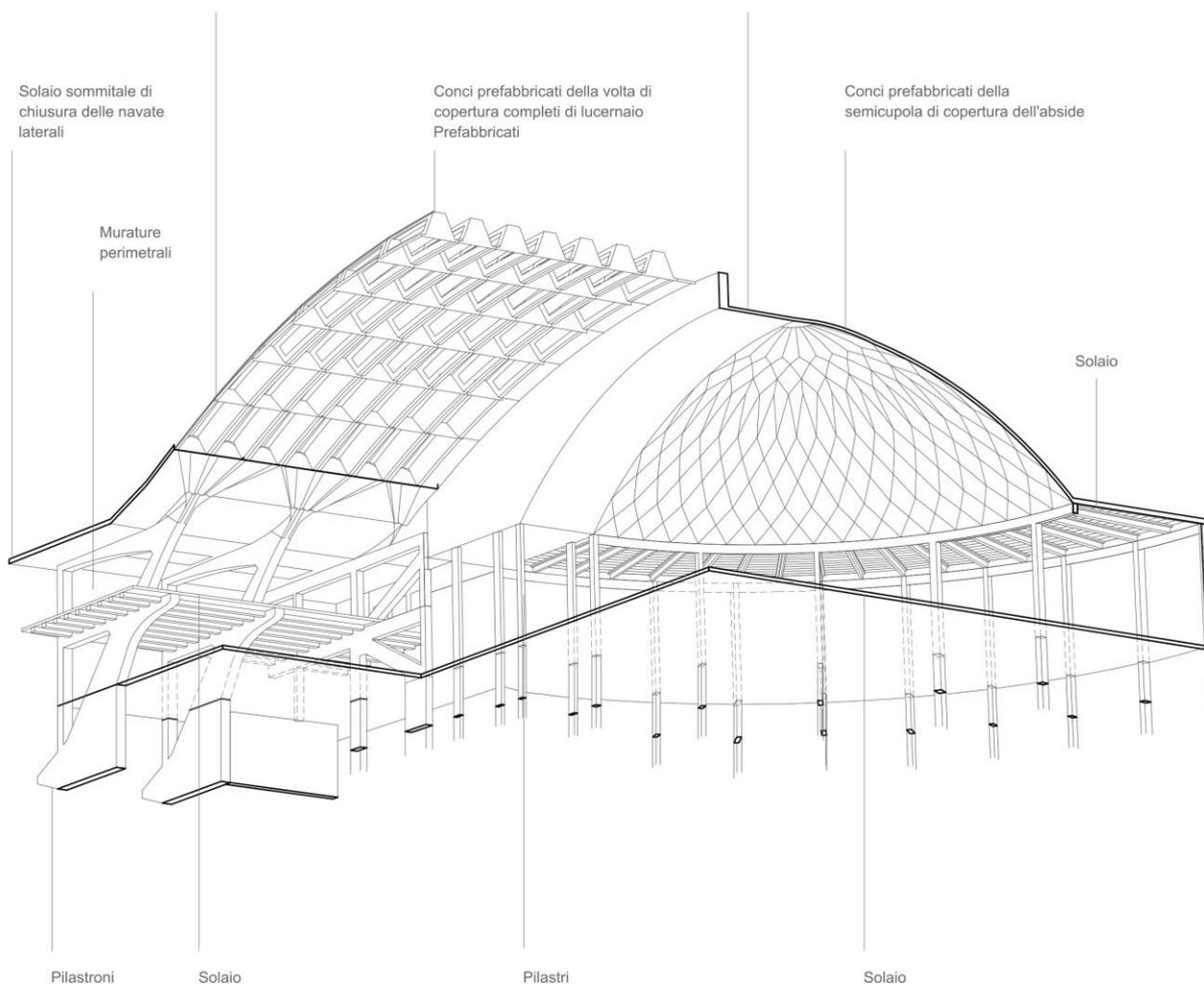


Figura 58 – Principali elementi strutturali del padiglione 2.

La volta ondulata

La volta di copertura ondulata rappresenta uno dei principali elementi strutturali del salone B. Ha una luce di circa 63 m calcolata tra i due punti di innesto con i pilastroni inclinati (imposta dell'arco). È composta da elementi prefabbricati in ferrocemento (Figura 10) a doppia curvatura, completati in opera con getti di collegamento in cemento armato che si sviluppano lungo il colmo e il cavo di queste onde (Figura 11). Gli elementi prefabbricati, composti da molteplici strati di rete metallica di piccolo diametro, hanno una lunghezza di circa 4,5 m e una larghezza di 2,5m e confluiscono, tramite un elemento a ventaglio, sui pilastroni inclinati. La solidarietà statica tra i getti in opera degli archi e gli elementi in ferrocemento è data dalla presenza di armature di ripresa opportunamente preparate (Nervi, Le strutture portanti del Palazzo per le Esposizioni al Valentino 1948). Gli elementi prefabbricati contigui sono stati uniti con malta cementizia in corrispondenza del diaframma terminale. Quest'ultimo elemento garantisce la rigidità fuori dal piano dei conci in ferro cemento, sia nelle fasi di sollevamento e movimentazione necessarie per la costruzione che in esercizio.



Figura 59 - Elementi in ferrocemento della volta ondulata prefabbricati in opera.



Figura 60 - Elementi della volta ondulata posati in opera, particolare dell'incavo in cui verrà eseguito il getto di calcestruzzo di collegamento degli elementi.

Lo schema statico adottato per il calcolo della volta ondulata (Figura 61) è di un arco iperstatico a due cerniere. L'adozione di questo schema piuttosto che un più usuale schema a tre cerniere deriva dal fatto che gli elementi che compongono la volta sono ad inerzia crescente verso la chiave; quindi, l'ipotesi di cerniere alle imposte risulta essere molto vicina alla realtà.

Nell'analisi statica (Nervi, Calcoli statici, salone B 1947), Nervi considera una porzione di volta di 2,5m, ovvero un arco, composta da 15 concio che risultano essere simmetrici in chiave. Gli elementi 1 e 15 (Figura 61) sono gli elementi di transizione (ventagli) che vengono approfonditi nel prossimo paragrafo.

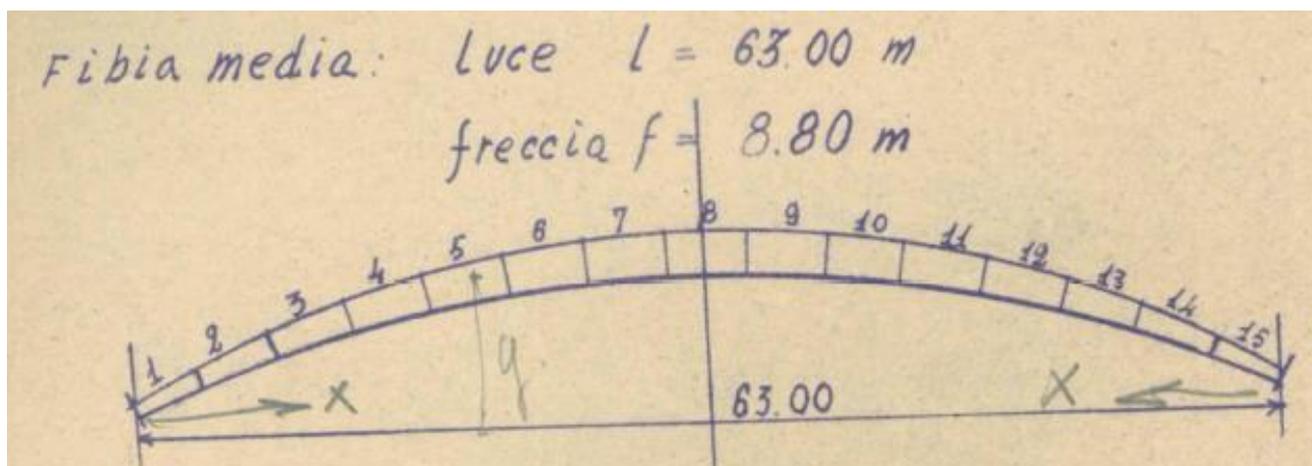


Figura 61 - Schema statico volta ondulata, (Nervi, Calcoli statici, padiglione 2, 1947).

La volta è costituita quindi da 13 elementi ad onda in ferrocemento, che si differenziano per l'altezza del concio stesso e per la presenza o meno di lucernari che garantiscono l'illuminazione naturale del salone. In particolare, i concio 2-3-13-14, hanno le facce laterali piene, (Figura 61). Al contrario, gli elementi da 4 a 12 sono provvisti di un'apertura su entrambe le facce di circa 3,6x0,8m.

Dalla documentazione esistente risulta che nella concezione originaria di Nervi la volta, in particolare del Padiglione 2, venne concepita senza essere protetta da una membrana impermeabilizzante. Nervi stesso

afferma infatti: “La volta non ha alcun rivestimento idrofugo e la sua impermeabilità è affidata alla struttura cementizia e particolarmente a quella degli elementi prefabbricati” (Nervi 1948). Ne deriva che per un arco di tempo, che allo stato attuale delle conoscenze non si è in grado di definire, la parte estradossale del Padiglione 2 è stata soggetta alle intemperie, con evidenti problemi di ingresso dell’umidità negli elementi estremamente sottili di ferrocemento, con spessori in alcuni punti dell’ordine solo dei $3.5 \div 4$ cm.

Il Ventaglio

L’unione strutturale tra gli elementi della volta e i pilastri inclinati viene assicurata dall’elemento a ventaglio gettato su delle casseforme in ferrocemento. Ogni ventaglio raccorda tre ordini di conci della volta ondulata. La sua funzione principale e quella di trasferire i carichi dalla volta ondulata ai pilastri inclinati (Figura 13).

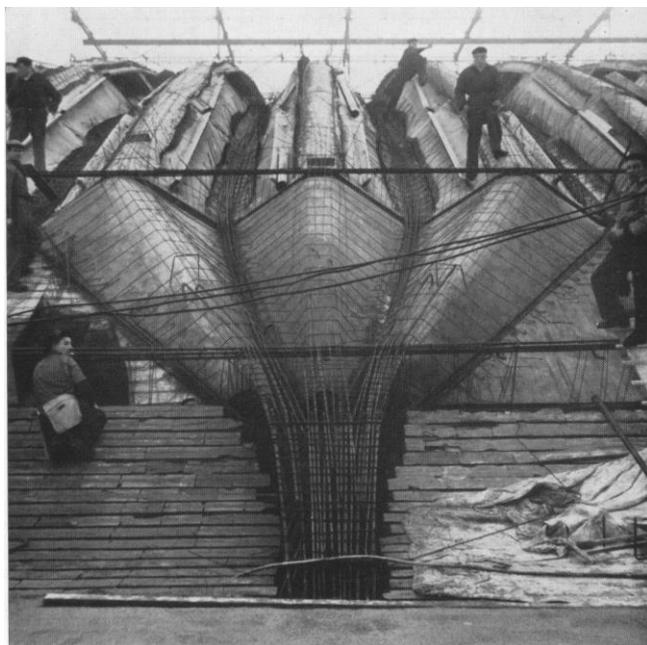


Figura 13: Posa in opera di un elemento a Ventaglio. Particolare collegamento tra gli elementi della volta ondulata e il pilastro inclinato prima del getto



Figura 14: Posa in opera degli elementi in ferrocemento del ventaglio.

Il **ventaglio**, che rappresenta l’imposta degli archi analizzati nel paragrafo precedente, è stato costruito con lo stesso metodo della volta. È formato da **tre elementi in ferrocemento** prefabbricati (Figura 14) che hanno una **funzione di cassero a perdere** per le nervature in c.a. gettate in opera nel colmo e nell’incavo delle onde. Nella Figura 15 si possono notare le armature di collegamento tra i vari elementi della volta, del ventaglio e, infine, del pilastro. Nel suo complesso, questo elemento di transizione, ha una sezione variabile in modo da innestarsi perfettamente nel pilastro, da un lato, e con gli elementi ad onda, dall’altro. Il cambio di sezione e la trasmissione di grossi carichi di compressione porta alla nascita di forze di trazione trasversali in corrispondenza della testa dell’elemento.

Il Pilastro inclinato

Il pilastro è un elemento gettato in opera in quattro differenti fasi (Figura 15). La sua principale funzione strutturale e quella di trasmettere i carichi dalla volta alla fondazione. Per ottimizzare questa funzionalità Nervi decise di realizzare degli elementi monolitici inclinati con sezione trasversale crescente verso le fondazioni, in

modo tale da essere sollecitati per lo più con sforzi assiali di compressione e fare in modo che la risultante dei carichi rimanesse nel terzo medio della fondazione (Figura 16).

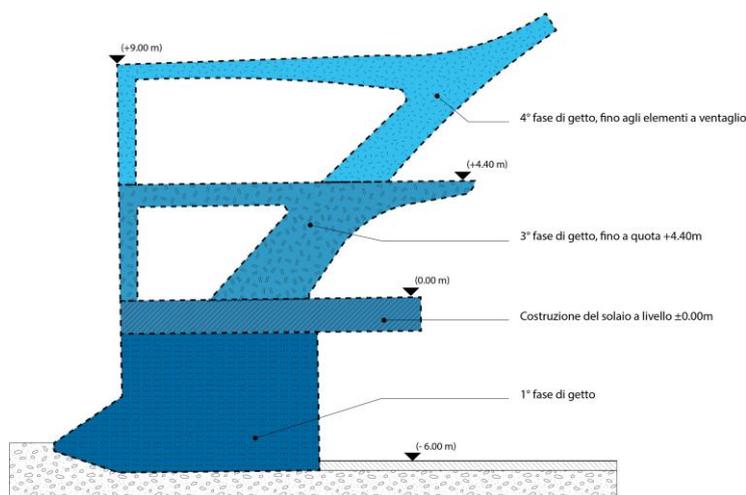


Figura 15: schematizzazione fasi di getto dei pilastri inclinati.

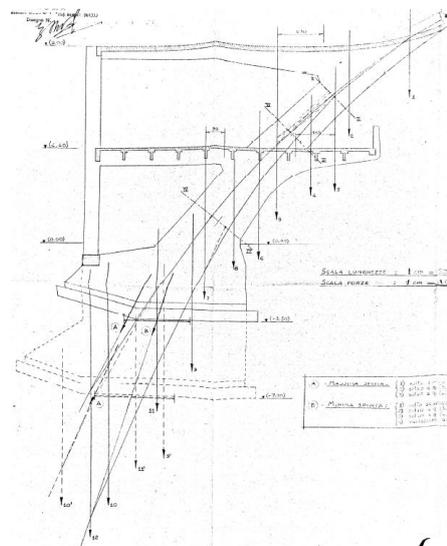


Figura 16: Curva delle pressioni pilastro inclinato, (Nervi, Calcoli statici- padiglione 2, 1947).

Altra funzione strutturale del pilastro e quella di sostenere i solai e le relative travi principali alle diverse quote (rispettivamente a quota 0.00m, 4.40m e 9.00 m). La tipologia di solaio e l'approfondimento della parte interrata dei pilastri e conseguentemente delle fondazioni varia con lo sviluppo longitudinale della struttura, come riportato in Figura 17.

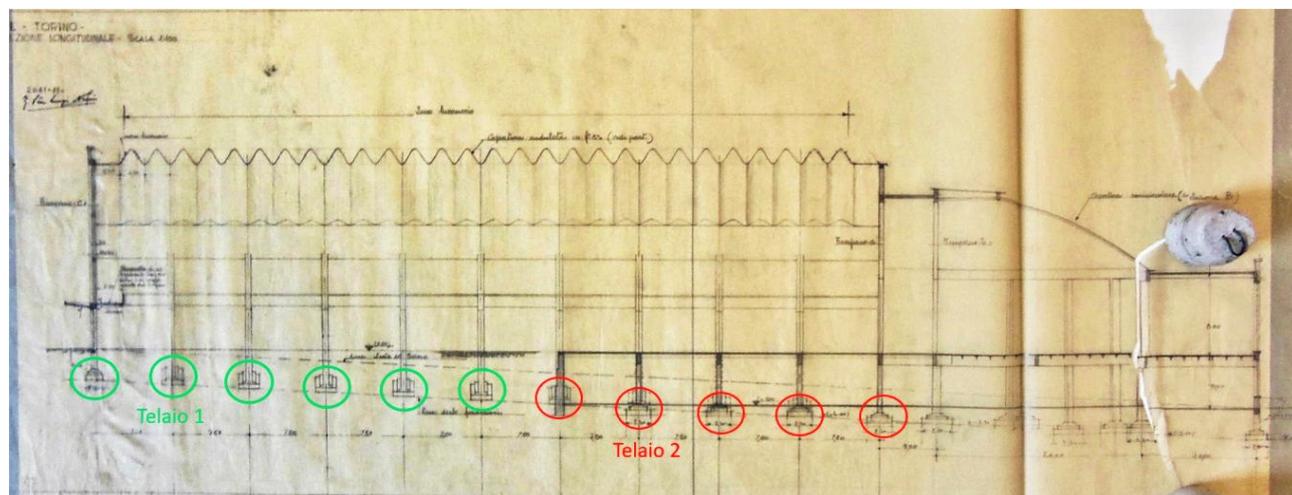


Figura 17: Sezione longitudinale padiglione 2 (Nervi, Tavole salone B, Torino Esposizioni 1947) con individuazione delle diverse tipologie di pilastri inclinati. La tavola riporta una configurazione del salone precedente all'ampliamento del 1953.

Le strutture di fondazione terminano con plinti isolati (Figura 18) larghi 2 m e alti 0.5 m che seguono il profilo dei pilastri. L'attacco con la fondazione è garantito da un ingrossamento della sezione pari di 1,2mx0,3m.

Dal disegno si può notare inoltre la presenza del pilastro perimetrale che fa da appoggio alle travi principali dei solai e scarica direttamente il suo peso sulla fondazione del pilastro (Figura 19). Osservando la Figura 22, si può notare la presenza di un "eventuale cunicolo" di dimensioni importanti (1.5mx1.8m) a quota -3.9 m negli elementi verso il padiglione C e a -2.5 m sul lato opposto.

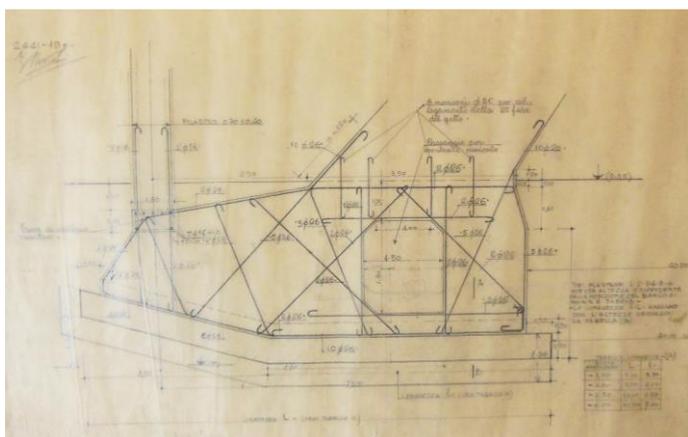


Figura 18 Particolare fondazione pilastro, (Nervi, Tavole padiglione 2, Torino Esposizioni 1947).

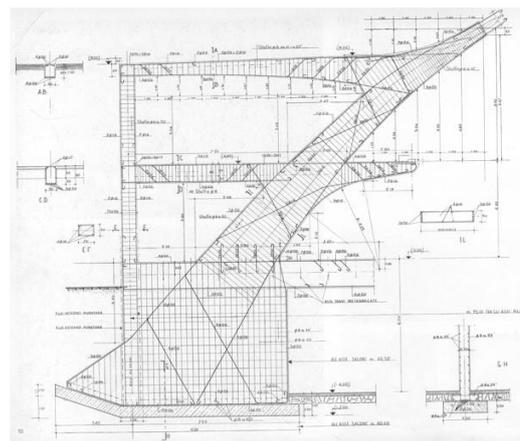


Figura 19: Disposizione armature nel pilastro.

Il Timpano anteriore

Il timpano anteriore e la struttura portante fatta in c.a. e murature di tamponamento che chiude la grande volta ondulata a botte vero corso Massimo D’Azeglio. Il timpano costruito nel 1948 fu abbattuto nel 1953 per consentire l’ampliamento del salone. Analizzando le tavole originali (Nervi, Tavole padiglione 2, Torino Esposizioni 1947) si nota come questa struttura risulti essere composta da un telaio di travi e pilastri con l’aggiunta di puntoni simmetrici in cemento armato verso la parte più alta e un arco perimetrale (Figura 20). L’ultima fila di pilastri della volta, che fa parte del timpano anteriore, crea una continuità con il telaio e l’arco gettato in opera tramite dei monconi di collegamento.

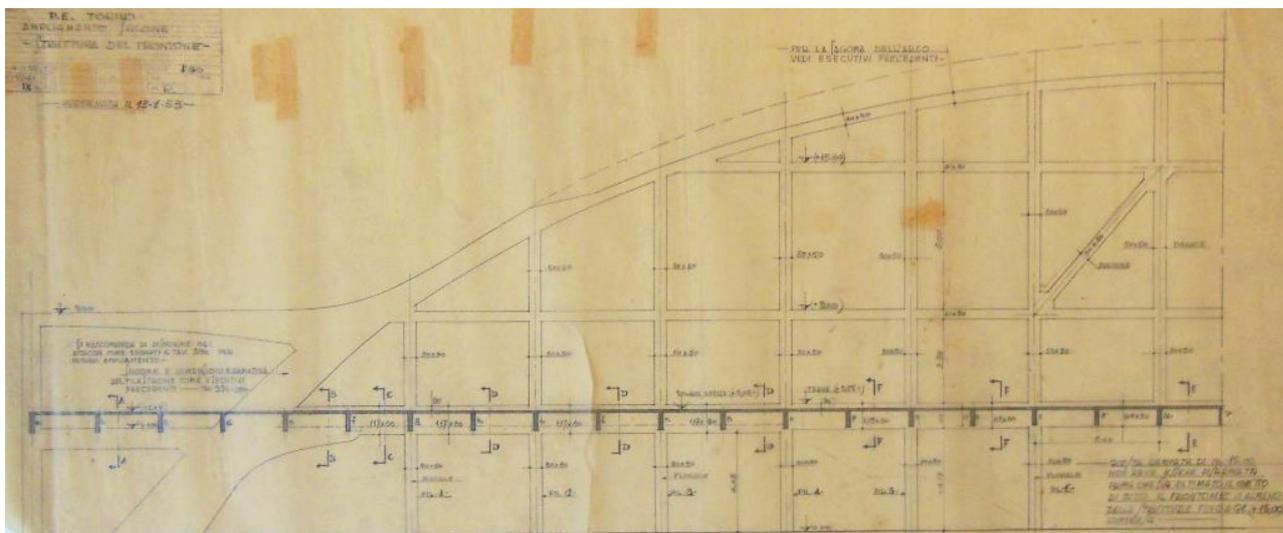


Figura 20: Tavola originale Timpano anteriore, (Nervi, Tavole padiglione 2, Torino Esposizioni 1947).

La trave a quota 4.4 m, di sezione variabile, e uno degli elementi principali del timpano anteriore perché e anche la trave principale del solaio verso Corso Massimo D’Azeglio. La trave fa anche da supporto ad un ballatoio di luce 3 m verso l’interno del salone.

Un elemento importante e costituito dal collegamento tra timpano e la volta ondulata. La solidarietà tra questi due elementi e garantita da una soletta piena di 10 cm gettata in opera. La soletta si innesta nella nervatura in c.a. nella parte concava dell’ultimo elemento ad onda e nell’arco 40cmx50cm del timpano anteriore (Figura 21).

Questa soletta interessa l’arco in c.a. del timpano per la sola lunghezza della volta. Infatti, al di sotto dell’attacco ventaglio/pilastro, il collegamento tra le travi perimetrali e i due solai avviene tramite monconi di ripresa.

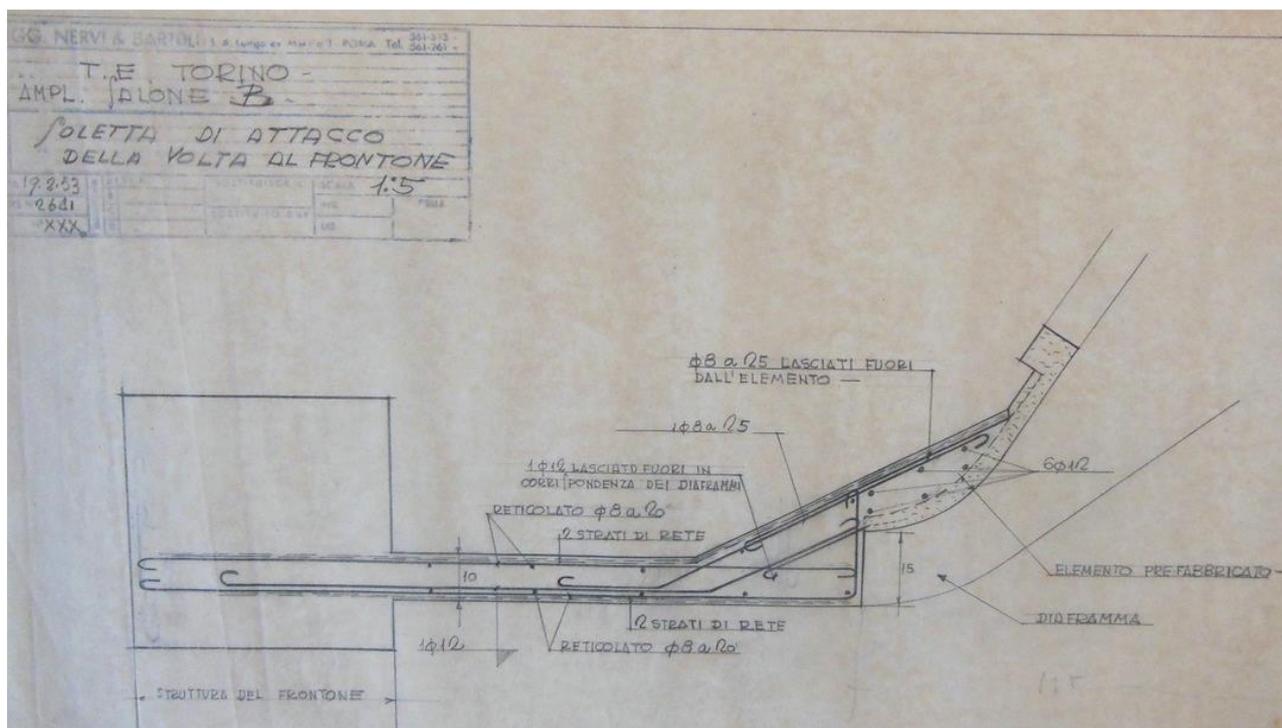


Figura 21 Particolare del collegamento timpano volta, (Nervi, Tavole padiglione 2, Torino Esposizioni 1947).

Timpano posteriore

Il timpano posteriore è un elemento strutturale che ha la funzione di collegare la volta ondulata con la semicupola da 40m di diametro. Esso è a sua volta formato da tre principali elementi:

- 1) Struttura in cemento armato verso la volta ondulata (Figura 22).
- 2) Struttura in cemento armato verso la semicupola (Figura 23).
- 3) Volta in SAP di collegamento.

I solai in SAP (Senza Armatura Provvisoria) sono stati introdotti in Italia intorno al 1930 e sono stati largamente impiegati fino alla fine degli anni '60. Sono costituiti sostanzialmente da travetti in laterizio armato, assemblati a pie d'opera mediante inserimento di barre generalmente lisce in tasche appositamente predisposte nel laterizio e sigillate mediante malta. I travetti in laterizio vengono accostati tra loro per la realizzazione di un getto di completamento.

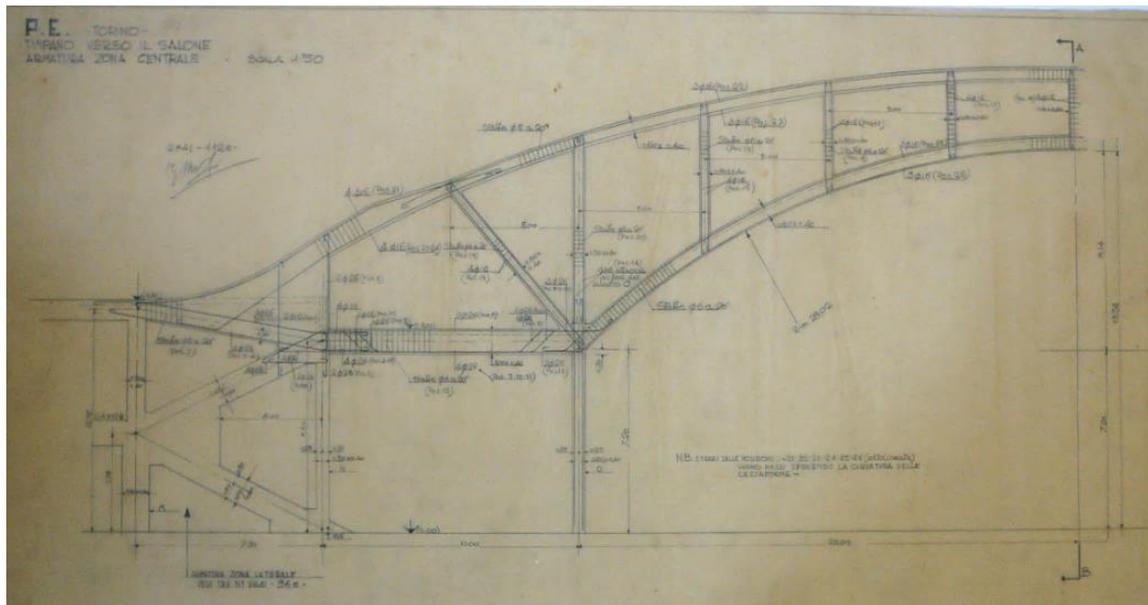


Figura 22: Struttura in c.a. del timpano verso la volta ondulata, (Nervi, Tavole padiglione 2, Torino Esposizioni 1947).

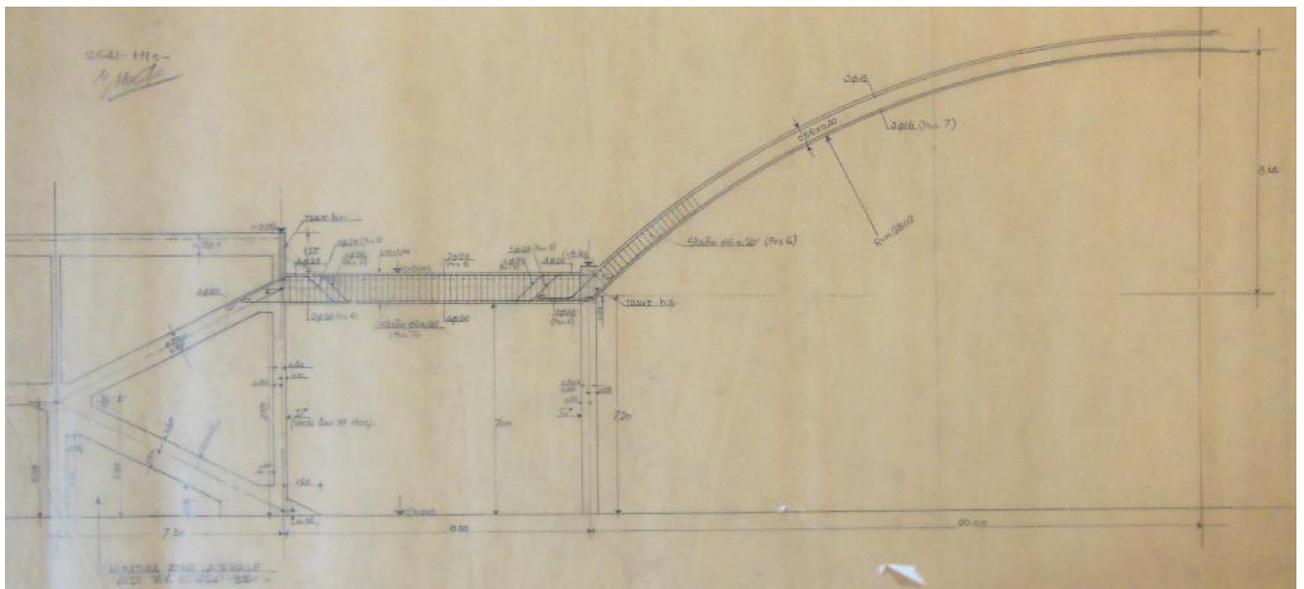


Figura 23: Struttura in c.a. verso la semicupola nervata, (Nervi, Tavole padiglione 2, Torino Esposizioni 1947).

Abside

L'abside (Figura 24) è la parte terminale del salone B verso il Fiume Po. È composto da due principali elementi strutturali, quali la semicupola da 40m di diametro e il solaio anulare posto ad una quota di 8m. La semicupola è realizzata mediante l'uso combinato di elementi romboidali in ferrocemento prefabbricati e nervature gettate in opera da 15cmx18cm di sezione e da una soletta piena di 5cm. La costruzione di questo elemento avviene tramite la messa in opera di tavelloni prefabbricati in ferro cemento (Figura 25) posati su di un'apposita centina (Figura 26). Si posizionano le armature negli incavi formati tra i tavelloni adiacenti e si getta il calcestruzzo per ottenerne la continuità.



Figura 24 Vista dell'abside (ottobre 2021)



Figura 25: Semicupola in costruzione, (Nervi, Le strutture portanti del Palazzo per le Esposizioni al Valentino 1948)



Figura 26: centina della semicupola.

In riferimento alla relazione di calcolo (Nervi, Calcoli statici, salone B 1947), l'analisi e la verifica di questo elemento può essere svolta tramite due procedure:

1. la cupola viene sezionata in strisce parallele al diametro e viene considerata come composta da archi indipendenti di luce ed altezza via via decrescenti. (Nervi, Calcoli statici, salone B 1947);
2. si calcolano le isostatiche di compressione e di trazione della semicupola. (Nervi, Calcoli statici, salone B 1947).

La prima analisi fu utilizzata come prima approssimazione, mentre la seconda fu impiegata per affinare i risultati. In merito a questa decisione Nervi disse: *“È notevole il fatto che i risultati dei due procedimenti malgrado la ben diversa laboriosità ed esattezza teorica, siano del tutto simili e del tutto paragonabili”*. (Nervi, Le strutture portanti del Palazzo per le Esposizioni al Valentino 1948)

Le tensioni agenti nella semicupola sono state calcolate determinando le isostatiche, con la formula ricavata dal Prof. Dischingher per cupole di tipo sferico nel suo studio *“Die rotationsschalen unsymmetrischer Form*

and Belastung” (Nervi, Le strutture portanti del Palazzo per le Esposizioni al Valentino 1948). La semicupola si ottiene dal sezionamento mediante piano orizzontale posto a 7.5m dal vertice di una semisfera di raggio 30.4 m. Dalla relazione di calcolo emerge che:

- i. tutte le tensioni a livello della sezione verticale adiacente alla volta di collegamento in SAP sono nulle;
- ii. la sezione più sollecitata dell’intera semicupola risulta in corrispondenza del vertice lungo la sezione orizzontale a quota 8 m (Figura 27). Essendo una superficie a doppia curvatura, le tensioni massime che si hanno in corrispondenza di questo punto sono sia di trazione, lungo i paralleli, che di compressione, lungo i meridiani dove è stata calcolata da Nervi una tensione massima di 30.8 kg/cm².



Figura 27: Tensioni agenti nella semicupola, (Nervi, Calcoli statici, padiglione 2, 1947)

Nervi decise poi di inserire un elemento che contrastasse le spinte orizzontali della semicupola. Il solaio a quota 8 m che è situato all’imposta della semicupola ed ha il compito di assorbire gli sforzi orizzontali facendo da anello irrigidente. Il solaio irrigidente (Figura 28) ha una luce di 10 m ed è costituito da una soletta piena in calcestruzzo armato continua sulle travi secondarie. Quest’ultime sono prefabbricate e si innestano nelle travi perimetrali.



Figura 28: Anello di irrigidimento. In questa immagine d'epoca è possibile vedere le travi dell'anello di irrigidimento e i solai prefabbricati, che oggi sono nascosti da dei controsoffitti.

Solai

Nel padiglione 2 di Torino Esposizioni si possono trovare due tipi di solai:

- in calcestruzzo armato
- in SAP

A quota 0.00 m, 4.4 m e 8.0 m troviamo dei solai in calcestruzzo costituiti da una soletta piena in c.a. continua sulle travi secondarie. Queste ultime sono prefabbricate ed hanno luci notevoli che partono da 7.5 m fino ad arrivare a 10 m.

In Figura 29 si riporta la tavola esecutiva della sezione delle travi secondarie, sulle quali, prima del getto in cls, venivano appoggiati dei tavelloni che avevano il compito di sostenere il peso del cls fresco prima della maturazione. L'interasse di queste travi prefabbricate è molto modesto (1.25 m) e rappresenta sostanzialmente la luce di calcolo della soletta piena in c.a.

Le travi principali di questa tipologia di solaio sono tutte gettate in opera ed hanno una luce di 10m per quanto riguarda la quota 0.00 m. Come precedentemente accennato, le travi principali a quota 4,4m fanno parte del complesso del pilastro inclinato e sono state calcolate con uno schema statico (Figura 30) di una trave che si incastra perfettamente nel pilastro inclinato e si appoggia sull'elemento verticale perimetrale.

Per quanto riguarda questa tipologia di solaio, da rilevare che **i carichi accidentali di progetto furono molto importanti**. Si deve tenere a mente il padiglione fu progettato per ospitare il Salone Internazionale dell'Automobile. Infatti, il carico considerato per il solaio a quota 0.00 m è di 1.000 kg/m² per tenere in conto la presenza delle automobili, e un carico da 700 kg/m² nel solaio a quota 4.4 m.

La seconda tipologia di solaio utilizzata e il solaio in SAP; lo si può trovare a quota 9.00 m e nella volta di collegamento tra timpano e abside. A quota 9.00 m è stato realizzato un solaio da (20+4) cm. All'epoca il solaio fu verificato considerando un sovraccarico di 150 kg/m² che risulta essere uguale a quello utilizzato per la verifica della volta ondulata.

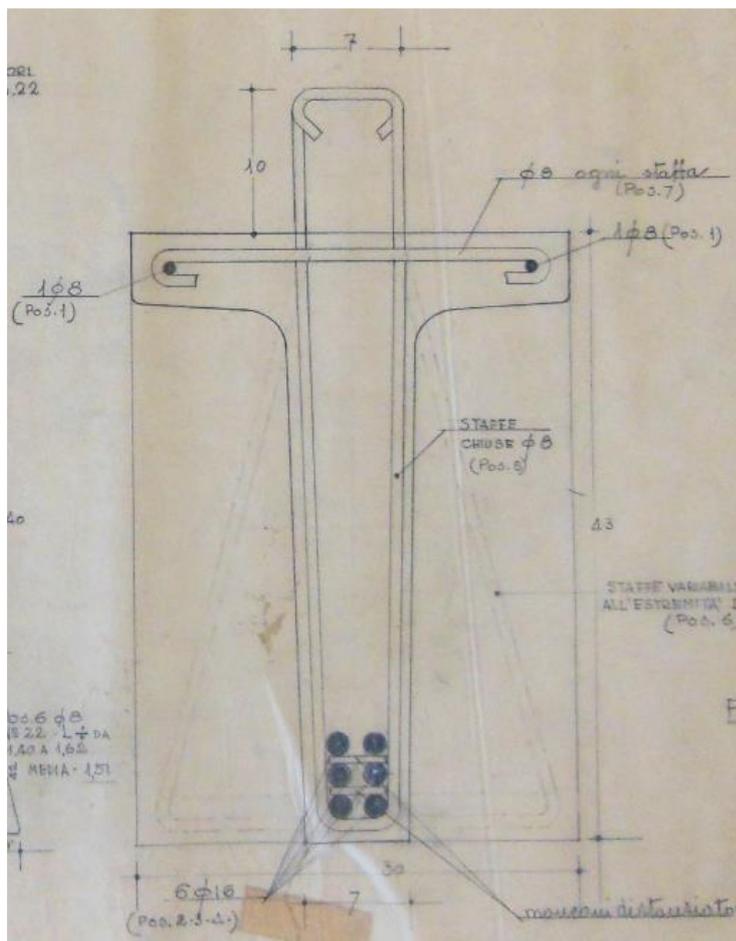


Figura 29: Sezione trave secondaria solaio in cemento armato, (Nervi, Tavole padiglione 2, Torino Esposizioni 1947)

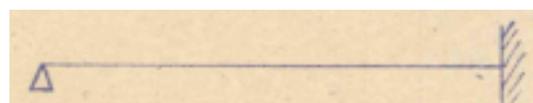


Figura 30: Schema statico trave principale solaio a quota 4,4m, (Nervi, Calcoli statici, padiglione 2, 1947)

Fattori di vulnerabilità sismica

In linea generale occorre osservare che i Padiglioni Nervi di Torino Esposizioni rappresentano delle strutture spaziali a guscio di grandi dimensioni a copertura di aree libere molto estese. Trattasi pertanto di **tipologie strutturali tendenzialmente vulnerabili sul piano sismico**, che necessitano delle dovute attenzioni nel progetto di riuso.

Come noto, nelle costruzioni monumentali analoga vulnerabilità si riscontra nelle costruzioni caratterizzate da grandi spazi liberi interni come ad esempio le chiese. A tal proposito si può osservare che l'impianto spaziale del Padiglione 2 ricorda quello delle grandi basiliche con l'ampia navata coperta dalla volta ad arco e l'abside coperta dalla semicupola sferica.

Come tutte le costruzioni in cemento armato progettate prima dell'applicazione della L.64 del 1974, i padiglioni di Torino Esposizioni *non presentano una concezione antisismica, né tantomeno dettagli costruttivi adatti all'assorbimento di importanti azioni dinamiche*. In linea con gli edifici coevi, *l'armatura a taglio risulta insufficiente rispetto agli standard attuali, sia statici che sismici*. Analogamente, non sono protetti i nodi tra elementi verticali e orizzontali, ciò pregiudicando la presa in conto, nello stato attuale, di una seppur minima duttilità.

L'esame delle risposte dinamiche dei modelli agli elementi finiti ha consentito di evidenziare che *alcuni dei modi principali di vibrare sono caratterizzati da frequenze collocate nel range delle frequenze di massima amplificazione dello spettro sismico.*

I due macroelementi della navata e dell'abside presentano una differente configurazione geometrica e spaziale e sono quindi caratterizzati da frequenze proprie di oscillazione differenti. Ciò comporta **un'intrinseca vulnerabilità alle azioni orizzontali**, che si ripercuote sugli elementi di collegamento fra tali macroelementi (l'arco di volta in elementi in laterizio SAP e il timpano verticale ad arco). Il meccanismo risulta fortemente influenzato dalla presenza dei muri di tamponamento del timpano che conferiscono rigidità nel piano. Un eventuale loro danneggiamento comporterebbe un'accentuazione delle deformazioni della volta in SAP. A tal proposito si osserva che la volta ad arco presenta attualmente due meccanismi di danneggiamento locale consistenti in due lesioni con caduta dei copriferri (Fig. 31).



Figura 31 - Padiglione 2 - Arcone di collegamento fra navata ed abside, realizzato con elementi sap in laterizio armato; sono visibili le due zone deteriorate con espulsione del fondello e esposizione dei ferri di armatura

Tali meccanismi potrebbero essere il risultato di interazioni fra deterioramento per carbonatazione e azioni dinamiche eventualmente intervenute in presenza di microsismi. Un **altro elemento critico** è costituito dagli **esili pilastri a sostegno dell'abside**, gravati dell'ingente massa dell'abside stessa e del solaio circolare perimetrale che cinge la semicupola alla base raccogliendone le spinte orizzontali. Per tale configurazione strutturale si riconosce la possibilità di accostamento con un meccanismo di collasso locale del tipo di quello piano debole, che si verifica quando sono presenti differenze significative tra la rigidità e la resistenza di uno dei piani dell'edificio e la restante parte.

Uno dei **maggiori fattori di vulnerabilità** riguarda in ogni caso il **comportamento dei due timpani anteriore e posteriore in calcestruzzo armato e dei loro tamponamenti in laterizio**, in relazione al loro movimento fuori dal piano (ribaltamento), influenzati dalla volta di copertura del salone e per quello posteriore dal macroelemento complessivo dell'abside. Per approfondimenti sul tema della vulnerabilità si rimanda alla relazione specifica di progetto (cfr. *“Relazione specialistica sulle strutture e vulnerabilità delle strutture esistenti” 22044D02_1_0_P_ST_00_CB_001*)

9.4 Conoscenza Impiantistica

I padiglioni 2 e 4 sono provvisti di impianti di climatizzazione realizzati in occasione dei giochi olimpici invernali dal 2006. Gli impianti, principalmente del tipo a tutt'aria, sono alimentati da una serie di unità di trattamento ubicate sulle coperture piane dei fabbricati. Tutti gli impianti del complesso sono alimentati da centrali di produzione fluidi dedicate. Nel complesso è inoltre presente un impianto antincendio fisso ad idranti e sprinkler. **Negli ultimi anni le centrali tecnologiche ed alcune porzioni dei relativi impianti sono state soggette a furti ed atti vandalici, rendendo di fatto pressoché inutilizzabili la totalità degli stessi.**

10 Relazione inerente alle indagini e prove effettuate

Il complesso di Torino Esposizioni (o Palazzo delle Esposizioni di Torino) fu realizzato nel 1948 in occasione del 31-esimo Salone Internazionale dell'Auto. Il progetto di Nervi e Bartoli propose un nuovo sistema costruttivo che combinava, per la prima volta in maniera considerevole, l'uso della prefabbricazione e del ferrocemento. Il complesso è costituito da diversi corpi di fabbrica che erano stati ideati per ospitare diverse funzioni; tra questi il Salone Agnelli o Padiglione 2 (1947-48, con successivo ampliamento nel 1952-53) e l'annesso Padiglione 3 (1949-50).

I Saloni di Nervi costituiscono uno dei maggiori esempi di architettura moderna italiana dell'immediato dopoguerra. Nervi adottò per entrambi i Saloni delle soluzioni che fossero staticamente efficienti ed economiche, pur realizzando delle coperture a guscio sottile di grandi luci. Per ottenere i risultati da lui prefissati, Nervi dovette risolvere diverse problematiche, tra cui le tempistiche stringenti richieste dalla committenza.



Figura 1: Vista aerea del complesso di Torino Esposizioni in una cartolina storica. (Archivio privato Ravelli).

Il padiglione 2 fu inaugurato nel settembre del 1948 ed è caratterizzato dal grande spazio sormontato dalla copertura a volta ondulata a volta che si estende senza interruzione di continuità. La suggestiva volta è composta dall'accostamento di onde di ferrocemento, di pochi centimetri di spessore, raccordate trasversalmente da diaframmi, alla base della volta degli elementi a ventaglio raccolgono le spinte e le trasmettono ai piastroni inclinati fino in fondazione. La forte modularità del sistema architettonico e strutturale permise un successivo ampliamento del salone di altre 5 campate.

Il piano indagini e delle prove

Il padiglione 2 è stato oggetto di una serie di indagini strutturali e prove non distruttive eseguite nei mesi di luglio e settembre 2021, eseguite in collaborazione dal Laboratorio di Dinamica e Sismica e dal Laboratorio MASTRLAB del Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica del Politecnico di Torino.

Ai fini dell'esecuzione delle prove, gli elementi strutturali costituenti il padiglione 2 realizzato da Nervi, sono stati identificati come riportato in Figura 2.

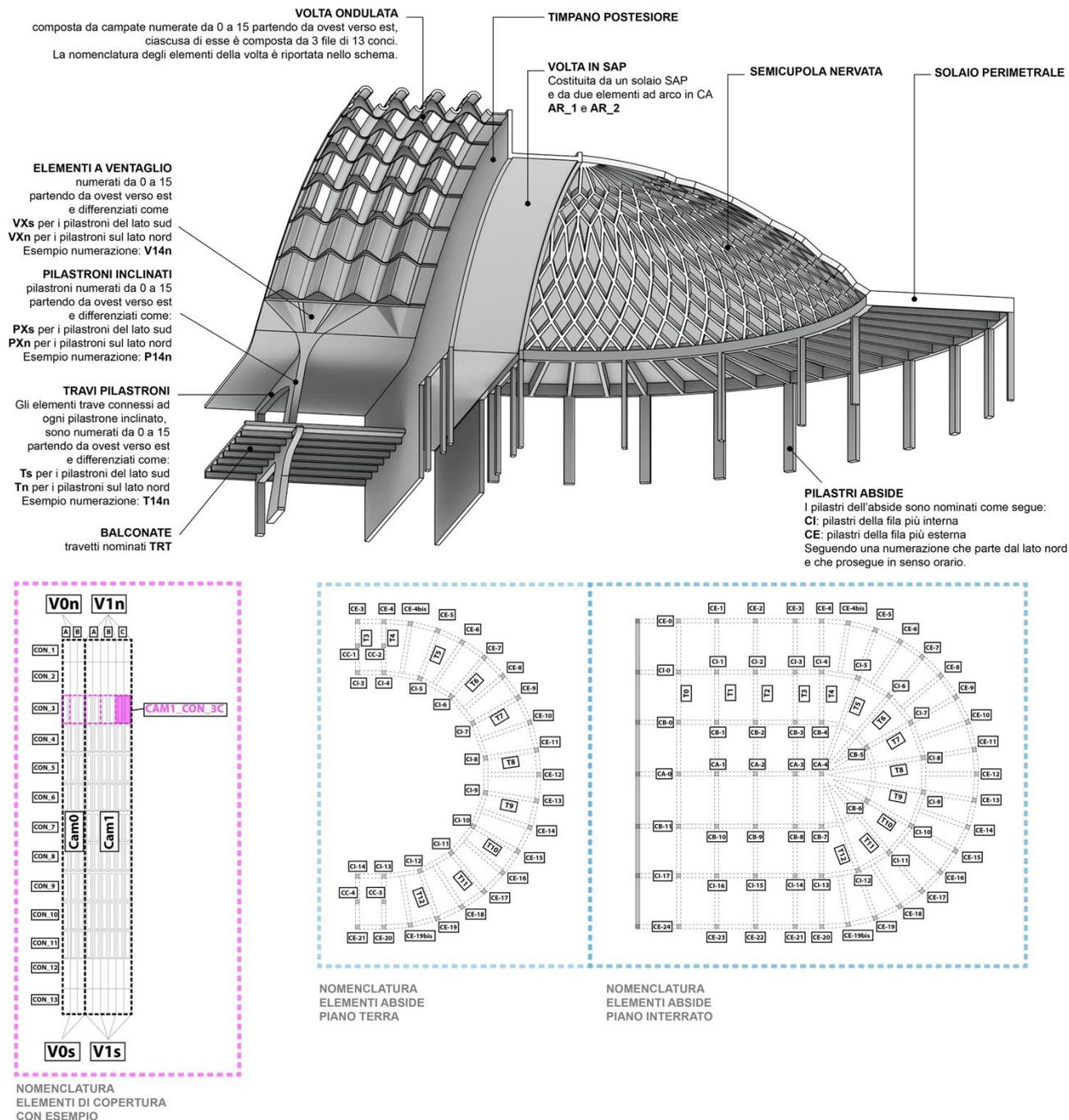


Figura 2: Identificazione degli elementi strutturali principali.

La Tabella seguente riporta il codice identificativo associato a ciascun elemento strutturale.

Elemento	Codice identificativo
Pilastroni Piano Interrato Lato sud	Pi_Px ¹ s
Pilastroni Piano Interrato Lato nord	Pi_Pxn
Pilastroni Piano Terra Lato sud	PT_Pxs
Pilastroni Piano Terra Lato nord	PT_Pxn
Travi Pilastroni Piano Terra lato sud	PT_Txs
Travi Pilastroni Piano Terra lato nord	PT_Txn
Colonne abside fila esterna Piano Interrato	Pi_CE-x
Colonne abside fila esterna Piano Terra	Pi_CE-x
Colonne abside terza fila interna Piano interrato	Pi_CB-x
Colonne abside quarta fila interna Piano interrato	Pi_CA-x
Colonne abside fila interna Piano Terra	PT_CI-x
Colonne abside fila interna Piano Terra	PT_CI-x
Travi abside piano interrato	Pi_Tx
Travi abside piano terra	PT_Tx
Ventagli lato sud	Vxs_Y ²
Ventagli lato nord	Vxn_Y
Conci volta ondulata	CAMx_CON_xY
Trave ad arco abside lato ovest	ARC_1
Trave ad arco abside lato est	ARC_2

1: x indica un numero progressivo dell'elemento.

2: Y indica un elemento A, B, o C (vedi nomenclatura volta in Figura 7)

Si riporta di seguito, dalla Figura 3 alla Figura 6, il **piano delle prove non distruttive** eseguite nei mesi di **luglio e settembre 2021**, in particolare dal 12 luglio 2021 al 23 luglio 2021 e dal 13 settembre 2021 al 1° ottobre 2021.

Per quanto riguarda il rilievo strutturale degli elementi sono state eseguite diverse analisi, in particolare:

- ricerca di archivio, per raccogliere e analizzare come base dati i disegni dei progetti originali, oltre alle varie relazioni di calcolo e fotografie di cantiere. Gli archivi consultati sono i seguenti:
 - Centro Studi e Archivio della Comunicazione (CSAC), Parma (IT) <http://opac.unipr.it/>
 - Centro Archivi del MAXXI Architettura, Roma
 - <http://maxxisearch.fondazionemaxxi.it/maxxi/collezionixx/XX/fondo/IT-MAXXI-AR0001-0000002>
 - Archivio Maire Tecnimont, Milano. Già archivio del gruppo FIAT.
 - Archivi di Buzzi Unicem Archives, Trino.
 - Archivio del Laboratorio di Materiali e Strutture del Politecnico di Torino.
 - Archivio privato Ing. Ravelli

- Archivio Edilizio della città di Torino
- Archivio Biblioteca di Scienze tecnologiche Architettura Firenze - Fondo Nervi
- Archivio Centrale dello Stato – brevetti
- Archivio del Laboratorio Materiali e Strutture (MASTRlab) del Politecnico di Torino (DISEG).
- Rilievi in situ mediante:
 - Pacometro
 - Georadar;
 - Termografie
 - Endoscopie

Nonostante si disponesse dei disegni originali (anche se non di tutti i particolari costruttivi), sono stati eseguiti dei rilievi in situ finalizzati a verificare la rispondenza alla realtà del costruito in termini di particolari costruttivi.

Infatti, come riportato dalla Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 (19A00855), il rilievo delle costruzioni esistenti in calcestruzzo armato *“è finalizzato alla definizione sia della geometria esterna, sia dei dettagli di tutti gli elementi costruttivi effettivamente raggiungibili, con funzione strutturale o meno. Per gli elementi aventi funzione strutturale la geometria esterna deve essere sempre descritta in maniera la più completa possibile, allo scopo di ottenere un modello di calcolo affidabile, mentre i dettagli, spesso occultati alla vista (ad esempio la disposizione delle armature), possono essere rilevati a campione, estendendo poi le valutazioni agli altri elementi operando per analogia, anche in forza delle norme vigenti e dei prodotti in commercio all'epoca della costruzione.”*

Per quanto riguarda l'opera di Nervi, vista la sua importanza storica, la sua complessità spaziale, la vetusta della stessa e la mancanza di un rilievo geometrico aggiornato ed esaustivo, oltre alla lacunosità dei disegni originali di alcuni elementi strutturali, si è provveduto affinché le indagini eseguite permettessero:

- l'identificazione dell'organizzazione strutturale;
- l'individuazione della posizione e delle dimensioni dei principali elementi strutturali;
- l'identificazione dei solai e della loro tipologia;
- l'individuazione di tipologia e dimensioni degli elementi non strutturali.

Il rilievo strutturale e geometrico riportato nella presente relazione e da integrarsi con il rilievo geomatico eseguito mediante fotogrammetria e laser scanner descritto nel paragrafo 9.2 della presente relazione.

La valutazione della tipologia e del numero delle prove necessarie ad una esaustiva caratterizzazione dei materiali e delle strutture, è stata definita sulla base di valutazioni preliminari in relazione alle fasi costruttive dell'opera, all'impegno statico delle diverse membrature, del loro ruolo riguardo alla sicurezza della struttura, e del grado di omogeneità dei risultati di eventuali prove preliminari, come raccomandato dalla Circolare e dalle Linee Guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera, del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Considerando il valore monumentale dell'opera si è inoltre deciso di limitare il numero di test distruttivi, per quanto possibile, e di concentrarli negli elementi strutturali più massicci.

Considerando la sequenza costruttiva del salone, partita dall'abside nel settembre del 1947 e proseguita verso il fronte su corso Massimo d'Azeglio, si è deciso di distribuire le prove per indagare la progressione costruttiva e rilevare eventuali differenze sostanziali nella uniformità dei materiali adottati. Sempre seguendo questa logica, le prove sono state ripetute ai diversi livelli (piano interrato, piano terra, piano primo e, infine le coperture) per indagare eventuali anomalie dovute alle fasi di getto eseguite in momenti diversi, e/o con eventuali conglomerati differenti, tenendo in considerazione il fatto che all'epoca il calcestruzzo veniva

fabbricato ed amalgamato in opera e quindi poteva soffrire di differenze dovute all'artigianalità della fabbricazione.

Inoltre, si è avuto premura di ripetere un numero congruo di prove sia distruttive, sia non distruttive, per indagare l'ampliamento del salone, avvenuto nel 1953. Pertanto, le varie prove sono state ripetute per effettuare un confronto tra le due parti ed individuare eventuali anomalie o differenze.

PIANO INTERRATO
INDAGINI 2021

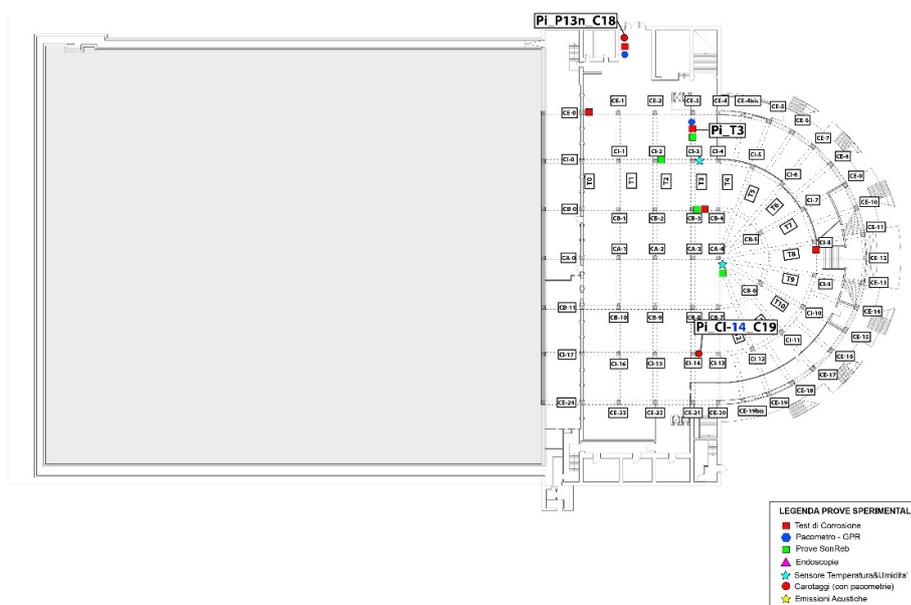


Figura 3: Planimetria riportante il piano prove del piano interrato

PIANO TERRA
INDAGINI 2021

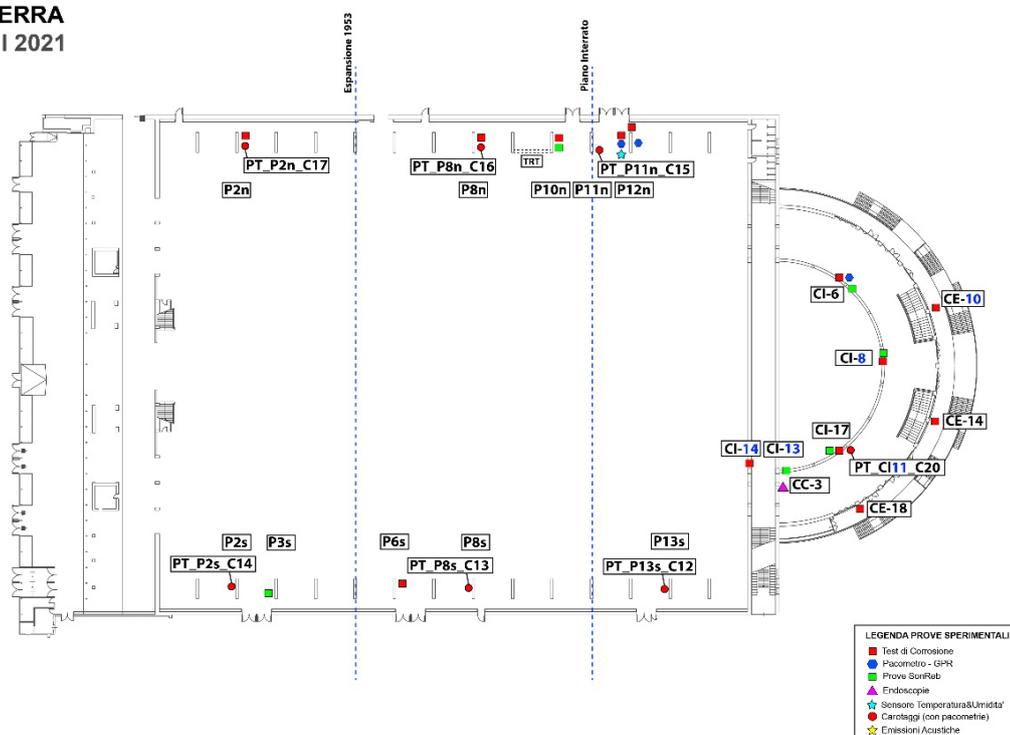


Figura 4: Planimetria riportante il piano prove del piano terra

PIANO PRIMO
PIANO INDAGINI

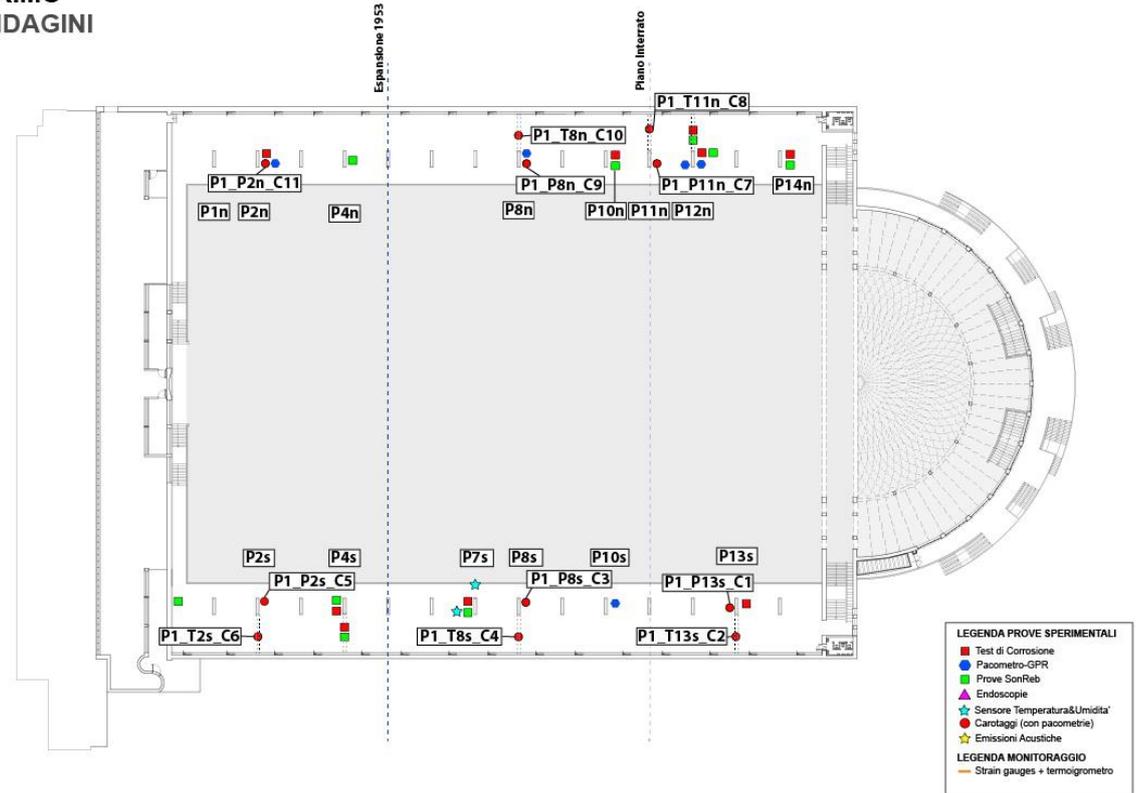


Figura 5: Planimetria riportante il piano prove del piano 1 (balconate)

PIANO COPERTURE
PIANO INDAGINI

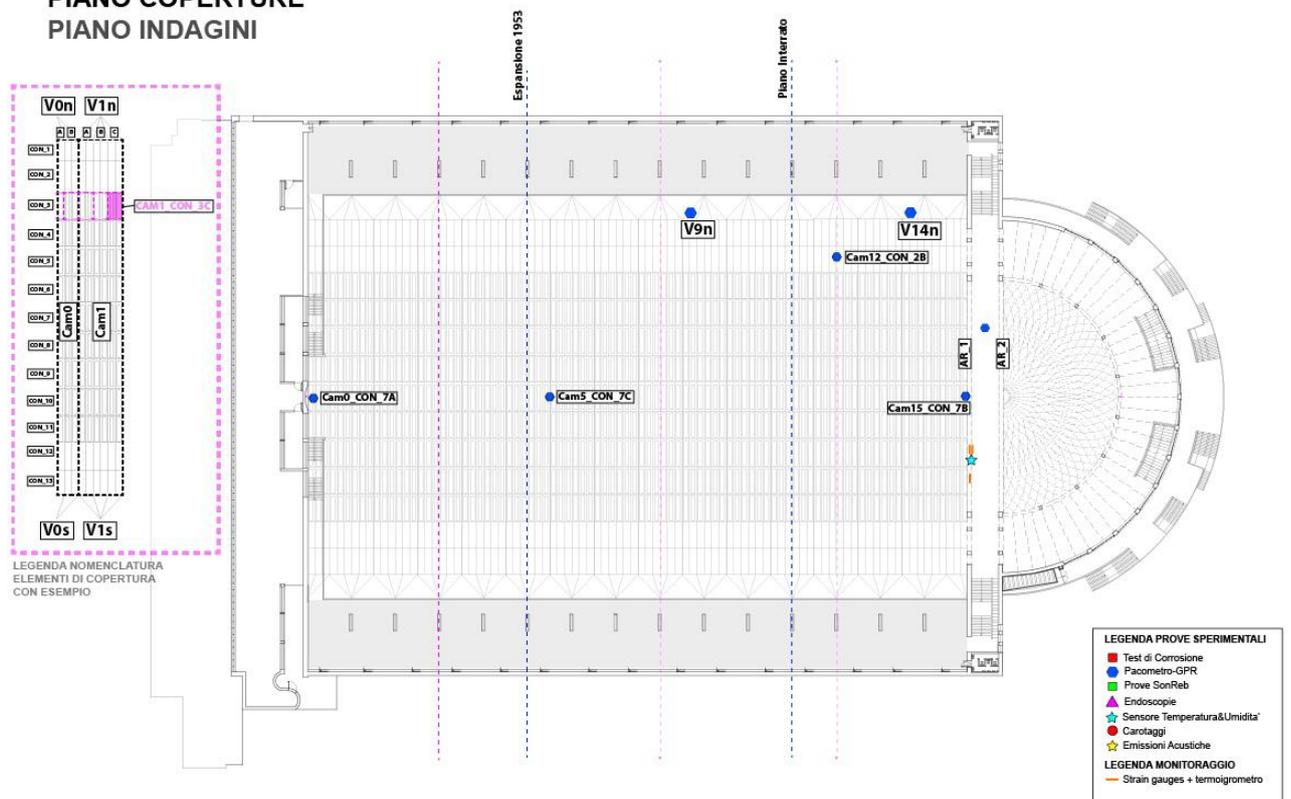


Figura 6: Planimetria riportante il piano prove del piano coperture

Oggetto delle prove

Sono state eseguite indagini strutturali sul padiglione 2, anche conosciuto come Salone Agnelli, di Torino Esposizioni, sito in via Massimo D'Azeglio, Torino (TO), dal Laboratorio di Dinamica e Sismica e dal Laboratorio MASTRLAB del Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica del Politecnico di Torino.

Le indagini sono state condotte dal personale afferente ai predetti laboratori secondo le indicazioni fornite dal responsabile del progetto, *Prof. Ing. Rosario Ceravolo*, e dai referenti tecnici delle attività *Dr. Arch. Erica Lenticchia*, ed *Arch. Irene Matteini*.

Sono state effettuate le seguenti prove:

- Determinazione dell'indice sclerometrico;
- Prove ultrasoniche
- Rilievo delle armature mediante pacometro e georadar;
- Mappatura del potenziale di corrosione in aree selezionate;
- Monitoraggio della temperatura e umidità interna;
- Monitoraggio della Temperatura Ambientale;
- Carotaggi
- Determinazione profondità di carbonatazione
- Prove di compressione sui campioni di calcestruzzo estratti
- Prove di determinazione del modulo elastico sui campioni di calcestruzzo estratti
- Termografie
- Endoscopie
- Monitoraggio strutturale sperimentale permanente

Riferimenti Normativi

- UNI EN 12390-3:2009 “Prove sul calcestruzzo indurito - Resistenza alla compressione dei provini”;
- UNI EN 12390-4:2002 “Prova sul calcestruzzo indurito - Resistenza alla compressione - Specifiche per macchine di prova”;
- UNI EN 12390-7:2009 “Prove sul calcestruzzo indurito - Massa volumica del calcestruzzo indurito”;
- UNI EN 12390-13:2013 “Determinazione del modulo di elasticità secante in compressione”;
- UNI EN 12504-1:2009 “Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Carote - Prelievo, esame e prova di compressione”;
- UNI EN 12504-3:2005 “Prove sul calcestruzzo nelle strutture- Parte 3: Determinazione della forza di estrazione”;
- UNI EN 12504-4:2005 “Prove sul calcestruzzo nelle strutture- Parte 4: determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici”
- UNI EN 14630:2007 “Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione della profondità di carbonatazione di un calcestruzzo indurito con il metodo della fenolftaleina”;
- UNI EN ISO 7500-1:2018 “Materiali metallici - Verifica delle macchine di prova statiche uniassiali - Parte 1: Macchine di prova a trazione/compressione - Verifica e taratura del sistema di misurazione delle forze”;
- ASTM C876-15 “Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete”
- RILEM 154-EMC: Electrochemical techniques for measuring metallic corrosion

Strumenti di prova

Per l'esecuzione delle prove sono state impiegate i seguenti strumenti:

- SENSORE PER LA MISURAZIONE INTERNA DI TEMPERATURA E UMIDITÀ (Costruttore: Gemini Instruments; Modello: TV4505);
- SENSORE PER LA MISURAZIONE ESTERNA DI TEMPERATURA E UMIDITÀ (Costruttore: TZONE; Modello: TZ-TempU03);
- APPARECCHIATURA PER MISURAZIONI DEL POTENZIALE DI CORROSIONE:
 - Elettrodo di Riferimento (Costruttore: M.C. Miller; Modello: RE-5; Numero di serie: 15108)
 - Voltmetro (Costruttore: Extech Instruments; Modello: EX530; Numero di serie: 201111804);
- CALIBRO (Costruttore: Mitutoyo; Modello: CDN-P30PMX; Numero di serie: 0008066; Unità di formato: 0,01 mm.);
- APPARECCHIATURA PER ULTRASUONI (Costruttore: Proceq; Modello: PUNDIT PL200/; Sonde: 54 kHz)
- PACOMETRO (Costruttore: Hilti; Modello: Ferrosan FS10);
- GEORADAR (Costruttore: Proceq; Modello: G8800).

Discussione dei risultati

Sulla base dei test eseguiti in situ e le successive elaborazioni in laboratorio si possono fare le seguenti considerazioni.

Dai risultati delle prove SONREB è possibile affermare l'esistenza di un cluster piuttosto definito, il che e generalmente indice di una **discreta uniformità della tipologia di materiale**. Infatti, il range in termini di indice di rimbalzo (ricavato dalle prove sclerometriche) e di velocità di trasmissione (prove ultrasoniche), e chiaramente individuabile. Dai risultati delle SONREB, sembrerebbe che **gli elementi strutturali del piano terra presentino delle caratteristiche inferiori**, in termini di R_c , rispetto agli elementi del primo piano.

Questa affermazione trova parzialmente riscontro anche nei risultati delle prove di resistenza a compressione dei campioni estratti: gli elementi strutturali del *piano terra presentano un cluster nel range tra 20-30 Mpa*, con l'eccezione di entrambi i campioni estratti dai pilastri P8n e P8s, che presentano valori di resistenza di molto maggiori. Tuttavia, è anche stata riscontrata una *grande dispersione dei valori di resistenza dei campioni provenienti dal piano primo*.

Un discorso analogo può essere fatto mediante il confronto in termini di modulo elastico, dei risultati delle SONREB e delle prove di caratterizzazione di modulo elastico dei campioni estratti. Ai fini comparativi, i moduli elastici dinamici ricavati dalle prove ultrasoniche sono stati convertiti mediante fattore moltiplicativo (pari a 1.1), per poter essere comparati con i moduli elastici secanti ottenuti dalle carote estratte. Questa relazione semplificata è coerente con le leggi comuni riportate in letteratura (CSLBdecreto361/2017 2017; UNI9771:1990 1990; UNIEN12390-13:2013 2013).

Riepilogo

Considerando la sequenza costruttiva del salone, partita dall'abside nel settembre del 1947 e proseguita verso il fronte su corso Massimo d'Azeglio, si è deciso di distribuire le prove per indagare la progressione costruttiva e rilevare eventuali differenze sostanziali. Sempre seguendo questa logica, le prove sono state ripetute sui diversi livelli (piano interrato, piano terra, piano ballatoi e, infine le coperture) per indagare eventuali anomalie dovute alle diverse fasi di getto eseguite in momenti diversi e/o con eventuali conglomerati differenti, tenendo in considerazione il fatto che all'epoca il calcestruzzo veniva fabbricato e amalgamato in opera e poteva soffrire di differenze dovute all'artigianalità della fabbricazione.

Inoltre, si è avuto premura di ripetere un numero congruo di prove per indagare l'ampliamento del salone, avvenuto nel 1953. Pertanto, le varie prove sono state ripetute per effettuare un confronto tra le due parti ed individuare eventuali anomalie o differenze. Seguendo questa logica, le indagini sono state estese sui principali elementi strutturali in modo da avere un quadro uniformemente distribuito e rappresentativo della struttura, compreso l'ampliamento del 1953.

Considerati i vincoli di tutela cui è soggetto il complesso di Torino Esposizioni, sono state limitate le indagini invasive, escludendo del tutto quelle considerate ridondanti (le prove di pull-out sugli elementi in calcestruzzo) o che potevano essere sostituite incrociando controlli visivi con documentazione e certificazioni di archivio (e il caso prelievi di barre di armatura per prove di trazione, che potranno eventualmente essere disposti in fase di esecuzione degli interventi di rinforzo e miglioramento sismico).

Contestualmente sono state ampliate, rispetto al programma iniziale, le indagini non-distruttive e sono stati introdotte nuove attività, come ad esempio alcuni monitoraggi continui in zone dove erano stati riscontrati fenomeni anomali o da approfondire.

Prove su elementi in ferrocemento

Gli elementi in ferrocemento presenti in varie parti dell'edificio, in particolare la volta ondulata e la semicupola nervata.

Prove non distruttive:	Esito delle prove
Verifica a campione mediante scarifica e misure con pacometro per controllo della corrispondenza tra le armature presenti con quelle previste nelle relazioni e nei disegni strutturali di archivio.	Le verifiche hanno riguardato alcuni elementi della volta ondulata. Si può affermare la sostanziale corrispondenza con quanto previsto dai progetti originali. Per l'identificazione della configurazione dei pannelli è stato utilizzato un georadar Proceq 8800. Le indagini sono state eseguite sia all'interno del salone con l'aiuto di una piattaforma, sia all'estradosso accedendo direttamente sulla copertura. Attraverso le immagini acquisite con il georadar, è stato possibile identificare le armature presenti nella nervatura in cemento armato gettato in opera alla base dell'onda. Le dimensioni delle armature non sono state verificate in sito poiché ciò avrebbe richiesto una scarifica invasiva per l'esposizione delle armature. A seguito delle indagini è possibile affermare che si è trovata una diretta corrispondenza con gli elaborati del progetto di Nervi.
Analisi termografica delle strutture	Le acquisizioni mediante termocamera non hanno rilevato differenze sostanziali tra gli elementi ondulati della copertura. Si può quindi affermare che gli elementi mostrano una sostanziale omogeneità di insieme.
Prove di corrosione	I test di corrosione sui pannelli in ferrocemento sono stati eseguiti con risultato negativo a causa della mancanza di continuità tra i vari strati di rete metallica, e dell'estrema fragilità dei pannelli stessi.
Prove semi-distruttive	Esito delle prove
Scarificazione parziale della matrice cementizia per verificare lo stato delle reti in acciaio dei principali elementi in ferrocemento.	La scarifica parziale è stata eseguita a livello superficiale su uno degli elementi della volta. La scarifica parziale ha esposto il primo strato di rete dell'elemento in ferrocemento. Ad un'analisi visiva il primo strato di rete risulta corroso .
Analisi Chimiche	Esito delle prove
Prove di carbonatazione sugli elementi in ferrocemento.	Non è stato possibile eseguire la prova.
Analisi chimica elementare: l'analisi chimica dei campioni prelevati in situ potrà essere sia di tipo qualitativo, limitandosi al riconoscimento dei componenti presenti, sia quantitativa, quando ne determina le rispettive quantità.	In questo salone non è stato possibile prelevare un campione per eseguire le analisi chimiche; tuttavia, è possibile risalire alle caratteristiche delle malte cementizie impiegate grazie ai certificati di prova originali dell'epoca.

Prove su elementi in calcestruzzo

Prove non distruttive:	Esito delle prove
Verifica a campione mediante scarifica e misure con pacometro per controllo della corrispondenza tra le armature presenti con quelle previste nelle relazioni e nei disegni strutturali di archivio	Si è osservata una corrispondenza diretta con i disegni originali di Nervi ad esclusione dell'armatura a livello del pilastro indagato al piano interrato (maglia rete mancante).
Analisi termografica delle strutture	Le termografie non hanno evidenziato particolari disomogeneità negli elementi in calcestruzzo.
Prove di corrosione	In generale, tutti i pilastri e le colonne al primo piano e al piano terra presentano dei valori di potenziale che rappresentano 90% di probabilità di assenza di corrosione . Nel pilastro P12n, al piano terra e primo piano, si sono rilevati valori di potenziale negativi tali da indicare una probabilità medio alta della presenza di attività di corrosione. Questo pilastro si trova in prossimità di perdite di acqua dovute al malfunzionamento del sistema antincendio. Le colonne al piano seminterrato presentano una condizione diversa rispetto agli elementi ai livelli superiori. Le misurazioni del potenziale raccolte presentano dei valori negativi alla base dovuti alla risalita dell'umidità e una probabilità media della presenza di attività di corrosione. È in particolare visibile la corrosione alla base delle armature con presenza di distacco del calcestruzzo.
Prove ultrasoniche e sclerometriche	Le prove ultrasoniche e sclerometriche hanno permesso di caratterizzare meccanicamente un buon numero di elementi strutturali. I risultati sono stati dunque impiegati per avere un quadro complessivo più ampio rispetto ai soli risultati provenienti dalle carote. Le prove ultrasoniche, insieme ai risultati delle sclerometriche, sono state impiegate per ottenere una stima della resistenza a compressione Rc (SONREB), oltre che del modulo elastico dinamico, in modalità non distruttiva.
Prove semi-distruttive	Esito delle prove
Prove di pull-out sugli elementi in calcestruzzo.	In accordo con la Soprintendenza, le prove di pull-out non sono state eseguite, in quanto invasive e non strettamente necessarie. Al posto delle prove semidistruttive si è deciso di incrementare il numero di prove ultrasoniche e sclerometriche per stimare mediante metodo SONREB la resistenza dei calcestruzzi.
Prove distruttive	Esito delle prove
Prelievo mediante carotatrice di campioni di calcestruzzo diametro 100 mm altezza minima 120 mm da sottoporre a prove di carbonatazione, compressione, modulo elastico e prove a trazione indiretta.	Le resistenze a compressione ottenute sulle carote, pur mostrando una sensibile variabilità da elemento a elemento, corrispondono a valori di resistenza cilindrica mai inferiori a 20 MPa e comunque in linea con quanto atteso per calcestruzzi dell'epoca. Le stime del modulo elastico corrispondono a valori tipici dei calcestruzzi.
Analisi Chimiche	Esito delle prove
Prove di carbonatazione sugli elementi in calcestruzzo.	Le prove di carbonatazione sono state eseguite su tutte le carote estratte. Generalmente la profondità di carbonatazione più elevata è stata rilevata per gli elementi al piano interrato (fino a 50 mm). Anche per alcuni campioni estratti dagli elementi al piano terra è stato rilevato un fronte di carbonatazione fino a 35 mm; mentre negli elementi estratti al piano primo non è stata rilevata alcuna

	<p>carbonatazione in corso, ad eccezione dei campioni estratti dagli elementi trave (T).</p> <p>Il fronte di carbonatazione risulta più avanzato su quegli elementi più esposti a infiltrazioni e/o umidità, oltre che su quelli meno protetti. Su alcuni elementi del piano terra lo strato di intonaco risultava essere inferiore al 0.5 cm, contrariamente agli elementi del piano primo, dove lo spesso strato di intonaco, anche superiore ai 2 cm, ha protetto il calcestruzzo.</p>
<p>Analisi chimica elementare: l'analisi chimica dei campioni prelevati in situ potrà essere sia di tipo qualitativo, limitandosi al riconoscimento dei componenti presenti, sia quantitativa, quando ne determina le rispettive quantità.</p>	<p>La composizione mineralogica è stata determinata tramite analisi di diffrazione a raggi X (Bruker D4 Endeavor) nei laboratori Buzzi-Unicem</p>
Analisi Petrografiche	Esito delle prove
<p>Esame petrografico di calcestruzzo indurito di vari frammenti di calcestruzzo di dimensione centimetrica (ASTM C856-20) prelevati da diversi elementi strutturali.</p>	<p>Analisi eseguite da CMR Center Materials Research snc – Via Zamenhof 589- 36100 VICENZA</p>

Prove su solai ed elemento ad arco IN SAP

Prove non distruttive:	Esito delle prove
Analisi termografica delle strutture	Le acquisizioni mediante termocamera non hanno evidenziato infiltrazioni o macchie di umidità.
Prove semi-distruttive	Esito delle prove
Indagine stratigrafica del solaio	Si è trovata una diretta corrispondenza con i disegni originali di Nervi. Il solaio SAP presenta lesioni dovute a sfondellamento, associabili a infiltrazioni d'acqua.

Prove su Armature

Prove non distruttive:	Esito delle prove
Prelievo di barre di armatura da sottoporre a prove di trazione. Prelievo di barre limitato.	Vista l'invasività della prova, considerato il valore monumentale dell'opera, è stata ritenuta sufficiente la presenza dei certificati di prova originali dell'epoca.

Prove su elementi strutturali

Prove non distruttive:	Esito delle prove
Analisi termografica delle strutture	Le acquisizioni mediante termocamera sugli elementi del timpano hanno evidenziato la corrispondenza del reticolo progettato da Nervi. Non sono invece emerse anomalie o disomogeneità rilevate dalla termocamera.
Prove semi-distruttive	Esito delle prove
Scarificazione degli intonaci a livello dei timpani e delle pareti laterali a livello dei ballatoi, per verificare il livello di ammorsamento dei muri di tamponamento con il telaio in cemento armato	La scarifica sugli elementi ha evidenziato il mancato ammorsamento delle pareti di tamponamento con gli elementi strutturali in calcestruzzo armato.
Indagine stratigrafica dei pannelli	I pannelli dei muri di tamponamento indagati a livello del ballatoio rispecchiano quanto progettato da Nervi, in quanto sono muri a cassa vuota costituiti da due strati di laterizi

	forati separati da una un'intercapedine vuota. Si è evidenziata una certa disomogeneità nei laterizi impiegati, oltre a dei difetti costruttivi in termini di posa (criticità degli elementi posati a coltello) e di esecuzione (strati di malta disomogenei).
--	--

Monitoraggio ambientale

Monitoraggio Ambientale	Risultati
N.3 sensori sono stati installati in altrettante aree della struttura: nel primo piano lato sud, nella parte superiore della volta a sap e nel piano interrato.	Al piano interrato si registra un'umidità media più alta (63.28%) rispetto al valore registrato dai sensori situati ai piani più alti. (50.87% - 48.62%). Mentre si registrano temperature più basse nel sensore al piano interrato rispetto ai sensori situati ai livelli più alti.
Monitoraggio interno del calcestruzzo	Risultati
N. 3 sensori sono stati installati all'interno di due pilastri, PT_P12N, P1_P7S e nella CI-3 al piano interrato.	I dati di temperatura e umidità raccolti nella colonna CI-3 confermano la presenza di un livello di umidità ottimale per i fenomeni di corrosione [65%-75%]. Mentre, i dati raccolti dal pilastro P12 rappresentano una condizione bagnata, confermata dalla presenza di una perdita del sistema antincendio in prossimità del pilastro. Al primo piano, i dati raccolti dal sensore installato nel P7 riportano una condizione asciutta con valori di umidità <65%.

Monitoraggio strutturale

Monitoraggio Strutturale	Risultati
contiguo alla parte terminale dell'abside, in quanto presentava alcune fessure la cui causa risultava sconosciuta. Sono stati quindi installati alcuni deformometri a misura centesimale di tipo Wifi con lettura ogni ora e termometri digitali anch'essi di tipo Wifi. È stato installato anche un accelerometro digitale Wifi per il controllo delle vibrazioni della struttura. Il nuovo sistema di monitoraggio , tuttora funzionante dal 30 settembre 2021, è composto come segue: <ul style="list-style-type: none"> • Sensori di spostamento sulle fessure dell'arco in cemento armato, sensibilità 1/100 mm • Accelerometro per le vibrazioni nel senso ortogonale all'arco (con soglia di attivazione a 1 mg). • Sensori di temperatura e di umidità • Microcamera per foto di ambiente 2Mp • N.2 batterie al piombo da 12V e 12Ah 	Nel periodo analizzato nell'ambito del Progetto KIM Getty, le fessure monitorate in uno degli archi della volta SAP presentavano cicli sostanzialmente stabili. Anche i dati accelerometrici non mostravano anomalie evidenti. I dati sono ancora in fase di acquisizione. Risultati più significativi si otterranno con un monitoraggio permanente di lungo periodo, auspicabilmente con sistemi e strumentazioni più completi e accurati, anche in modo da rimuovere gli effetti delle componenti stagionali.

10.1 Il grado di approfondimento adottato per le indagini

La conoscenza di un manufatto storico è il presupposto fondamentale per ottenere una valutazione attendibile della sicurezza strutturale e sismica.

Le recenti linee guida europee e italiane riservano particolare attenzione alla valutazione delle strutture esistenti, che si distinguono da quella di nuova costruzione per la mancanza di informazioni sia sulle caratteristiche originarie che sullo stato attuale dell'edificio in esame.

Le linee guida ISCARSAH-ICOMOS (ICOMOS, ISCARSAH Committee. 2003. ICOMOS Charter—Principles for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage. Proceedings of the

ICOMOS 14th General Assembly and Scientific Symposium. Victoria Falls, Zimbabwe Vol. 2731), ovvero i principi accettati a livello internazionale per le valutazioni di sicurezza strutturale e le misure valide per qualsiasi tipo di patrimonio architettonico, affermano che una combinazione di conoscenze ed esperienze sia scientifiche che culturali è indispensabile nello studio di tutto il patrimonio architettonico. Solo in questo contesto le linee guida possono contribuire a migliorare la conservazione, il consolidamento e il restauro degli edifici. Lo scopo di tutti gli studi, le ricerche e gli interventi è quello di salvaguardare il valore culturale e storico dell'edificio nel suo insieme e l'ingegneria strutturale è il supporto scientifico necessario per ottenere questo risultato.

Vale qui la pena richiamare quanto le linee guida ISCARSAH-ICOMOS stabiliscono al riguardo dell'acquisizione dei dati e delle indagini:

Le indagini della struttura richiedono un approccio interdisciplinare che va oltre la semplice considerazioni tecniche perché la ricerca storica può scoprire fenomeni che riguardano il comportamento strutturale mentre le questioni storiche possono essere risolte studiando il comportamento strutturale. Pertanto, è importante che si formi una squadra di indagine che incorpori una serie di competenze adeguate alle caratteristiche dell'edificio e che sia diretta da qualcuno con adeguate capacità e esperienze.

La conoscenza della struttura richiede informazioni sulla sua concezione, sulle sue tecniche costruttive, sui processi di degrado e danneggiamento, sulle modifiche apportate ed infine sul suo stato attuale. Questa conoscenza può essere generalmente raggiunta attraverso i seguenti passaggi:

- *definizione, descrizione e comprensione del significato storico e culturale dell'edificio;*
- *descrizione dei materiali e delle tecniche costruttive originali;*
- *ricerca storica che copre l'intera vita della struttura includendo sia le modifiche alla sua forma apportate da eventuali precedenti interventi strutturali;*
- *descrizione della struttura nel suo stato attuale compresa l'identificazione di danni, degrado e possibili fenomeni progressivi, utilizzando opportuni tipi di test;*
- *descrizione delle azioni coinvolte, del comportamento strutturale e delle tipologie dei materiali;*

Un "rilievo preliminare" sia del sito che dell'edificio dovrebbe precedere questi studi. Poiché le indagini possono essere eseguite a diversi livelli di dettaglio, è importante stabilire un piano delle attività proporzionale alla complessità della struttura e che tenga conto anche del reale beneficio che si ottiene dalle conoscenze acquisite.

La raccolta dei dati rappresenta dunque uno degli aspetti principali del cosiddetto Percorso della Conoscenza per le strutture del patrimonio. Ciò consiste nel reperimento di tutte le informazioni possibili, indagini più approfondite sulla storia della struttura (compresi eventi storici e trasformazioni edilizie) e un rilievo della disposizione geometrica e del materiale costruttivo, dei dettagli costruttivi e delle proprietà dei materiali. Le informazioni possono essere acquisite durante le indagini conoscitive e le analisi dirette dell'edificio. La documentazione d'archivio e l'analisi delle fonti sono utili, insieme ad analisi dirette per definire la trama costruttiva del materiale, le dimensioni dell'edificio, lo stato di conservazione, gli interventi di trasformazione, lo stato di salute, le fessurazioni e i possibili meccanismi di collasso.

Le **autorità di regolamentazione italiane** hanno redatto diversi documenti avanzati con linee guida per la tutela delle strutture del patrimonio:

- Linee guida italiane per la valutazione e la mitigazione del rischio sismico per i beni culturali,
- Direttiva PCM 9/2/2011 (Direttiva BBCC).

Nel pieno rispetto delle norme tecniche e deontologiche relative al patrimonio architettonico, la Direttiva PCM incoraggia il raggiungimento di un adeguato "Livello di Conoscenza", ottenibile solo attraverso prove e indagini estese (in relazione al "Percorso della Conoscenza"). Un accurato livello di conoscenza presuppone diverse indagini di ricerca che possono essere svolte utilizzando tecnologie tradizionali o moderne:

- l'identificazione della costruzione, la sua localizzazione in relazione a particolari aree a rischio, ed il rapporto della stessa con il contesto urbano circostante;
- il rilievo geometrico della costruzione nello stato attuale, inteso come completa descrizione stereometrica della fabbrica, compresi gli eventuali fenomeni fessurativi e deformativi;
- l'individuazione della evoluzione della fabbrica, intesa come sequenza delle fasi di trasformazione edilizia, dall'ipotetica configurazione originaria all'attuale;
- l'individuazione degli elementi costituenti l'organismo resistente, nell'accezione materica e costruttiva, con una particolare attenzione rivolta alle tecniche di realizzazione, ai dettagli costruttivi ed alle connessioni tra gli elementi;
- l'identificazione dei materiali, del loro stato di degrado, delle loro proprietà meccaniche;
- la conoscenza del sottosuolo e delle strutture di fondazione, con riferimento anche alle variazioni avvenute nel tempo ed ai relativi dissesti.
- il monitoraggio.

La valutazione dello stato degli edifici storici è più complessa rispetto alle strutture ordinarie. Le incertezze associate alle proprietà dei materiali e al comportamento strutturale sono generalmente coperte da fattori di sicurezza relativi al livello di sicurezza presunto. Gli approcci standard per la valutazione delle condizioni sono inappropriati per le strutture del patrimonio, in quanto potrebbero essere molto invasivi. Quando si affronta la valutazione della sicurezza di queste strutture, è auspicabile un approccio più flessibile al fine di garantire la sicurezza degli utenti e ridurre al minimo possibile gli interventi. Pertanto, livelli di sicurezza inferiori rispetto ai nuovi edifici possono talvolta essere giustificati per gli edifici storici, in quanto i rischi legati all'uso dell'edificio possono essere ridotti limitando l'accesso in determinate aree dell'edificio o implementando programmi di monitoraggio continuo o periodico, ecc. In altre parole, i consueti fattori di sicurezza parziale utilizzati per le nuove costruzioni, che tengono conto di eventuali incertezze, ad es. relativi ai materiali, possono essere ridotti se il livello di conoscenza dell'edificio lo giustifica.

Sebbene i fattori di sicurezza associati al grado di conoscenza secondo le norme italiane siano convenzionalmente applicati alle proprietà dei materiali (es. il fattore di confidenza della citata Direttiva BBCC), le incertezze nella modellazione non si limitano ad essi e includono anche altri parametri strutturali, ad esempio i dettagli costruttivi, i vincoli con gli altri corpi e il terreno etc. Infatti, uno degli aspetti più impegnativi della valutazione strutturale sismica degli edifici esistenti è l'identificazione delle incertezze di modellazione strutturale. I fattori di confidenza sono definiti in funzione dei livelli di conoscenza acquisiti, soprattutto sulla base dei risultati di specifici test e ispezioni in situ.

NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

Il Cap. VIII del Decreto Ministeriale, 17 gennaio 2018 (NTC 2018), che riguarda le costruzioni esistenti, dispone:

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi devono tenere conto dei seguenti aspetti della costruzione:

- essa riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione;
- in essa possono essere insiti, ma non palesi, difetti di impostazione e di realizzazione;
- essa può essere stata soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non siano completamente manifesti;
- le sue strutture possono presentare degrado e/o modifiche significative, rispetto alla situazione originaria.

Nella definizione dei modelli strutturali si dovrà considerare che sono conoscibili, con un livello di approfondimento che dipende dalla documentazione disponibile e dalla qualità ed estensione delle indagini che vengono svolte, le seguenti caratteristiche:

- *la geometria e i particolari costruttivi;*

- le proprietà meccaniche dei materiali e dei terreni;
- i carichi permanenti.

Si dovrà prevedere l'impiego di metodi di analisi e di verifica dipendenti dalla completezza e dall'affidabilità dell'informazione disponibile e l'uso di coefficienti legati ai "fattori di confidenza" che, nelle verifiche di sicurezza, modifichino i parametri di capacità in funzione del livello di conoscenza (v. §8.5.4) delle caratteristiche sopra elencate (v. §8.2).

Tuttavia, come precisato dalle stesse NTC 2018, **per edifici del patrimonio culturale**, vale il D. lgs. 42/2004 Codice dei beni culturali e del paesaggio, con particolare riferimento all'Art. 29 del Codice (miglioramento strutturale) e all'Art. 30 (obblighi di conservazione). Per tali edifici **il riferimento normativo prevalente**, nelle more dell'emanazione di ulteriori disposizioni, **rimane dunque il D.P.C.M. 9 febbraio 2011** "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008" (Direttiva BBCC). Al riguardo, la Circolare esplicativa delle NTC 2018 del 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP (Circ. NTC 2018) recita:

in considerazione della specificità e articolazione del contenuto nonché delle caratteristiche del patrimonio storico edilizio italiano, (la direttiva BBCC) è adottabile come riferimento per le costruzioni che comunque abbiano una valenza storica, artistica o urbanistico-ambientale, anche se non esplicitamente vincolate, fatto salvo quanto previsto al punto 8.4 delle NTC.

Bisogna anche aggiungere che, riferendosi la Direttiva BBCC prevalentemente al patrimonio tradizionale delle costruzioni in muratura, la sua estensione a classi molto generali di beni richiede cautela e va perseguita nei suoi principi generali piuttosto che nelle disposizioni specifiche, che non sono necessariamente compatibili con il patrimonio culturale moderno, ad esempio quello in cemento armato, e con le stesse NTC 2018.

In ogni caso, la Direttiva BBCC prescrive un Percorso della Conoscenza molto più articolato, che diventa necessariamente il riferimento principale per qualsiasi edificio tutelato, anche in cemento armato. Una ulteriore osservazione va fatta al riguardo del citato fattore di confidenza, che è impiegato nelle verifiche di sicurezza per tener conto dell'approfondimento raggiunto nella conoscenza dell'edificio, anche con uso di indagini sperimentali. Esso è convenzionalmente applicato alle proprietà meccaniche dei materiali sulla base dal livello di conoscenza raggiunto sulla struttura in esame (§ 8.7.5), come riportato in tabella C8.5.IV della Circolare esplicativa delle NTC 2018. Va però aggiunto che **la Direttiva BBCC introduce una tabella più dettagliata per gli edifici tutelati, che permette una valutazione più accurata del fattore di confidenza da applicare alla resistenza dei materiali**, specie in presenza di rilievi e indagini molto specialistiche.

IL PERCORSO DI CONOSCENZA NEL CASO DEL COMPLESSO DI TORINO ESPOSIZIONI

Il complesso di Torino Esposizioni è da tempo soggetto a vincolo di tutela di tipo paesaggistico da parte del Masterplan del comune di Torino (Bene ambientale vincolato oggetto di notifica ministeriale, ai sensi dell'art. 5 comma 17 delle Norme Urbanistico Edilizie di Attuazione del Prg). Inoltre **nel 2000 questi edifici** sono stati inseriti da Docomomo Italia nell'elenco dei beni da considerarsi **Patrimonio dell'Umanità della UNESCO World Heritage List** (Sharp D., Cooke C. (eds), The Modern Movement in Architecture Selections from the Docomomo Registers, 010 Publishers, Rotterdam, 2000).

Finalmente, **dal 2020 l'intero complesso di Torino Esposizioni è sottoposto a tutela architettonica** ai sensi della Parte II del d.lgs. 42/2004 e s.m.i. con provvedimento espresso con D.C.R. 20 del 02/04/2020 da parte del Ministero per i beni e le attività culturali e per il turismo. Dunque, il Percorso di Conoscenza deve sicuramente avere a riferimento i principi espressi dalla Direttiva BBCC e qualsiasi disposizione e standard con essa compatibile.

Il Percorso di Conoscenza del Padiglione 2 è stato svolto nel quadro *più generale di un progetto internazionale e interdisciplinare promosso dalla Getty Foundation*, in perfetta coerenza con i citati standard deontologici internazionali. Infatti la Getty Foundation di Los Angeles in data 3/6/2019 ha assegnato a un gruppo di partner

internazionali, guidati dal Politecnico di Torino e con il coordinamento del prof. Rosario Ceravolo, un premio nell'ambito dell'iniziativa "Keeping It Modern" per attivare un progetto di ricerca (nel seguito per brevità "progetto Getty") finalizzato a ricerche innovative per la protezione sismica, il monitoraggio e la conservazione dei due padiglioni di Pier Luigi Nervi all'interno del complesso di Torino Esposizioni. Il team comprendeva diverse università e laboratori di ricerca specializzati, partner industriali, istituzioni locali, fra cui il Comune di Torino e la **Pier Luigi Nervi (PLN) project association**.

Inoltre, le indagini sperimentali necessarie per ottenere un adeguato livello di conoscenza sui padiglioni 2 e 3 e sulla galleria di collegamento a Torino Esposizioni e la caratterizzazione meccanica dei materiali (attraverso indagini non-distruttive, saggi localizzati sui materiali o carotaggi, rilievi etc.) sono state svolte nell'ambito di una convenzione di ricerca, coordinata con il progetto Getty e stipulata tra l'ente proprietario, il Comune di Torino, per il tramite di S.C.R. Piemonte S.p.A., e il Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica (DISEG). Nello specifico, le indagini sono state progettate ed eseguite dal laboratorio di Dinamica e Sismica (EED) e dal laboratorio di Materiali e Strutture (MASTRlab), presso il DISEG, mentre i rilievi geometrici sono stati svolti con il supporto del Laboratorio di Geomatica per i Beni Culturali del Dipartimento di Architettura e Design (DAD) dello stesso Politecnico.

I risultati delle indagini e dei rilievi sono stati documentati nelle relazioni finali della predetta Convenzione di ricerca tra SCR Piemonte e Politecnico di Torino, DISEG, inerente lo "Studio sperimentale sulle condizioni di sicurezza strutturale dei padiglioni 2 e 3, realizzati da Pier Luigi Nervi, del complesso di Torino Esposizioni". Tali relazioni, messe a disposizione dalla stazione appaltante, hanno permesso di definire il grado di approfondimento della conoscenza.

Il livello di conoscenza acquisito sul Padiglione 2 discende, più in particolare, dalle indagini e rilievi descritti nei seguenti documenti:

- **Report n. 2** "Torino Esposizioni, padiglione 2. Indagini sperimentali sulle strutture", Politecnico di Torino, 2021.
- **Report n. 1** "Rilievo metrico integrato da tecnologie 3D innovative (laser scanning e fotogrammetriche, anche da UAV Unmanned Aerial Vehicle) per la costruzione di un modello user oriented arricchito dei saloni B e C", Politecnico di Torino, 2021.

Mentre per informazioni più specialistiche si rimanda al report finale del progetto Getty, si ritiene utile riportare di seguito l'elenco dei principali archivi consultati.

- Centro Studi e Archivio della Comunicazione (CSAC), Parma (IT) <http://opac.unipr.it/>
- Centro Archivi del MAXXI Architettura, Roma <http://maxxiresearch.fondazionemaxxi.it/maxxi/collezionixx/XX/fondo/IT-MAXXI-AR0001-0000002>
- Archivio Maire Tecnimont, Milano. Già archivio del gruppo FIAT;
- Archivi di Buzzi Unicem Archives, Trino;
- Archivio del Laboratorio di Materiali e Strutture del Politecnico di Torino;
- Archivio privato Ing. Ravelli;
- Archivio Edilizio della città di Torino;
- Archivio Biblioteca di Scienze tecnologiche Architettura Firenze - Fondo Nervi;
- Archivio Centrale dello Stato – brevetti;
- Archivio del Laboratorio Materiali e Strutture (MASTRlab) del Politecnico di Torino (DISEG).

ASSUNZIONE DEL LIVELLO DI CONOSCENZA PER LE VALUTAZIONI DI SICUREZZA STRUTTURALE E SISMICA

Le indagini strutturali e sismiche sui padiglioni di Torino Esposizioni, progettate dal Politecnico di Torino (DISEG), sono state **discusse e concordate con la Soprintendenza**, che le ha autorizzate ai sensi dell'art. 21 d.lgs. 42/2004 e s.m.i. con comunicazione Prot. 16664 del 03.09.2021 avente a oggetto: complesso di Torino Esposizioni (padiglioni 2, 2b e 3) – esecuzione di indagini conoscitive e saggi sui saloni.

Come definito nella relazione tecnica sottoposta alla Soprintendenza, la scelta del tipo di indagini ha privilegiato le prove di tipo non-distruttivo per limitare al minimo necessario quelle che comportano distruzioni anche parziali. Nell'ottica di limitare il numero di campioni da estrarre da entrambi i padiglioni, si è deciso di localizzare i punti di prova principalmente (anche se non limitatamente) sugli elementi strutturali più monolitici e che rivestono un ruolo di primaria importanza nella struttura (i pilastri inclinati del Padiglione 2). I punti di prova sugli elementi sono stati scelti sia a diverse altezze di getto, sia per individuare le diverse classi di calcestruzzo ipotizzate da Pier Luigi Nervi. Sempre con il fine di ridurre il numero di prelievi sono state sfruttate le simmetrie e le situazioni ripetitive della struttura.

Per quanto riguarda gli elementi in ferrocemento, materiale costruttivo presente in entrambi i padiglioni, le indagini in-situ potevano essere solo di tipo non distruttivo o parzialmente distruttivo e riguardare non tanto la caratterizzazione meccanica del materiale, quanto la verifica dei dettagli costruttivi. Questo a causa degli spessori estremamente ridotti degli elementi, oltre al fatto che per testarne le proprietà meccaniche sarebbe stato necessario rimuovere delle porzioni consistenti degli stessi. Prove distruttive sui ferrocementi sono state demandate al progetto Getty attraverso la costruzione di mock-up che sono stati effettivamente sottoposti a test di durabilità e corrosione.

Più in generale, nell'ambito del progetto Getty sono state svolte le seguenti attività complementari: un'approfondita analisi storico-documentativa, test dinamici utili alla caratterizzazione del comportamento dinamico e sismico globale delle strutture, calibrazione di modelli numerici mediante i risultati delle prove sperimentali, esecuzione di mock-up degli elementi in ferrocemento da sottoporre a test di durabilità e corrosione, rilievo del degrado, oltre ad analisi innovative di geomatica mirate a ottenere il riferimento di tutte le misurazioni e degli elaborati di rilievo ad un unico sistema cartesiano e il controllo della propagazione degli errori al fine di garantire le tolleranze (accuratezza del dettaglio strutturale per i saloni e 1:100 intero complesso).

Come si è detto nei paragrafi precedenti, il grado di attendibilità del modello di valutazione sismica è strettamente legato al livello di approfondimento della conoscenza e ai dati disponibili sui materiali, per cui le norme introducono diversi livelli di conoscenza, ad approfondimento crescente, ai quali sono legati fattori di confidenza F_C da utilizzare nell'analisi di vulnerabilità sismica del manufatto. In particolare, il fattore di confidenza può essere determinato definendo quattro fattori parziali di confidenza F_{Ck} ($k=1,4$), sulla base dei coefficienti numerici riportati nella Tabella 4.1 della Direttiva BBCC, i cui valori sono associati alle categorie di indagine e al livello di approfondimento in esse raggiunto:

$$F_C = 1 + \sum_{k=1}^4 F_{Ck}$$

Nel caso del Padiglione 2 di Torino Esposizioni, in base alle informazioni raccolte e alle indagini svolte, si svolgono le seguenti valutazioni.

- **Rilievo geometrico (FC1)** --> **massimo** livello di conoscenza. Esiste infatti un rilievo geometrico completo.
- **Specificità storiche e costruttive (FC2)** --> **medio** livello di conoscenza. Alcuni aspetti, ad esempio sulla volta in SAP, non sono stati del tutto assodati, nonostante le indagini messe in campo; inoltre, alcune tavole originali, ad esempio delle travi di raccordo a quelle anulari dell'abside, non sono state reperite; infine la conoscenza di alcuni comportamenti strutturali locali, es. cerniere/incastri, efficacia dei vincoli con corpi attigui etc., non si può considerare esaustiva.

- **Proprietà meccaniche dei materiali (FC3)** --> **medio** livello di conoscenza. Mentre al riguardo del calcestruzzo la conoscenza si può ritenere molto elevata, il prelievo dei campioni di acciaio è stato ritenuto troppo invasivo. Per quest'ultimo materiale si è sopperito in parte con i certificati di prove eseguite al Politecnico di Torino. Inoltre l'incertezza interessa tutti i materiali del Padiglione 2B, che è parte integrante della struttura soggetta a verifica strutturale.
- **Terreno e fondazioni (FC4)** --> **medio** livello conoscenza.

$$FC = 1.15 \text{ (FC1=0, FC2=0.06, FC3=0.06, FC4=0.03)}$$

Tabella 4.1 – Definizione dei livelli di approfondimento delle indagini sui diversi aspetti della conoscenza e relativi fattori parziali di confidenza.

Rilievo geometrico	rilievo geometrico completo	$F_{C1} = 0.05$	X
	rilievo geometrico completo, con restituzione grafica dei quadri fessurativi e deformativi	$F_{C1} = 0$	
Identificazione delle specificità storiche e costruttive della fabbrica	restituzione ipotetica delle fasi costruttive basata su un limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche)	$F_{C2} = 0.12$	X
	restituzione parziale delle fasi costruttive e interpretazione del comportamento strutturale fondate su: a) limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione e alla verifica delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche, verifica diagnostica delle ipotesi storiografiche); b) esteso rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche)	$F_{C2} = 0.06$	
	restituzione completa delle fasi costruttive e interpretazione del comportamento strutturale fondate su un esaustivo rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche, eventuali indagini diagnostiche)	$F_{C2} = 0$	
Proprietà meccaniche dei materiali	parametri meccanici desunti da dati già disponibili	$F_{C3} = 0.12$	X
	limitate indagini sui parametri meccanici dei materiali	$F_{C3} = 0.06$	
	estese indagini sui parametri meccanici dei materiali	$F_{C3} = 0$	
Terreno e fondazioni	limitate indagini sul terreno e le fondazioni, in assenza di dati geotecnici e disponibilità d'informazioni sulle fondazioni	$F_{C4} = 0.06$	X
	disponibilità di dati geotecnici e sulle strutture fondazionali; limitate indagini sul terreno e le fondazioni	$F_{C4} = 0.03$	
	estese o esaustive indagini sul terreno e le fondazioni	$F_{C4} = 0$	

$$TOT = 1 + 0.15 = 1.15$$

10.2 L'integrazione delle indagini strutturali con quelle ambientali

Oltre al complesso delle indagini strutturali, tra l'agosto e il settembre del 2022, in concomitanza all'integrazione del rilievo geometrico di cui si è fatto cenno nel precedente paragrafo ¶ 9.2, il Complesso è stato oggetto di una vasta campagna d'indagini ambientali la quale ha permesso di evidenziare la presenza di diversi manufatti, *oggetto di demolizione*, soggetti a conferimento speciale:

- **manti di tenuta** (catrame) e **membrane di copertura contenenti amianto** (in particolare su copertura ondulata Padiglione 2 e coperture piane),
- **isolanti fibrosi soggetti a conferimento speciale** (FAV),
- **flange impiantistiche e mastici** per la sigillatura di vetrazioni contenenti fibre d'amianto (MCA).

Per approfondimenti si rimanda alla Relazione specifica (cfr. "Relazione sulle indagini ambientali" **22044D02_1_0_P_AT_00_CZ_001**) in cui è individuata e descritta la tipologia di saggi e indagini condotte e l'esito delle caratterizzazioni ambientali confortate da esami di laboratorio.

11 Caratteri storici, tipologici e costruttivi dell'opera da valorizzare nel progetto

Filosofia del restauro

Il recente vincolo Ministeriale sull'edificio (2020) non ha cambiato l'approccio e il dialogo impostato con la Soprintendenza, anzi ne ha rafforzato i principi fondanti.

Il progetto infatti è centrato sul recupero dell'immagine storica dell'edificio, un'attività dunque di archeologia del moderno, dove ogni gesto è orientato alla riscoperta degli spazi, delle visuali e dei colori originari dell'edificio.

L'immagine a cui si è guardato è quella dell'ultima grande trasformazione, quella dei primi anni '50 del '900. L'approccio e gli strumenti sono stati però recuperati dalle sue innumerevoli evoluzioni nel tempo attraverso gli studi storici sui materiali di archivio e le fotografie.

Ogni scelta è riferibile alla storia di questo edificio, anche le tracce scomparse ricompaiono nei dettagli del nuovo intervento.

Tra i molti temi affrontati, alcuni hanno avuto particolare rilevanza nel dibattito tecnico culturale con la Soprintendenza: tra questi ricordiamo in particolare la grande sala centrale, l'uso dei soppalchi, il ripristino tecnologico dell'estradosso della copertura, il recupero della facciata storica della palazzina uffici, la balconata sull'abside e le poche demolizioni di elementi incongrui o non più necessari.

La grande sala rimane dal punto di vista percettivo come era alla data del suo completamento, mentre una nuova corte ipogea scavata al centro evita la proliferazione di spazi chiusi in nuovi volumi, l'elemento spaziale corte è percepibile solamente in prossimità di esso e dunque non intacca la vista complessiva del manufatto.

Le navate laterali dei soppalchi sono chiuse da una vetrata nella parte inferiore e libere in quella superiore che accoglierà un particolare sistema di arredi leggeri a gradoni.

La volta, ripulita dall'intreccio di canalizzazioni del 2006, rinforzata strutturalmente verrà rivestita e coibentata senza modificarne le geometrie caratteristiche, i serramenti ripristinati e resi performanti come da disegno del progetto originario.

La balconata sul parco verrà ripulita anche essa dal sistema olimpico di scale antincendio e troverà la sua conformazione originaria con un modesto allargamento della sezione, coerente con le testimonianze fotografiche d'epoca.

La facciata degli uffici riprenderà fedelmente il progetto originario chiudendo con leggere vetrate gli interassi delle partizioni basse.

L'edificio esternamente verrà riproposto nei materiali e cromatismi dell'epoca con l'unica variante di alleggerimento dei colori in copertura che oltre a migliorarne le performance di rifrazione del sole legheranno facciate e coperture come nello storico modello delle fotografie Moncalvo.

Gli interventi sull'esistente

Il criterio generale che ha guidato ogni scelta è sempre stata la riproposizione della configurazione originale, liberando il fabbricato come si presenta oggi dalle superfetazioni che lo hanno modificato e deturpato nel corso degli anni.

Le coperture

Si prevede su tutte le coperture la rimozione degli impianti esistenti installati nel 2006, fortemente deturpanti l'immagine originale del fabbricato. Saranno altresì rimosse le membrane impermeabilizzanti, per consentire

il consolidamento delle strutture sottostanti (nel pad. 2b è prevista la rimozione di uno strato più consistente delle membrane dovuto a peggiori condizioni di conservazione).

La copertura sarà coibentata e rivestita in lamiera d'alluminio preverniciata.

Per le parti piane la finitura sarà in membrana impermeabile di colore chiaro. Le porzioni curve presenteranno invece finitura in alluminio verniciato con sistema di fissaggio meccanico alla struttura, anch'esso di colore chiaro. Su tutte le coperture è prevista l'installazione di sistemi raccolta delle acque piovane.



Fotografie della copertura del pad.2

I lucernari in policarbonato esistenti, della copertura del pad.2, saranno completamente rimossi e sostituiti con nuovi serramenti su disegno uguale a quelli esistenti ma con l'inserimento di alcuni di essi apribili che fungeranno da EFC e per smaltimento calore.

I serramenti dei lucernari a due falde, allineati lateralmente rispetto all'asse principale del pad.2b, saranno interamente rimossi e sostituiti con nuovi serramenti uguali agli esistenti, alcuni di essi apribili che fungeranno da EFC e per smaltimento calore. Sono previsti interventi di demolizione e costruzione sul solaio piano di copertura del pad.2b: come visibile nello schema soprastante: saranno demolite due piccole porzioni di copertura e realizzata una nuova, per ripristinare l'assetto e la simmetria originali.

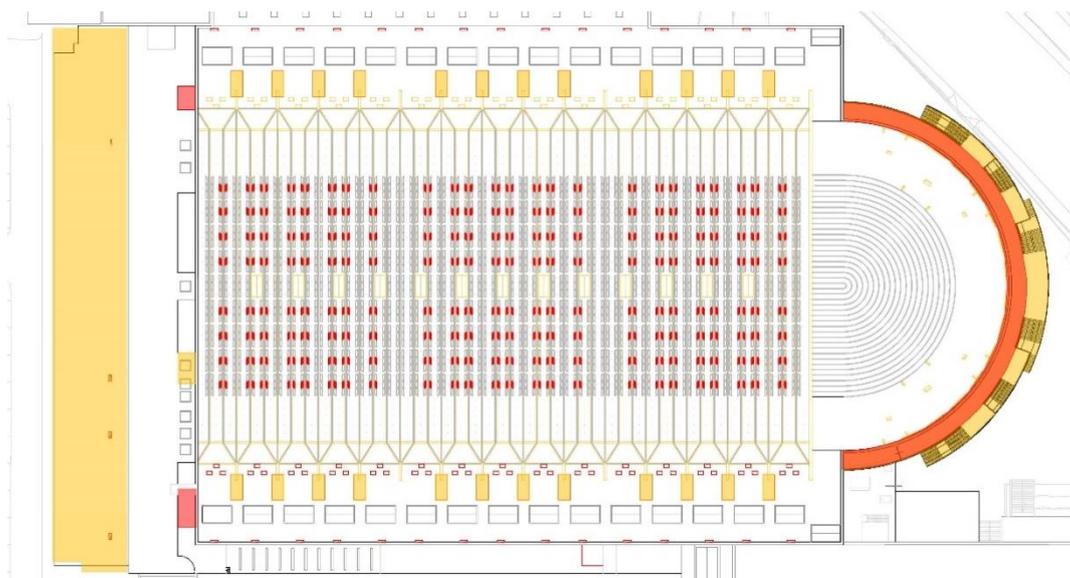
La facciata verso corso Massimo d'Azeglio

La più grande trasformazione da effettuarsi su questa facciata è la completa demolizione dell'avancorpo del pad.2b, cioè il fabbricato realizzato nel 2006 operazione già prevista nel PTE.

L'obiettivo è riproporre, al piano terreno, la facciata storica del 1954. Verranno rimossi inoltre tutte le altre piccole superfetazioni esistenti e i marciapiedi incoerenti con il disegno originale.



Fotografia dei primi anni '60



Vista dall'alto su planimetria dello stato di fatto, con indicazione delle demolizioni e costruzioni. A sinistra sono evidenti le demolizioni dell'avancorpo del pad.2b e le modifiche al solaio piano del pad.2b.

È previsto il ripristino del sagrato originale, con finitura in pietra e materiale tipo levocell alternati, come per l'area verso il parco, in cui saranno integrate le rampe di accesso all'edificio secondo apposite pendenze.

Sarà pertanto ristabilita la scansione tra le parti trasparenti ed opache, realizzando volumi quadrati rivestiti con lastre in grès grande formato di colore chiaro, alternati a vetrate esterne a taglio termico con profili in acciaio e ridotto spessore di telaio.

Una difformità rispetto al disegno originario sarà costituita dall'arretramento della facciata in corrispondenza dell'ingresso, per realizzare una sorta di "bussola" che evidenzii l'accesso e costituisca confortevole spazio per l'attesa. In corrispondenza di questo fronte l'isolamento sarà pertanto realizzato con sistema a cappotto interno.

Le lastre esistenti in marmo travertino saranno soggette a operazioni di pulitura e restauro e trattate con resina trasparente per impermeabilizzazione. Medesimo intervento è previsto per le facciate del Teatro Nuovo, anticipando così il complesso degli interventi cui l'edificio sarà destinato in distino appalto.

I serramenti saranno interamente rimossi e sostituiti con nuovi uguali su disegno degli originali, con profilo in acciaio a spessore ridotto e vetro basso emissivo, mentre i davanzali esistenti in litocemento saranno consolidati e restaurati (eventuale sostituzione di parti ammalorate).



Fronte principale su c.so Massimo d'Azeglio – rendering di progetto

Le facciate verso il Parco

La più consistente demolizione da prevedere su questo fronte è la *demolizione di tutta la balconata perimetrale* dell'abside, degradata ed in condizioni strutturali non idonee alla normativa per la fruizione del manufatto. Questa balconata fu realizzata già in origine diversa dalle indicazioni progettuali di Nervi: infatti, fu costruita

una struttura per scopi manutentivi, del tutto inadeguata a sopportare i carichi dei visitatori, successivamente ampliata a 3m. nel corso degli anni ma non abbiamo documentazione di questa modifica.

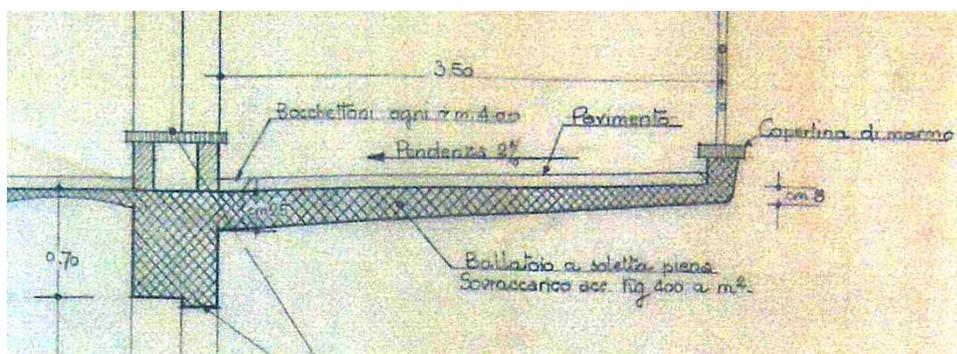
La nuova balconata è prevista con struttura metallica a sezione rastremata, tale da riproporre il disegno storico.

Si prevedono inoltre due scale metalliche nuove, integrate nel disegno storico, ai margini della balconata, e la *rimozione di tutte le scale e pianerottoli metallici inseriti nel 2006*.

Tutti i nuovi parapetti interni ed esterni saranno su medesimo disegno, che ripropone quello originale, ma negli esterni le barre orizzontali saranno sostituite da rete stirata metallica.

La finitura della pavimentazione della balconata sarà in cemento antiscivolo.

Sulle facciate è prevista coibentazione a cappotto esterno, con pannelli isolanti e rasatura/integgiatura finale su supporto. Si prevede la rimozione di tutti i serramenti in alluminio dell'abside e delle parti laterali, e l'installazione di *nuovi serramenti in acciaio a taglio termico con profilo a sezione ridotta*, riproponendo il disegno storico di Nervi.



Sezione di Nervi per la balconata



Fotografie dello stato di fatto della balconata esterna

Sarà aperto un varco per la realizzazione di una nuova porta-finestra, per accesso disabili, già presente nel disegno di facciata ma attualmente non più visibile.



Foto dello stato di fatto: vetrata abside e facciata in cui sarà aperto il varco

Il cortile verrà completamente smantellato e rimosso il basso fabbricato che costituisce superfetazione, insieme agli impianti non più utilizzati e deturpanti la visuale dall'esterno. Si prevede poi la rimozione di tutta la recinzione su strada e del relativo cordolo, delle murature perimetrali alla cabina elettrica che sarà ridotta agli spazi minimi essenziali.

Sarà realizzata una nuova pavimentazione in levocell, con inserti radiali in pietra e alberature verdi su terrapieno, che consenta di livellare le quote e creare una pendenza minima ma costante, che porti da viale Boiardo agli accessi in modo da essere percorribile agevolmente dall'utenza.

Si prevede anche la realizzazione di una grande gradonata in pietra e verde che si addosserà, mitigandolo, al fianco del pad. 3b: tale gradonata integrerà anche tre scale di sicurezza a servizio delle aule del Politecnico.



Foto dal drone del cortile dal lato del Parco, con in basso viale Boiardo.

Spazi interni

Negli spazi interni è prevista la rimozione di tutte le tramezzature (che costituiscono superfetazione rispetto al disegno originale), e realizzate nuove partizione opache o trasparenti come nei disegni di progetto, oppure nuove contropareti opache per esigenze impiantistiche.

Saranno rimossi pavimenti e massetti come tutte le controsoffittature esistenti (anche nella corona esterna dell'abside) e gli impianti, da eliminare.

Tutti i servizi igienici compresi arredi rivestimenti e impianti saranno demoliti e rimossi e realizzati nuovi servizi igienici, conformi a normativa, secondo le planimetrie di progetto.

Tutti i parapetti esistenti saranno rimossi, indipendentemente dallo stato di conservazione poiché non più a norma e saranno sostituiti da nuovi parapetti metallici, tutti su medesimo disegno, ovunque laddove sia richiesto da normativa.

Come detto per le facciate, i serramenti (tutti) saranno rimossi e sostituiti con nuovi serramenti con profilo in acciaio e profili di sezione minima, su disegno storico.

Ove ritenuto necessario saranno eseguiti consolidamenti strutturali e saranno da eseguirsi tracce a parete e a soffitto per permettere il passaggio di impiantistica a sezione ridotta.

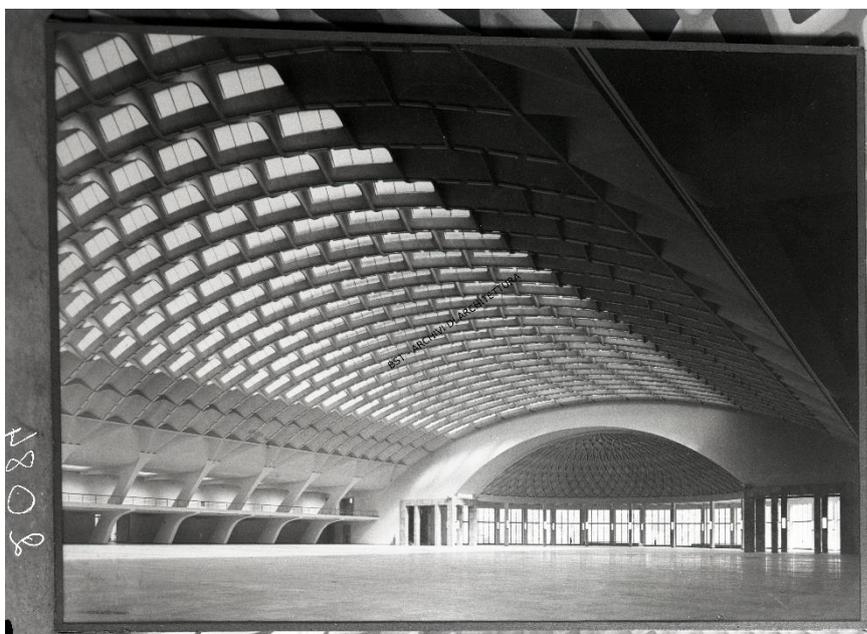
Ovunque saranno installati impianti elettrici e fluidomeccanici come da specifico progetto e nuovi impianti ascensore.

Padiglione2

L'operazione più impattante del pad.2 è sicuramente lo scavo di 6 m. nella parte centrale, con relativa demolizione di pavimento e massetti per realizzazione dei nuovi volumi ipogei (locali tecnici, laboratori, servizi igienici, lockers, depositi) e patio con vasche verdi.

Nelle porzioni di solaio non interessate dal predetto scavo è prevista demolizione di pavimentazioni in lastre di marmo e relativo massetto, eventuale getto di pulizia controterra e scavo per la realizzazione di vespaio aerato. Anche nella zona dell'abside è prevista demolizione pavimento esistente e relativi massetti.

In corrispondenza del grande salone vi sarà dunque nuovo vespaio areato e pavimentazione in lastre di gres grande formato, sollevato di circa 16 cm rispetto alla quota attuale di pavimento (in tutto abside e salone centrale). Ovviamente nelle aree del piano terreno in corrispondenza dei volumi ipogei non sarà realizzato nuovo vespaio ma soltanto massetto e strato di finitura.



L'interno del pad.2 come si presentava in origine, da fotografia d'epoca

Al piano terreno, al di sotto dei soppalchi, saranno eliminate tutte le pareti e superfetazioni in cartongesso per ripristino layout storico. Sarà rimosso il rivestimento in marmo presente a parete nel vano scala (lato abside) che conduce ai soppalchi, e sarà rimossa la scala mobile.

Le scale simmetriche in corrispondenza dell'ingresso principale saranno restaurate e messe a norma.

Per quanto riguarda il vano scala di utilizzo condiviso con il Politecnico, che in realtà si trova nel pad.1, è previsto il *restauro delle finiture interne e del pavimento in marmo*, la messa a norma del parapetto attualmente di altezza inadeguata, la rimozione dell'impianto ascensore e nuova installazione di ascensore con dimensioni maggiori, la sostituzione dei serramenti con nuovi in acciaio e la ritinteggiatura.

Nella navata principale, sui soppalchi, è prevista demolizione pavimentazione in lastre di marmo e relativi massetti di posa per consolidamento solaio. Verranno invece *demoliti anche i solai per realizzare i 4 vani ascensori* (2 e 2 simmetrici rispetto asse centrale) e i cavedi della dorsale impiantistica.



Fotografia del soppalco come si presentava in origine

Al di sotto dei soppalchi saranno realizzate vetrate e nuove tramezzature fonoisolanti tra i pilastri, per confinamento di spazi isolati acusticamente (spazi di studio collettivo, individuale e aree didattiche); in questa stessa area saranno collocati blocchi di servizi igienici, completamente nuovi.

L'affaccio sul patio centrale sarà protetto da un nuovo tavolo lineare fisso munito di sedute, che fungerà da parapetto. Saranno inoltre visibili nel salone 4 volumi tecnici, "totem" simmetrici, di circa 2.7 m*10 m. realizzati mediante setti in cemento armato e finitura di legno di rovere.

Le scale esistenti saranno adeguate e normativa e dotate di nuova pavimentazione in lastre di gres e nuovo parapetto metallico.

Nell'area dell'abside sarà realizzata una nuova vetrata interna a tutta altezza nell'abside per confinamento area rumorosa per bambini e area relax, e un nuovo rivestimento del parapetto in muratura per la scala che conduce all'interrato del pad. 4.

Nuove scale "di servizio" riservate agli addetti collegheranno il livello dei soppalchi con quello degli uffici al primo piano ma si presume non siano di ordinario utilizzo.

Padiglione 2b

Si è già dichiarata la demolizione dell'intero avancorpo del pad.2b., come pure saranno demolite tutte le tramezzature, controsoffitti e pavimenti e rimossi impianti ed ogni superfetazione negli spazi interni sia al piano terreno che al piano primo. Per i pavimenti si procederà come descritto per il pad.2 in quanto l'obiettivo è realizzare massetto e pavimentazioni continue.

Saranno realizzate partizioni vetrate o opache per la separazione delle aree funzionali in entrambi i livelli come da disegni di progetto.

Tutti i locali del pad.2b saranno interamente controsoffittati con pannelli fonoassorbenti.

Al piano primo è prevista la demolizione delle n.6 partizione in cartongesso di chiusura delle vetrate storiche verso i roof garden del padiglione 2b, per ripristino dell'affaccio originale, con nuovi serramenti in acciaio su disegno storico. Saranno inoltre rimossi i tamponamenti delle superfici trasparenti che consentivano in origine l'affaccio dal primo piano sul salone centrale del pad.2.



Foto del pad.2 verso ingresso. Ai lati del busto verranno ripristinate le aperture vetrate.

Padiglione 4

Sono qui previste, come per tutti i locali, la demolizione del pavimento esistente per la realizzazione di vespaio areato e la demolizione delle tramezzature e controsoffitti in cartongesso.

È inoltre in progetto la rimozione del rivestimento in lastre di marmo dei gradini e delle pareti e dei mancorrenti delle due rampe della scala storica. Sarà invece demolita completamente la rampa di scale che collega l'ipogeo al cortile esterno. Saranno anche demoliti i due solai realizzati in occasione della costruzione del tunnel di collegamento con il Padiglione V (Padiglione Morandi) e la scala di collegamento tra il padiglione 3 e il padiglione 4.

Il pad.4 ospiterà l'archivio della biblioteca, spazi tecnici e di collegamento, servizi igienici, e saranno realizzate nuove scale e partizioni interne ed installata una piattaforma elevatrice.

12 Esito delle indagini e valutazione economica dei costi di esecuzione

La progettazione dell'intervento è stata condotta sulla base di un piano di saggi e indagini commissionati dalla Centrale di Committenza SCR finalizzato ad accrescere la conoscenza dello stato di fatto. Nel dettaglio si è trattato di:

- **Rilievi planoaltimetrici e dei manufatti** commissionati in diverse fasi e finalizzati alla ricostruzione geometrica degli edifici oggetto d'intervento:
 - o Rilievo geometrico Padiglione 02 a cura Società GEOMATICA su incarico SCR dell'ottobre 2021 (Rilievo poi allegato alla gara di affidamento del servizio di progettazione di fattibilità),
 - o Integrazione Rilievo geometrico (Padiglione 2b, Cortile est, fronti edifici oggetto d'intervento) con incarico SCR a GEORILIEVI del giugno 2022,

L'esito dei rilievi 2021 Geomatica e 2022 (Georilievi) messi a disposizione dal Committente, nonché dei numerosi sopralluoghi condotti dal Gruppo di Progettazione presso il sito d'intervento è stato oggetto di restituzione unitaria nell'ambito della modellazione BIM condotta per lo sviluppo del Progetto di Fattibilità,

- **Rilievi acustici (fonometrici)** finalizzati alla redazione della Valutazione previsionale di Impatto ACUSTICO di progetto:
 - o si è trattato di due rilievi fonometrici in continuo (24ore) nel luglio 2022 (13, 14, 15) finalizzati alla taratura del modello per la valutazione di impatto acustico. Per i dettagli cfr. elaborato **VALUTAZIONE PREVISIONALE DI CLIMA E IMPATTO ACUSTICO** (cfr. elaborato **22044D02_1_0_P_AC_00_CZ_001**)
- **Indagini ambientali** finalizzate all'individuazione dei materiali soggetti a conferimento speciale e delle procedure tecnico-amministrative per la bonifica dei materiali contenenti MCA (amianto) / FAV (fibre artificiali vetrose) e del sottosuolo ai sensi dell'art. 242 del D.lgs 152/06:
 - o l'esito delle indagini è riportato nella "*Relazione sulle indagini ambientali*" di progetto (elaborato **22044D02_1_0_P_AT_00_CZ_001**)
 - o da evidenziare il rinvenimento di elevati quantitativi di amianto in copertura (strato in catrame impastato con fibre di MCA posto al di sotto delle membrane bituminose visibili) e nei manufatti interni (tubazioni, flange, mastici serramenti). Sono inoltre presenti rilevanti quantità di isolanti fibrosi soggetti a conferimento speciale (FAV).
- **Indagini geologico-geotecniche** affidate dalla Stazione Appaltante (SCR) nel settembre 2022 al Geol. Nicola QUARANTA e alla Società SONDECO srl (esiti in corso di acquisizione).

Per la stesura degli elaborati economici di progetto si è fatto riferimento, oltre che al Prezzario Regione Piemonte 2022 (II semestre) - *riferimento principale* -, ad altri prezzari regionali, a prezzari DEI e a offerte di mercato come puntualmente indicato in sede di analisi prezzo (cui si rimanda per eventuali approfondimenti).

13 Descrizione dell'intervento

13.1 Tipologia e finalità dell'intervento

La Città di Torino, in attuazione della politica di razionalizzazione e valorizzazione del proprio patrimonio immobiliare avviata da anni, ha presentato al Ministero della Cultura una proposta di intervento relativa all'area del fiume Po: "Torino, il suo parco e il suo fiume: memoria e futuro", che vede, come azione complessiva, la riqualificazione del Parco del Valentino, compreso il recupero architettonico, edilizio e funzionale del complesso di Torino Esposizioni.

L'intervento complessivo di riqualificazione, che individua il Parco del Valentino come attrattore turistico e polo dell'alta formazione, è risultato destinatario di un finanziamento pari ad euro 100.000.000,00 a valere sulle risorse del Fondo complementare al PNRR. L'intervento complessivo prevede:

- la valorizzazione e il recupero del verde pubblico;
- il ripristino della navigazione fluviale;
- il restauro del Borgo Medievale;
- la realizzazione della nuova Biblioteca Civica centrale e dell'annesso centro culturale;
- la ristrutturazione del Teatro Nuovo volta a consentire al suo interno attività teatrali e culturali.

Le opere finalizzate alla realizzazione del progetto "Torino, il suo parco e il suo fiume: memoria e futuro", rientrano nel Programma Triennale delle Opere Pubbliche 2021-2022-2023 e successivi, della Città di Torino, approvato con Deliberazione del Consiglio Comunale n. 27 del 25.01.2021 ed integrato con la Deliberazione di variazione del Consiglio Comunale n.1115 del 29.11.2021¹⁶.

La riqualificazione ed il riuso del Comprensorio di Torino Esposizioni è concepito non solo come occasione per il recupero di architetture eccezionali in cui inserire la nuova Biblioteca Civica Centrale della Città di Torino e le attività di formazione e di ricerca avanzata nel campo dell'Architettura, della Pianificazione e del Design del Politecnico di Torino, ma come occasione per una più ampia interpretazione urbanistica di una parte importante e identitaria della città di Torino. Il nuovo Complesso si propone infatti come spazio aperto alla città e alla molteplicità dei suoi fruitori, **fulcro di connessione** di un sistema culturale in parte oggi frammentato che lega, in una straordinaria cornice ambientale, presenze di eccezionale valore architettonico e paesaggistico.

13.2 Le tecniche di esecuzione

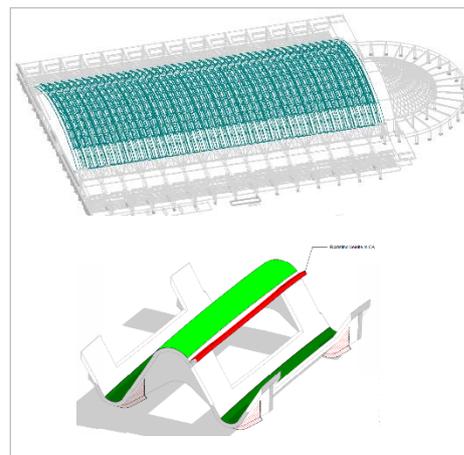
13.2.1 Interventi strutturali sull'esistente

Gli interventi sulla struttura esistente prevedono principalmente: il ripristino delle sezioni originarie con rinforzi localizzati mediante applicazione di compositi fibrorinforzati con matrice inorganica a base di malta cementizia (FRCM) – applicazione tra l'altro molto simile al concetto di ferro-cemento –, con fibre di basalto o di acciaio ad alta resistenza; l'incremento delle capacità resistenti e delle duttilità, sempre mediante compositi FRCM; l'applicazione di prodotti impregnanti sugli elementi di ferro-cemento delle volte e della semi cupola ai fini della durabilità con l'obiettivo di andare a ridurre la porosità dei calcestruzzi e proteggere così dall'ossidazione l'acciaio delle reti "da polli", inglobate nella matrice cementizia.

¹⁶ DIP per l'affidamento della redazione del PFTE - 26-05-2022 - S.C.R. PIEMONTE S.p.A

Interventi su copertura ondulata in ferro-cemento

La volta di copertura ondulata rappresenta uno dei principali elementi strutturali del salone Agnelli. Ha una luce di circa 63 m calcolata tra i due punti di innesto con i pilastri inclinati (imposta dell'arco). È composta da elementi prefabbricati in ferro-cemento a doppia curvatura, completati in opera con getti di collegamento in cemento armato che si sviluppano lungo il colmo e la gola di queste onde. Gli elementi prefabbricati sono in ferro-cemento, realizzati secondo il brevetto di Nervi: composti da molteplici strati di rete metallica di piccolo diametro, hanno una lunghezza di circa 4,5 m e una larghezza di 2,5m e confluiscono, tramite un elemento a ventaglio, sui *pilastroni* inclinati. La solidarietà statica tra i getti in opera degli archi e gli elementi in ferro-cemento è data dalla presenza di armature di ripresa opportunamente preparate. Gli elementi prefabbricati contigui sono stati uniti con malta cementizia in corrispondenza del diaframma terminale. Quest'ultimo elemento garantisce la rigidità fuori dal piano dei conci in ferro cemento, sia nelle fasi di sollevamento e movimentazione necessarie per la costruzione che in esercizio.

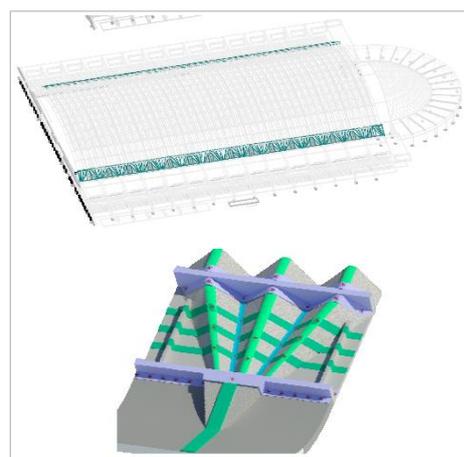


Si prevede la rimozione degli impianti attualmente installati al di sopra e delle membrane a cui segue il ripristino delle sezioni mediante **applicazione di malta cementizia tixotropica**. Le armature del colmo e nella gola, dati gli esigui spessori di getto e non essendo direttamente ispezionabili, possono essere potenzialmente soggette a fenomeni di ossidazione e a danneggiamenti causati dall'installazione degli impianti. Se ne prevede quindi la loro **integrazione mediante posa di fasce di composito fibrorinforzato FRCM** sulle sezioni di colmo e di gola.

È infine previsto un trattamento con impregnanti per ridurre la porosità, ostacolando quindi la reazione di carbonatazione, per proteggere le armature dall'ossidazione.

Interventi su ventaglio

L'unione strutturale tra gli elementi della volta e i pilastri inclinati viene assicurata dall'elemento a *ventaglio*. Ogni ventaglio raccorda tre ordini di conci della volta ondulata ed è formato da tre elementi in ferro-cemento con funzione di cassero. L'elemento, una volta gettato, presenta una sezione variabile stringendosi in pianta, per passare dai tre elementi arco alla testa del *pilastrone*, e aumentando di spessore nella vista laterale, per raccordare il colmo e la gola delle onde con il *pilastrone*. Trasversalmente i ventagli sono contenuti alle estremità da due travi che identificano la zona di transizione.



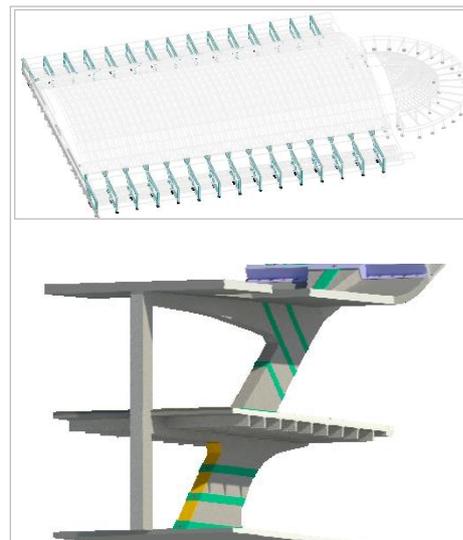
Il cambio di sezione e la trasmissione di importati carichi di compressione comporta la nascita di forze di trazione trasversali in corrispondenza della testa dell'elemento, compensate dalla terna successiva, fatta eccezione per le estremità dove, comunque, la struttura presenta una conformazione leggermente diversa. Per assicurare l'uniformità di comportamento **vengono predisposte delle fibre trasversali ai ventagli per la ripresa delle azioni di trazione**.

È infine previsto un **trattamento con impregnanti** per ridurre la porosità, ostacolando quindi la reazione di carbonatazione, per proteggere le armature dall'ossidazione.

Interventi su pilastri

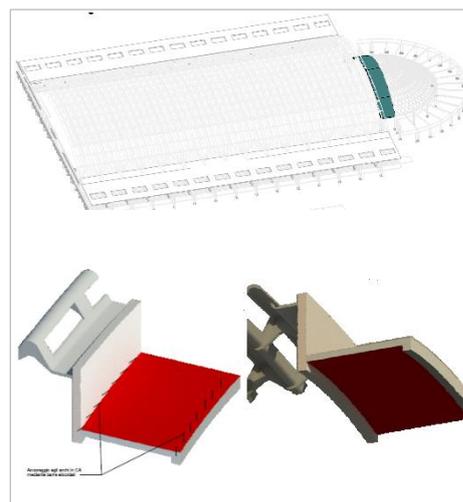
I *pilastri* costituiscono il sostegno degli archi della volta ondulata, ricevendo ciascuno tre di essi tramite il *ventaglio*, e ne trasmettono il carico in fondazione. Su di essi si scaricano anche parte dei solai piani di copertura e l'orizzontamento del loggiato. Presentano una sezione variabile, crescente verso le fondazioni, ideata da Nervi per mantenere la risultante dei carichi nel terzo medio della fondazione. Presentano armature con scarso copriferro.

Si prevede il *rinforzo con fasciature di confinamento in materiale composito FRCM*, per ripristinare/integrare le resistenze a flessione e a taglio, in particolare con la fasciatura delle zone identificabili come “*nodi*” ovvero nei cambi di sezione, al fine di migliorarne il comportamento duttile. È infine previsto un *trattamento con impregnanti* per ridurne la porosità, ostacolando quindi la reazione di carbonatazione, per proteggere le armature dall'ossidazione.



Interventi su arco SAP

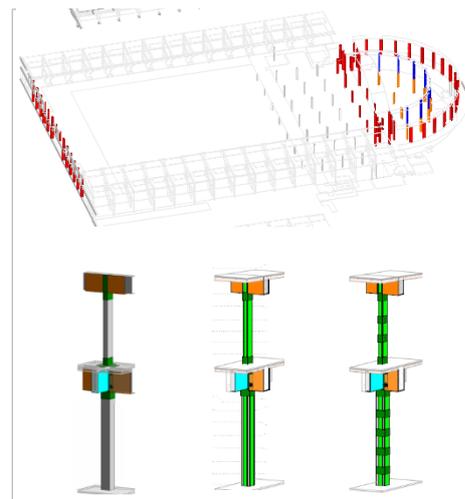
La semicupola è collegata al timpano orientale, dal quale inizia la volta ondulata, da un solaio SAP (Senza Armatura Provvisoria) che si sviluppa sull'arco descritto dalla sezione della semicupola. Si tratta sostanzialmente di un solaio in latero-cemento costituito da travetti in laterizio armato, assemblati a piè d'opera mediante inserimento di barre lisce (per l'epoca) in tasche appositamente predisposte nel laterizio e sigillate mediante malta. I travetti in laterizio venivano poi accostati tra loro e collegati con la realizzazione di un getto di completamento. I travetti sono disposti perpendicolarmente alla generatrice dell'arco, e mostrano principi di sfondellamento. Risulta uno degli elementi più delicati, essendo posizionato in un punto di “*discontinuità*” nel comportamento tra la volta ondulata e la semicupola. Si prevede il *rinforzo sia estradossale* con un getto di malta fibrorinforzata per incrementare l'altezza utile della sezione, *sia intradossale* con la rimozione puntuale delle parti in laterizio inconsistenti, la loro sostituzione con blocchi in EPS e l'*applicazione di composito fibrorinforzato* con la duplice funzione di sistema “*anti-sfondellamento*” e integrazione della capacità resistente della sezione.



Interventi su pilastri

I pilastri dell'abside, dei timpani e del padiglione 2b sono elementi in calcestruzzo gettato in opera e sono stati dimensionati per portare i carichi verticali. Dagli schemi di armatura dei disegni originali di progetto di Nervi emergono, ovviamente, delle incongruenze rispetto alle attuali prescrizioni normative per garantire una opportuna resistenza e duttilità nei confronti delle azioni sismiche.

Si prevedono pertanto interventi per *migliorarne*, nell'ordine, il *comportamento dei nodi, della resistenza a flessione e a taglio*, a seconda della carenza riscontrata, mediante l'applicazione di *compositi fibrorinforzati a matrice inorganica* a base cementizia.

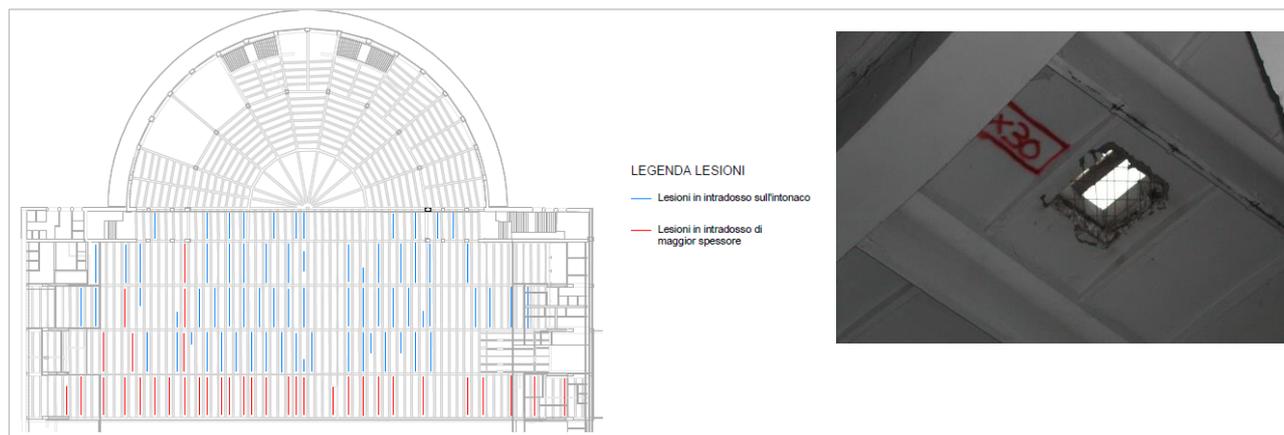


Interventi su travi abside

Similmente ai pilastri, le travi nella zona dell'abside e del padiglione 2b richiedono degli interventi di miglioramento per conformare le resistenze degli stessi ai principi moderni di calcolo per le azioni sismiche. Si prevedono pertanto interventi per *migliorarne*, nell'ordine, il *comportamento dei nodi, della resistenza a flessione e a taglio*, a seconda della carenza riscontrata, mediante l'applicazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica a base cementizia.

Interventi su solai

Al fine di garantire la portata ai carichi verticali degli orizzontamenti di piano primo e copertura del padiglione 2b, dei loggiati e delle coperture piane del padiglione 2 e del solaio di copertura del padiglione 4, in ragione delle nuove stratigrafie ed esigenze funzionali si prevede la rimozione delle finiture edili presenti (pavimenti, membrane, ecc) e dei massetti e il *getto di rinforzo di malta fibrorinforzata* per incrementare il braccio utile delle sezioni. Si procede anche alla sigillatura di fessurazioni presenti sulle cospalle prefabbricate di ferrocemento sul quale sono stati gettati i solai del padiglione 4 e della copertura dell'abside. In alcuni punti si deve invece provvedere alla *ricostruzione di alcune porzioni di solaio*, in particolare per richiudere le forometrie aperte per il passaggio impianti in occasione dei lavori per le Olimpiadi Torino 2006 sul solaio piano a copertura dell'abside.



Interventi su pareti di tamponamento

Le pareti di tamponamento sono realizzate a cassa vuota, come si legge dal Capitolato Speciale di Appalto del 1952, <<con mattoni pieni verso l'esterno e mattoni forati verso l'interno, [...] collegate con gambette a distanza non superiore a 80cm. Nessuna delle strutture in cemento armato racchiuse da murature sarà a contatto diretto con l'intonaco. Tra intonaco e calcestruzzo dovrà essere sempre interposto uno spessore di cotto di almeno 3cm>>. Dai sondaggi eseguiti in opera è risultata una discreta corrispondenza, considerando che in

interventi successivi (rifunzionalizzazione per le Olimpiadi) e/o piccole manutenzioni locali non è stata sempre molta cura ai ripristini di tali paramenti, in particolare riguardo a passaggi impiantistici.

Le due tipologie principali di muri di tamponamento sono le pareti perimetrali verso padiglione 1 e Teatro Nuovo e le tamponature dei telai dei timpani orientale e occidentale.

Le murature perimetrali, visto il discreto stato di conservazione, le dimensioni e i collegamenti trasversali, sono considerate come elemento stabilizzante dei pilastri nei confronti delle azioni sismiche. Si prevede pertanto un intervento di rinforzo con **l'applicazione su entrambe le facce di un composito fibrorinforzato FRCM con rete di basalto** in matrice inorganica a base calce, con collegamenti trasversali con barre elicoidali in corrispondenza delle gambette di collegamento.

Pur non essendo un elemento portante principale, le **tamponature dei timpani**, considerandone il notevole sviluppo in altezza fino a 6,0m, vengono anch'esse rinforzate con un **sistema antiribaltamento, mediante applicazione di composito fibrorinforzato FRCM** come già descritto e collegamento al telaio di travi e pilastri all'interno delle quali sono realizzate, come suggerito da linee guida ReLUIS.

Interventi per connettivi verticali

Per migliorare la fruibilità ai piani, si prevede la collocazione di quattro ascensori nei quattro angoli del padiglione 2 e il ripristino delle rampe scale originarie, oggi parzialmente demolite per l'inserimento di scale mobili.

La ricollocazione di ascensori per il collegamento verticale sugli spigoli orientali del padiglione 2 è prevista nella posizione originaria, andando a demolire parzialmente i solai realizzati in epoche più recenti. I due ascensori occidentali sono collocati sulla balconata interna in corrispondenza della 15a campata della volta ondulata, contando dall'abside. La posizione esatta dei manufatti sarà determinata con il rilievo in opera del cunicolo tecnico (attualmente non rilevabile nella sua interezza). Le due travi della balconata, interessate dal passaggio delle canne ascensore, dovranno essere inglobate nei setti legando adeguatamente le armature prima di procedere con le demolizioni.

Le scale verranno ripristinate come da disegno originale di Nervi andando a ricostituire il collegamento del primo campo tra l'allineamento di pilastri della facciata e l'allineamento dei pilastri in corrispondenza del timpano orientale.

Interventi di ripristino di elementi i.c.a. e in ferro-cemento

Al fine di ripristinare la vita utile della struttura, così da rimandare il più avanti possibile nel tempo interventi pesanti di manutenzione straordinaria, limitandosi a quella ordinaria, sono previsti degli **interventi generali di protezione e ripristino degli elementi in calcestruzzo armato** e, per similitudine, **degli elementi in ferro-cemento**. Per tali interventi, oltre alle NTC, si fa riferimento alle UNI EN1504. Questi interventi fanno normalmente parte del ciclo di preparazione dei rinforzi e pertanto, dove questi sono applicati sono implicitamente assolti, ma data l'estensione delle strutture, l'attuale conoscenza parziale non potendo visionare per intero le parti in calcestruzzo e le tipologie puntuali di intervento, si ritiene utile procedere con tali interventi anche là dove non sono necessari interventi di rinforzo.

Per gli elementi in calcestruzzo armato, casistica più classica, si prevede: la rimozione di eventuali nidi di ghiaia che risultassero sui getti e il ripristino con malta strutturale tixotropica; la pulizia e la passivazione delle armature in zone dove le stesse risultassero esposte per insufficienza o distacco del copriferro e successivo

ripristino con malte; l'impregnazione con prodotti impermeabilizzanti per ridurre la porosità e il possibile avanzare del processo di carbonatazione e relativa attivazione di ossidazione sulle armature.

Per gli elementi in ferro-cemento si prevede un'ispezione accurata degli elementi, con leggera battitura per verificare eventuali aree di distacco di intonaco o lesioni occultate, quindi nel caso pulitura della zona e rimozione della malta dalla zona ammalorata, pulizia delle reti metalliche, passivazione, eventuale integrazione di rete con caratteristiche simili e, infine, ripristino con malta tixotropica cementizia.

13.2.2 Interventi strutturali di nuova realizzazione

I nuovi interventi prevedono: la realizzazione di un **nuovo volume interrato**; la realizzazione di una **nuova balconata esterna** lato parco del Valentino, in sostituzione di quella esistente per ragioni legate essenzialmente alla necessità dimensionale delle nuove vie d'esodo; la **sostituzione dei parapetti delle balconate interne** ed esterna; la realizzazione di **nuovi soppalchi al di sopra delle balconate interne**.

Nuovi volumi interrati

I nuovi volumi interrati sono necessari a realizzare nuovi spazi funzionali per la biblioteca e per ricavare i locali tecnici al servizio del fabbricato. Vengono scavati con un ingombro in pianta di circa 67,0x70 m, nel centro del padiglione 2, in adiacenza al padiglione 4, avendo cura di mantenere una distanza di sicurezza dal piede delle *pilastroni* esistenti pari almeno alla profondità del nuovo interrato. Per procedere allo scavo in sicurezza lungo il perimetro è prevista la realizzazione di una berlinese di contenimento provvisoria contro la quale viene realizzato il muro portante.

La porzione del cunicolo tecnico esistente del padiglione 4 che confina con il nuovo interrato viene anch'essa abbassata, circa di 1,50m, per creare così un *anello tecnico* attorno ai nuovi volumi in grado di servire tutto il fabbricato. Anche in questo caso per contenere le parti laterali che restano in quota si provvede alla realizzazione di un tratto di berlinese nel cunicolo ad entrambe le estremità della zona da scavare.

La quota di fondo scavo è vincolata dalla presenza di un collettore di acque bianche esistente (ovoidale Ø2,0m), da cui l'estradosso delle fondazioni si trova a quota -5.10m. *Per proteggere il collettore è prevista la realizzazione di una fascia di jet-grouting attorno ad esso per consentire lo scavo senza detensionare l'ovoidale.*

La struttura in elevazione è costituita dai setti perimetrali per contenimento terra e interni per gli ascensori e per le colonne di salita degli impianti, e da una serie di pilastri con scansione a 7,5m in asse alle campate della volta e variabile in direzione trasversale in funzione delle esigenze funzionali degli spazi.

Il nuovo solaio di calpestio è realizzato con una piastra bidirezionale con casseri modulari di alleggerimento in polipropilene riciclato (tipo Altax o Nautilus o equivalenti), con zone piene in corrispondenza della testa dei pilastri e dei setti.

Balconata esterna

La nuova balconata esterna è prevista realizzata con mensole in acciaio a sezione variabile disposte in corrispondenza dei pilastri della corona esterna dell'abside, in continuità con le travi interne, fatta eccezione per la porzione in corrispondenza delle scale interne. Tra le travi a mensola viene disposta un'orditura secondaria sulla quale viene realizzato un solaio in lamiera grecata con getto integrativo alleggerito, reso solidale mediante piolatura con le travi su cui poggia. Alle estremità della balconata, verso il fronte del padiglione 2 vengono realizzate due scale in carpenteria metallica, lamiera grecata e getto integrativo, a due

rampe con pianerottolo intermedio sostenuto da un pilastro, per contenere spessore, deformabilità e garantire un campo di frequenze di vibrazione, durante la percorrenza, nella zona di comfort.

Parapetti

I parapetti esistenti non risultano a norma e vengono comunque smantellati per le esigenze di rifunzionalizzazione degli spazi. I nuovi parapetti, pur richiamando quelli esistenti, presentano sezioni idonee per rispettare i limiti della normativa vigente.

Soppalchi interni

Nella rifunzionalizzazione delle balconate è prevista la realizzazione di un sistema gradonato per fornire spazi di seduta/lettura e scaffalatura lungo le pareti. Il soppalco per realizzare le gradonate è progettato con particolare attenzione ai carichi in modo da sfruttare le capacità della struttura esistente senza dover procedere al rinforzo delle stesse, anche nell'ottica di non alterare in maniera significativa i carichi complessivi in fondazione e per le azioni simiche. La struttura è costituita da una serie di reticolari con profili scatolari per montanti e correnti e coppie di profili a L per le controventature. I piani sono realizzati con lamiera greca e getto integrativo in calcestruzzo alleggerito. La scelta di utilizzare una struttura metallica è dettata da un lato per mantenere l'elemento più leggero possibile sfruttando al massimo le sezioni, dall'altro per agevolare la progettazione antincendio utilizzando materiale incombustibile.

13.2.3 Il progetto acustico

Nella relazione specialistica “*Valutazione previsionale di rispetto dei requisiti acustici passivi e del comfort*” (cfr. elaborato **22044D02_1_0_P_AC_00_CZ_002**), cui si rimanda per approfondimenti, sono fornite le indicazioni circa la corretta posa dei componenti edilizi e sono illustrati gli accorgimenti da adottare per la corretta installazione dei sistemi impiantistici, al fine di limitarne la rumorosità. Dal punto di vista acustico, l'intervento si configura come un'attività complessa in relazione alle caratteristiche architettoniche della preesistenza, alla molteplicità di funzioni previste a progetto e alla necessità di fruizioni a differente “sonorità” da parte degli utenti.

Al fine di individuare le soluzioni acustiche più idonee al caso in esame, in prima battuta è stata eseguita la **mappatura degli ambienti a differente rumorosità** differenziando gli spazi rumorosi (da isolare) da quelli in cui è richiesta concentrazione (da proteggere). Sono state dunque individuate le seguenti tipologie di ambienti:

- locali rumorosi, da isolare per limitare la propagazione del rumore verso spazi sensibili;
- locali per attività di gruppo potenzialmente disturbanti, da isolare per limitare la propagazione del rumore verso spazi sensibili;
- spazi adattativi (zona accoglienza, consultazione) che funzionino da zona di filtro tra le aree più rumorose e quelle più protette, in cui è richiesto di adeguare il proprio modo di agire verso un comportamento silenzioso;
- locali per attività individuali (lettura, studio) in cui è richiesto di rispettare il silenzio;
- locali non destinati alla permanenza di persone (es. spazi di circolazione).

In Figura 62, Figura 63 e Figura 64 (pagine seguenti) si riportano le piante del piano interrato, terra e primo del complesso con indicazione della mappatura acustica degli ambienti.

Mappatura acustica degli ambienti

Definizione delle caratteristiche degli ambienti in base alla destinazione d'uso – piano interrato

- Locali rumorosi da isolare
- Locali per attività di gruppo potenzialmente disturbanti, da isolare
- Spazi adattativi (zona accoglienza, consultazione) in cui è richiesta autoregolazione
- Locali per attività individuali (lettura, studio) in cui è richiesto di rispettare il silenzio
- Locali non destinati alla permanenza di persone

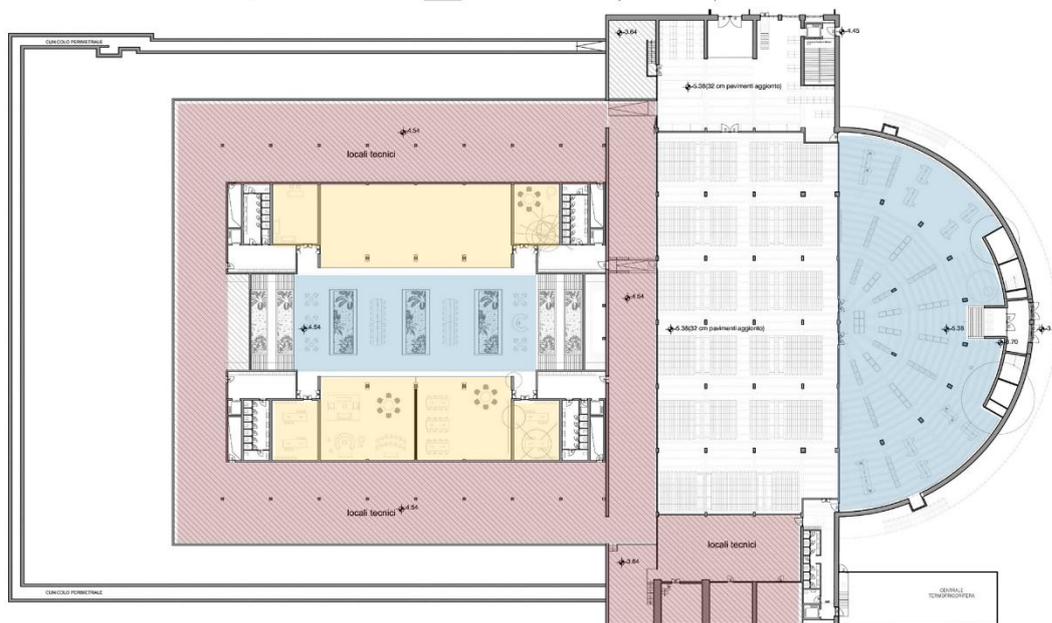


Figura 62– Stato di progetto. Mappatura acustica degli ambienti. Piano interrato.

Mappatura acustica degli ambienti

Definizione delle caratteristiche degli ambienti in base alla destinazione d'uso – piano terra

- Locali rumorosi da isolare
- Locali per attività di gruppo potenzialmente disturbanti, da isolare
- Spazi adattativi (zona accoglienza, consultazione) in cui è richiesta autoregolazione
- Locali per attività individuali (lettura, studio) in cui è richiesto di rispettare il silenzio
- Locali non destinati alla permanenza di persone

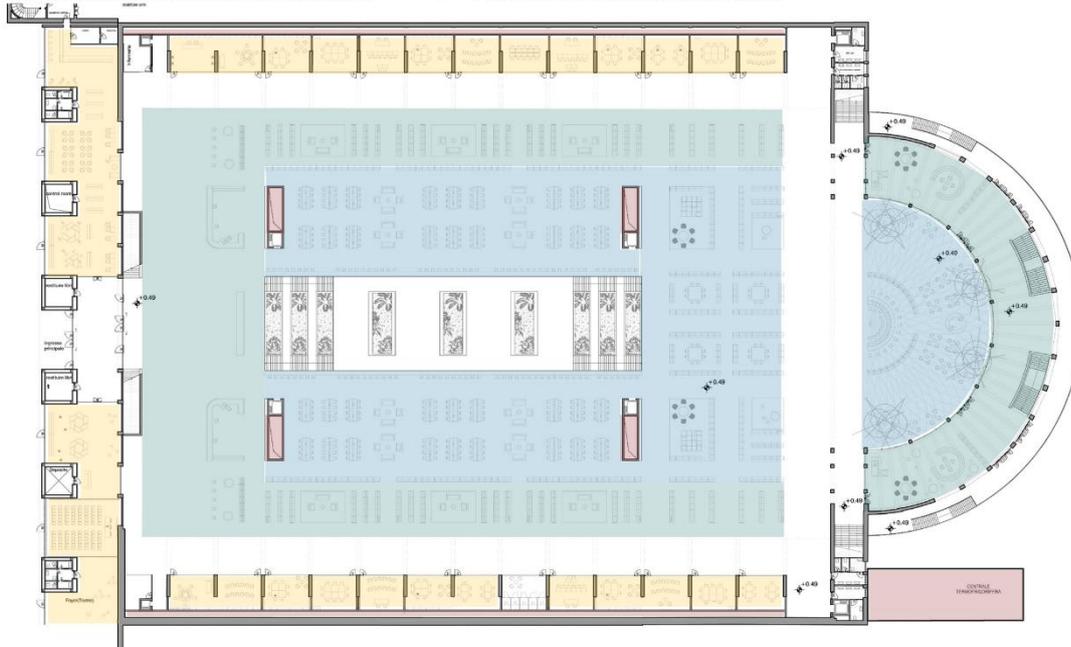


Figura 63– Stato di progetto. Mappatura acustica degli ambienti. Piano terra.

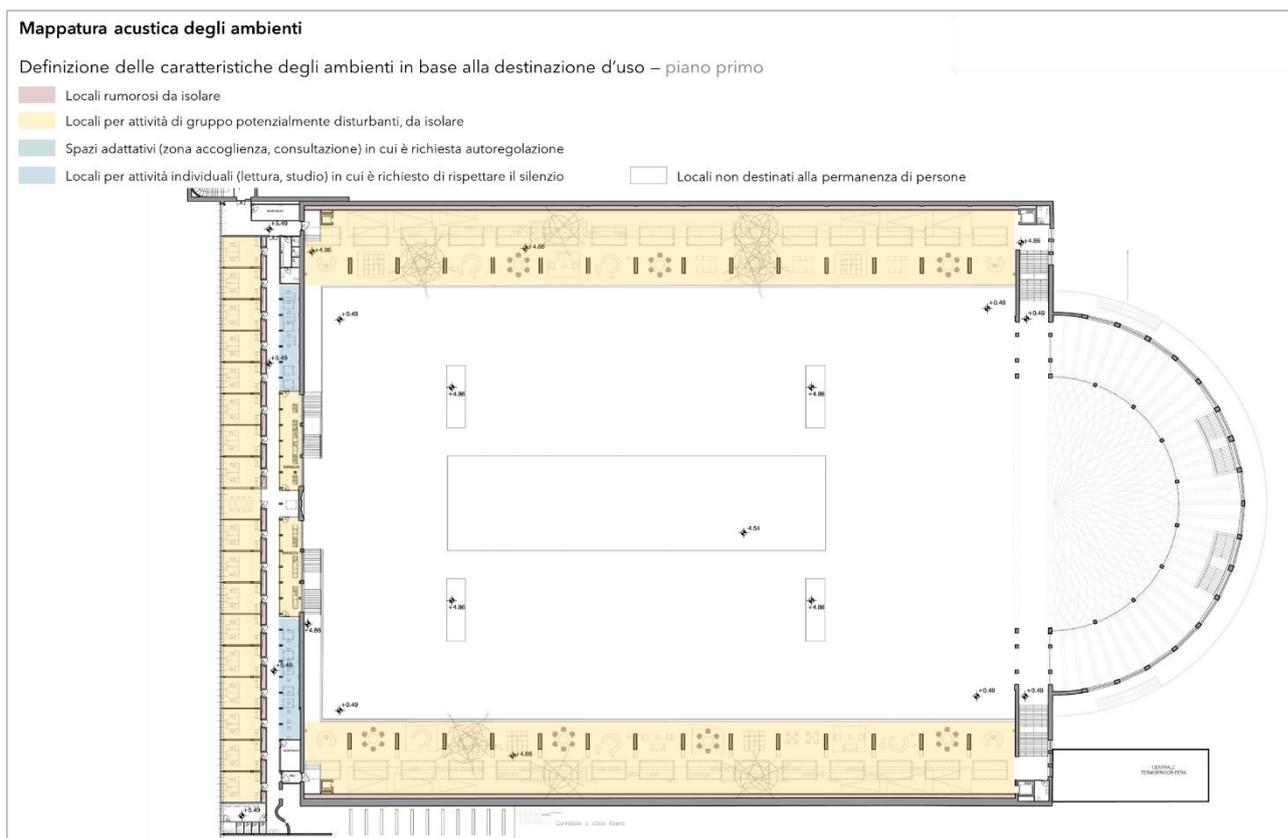


Figura 64– Stato di progetto. Mappatura acustica degli ambienti. Piano primo.

REQUISITI ACUSTICI PASSIVI - Specifiche tecniche per l'isolamento acustico e il trattamento acustico degli ambienti interni

Nella *Relazione previsionale di rispetto dei requisiti acustici passivi* sono quindi fissati i valori minimi di fonoisolamento che le principali soluzioni costruttive dovranno garantire (cfr. elaborato 22044D02_1_0_P_AC_00_CZ_002) con particolare riferimento a:

- **partizioni opache**
- **partizioni vetrate interne**
- **serramenti vetrati in facciata e in copertura**
- **solai di interpiano**
- **impianti (livelli di emissione ammessi)**
- **investimenti fonoass**

Nella relazione sono inoltre descritti nel dettaglio gli interventi di fonoassorbimento previsti per gli ambienti in progetto e i risultati di calcolo.

13.2.4 Il progetto degli impianti

L'intervento prevede il recupero architettonico degli edifici, cercando di conservarne e valorizzarne le caratteristiche originarie; questo vincolo ha condizionato notevolmente le scelte del progetto impiantistico, sia riguardo agli impianti meccanici sia riguardo agli impianti elettrici e speciali.

Impianti meccanici

Dal punto di vista energetico / ambientale l'edificio ristrutturato sfrutterà il meglio delle tecnologie attualmente disponibili: l'obiettivo è quello di avere un edificio a consumo energetico molto ridotto.

Le tecnologie adottate per la produzione energetica saranno basate su:

- utilizzo **geotermico con acqua di falda** per *riscaldamento invernale e condizionamento estivo* con gruppo frigorifero /pompa di calore polivalente;
- produzione di **acqua calda sanitaria mediante boiler** ad accumulo di piccola dimensione installati in prossimità dei blocchi servizi, riscaldati con serpentina alimentata da **acqua tecnica prodotta dal gruppo pompa di calore** polivalente.

Per il riscaldamento e raffrescamento degli ambienti si privilegerà l'utilizzo di sistemi con pannelli radianti in modo da sfruttare acqua a bassa temperatura e contenere il consumo di energia elettrica per il pompaggio dei fluidi.

Il ricambio dell'aria utilizzerà unità trattamento aria con recuperatori di calore ad alta efficienza e sistemi a portata variabile, sempre nell'ottica del risparmio di energia elettrica. In estate si farà ricorso al *free cooling* e, per quanto possibile, alla ventilazione naturale.

L'obbligo di attingere a fonti rinnovabili sarà ottemperato grazie all'installazione di pompa di calore geotermica poiché, a causa dei vincoli monumentali e paesaggistici, *non sarà possibile installare pannelli fotovoltaici*.

Le condizioni termoigrometriche da mantenere negli spazi a destinazione di lavoro di ufficio sono le seguenti:

- nel periodo invernale una temperatura dell'aria di 20-22°C negli uffici e nei saloni biblioteca;
- nel periodo estivo una temperatura massima di 27 °C negli uffici e nei saloni biblioteca;
- una umidità relativa dell'aria controllata solo nel periodo estivo, nell'intervallo 50-60 %.

Al piano interrato, nella zona dove saranno ubicati gli scaffali compattabili, i valori di temperatura e umidità da mantenere durante tutto l'anno e per 24 ore al giorno sono pari a 20°C con il 50% dell'umidità relativa; nella zona del fondo storico si devono garantire per tutta la durata dell'anno e per le 24 ore al giorno 23°C con il 50% di umidità relativa.

Le temperature medie radianti dovranno risultare comunque non inferiori a 18°C nel periodo invernale e non superiori a 28°C nel periodo estivo; per il raggiungimento di questi obiettivi verrà adottato un buon isolamento termico dell'involucro edilizio nel suo insieme ed una buona schermatura solare delle superfici vetrate, senza penalizzare l'illuminazione naturale.

Impianti elettrici

La **fornitura di energia elettrica** avverrà in **media tensione**, dalla cabina di consegna dell'ente fornitore alla cabina di trasformazione, da cui si alimenterà la cabina di trasformazione, localizzata in un blocco tecnico al piano interrato, esterno alla biblioteca. Il fabbricato interrato è esistente ed è quello in cui attualmente già è presente una cabina di trasformazione.

In cabina di trasformazione è presente solo ed esclusivamente l'alimentazione normale da rete dell'ente distributore. **Dal quadro generale di bassa tensione** di cabina **partiranno le linee che alimenteranno tutti i quadri elettrici** presenti in edificio.

L'alimentazione normale sarà sdoppiata in due alimentazioni indipendenti:

- Servizi tecnologici, ed impianti meccanici;
- Servizi generali di edificio, quali luce/FM e impianti terminali.

Al fine di alimentare i servizi preferenziali in assenza di rete elettrica ordinaria, sarà installato un gruppo elettrogeno, posizionato all'aperto nell'area tecnica, dotato di cofanatura ed insonorizzazione, della potenza nominale di 500 kVA PRP. Il **gruppo elettrogeno** ha lo scopo di alimentare tutti i servizi antincendio, oltre agli UPS di sicurezza antincendio ed agli UPS di sicurezza luce.

Gli impianti di sicurezza sono stati suddivisi in due categorie in funzione del servizio:

1. Servizi di sicurezza antincendio;
2. Illuminazione di sicurezza.

Per i servizi di sicurezza antincendio, che hanno necessità di continuità assoluta, è stato previsto un UPS EN50171 di potenza pari a 120 kVA, con autonomia 15 minuti. Per l'illuminazione di sicurezza sono stati previsti due UPS, uno a servizio de lato sinistro e l'altro a servizio del lato destro della biblioteca.

Per l'alimentazione dei sistemi IT del locale "centro stella di edificio" e Server room, e per le varie postazioni di lavoro degli uffici, è previsto un UPS dedicato no break, per sopperire l'eventuale mancanza della rete ordinaria da ente erogatore.

L'alimentazione delle utenze meccaniche è prevista del tipo radiale punto-punto, cioè ciascuna utenza è alimentata con linea dedicata avente origine dal proprio interruttore di protezione sui relativi sottosquadri.

L'alimentazione delle utenze meccaniche a servizio dell'antincendio avviene dai vari quadri dedicati. Le utenze sono tutte sottese o direttamente a gruppo elettrogeno o ad UPS di sicurezza antincendio.

L'impianto di illuminazione prevede sia **apparecchi illuminanti dimmerabili DALI**, sia apparecchi illuminanti a flusso costante. Le accensioni in linea di massima saranno dei seguenti tipi:

- Con rivelatori di flusso luminoso e presenza;
- Con rivelatori di presenza;
- Con comandi manuali.

La maggior parte degli apparecchi illuminanti previsti sono del tipo a sospensione o a plafone, ad esclusione delle aree in cui è previsto un controsoffitto, nel qual caso gli apparecchi saranno da incasso.

Il comando manuale degli apparecchi illuminanti delle aree non controllate dal sistema di gestione, avverrà localmente mediante dispositivi distribuiti in campo (pulsanti, interruttori, deviatori, ecc.). Tutti gli apparecchi illuminanti saranno del tipo con cablaggio elettronico.

Sulle aree esterne sono previsti dei proiettori, la cui accensione sarà automatica da programmazione oraria e consenso crepuscolare, da impianto di supervisione.

L'impianto FM e TD della biblioteca si appoggia ad una **distribuzione realizzata dal piano interrato**, per poi alimentare i vari quadretti prese posati all'interno dei pozzetti incassati nel pavimento. I pozzetti in cls di dimensioni 40x40 cm, completi di chiusini in acciaio carrabili, saranno incassati nel pavimento del piano terra con una distribuzione regolare. All'interno dei pozzetti, ci saranno 3 tipologie di quadretti prese, ognuno dei quali sarà equipaggiato con tipologie di prese diverse.

Alcuni tavoli saranno equipaggiati con delle prese FM, le quali saranno alimentate tramite delle prolunghe che si attesteranno sulle prese presenti nei pozzetti.

Negli uffici del piano interrato del padiglione 4 la distribuzione FM e TD sarà realizzata nel pavimento galleggiante, e le torrette saranno del tipo a scomparsa da 16/20 moduli.

Per gli uffici del piano primo del padiglione 2, la distribuzione sarà realizzata con canaline a parete in alluminio attrezzate per l'alloggiamento delle prese FM e TD.

Con distribuzione regolare saranno predisposti degli access-point, al fine di permettere una connessione wifi agli utenti della biblioteca.

Tutte le aree del fabbricato saranno servite da impianto di diffusione sonora. Tutti i diffusori acustici saranno dotati di trasformatore di linea per la regolazione della potenza sonora emessa, inoltre, sono previste delle stazioni di chiamata, con basi microfoniche. Ci saranno due console microfoniche, una da tavolo posizionata nel locale control room, ed una da parete in versione da VVF, in posizione da definire, con microfono push-to-talk. Gli altoparlanti saranno collegati in parallelo distribuendoli su più montanti, separati per le diverse zone e sarà garantita la ridondanza dei circuiti (due linee per ogni ambiente).

Il rilevamento dei principi di incendio verrà eseguita da un sistema automatico digitale; i rivelatori di fumo o calore in campo invieranno ciclicamente alla centrale, alla quale saranno collegati mediante loop, un segnale sullo stato della rispettiva camera di analisi. Tutti i segnali verranno analizzati dalla centrale che identificherà l'ampiezza dei valori di segnale discriminando tra i seguenti eventi: rivelatore sporco che necessita di pulizia, rivelatore guasto, rivelatore in allarme, loop interrotto.

Ci saranno **due tipologie di rivelazione fumi**, uno ad aspirazione per le aree del padiglione principale e per quelle nascoste nei controsoffitti, ed uno tramite rivelatori indirizzati nei restanti ambienti. Inoltre, ci saranno dei rivelatori di fumo dedicati sugli scaffali dei libri della biblioteca: al fine di fare un rilevamento precoci di eventuali incendi, questi rivelatori, tramite moduli di comando, attiveranno direttamente l'impianto di spegnimento water mist dello scaffale.

È previsto un impianto antintrusione sicuro ed affidabile: i sistemi di sicurezza sono stati concepiti per fornire un elevato livello di sicurezza intrinseca, in altre parole, oltre ad un alto livello di protezione, le parti utilizzate saranno complete di funzionalità antisabotaggio.

Al fine di massimizzare la sicurezza saranno controllate tutte le porte di accesso alla biblioteca, con dei contatti magnetici in alluminio di grado 2; sempre sugli accessi saranno installati dei sensori inerziali a vibrazione in plastica, ed infine subito dopo le porte di accesso saranno installati dei rivelatori volumetrici a doppia tecnologia. Ci saranno 3 centrali, una per la biblioteca, una per l'area bar, ed una per il foyer teatro.

Verrà realizzato un nuovo impianto di telecamere a circuito chiuso, al fine di riprendere tutte le aree esterne in prossimità agli accessi alla biblioteca e le aree interne più sensibili, per prevenire furti e atti di vandalismo e violenza.

È previsto un impianto antitaccheggio con antenne posizionate in prossimità degli ingressi del pubblico nella biblioteca, lato corso Massimo D'Azeglio e lato parco del Valentino (oltre al varco lato parco del Valentino al piano interrato). Per ognuno dei 3 varchi, sono previsti 2 gruppi di tre antenne ciascuno. Ognuno dei 6 varchi antitaccheggio lavorerà in maniera autonoma, anche senza collegamento al gestionale della biblioteca.

Al fine di permettere una migliore e più ordinata fruizione della biblioteca e nel contempo analizzare i dati di afflusso alla stessa a fini statistici, è previsto un sistema di gestione dei flussi. Il sistema consiste nella contabilizzazione delle persone che entrano ed escono dalla biblioteca tramite l'installazione di sensori video 3D su ogni varco di accesso alla biblioteca. Il sensore video 3D è un sistema che utilizza la tecnologia video tridimensionale; posizionato in altezza, rileva tutte le persone che si trovano nella zona di rilevamento al di sotto del suo punto di attacco.

I dati vengono poi rimandati ai server di gestione flussi attraverso la rete della biblioteca; il software gestionale permette sia le prenotazioni degli ingressi, sia le analisi statistiche. Il sensore video è un sistema di conteggio molto preciso, anche in caso di passaggi ampi o di forte affluenza.

13.3 La verifica di conformità ai CAM e la certificazione LEED

Il progetto di riqualificazione dei padiglioni del comprensorio di Torino Esposizioni destinati alla Biblioteca Civica Centrale di Torino (padiglioni 2, 2b e 4), è verificato per la conformità ai Criteri Ambientali Minimi - CAM (rif. Relazione Specialistica 22044D02_1_0_P_SO_00_CM_002 - RELAZIONE VERIFICA CRITERI AMBIENTALI MINIMI – CAM); la verifica è effettuata ai sensi del Decreto Ministeriale 11 ottobre 2017 “Criteri ambientali minimi per l’affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.” (G.U. n. 259 del 6 novembre 2017).

La relazione specialistica di progetto (cfr. elaborato 22044D02_1_0_P_SO_00_CM_002) individua i criteri minimi applicabili di competenza del gruppo di progettazione, che dovranno essere rispettati anche nella fase di progettazione esecutiva degli interventi. I criteri attinenti a specifiche tecniche del cantiere e/o dei materiali da costruzione riportati nella relazione specialistica sono da considerarsi quali integrazioni dei Capitolati speciali d’Appalto.

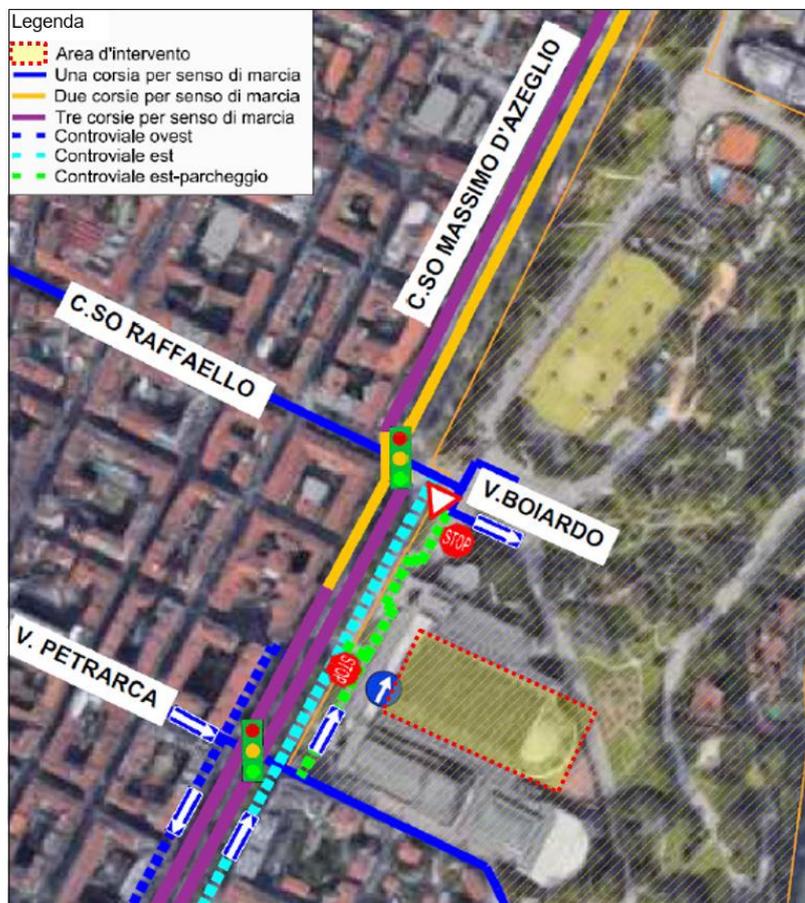
Il progetto è inoltre sottoposto a una fase di verifica valida per la **certificazione dell’edificio secondo il protocollo di sostenibilità energetico-ambientale** (rating systems) di livello internazionale **LEED**. Come previsto dal decreto, la conformità ai CAM può essere dimostrata se nella certificazione risultano soddisfatti tutti i requisiti riferibili alle prestazioni ambientali richiamate da ciascun criterio. In tali casi il progettista è esonerato dalla presentazione della documentazione relativa all’applicazione del D.M. 11/10/2017, ma è richiesta la presentazione degli elaborati e/o dei documenti previsti dallo specifico protocollo di certificazione di edilizia sostenibile perseguita. A tal fine, la Relazione Specialistica CAM SO_00_CM_002 contiene, nella seconda parte, l’analisi di ciascun credito utile al raggiungimento della certificazione LEED ad integrazione delle verifiche di conformità ai CAM.

13.4 L'impatto del cantiere sulle attuali condizioni di utilizzo dell'opera

13.4.1 Viabilità generale dell'area urbana di pertinenza

Il complesso di Torino Esposizioni si trova lungo l'area del Fiume Po, in posizione prospiciente l'asse urbano di Corso Massimo d'Azeglio, nelle vicinanze della Stazione ferroviaria Porta Nuova e della linea 1 della Metropolitana.

Lo Studio di Fattibilità del 2018 aveva svolto diverse indagini sullo stato di fatto relativamente alla viabilità: l'area in esame si sviluppa lungo l'asse di Corso Massimo d'Azeglio, tra gli incroci semaforizzati con Corso Raffaello a nord e Via Petrarca a sud. Nella figura a fianco sono descritti lo schema di circolazione e le caratteristiche della sezione trasversale degli assi stradali interessati. Dall'esame della Gerarchia Viaria contenuta nel Piano Urbano della Mobilità Sostenibile del Comune di Torino - 2010, si è rilevato che l'asse di Corso Massimo riveste il ruolo di **strada urbana interquartiere**, con caratteristiche intermedie tra le strade di scorrimento e le strade di quartiere, mentre Corso Raffaello svolge il ruolo di strada di quartiere. Corso Massimo d'Azeglio presenta una sezione a carreggiate separate con tre corsie per senso di marcia, e controviali sui due



lati nella tratta a sud dell'intersezione con Via Petrarca, sul solo lato est nella tratta compresa tra Via Petrarca e Corso Raffaello, mentre non sono presenti controviali a nord dell'intersezione con Corso Raffaello. Nella tratta compresa tra le due intersezioni Petrarca/Raffaello è presente una ulteriore viabilità parallela al controviale di Corso Massimo d'Azeglio, più prossima agli edifici del complesso.

13.4.2 Dislocazione aree esterne di cantiere

I padiglioni oggetto di intervento (*pad.2 "Nervi, pad.2b e pad.4*) sono visibili per i due fronti contrapposti su C.so Massimo d'Azeglio e Viale Mauro Maria Boiardo e parzialmente per la copertura. I restanti fronti sono adiacenti gli altri padiglioni, ovvero ciechi.

Le **aree esterne di cantiere** potranno quindi essere ospitate (vedere le figure 10 e 11) in corrispondenza dell'avancorpo adiacente al padiglione 2b (*area di cantiere 01*) e nel cortile adiacente al padiglione 4 (*area di cantiere 02*). Questa dislocazione consentirà di minimizzare le interferenze con la viabilità ordinaria e di conservare la gran parte dei parcheggi a raso e le limitrofe fermate degli autobus extraurbani (*linea 267 – Piazza Sofia-Piazzale Caio Mario; linea 91T - Saluzzo-Torino; linea 108 - Alba-Carmagnola-Torino*).

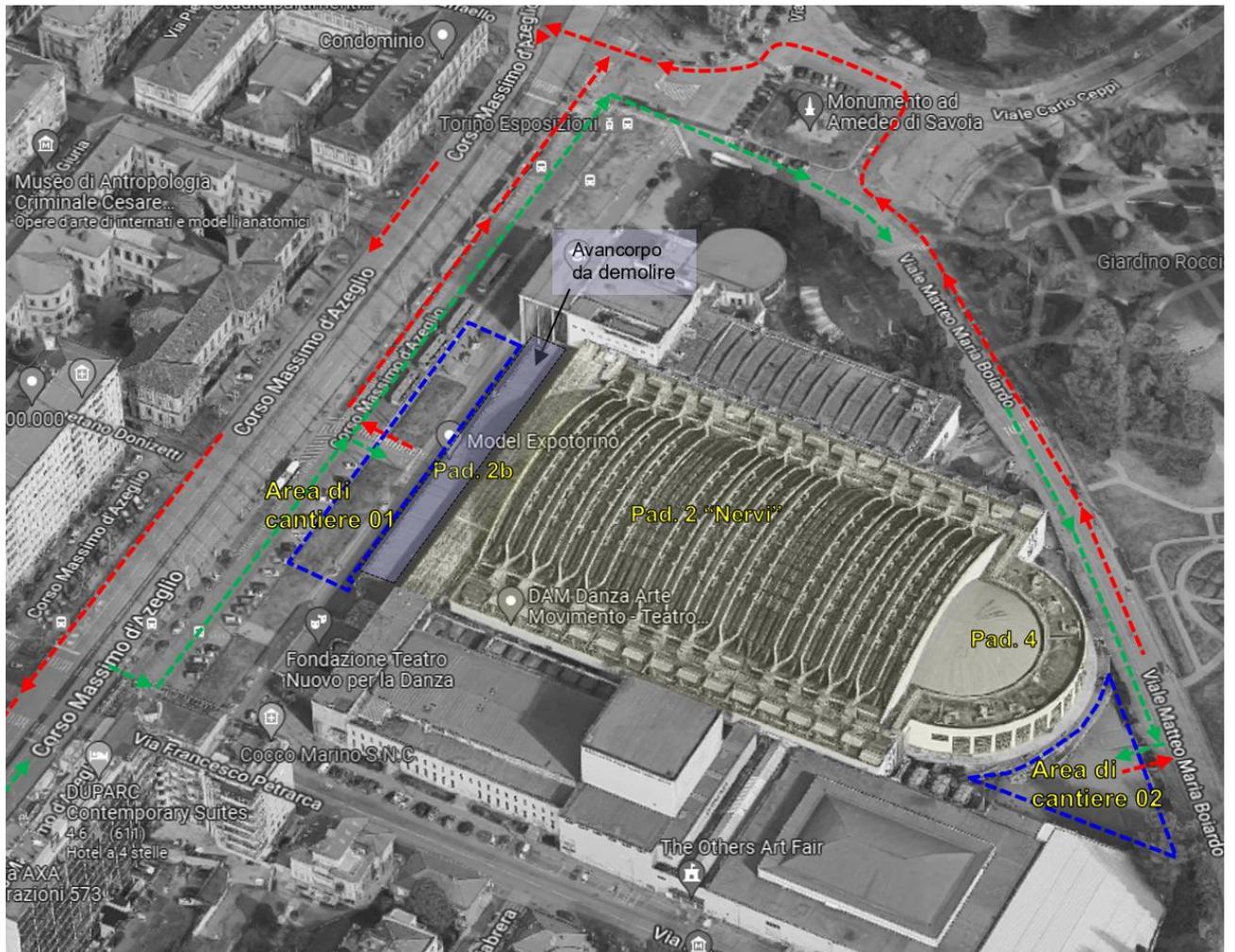


Figura 65- Dislocazione aree di cantiere esterne e percorsi dei mezzi in ingresso ed in uscita

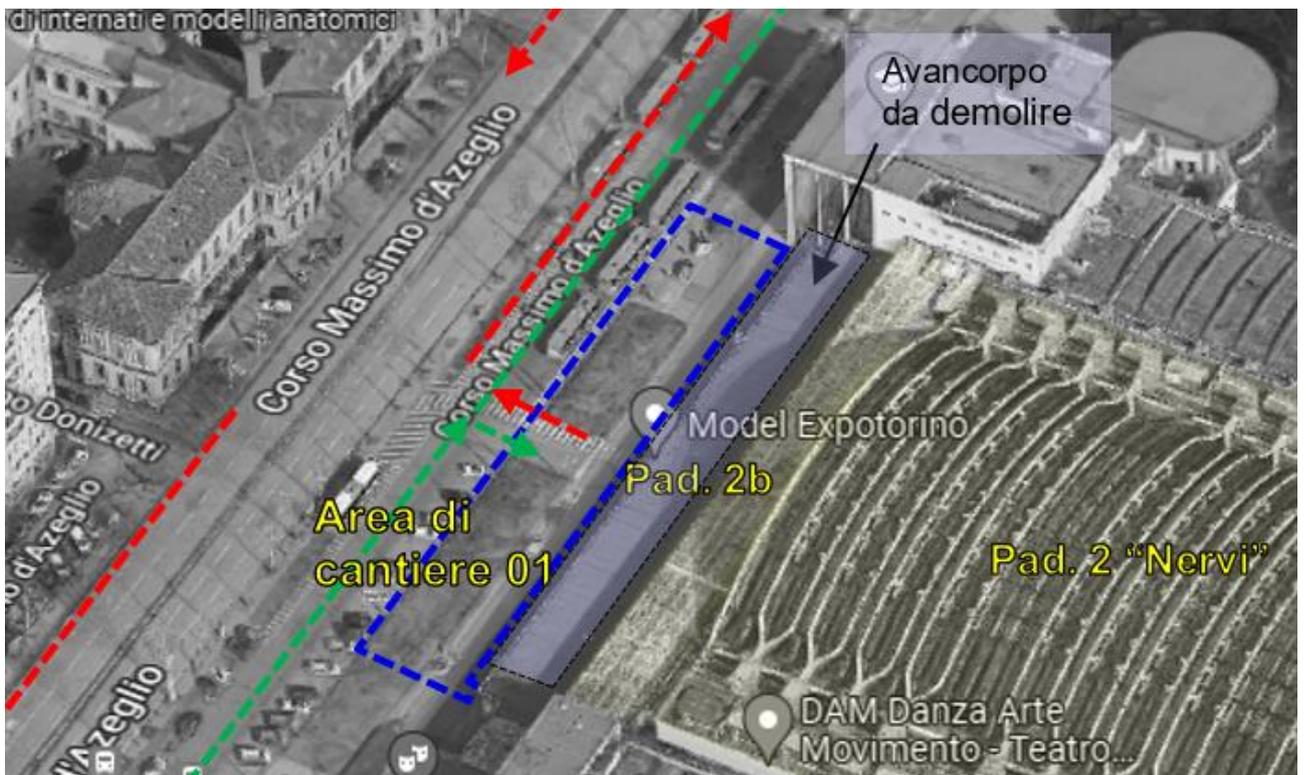


Figura 66 – Dettaglio area di cantiere 01, lato C.so Massimo d'Azeglio



Figura 67 - Ingresso all'area di cantiere 01 dal controviale di C.so Massimo d'Azeglio

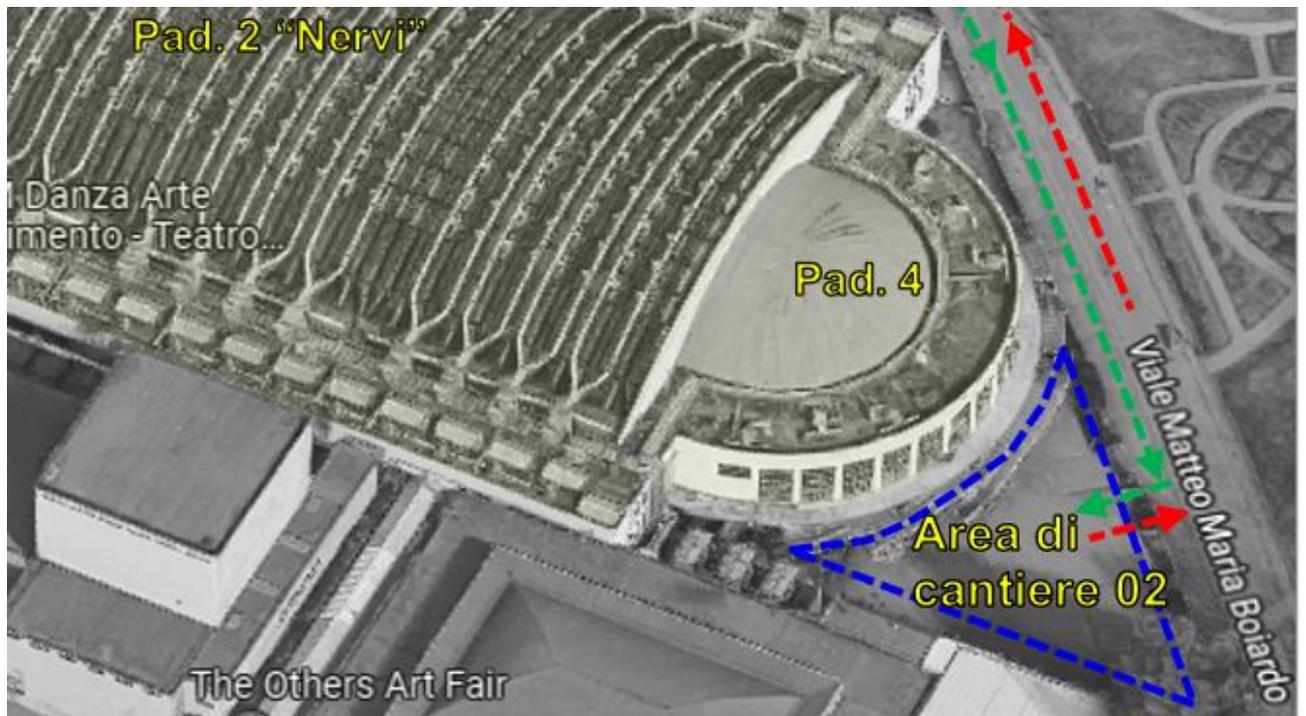


Figura 68 – Dettaglio area di cantiere 02 nel cortile lato Viale Mauro Maria Boiardo

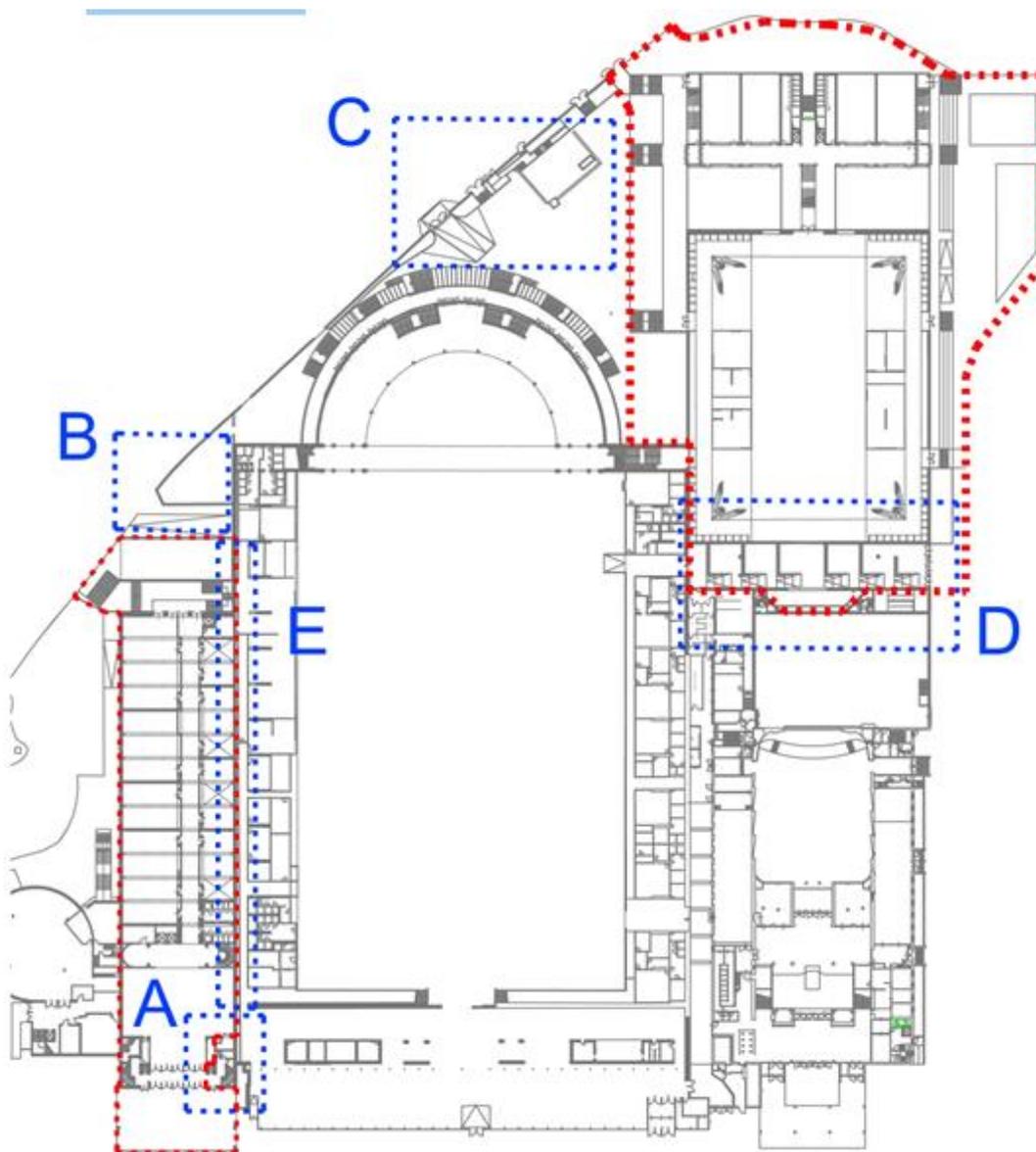


Figura 69 - Ingresso area di cantiere 02 da Viale Mauro Maria Boiardo

L'insediamento di un cantiere di così grandi dimensioni comporterà l'esigenza di **gestirne gli effetti sul "vicinato" di Complesso** (cfr anche *Relazione sulla gestione delle interferenze 22044D02_1_0_P_IN_00_CB_001*).

La Città di Torino proprietaria del Complesso di Torino Esposizioni, ha infatti destinato in **uso-gestione a Enti differenti – Biblioteca Civica Centrale [BCC] e Politecnico di Torino [POLI.TO]** – rispettivamente i Padiglioni 2, 2b, 4 e i Padiglioni 1, 3, 3b.

Nella planimetria sotto riprodotta si evidenziano le "sovrapposizioni di confine" tra Biblioteca e Politecnico:

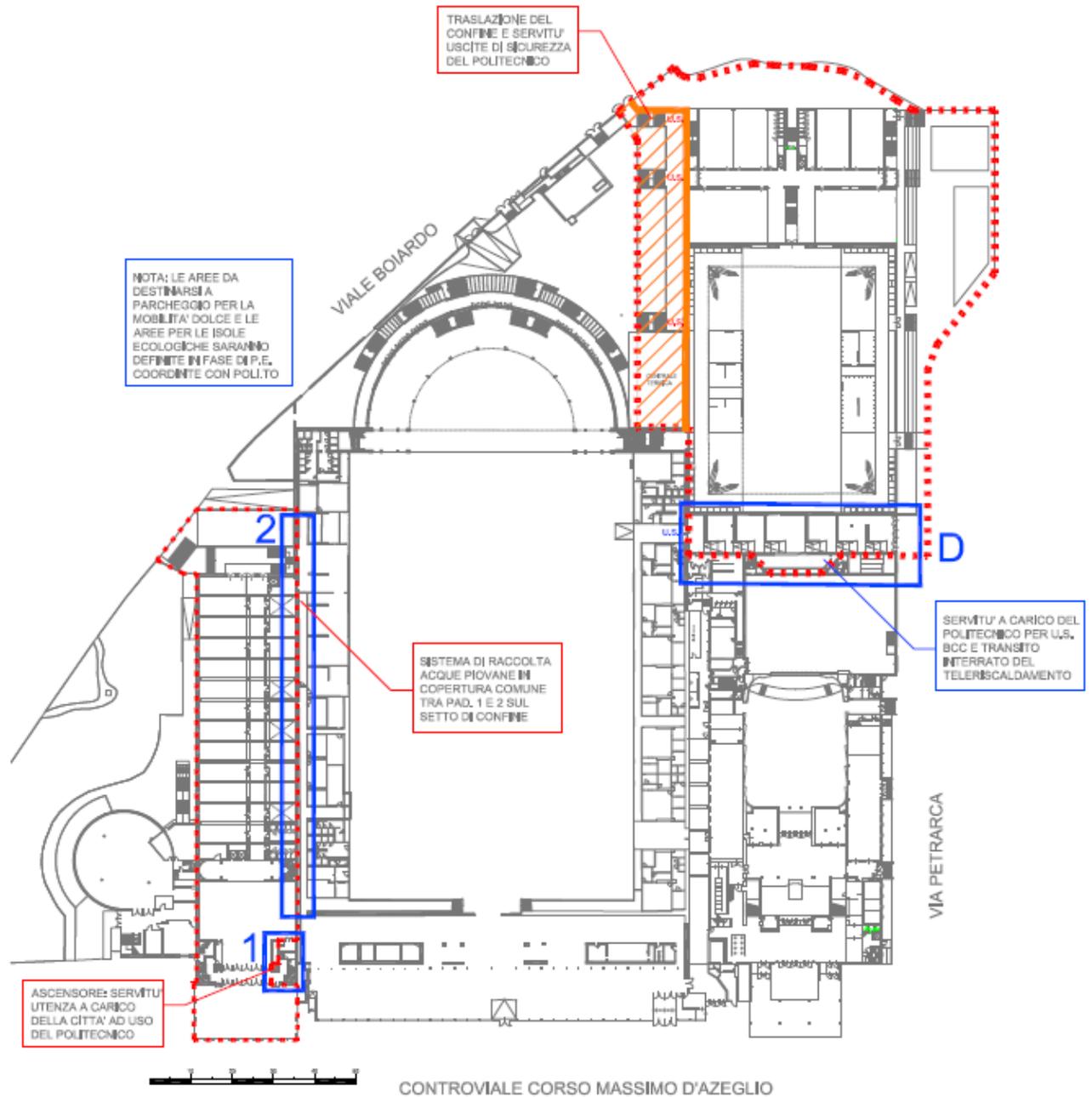


Si tratta, detto in altre parole, delle *interferenze* la cui risoluzione non potrà che essere demandata ad "accordi di buon vicinato" di tipo amministrativo che saranno da formalizzare.

I principali punti di "contatto" sono così sintetizzabili:

- A] **Scala Sottsass:** utilizzata sia dal personale del Politecnico che dal personale della BCC con accesso controllato (ad esempio badge).
 La progettazione e l'adeguamento della scala e dell'ascensore sono in capo alla BCC: sarà posto in opera un nuovo impianto ascensore (con caratteristiche per uso da parte dei disabili) che costituirà una servitù; l'utenza resterà in capo alla Città con uso da parte del Politecnico.
- B] **Accesso da rampa:** quest'area è infatti utilizzata in parte da Politecnico ed in parte dalla BCC.
- C] **Corte esterna e centrali impiantistiche:** la progettazione è in capo alla Biblioteca. L'ipotesi è di avere una corte aperta verso il Parco del Valentino. Restano da definire congiuntamente:
 - Vie di esodo dal Pad.3
 - Collocazione/modifica della cabina di consegna IRETI che allaccia sia BCC che POLI.TO
 - Centrale Geotermica
- D] **Via di fuga BCC:** il corridoio compreso fra il Teatro Nuovo e il Padiglione 3 rappresenta una possibile e utile via di fuga per la Biblioteca. Lo stesso corridoio potrebbe interessare l'interramento di una prossima fornitura del Teleriscaldamento. Si è concordata la creazione di una servitù a carico del Politecnico per uscite di sicurezza della BCC e per il transito in interrato della rete di Teleriscaldamento.
- E] **Connessione Struttura Pad.1 e 2:** dalle analisi condotte nel corso dell'odierna fase di Progetto di Fattibilità Tecnico Economica è emerso che i due padiglioni sono strutturalmente connessi. La progettazione dei rinforzi strutturali delle membrature esistenti, ha tenuto in debito conto questa situazione (si veda nella disciplina Strutture il fascicolo dedicato al rinforzo della muratura di confine) e altresì anche l'impiantistica ha provveduto ad una ipotesi di intervento riguardante la rete di captazione e smaltimento delle acque meteoriche.

Nella *Relazione sulla gestione delle interferenze 22044D02_1_0_P_IN_00_CB_001* è riportata planimetria con le ipotesi di indirizzo per la risoluzione delle interferenze sopra elencate.



13.5 Indicazioni sulle fasi esecutive

L'esigenza d'intervenire su un edificio esistente di particolare rilevanza e pregio tecnologico come quello in oggetto non può prescindere da un'attenta valutazione delle *fasi d'intervento* e *organizzative di cantiere*. Ciò allo scopo di:

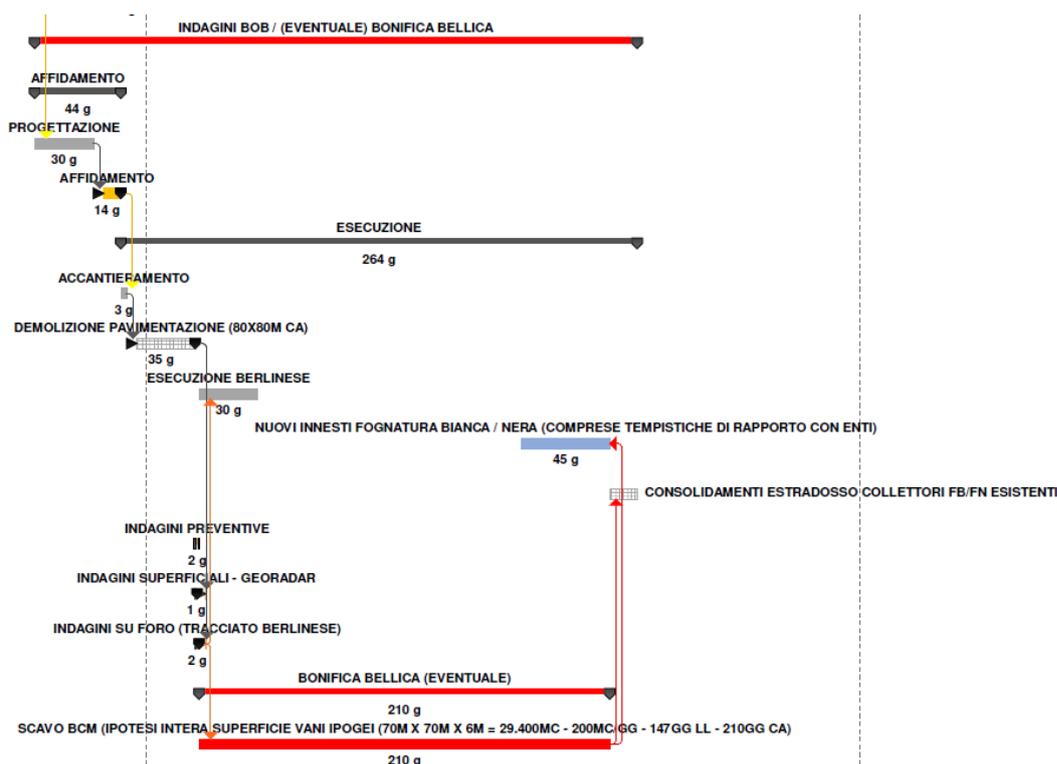
- mitigare l'insorgenza di **rischi interferenziali** tra le lavorazioni,
- **ottimizzare la produzione di cantiere**, nell'obiettivo di contenere i tempi e costi di esecuzione delle opere in appalto.

Nel dettaglio, la necessità di realizzare un grande scavo all'interno dell'edificio principale (realizzazione dei locali ipogei nel Pad.02) nonché l'esecuzione di numerosi interventi di consolidamento strutturale caratterizzati da un'elevata incidenza di manodopera, permette d'individuare con certezza le principali **attività su percorso critico**:

- **completamento delle demolizioni e bonifiche** in genere (conferimento rifiuti speciali),
- **completamento delle attività di rimozione e demolizione** in copertura,
- **completamento dei locali ipogei** (strumentali all'esecuzione dei *consolidamenti intradossali* di volta nervata Pad.02),
- **completamento dei consolidamenti estradossali di volta nervata Pad.02** (propedeutici all'esecuzione del fuori-acqua provvisorio che precede l'avvio delle opere edili interne)

Di particolare rilevanza *l'esecuzione pre-appalto* di alcune **lavorazioni da eseguirsi nella fase di bonifica ordigni bellici** (cd. "BoB") che precederà l'affidamento:

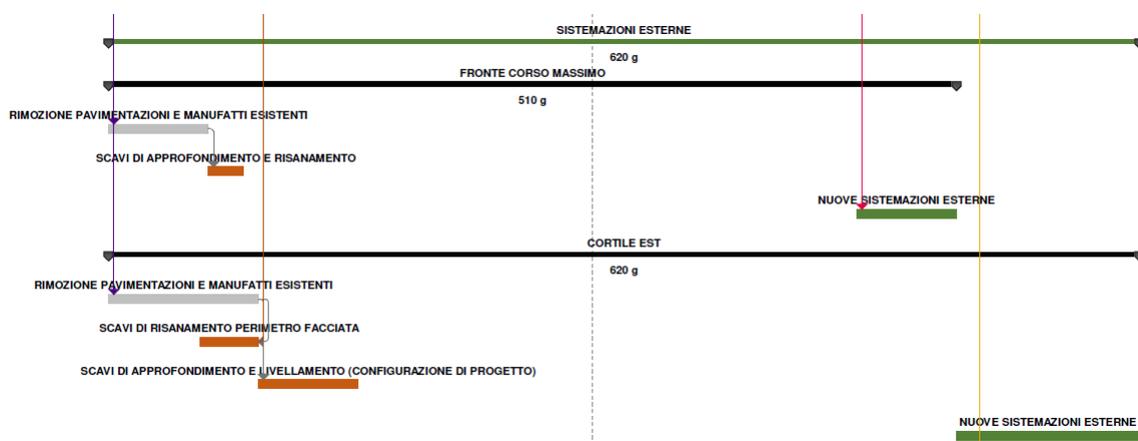
- *demolizione della pavimentazione esistente* del salone Padiglione 02 (8000m² ca),
- *realizzazione della berlinese* di perimetro locali ipogei (68+70+68 = 210m ca)
- *realizzazione dei pali* di consolidamento pilastri esistenti Padiglione 04,
- *esecuzione dei nuovi innesti fognari* e delle *opere di consolidamento dei collettori esistenti*.



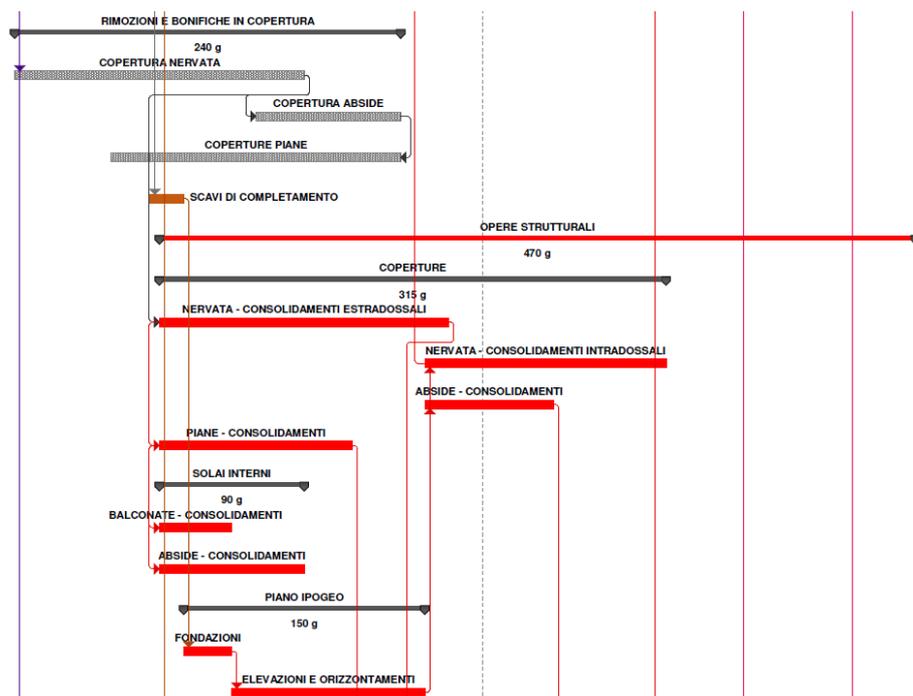
Il risultato delle valutazioni condotte è riportato nell'elaborato 22044D02_1_0_P_GE_00_FA_001 – Cronoprogramma Lavori, comprensivo sia della fase di progettazione esecutiva che di realizzazione delle opere, i cui estratti sono riportati nella trattazione a seguire.

Sulla scorta delle premesse sopra, le **principali fasi realizzative** sono così riassumibili:

- FASE I - COMPLETAMENTO DELLE DEMOLIZIONI PAD.02 e AVVIO STRIP-OUT PAD. 02b e PAD.04** con contestuale avvio delle rimozioni esterne propedeutiche al risanamento delle murature verso terra. Il completamento delle attività di risanamento verso terra condiziona la data di montaggio degli apprestamenti (ponteggi) per gli interventi in facciata. Il lato cortile est è interessato da un'importante attività di demolizione relativa alle scale esistenti in carpenteria metallica e al ballatoio in cls armato (oggetto di rifacimento integrale). Su questo lato, le lavorazioni in facciata sono condizionate dal completamento del nuovo ballatoio perimetrale in carpenteria metallica



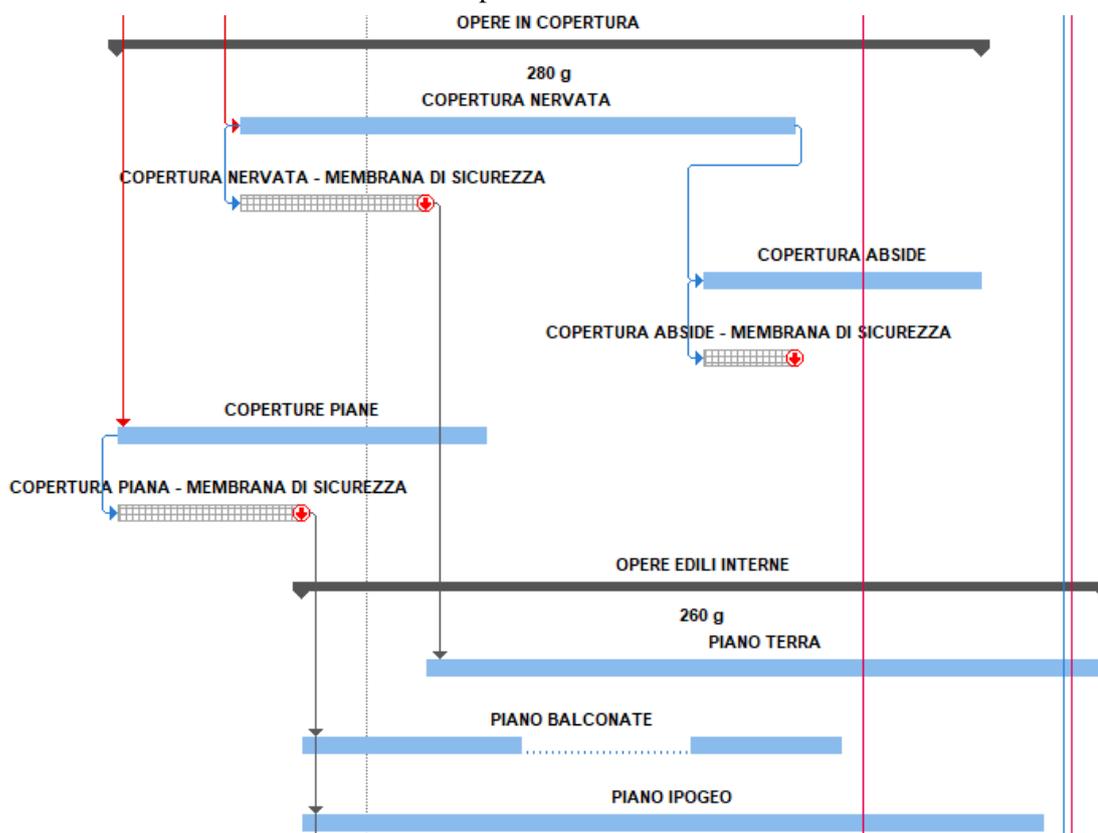
- FASE II - AVVIO RIMOZIONI IN COPERTURA NERVATA PAD.02 E REALIZZAZIONE DELLE STRUTTURE DEL PIANO IPOGEO.** Il completamento delle rimozioni in copertura Pad.02 vincola l'esecuzione degli interventi di consolidamento strutturale della volta nervata. Al fine di ottimizzare i tempi di esecuzione si prevede di *dare avvio ai consolidamenti una volta completato il 50% ca delle rimozioni (impianti, manti di tenuta e rin fianchi aggiuntivi)*



Analogamente, il completamento delle strutture del volume ipogeo con il getto del solaio di chiusura a quota +0,23 vincola l'avvio delle attività di consolidamento intradossale della volta nervata.

Questa, da realizzarsi integralmente con l'ausilio di cestelli, potrà essere avviata solo ad avvenuto completamento dell'orizzontamento

- FASE III COMPLETAMENTO CONSOLIDAMENTI ESTRADOSSALI VOLTA NERVATA PAD.02 E "FUORI-ACQUA PROVVISORIO".** Il complesso pacchetto di copertura della volta nervata e dell'abside semi-sferico dovrà essere preceduto da un fuori-acqua provvisorio per consentire la prosecuzione delle lavorazioni all'interno. Si prevede pertanto *l'esecuzione di un manto di tenuta provvisorio (cd. "membrana di sicurezza") che precederà la fase di coibentazione* allo scopo di dare celere avvio delle lavorazioni edili e impiantistiche all'interno.



Per l'esecuzione degli interventi sulla copertura dell'abside del Padiglione 04 si renderà inoltre necessaria la realizzazione di un ponteggio dedicato per consentire l'esecuzione di lavorazioni su superfici inclinate

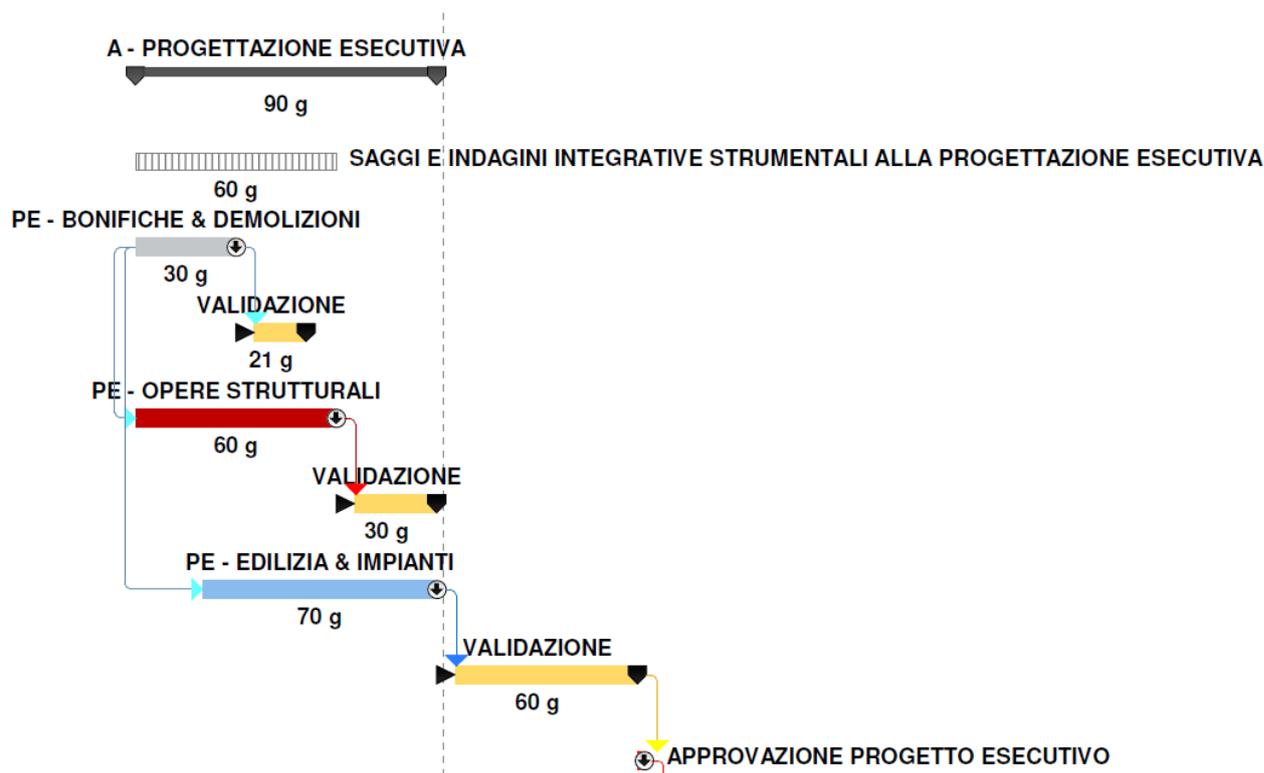
- FASE IV - NUOVO BALLATOIO E SCALA CORTILE EST.** Per il completamento delle opere di cortile est (interventi in facciata e sistemazioni esterne) dovrà completarsi la realizzazione del nuovo ballatoio in carpenteria metallica e le relative scale di collegamento.

Le lavorazioni di Padiglione 04, svincolate temporalmente e funzionalmente dalle altre, consisteranno principalmente negli interventi di consolidamento e protezione al fuoco delle strutture esistenti per la realizzazione del grande archivio compatibili.

Da rilevare un importante intervento di consolidamento delle fondazioni esistenti a mezzo di micropali (installati nella fase di bonifica BoB) e successivo allargamento del plinto esistente.

Al fine di estendere la durata di esecuzione delle opere, contrattualmente è ammessa la trasmissione in stralci della progettazione esecutiva secondo tre step così definiti:

- opere di demolizioni e bonifica
- consolidamenti strutturali e opere di nuova realizzazione
- opere edili e impiantistiche.



Ciò, allo scopo di **anticipare l'avvio di esecuzione delle opere** e dare **maggiore efficacia all'iter progettuale** (disponibilità d'impresa in sito per l'esecuzione di demolizioni finalizzate al perfezionamento della progettazione esecutiva). La durata contrattuale dell'appalto, per la parte "opere", decorrerà comunque dalla data di approvazione unitaria del progetto esecutivo.

14 Bibliografia sintetica

- Per il Parco del Valentino e le Esposizioni: P. L. BASSIGNANA (a cura di), Il Valentino, un luogo di progresso. Ciclo di conferenze 14 gennaio – 11 febbraio 2004, Torino, Centro Congressi Torino Incontra, 2004.
- <http://www.italyworldsfairs.org>.
- VALERIA GARUZZO, Torino 1928: l'architettura all'Esposizione Nazionale Italiana, Torino, Testo & Immagine, 2002.
- VALERIA GARUZZO, Il Palazzo torinese della moda al Valentino, in «Studi Piemontesi», vol. 31, fasc. 1, pp. 53-65
- «La Stampa», 21 ottobre 1936.
- Delibera del Podestà, 3 novembre 1936, verb. n° 45, par. 49.
- <http://www.museotorino.it/view/s/5a69a46c16c041eeb8a24bd2c0dc4b10>; Bombe e mezzi incendiari lanciati 1:5000, 1942-1945. Zona 1: Municipio - Vanchiglia - Porta Susa - Porta Nuova - Borgo Nuovo. ASCT, Tipi e disegni, cart. 68, fasc. 1 disegno 1. © Archivio Storico della Città di Torino
- <http://www.museotorino.it/view/s/78d55387d3fe43e5b4f18095d3ea7288>; Danni arrecati agli stabili 1:5000, 1942-1945. Zona 2: Borgo San Salvario, Parco del Valentino, Vecchia Barriera di Nizza, Borgo San Secondo, Crocetta. ASCT, Tipi e disegni, cart. 68, fasc. 2 disegno 2. © Archivio Storico della Città di Torino
- <http://www.museotorino.it/view/s/aceed8aa949a465782bb715e8b583ba2>; Bombardamenti aerei. Censimento edifici danneggiati o distrutti. ASCT Fondo danni di guerra inv. 362 cart. 6 fasc. 1. © Archivio Storico della Città di Torino
- Archivio Storico del Comune di Torino, Società Torino Esposizioni, Parco del Valentino, Ricostruzione 1952 (918)
- FRÉDÉRIC BARBIER, *Storia delle biblioteche: dall'antichità ad oggi*, Milano, Editrice Bibliografica, 2016.
- NAOMI S. BARON, *Come leggere: carta, schermo o audio?*, Milano, Raffaello Cortina, 2022.
- ZIGMUNT BAUMAN, *Modernità liquida*, Roma-Bari, Laterza, 2011.
- LUCA FERRIERI, *La biblioteca che verrà: pubblica, aperta, sociale*, Milano, Editrice Bibliografica, 2020
- *Lo spazio della biblioteca: culture e pratiche del progetto tra architettura e biblioteconomia*, a cura di Maurizio Vivarelli, Milano, Editrice Bibliografica, 2013.
- ANNA BILOTTA, *La biblioteca pubblica contemporanea e il suo futuro: modelli e buone pratiche tra comparazione e valutazione*, Milano, Editrice Bibliografica, 2021.
- ITALO CALVINO, *Lezioni americane: sei lezioni per il prossimo millennio*, Milano, Mondadori, 2016.
- LUIGI CROCETTI, *Pubblica*, in: *Il nuovo in biblioteca e altri scritti*, raccolti dall'Associazione italiana biblioteche, Roma, Associazione italiana biblioteche, 1994, p. 49-57.
- CHIARA FAGGIOLANI, *Le biblioteche nel sistema del benessere*, Milano, Editrice Bibliografica, 2022.
- MAURIZIO FERRARIS, *Documanità: filosofia del mondo nuovo*, Roma-Bari, Laterza, 2021.
- LUCA FERRIERI, *La biblioteca che verrà: pubblica, aperta, sociale*, Milano, Editrice Bibliografica, 2020

- LUCIANO FLORIDI, *La quarta rivoluzione: come l'infosfera sta trasformando il mondo*, Milano, Raffaello Cortina, 2017.
- ERIC GARBERTSON, *Libraries, memories and the space of knowledge*, in: *La Grande Galleria: spazio del sapere e rappresentazione del mondo nell'età di Carlo Emanuele I di Savoia*, p. 15-64.
- *La Grande Galleria: spazio del sapere e rappresentazione del mondo nell'età di Carlo Emanuele I di Savoia*, a cura di Franca Varallo e Maurizio Vivarelli, Roma, Carocci, 2019.
- HENRY JENKINS, *Transmedia Storytelling*, "MIT Technology Review", January 15, 2003, <https://www.technologyreview.com/2003/01/15/234540/transmedia-storytelling/>.
- *Il paradigma della biblioteca sostenibile*, a cura di Giovanni Di Domenico, Milano, Ledizioni, 2021.
- SHIYALI RAMAMRITA RANGANATHAN, *The Five Laws of Library Science*, Chennai, Madras Library Association, 1931.
- PAUL RICOEUR, *Leggere la città: quattro testi di Paul Ricoeur*, Troina (En), Città Aperta Edizioni, 2008.
- *Lo spazio della biblioteca: culture e pratiche del progetto tra architettura e biblioteconomia*, a cura di Maurizio Vivarelli, Milano, Editrice Bibliografica, 2013.
- PAOLO TRANIELLO, *La biblioteca pubblica: storia di un istituto nell'Europa contemporanea*, Bologna, Il Mulino, 1997.
- PAOLO TRANIELLO, *Biblioteche e società*, Bologna, Il Mulino, 2005.
- MAURIZIO VIVARELLI, *La scelta di lettura nella biblioteca pubblica: fisionomia, spazi e contesti del progetto Reading(&)Machine*, "AIB studi", 62 (2022), n. 1, p. 27-55, <https://doi.org/10.2426/aibstudi-13384>.
- MAURIZIO VIVARELLI, *Utopie, biblioteche, nuove utopie: lo spazio della biblioteca in una prospettiva circolare*, "Biblioteche oggi Trends", 7 (2021), n. 2, p. 7-18, DOI: 10.3302/2421-3810-202102-007-1.
- WILLIAM H. WISNER, *Whither the postmodern library? Libraries, technology, and education in the information age*, Jefferson, McFarland, 2000.
- L'Architettura, marzo 1960, pp. 730-37, 784-85
- L'Architecture d'Aujourd'hui, 9, 1960, pp. 80-89
- Architectural Forum, 3, 1961, pp. 106-7
- AITEC, *Realizzazioni italiane in cemento armato precompresso, Réalisations italiennes en béton précontraint, Prestressed concrete structures in Italy*, IV Congresso Internazionale del Precompresso (FIP), Roma- Napoli, AITEC 1962, PP. 321-326
- Archivio Maire Tecnimont, Torino
- Archivio Città di Torino, Settore Grandi Opere del Verde Pubblico
- Antonucci Francesco, Ceravolo Rosario, Lenticchia Erica, Ranaldo Beatrice, *Sensor placement strategies with application to the Hall B of Torino Esposizioni by Pier Luigi Nervi* in: IASS Annual Symposium 2017 "Interfaces: architecture, engineering, science", Hamburg, Germany, 25-28 September 2017
- Breyse Denis (Editor), *Non-Destructive Assessment of Concrete Structures: Reliability and Limits of Single and Combined Techniques*, State-of-the-Art Report of the RILEM Technical Committee 207-INR, Springer 2012

- Sorace (a cura di), *La concezione strutturale. Ingegneria e architettura in Italia negli anni Cinquanta e Sessanta*, Allemandi, Torino, 2013.
- Burke Sheridan, *Beloved Modern: Re-engaging with Original Designers*, in Maristella Casciato and Émilie D'Orgex, *Modern Architectures – The Rise of a Heritage*, Mardaga, Wavre, Belgium, 2008
- Caldera Carlo, Ceravolo Rosario, Chiorino Cristiana, Lenticchia Erica, Ostorero Carlo, *Fattori di vulnerabilità sismica nelle architetture voltate di Torino Esposizioni*, in: Colloqui AT 2017
- Cervinková Hana e Ilkosz Jerzy, *Re-learning Early-Modernist Concrete for the 21st Century. Construction and restoration of Centennial Hall in Wroclaw (1913-2013)*, in: Franz Graf e Yvan Delemontey , *La sauvegarde des grandes oeuvres de l'ingénierie du XXe siècle* , Cahiers du TSAM N.1, Presses polytechniques et universitaires romandes, EPFL, Lausanne 2016
- Chiorino Cristiana, *Structural concrete architectural heritage, problems and strategies for documentation and conservation. The case study of Turin*, in: Proceedings of the 2nd International *ib* Congress, Naples, 5-8 June 2006
- Chiorino Mario Alberto, *Voci per il Dizionario dell'Architettura del XX Secolo*, (a cura di C. Olmo), *Mangiarotti Angelo, Morandi Riccardo, Nervi Pier Luigi*, U. Allemandi, Torino, 2000.
- Chiorino Mario Alberto e Casalegno Carlo, *Evaluation of the structural response to the time-dependent behaviour of concrete: Part 1 - An internationally harmonized format*, *The Indian Concrete Journal*, Vol. 86, No. 12, December 2012, pp. 25-36.
- Chiorino Mario Alberto, *Analysis of structural effects of time dependent behaviour of concrete*, Section 7.2.4, *ib Model Code for Concrete Structures 2010*, Ernst & Sohn, 2013, pp. 205-214.
- Chiorino Mario Alberto (Chair of Editorial Team), *Analysis of Creep and Shrinkage Effects in Concrete Structures American Concrete Institute*, 2013 (Draft document).
- Chiorino Mario Alberto, *The role of structural engineering and geotechnics in the conservation of historical monuments*, in Proceedings of the 150th Anniversary of the Foundation of School of Applied Civil Architecture at the Politecnico di Milano, 2014 (in press)
- Colonnetti Gustavo, *Scienza delle costruzioni*, vol. terzo: *La tecnica delle costruzioni: le pareti sottili, Realizzazioni di P. L. Nervi, E. Torroja e G. Oberti*, Einaudi, Torino 1957
- Coppola Luigi, *Il Restauro dell'Architettura Moderna in Cemento Armato*, Hoepli, Milano, 2015
- Di Biase Carolina, *Il degrado del calcestruzzo nell'architettura del Novecento*, Maggioli 2009
- Gabetti Roberto, *Il nuovo Padiglione del Salone dell'Automobile a Torino Esposizioni*, *L'Architettura*, marzo 1960, pp. 730-37
- Graf Franz e Delemontey Yvan, *La sauvegarde des grandes œuvres de l'ingénierie du XXe siècle* , Cahiers du TSAM N.1, Presses polytechniques et universitaires romandes, EPFL, Lausanne 2016
- ICOMOS-ISCARSAH, *Recommendations for the Analysis and Restoration of Historical Structures – Principles and Guidelines*, 2003
- Jensen Elin, Grace Nabil, Kumi Samuel, *Evaluating Prestressing Strands and Post-Tensioning Cables in Concrete Structures Using Nondestructive Evaluation Methods*, Lawrence Technological University, MDOT Michigan Department of Transportation, 2015

- Krause Martin, *Localization of grouting faults in post tensioned concrete structures*, in Breyse Denis (Editor), *Non-Destructive Assessment of Concrete Structures: Reliability and Limits of Single and Combined Techniques*, State-of-the-Art Report of the RILEM Technical Committee 207-INR, Springer 2012
- Lenticchia Erica, Ceravolo Rosario, Chiorino Cristiana, *Seismic behaviour of modern heritage spatial structures: the Hall B of Turin Exhibition Centre by Pier Luigi Nervi*, in: IASS Annual Symposium 2016 “Spatial Structures in the 21st Century”, Tokyo, Japan, 26–30 September 2016
- Lenticchia Erica, Ceravolo Rosario e Chiorino Cristiana, *Damage scenario-driven strategies for the seismic monitoring of XX century spatial structures with application to Pier Luigi Nervi’s Turin Exhibition Centre*, *Engineering Structures*, vol. 137, 2017.
- Levi Franco e Chiorino Mario Alberto, *Concrete in Italy. A review of a century of concrete progress in Italy, Part 1: Technique and architecture*. *Concrete International*, Vol. 26 No 9, September 2004
- Divisione Verde e Ambiente, protocollo n. 4847/X-1-2 del 3 ottobre 2003
- Torroja Eduardo, *Razón y Ser de los Tipos Estructurales*, Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento, Madrid, 1957 (ed. Italiana: *La concezione strutturale*, a cura di Franco Levi, UTET 1966
- Bonfanti, C., Patrucco, G., Perri, S., Sammartano, G., & Spanò, A. (2021) A NEW INDOOR LIDAR-BASED MMS CHALLENGING COMPLEX ARCHITECTURAL ENVIRONMENTS, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVI-M-1-2021, 79–86, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-M-1-2021-79-2021>, 2021.
- Sammartano, G., Patrucco, G., Perri, S., Ceravolo, R., Lenticchia, E., & Spanò, A. (2021). Documenting complexity for the 20th century heritage: the enriched 3D models of the Turin exposition Nervi’s halls digitization. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 8, 141-148.
- Abbate, E., Invernizzi, S., & Spanò, A. (2020). HBIM parametric modelling from clouds to perform structural analyses based on finite elements: A case study on a parabolic concrete vault. *Applied Geomatics*, 1-18.
- Brumana, R., Della Torre, S., Oreni, D., Previtali, M., Cantini, L., Barazzetti, L., Franchi, A., & Banfi, F. (2017). HBIM challenge among the paradigm of complexity, tools and preservation: the basilica di Collemaggio 8 years after the earthquake (L’Aquila). *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W5, 97–104.
- Castellazzi, G., D’Altri, A. M., Bitelli, G., Selvaggi, I., & Lambertini, A. (2015). From Laser Scanning to Finite Element Analysis of Complex Buildings by Using a Semi-Automatic Procedure. *Sensors*, 15(8), 18360–18380.
- Ceravolo, R., de Lucia, G., Lenticchia, E., & Miraglia, G. (2019). Seismic structural health monitoring of cultural heritage structures. In *Springer Tracts in Civil Engineering* (pp. 51–85). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-13976-6_3
- Ceravolo, R., de Lucia, G., Lenticchia, E., Miraglia, G., Quattrone, A., Tondolo, F., Matta, E., Sammartano, G., Chiorino, C., Bruschi, G., Faccio, P., & Nanni, A. (2020). Challenges in the reuse and upgrade of Pier Luigi Nervi’s structures. In L. P. and C. M. (Eds. . P. Roca (Ed.), *SAHC 2020 - 12th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions*.
- Cestari, C. B., Spanò, A. T., Marzi, T., Invernizzi, S., & Chiabrando, F. (2014). The thin concrete vault of the “Paraboloide of casale (Italy)”: innovative methodologies for the survey, structural assessment and conservation interventions. In: *Structural Faults & Repair - 2014*, Engineering Technics Press (REGNO

- UNITO DI GRAN BRETAGNA), Structural Faults & Repair, London, UK 8-10 July 2014, pp. 10, 2014, ISBN: 094764475X
- Dore, C., Murphy, M., McCarthy, S., Brechin, F., Casidy, C., & Dirix, E. (2015). Structural simulations and conservation analysis-historic building information model (HBIM). *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 40(5W4), 351–357.
 - Eisenbeiß, H. (2009). UAV Photogrammetry [ETH Zurich - Institute of Geodesy and Photogrammetry]. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.461.3781&rep=rep1&type=pdf>
 - Grussenmeyer, P., Alby, E., Assali, P., Poitevin, V., Hullo, J.-F., & Smigiel, E. (2011). Accurate documentation in cultural heritage by merging TLS and high-resolution photogrammetric data. In F. Remondino & M. R. Shortis (Eds.), *Videometrics, Range Imaging, and Applications XI* (Vol. 8085, Issue 21, p. 808508). SPIE.
 - ICOMOS. (2017). ISC20C, Approaches to the conservation of Twentieth-century cultural heritage Madrid – New Delhi Document. <http://www.icomos-isc20c.org/madrid-document/>
 - ICOMOS CHARTER. (2003). ICOMOS charter-principles for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage (2003).
 - Korumaz, M., Betti, M., Conti, A., Tucci, G., Bartoli, G., Bonora, V., & Fiorini, L. (2017). An integrated Terrestrial Laser Scanner (TLS), Deviation Analysis (DA) and Finite Element (FE) approach for health assessment of historical structures . A minaret case study. *153(July)*, 224–238.
 - Lubowiecka, I., Armesto, J., Arias, P., & Lorenzo, H. (2009). Historic bridge modelling using laser scanning, ground penetrating radar and finite element methods in the context of structural dynamics. *Engineering Structures*, 31(11), 2667–2676.
 - Munumer, E., & Lerma, J. L. (2015). Fusion of 3D data from different image-based and range-based sources for efficient heritage recording. *2015 Digital Heritage*, 83–86.
 - Murtiyoso, A., & Grussenmeyer, P. (2017). Documentation of heritage buildings using close-range UAV images: dense matching issues, comparison and case studies. *The Photogrammetric Record*, 32(159), 206–229. <https://doi.org/10.1111/phor.12197>
 - Ottoni, F., Freddi, F., & Zerbi, A. (2017). From “models” to “reality”, and return. Some reflections on the interaction between survey and interpretative methods for built heritage conservation. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-5/W1, 457–465.
 - Pieraccini, M., Dei, D., Betti, M., Bartoli, G., Tucci, G., & Guardini, N. (2014). Dynamic identification of historic masonry towers through an expeditious and no-contact approach: Application to the “Torre del Mangia” in Siena (Italy). *Journal of Cultural Heritage*, 15(3), 275–282.
 - Tucci, G., Bonora, V., Conti, A., & Fiorini, L. (2017). Digital Workflow for the Acquisition and Elaboration of 3D Data in a Monumental Complex: the Fortress of Saint John the Baptist in Florence. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W5(September), 679–686.
 - Turrina, A., & Attico, D. (2021). The reconstruction of a dynamic inventory model toward shared HBIM libraries for vaulted systems. *Proceedings of the ARQUEOLÓGICA 2.0 8th International Congress on Archaeology, Computer Graphics, Cultural Heritage and Innovation*.
 - Yang, X., Lu, Y.-C., Murtiyoso, A., Koehl, M., & Grussenmeyer, P. (2019). HBIM Modeling from the Surface Mesh and Its Extended Capability of Knowledge Representation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(7), 301.

- P. Nervi, «Calcoli statici, salone B» Torino, 1947.
- P. Nervi, *Tavole salone B, Torino Esposizioni*, Parma: CSAC, 1947.
- P. Nervi, «Le strutture portanti del Palazzo per le Esposizioni al Valentino» *Atti e rassegna tecnica della società degli ingegneri e degli architetti in Torino*, n. 7, pp. 118-122, 1948.
- P. L. Nervi, «La struttura portante del nuovo Salone del Palazzo di Torino Esposizioni» *Rassegna tecnica della Società degli ingegneri e architetti in Torino*, January-March 1950.
- *Fondo Nervi*, Firenze: Archivio biblioteca di Scienze tecnologiche.
-