



MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE
E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI



E.N.A.C
ENTE NAZIONALE per
L'AVIAZIONE CIVILE

Committente Principale



AEROPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE – “AMERIGO VESPUCCI”

Opera

MASTERPLAN AEROPORTUALE 2035
INTERVENTI DI ADEGUAMENTO E OTTIMIZZAZIONE DELLE AREE TERMINALI

Titolo Documento

RELAZIONE TECNICA INVOLUCRO ARCHITETTONICO

Fase di Progetto

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

FASE	REV	DATA EMISSIONE	SCALA	CODICE FILE
PF	00	Ottobre 2022	N/A	FLR-NT-AR-RT-NA-03_Rel Tec Involucro Arch
				NOME FILE
				Rel Tec Involucro Arch

00	10/2022	Prima Emissione	Ing. Simone Miriana	Arch. D. Perri	Ing. L. Tenerani
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

COMMITTENTE PRINCIPALE		GRUPPO DI PROGETTAZIONE	SUPPORTI SPECIALISTICI	
 ACCOUNTABLE MANAGER Dott. Vittorio Fanti		 DIRETTORE TECNICO Ing. Lorenzo Tenerani	SUPPORTO PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA ACI ENGINEERING S.A. RAFAEL VIÑOLY ARCHITECTS PC	
		RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara N°631	SUPPORTO STRUTTURALE 	SUPPORTO IMPIANTI IDRICI E IDRAULICI
		PROGETTISTA ARCHITETTURA E STRUTTURE Arch. David Perri Ordine degli Architetti di Lucca N°1157	SUPPORTO IMPIANTI TERMOMECCANICI 	SUPPORTO IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI
POST HOLDER DI AREA	POST HOLDER PROGETTAZIONE AD INTERIM Dott. Vittorio Fanti	PROGETTISTA SPECIALISTICO IMPIANTI Ing. Andrea Bonciani Ordine degli Ingegneri di Firenze N°4150	SUPPORTO IDROLOGIA E IDRAULICA 	SUPPORTO PROGETTO APRON M.C.P. MASRADI CONSULTING PARTNERS Infrastructures Engineering, Technology & Consulting
	POST HOLDER MANUTENZIONE Ing. Nicola D'Ippolito	PROGETTISTA SPECIALISTICO APRON Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara N°631	GEOLOGIA SOCIETÀ D'INGEGNERIA CONSULENZE GEOLOGICHE	ARCHEOLOGIA
	POST HOLDER AREA DI MOVIMENTO Geom. Luca Ermini	PROGETTISTA VIABILITÀ E OPERE ESTERNE Arch. David Perri Ordine degli Architetti di Lucca N°1157	SUPPORTO SISTEMA BHS 	CANTIERIZZAZIONE E SICUREZZA

Contenuti della Relazione Tecnica Involucro Architettonico

1	INTRODUZIONE	3
1.1.	SCOPO	3
1.2.	SITO	5
1.3.	ELEMENTI CRITICI DEL DESIGN	7
1.4.	CODICI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO	8
2.	TIPOLOGIE DI RIVESTIMENTO ESTERNO	11
2.1.	DESCRIZIONE DEI SISTEMI	11
2.2.	EWS-101/103 FACCIATA CONTINUA	12
2.3.	EWS-103/RFS-101: FACCIATA E LUCERNARI IN ETFE	17
2.4.	EWS-201 PANNELLO SANDWICH PREFABBRICATO.....	24
2.5.	EWS-202:FACCIATA IN CALCESTRUZZO PREFABBRICATO.....	26
2.6.	RFS-201 TETTO CON GIUNTI A DOPPIA AGGRAFFATURA	29
3.	STIMA DEI COSTI	31
4.	PRESTAZIONI E CRITERI DI PROGETTAZIONE	32
4.1.	SOMMARIO DEI TIPI DI FACCIATA (EWS)	32
4.2.	CARICO STRUTTURALE	32
4.3.	PRESTAZIONI ENERGETICHE	34
5.	PROSSIMI SVILUPPI DEL DESIGN.....	39

1 Introduzione

L’edificio del terminal si svilupperà su tre piani oltre a un livello tecnico sotterraneo, il tutto coperto da un involucro architettonico verde che riprende l’iconico paesaggio toscano.

L’elemento principale della proposta progettuale è un grande involucro architettonico verde costituito da una struttura metallica che sostiene travi in cemento armato, caratterizzata da una sezione cava che ospita filari di viti autoctone che crescono nella parte superiore. La struttura, le cui travi sono intervallate da pannelli trasparenti che permettono l’illuminazione naturale degli spazi sottostanti, scorre sopra e ammantava l’intero edificio del terminal e le aree circostanti. L’atrio delle partenze è caratterizzato da un esteso sistema di facciata continua in vetro e acciaio che concede viste aperte sul piazzale e sulla pista.

La griglia strutturale della copertura architettonica è sviluppata indipendentemente dal terminal passeggeri situato al di sotto, permettendo così eventuali espansioni future degli edifici senza creare interferenze.



Figura 1. Nuovo Aeroporto di Firenze. Render

1.1. Scopo

Il seguente report copre gli aspetti ingegneristici concettuali della facciata per il progetto, comprendendo una descrizione preliminare dei tipi di rivestimento all’interno dell’attuale design dell’edificio, come delineato nei dettagli prodotti dagli architetti fino ad oggi, che continueranno ad essere discussi e sviluppati con il team di progettazione e gli appaltatori fino alla finalizzazione durante le successive fasi di progettazione e costruzione del progetto.

Si prega di fare riferimento anche alle seguenti appendici:

- Appendice A - EOC dettagli di facciata

Un processo di coordinamento è stato effettuato con l'architetto, per ciò che riguarda lo sviluppo del design dei sistemi di facciata predominanti.

Nelle pagine seguenti, alcuni prospetti marcati identificano le diverse tipologie di facciata, insieme a schizzi a mano di dettagli tipiche mostrano i principali sistemi di costruzione e le descrizioni tecniche. Le implicazioni costruttive sono state analizzate e descritte per illustrare lo sviluppo del progetto proposto e per discutere le questioni che influenzeranno il processo di progettazione nella fase successiva.

Va notato che le informazioni fornite in questo documento sono preliminari e saranno soggette a perfezionamento e modifica durante la progettazione. Pertanto, qualsiasi piano dei costi basato su queste informazioni dovrebbe contenere contingenti adeguati per consentire lo sviluppo e il coordinamento del design in corso, oltre a qualsiasi incognita e rischio associato al progetto.

La relazione è stata fornita a beneficio esclusivo di Toscana Aeroporti engineering e dei loro consulenti professionali e non deve essere utilizzata da terzi senza il permesso di EOC. Questa relazione deve essere letta insieme agli altri materiali e relazioni prodotte dal team di progettazione e non deve quindi essere considerata esclusivamente a fini decisionali.

1.2. Sito

Il sito dell'Aeroporto di Firenze si trova in via del Termine 11, nell'area individuata sulla mappa nell'immagine seguente.

Il nuovo terminal passeggeri sarà situato in un'area attualmente sottosviluppata adiacente al terminal passeggeri esistente.

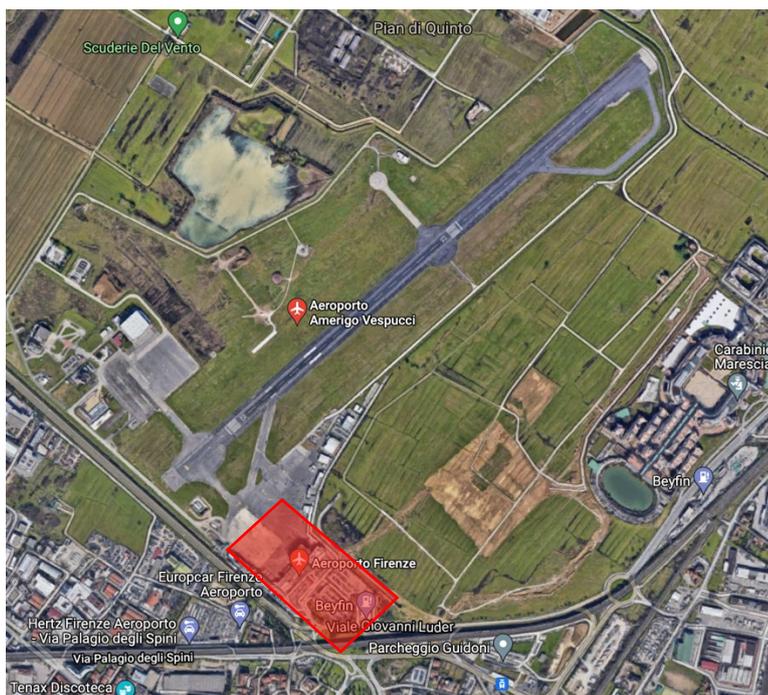


Figura 2. Rilievo Aeroporto esistente



Figura 3. Planimetria sviluppo futuro Aeroporto

1.3. Elementi critici del design

Le questioni chiave di progettazione o le sfide per l'involucro dell'edificio, da approfondire durante la fase successiva, sono:

Selezione del sistema di facciata e dei materiali di rivestimento

Un certo numero di potenziali sistemi di facciata è stato identificato come indicato nelle seguenti sezioni.

Allo stesso modo un certo numero di materiali di rivestimento è stato preso in considerazione per assicurare una durata adeguata e che l'estetica sia soddisfatta. I metodi di valutazione sono approfonditi nelle seguenti sezioni.

La profondità del sistema e lo spessore del materiale sono influenzati anche dai carichi del vento e dalle prestazioni termiche da soddisfare.

Design dell'involucro trasparente

Il design delle vetrate comprende una serie di questioni tecnicamente impegnative da risolvere, rispettando al contempo l'intento architettonico. Questi includono il rispetto delle prestazioni tecniche, la sostituzione in caso di rottura, la conformità delle dimensioni e della forma ai requisiti del produttore.

I futuri step richiedono il coordinamento con lo studio impiantista per stabilire le prestazioni energetiche dei vetri, dettate dal valore di g-value e dalla tipologia di coating selezionato.

Coordinamento con la struttura

Il coordinamento dei dettagli del bordo della facciata continua con le travi principali della struttura è fondamentale per gestire eventuali ponti termici, che saranno risolti durante la prossima fase di design.

Acustico

Potenziali problemi acustici dovuti alla vicinanza di strade ad alto traffico e alla pista di decollo dell'aeroporto, andranno sviluppati durante la prossima fase di design.

Requisiti di resistenza al fuoco/ resistenza ad esplosioni

Questi aspetti, comuni in questo tipo di strutture verranno approfonditi nelle seguenti fasi di progettazione.



Figura 4. Nuovo Aeroporto di Firenze. Render

1.4. Codici e normative di riferimento

Tutti gli aspetti ingegneristici del progetto sono in accordo con le NTC Italiana, gli Eurocodici e i CWTC standard. Se dovesse esserci una discrepanza, l'appaltatore dovrebbe avvisare il team di progettazione e prendere in considerazione il caso più oneroso.

Le seguenti linee guida vengono prese come riferimento:

Regolamento edilizio italiano

Generale

- UNI EN 1990: 2006: Criteri di progettazione strutturale

Carichi

- UNI EN 1991-1-1:2002 Eurocodice1: Azioni sulle strutture – Parte 1-1: Criteri generali di progettazione strutturale
- UNI EN 1991-1-3: 2003 Eurocode 1: Azioni sulle strutture – Parte 1-3: Azioni generali- Carichi da neve
- UNI EN 1991-1-4:2010 Eurocode 1: Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni generali- Azioni del vento

- UNI EN 1991-1-5:2003 Eurocode 1: Azioni sulle strutture – Parte 1-5: Azioni generali– Azioni termiche

Acciaio e acciaio inossidabile

- UNI EN 1090:1-2012: Esecuzione di strutture in acciaio e in alluminio. Parte 1: Requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali
- UNI EN 1993-1-1:2014: Eurocodice 3: Progettazione delle strutture in acciaio- Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1993-1-4:2021: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-4: Regole generali - Regole supplementari per acciai inossidabili

Alluminio

- UNI EN 1090-3:2019. Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-4: Regole generali - Regole supplementari per acciai inossidabili
- UNI EN 1999-1-1:2007 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-4: Regole generali - Regole supplementari per acciai inossidabili

Vetro

- UNI EN 1863- Tutte le parti: Vetro per edilizia - Vetro di silicato sodocalcico indurito termicamente
- UNI EN 14179- Tutte le parti: Vetro per edilizia - Vetro di sicurezza di silicato sodocalcico temprato termicamente e sottoposto a “heat soak test”
- UNI EN ISO 12543- Tutte le parti: Vetro per edilizia - Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza
- UNI EN 1279- Tutte le parti. Vetro per edilizia - Vetrate isolanti
- UNI EN 12600: 2004: Vetro per edilizia - Prova del pendolo - Metodo della prova di impatto e classificazione per il vetro piano
- UNI EN 1036-2:2008: Vetro per edilizia - Prova del pendolo - Metodo della prova di impatto e classificazione per il vetro piano
- UNI 10805:1999: Ringhiere, balaustre o parapetti prefabbricati - Determinazione della resistenza meccanica a carico statico di colonne e colonne-piantone.

Facciate continue, finestre e porte

- UNI EN 13830:2020. Facciate continue - Norma di prodotto
- UNI EN 13051:2002. Facciate continue - Tenuta all'acqua - Prova in sito
- CWCT Standards
- CWCT Technical notes
- UNI EN 12207: 2017. Finestre e porte - Permeabilità all'aria - Classificazione
- UNI EN 12208: 2000. Finestre e porte - Tenuta all'acqua - Classificazione
- UNI EN 12210: 2000. Finestre e porte - Resistenza al carico del vento - Classificazione

Performance termiche

- UNI EN ISO 6946: 2018: Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodi di calcolo
- UNI EN 673: 2011 Vetro per edilizia - Determinazione della trasmittanza termica (valore U) - Metodo di calcolo
- UNI EN ISO 10077: Tutte le parti. Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica
- UNI EN ISO 10211:2007 – Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Calcoli dettagliati
- UNI EN ISO 13788:2012. Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e la condensazione interstiziale - Metodi di calcolo

Normative antincendio

- DM 25/01/2019: Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro

2. Tipologie di Rivestimento esterno

2.1. Descrizione dei sistemi

I principali sistemi di facciata presenti nel progetto vengono riportati nella seguente tabella ed evidenziati nell’ Allegato A alla fine del documento.

Codice di Riferimento	Descrizione del sistema	Chiave
EWS-101	Facciata continua inclinata	
EWS-102	Facciata continua d'ingresso	
EWS-103	Facciata inclinata ETFE	
EWS-201	Pannello sandwich prefabbricato	
EWS-202	Facciata in calcestruzzo prefabbricato	
RFS-101	Lucernario in ETFE	
RFS-201	Tetto con giunit a doppia aggraffatura	

Ulteriori descrizioni, dettagli e prestazioni dei sistemi sono riportati nella sezione successiva di questo documento.

2.2. EWS-101/103 Facciata continua

Studio e principi del design

Dall’analisi del progetto architettonico sono state individuate due principali tipologie di facciate continue, che si differenziano sia per altezza che per forma.

La EWS-101 è la facciata principale, di fronte all’airside. È costituita da una facciata continua inclinata, con montanti di 6m inclinati di 28° rispetto alla verticale. Il passo tra i montanti è di 3m e sono ricorrenti sia sulla facciata piu’ esterna che quella adiacente al ponte nel centro dell’edificio.



Figura 5. EWS-101: Facciata continua inclinata. Render facciata inclinata, lato airside.

La seconda tipologia, meno estesa, è la EWS-102: facciata continua d’ingresso. Questa è una facciata montanti e traversi di altezza massima 3m e passo tra i montanti da definire nelle prossime fasi progettuali.

Una sezione tipica riferita a questa tipologia è riportata nell’immagine seguente.

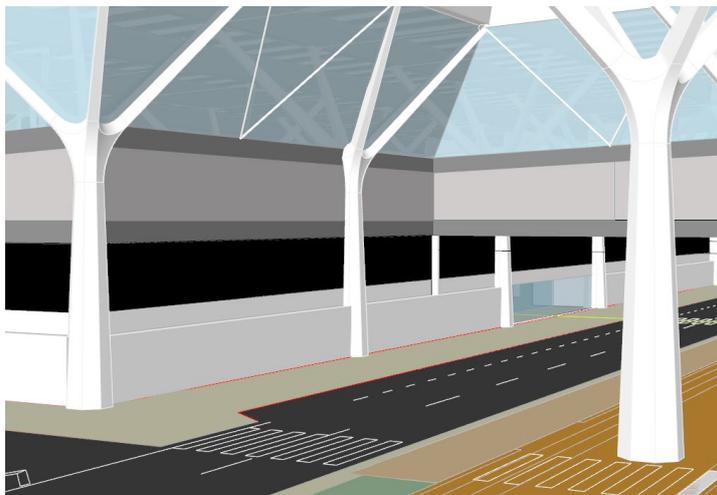


Figura 6. EWS-102: Facciata continua d'ingresso. Render facciata continua di ingresso, adiacente al ponte.



Figura 7. Nodo tipologico facciata continua montanti e traversi

Design strutturale

Per la facciata EWS-101 sono state proposte due sezioni alle quali puo' essere facilmente integrato il sistema di facciata conitnua, tramite il sistema add-on mostrato in figura.

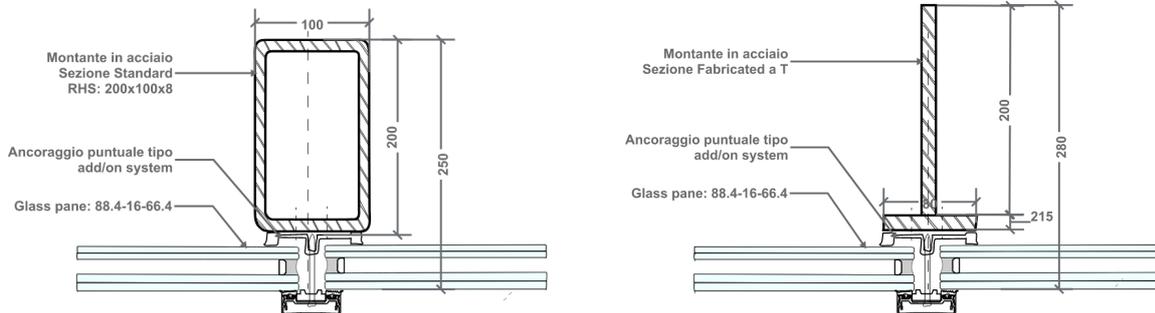


Figura 8. Sistemi di supporto vetro. Add-on system con montanti in acciaio a cui è ancorata la facciata continua tipo montanti e traversi.

Dal punto di vista strutturale, la dimensione del montante è influenzata dall'altezza e il passo tra i montanti. La maggiore sollecitazione che i montanti devono essere in grado di resistere è rappresentata dal vento con una forza in depressione di -2.1kPa .

Inoltre, a causa dell'inclinazione della facciata, anche il peso del vetro costituisce un vincolo progettuale. La stratigrafia del vetro preso in considerazione è: 88.4-16-66.4, con uno spessore totale di vetro di 28mm.

Modellando le diverse geometrie su software di calcolo FEM è stato possibile calcolare la deformazione e gli stress massimi, secondo Eurocodice1. Vedi Sezione 3 per prestazioni e limiti di deformazione. Nella seguente figura, viene raffigurato il grafico delle deformazioni per il sistema EWS-101.

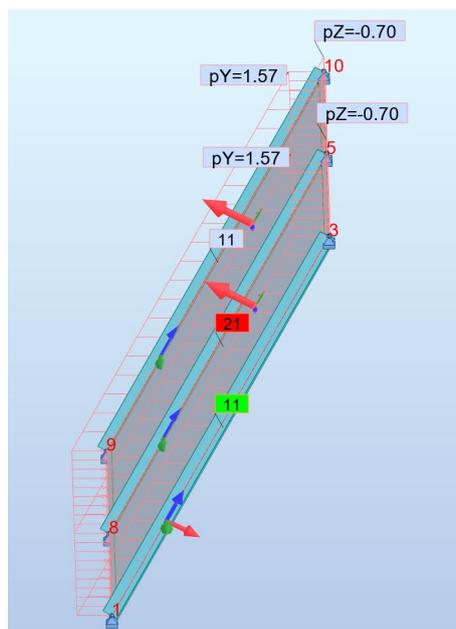


Figura 9. EWS-101: Facciata continua inclinata, $h=6\text{mm}$. Diagramma dei carichi e deformazioni, sezioni standard

Si è cercato innanzitutto di utilizzare dei profili in acciaio standard, che sarebbero più economici. La sezione standard proposta è un RHS 200x100x8. Eventualmente, per renderli più sottili, è possibile utilizzare dei profili fabbricati a T con uno spessore dell'anima maggiore, da 15mm. Entrambe le sezioni sono riportate in Figura 8.

Riferimenti progettuali

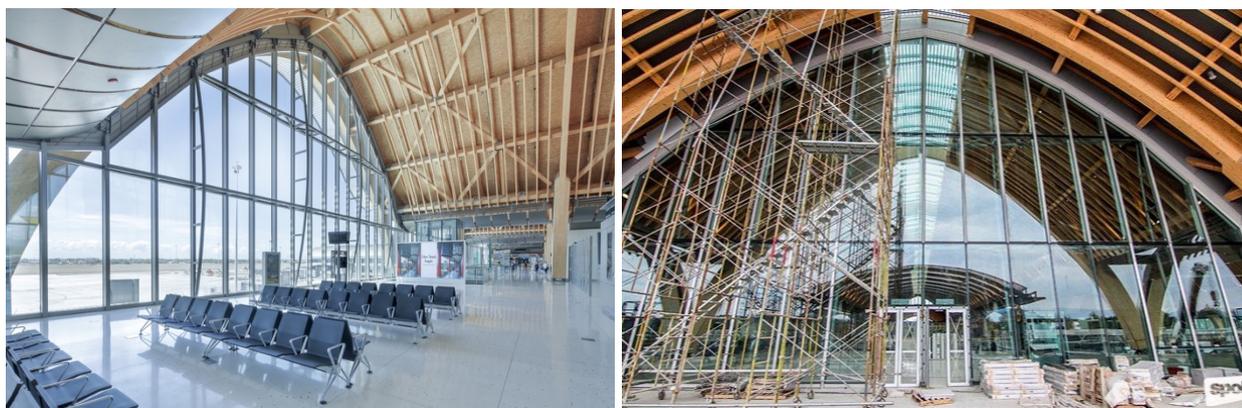


Figura 10. Mactan Cebu International Airport- Facciata continua

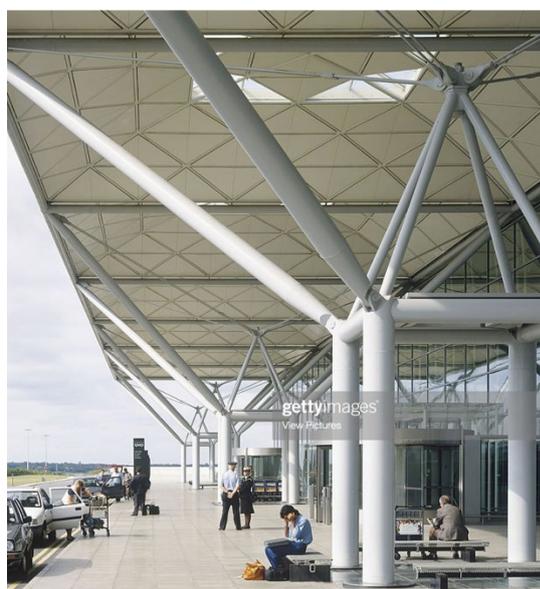


Figura 11. Stansted Airport, Londra



Figura 12. Aeroporto di SanPietroburgo, Grimshaw Architects

2.3. EWS-103/RFS-101: Facciata e lucernari in ETFE

Per il design della facciata triangolare e dei lucernari è stato proposto l'uso delle membrane ETFE.

La facciata inclinata è suddivisa in macro-triangoli che seguono la disposizione delle travi primarie ad albero.

Le travi perimetrali, che formano i triangoli intermedi tra la struttura principale, sono lunghe 12m e hanno una sezione standard di CHS 244.5x16.

L'area totale di facciata è di 7500m² divisi per 166 triangoli distribuiti lungo il perimetro della struttura.

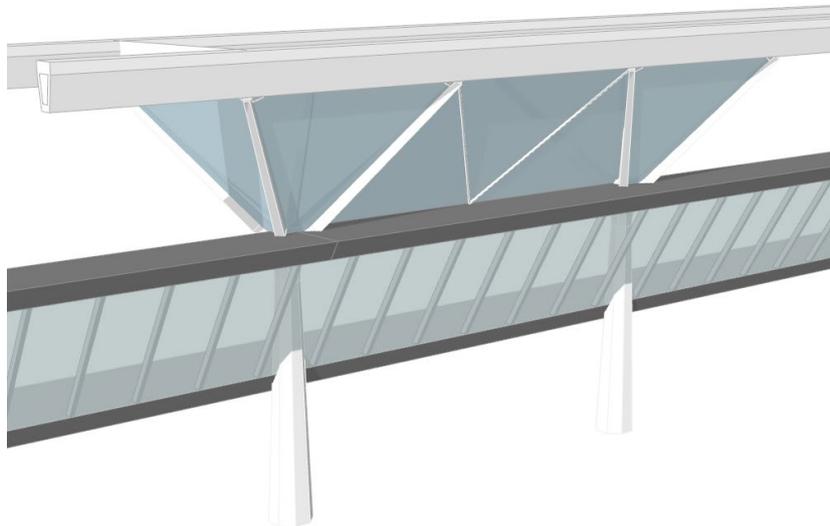


Figura 13. Modello facciata EWS-103 Facciata inclinata ETFE

La tecnologia proposta costituisce in quasi tutte le aree la linea termica della facciata; per questo motivo, un'analisi termica più dettagliata verrà eseguita nelle prossime fasi progettuali. Sarà necessario, in particolare, garantire il mantenimento dell'isolamento all'aria e all'acqua.

La larghezza massima della membrana ETFE è di 3.5m, e la lunghezza massima dei rotoli prodotti è di 25m. Questi possono essere uniti per formare cuscinetti di dimensioni anche maggiori, come in questo caso

specifico. ETFE è uno dei materiali da copertura piu' leggeri e trasparenti. Grazie al basso coefficiente di attrito sulla sua superficie, la polvere e lo sporco non si depositano sul film. Dato che la membrana è trasparente ai raggi UV, questo non perdera' la colorazione e non perde le proprie proprieta' strutturali. ETFE puo' anche essere riciclato.

Applicandolo con un doppio strato, la membrana ETFE incorpora un sistema pneumatico che mantiene l'aria tra i due strati di membrana, aderenti ad un estruso in alluminio e supportato da una struttura che crea un cuscino gonfiato. Questi cuscini sono riempiti con aria a bassa pressione, che prova l'isolamento termico e la stabilita' strutturale contro il vento e la neve. Per aumentarne le prestazioni energetiche è possibile includere tra i 4 e 5 strati ETFE.

Di seguito vengono riportate le principali caratteristiche.

- **Trasmissione della luce:** le membrane ETFE possono essere altamente trasparenti (da 90% a 95%)
- **Controllo della trasmissione solare/schermature:** le membrane ETFE possono incorporare diversi tipi di serigrafia, su uno o piu' strati, per modificare le loro performance solari. Il foglio è stampato con diversi pattern standard o customizzati.

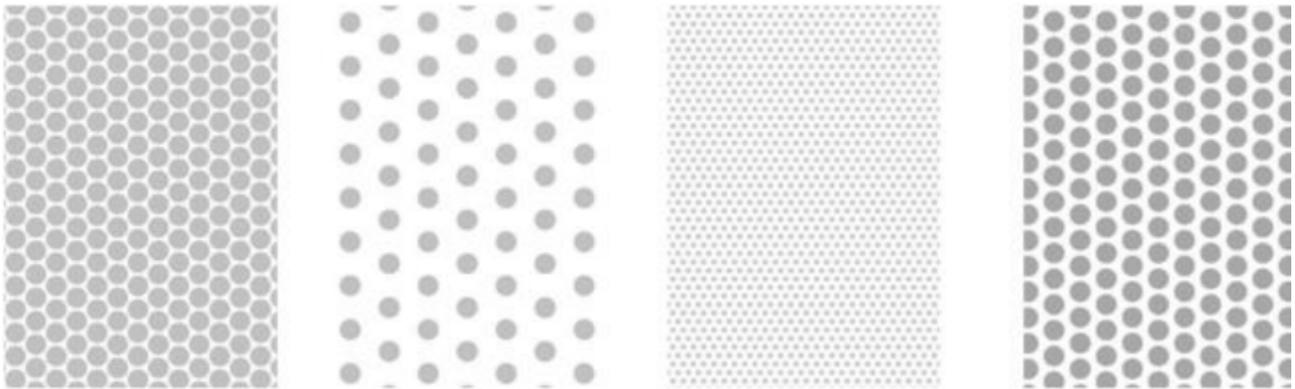


Figura 14. Esempi di serigrafatura di ETFE

- **Durabilita':** non si degrada sotto l'effetto dell'inquinamento atmosferico, di raggi UV, di prodotti chimici aggressivi o sbalzi di temperatura estremi
- **Acustica:** la membrana di ETFE ha approssimativamente il 70% della trasmissione acustica
- **Performance termiche:** Comparabile alla resistenza del vetro, per aumentare le sue performance termiche è possibile sovrapporre piu' strati del sistema. Per un triplo o quadruplo strato di sistema pneumatico, piu' strati di membrana sono unite in un pannello che viene gonfiato con aria a bassa pressione per stabilizzare la membrana e garantire le performance termiche del sistema.
- **Manutenzione/Pulizia:** A causa delle proprieta' non adesive della superficie di ETFE, il deposito di polvere, sporcizia e detriti non si attaccano e sono lavate della pioggia in un effetto 'auto-pulente'. Nonostante cio', come per i suoi componenti meccanici e necessario eseguire delle ispezioni annuali.

Allineamento alla struttura

Un altro aspetto da tenere in considerazione durante la progettazione è l'allineamento con la struttura principale, voluta dall'architetto. Quest'ultima, infatti, è costituita da delle travi rettangolari in calcestruzzo disposte a forma di piramide. Esse, trovandosi all'interfaccia tra ambiente interno ed esterno, costituiscono un importante ponte termico che deve essere attentamente valutato.

Allineamento del cuscino di ETFE con asse della trave.

In questo modo, nel caso delle travi principali queste verranno rivestite da una facciata ventilata in alluminio che permette di isolarla termicamente. Al contrario nel caso delle travi secondarie (CHS 168), la connessione sarà ad un piatto in acciaio continuo sul fronte della trave, in modo da mantenere l'allineamento alla struttura primaria. Le seguenti figure riportano una sezione orizzontale tipica del giunto, nelle due diverse configurazioni.

La connessione tra i due elementi deve essere valutata attentamente nelle prossime fasi di progettazione.

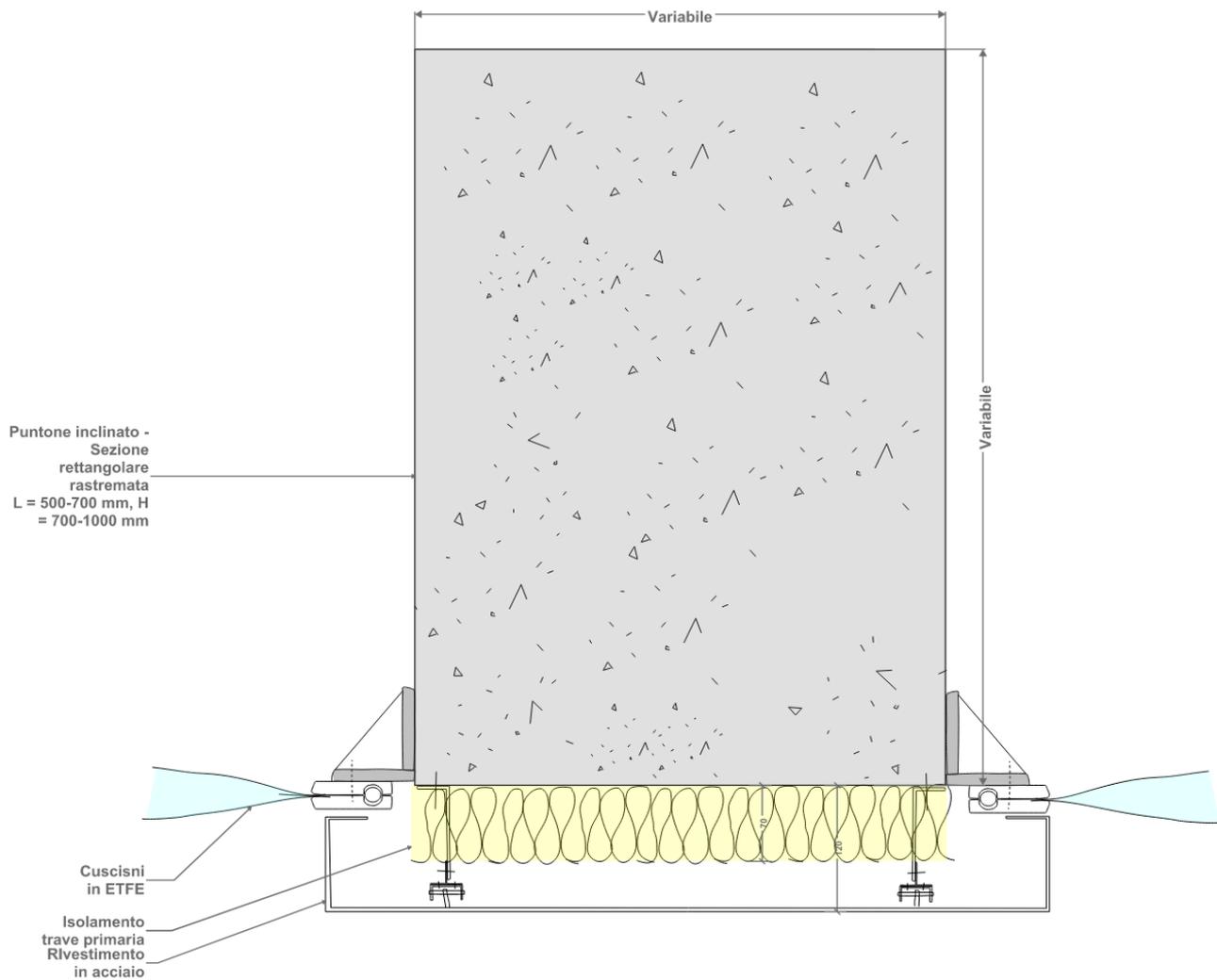


Figura 15. Giunto di connessione tra cuscini in ETFE e struttura primaria in calcestruzzo.

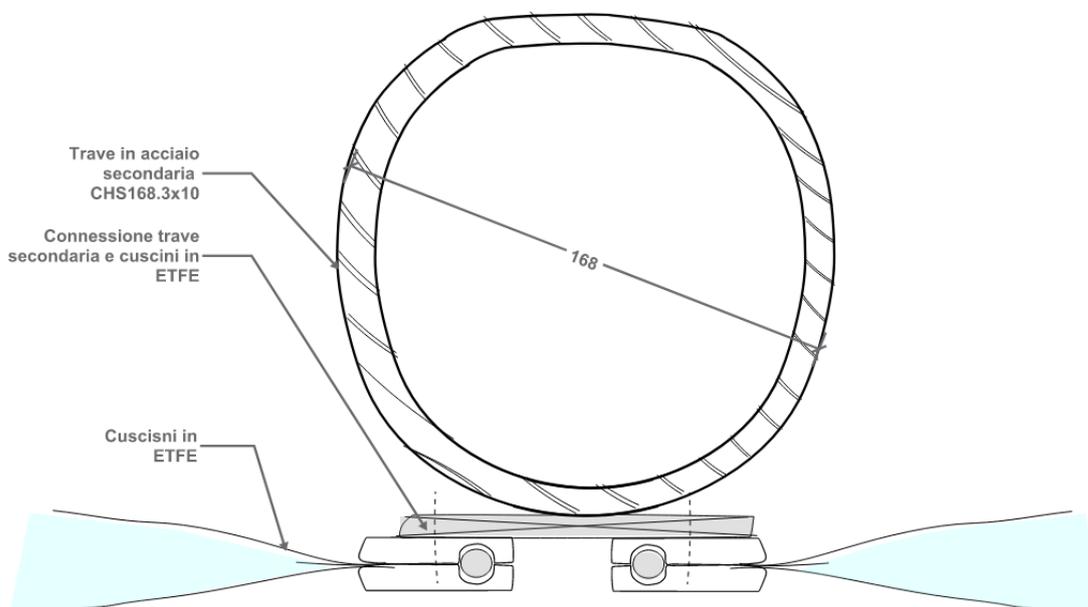


Figura 16. Giunto di connessione tra cuscini in ETFE e struttura secondaria in acciaio.

Riferimenti progettuali

Cuscini ETFE



Figura 18- Canary Whorf Crossrail Station, London



Figura 18. Lyon Confluence, France

Fogli ETFE



Figura 20. Eager Park, Baltimore.



Figura 20. Highbrook Business Park, Auckland

2.4. EWS-201 Pannello sandwich prefabbricato

La parte opaca della facciata è costituita da un pannello di metallo composito con isolamento in lana di roccia, fissato ad una staffa di acciaio secondaria ancorata di fronte alla trave primaria della struttura.

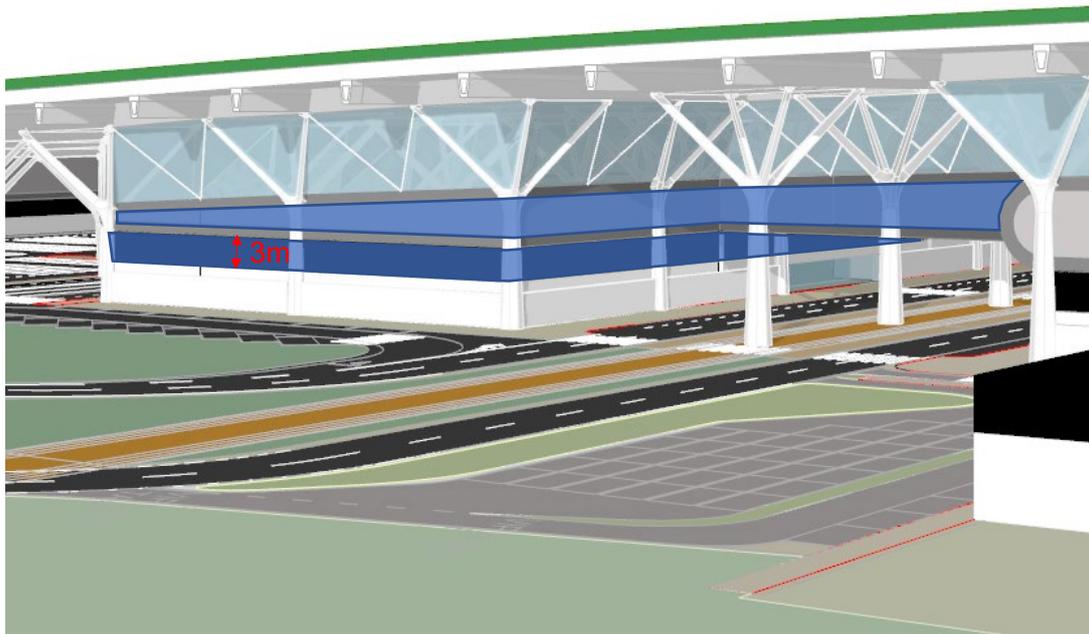
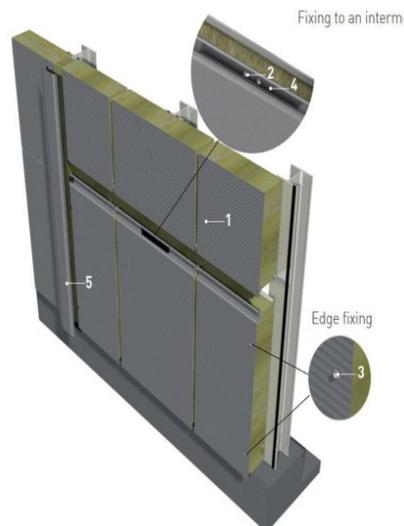


Figura 21. EWS-202: Pannello sandwich prefabbricato. Mark up della facciata

I pannelli tipici hanno una dimensione di massima 3m in altezza e 1.2m in larghezza, e sono ancorati con fissaggi intermedi in grado di resistere al carico orizzontale del vento.



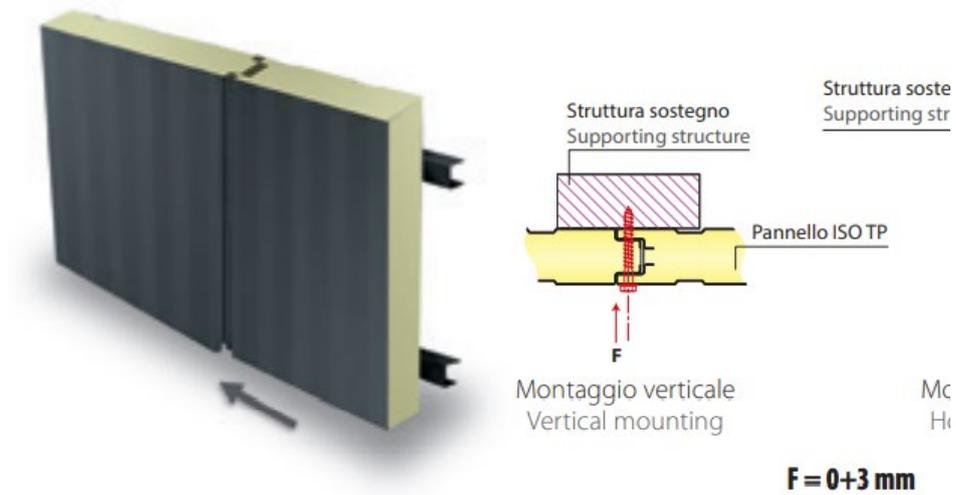


Figura 22. EWS-201: Pannello sandwich prefabbricato. Dettaglio tipolo

2.5. EWS-202: Facciata in calcestruzzo prefabbricato

Il design prevede una facciata opaca in calcestruzzo prefabbricato al piano terra. Questo tipo di pannelli sono in genere progettati come elementi auto-portanti in acciaio che possono essere sia supportati alla base (condizione tipica) o appesi (condizione speciale).

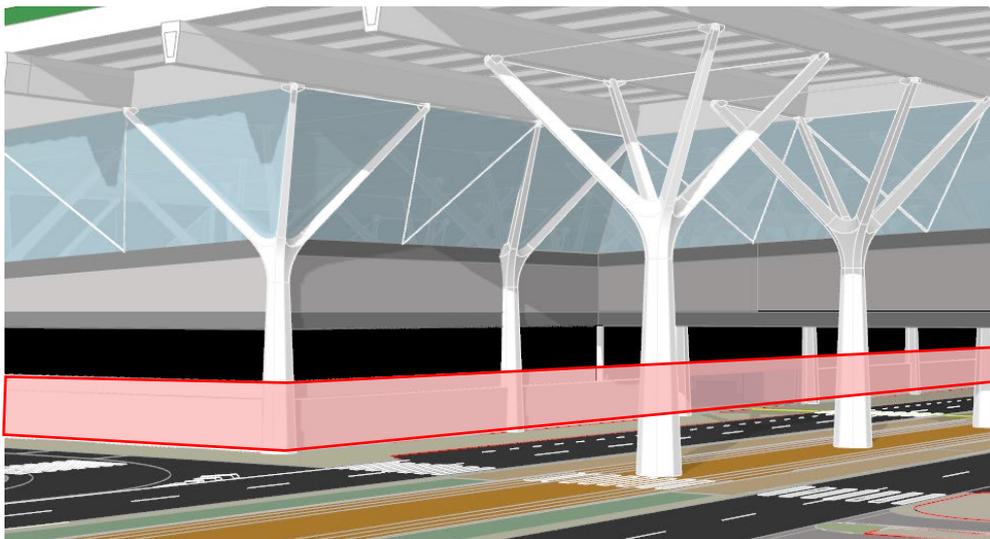


Figura 23. EWS-202: Facciata in calcestruzzo prefabbricato. Mark up di facciata

Da un punto di vista strutturale, i pannelli prefabbricati sono in genere progettati come una trave su due appoggi, che richiede una cerniera per supportare il peso proprio e un vincolo per i movimenti fuori dal piano alla base.

La dimensione massima è di 4mx12m, definito principalmente dai limiti di trasporto e peso. Lo spessore minimo strutturale è di 150mm per assecondare due strati di barre di acciaio e la protezione del bordo in cemento.

Produzione

Le unità prefabbricate vengono gettate in degli stampi individuali, che sono in genere fatte in legno o acciaio a seconda della complessità e il numero di moduli che si ripetono. Il processo di colatura è simile al processo eseguito in situ, con un'attenta vibrazione che è eseguita per compattare il cemento e garantire una forza ottimale, durabilità, aspetto e avere controllo delle crepe. La sformatura è normalmente effettuata una volta che il cemento ha ottenuto una resistenza minima di 15 N/mm². È possibile sformare il pannello anche con una resistenza minore, ma è necessaria speciale attenzione per garantire che il pannello non sia danneggiato durante il processo.

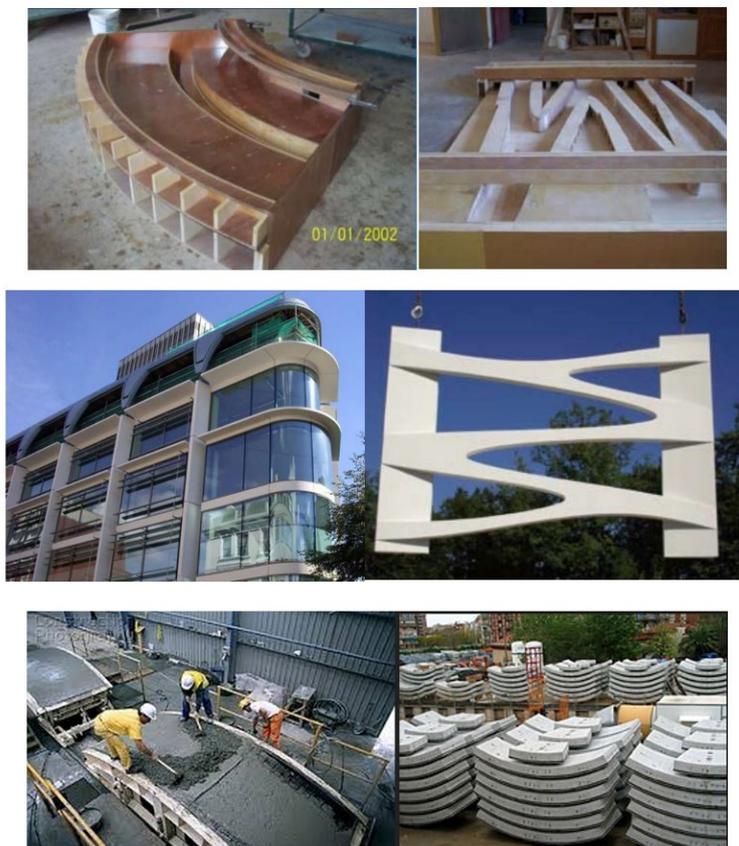


Figura 24. Esempi di pannelli in calcestruzzo prefabbricato

La produzione dello stampo in cemento prefabbricato puo' contribuire significativamente al costo, in particolare c'è un limite di ripetizioni della geometria del pannello.

Finitura

Il finishing del pannello verra' discusso piu' in dettaglio nelle prossime fasi progettuali.

Alcune opzioni con i relativi costi sono riportati nella seguente tabella.

Criteria	Finish					
	Acid etching	Sand/grit blasting	Surface retarding	Polished and honed	Formwork	Tooling
Cost	€	€-€€	€€€	€€€€	€€€€€	€€€€€€
Texture	Medium smooth	Medium smooth to medium rough	Medium smooth to medium rough	Very smooth	As designed	Very rough

Trasporto

In generale, gli elementi trasportati orizzontalmente possono utilizzare camion con rimorchi piani che possono arrivare a 13m di lunghezza (massima larghezza di 2.55m) , quelli trasportati verticalmente possono

utilizzare camion con altezza massima di 3.7m di pannello e una lunghezza massima di 8m. In casi particolari, possono essere trasportati anche elementi di dimensioni maggiori, ma è fortemente sconsigliato.



Figura 25. Esempi di camion per il trasporto

2.6. RFS-201 Tetto con giunti a doppia aggraffatura

Il tetto delle ali del terminal esterne al tetto del vigneto sarà progettato per seguire una forma curva, mantenendo un aspetto da capannone industriale.

Per semplicità e velocità di costruzione, per il tetto delle ali è stato proposto un tetto con giunti a doppia aggraffatura.



Figura 26. Porzione laterale esterna dell'edificio con copertura RFS-201

Il sistema del tetto con giunti a doppia aggraffatura comprende pannelli ripiegati in alluminio che coprono lana di roccia, per ottenere prestazioni termiche, e una membrana di controllo del vapore.

I pannelli di alluminio sono piegati su una clip di supporto per formare l'aggraffatura verticale. La clip viene poi fissata meccanicamente alla lamiera grecata attraverso la membrana e il pannello truciolare di cemento, se presente.

Il sistema sarà ulteriormente sviluppato durante le prossime fasi di progettazione.

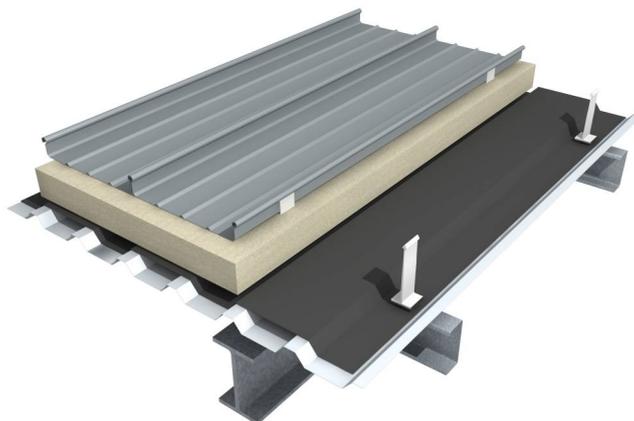


Figura 27. RFS-201: Tetto con giunti con doppia aggraffatura. Stratigrafia

3. Stima dei costi

Seguendo la classificazione dei sistemi di facciata evidenziata nei capitoli precedenti è stato possibile valutare i costi dei differenti sistemi di facciata. I costi parziali e totali delle diverse tecnologie sono riportati nel relativo documento con il seguente codice 035-FLR-NT-GE-EA-NA-07_Stima Econ Dettaglio.

4. Prestazioni e criteri di progettazione

4.1. Sommario dei tipi di facciata (EWS)

Vedi Appendice A – Tabella prestazioni di facciata

4.2. Carico strutturale

Carico permanente

Il rivestimento esterno deve trasmettere in modo sicuro tutti i carichi permanenti specificati che possono essere applicati alla struttura dell'edificio attraverso i punti di supporto previsti a tale scopo.

Il rivestimento esterno deve essere in grado di sopportare i seguenti carichi permanenti senza alcuna riduzione delle prestazioni:

Il carico proprio del rivestimento esterno deve essere assorbito localmente e senza causare deflessioni o movimenti che interessano il pannello di riempimento e/o il vetro.

I carichi permanenti specificati derivati da impianti permanenti o servizi attaccati alle superfici interne o esterne.

I carichi permanenti specificati, compresi i carichi dovuti a infissi e accessori, agiscono in concomitanza con il carico massimo del vento.

Carico da vento

La facciata deve essere progettata per sostenere i carichi del vento e trasmetterli in modo sicuro alla struttura portante senza sovraccaricare o deformare permanentemente nessuno dei suoi componenti. I carichi di progetto devono essere conformi con ISO EN 1991 -1-4:2005.

Carico da neve

I carichi da neve o ghiaccio devono essere assorbiti senza pregiudicare l'integrità strutturale complessiva e le prestazioni del sistema.

I carichi devono essere calcolati dall'appaltatore della facciata in conformità alla ISO EN 1991-1-3.

Carichi termici

L'azione termica negli elementi di costruzione deve essere verificata in conformità con ISO EN 1991-1-5 Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Azioni generali. Azioni termiche.

Il movimento termico della struttura deve essere sopportato senza sovrassollecitazioni dei componenti, instabilità, rottura dei sigillanti, apertura o chiusura totale dei giunti e qualsiasi altro effetto dannoso.

Il vetro è soggetto alla frattura da shock termico, a seconda di fattori quali l'orientamento del vetro, l'assorbimento/riflessione del rivestimento, l'angolo, l'ombreggiatura, le tende interne/esterne e i telai. La resistenza del vetro allo shock termico può essere aumentata

La resistenza del vetro agli shock termici può essere aumentata in modo significativo con il rafforzamento termico o aumentata ulteriormente con l'irrobustimento del vetro.

Carichi climatici nelle cavità del vetro

In assenza di una norma ISO o EN, si utilizza la norma DIN 18008-1:2010 per determinare i carichi climatici nelle cavità delle vetrate isolanti.

Carichi d'impatto

I sistemi devono resistere a tutti i carichi d'impatto specificati, o ai carichi d'impatto trasferiti, che si verificano durante la loro vita utile, senza deterioramento delle loro prestazioni e senza subire danni non riparabili. Questo include piccoli oggetti appuntiti o morbidi/pesanti che cadono dalle parti più alte dell'edificio o dal personale di manutenzione.

Carichi per manutenzione

Tutte le grondaie, le coperture o le superfici piane e quasi piane del tetto devono essere progettate per sostenere i carichi di accesso e di pulizia senza danni.

Carico di barriera

Quando i sistemi di facciata (vetro, elementi dell'intelaiatura e sistemi di schermatura solare quando si trovano davanti a elementi di apertura a tutta altezza) sono accessibili alle persone, i carichi di barriera devono essere considerati secondo la ISO EN 1991-1-1 e l'allegato nazionale senza alcuna riduzione delle prestazioni.

Un carico lineare orizzontale uniformemente distribuito dovuto agli occupanti, che agisce a un'altezza di 1100 mm sopra il livello finito del pavimento interno:

- 3.0 kN/m per aree suscettibili di grandi folle come bar, punti di assemblaggio ecc.
- 1,50 kN/m per le aree in cui le persone si possono riunire come ristoranti, caffè, aree di vendita al dettaglio, ecc.
- 0,74 kN/m per aree non suscettibili di sovraffollamento come uffici e sale intuitive, sale di lettura, scale, balconi esterni, bordi dei tetti ecc.

Questi carichi non includono alcun fattore di sicurezza.

Combinazioni di carico

Il rivestimento sarà progettato per le combinazioni di carico richieste dall'attuale CWCT - Parte 2 (Carichi, fissaggi e movimenti) che è in linea con ISO EN 1991-1-4:2005.

Movimenti e tolleranze

I dettagli del sistema di facciata e le giunzioni saranno sviluppati durante la prossima fase di design con con l'ingegnere strutturista per adattarsi ai movimenti e alle tolleranze della struttura.

Movimenti termici/umidità

Le nuove pareti in muratura dovranno considerare i movimenti termici e conformarsi ai codici di pratica standard a questo proposito. In questa fase iniziale di progettazione, si presume un movimento di 1 mm/m e dovrebbe essere considerato nel dimensionamento dei giunti di movimento.

4.3. Prestazioni energetiche

Prestazioni termiche

I valori U dei diversi sistemi di facciata identificati sono stati valutati in via preliminare sulla base dell'attuale intento di progettazione architettonica e delle soluzioni tecniche considerate per i tipi di rivestimento analizzati.

I diversi tipi di sistemi di facciata sono stati studiati durante la fase di design corrente sulla base di un tipico sistema Schueco. Ulteriori indagini dettagliate sulle prestazioni saranno effettuate nella prossima fase.

Il disegno attuale suggerisce di dividere l'ambito della facciata del progetto nei pacchetti indicati nella tabella allagata.

Si suggerisce che i requisiti di prestazione termica siano specificati separatamente per i pacchetti. Questo approccio è considerato vantaggioso anche per determinare i diversi “valori U dei pacchetti di facciata” da specificare durante il processo di gara. Si noti che i requisiti di prestazione forniti in questa sezione sono soggetti a conferma dopo lo sviluppo del progetto tecnico della facciata. Infatti, pur fornendo un'indicazione iniziale affidabile, questi sono fortemente dipendenti dalle soluzioni tecniche adottate per i diversi tipi di rivestimento e saranno aggiornati e rivisti - se necessario - durante la fase successiva, in coordinamento con l'ingegnere di servizio.

Tuttavia, va detto che questi valori sono basati su valutazioni iniziali e saranno soggetti a modifiche man mano che il progetto si sviluppa. Un accurato lavoro di coordinamento dovrà essere svolto nella fase successiva con l'ingegnere M&E al fine di informare il modello energetico, assicurando che questi siano pertinenti alla prestazione termica della facciata valutata.

Valore G

Il valore g non è stato ancora coordinato con l'ingegnere meccanico e sarà discusso in dettaglio durante la prossima fase.

Permeabilità all'aria dell'edificio

La progettazione dei sistemi di facciata garantirà una sufficiente tenuta d'aria quando i sistemi sono in posizione chiusa. Il sistema di facciata, compresi tutti i giunti tra esso e le altre opere, sarà progettato per prevenire il flusso d'aria incontrollato attraverso i giunti e le interfacce dei sistemi di rivestimento, nell'interesse di:

- Comfort degli occupanti.
- Limitazione della perdita di calore
- Prestazioni acustiche e riduzione del rumore del vento
- Minimizzazione dell'ingresso della polvere

Questo al fine di consentire un'efficiente strategia ambientale complessiva, allineata con le ipotesi di progettazione MEP e con le migliori pratiche di progettazione a basso consumo energetico. L'intento di assegnare i livelli di tenuta all'aria serve anche allo scopo di definire, controllare e mettere in funzione sufficientemente definire, controllare e mettere in funzione le zone ambientali.

Si raccomanda di adottare il seguente valore per i tassi di permeabilità all'aria:

- Facciate vetrate: 1.5 m³/h/m² @ 50Pa
- Parete solida: 3.0 m³/h/m² @ 50Pa

Tenuta all'acqua

Il sistema di facciata sarà progettato per essere adeguatamente impermeabile, sia attraverso l'impermeabilizzazione diretta delle pareti che attraverso il drenaggio controllato delle pareti o dei sistemi. La strategia di impermeabilizzazione dipende dall'opzione di facciata scelta e dal suo approvvigionamento,

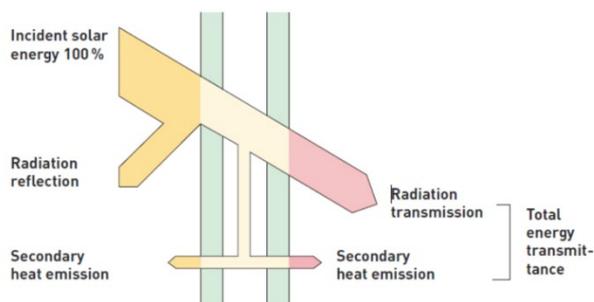
quindi sarà sviluppata nella fase successiva. Tuttavia, il sistema scelto sarà progettato per essere robusto e compatibile con i sistemi adiacenti.

Illuminazione diurna e controllo solare

L'uso della luce naturale è un fattore chiave per la progettazione dei sistemi di finestre e porte in questo progetto. L'equilibrio tra vista, luce diurna e controllo del calore solare è solitamente critico nella progettazione dei sistemi di vetrate.

I valori precisi dipendono dalla scelta dei rivestimenti, dalla costruzione del vetro e dai requisiti visivi dell'architetto.

La selezione del valore g avrà un impatto sulla trasmittanza luminosa prevista, con un massimo del 60%, che in funzione del tipo di rivestimento e dell'aspetto desiderato può essere ridotto al 50%.



Fuoco e fumo

La strategia antincendio specifica dell'edificio è stabilita dall'ingegneri antincendio.

Si raccomanda che:

- materiali a combustibilità limitata (classe A1 e A2 secondo BS EN 13501).

Come concordato con il resto del team di progettazione, nella strategia di facciata per i diversi tipi di facciata viene proposto solo l'isolamento in lana di roccia. Le membrane devono essere dettagliate per proteggere il più possibile da possibili fonti di incendio. Si deve fare attenzione a non creare ponti di fuoco sopra le chiusure tagliafuoco delle cavità.

Devono essere forniti certificati di prova per dimostrare che tutti i materiali soddisfano i requisiti di cui sopra. Fornire una conferma scritta da parte del produttore di barriere / chiusure tagliafuoco per cavità che accetti i dettagli proposti e l'uso dei loro prodotti.

Prestazioni acustiche

Le prestazioni acustiche saranno coordinate durante la prossima fase.

Requisiti di sicurezza del vetro

Considerazioni sul design:

- Il vetro dovrà soddisfare i criteri di prestazione con le seguenti considerazioni:
- Sicurezza in caso di rottura accidentale
- Resistenza strutturale e deflessione
- Acustica
- Compatibilità dei rivestimenti per l'isolamento termico e/o il controllo solare
- Qualità visiva
- Coerenza visiva tra aree con diversi requisiti prestazionali
- Resistenza agli urti (es. balaustre)

Sicurezza del vetro

L'intento progettuale è quello di utilizzare vetro laminato, a meno che non sia specificamente richiesto per scopi strutturali, o se si prevedono rischi di shock termico.

Anche se il vetro temperato è strutturalmente più forte del vetro non trattato, non fornisce una forza residua significativa dopo la rottura e può rompersi per ragioni diverse dall'impatto.

Il vetro laminato è raccomandato in quanto è privo delle imperfezioni visive che derivano dal processo di tempra ed evita il rischio di rottura spontanea dovuta alle inclusioni di solfuro di nichel.

Sicurezza

Nessuna informazione sulla sicurezza è stata ricevuta o esaminata. Questo sarà ulteriormente investigato durante la prossima fase.

EOC prevede che i sistemi di porte e finestre ritenuti accessibili (cioè al piano terra, ai livelli del podio e potenzialmente a un livello superiore) avranno un requisito RC3 e potenzialmente un requisito più rigoroso a causa della natura pubblica degli ingressi.

Esplorazione di bombe

In questa fase non è stato evidenziato alcun requisito per le esplosioni. Un'ulteriore revisione con il consulente per la sicurezza sarà studiata durante la prossima fase.

Durabilità dei materiali

I componenti primari come definiti nello Standard CWCT, Sezione 7.2.4, devono avere una vita utile prevista non inferiore alla vita di progetto dei sistemi di involucro, senza la necessità di alcuna manutenzione oltre alla regolare pulizia (inclusi i componenti strutturali, componenti accessibili e non accessibili).

I componenti secondari come definiti nello Standard CWCT, Sezione 7.2.5, che hanno una vita utile prevista inferiore a quella di progetto, devono essere identificati e portati all'attenzione dell'architetto. Devono essere forniti dettagli, insieme a metodi di rinnovo o sostituzione.

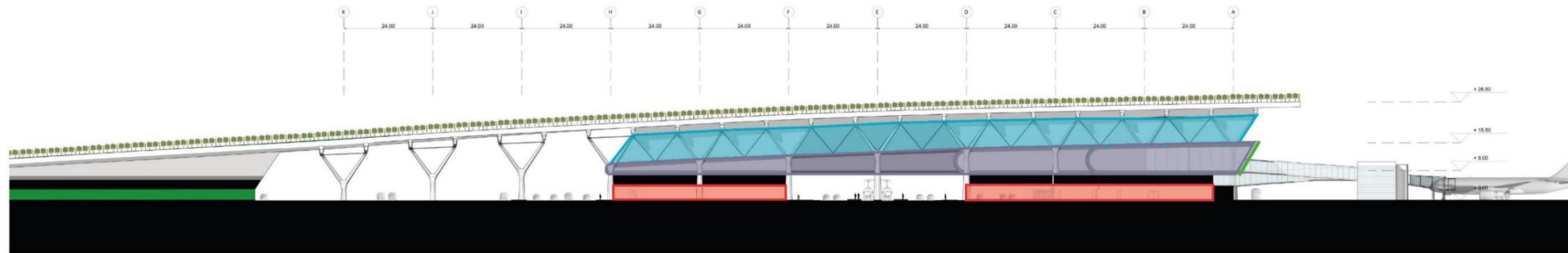
Tutti i componenti secondari devono poter essere sostituiti senza compromettere l'integrità strutturale a lungo termine o la resistenza alle intemperie del sistema d'involucro, e devono poter essere sostituiti senza smantellare progressivamente il sistema d'involucro.

sistema. Tutti i componenti principali sostituibili devono avere una vita utile di 30 anni, le vetrate in silicone strutturale devono avere una vita utile di 25 anni.

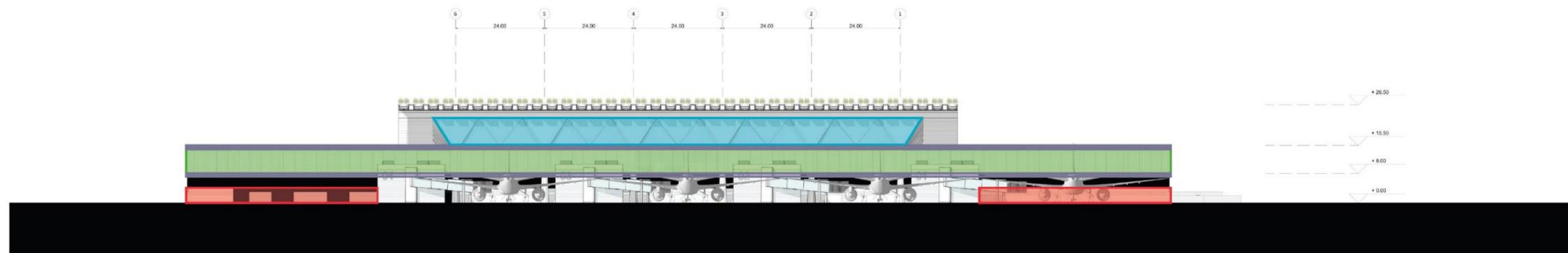
5. Prossimi sviluppi del design

Durante la prossima fase di progettazione EOC effettuerà un ulteriore coordinamento con gli altri consulenti e svilupperà ulteriormente il progetto, con particolare attenzione a:

- Prestazioni termiche e solari
- Prestazioni acustiche
- Rischio di attacco terroristico e rischio di esplosioni
- Coordinamento strutturale
- Sviluppo dei dettagli delle interfacce di facciata e selezione dei sistemi
- Consulenza sui materiali
- Supporto dal punto di vista commerciale

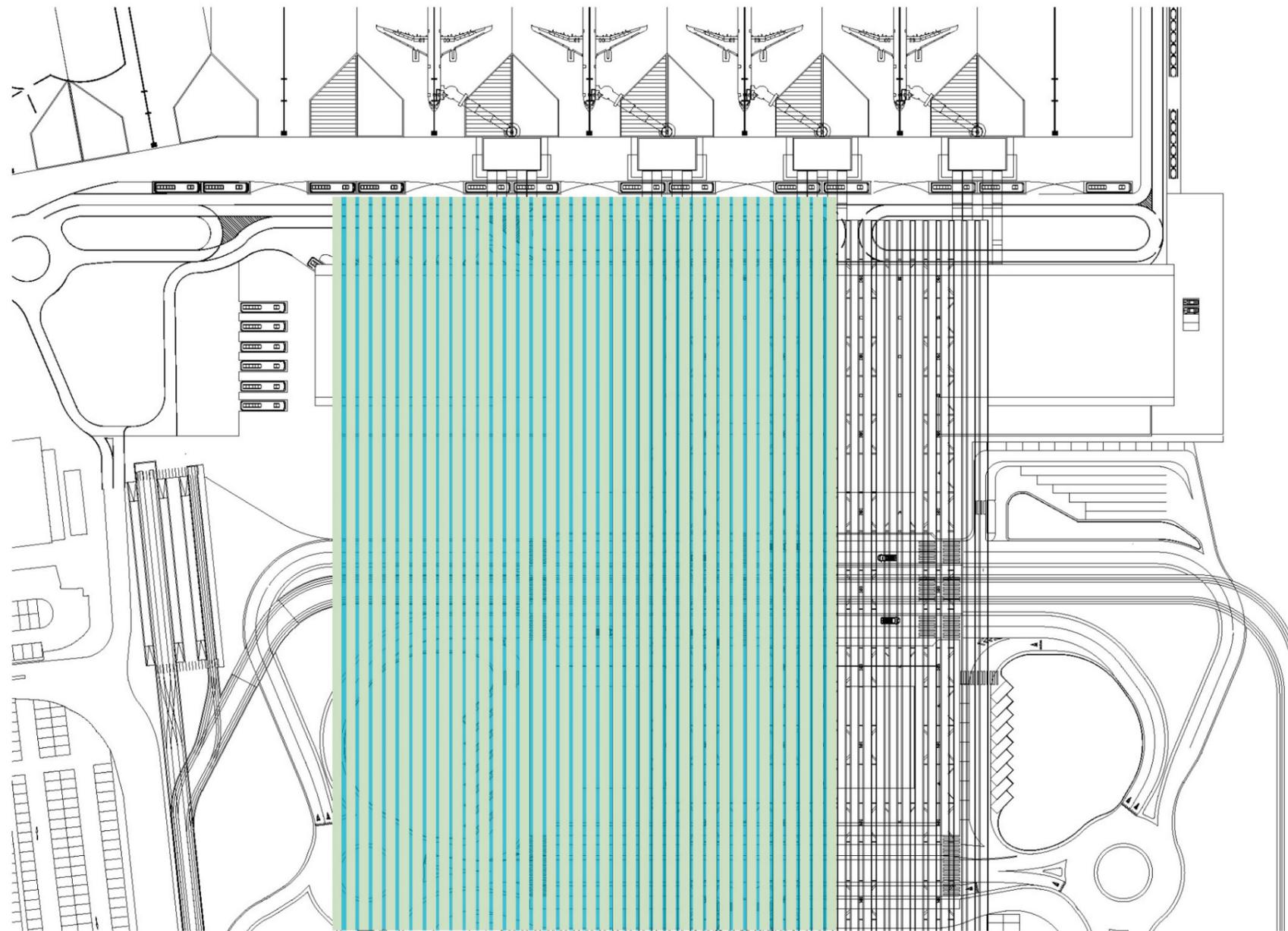


PROSPETTO EST
1:500 **4**



PROSPETTO NORD
1:500 **3**

Codice di Riferimento	Descrizione del sistema	Chiave
EWS-101	Facciata continua inclinata	
EWS-102	Facciata continua d'ingresso	
EWS-103	Facciata inclinata ETFE	
EWS-201	Pannello sandwich prefabbricato	
EWS-202	Facciata in calcestruzzo prefabbricato	
RFS-101	Lucernario in ETFE	
RFS-201	Tetto con giunti a doppia aggiratura	



Codice di Riferimento	Descrizione del sistema	Chiave
EWS-101	Facciata continua inclinata	
EWS-102	Facciata continua d'ingresso	
EWS-103	Facciata inclinata ETFE	
EWS-201	Pannello sandwich prefabbricato	  
EWS-202	Facciata in calcestruzzo prefabbricato	
RFS-101	Lucernario in ETFE	
RFS-201	Tetto con giunt a doppia aggraffatura	

Sistema di facciata	Codice	Descrizione	Sistemadi base		Prestazioni del sistema								Prestazioni del vetro					Prestazioni di sicurezza		
			Materiale	Movimento del solaio	Termica/Resistenza ad acqua e aria				Acoustic		Fire		Strutturale	Visual	Energy			Resistenza del vetro EN 356	Manual intrusion	Rischio di esplosioni
					Permeabilita' all'aria	Resistenza all'acqua	U-value [W/m2K]	Permeabilita' all'aria totale dell'involucro (@50 Pa)	Trasmisione sonora (Rw+Ctr)	Trasmisione laterale del suono (Dnfw)	Compartimento antincendio	Componenti classificati per il fuoco			Spessore del vetro proposto (Da confermare)	Contenuto ferrico	Trasmittanza luminosa (%)			
Facciata continua inclinata	EWS-101	Facciata continua inclinata a traversi e montanti. Doppio vetro.	Alluminio	Da confermare	Da confermare	Classe R7 (UNI EN 12208)	1.4 (Da confermare)	1.5 m3/hr/m2	Da confermare	Da confermare	Da confermare	Da confermare	88.4-16-66.4	Vetro a basso contenuto ferrico	Da confermare	Da confermare	1.00	Vetro laminato sia internamente che esternamente	Da confermare	Non richiesta durante questa fase
Facciata continua d'ingresso	EWS-102	Facciata continua verticale d'ingresso a traversi e montanti. Doppio vetro.	Alluminio	Da confermare	Da confermare	Classe R7 (UNI EN 12208)	1.4 (Da confermare)	1.5 m3/hr/m3	Da confermare	Da confermare	Da confermare	Da confermare	88.4-16-66.4	Vetro a basso contenuto ferrico	Da confermare	Da confermare	1.00	Vetro laminato sia internamente che esternamente	Da confermare	Non richiesta durante questa fase (da confermare)
Facciata inclinata ETFE	EWS-103	Sistema di facciata inclinata a cuscini ETFE supportati alla struttura primaria in calcestruzzo e secondaria in tubolari d'acciaio	ETFE - Acciaio	Da confermare	Da confermare	No infiltrazioni d'acqua permesse	1.6 (Da confermare)	Da confermare	Da confermare	Da confermare	Da confermare	Da confermare	-	-	Da confermare	Da confermare	-	-	-	Non richiesta durante questa fase (da confermare)
Pannello Sandwich prefabbricato	EWS-201	Pannello isolante sandwich prefabbricato.	umino - Lana di roccia	Da confermare	Da confermare	No infiltrazioni d'acqua permesse	0.25 (Da confermare)	3.0 m3/hr/m5	Da confermare	Da confermare	Da confermare	Da confermare	-	-	-	-	-	-	-	Non richiesta durante questa fase (da confermare)
Facciata in calcestruzzo prefabbricato	EWS-202	Facciata in pannelli di calcestruzzo prefabbricato.	Calcestruzzo armato prefabbricato	Da confermare	Da confermare	No infiltrazioni d'acqua permesse	0.25 (Da confermare)	3.0 m3/hr/m5	Da confermare	Da confermare	Da confermare	Da confermare	-	-	-	-	-	-	-	Non richiesta durante questa fase (da confermare)
Lucernaio in ETFE	RFS-101	Lucernaio orizzontale continuo in cuscini ETFE	Vetro	Da confermare	Da confermare	No infiltrazioni d'acqua permesse	1.8 (Da confermare)	1.5 m3/hr/m4	Da confermare	Da confermare	Da confermare	Da confermare	1010.4-16-88.4	Vetro a basso contenuto ferrico	Da confermare	Da confermare	1.00	Vetro laminato sia internamente che esternamente	Da confermare	Non richiesta durante questa fase (da confermare)
Tetto con giunti a doppia aggraffatura	RFS-201	Tetto con giunti a doppia aggraffatura isolato	Acciaio	Da confermare	Da confermare	No infiltrazioni d'acqua permesse	0.25 (Da confermare)	1.5 m3/hr/m4	Da confermare	Da confermare	Da confermare	Da confermare	-	-	-	-	-	-	-	Non richiesta durante questa fase (da confermare)