



POST EXPO

TEATRO SPERIMENTALE

Laboratorio di architettura delle costruzioni complesse II

corso di laurea magistrale in architettura delle costruzioni

a.a. 2016/17

prof.ssa M. G. Folli

prof. C. Pecora

prof. C. Sangiorgi

prof. S. De Antonellis

prof. E. Mariani

851618 **Simone Gianluca Corberi**

851754 **Fabio Dell'Arciprete**

851587 **Marina Sassi**

A	TEMA DI RICERCA	0
B	INFRASTRUTTURE	14
C	STRUTTURE	24
D	TECNOLOGIE	46
E	IMPIANTI	56



TEMA DI RICERCA

teatro, teatro sperimentale, teatro contemporaneo



«La sala è il problema del teatro come interno,
che si specifica autosignificante prima di essere popolato di ruoli»

F. Cruciani, Lo spazio del teatro, Laterza, Bari-Roma, 1992

► COS'E' TEATRO?

ESPERIENZA EMOTIVA: visioni, suoni, prospettive hanno
la potenzialità di produrre un'esperienza catartica



TEATRO è lo spazio dove può avvenire tale esperienza,
che si concretizza attraverso la

TRASMISSIONE DI UN MESSAGGIO

ha cioè potenzialità etiche, educative, culturali,
sia soggettive che collettive



► COSA SIGNIFICA OGGI?

progettare un teatro significa mettere in evidenza lo spazio (il luogo) dove tale trasmissione avviene



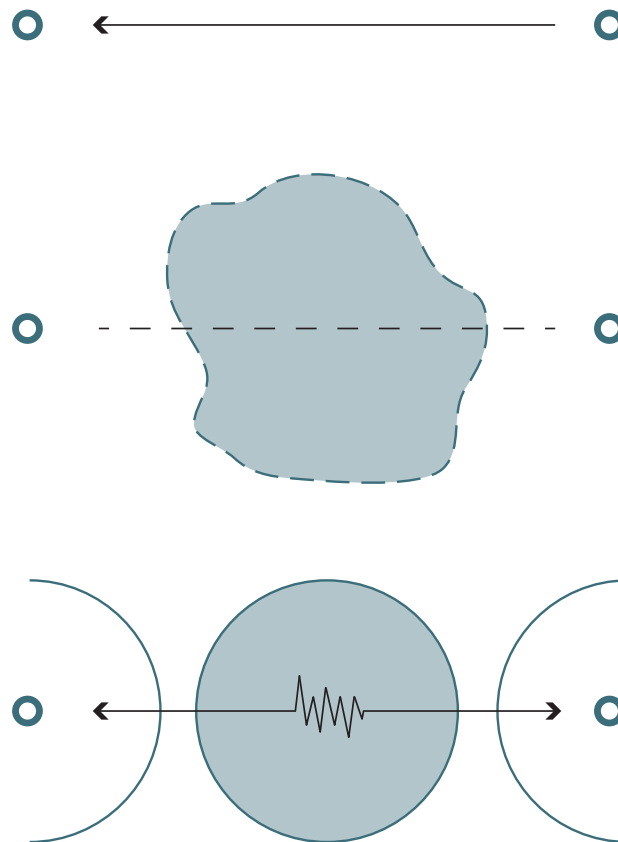
- **IDENTIFICARE I POLI** (emittente e ricevente)
- FORMAZIONE (dare forma) al **MEZZO DI TRASMISSIONE**

FRUIZIONE dello spettacolo significa instaurare una duplice TENSIONE tra due poli
irrequietudine = partecipazione

per essere anche oggi giorno esperienza attiva, personale e/o collettiva, unica e irripetibile, lo spettacolo può servirsi dello spazio (volume vuoto) come tensione

TEMA DI RICERCA

teatro, teatro sperimentale, teatro contemporaneo



«[...] il teatro inteso come volume deve avere, deve tendere necessariamente, credo, a una sua neutralità. Neutralità da intendersi non in senso qualunquistico, ma in senso chimico: come la neutralità di un campo che si espone, che è in attesa, una neutralità che si può coniugare con altre valenze.»

R. Castellucci, in Architettura & Teatro, Il Saggiatore, Milano, 2007



TEMA DI RICERCA

teatro, teatro sperimentale, teatro contemporaneo

«Il sistema di relazioni di cui (lo spazio del teatro) è parte attiva, lo costringe ad essere un ambiente funzionale agli uomini di teatro, che vi incontrano, in situazioni predisposte, gli spettatori. [...] è uno spazio che vive del suo essere relazione tra ambienti, in qualche modo interagenti.»

F. Cruciani, Lo spazio del teatro, Laterza, Bari-Roma, 1992

► COME SI TRADUCE IN ARCHITETTURA?

VUOTO STRUTTURANTE
SUPERFICI DI DEFINIZIONE



rapporto frontale tra due elementi volumetrici

SVILUPPO IN SEZIONE
SVUOTAMENTO DELLA PIANTA

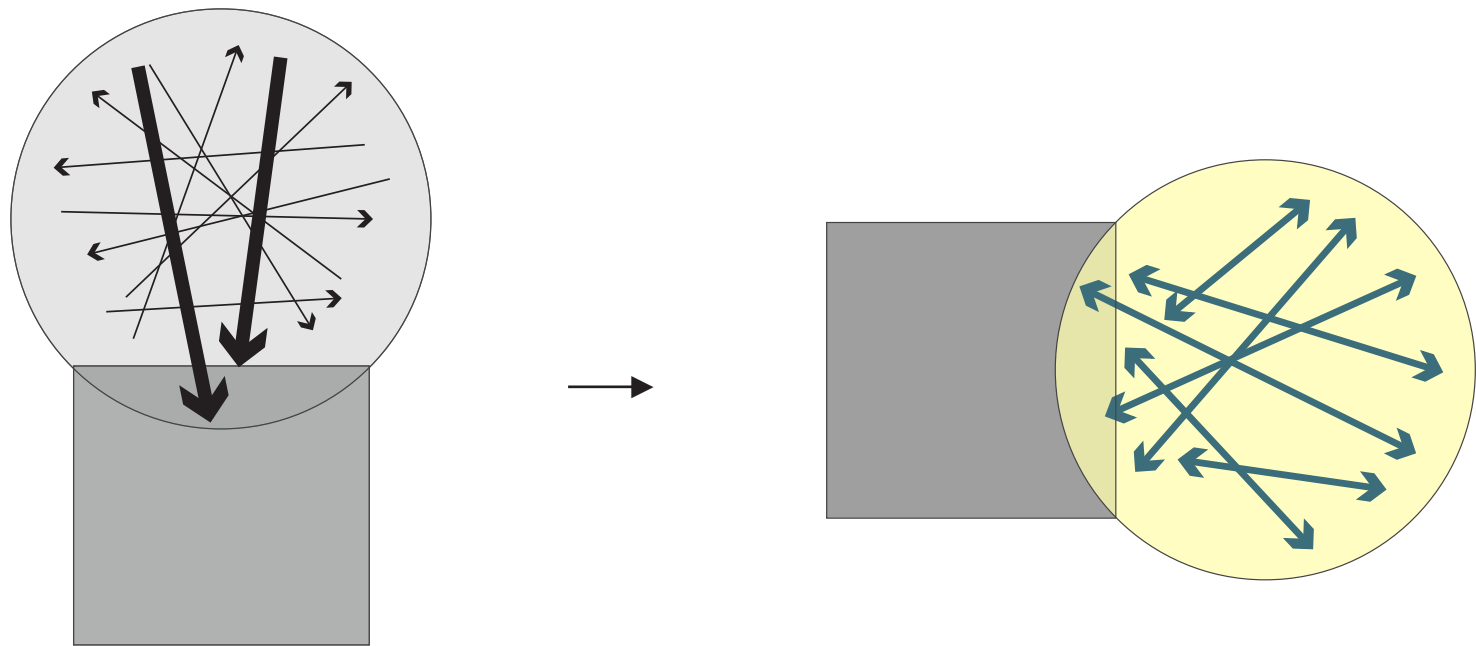


ridefinizione volumetrica tra le parti

plasticità dei valori spaziali, dei rapporti potenzialità di coinvolgimento del vuoto

TEMA DI RICERCA

teatro, teatro sperimentale, teatro contemporaneo



► DA TEMA A CONCEPT A EDIFICIO

vuoto come "collante" per tutte le parti dell'edificio

→ *definizione di un corpo centrale dell'audience*

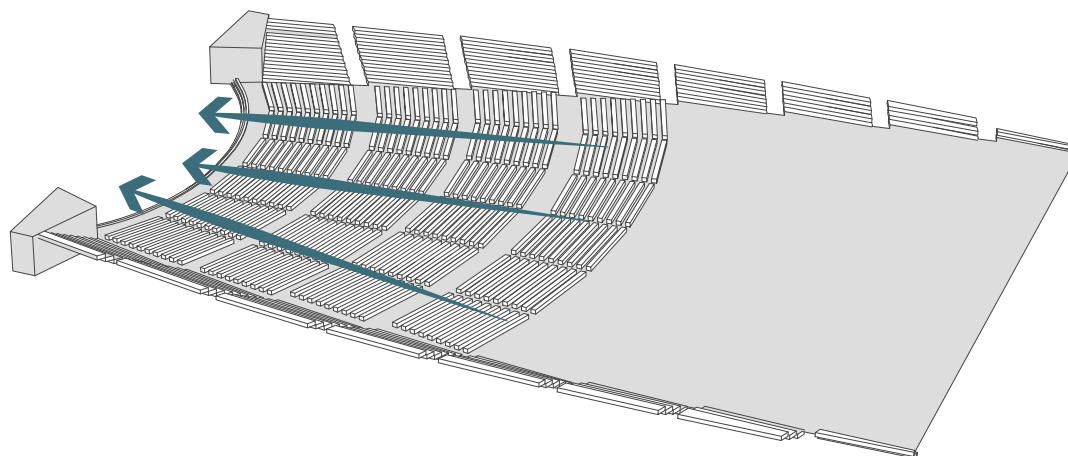
→ *definizione dell'aggancio degli altri volumi*

vi è libertà di azione sia sulla definizione della componente scenica, sia sulla componente di auditorium: in questo senso è **sperimentale**, perchè lascia la libertà di sperimentare, imponendo un solo vincolo



SCELTE PROGETTUALI PRELIMINARI

verticalità, rapporto con l'esistente, pieni e vuoti, compenetrazioni



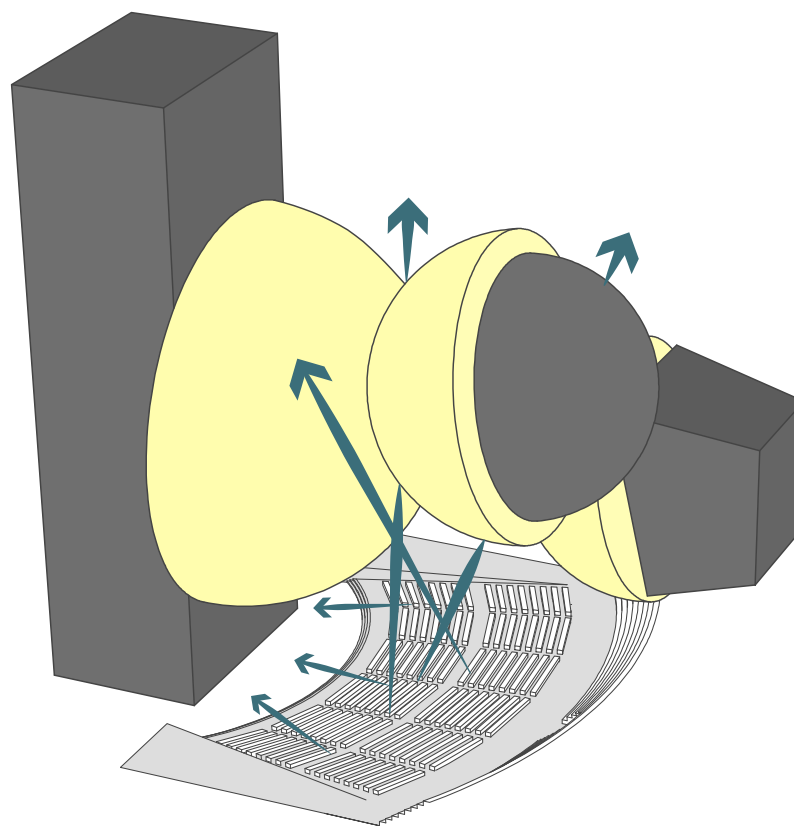
La presenza dell'Open Theatre di Expo2015 ha da subito ricoperto un ruolo di certo interesse per l'approccio al problema dell'insediamento del teatro all'interno dell'area di progetto:

esso rappresenta un grande (ca. 120mx70m) avvallamento del terreno (-6m) su tre lati del perimetro, con alcune parti organizzate in sedute e alcune lasciate a rampa.

SCELTE PROGETTUALI PRELIMINARI



verticalità, rapporto con l'esistente, pieni e vuoti, compenetrazioni

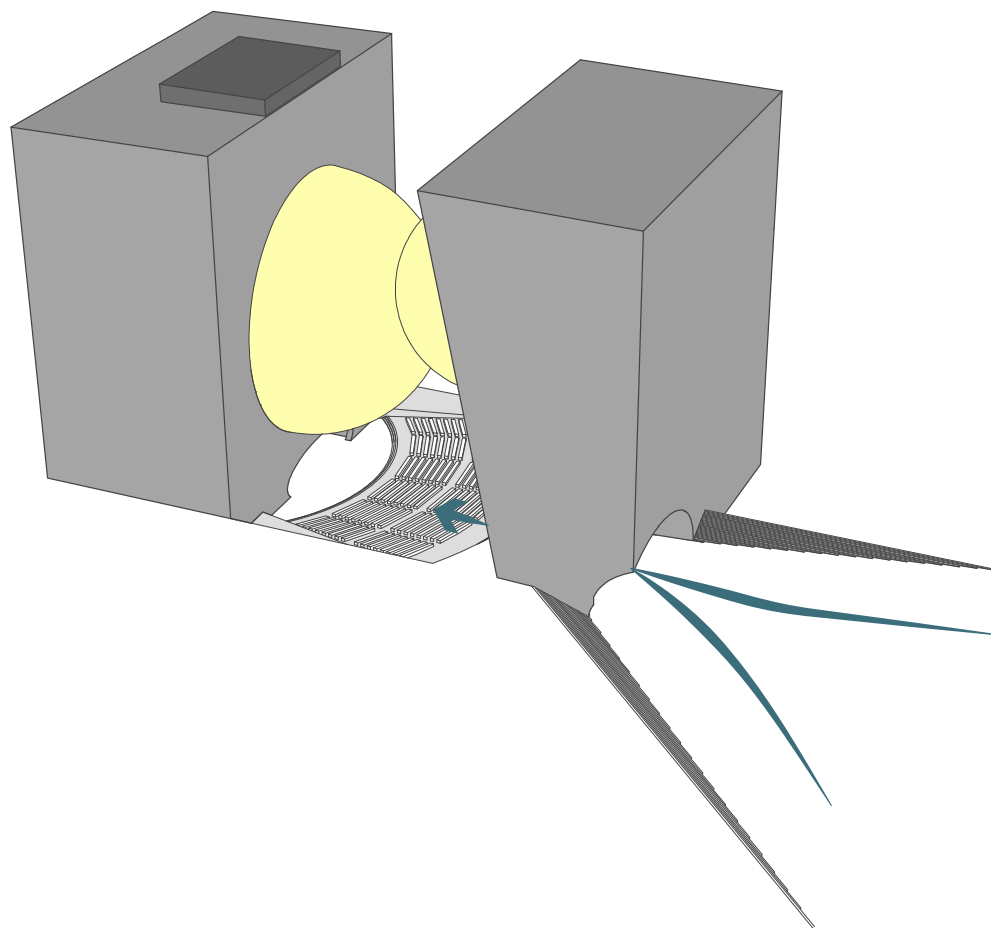


L'idea è stata quella di inglobare lo spazio dell'arena all'aperto nello sviluppo verticale degli spazi teatrali previsti dal nostro progetto, di fatto con una logica di sovrapposizione di episodi - di cui l'arena stessa entra a far parte attiva - provando così a scardinare anche la sua direzione preferenziale (orizzontale), per metterla in relazione con l'estensione dell'edificio (verticale). La presenza dell'arena costituisce inoltre, planimetricamente, presenza di suolo modellato e modellabile, che è stato sfruttato come spazio pubblico di circolazione dei flussi, ospitando l'accesso vero e proprio del pubblico all'intero edificio.



SCELTE PROGETTUALI PRELIMINARI

verticalità, rapporto con l'esistente, pieni e vuoti, compenetrazioni

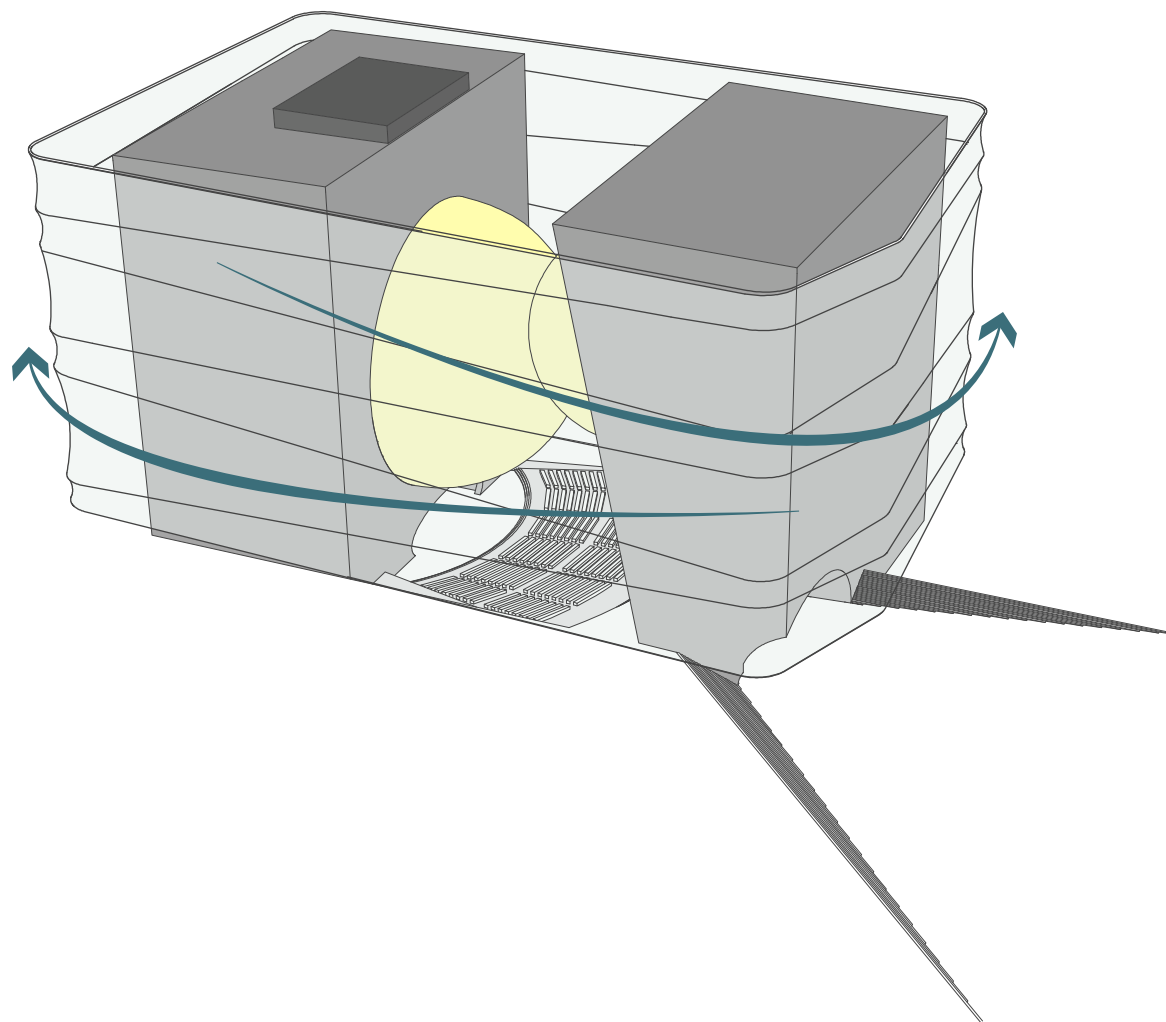


Una volta chiarito il ruolo dell verticalità e della visuale da sotto in su il processo è stato quello di definizione dei pieni e dei vuoti, immaginando che l'intero edificio fosse sostanzialmente costituito da due metà "tenute insieme" dal grande vuoto su cui si affacciano a sbalzo le sale teatrali. Esso costituisce il perno verticale attorno a cui si organizzano gli spazi della macchina scenica e del lavoro teatrale, così come gli spazi collettivi e le altre funzioni collaterali presenti all'interno dell'edificio. La grande cavità centrale ha anche il ruolo di determinare lo spazio di circolazione primario, garantendone la qualità spaziale.

SCELTE PROGETTUALI PRELIMINARI



verticalità, rapporto con l'esistente, pieni e vuoti, compenetrazioni



Un altro tema fondante affrontato nella fase preliminare è stato quello delle interrelazioni e delle compenetrazioni delle due principali componenti che costituiscono l'edificio: l'idea è stata quella di avvolgere i volumi massivi con un involucro leggero, una quinta teatrale che - discostandosi da essi in maniera non omogenea - si allarga e si restringe a seguire i flussi delle passerelle che ospita nella sua stessa sezione. Facendo questo si è cercato di mantenere possibile l'indipendenza di flussi e di accessi, ma mettere in condivisione visuali e vuoti.

A

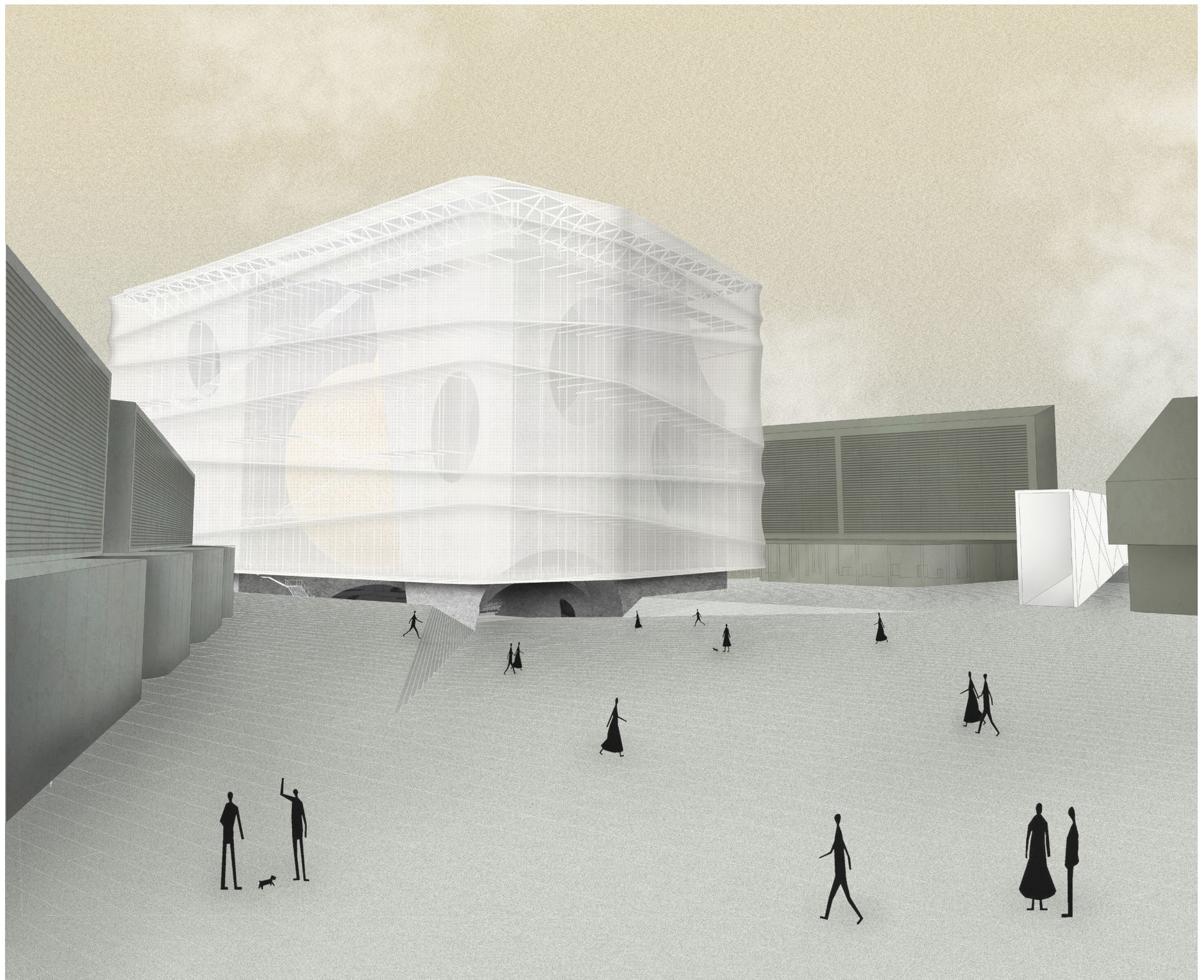
MASTERPLAN

estratto dell'area di inserimento del progetto



MASTERPLAN

vista esterna dell'edificio nel contesto





► BIBLIOGRAFIA:

- F. Cruciani, LO SPAZIO DEL TEATRO, Laterza, Bari-Roma, 1992
(*Biblioteca Civica Como*)
- F. Cruciani, N.Savarese (a cura di), TEATRO, GUIDE BIBLIOGRAFICHE, Garzanti, 1991
(*Biblioteca Sormani*)
- AA.VV., ARCHITETTURA E TEATRO, Il Saggiatore, Milano, 2007
(*Biblioteca Architettura Durando*)
- AA.VV., articoli tra cui M. Tafuri, IL TEATRO COME CITTA' VIRTUALE, in Lotus n° 17, 1977
(*BCA, sezione periodici storici*)
- G. Consonni, TEATRO CORPO ARCHITETTURA, Laterza, Bari-Roma, 1998
(*BCA*)
- W. Osthoff, L'OPERA D'ARTE E LA SUA RIPRODUZIONE, UN PROBLEMA D'ATTUALITA' PER IL TEATRO D'OPERA in L. Bianconi, LA DRAMMATURGIA MUSICALE, Il Mulino, Bologna, 1986
(*Biblioteca Sormani*)
- A. Nicoll, LO SPAZIO SCENICO, Bulzoni Editore, Roma, 1971
(*BCA*)
- L. Testa, LA COSTRUZIONE DEL DESIDERIO, CittàStudi Edizioni, Milano, 2000
(*Biblioteca Architettura Durando*)
- V. Gregotti, SPAZIO E SUONO, in IL SUBLIME AL TEMPO DEL CONTEMPORANEO, Einaudi, 2013
(*BCA*)

FONTI CONSULTATE

bibliografia, sitografia, altre fonti

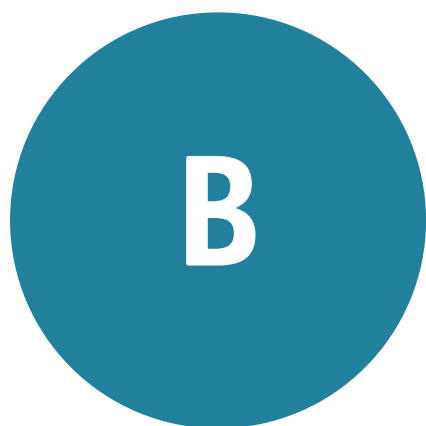


► SITOGRAFIA:

- <https://www.behance.net/gallery/15895771/Il-teatro-in-moto-di-Maurizio-Sacripanti>
(*Ridisegno critico del progetto di concorso per il teatro lirico di Cagliari di Maurizio Sacripanti*)
- <https://www.youtube.com/watch?v=-6u3qoIkeaw>
(*Video illustrativo del progetto di concorso per il teatro lirico di Cagliari di Maurizio Sacripanti*)
- <https://vimeo.com/58188059>
(*Video illustrativo del progetto di concorso per il teatro lirico di Cagliari di Maurizio Sacripanti*)

► ALTRE FONTI:

- A. Vasta, L'ARCHITETTURA DEL TEATRO NELLA SOCIETA' DELLO SPETTACOLO DEL NOVECENTO
(*Tesi di dottorato presso l'università degli Studi "Federico II" di Napoli*)



INFRASTRUTTURE

relazione introduttiva

B

Seppure operanti su una configurazione di Masterplan provvisoria e certamente da ripensare almeno per quanto riguarda il tessuto edificato, si è comunque voluto approfondire alcuni aspetti riguardanti l'infrastrutturazione dell'area interessata, che se da un lato attengono, per le loro specificità al campo delle infrastrutture ingegneristicamente intese, dall'altro ricoprono un ruolo fondamentale nella definizione di alcuni comparti chiave del Masterplan.

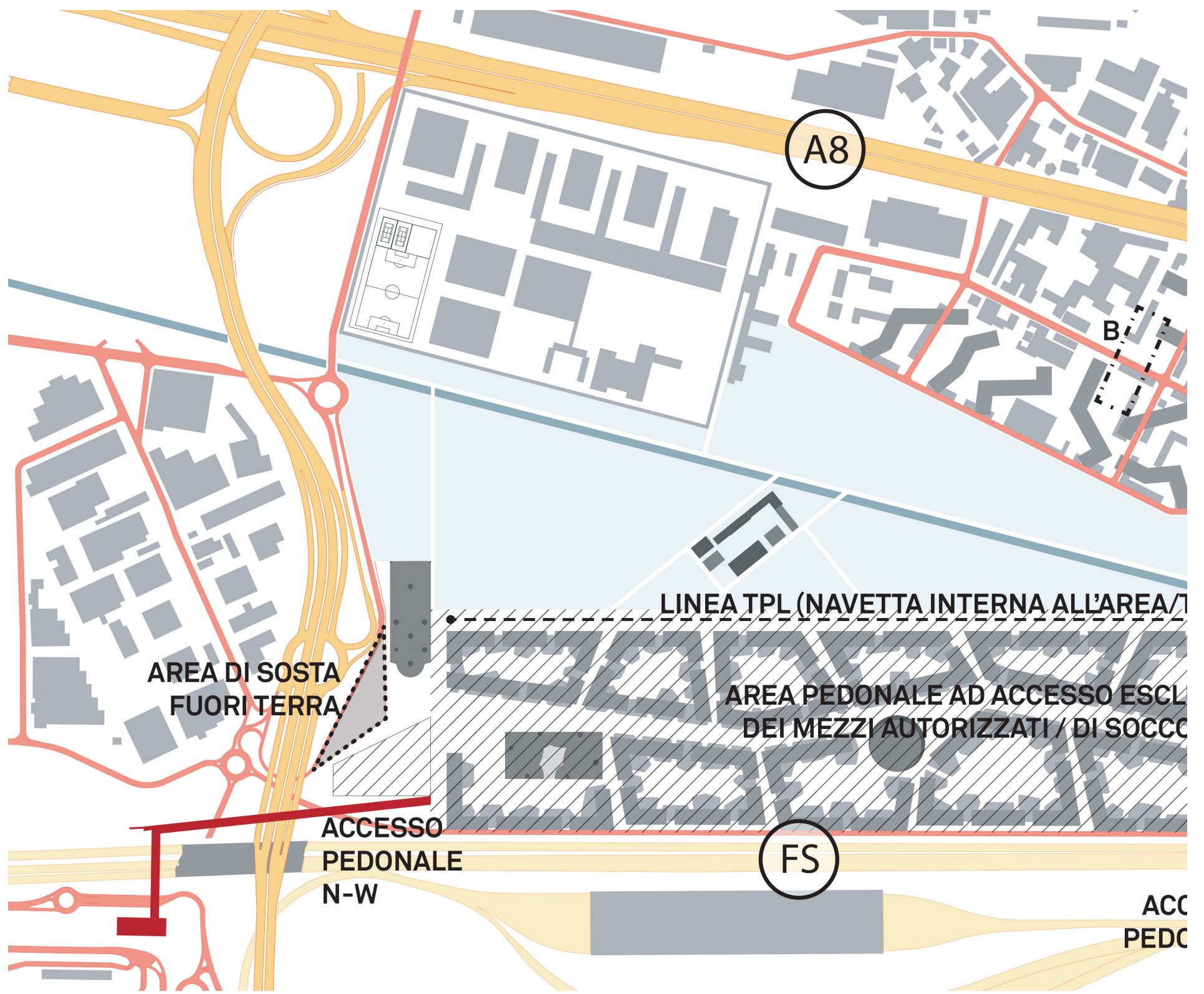
Lo studio di tali porzioni si è pertanto configurato come un tentativo di coniugare le esigenze viabilistiche, di flussi, di scambi con l'esterno e le prerogative interne al progetto per l'area ex-Expo.

Ciò ha portato alla definizione di tre situazioni stradali, che potremmo definire di margine; alla definizione dell'area significativa che ospita il parcheggio interrato multipiano nel comparto di accesso all'area da est e infine alla definizione dell'area carrabile nei pressi del nostro progetto del teatro, in particolare connessa al tema del carico/scarico merci e della possibilità di far interagire quest'ultima con il resto dell'edificio.

B

INFRASTRUTTURE

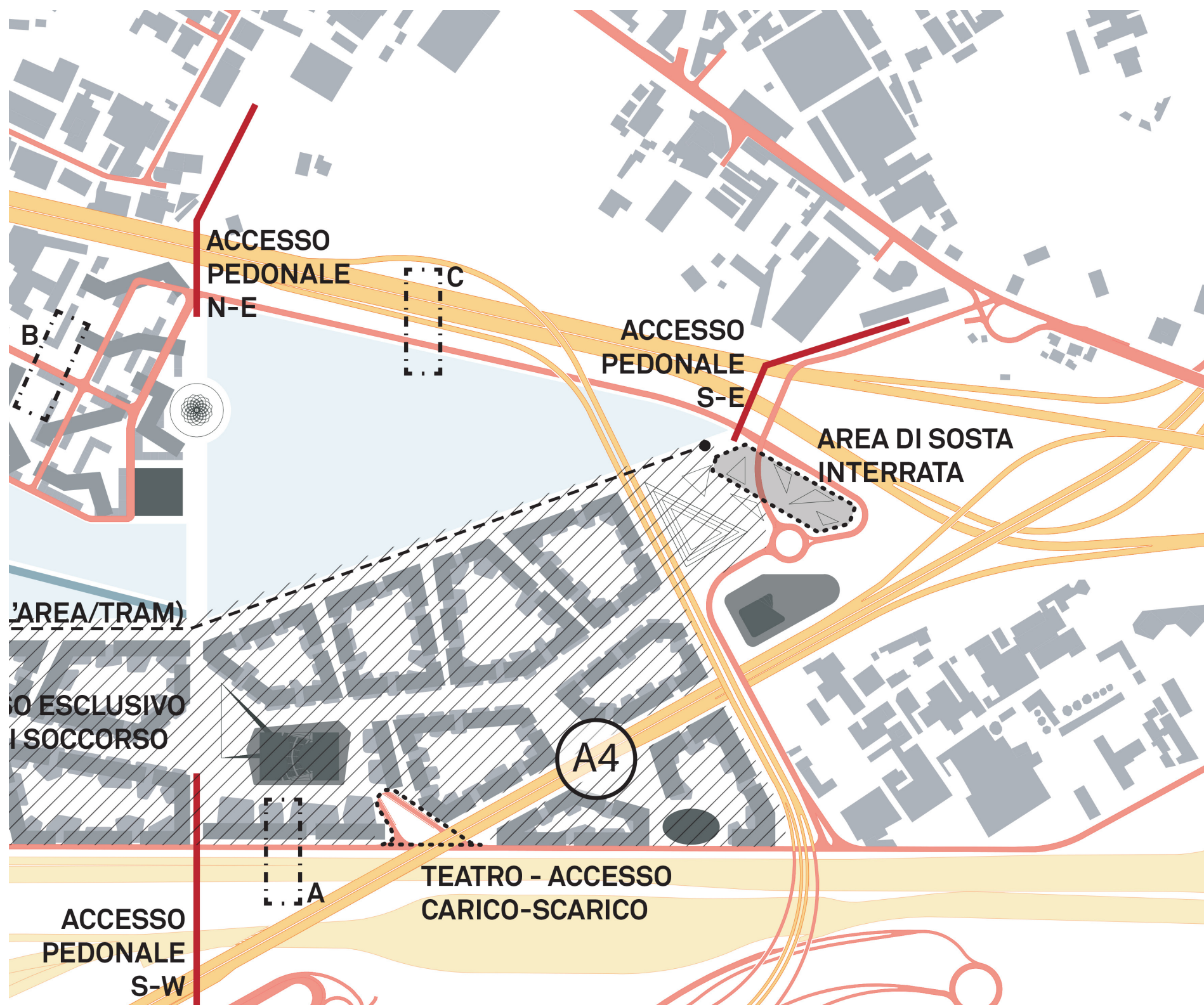
planimetria generale



INFRASTRUTTURE

planimetria generale

B



SEZIONE A - viabilità di bordo:

strada di progetto di tipo E (di quartiere), a una corsia per senso di marcia con limite di velocità max. 50km/h Rappresenta la spina per la mobilità carrabile all'interno dell'area, studiata per poter distribuire i flussi alla parte edificata della stessa, garantendo accessi carrabili a raso o interrati nei macroisolati e quindi assicurando la possibilità, in particolare, del carico/scarico merci. La parte interna dell'area, a esclusione della linea di trasporto pubblico in progetto, è pensata come zona pedonale, con possibilità di passaggio per i mezzi di emergenza. Sul margine sinistro della carreggiata sono previsti stalli di parcheggio a sina di pesce, mentre sul margine destro avvengono gli eventuali ingressi nelle aree edificate, come nell'isolato del Teatro in progetto, dove è stata disegnata la rampa di accesso ai mezzi.

SEZIONE B - viabilità interna:

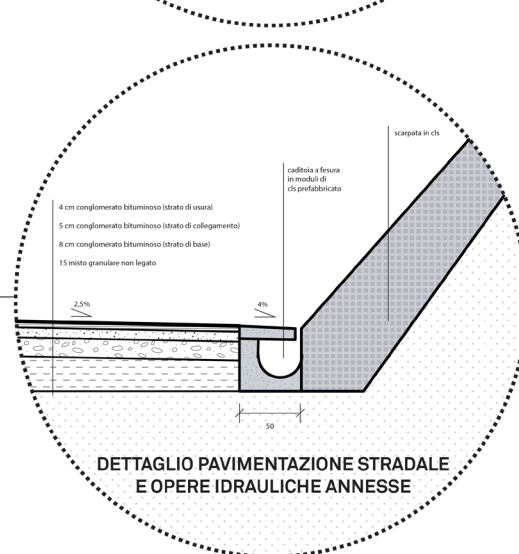
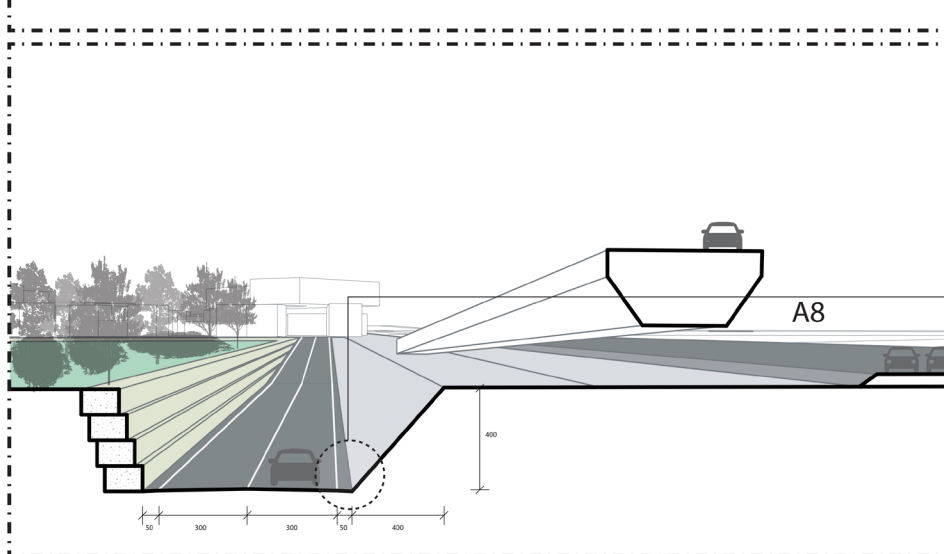
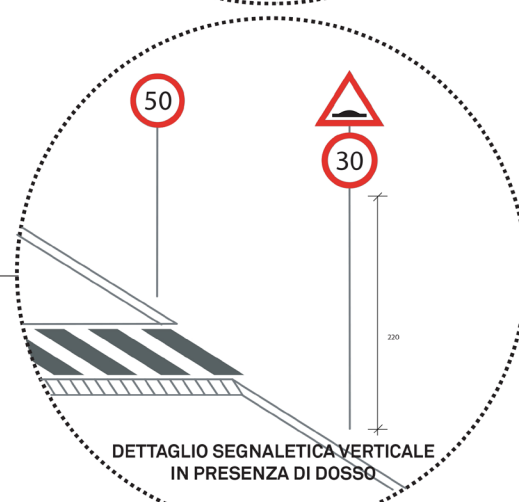
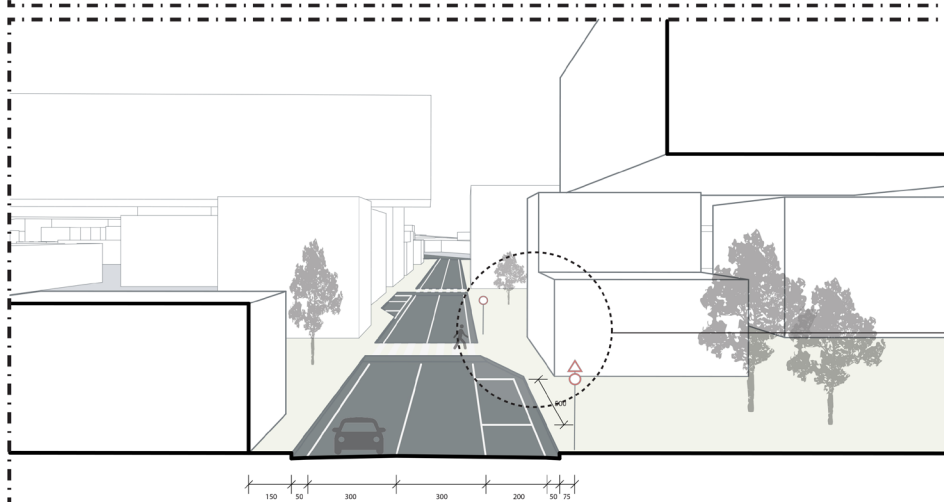
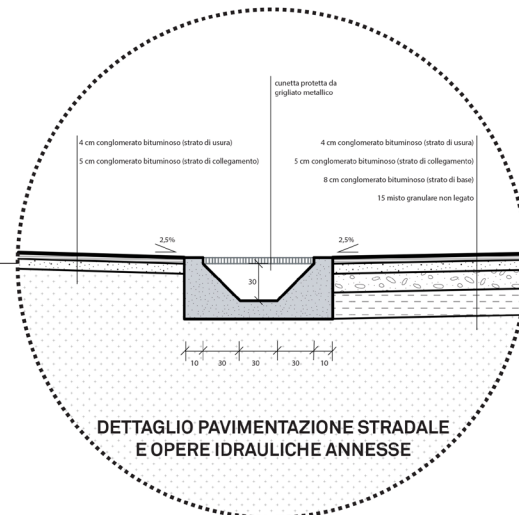
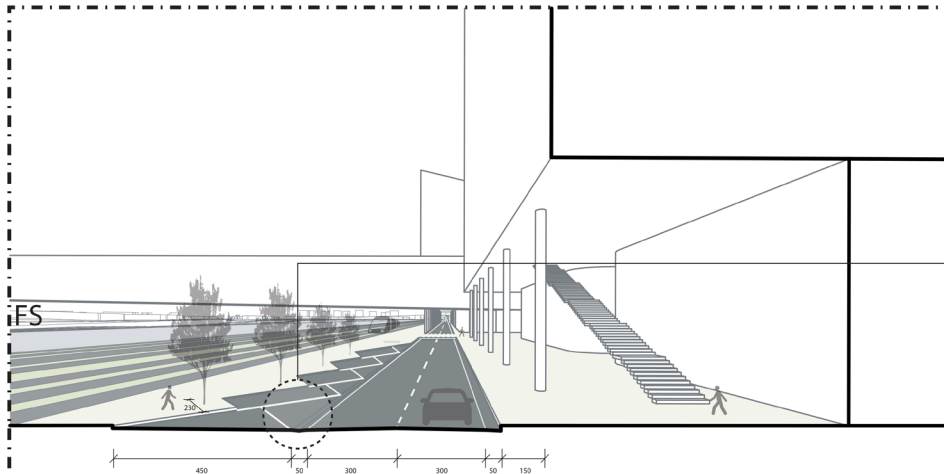
strada di progetto di tipo E (di quartiere), a una corsia per senso di marcia con limite di velocità max. 50km/h L'integrazione di una parte di edificato preesistente con elementi del progetto nell'area più a nord del sito ha portato alla ridefinizione dei tracciati di quella porzione. Si è ragionato su una morfologia stradale che permettesse il passaggio di veicoli atti al trasporto di merci (date le attività presenti in questo tessuto edilizio) garantendo nel frattempo completa fruibilità del suolo da parte dei pedoni. In questo disegno è stata prevista un'organizzazione di parcheggi in linea su un solo margine della carreggiata (mai contemporaneamente su ambo i lati), provvedendo a rialzare leggermente (10cm) la quota di camminamento pedonale, così da creare dei dossi di rallentamento in prossimità degli attraversamenti, specificando anche la segnaletica relativa alla velocità massima.

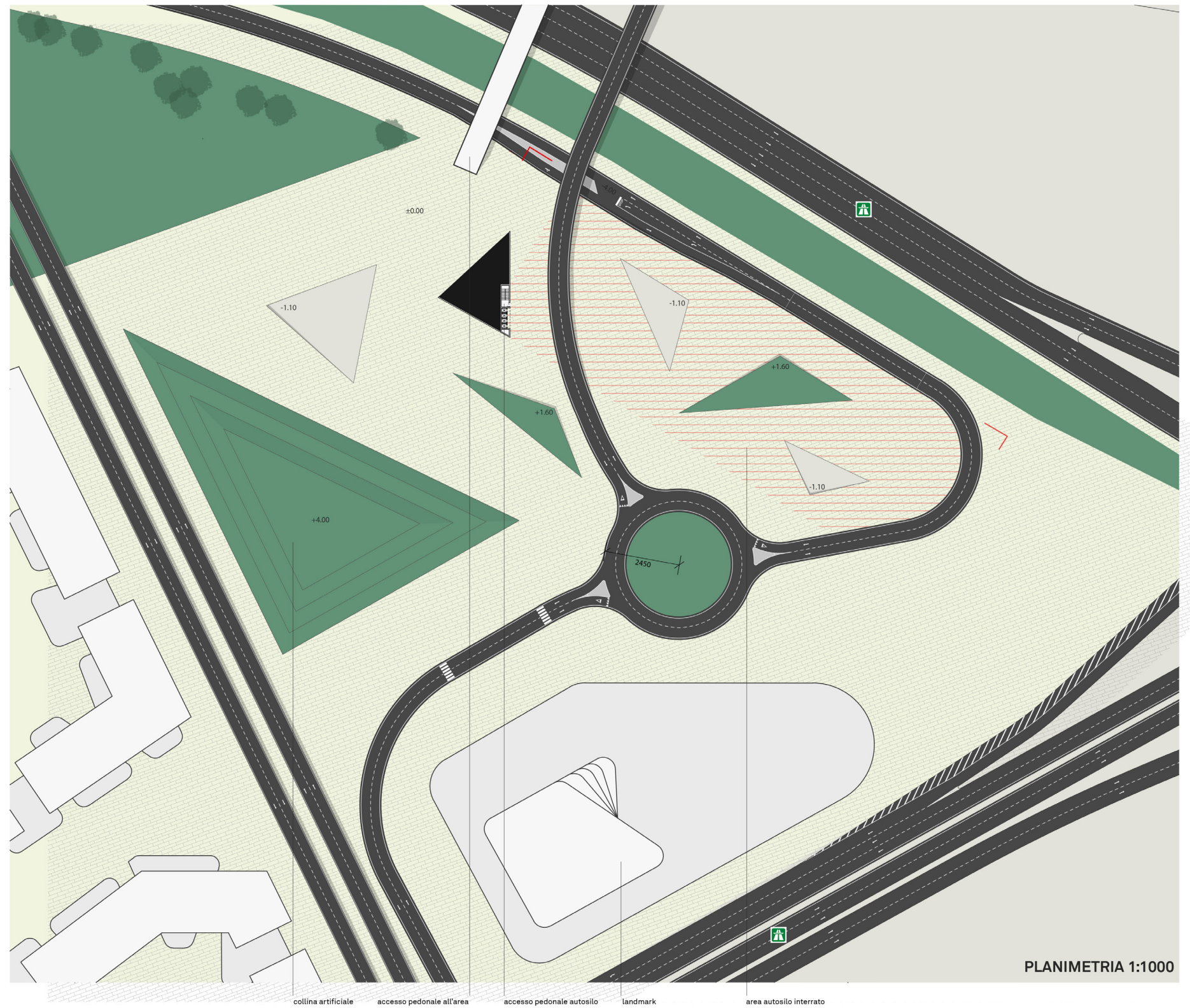
SEZIONE B - viabilità di bordo:

strada di progetto di tipo E (di quartiere), a una corsia per senso di marcia con limite di velocità max. 50km/h Un ulteriore ragionamento è stato fatto per quanto riguarda una parte del tracciato di bordo nel margine nord-est dell'area, in cui i due macrosistemi che si confrontano sono il parco interno al sito e l'autostrada A8 appena al di là. Si è pensato a un tracciato in trincea della strada di servizio all'area, ribassandola di 4m rispetto alla quota di campagna, differenziando i due rilevati laterali venutisi a creare (in lastre di cemento verso l'autostrada e in gabbioni contenenti ghiaia verso il parco). Da questo tratto di strada interrato si dirama, in prossimità dell'accesso SUD-EST all'area, l'ingresso all'autosilo interrato, in modo da impegnare con il traffico carrabile il minor spazio possibile in superficie, lasciato prevalentemente tutto pedonale.

INFRASTRUTTURE

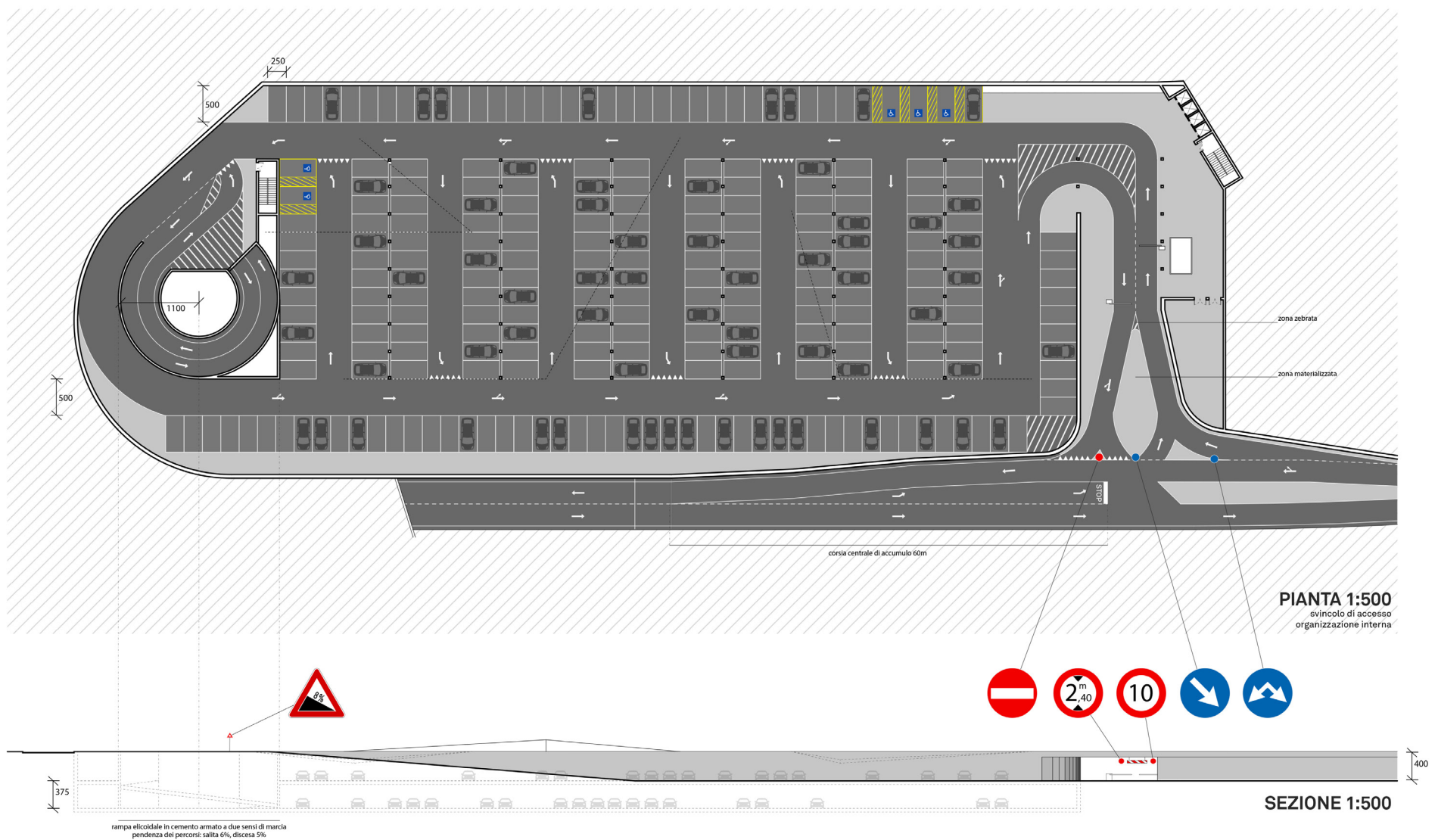
studio di dettaglio della viabilità

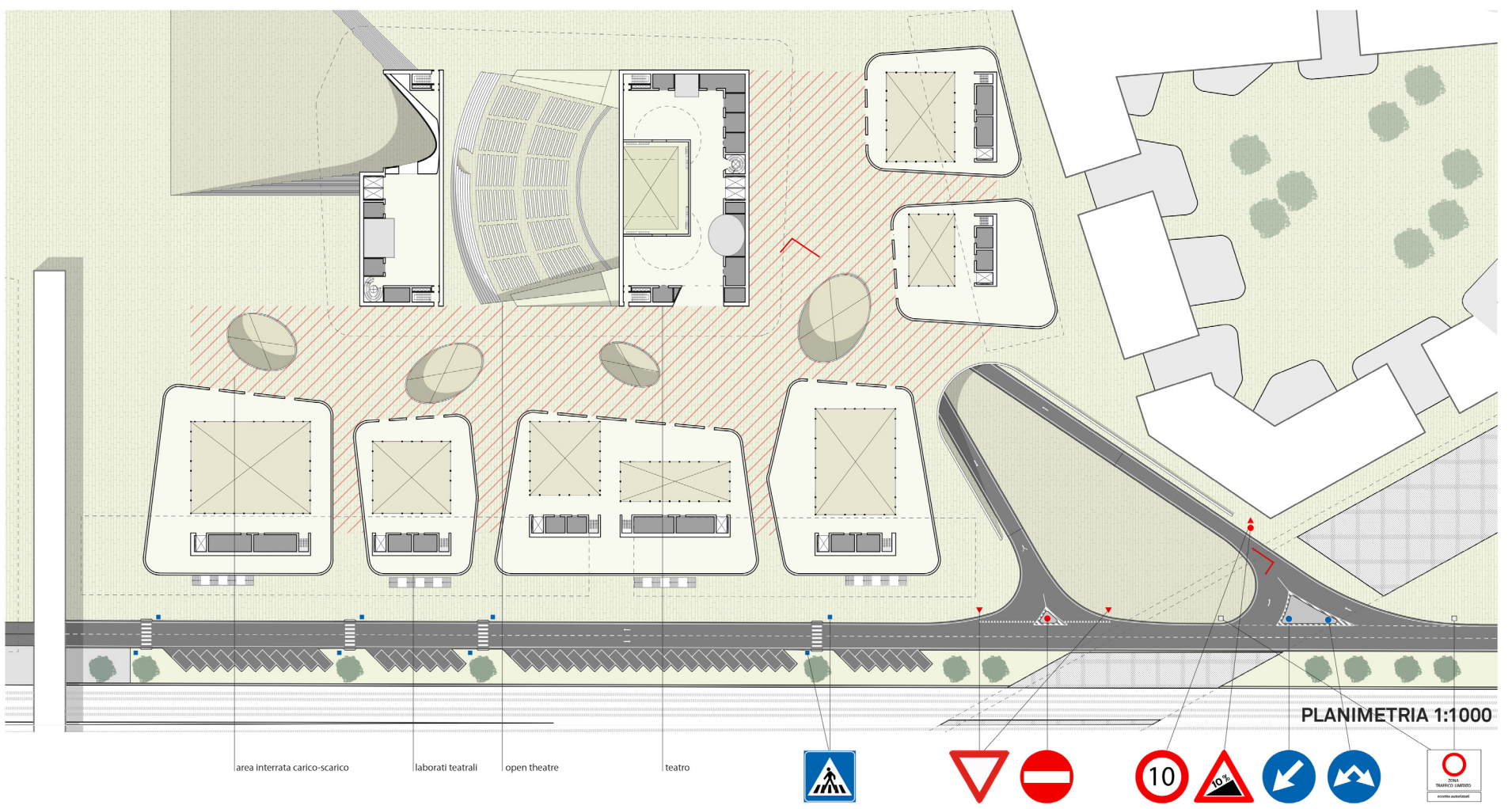




INFRASTRUTTURE

studio di dettaglio dell'area di sosta - pianta e sezione

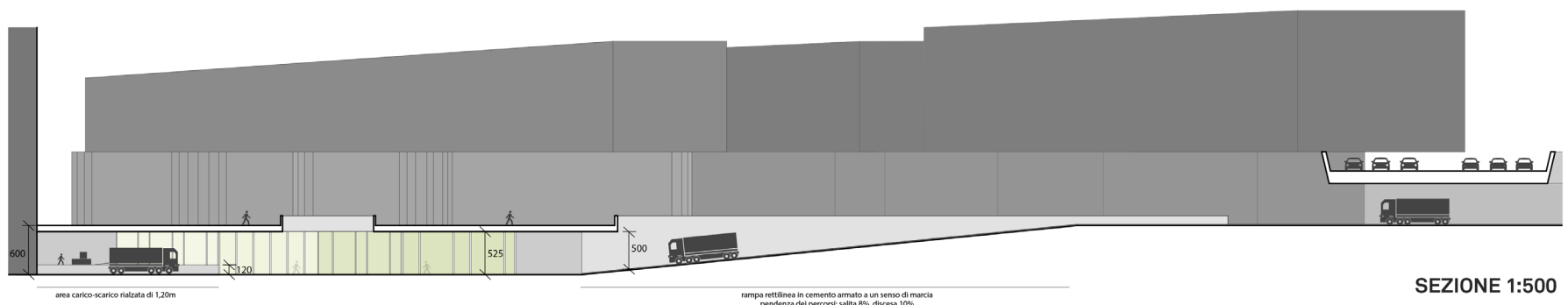
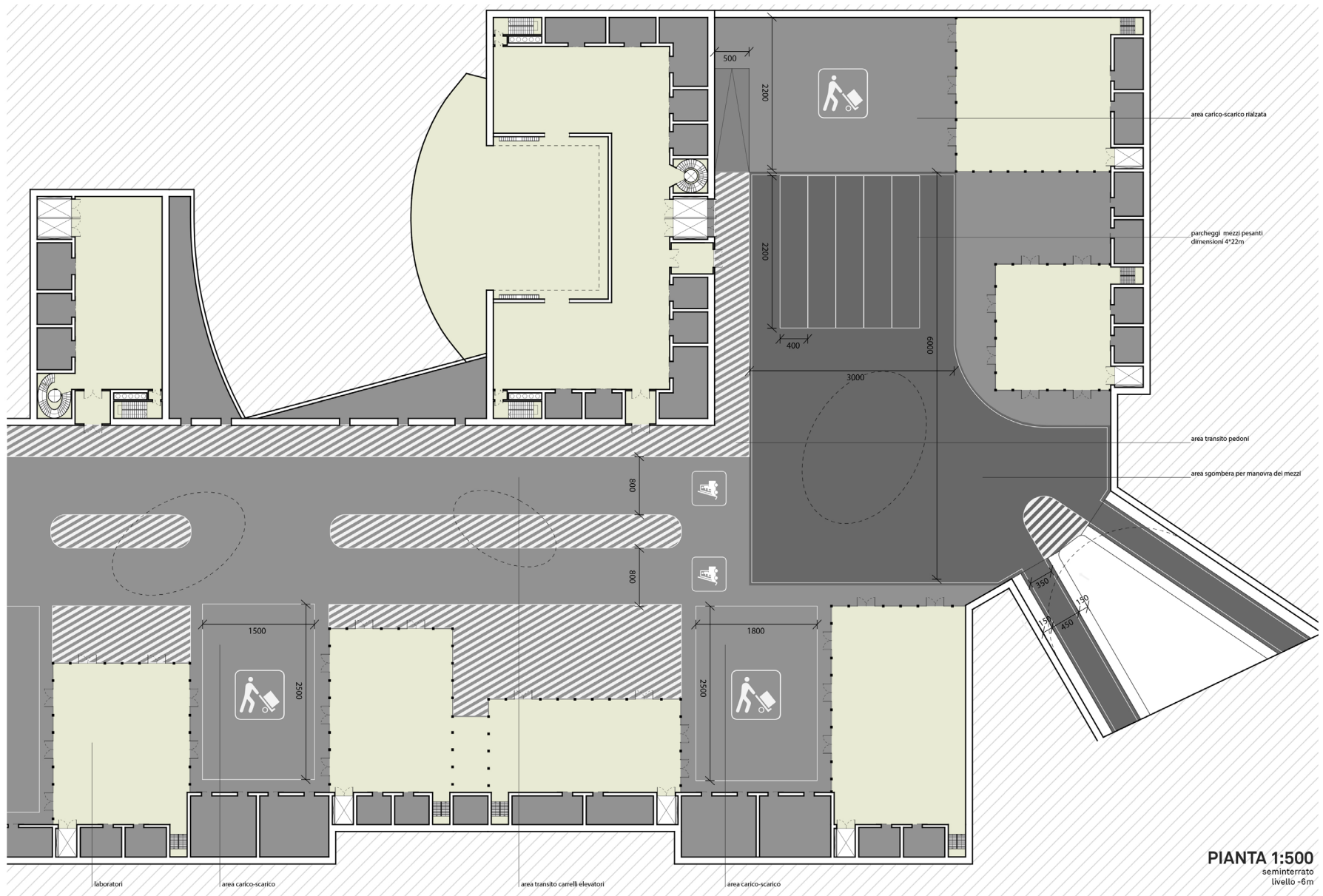


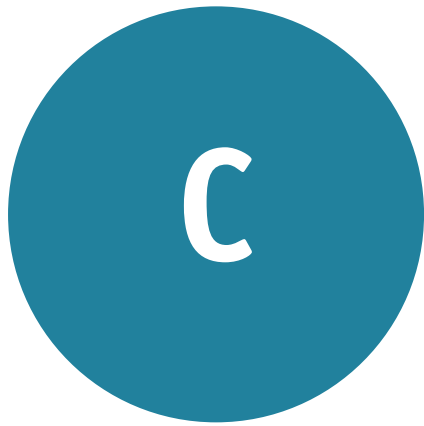


INFRASTRUTTURE

studio di dettaglio dell'area di ingresso al teatro - pianta e sezione

B





STRUTTURE

relazione introduttiva



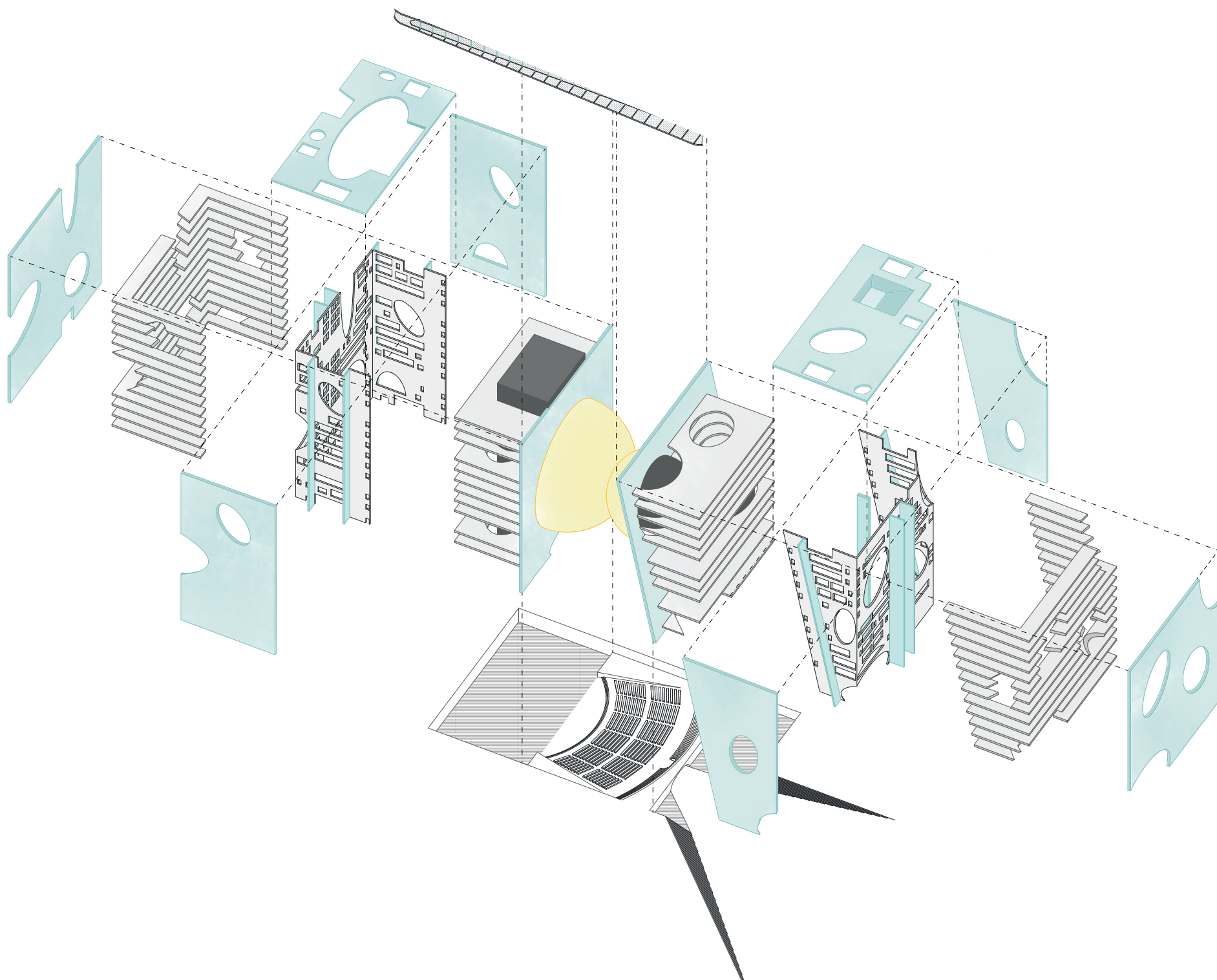
L'approccio allo studio della struttura del nostro edificio è stato da subito fondamentalmente caratterizzato da tre canali principali di lavoro: le sale semisferiche sospese, i volumi monolitici di cls, la pelle.

Per quanto riguarda i volumi, viste le luci molto variabili e le geometrie a volte irregolari dovute alle forature a scala dell'intero edificio, si è deciso di operare con lastre e piastre di cls precompresso alleggerito. Per quanto riguarda il dimensionamento, si è considerato un setto interno di irrigidimento approssimandolo alla situazione di pilastro.

Per quanto riguarda le sale semisferiche sospese, si è da subito ricorso a un sezionamento della sfera in maniera perpendicolare alla proiezione verticale, escludendo la possibilità radiocentrica delle sezioni stesse. Come struttura primaria quindi è stato elaborato un arco in acciaio, che raccoglie in sé i temi della trave reticolare curva, del modello Vierendeel e dei vincoli di un arco a doppia cerniera.

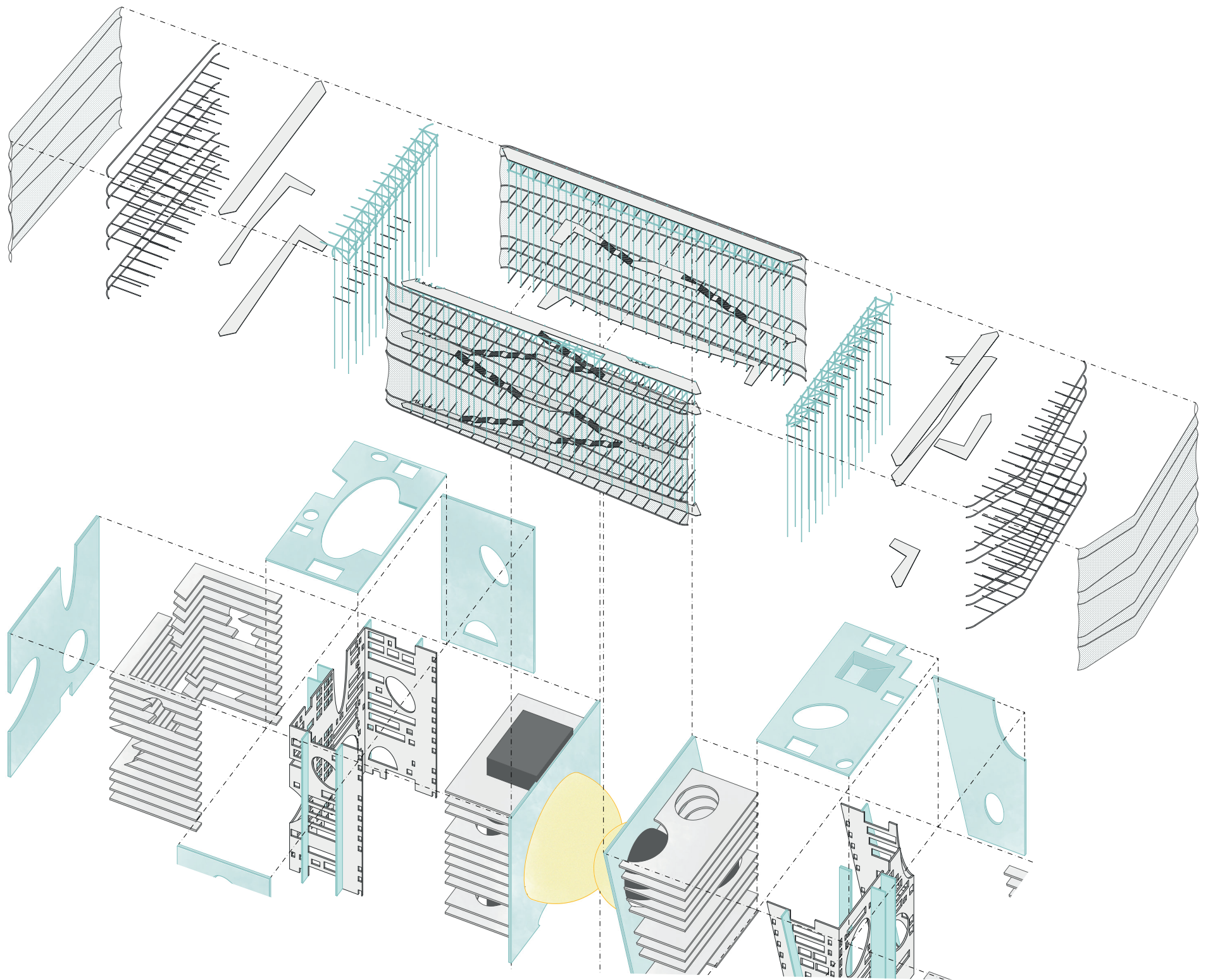
Per la modellazione e il calcolo di quest'ultimo si è fatto affidamento al programma SAP2000, verificando poi manualmente alcuni dati.

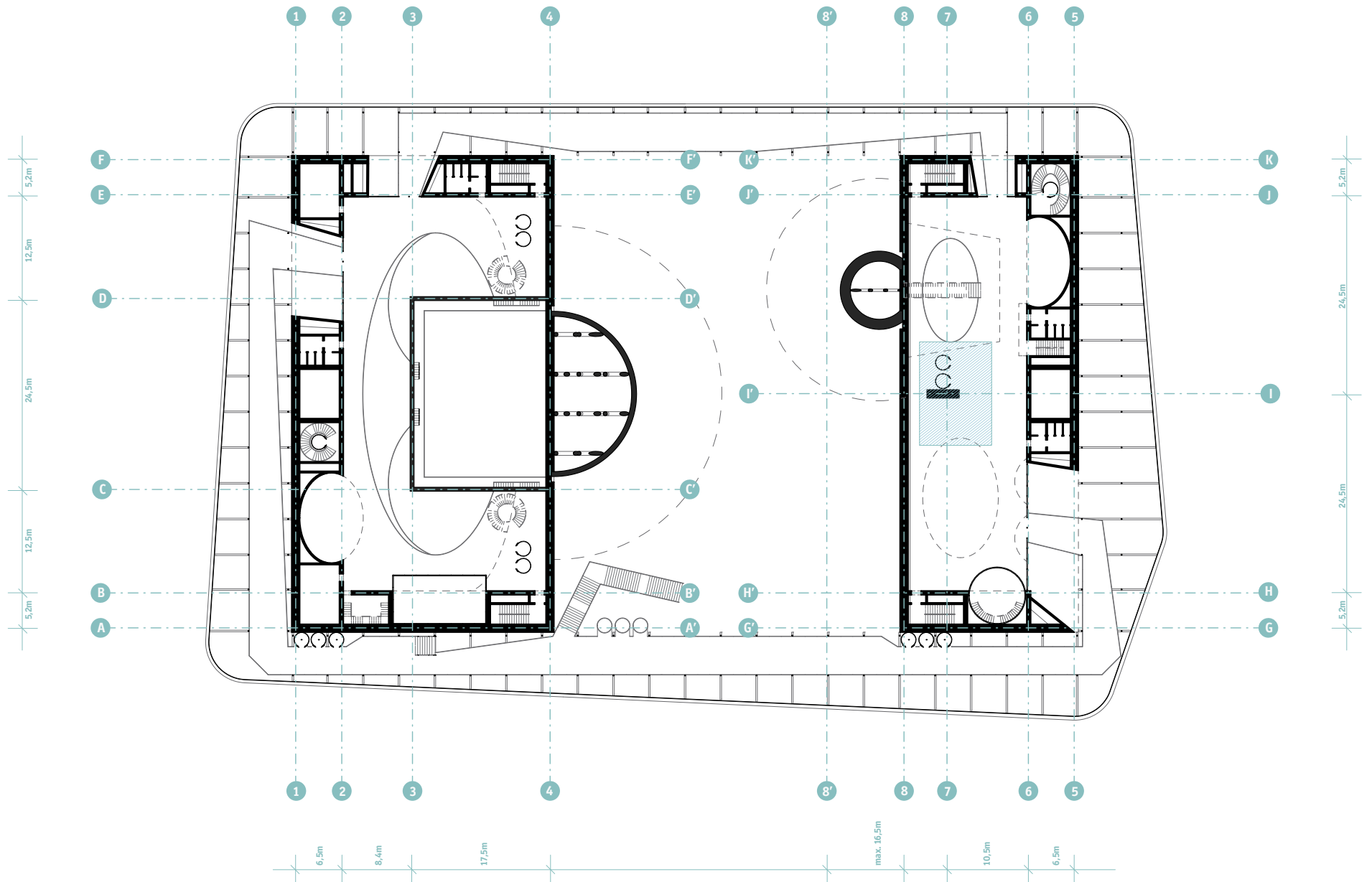
esploso assometrico della struttura complessiva



STRUTTURE

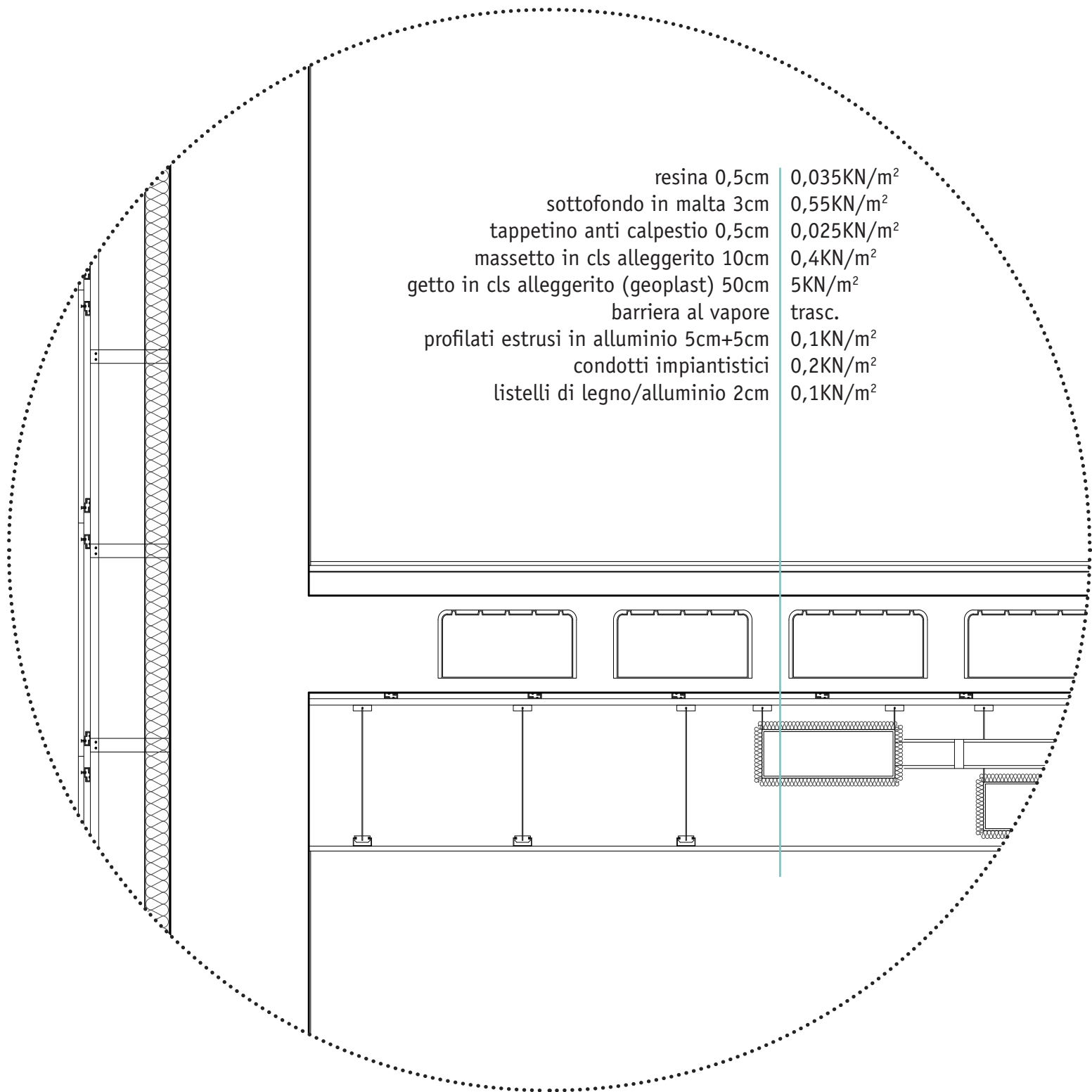
esploso assometrico della struttura complessiva





STRUTTURE

analisi dei carichi della soletta tipo nei volumi contenenti le scene





STRUTTURE

dimensionamento e verifica elemento verticale

$$\begin{aligned} \text{PERMANENTI} &= 6,4 \text{KN/m}^2 \\ \text{ACCIDENTALI} &= 4 \text{KN/m}^2 \\ \text{TOT } 1\text{m}^2 \text{ solaio} &= 10,4 \text{KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{solaio}} &= 1350 \text{m}^2 \\ P_{\text{solaio}} &= 14.040 \text{KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{CALCESTRUZZO} \\ f_{\text{cd}} &= \alpha_{\text{cc}} \cdot f_{\text{ck}} / \gamma_{\text{c}} = 28,3 \text{MPa} \\ (\gamma_{\text{c}} &= 1,5; \alpha_{\text{cc}} = 0,85; f_{\text{ck}} = 60 \text{MPa}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PERMANENTI} &= 6,7 \text{KN/m}^2 \\ \text{ACCIDENTALI} &= 2 \text{KN/m}^2 \\ \text{TOT } 1\text{m}^2 \text{ copertura} &= 8,7 \text{KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{copertura}} &= 180 \text{m}^2 \\ P_{\text{copertura}} &= 1.560 \text{KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{ACCIAIO} \\ f_{\text{yd}} &= f_{\text{yk}} / \gamma_{\text{s}} = 391,3 \text{MPa} \\ (\gamma_{\text{s}} &= 1,15; f_{\text{yk}} = 450 \text{MPa}) \end{aligned}$$

$$N_{\text{TOT}} = 14.600 \text{KN/m}^2$$

► PROGETTO SEZIONE:

CALCESTRUZZO

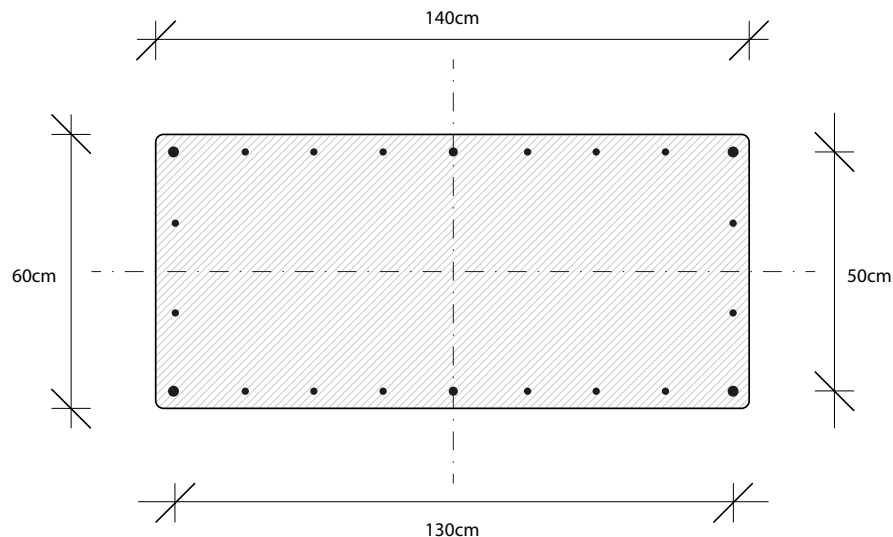
$$A_{\text{c,nec}} = 0,85 \cdot (N_{\text{sd}} / \alpha \cdot f_{\text{cd}}) = 0,85 \cdot (N_{\text{sd}} / \alpha \cdot f_{\text{cd}} / 1,25)_{\text{per sezioni solo compresse}} = 1,06 \cdot (N_{\text{sd}} / \alpha \cdot f_{\text{cd}})$$

$$A_{\text{c,nec}} = 1,06 \cdot (14.600.000 \text{N} / 0,85 \cdot 28,3 \text{N/mm}^2) = 6.434 \text{cm}^2 = 50 \text{cm} \times 130 \text{cm}$$

ACCIAIO

$$A_{\text{s,long}} = 0,15 \cdot (N_{\text{sd}} / f_{\text{yd}}) = 0,14 \cdot (\alpha \cdot f_{\text{cd}} / f_{\text{yd}}) \cdot A_{\text{c,nec}} \quad [A_{\text{s,long}} = 0,6\% \cdot A_{\text{c,eff}}]$$

$$A_{\text{s,long}} = 0,14 \cdot (0,85 \cdot 28,3 \text{N/mm}^2 / 391,3 \text{MPa}) = 643.400 \text{mm}^2 = 56 \text{cm}^2$$



ARMATURA

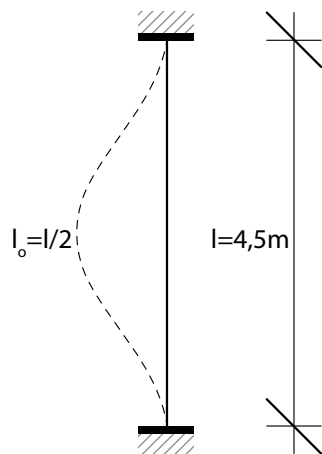
$$4 \varnothing 24\text{mm} = 18,1\text{cm}^2$$

$$2 \varnothing 20\text{mm} = 6,3\text{cm}^2$$

$$16 \varnothing 16\text{mm} = 32,1\text{cm}^2$$

$$\text{TOT} = 56,5\text{cm}^2$$

► VERIFICA INSTABILITÀ:



$$\lambda_{\text{lim}} = l_0 / \sqrt{I_{\text{min}} / A} = 2250\text{mm} / 144,5\text{mm} = 15,6 < 200$$

$$\omega = 1; \beta = \omega N/A = n/A$$

$$\lambda_{\text{lim}} = 15,4 \cdot c / \sqrt{\nu} \quad (\nu = N_{\text{ed}}/A_c \cdot f_{\text{cd}}; c = 0,7)$$

$$\lambda_{\text{lim}} = 15,4 \cdot 0,7 / \sqrt{14.600.00\text{N}/(1300\text{mm} \cdot 500\text{mm} \cdot 28,3)}$$

$$= 10,78 / \sqrt{0,794} = 12,1 < 15,6$$

$$f_{\text{ck}} = 60\text{MPa}$$

$$f_{\text{yk}} = 450\text{MPa}$$

$$\gamma_c = 2$$

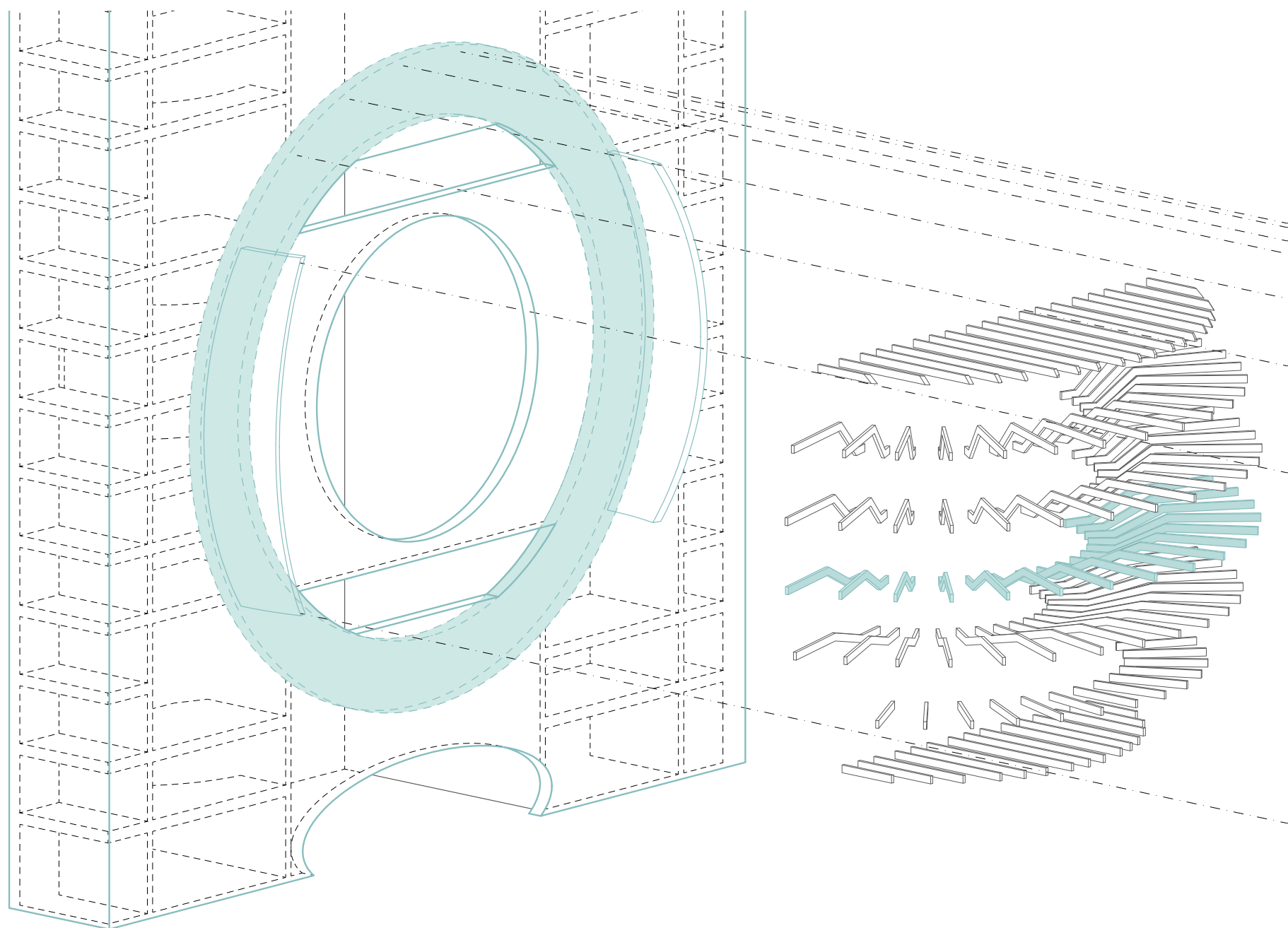
$$N = 14.600\text{KN}$$

*NON VERIFICATA: si procede aumentando la sezione a partire dal piano più caricato fino ad ottenere il valore verificato di **90cm x 130cm***



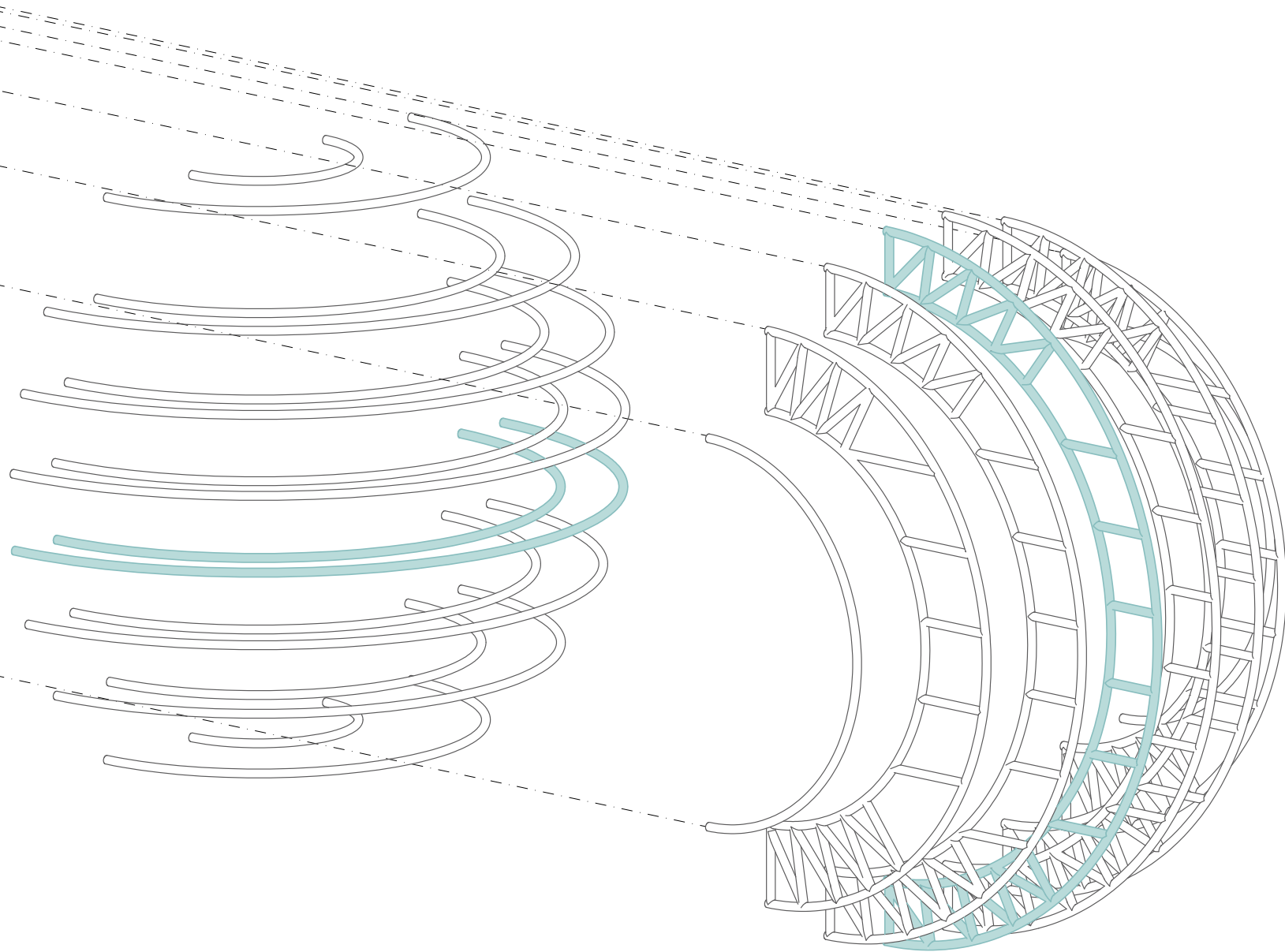
STRUTTURE

esploso assometrico della struttura della semisfera principale

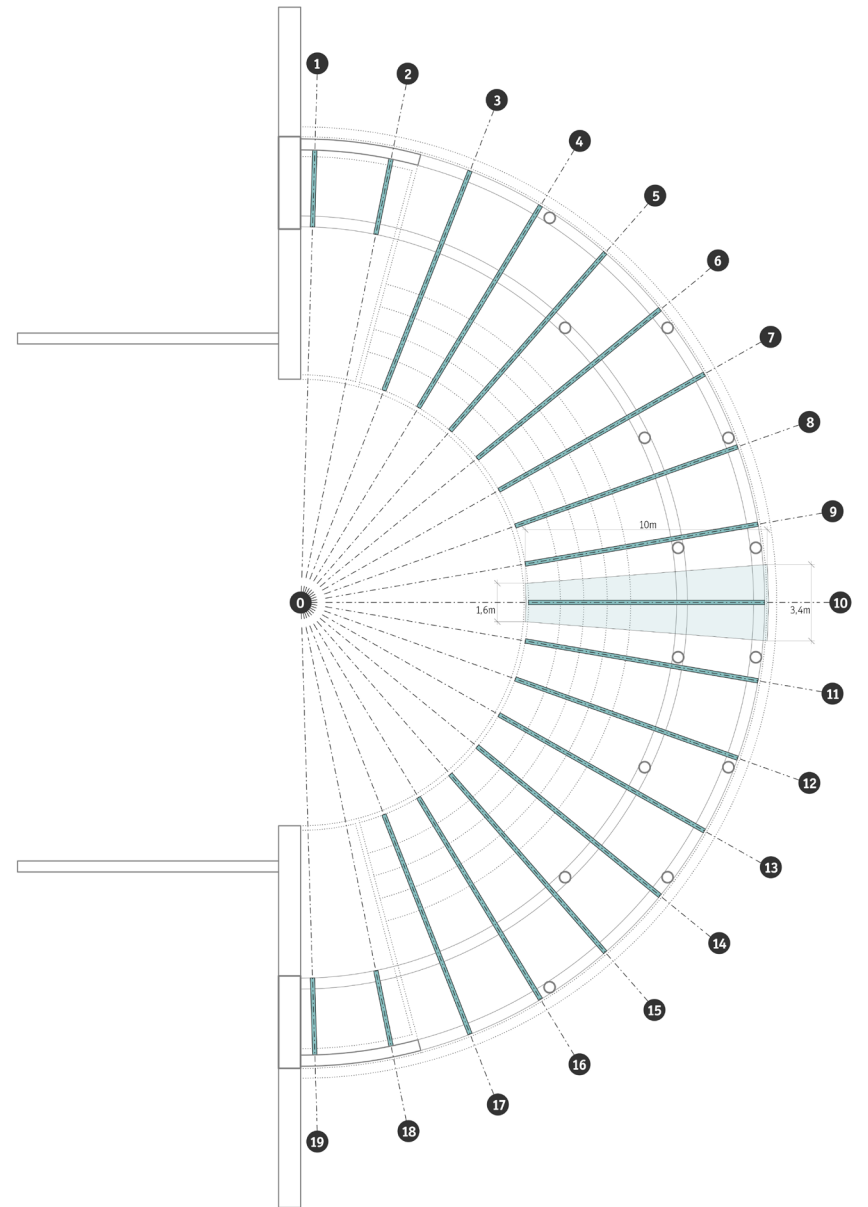
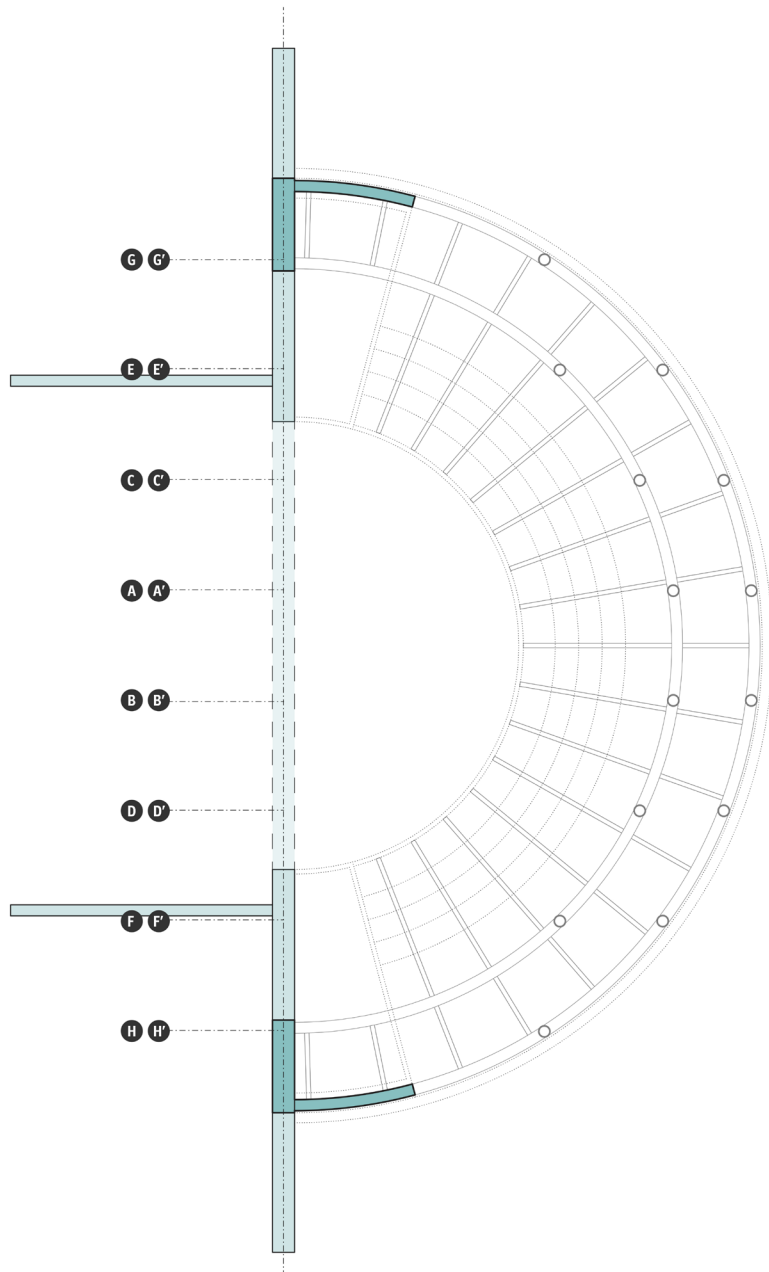


STRUTTURE

esploso assometrico della struttura della semisfera principale

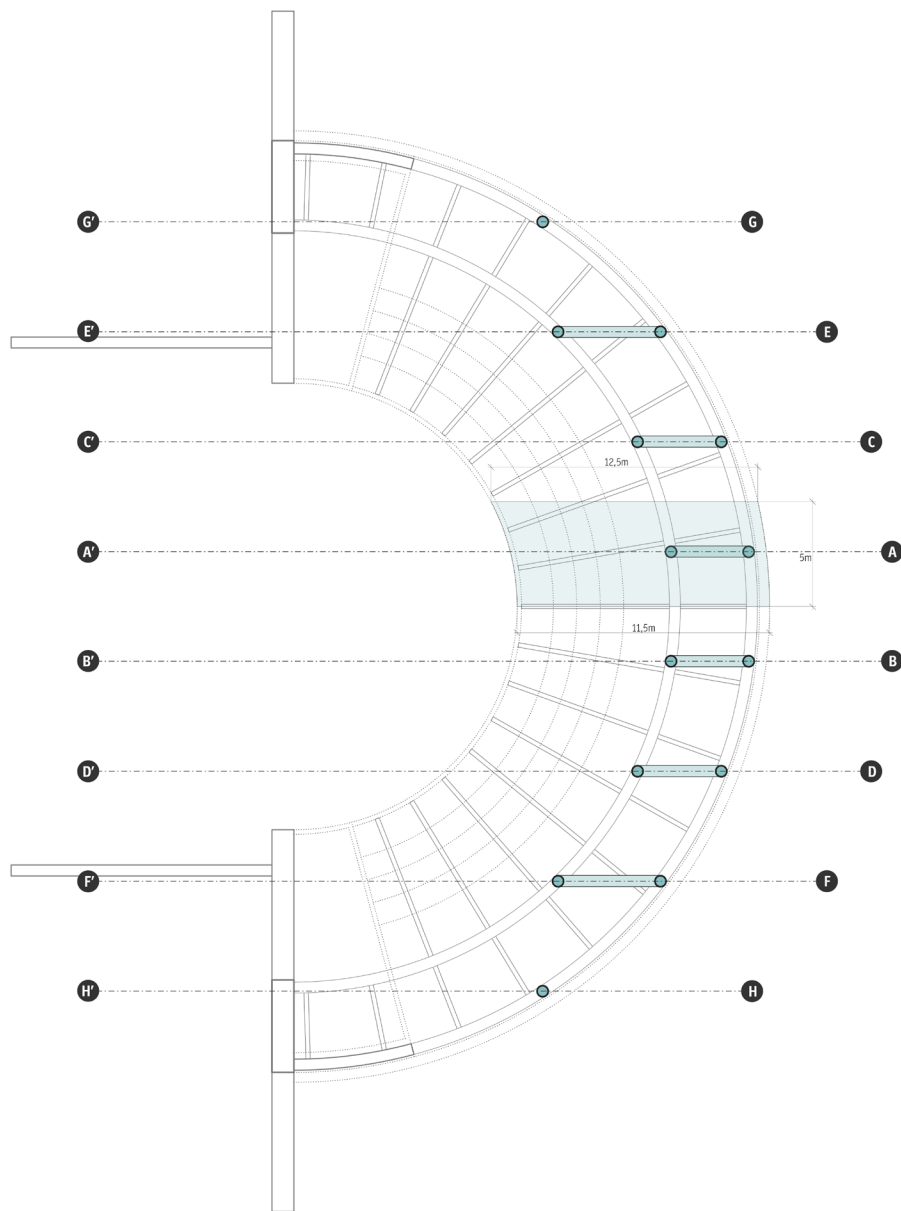
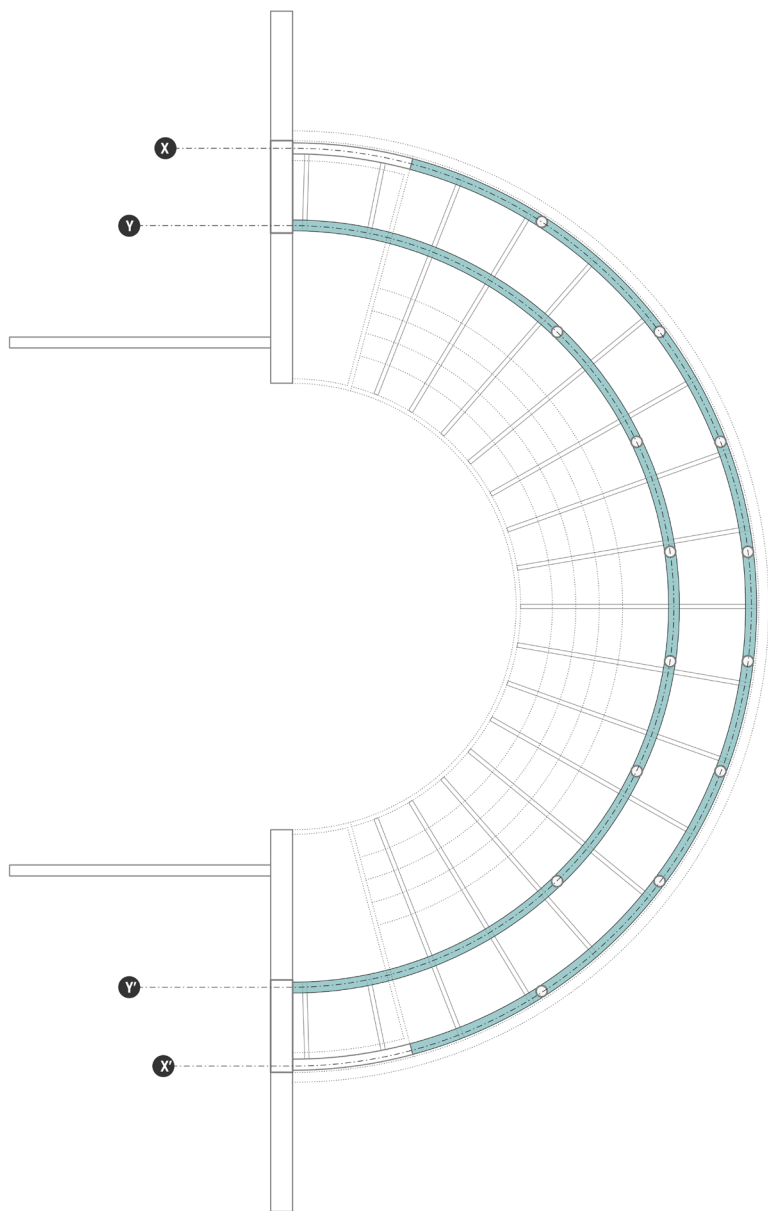


carpenterie tipo fili e picchetti della sala principale

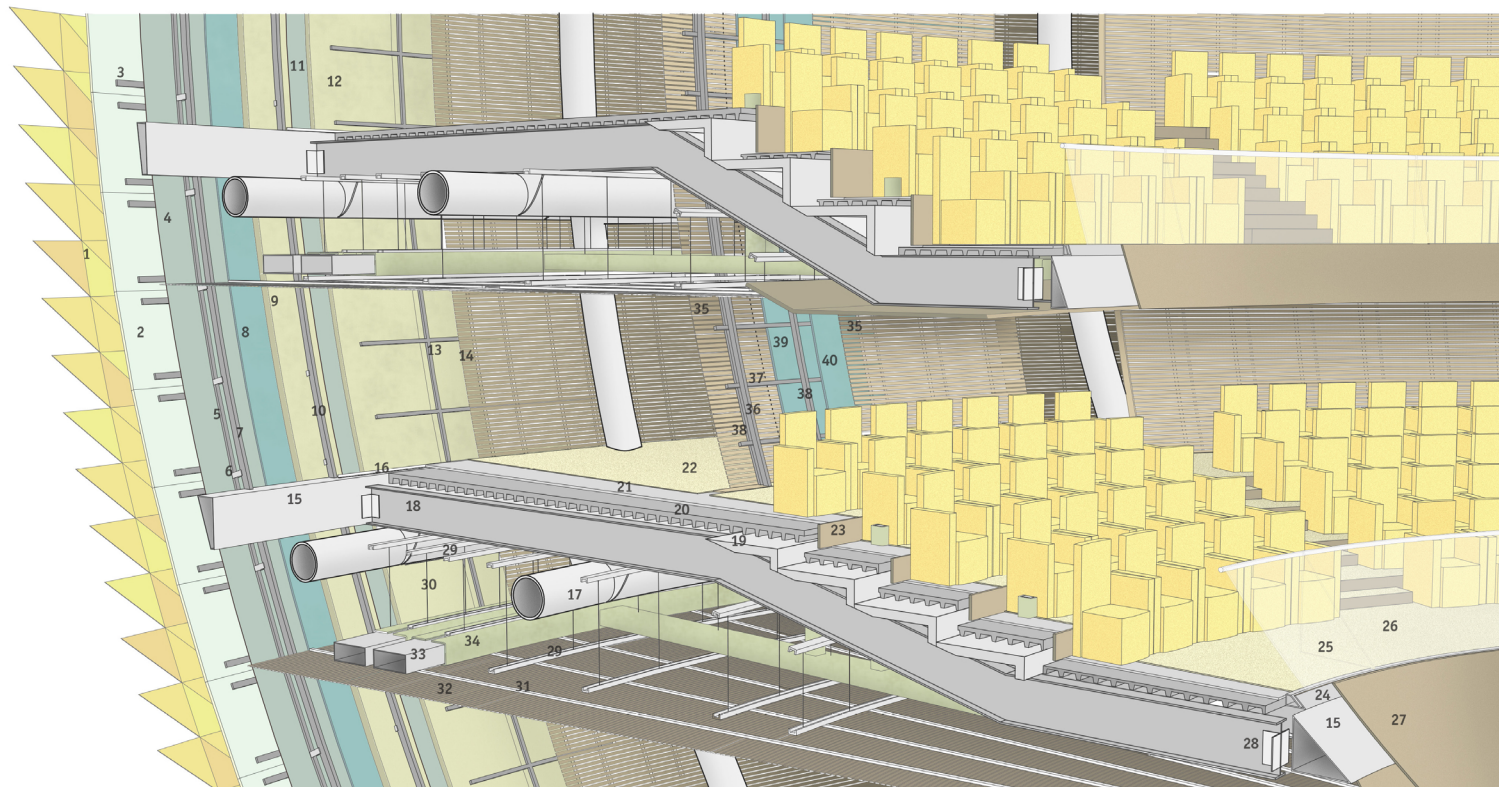


STRUTTURE

carpenterie tipo fili e picchetti della sala principale



analisi dei carichi nella sala principale

**CONTROSOFFITTO:**

- 29 profilo estruso in alluminio ($\varnothing 500mm$)
- 30 pendini in alluminio
- 31 profili in alluminio di sostegno
- 32 listelli di legno (1cm)
- 33 impianti di trattamento aria
- 34 isolamento termico e acustico (5cm)

MEMBRANA ACUSTICA:

- 35 listelli di legno (1cm)
- 36 montante in alluminio (*primario*)
- 37 montante in alluminio
- 38 montante in alluminio (*secondario*)
- 39 isolante acustico (*lana di vetro: 7cm*)
- 40 isolante acustico (*lana di vetro: 5cm*)

SOLETTA:

- 15 scatolare in alluminio
- 16 profilo di chiusura laterale
- 17 travi principali ($\varnothing 500mm$)
- 18 travetti secondari (*IPE500*)
- 19 profili in acciaio sagomati
- 20 lamiera grecata + getto CLS (15cm)
- 21 malta di allettamento (4cm)
- 22 pavimentazione in resina (0,5cm)
- 23 pannelli di chiusura in legno
- 24 profilo estruso in alluminio
- 25 parapetto in vetro
- 26 setti di sostegno in vetro
- 27 rivestimento superficiale in legno
- 28 piastre di giunzione imbullonate

CALOTTA ESTERNA:

- 1 tasselli in ceramica (2cm)
- 2 pannelli in fibra di cemento (4cm)
- 3 profili in alluminio di sostegno
- 4 membrana impermeabile
- 5 montante esterno (*secondario*)
- 6 piastra di giunzione tra montanti
- 7 montante centrale (*primario*)
- 8 isolante acustico (*lana di vetro: 10cm*)
- 9 isolante termico (*lana di roccia: 14cm*)
- 10 montante interno (*secondario*)
- 11 barriera al vapore
- 12 isolante termico (*lana di roccia: 10cm*)
- 13 telaio in alluminio di sostegno
- 14 listelli in legno (1cm)

CARICHI PERMANENTI:

TOT soletta e controsoffitto

$$= 3,5KN/m^2$$

TOT membrana acustica

$$= 0,6KN/m^2$$

TOT calotta esterna

$$= 1,4KN/m^2$$

geometria, vincoli e sezione IPE500:

$$f_{yk} = 355\text{MPa}$$

$$A = 11,550\text{mm}^2$$

$$I_x = 48.200\text{cm}^4$$

$$W_x = 1989\text{cm}^3$$

anima:

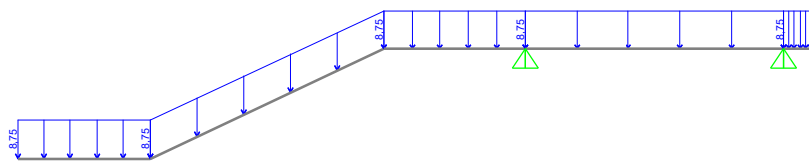
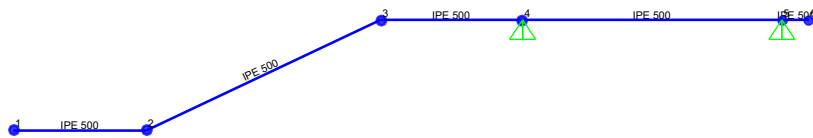
$$c=46,8\text{cm}; t=10,2\text{mm}; c/t=45,88$$

ala:

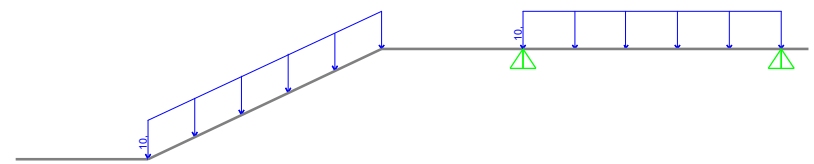
$$c=9,7\text{cm}; t=16\text{mm}; c/t=6,06$$

CLASSE 4 per compressione

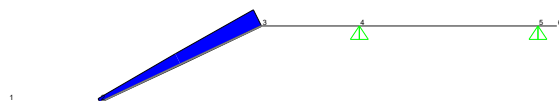
CLASSE 1 per flessione



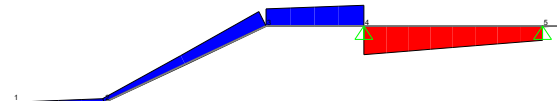
carichi permanenti = $3,5\text{KN/m}^2$



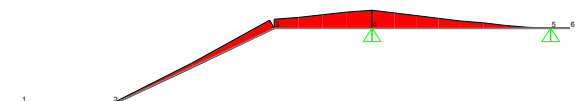
carichi accidentali = 4KN/m^2



$$N_{\max} = 36,8\text{KN}$$



$$V_{\max} = -139,1\text{KN}$$



$$M_{\max} = -371,3\text{KNm}$$



► VERIFICHE A SFORZO:

AZIONE ASSIALE

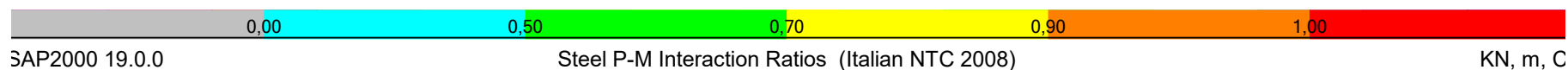
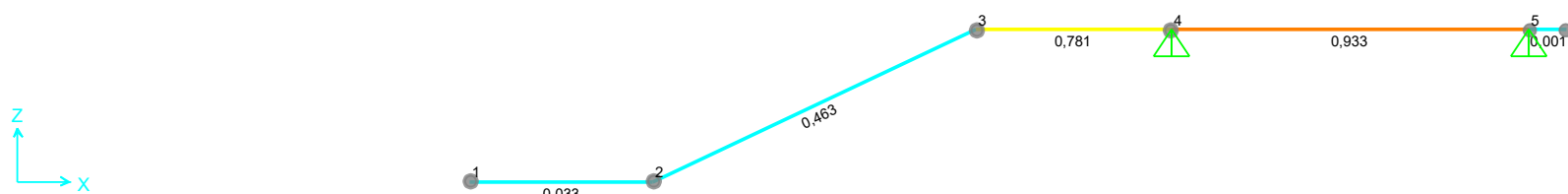
$$N_{Ed} / N_{b,c,Rd} < 1 ; N_{Ed} / (A \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}) = 36,8\text{KN} / 11550\text{mm}^2 \cdot 355\text{KN/mm}^2 / 1,05 =$$
$$36,8\text{KN} / 3900\text{KN} < 1$$

FLESSIONE SEMPLICE

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} < 1 ; N_{Ed} / (W_{\text{eff min}} \cdot f_{yk} / \gamma_{M0}) = -371,3\text{KNm} / 1928000\text{mm}^2 \cdot 355\text{KN/mm}^2 / 1,05 =$$
$$-371,3\text{KNm} / 6,52 \cdot 10^5\text{KNm} < 1$$

TAGLIO

$$V_{Ed} / V_{c,Rd} < 1 ; V_{Ed} / (A_v \cdot f_{yk} / \sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}) = -139,1\text{KN} / ((A - 2btf + (tw+2r)tf) \cdot f_{yk} / \sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}) =$$
$$-139,1\text{KN} / 2.023\text{KN} < 1$$



► VERIFICHE A DEFORMAZIONE:

ABBASSAMENTO

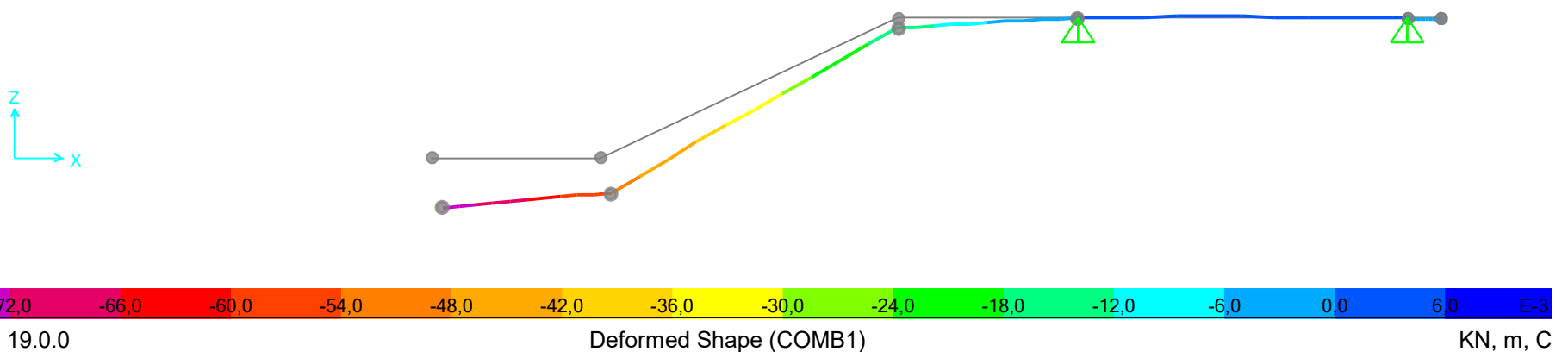
$$\bar{\delta}_{TOT} = \bar{\delta}_1 + \bar{\delta}_2 = 52,5\text{mm} + 24,5\text{mm} = 77\text{mm}$$

$$\bar{\delta}_1 = \bar{\delta}_{max} / 2L < 1/250; 77\text{mm}/7000\text{mm} \cdot 2 = \mathbf{0,0055} > \mathbf{0,004} \text{ NON VERIFICATA}$$

$$\bar{\delta}_2 / 2L < 1/350; 24,5\text{mm}/7000\text{mm} \cdot 2 = \mathbf{0,0018} < \mathbf{0,0028} \text{ VERIFICATA}$$

Si può procedere con questa sezione prevedendo una contromonta iniziale che compensi $\bar{\delta}_1$

$$\text{se } \bar{\delta}_c = 5,5\text{cm}, \text{ allora } \bar{\delta}_{TOT} = \bar{\delta}_1 + \bar{\delta}_2 - \bar{\delta}_c = 2,4\text{cm} \text{ VERIFICATA}$$





► CONFIGURAZIONE DI CARICO:

CARICHI DISTRIBUITI SU ENTRAMBI I CORRENTI:

PERMANENTI

$$\text{TOT}_{\text{soletta e controsoffitto}} = 3,5\text{KN/m}^2$$

$$\text{TOT}_{\text{membrana acustica}} = 0,6\text{KN/m}^2$$

$$\text{TOT}_{\text{calotta esterna}} = 1,4\text{KN/m}^2$$

ACCIDENTALI

$$\text{TOT}_{\text{accidentali}} = 4\text{KN/m}^2$$

area di influenza = 61m^2
di cui 49m^2 su corrente interno
di cui 12m^2 su corrente esterno

CARICHI CONCENTRATI SU ENTRAMBI I CORRENTI:

PERMANENTI

$$\text{TOT}_{\text{trave principale}} = 1,5\text{KN/m}^2$$

tratto portato = 5m

$$\text{TOT}_{\text{calotta esterna}} = 7,5\text{KN}$$

CARICHI CONCENTRATI SUL CORRENTE ESTERNO:

PERMANENTI

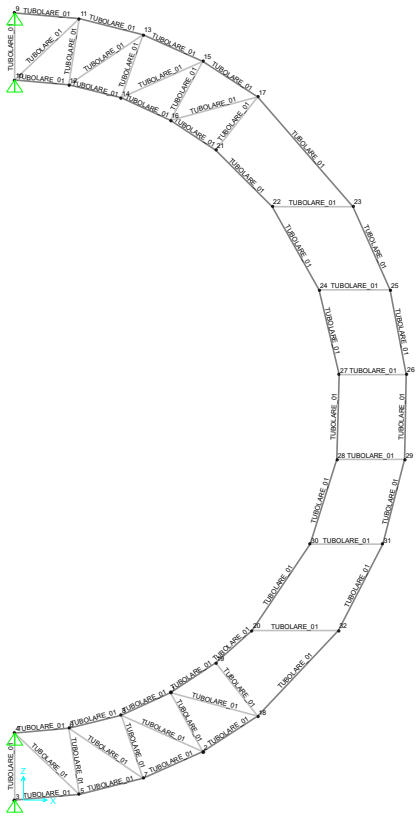
$$\text{TOT}_{\text{calotta esterna}} = 1,4\text{KN/m}^2$$

area di influenza = 23m^2

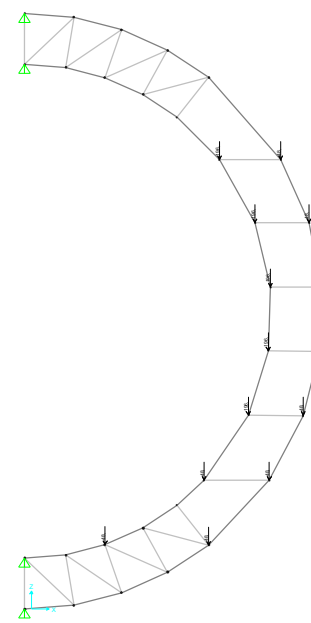
$$\text{TOT}_{\text{calotta esterna}} = 32\text{KN}$$

ACCIDENTALI

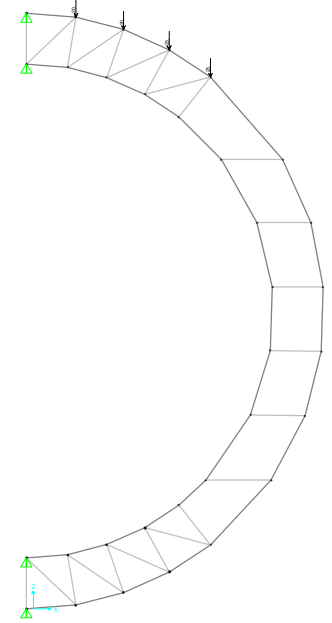
$$\text{TOT}_{\text{carico da neve}} = 20-23\text{KN}$$



configurazioni di carico:



accidentali da esercizio



accidentali da neve

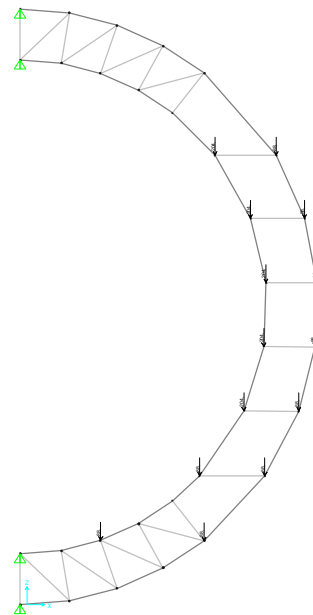
geometria,
sezione,
vincoli:

$$f_{yk} = 450\text{MPa}$$

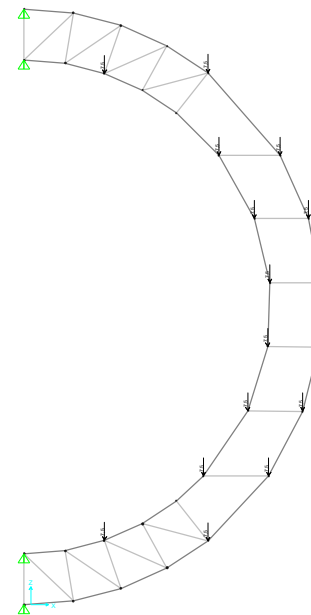
$$A = 379,5\text{cm}^2$$

$$\varnothing = 508\text{mm}$$

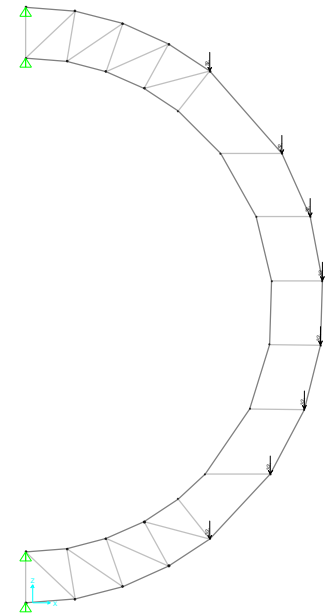
$$t_w = 25\text{mm}$$



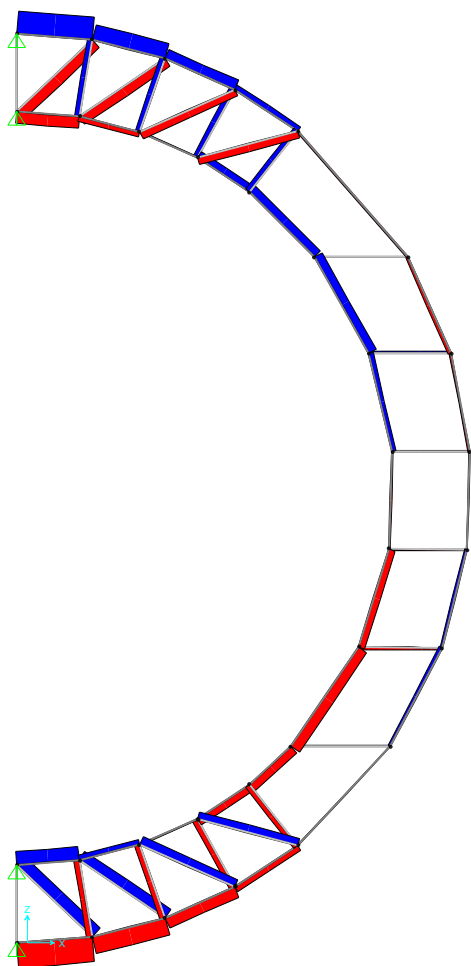
permanenti non strutturali



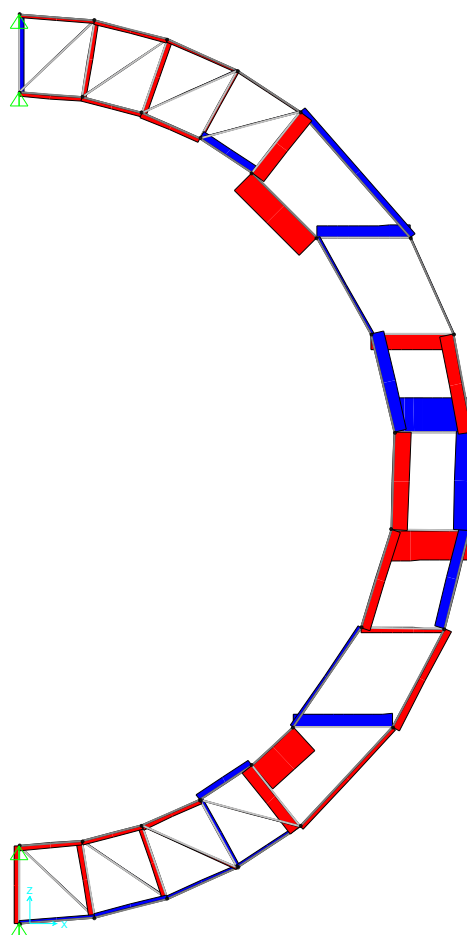
permanenti strutturali



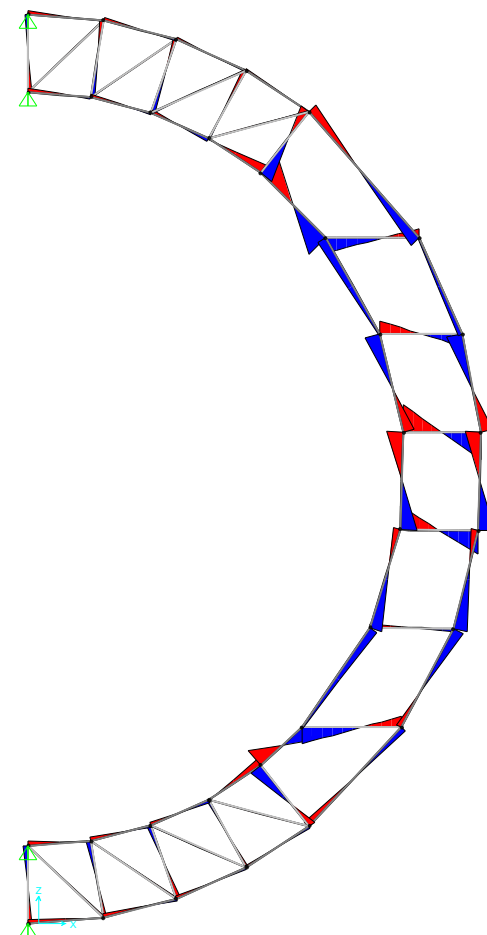
permanenti finitura esterna

► **AZIONI INTERNE:**

$$N_{\max} = -5780 \text{KN}$$



$$V_{\max} = 790 \text{KN}$$



$$M_{\max} = -1391,6 \text{KNm}$$



► VERIFICA A SFORZO:

tutte i tratti della sezione risultano verificati a sforzo, come indicato dall'estratto di SAP2000

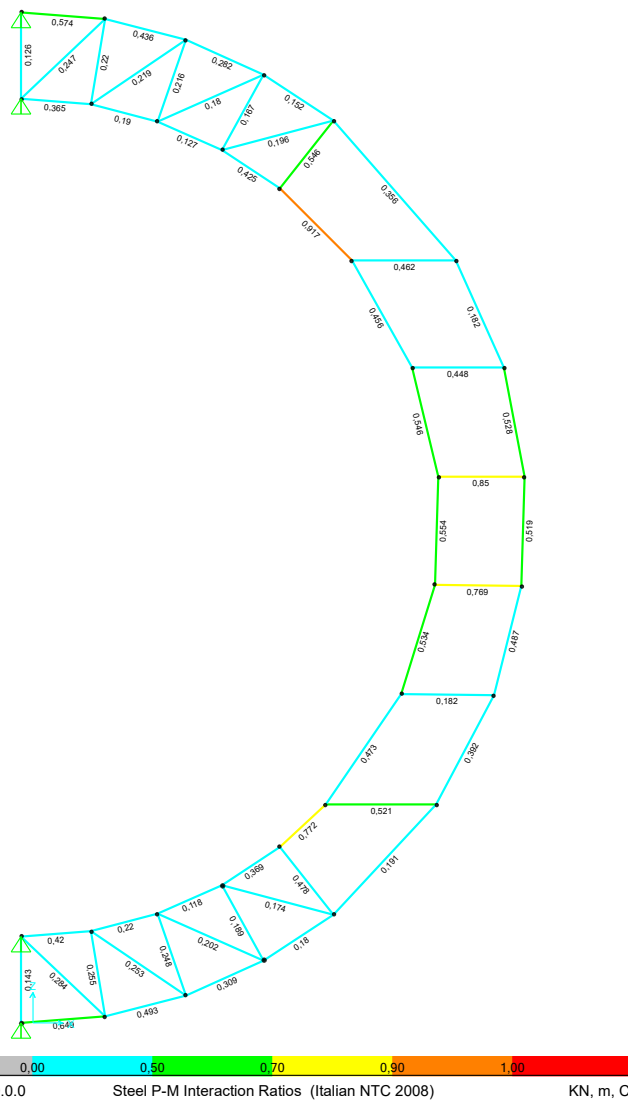


TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Italian NTC 2008

Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo	Location
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	m
1	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,189367	PMM	DSTL2	3,53032
2	TUBOLARE_01	Column	No Messages	0,143218	PMM	DSTL2	3,53032
3	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,284294	PMM	DSTL2	4,71877
4	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,25484	PMM	DSTL2	3,53032
5	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,252764	PMM	DSTL2	4,71878
6	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,248289	PMM	DSTL2	3,53032
7	TUBOLARE_01	Column	No Messages	0,12594	PMM	DSTL2	3,53032
8	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,247357	PMM	DSTL2	4,71877
9	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,219764	PMM	DSTL2	3,53032
10	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,218511	PMM	DSTL2	4,71878
11	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,21643	PMM	DSTL2	3,53032
12	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,167178	PMM	DSTL2	0
13	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,574243	PMM	DSTL2	0
14	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,4365	PMM	DSTL2	0
15	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,281761	PMM	DSTL2	0
16	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,152451	PMM	DSTL2	0
17	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,179547	PMM	DSTL2	3,43835
18	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,308645	PMM	DSTL2	3,43835
19	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,492527	PMM	DSTL2	3,43835
20	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,649487	PMM	DSTL2	3,43835
21	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,419541	PMM	DSTL2	0
22	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,220254	PMM	DSTL2	0
23	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,117993	PMM	DSTL2	2,85126
24	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,369395	PMM	DSTL2	2,85126
25	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,771891	PMM	DSTL2	0
26	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,36463	PMM	DSTL2	0
27	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,189882	PMM	DSTL2	0
28	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,127297	PMM	DSTL2	2,85126
29	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,425233	PMM	DSTL2	2,85126
30	TUBOLARE_01	Beam	No Messages	0,462005	PMM	DSTL2	0
31	TUBOLARE_01	Beam	No Messages	0,447828	PMM	DSTL2	0
32	TUBOLARE_01	Beam	No Messages	0,849729	PMM	DSTL2	3,54406
33	TUBOLARE_01	Beam	No Messages	0,768975	PMM	DSTL2	0
34	TUBOLARE_01	Beam	No Messages	0,181886	PMM	DSTL2	0
35	TUBOLARE_01	Beam	No Messages	0,520601	PMM	DSTL2	0
36	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,190772	PMM	DSTL2	0
37	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,39172	PMM	DSTL2	5,08207
38	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,486595	PMM	DSTL2	0
39	TUBOLARE_01	Column	No Messages	0,519098	PMM	DSTL2	0
40	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,527747	PMM	DSTL2	4,53013
41	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,182023	PMM	DSTL2	0
42	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,356189	PMM	DSTL2	0
43	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,916936	PMM	DSTL2	4,18365
44	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,546228	PMM	DSTL2	0
45	TUBOLARE_01	Column	No Messages	0,553696	PMM	DSTL2	4,45569
46	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,534054	PMM	DSTL2	4,66543
47	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,473149	PMM	DSTL2	0
48	TUBOLARE_01	Brace	No Messages	0,456006	PMM	DSTL2	0



► VERIFICA A DEFORMAZIONE:

ABBASSAMENTO

$$\delta_{TOT} = \delta_{PERM} + \delta_{ACC} = 40\text{mm} + 22\text{mm} = 62\text{mm}$$

$$\delta_{TOT} / L < 1/250; 62\text{mm} / 42000\text{mm} =$$

$$0,0015 < 0,004 \text{ VERIFICATA}$$

$$\delta_{ACC} / L < 1/350; 22\text{mm} / 42000\text{mm} =$$

$$0,0005 < 0,0028 \text{ VERIFICATA}$$

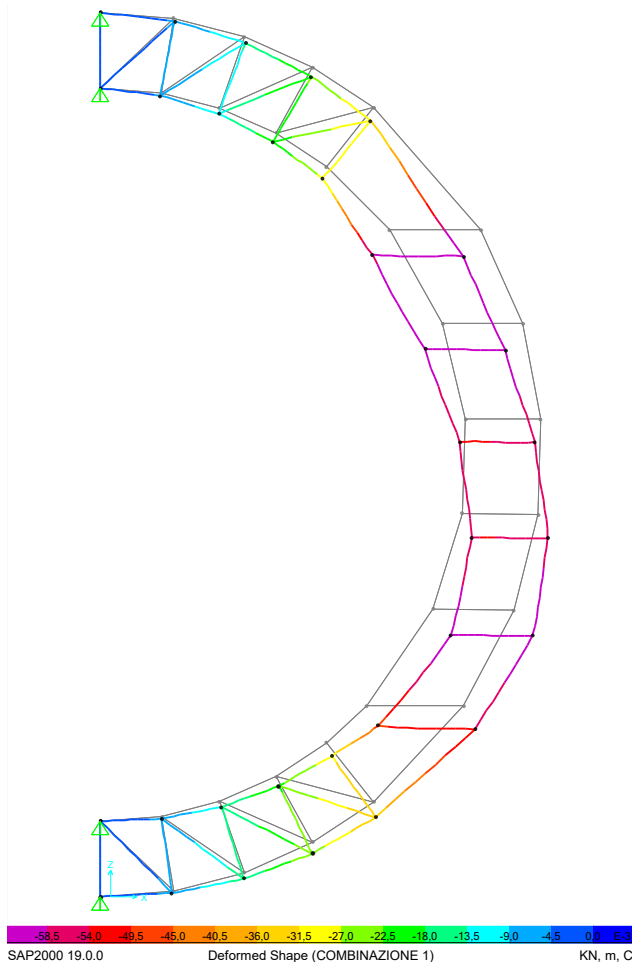
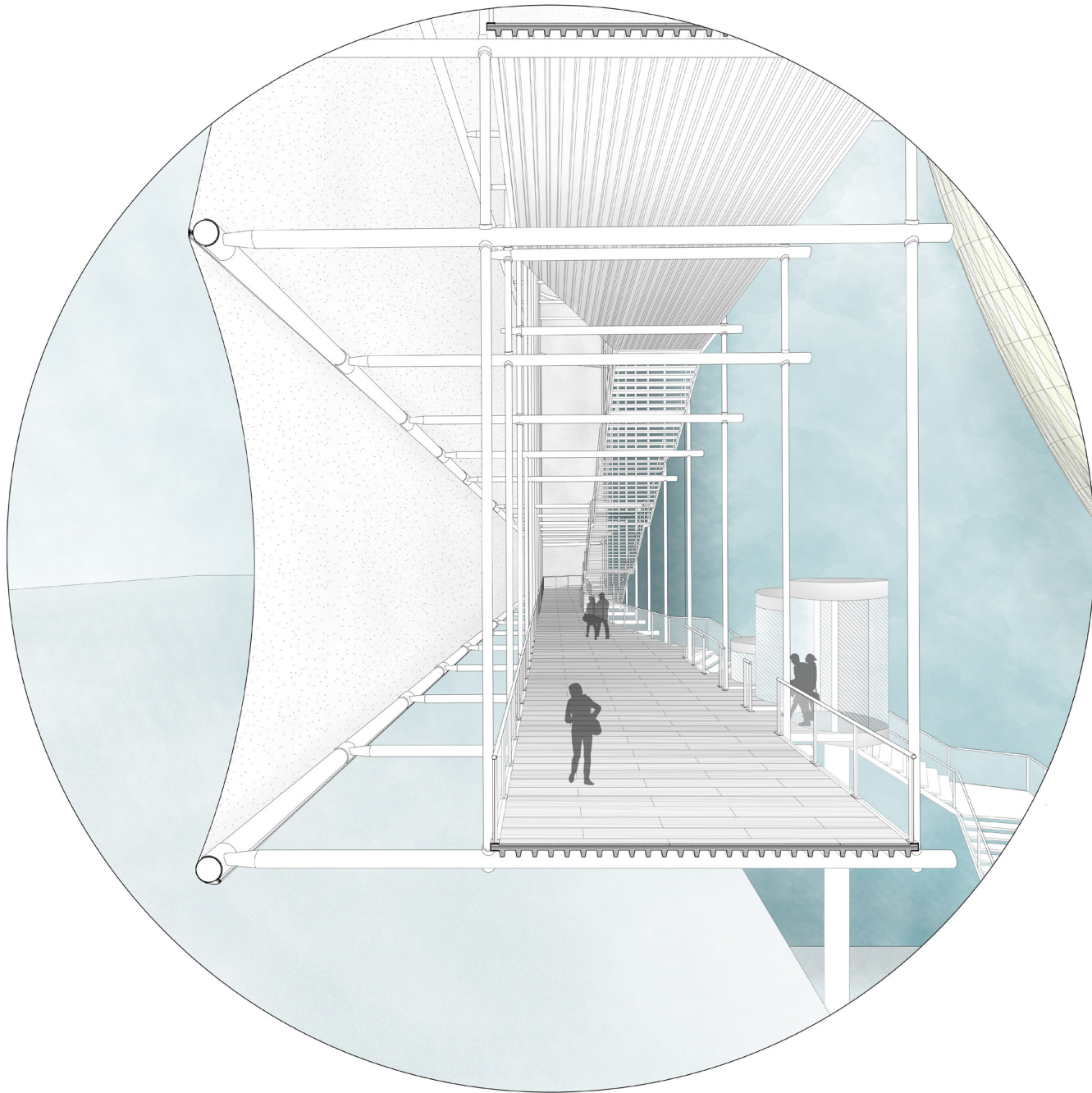


TABLE: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	m	m	m
1	COMBINAZIONE 1	Combination	0,008048	0	-0,022068
2	COMBINAZIONE 1	Combination	0,000567	0	-0,025436
3	COMBINAZIONE 1	Combination	0	0	0
4	COMBINAZIONE 1	Combination	0	0	0
5	COMBINAZIONE 1	Combination	-0,002655	0	-0,005688
6	COMBINAZIONE 1	Combination	0,001843	0	-0,005648
7	COMBINAZIONE 1	Combination	-0,002477	0	-0,015214
8	COMBINAZIONE 1	Combination	0,004425	0	-0,01361
9	COMBINAZIONE 1	Combination	0	0	0
10	COMBINAZIONE 1	Combination	0	0	0
11	COMBINAZIONE 1	Combination	0,002404	0	-0,005148
12	COMBINAZIONE 1	Combination	-0,001638	0	-0,005105
13	COMBINAZIONE 1	Combination	0,002263	0	-0,013699
14	COMBINAZIONE 1	Combination	-0,003936	0	-0,01223
15	COMBINAZIONE 1	Combination	-0,000476	0	-0,022933
16	COMBINAZIONE 1	Combination	-0,007187	0	-0,01994
17	COMBINAZIONE 1	Combination	-0,005421	0	-0,031573
18	COMBINAZIONE 1	Combination	0,005993	0	-0,034938
19	COMBINAZIONE 1	Combination	0,012721	0	-0,030448
20	COMBINAZIONE 1	Combination	0,026428	0	-0,046567
21	COMBINAZIONE 1	Combination	-0,011408	0	-0,027665
22	COMBINAZIONE 1	Combination	-0,039851	0	-0,057808
23	COMBINAZIONE 1	Combination	-0,039859	0	-0,061297
24	COMBINAZIONE 1	Combination	-0,040835	0	-0,060148
25	COMBINAZIONE 1	Combination	-0,04053	0	-0,06106
26	COMBINAZIONE 1	Combination	-0,012287	0	-0,055323
27	COMBINAZIONE 1	Combination	-0,012357	0	-0,054155
28	COMBINAZIONE 1	Combination	0,022758	0	-0,05506
29	COMBINAZIONE 1	Combination	0,022601	0	-0,056355
30	COMBINAZIONE 1	Combination	0,042999	0	-0,060137
31	COMBINAZIONE 1	Combination	0,042654	0	-0,061859
32	COMBINAZIONE 1	Combination	0,026643	0	-0,054124

STRUTTURE

considerazioni sulla struttura dell'involucro (in fase di studio)



L'involucro è pensato come una successione di sezioni composte da travi orizzontali e tiranti, sospesi ad una trave di bordo perimetrale vincolata a sbalzo al piano più alto dei volumi in cls. Le passerelle sono appoggiate ai puntoni orizzontali, così come le travi circolari ad anello che reggono il tessuto dell'involucro vero e proprio.



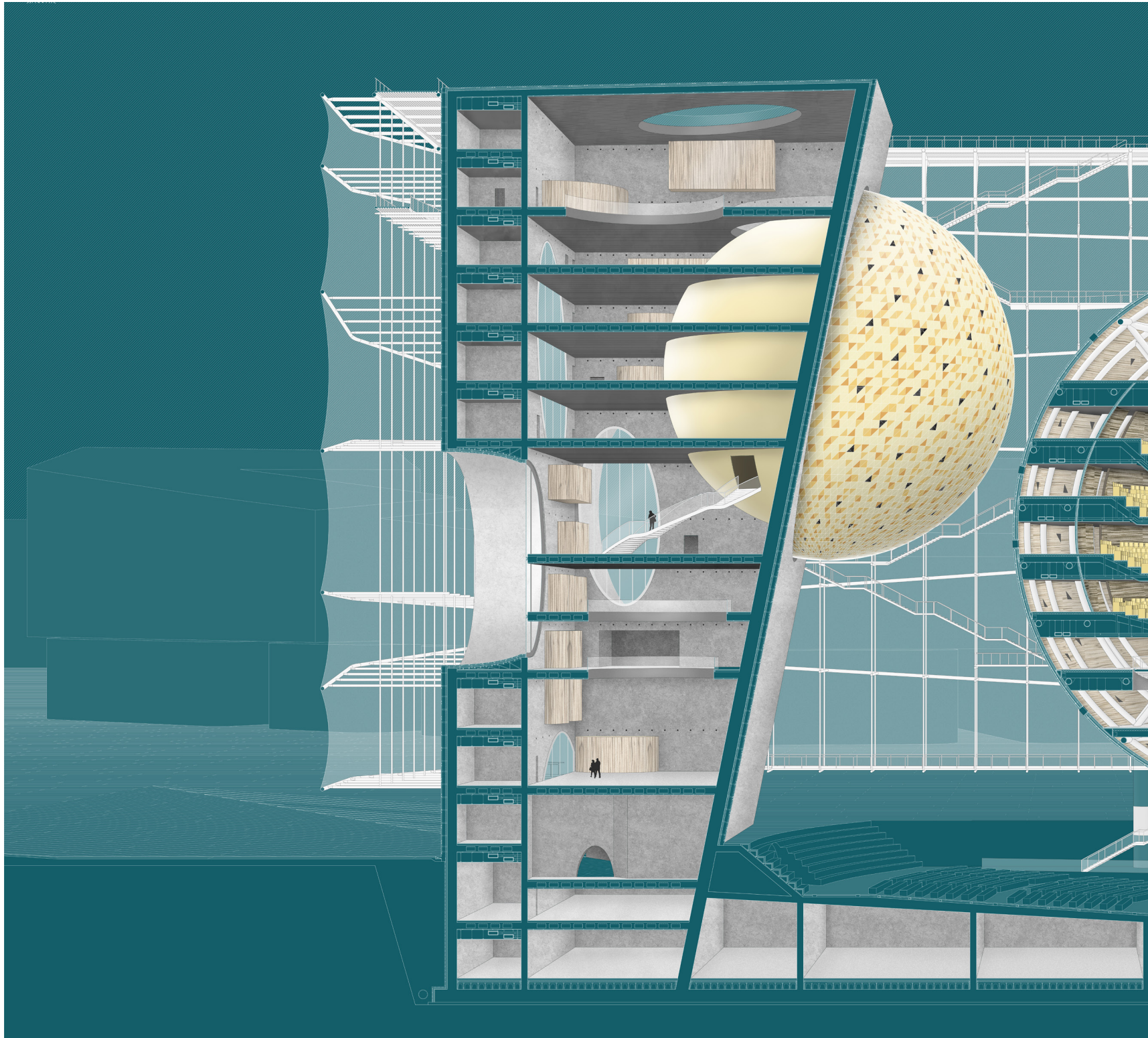
le tematiche affrontate dal punto di vista tecnologico-costruttivo sono state coerenti rispetto agli studi approfonditi nel campo delle strutture, ritenendo che questi campi non possano che procedere insieme e omogeneamente a definire l'idea architettonica della costruzione nel suo complesso.

Pertanto, chiarite in primis le scelte materiche di massima, si è proceduto analizzando i volumi in cls, le semisfere sospese e l'involucro.

In particolar modo, la sfida è stata quella di riuscire a maneggiare agevolmente la geometria emisferica, coniugando scelte di figura e di materia a possibilità costruttive.

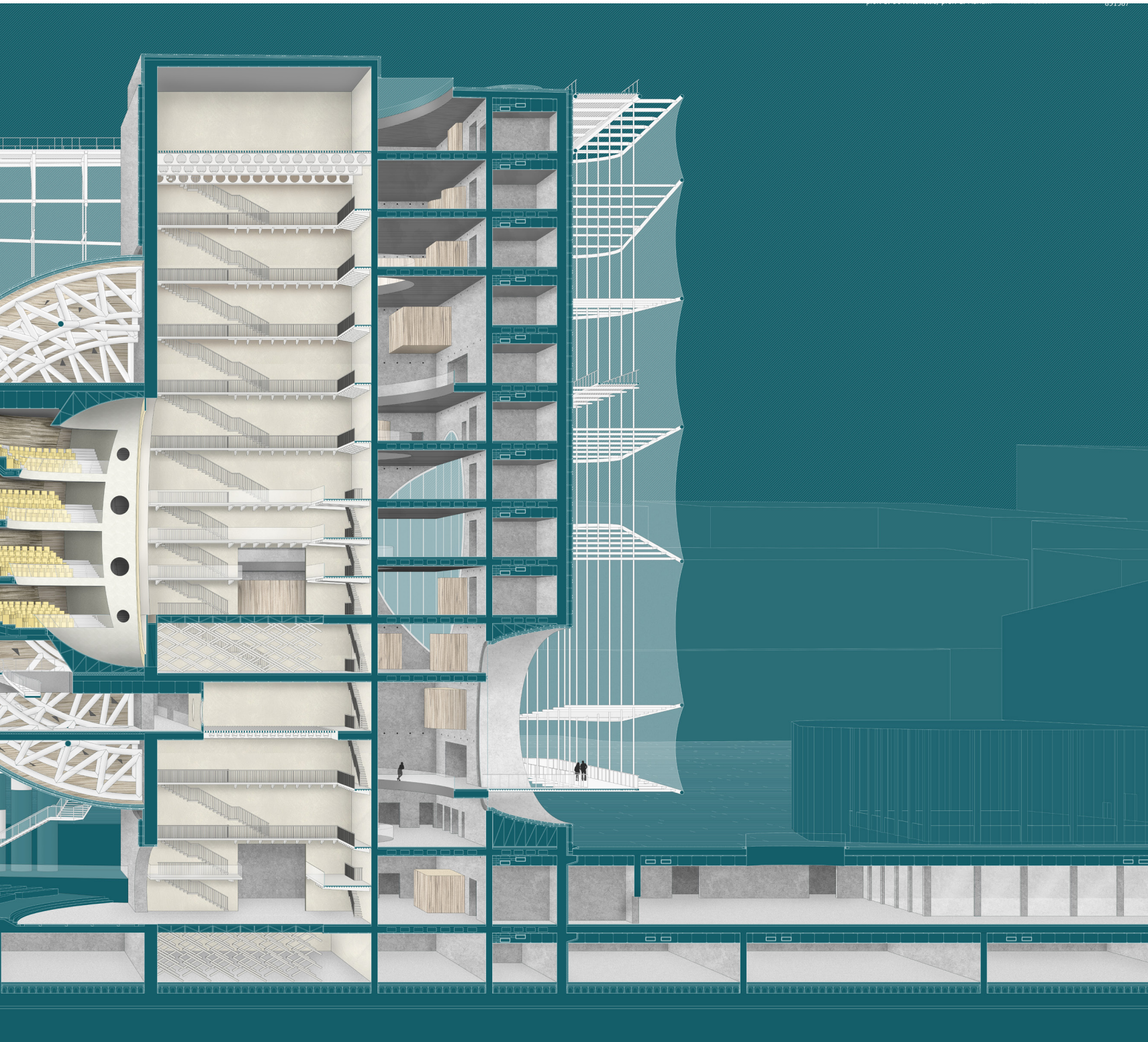
Estrema attenzione è stata data agli aspetti di finitura interni ed esterni delle sale, in questo tenendo conto anche dell'aspetto - importantissimo - dell'acustica.

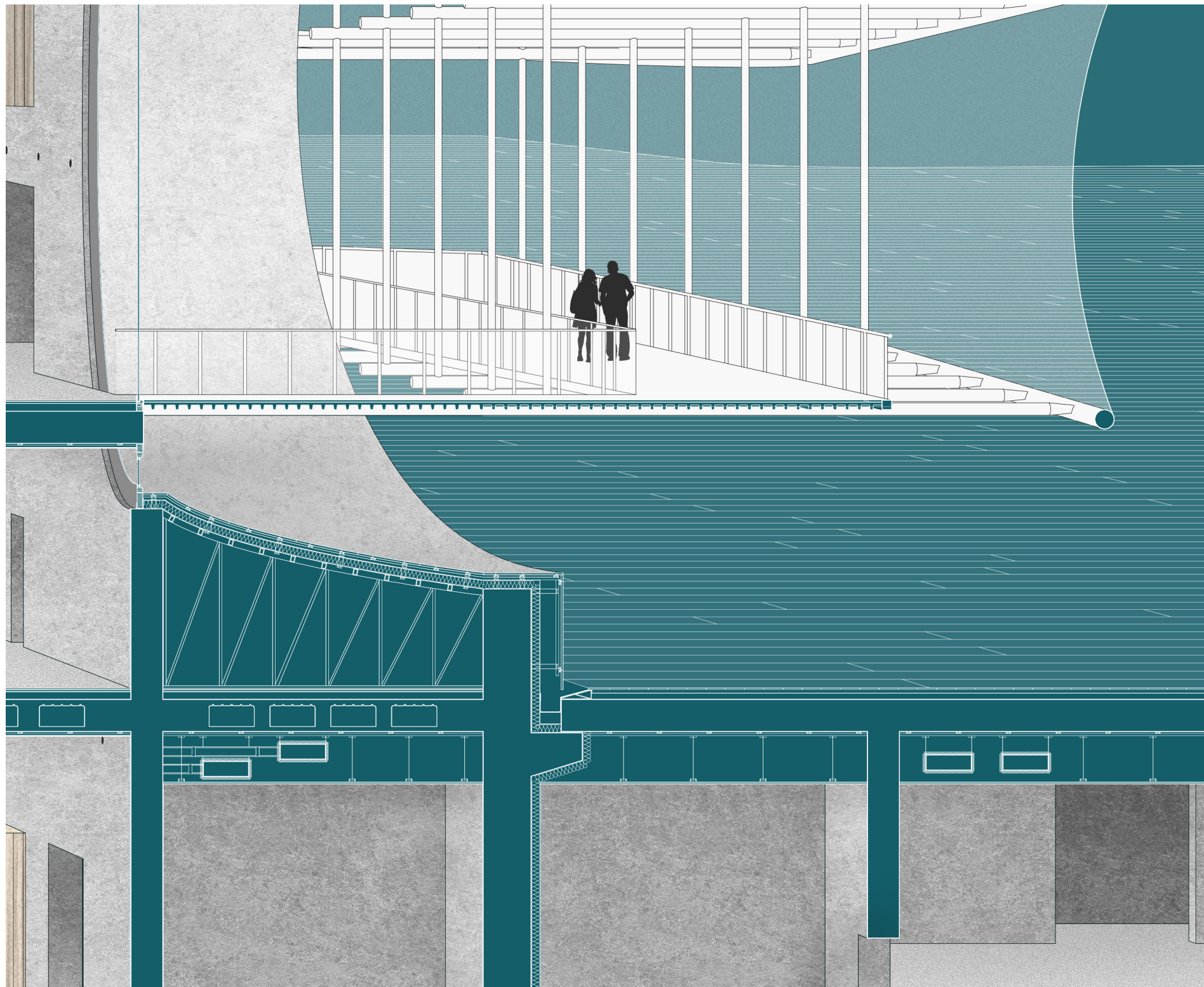
Per quanto riguarda invece l'involucro, dopo alcune scelte preliminari, si è optato infine per l'utilizzo di un tessuto esterno avvolgente l'edificio, sospeso, come le passerelle ad una struttura metallica.



TECNOLOGIE

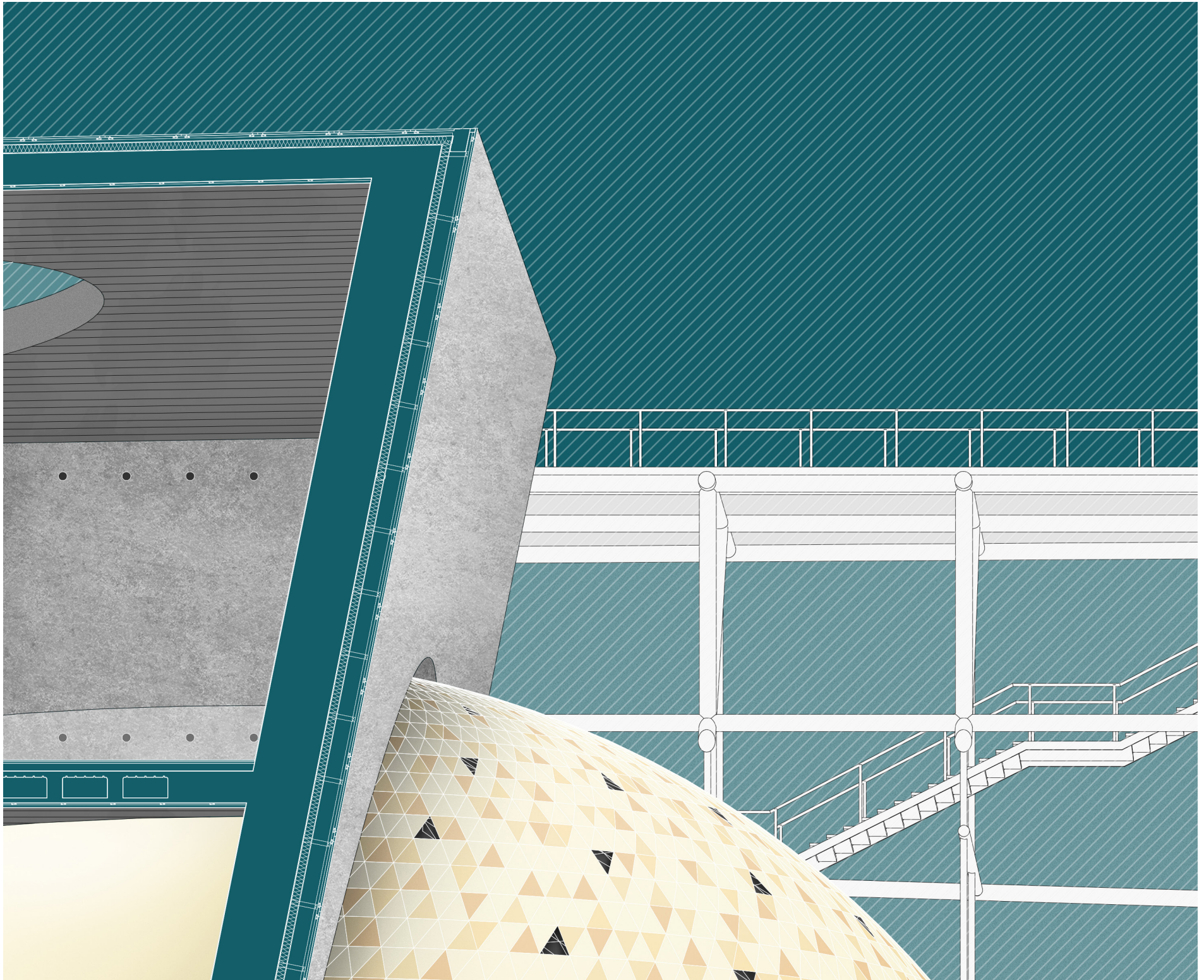
sezione costruttiva generale





TECNOLOGIE

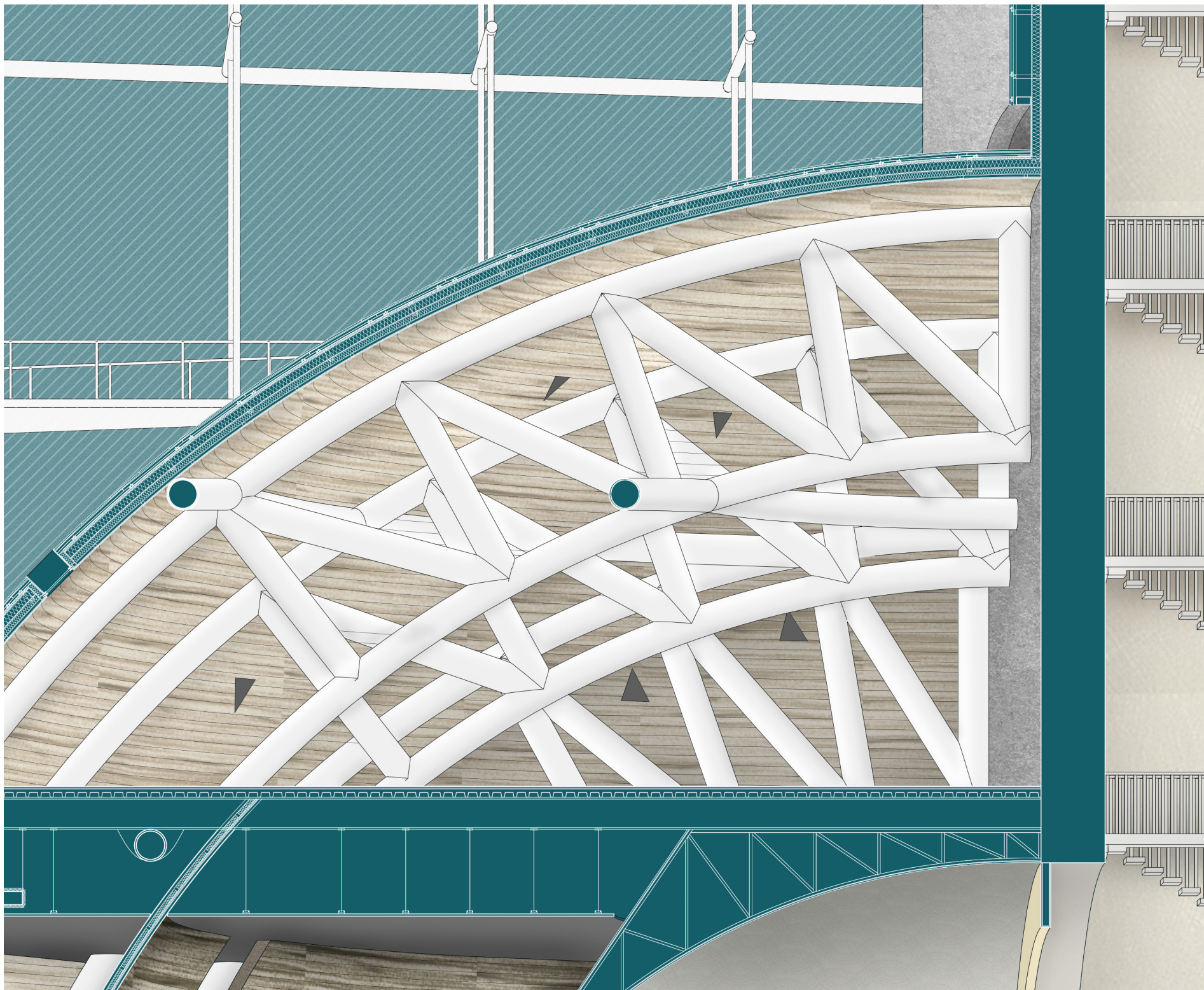
dettaglio della copertura e dell'attacco delle semisfere all'edificio



D

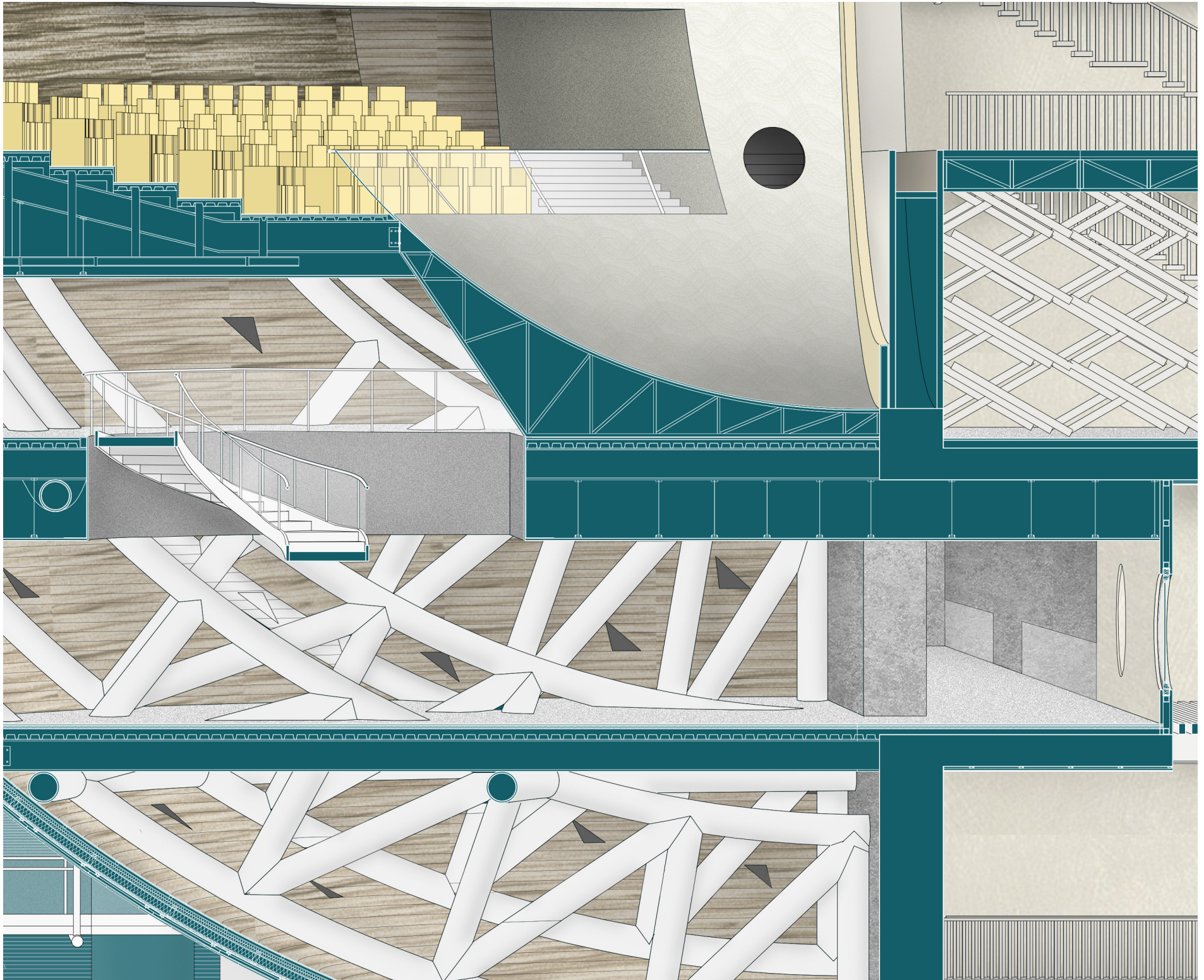
TECNOLOGIE

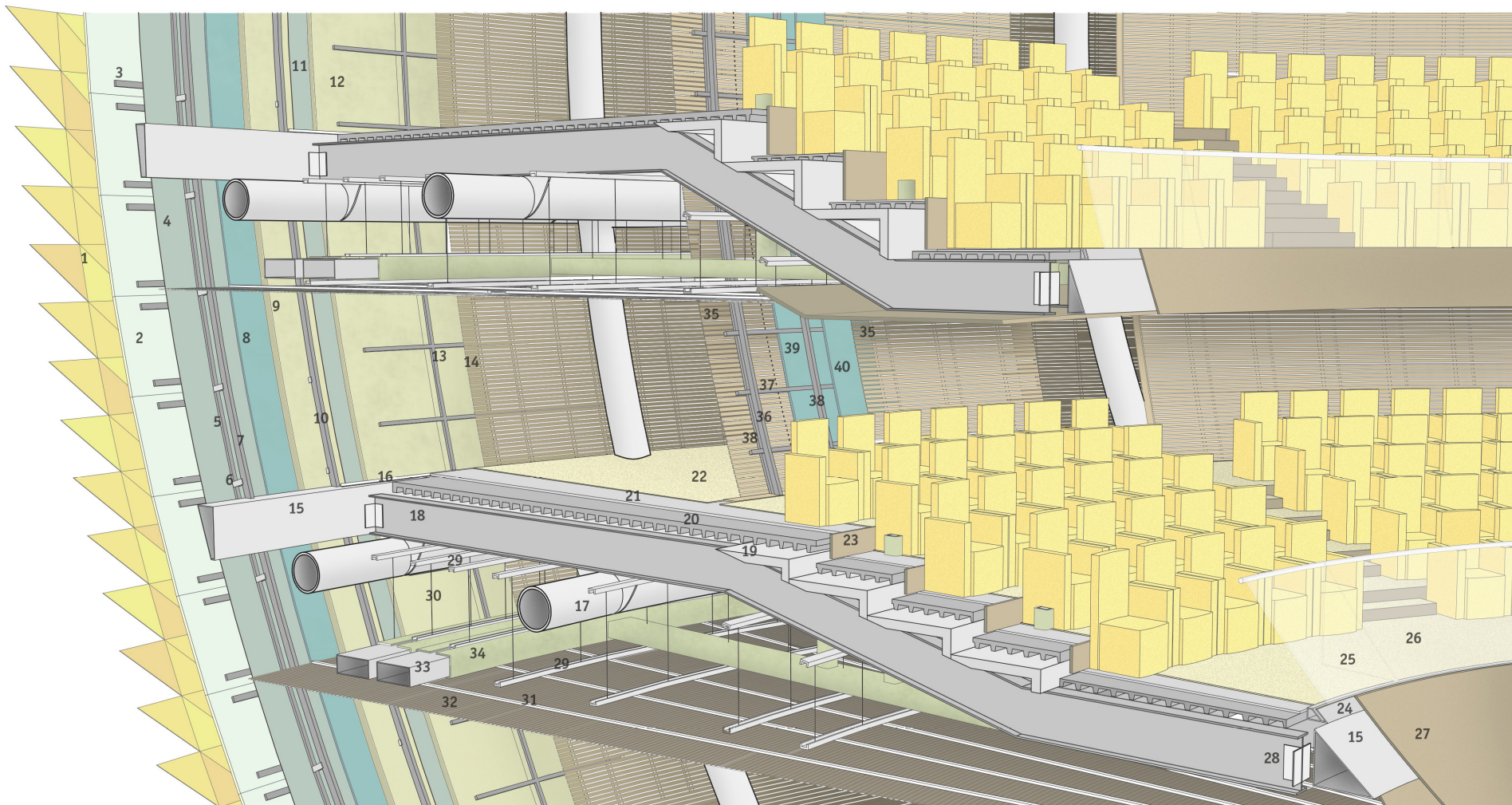
dettaglio dell'attacco della semisfera all'edificio



TECNOLOGIE

dettaglio della'ingresso e del palco della sala principale



dettaglio delle stratigrafie e degli interni della sala principale

dettaglio delle stratigrafie e degli interni della sala principale

- 29 profilo estruso in alluminio (*Ø500mm*)
- 30 pendini in alluminio
- 31 profili in alluminio di sostegno
- 32 listelli di legno (*1cm*)
- 33 impianti di trattamento aria
- 34 isolamento termico e acustico (*5cm*)
- MEMBRANA ACUSTICA:**
- 35 listelli di legno (*1cm*)
- 36 montante in alluminio (*primario*)
- 37 montante in alluminio
- 38 montante in alluminio (*secondario*)
- 39 isolante acustico (*lana di vetro: 7cm*)
- 40 isolante acustico (*lana di vetro: 5cm*)
- 15 scatolare in alluminio
- 16 profilo di chiusura laterale
- 17 travi principali (*Ø500mm*)
- 18 travetti secondari (*IPE500*)
- 19 profili in acciaio sagomati
- 20 lamiera grecata + getto CLS (*15cm*)
- 21 malta di allettamento (*4cm*)
- 22 pavimentazione in resina (*0,5cm*)
- 23 pannelli di chiusura in legno
- 24 profilo estruso in alluminio
- 25 parapetto in vetro
- 26 setti di sostegno in vetro
- 27 rivestimento superficiale in legno
- 28 piastre di giunzione imbullonate
- 1 tasselli in ceramica (*2cm*)
- 2 pannelli in fibra di cemento (*4cm*)
- 3 profili in alluminio di sostegno
- 4 membrana impermeabile
- 5 montante esterno (*secondario*)
- 6 piastra di giunzione tra montanti
- 7 montante centrale (*primario*)
- 8 isolante acustico (*lana di vetro: 10cm*)
- 9 isolante termico (*lana di roccia: 14cm*)
- 10 montante interno (*secondario*)
- 11 barriera al vapore
- 12 isolante termico (*lana di roccia: 10cm*)
- 13 telaio in alluminio di sostegno
- 14 listelli in legno (*1cm*)



IMPIANTI

relazione introduttiva



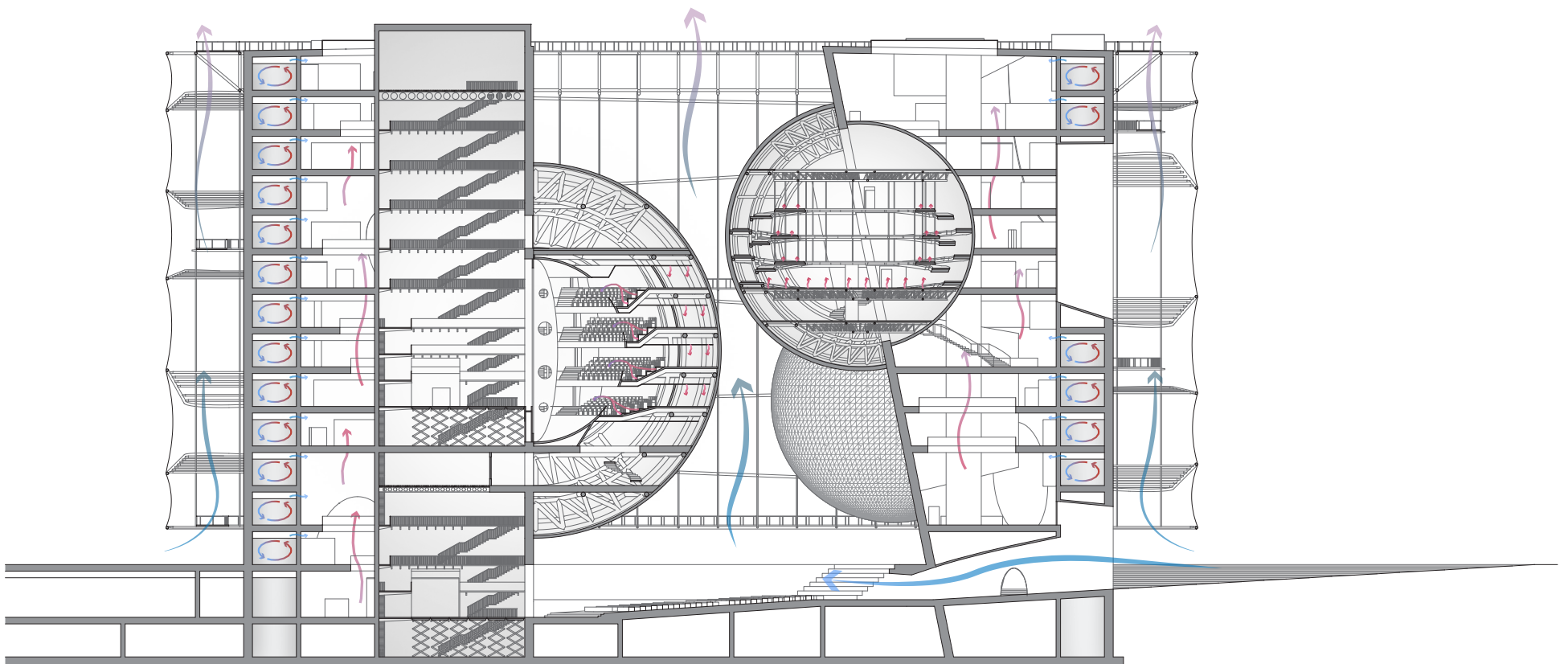
Il progetto si propone come un edificio multisala, composto da tre sale principali inserite in due unità separate, in cui sussistono contemporaneamente i teatri (ognuno dei quali composto da sala per il pubblico e scena), e ulteriori funzioni. Di queste si distinguono in particolare due macrocategorie: le funzioni direttamente legate all'attività teatrale e ai lavoratori del settore, quali l'accademia e i laboratori artigianali di scenografia, e le funzioni dirette al pubblico, quali terziario e servizi.

Il progetto è perciò caratterizzato da una forte mixité funzionale che ne articola le questioni e le soluzioni dal punto di impiantistico. Ulteriore elemento di identità dell'edificio è la pelle esterna, che lo circonda nella sua interezza e costituisce l'elemento di unione e distribuzione ai blocchi.

L'intervento impiantistico mira a garantire le condizioni di comfort a tutti i fruitori dell'edificio e in tutti gli ambienti, puntando a obiettivi quali la minimizzazione dei carichi e delle dispersioni, e la massimizzazione delle prestazioni dei componenti impiantistici. Il progetto degli impianti è in linea con le scelte architettoniche e progettuali dell'edificio, ed è stato interpretato sfruttando le opportunità progettuali che la materia ha potuto offrire.

funzionamento generale dell'edificio

Da come è evidente nello schema dei flussi, gli ambienti climatizzati si trovano all'interno delle due unità; la pelle e il vuoto centrale non sono riscaldati. All'interno dei blocchi, ad eccezione delle singole attività e funzioni racchiuse nel "muro abitato" e delle sale, che sono organismi chiusi e separati, i restanti ambienti dell'edificio sono costantemente collegati da un punto di vista climatico. Le solette infatti non fanno da "tappo" ai singoli piani, ma, essendo caratterizzate da buchi costituenti gli affacci ai livelli inferiori e superiori, permettono il passaggio dell'aria anche su più livelli.



condizioni di comfort

Per garantire le condizioni di comfort, il progetto impiantistico è stato affrontato dividendo l'edificio nelle due unità principali. Al loro interno sono state evidenziate le diverse attività presenti, e per ognuna di esse sono stati definiti dei parametri fondamentali quali:

- superficie e affollamento;
- le condizioni termo-igrometriche di progetto (temperatura e umidità relativa);
- requisiti per la qualità dell'aria (portata d'aria di rinnovo ed espulsione);
- tipologia impianti tecnici presenti (acqua sanitaria, riscaldamento, climatizzazione, impianto aria, ecc.).

Gli spazi presentanti funzioni equivalenti (dove l'affollamento e le attività svolte sono simili) e ripetute su più livelli, sono state identificate con lo stesso codice e raggruppate in una stessa definizione, sommando tra loro gli indici di affollamento e le superfici.

Il parametro dell'affollamento indica il n° di persone previste all'interno di un determinato ambiente. Se questo valore non è fornito da progetto, vale la formula:

$$W_{pp} = n^s * S$$

dove n^s è l'indice di affollamento fornito dalla normativa UNI 10339 e fa riferimento agli ambienti in cui si verifica stazionamento di persone, mentre S è la superficie.

Il coefficiente Q_{op} di portata d'aria di rinnovo o di estrazione, valutato a persona, è fornito dalla normativa UNI 10339. L'estrazione dell'aria si verifica nei casi in cui gli ambienti di riferimento siano cucine o bagni.

Il coefficiente Q_{est} di portata d'aria di rinnovo o di estrazione è il risultato del prodotto tra Q_{op} e gli indici di affollamento.

$$Q_{est} = Q_{op} * W_{pp}$$

Nella valutazione della tipologia di impianto si considera se l'impianto è a tutt'aria, ad acqua o misto, e se il funzionamento è costante (detto "a regime"), o se è previsto solo in certi periodi della giornata e dell'anno ("aperiodico").

CODICE	AMBIENTE	S SUPERFICIE (m ²)	W _{pp} INDICI DI AFFOLLAMENTO (persone)	T _i TEMPERA- TURA IN- VERNALE DI PROGETTO (c°)	U _i UMIDITÀ RELATIVA INVERNALE (%)	T _e TEMPERATURA ESTIVA DI PROGETTO (c°)	U _e UMIDITÀ RELATIVA ESTIVA (%)	Q _{op} PORTATA D'ARIA DI RINNOVO O DI ESTRAZIONE (a persona) (m ³ /spp)	Q _{est} PORTATA D'ARIA DI RINNOVO O DI ESTRAZIONE (totale) (m ³ /h)	TIPOLOGIA IMPIANTI
S1a	Sala L	1700	500	20	45	26	60	5,5x10 ⁻³	9900	ad aria aperiodico
S1b	Scena L	1260	30	20	45	26	60	12,5x10 ⁻³	1350	ad aria aperiodico
F1	Foyer 1	1000	500	18	45	26	60	11x10 ⁻³	19800	ad aria a regime
F2	Foyer 2	1000	500	18	45	26	60	11x10 ⁻³	19800	ad aria a regime
C1	Attività commerciali	1560	100	20	45	26	60	11x10 ⁻³	3960	ad aria a regime
B1	Servizi pubblici	420	50	24	45	26	60	10x10 ⁻³	1800	ad aria a regime
T1	Spazi tecnici pubblici	3780	100	18	45	26	60	9x10 ⁻³	3240	ad aria a regime
T2	Depositi/ laboratori	1750	50	16	45	26	60	5,5x10 ⁻³	990	ad aria a regime
T3	Camerini		60	20	45	26	60	6,5x10 ⁻³	1400	ad aria a regime
B2	Servizi privati		20	24	45	26	60	10x10 ⁻³	720	ad aria a regime

IMPIANTI

condizioni di comfort



UNITÀ 2

CODICE	AMBIENTE	S SUPERFICIE (m ²)	W _{pp} INDICI DI AFFOLLAMENTO (persone)	T _i TEMPERATURA INVERNALE DI PROGETTO (c°)	U _i UMIDITÀ RELATIVA INVERNALE (%)	T _e TEMPERATURA ESTIVA DI PROGETTO (c°)	U _e UMIDITÀ RELATIVA ESTIVA (%)	Q _{op} PORTATA D'ARIA DI RINNOVO O DI ESTRAZIONE (a persona) (m ³ /spp)	Q _{est} PORTATA D'ARIA DI RINNOVO O DI ESTRAZIONE (totale)	TIPOLOGIA IMPIANTI
S2a	Sala M	1400	215	20	45	26	60	5,5x10 ⁻³	4200	ad aria aperiodico
S2b	Scena M									
S3a	Sala S	495	150	20	45	26	60	5,5x10 ⁻³	2970	ad aria aperiodico
S3b	Scena s	300	30	20	45	26	60	12,5x10 ⁻³	1350	ad aria aperiodico
F3	Foyer M		215	18	45	26	60	11x10 ⁻³	8500	ad aria a regime
F4	Foyer S		150	18	45	26	60	11x10 ⁻³	6000	ad aria a regime
C1	Attività commerciali		100	20	45	26	60	11x10 ⁻³	4000	ad aria a regime
B1	Servizi pubblici		50	24	45	26	60	10x10 ⁻³	1800	ad aria a regime
T1	Spazi tecnici pubblici		100	18	45	26	60	9x10 ⁻³	3200	ad aria a regime
T2	Depositi/ laboratori		50	16	45	26	60	5,5x10 ⁻³	990	ad aria a regime
T3	Camerini		60	20	45	26	60	6,5x10 ⁻³	1400	ad aria a regime
B2	Servizi privati		20	24	45	26	60	10x10 ⁻³	3600	ad aria a regime
A1	Spazi pubblici accademia		100	18	45	26	60	9x10 ⁻³	3200	ad aria a regime
A2	Aule		100	20	45	26	60	7x10 ⁻³	2500	ad aria a regime
B3	Servizi accademia		20	24	45	26	60	10x10 ⁻³	720	ad aria a regime



tipologia di impianti e spazi tecnici dedicati

IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE

Tutti gli ambienti dell'edificio sono costituiti da un impianto di climatizzazione del tipo "tutta aria", dove la distribuzione è garantita dalle Unità di Trattamento Aria (UTA), che non presentano terminali ambiente, permettono sia il raffrescamento che il riscaldamento e consentono il controllo della qualità dell'aria.

Le UTA sono tutte disposte sulla copertura di ogni unità, in appositi ambienti a loro riservati, in cui è veloce il collegamento con l'esterno per la raccolta e l'espulsione dell'aria. Questi vani sono stati dimensionati in maniera tale da poter contenere più UTA, anche disposte una sopra l'altra, e per consentire le operazioni di manutenzione. La distribuzione ai diversi livelli dell'edificio avviene tramite condotti passanti all'interno di cavedi appositamente progettati per il passaggio di tutti gli impianti, accessibili dai tecnici ad ogni piano. Negli ambienti posizionati nel "muro abitato", l'aria di rinnovo viene immessa dall'alto, dove i controsoffitti ospitano condotti e bocchette di estrazione e espulsione. Solo negli ambienti di scambio, quelli compresi tra il "muro" e le sale, dove i controsoffitti sono assenti, le bocchette sono posizionate sul perimetro del muro più esterno. Nelle sale i condotti passano ugualmente sopra i controsoffitti, ma l'espulsione avviene tramite bocchette posizionate sotto le sedute del pubblico.

Il numero totale di UTA necessarie per garantire condizioni di comfort in tutto l'edificio è stato valutato considerando come riferimento Unità di Trattamento che garantiscano in media una portata di 10000 m³/h. Dato che una singola UTA gestisce il rinnovo di aria in ambienti con le medesime richieste di temperatura e umidità relativa (che solitamente corrispondono ad ambienti con le medesime funzioni), si può inizialmente considerare che esista una UTA per ogni destinazione d'uso o gruppi di funzioni. Il numero finale poi sarà aggiustato considerando la portata totale di aria di rinnovo necessaria per tali ambienti.

IMPIANTI

tipologia di impianti e spazi tecnici dedicati



UNITÀ 1

CODICE	Q _{est} TOTALE	n° UTA
S1a+S1b	11250	2
F1+F2+T1	40000	5
C1+T3	5360	1
B1+B2	2500	1
T2	990	1

TOT UNITÀ 1 = 10 UTA

UNITÀ 2

CODICE	Q _{est} TOTALE	n° UTA
S2a+S2b+S3a+S3b	8520	2
F3+F4+T1+A1	20900	3
C1+T3+A2	7900	1
B1+B2+B3	6100	1
T2	990	1

TOT UNITÀ 2 = 8 UTA

In totale, le UTA presenti sulle coperture saranno 10 per l'unità 1 e 8 per l'unità 2. Queste saranno disposte nei vani a loro dedicati dividendosi in gruppi. Nella disposizione si considera la possibilità di poterle impilare una sull'altra.



tipologia di impianti e spazi tecnici dedicati

CENTRALE FRIGORIFERA E TERMICA

Le centrali frigorifera e termica sono situate al piano interrato presso i laboratori teatrali. I vani che le ospitano non sono del tutto chiusi, ma permettono l'aerazione, essenziale per il funzionamento degli impianti.

Le due centrali servono sia l'edificio del teatro che i laboratori ed eventuali edifici circostanti.

La potenza della centrale termica di tutto il fabbricato è stata calcolata come segue:

$$Q_t = V \times 0.03 \text{ kW/m}^3 + V' \times 1.2 \text{ kg/m}^3 \times (T_a - T_e) \text{ C}^\circ \times 1.005 \text{ kJ/c}^\circ \text{ kg} / 3600 \text{ s/h}$$

dove:

- Q_t è la potenza termica della caldaia/pompa di calore in kW;
- V è il volume complessivo di tutti i locali in m^3 ;
- V' è la portata di rinnovo di tutti i locali in m^3/h .

Considerando il progetto, i dati che ne risultano sono:

- $V = V_{\text{unità1}} + V_{\text{unità2}} = 264310 \text{ m}^3$
- $V' = V'_{\text{unità1}} + V'_{\text{unità2}} = 80000 \text{ m}^3/\text{h}$

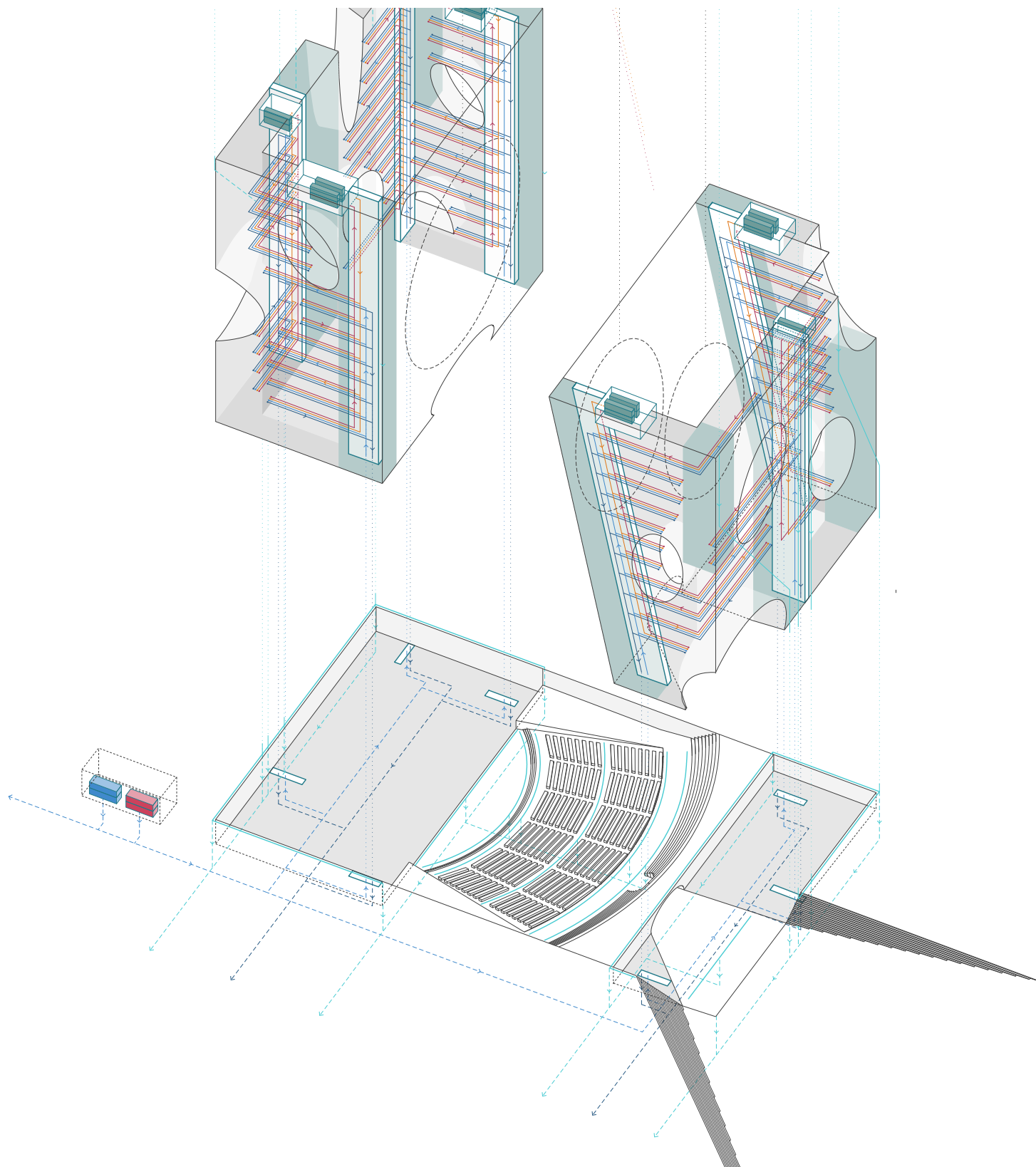
Di conseguenza, la potenza della centrale termica è pari a:

$$Q_t = 264310 \text{ m}^3 \times 0.03 \text{ kW/m}^3 + 80000 \text{ m}^3/\text{h} \times 1.2 \text{ kg/m}^3 \times (20 - (-5)) \text{ C}^\circ \times 1.005 \text{ kJ/c}^\circ \text{ kg} / 3600 \text{ s/h}$$
$$=$$
$$Q_t = 7929 \text{ kW} + 670 \text{ kW} = 8600 \text{ kW} = 8.5 \text{ MW}$$

La potenza della centrale frigorifera è stata assunta in prima approssimazione pari a quella della centrale termica.

IMPIANTI

tipologia di impianti e spazi tecnici dedicati



*tipologia di impianti e spazi tecnici dedicati***IMPIANTO ACQUE METEORICHE**

L'impianto delle acque meteoriche è suddiviso in due interventi principali:

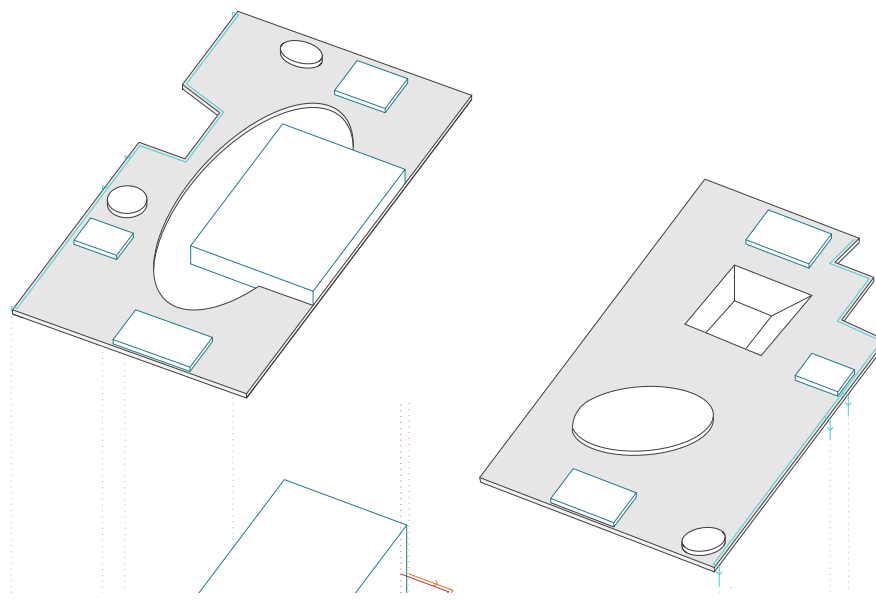
- il progetto per la raccolta delle acque dalle coperture delle unità;
- il progetto per la raccolta dei flussi a livello terra.

Riguardo il primo intervento è stato fondamentale definire le caratteristiche geometriche della copertura, al fine di comprendere la direzione preferenziale delle acque e la presenza di eventuali zone di ristagno.

Entrambe le unità presentano una copertura continua, inclinata al 2% in una sola direzione verso il lato lungo più esterno. Il canale di raccolta perciò è uno per unità, e situato in corrispondenza di questo lato più lungo.

I pluviali sono in corrispondenza del fronte su cui è situato il compluvio e non sono visibili: essi scorrono lungo il prospetto nascosti dai pannelli della facciata ventilata.

Il dimensionamento dei canali di raccolta e di scolo è stata effettuata utilizzando un foglio di calcolo preimpostato. I valori in verde sono gli input derivati dal progetto. Il foglio fornisce le dimensioni dei diametri minimi di gronda e pluviale, indicati dalla campitura verde della casella.



IMPIANTI

tipologia di impianti e spazi tecnici dedicati

E

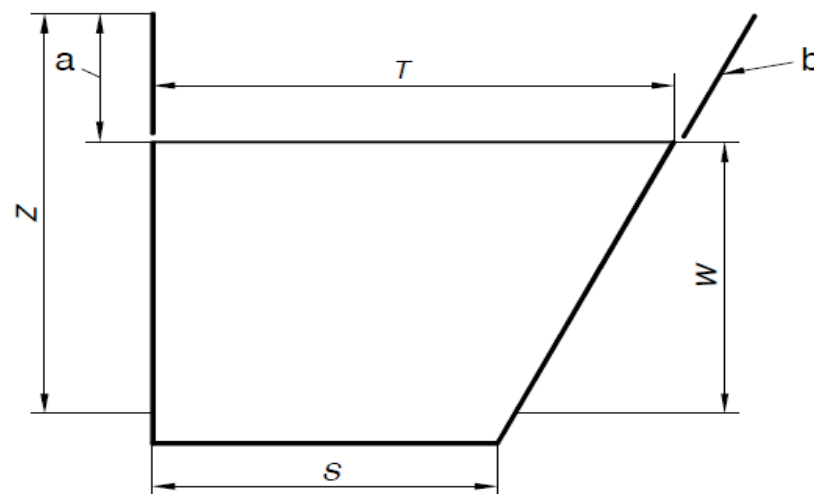
DATI DI INPUT

Descrizione	Simbolo	Valore	UM
Superficie tetto competenza gronda	A	974	mq
Lunghezza gronda	L	60	m
Intensità minima di precipitazione	r	0,04 144	l/s/mq l/h/mq
Coeff. Rischio	C _r	1	-
Coeff. Scorrimento	C	1	-
Coeff. di capacità	F _l	1	-
Grado riempimento pluviale	f	0,33	-

CALCOLI

Q ciascun canale gronda		38,96	l/s
Cornicione di gronda			
Sezione Quadrata			
Coefficiente profondità	F _d	1	-
Coefficiente di forma	F _s	1	-
Area (sezione trasversale)	A _E	75134	mmq
Base (sezione trasversale)	S, T	274	mm
Altezza (sezione trasversale)	Z	274	mm
Rapporto L/W	L/W	219	-
Compluvio			
Sezione Quadrata			
Coefficiente profondità	F _d	1	-
Coefficiente di forma	F _s	1	-
Area (sotto pelo libero)	A _W	68729	mmq
Base (sezione trasversale)	S, T	262	mm
Altezza canale (sotto bordo libero)	W	262	mm
Bordo libero	a	75,0	mm
Altezza complessiva canale	Z	337	mm
Rapporto L/W	L/W	229	-
Pluviale			
Sezione circolare			
Diametro minimo	d _i	162,3	mm

SEZIONE CANALE



Le dimensioni finali delle sezioni dei canali sono:

- per il cornicione di gronda 30cm x 30cm;
- per i pluviali, si considerano 4 condotti di diametro 15cm.

I pluviali scaricano i flussi a terra in un canale di raccolta posizionato lungo il perimetro dell'edificio, il quale poi dirige le acque nella rete fognaria



TRATTAMENTO ACQUE

Lo studio della raccolta delle acque a livello terra è stato necessario ai fini progettali data la presenza del teatro all'aperto: esso infatti, oltre a non avere una copertura ed essere direttamente colpito dalle piogge, è caratterizzato da una pendenza del 4% in direzione del boccascena del teatro stesso. Questo comporta che, in mancanza di efficaci sistemi di raccolta, le acque si concentrerebbero nella zona della scena, non riuscendo a defluire.

La soluzione progettuale ha come obiettivo la definizione di più punti di raccolta lungo la superficie in pendenza, tali da poter limitare la portata dei flussi in scorrimento suddividendola in microflussi. In questo modo risulta più semplice la gestione dello smaltimento delle acque ed è possibile utilizzare profili di gronda di sezione più ridotta (essendo la portata diminuita).

I canali di raccolta sono in totale 6, posizionati in maniera trasversale rispetto al flusso, per tutta la larghezza della "rampa". Le acque raccolte da questi sistemi, convogliano poi al livello inferiore in un condotto principale direttamente collegato alla rete fognaria.

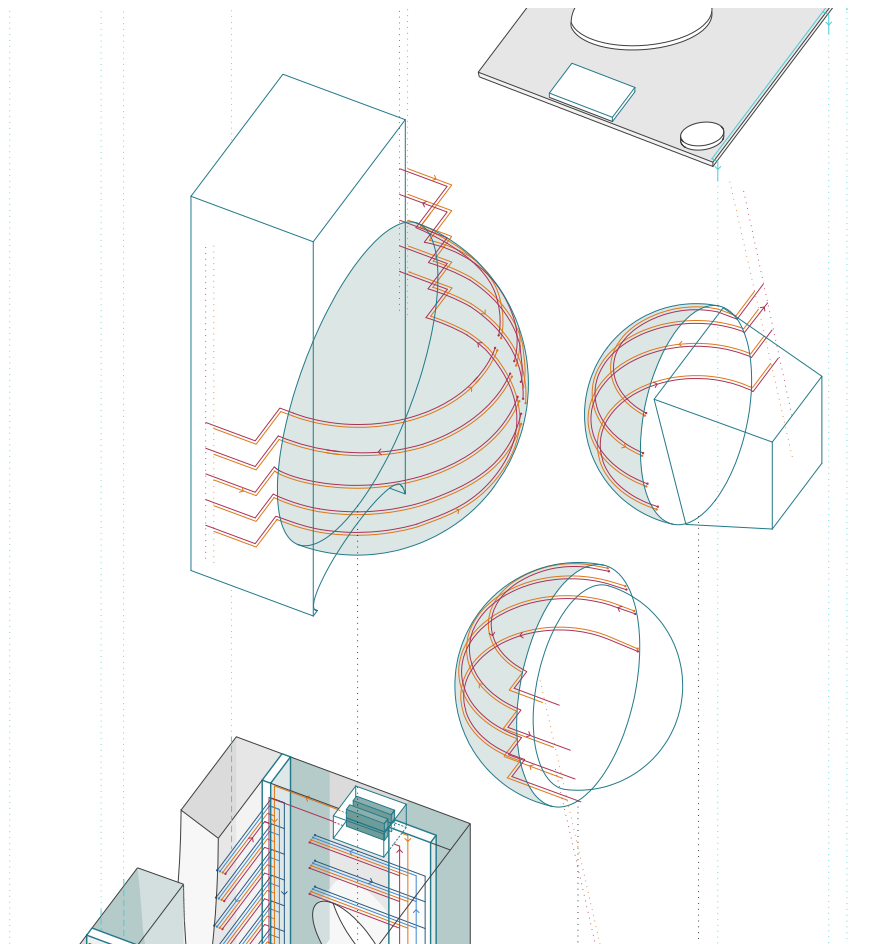
Le unità di trattamento dell'acqua sono disposte nei piani interrati sotto l'edificio, dove condotte di raccolte di raccordano poi direttamente alla rete fognaria.

INTRODUZIONE

Al fine di affrontare in maniera esauriente tutte le problematiche e questioni che può sollevare un progetto di impianti, nella seconda parte della relazione sono state analizzate nel dettaglio le soluzioni impiantistiche di due ambienti di approfondimento.

Gli ambienti selezionati sono:

- la sala del teatro principale (SALA L), dove si è approfondito il tema della climatizzazione;
- uno dei bagni dei camerini (quello al 5° piano), in cui è stato definito l'impianto di adduzione dell'acqua sanitaria e di scarico.



DESCRIZIONE

Il teatro oggetto di approfondimento è composto di due parti fondamentali: sala e scena. La sala può ospitare un massimo di 500 persone ed è costituita da 4 gallerie semicircolari su cui sono disposte su gradoni le sedute. La distribuzione ai posti avviene ad ogni piano tramite uno spazio di percorrenza racchiuso tra due pareti fonoassorbenti. Ogni livello è controsoffittato per garantire il passaggio discreto degli impianti di climatizzazione e di illuminazione. La sala si affaccia a sbalzo su un grande spazio vuoto dal volume emisferico, rappresentante il centro e il cuore del concept di progetto: tale "vuoto" è impercorribile e separa gli spettatori dalla scena.

La scena è un grande spazio definito da un boccascena circolare, la cui altezza perciò è pari alla larghezza. Tale scena è caratterizzata da un'altezza importante di scena e, di conseguenza, anche di torre scenica. L'altezza totale della torre, comprensiva di spazio scenico, è di 43m.

L'affollamento previsto, contando sia tecnici che attori, è pari a 30 persone.

Da questa descrizione è chiaro che una problematica del progetto e in generale della tipologia del "teatro" si ritrova nella continuità tra sala e scena: il volume di aria è unico, e il rischio è quello di avere importanti perdite o consumi energetici eccessivi rispetto alla reale necessità.

Data la complessità della questione, il dimensionamento degli impianti ha considerato i due spazi come non comunicanti, dividendo l'aria che circola nella sala da quella della scena.

L'approfondimento impiantistico affrontato in questa parte della relazione si incentra sulla sala (spazio del pubblico), in cui è oggetto di studio il sistema di ventilazione. I temi sviluppati riguardano dimensionamento di condotti e la definizione di consumi e carichi termici.

IMPIANTI

sala teatrale

E

OBIETTIVI

Il progetto impiantistico del sistema di ventilazione della sala è stato affrontato nel rispetto della volontà progettuale architettonica. Gli elementi impiantistici sono stati definiti e disposti in modo da ottenere un progetto buono e funzionale, senza influenzare le scelte architettoniche di un ambiente dove predominano caratteri quali la qualità spaziale e acustica.

Gli obiettivi della progettazione impiantistica perciò sono stati:

- discrezione dei condotti e delle bocchette;
- insonorizzazione;
- qualità del progetto stesso.

