Relazione Tecnico Illustrativa del Progetto

Sommario

Le ragioni della soluzione proposta. ... 3

1. Inserimento nel contesto ... 4

2.1. Relazioni col tessuto circostante: memorie storiche e nuovi valori. ... 4

2.2. Inquadramento urbano. ... 5

2.3. Sistema degli spazi esterni e circolazione. ... 6

2. Descrizione della soluzione progettuale ... 9

2.1 Considerazioni preliminari: il progetto per la rigenerazione sociale ... 9

2.2 Soluzioni architettoniche e funzionali ... 10

2.3 Inclusività, accessibilità e orientabilità del sistema ... 15

3. Soluzioni tecnologiche, strutturali e per il risparmio energetico.
Motivazioni delle scelte architettoniche e tecnico-costruttive del progetto. ... 16

3.1 L'organismo strutturale del nuovo plesso scolastico: caratteristiche e vantaggi ... 16

3.2 Interventi strutturali per l'adeguamento della Palestra ... 17

3.3 Il sistema di involucro ... 18

3.4 Il sistema delle partizioni interne ... 21

4. Prestazioni energetiche e ambientali ... 22

4.1 Isolamento involucro edilizio ... 22

4.2 Sistemi impiantistici ad alta efficienza ... 23

4.3 Produzione di energia da fonte rinnovabile ... 24

4.4 Risparmio idrico ... 25

4.5 Building Automation and Management ... 25

5. Sistemi di controllo degli accessi. ... 25

6. Indirizzi per la redazione del progetto definitivo ... 26

7. Prime indicazioni e misure finalizzate alla tutela della salute e sicurezza in fase di cantiere per la stesura dei piani di sicurezza ... 27

8. Considerazioni di massima sugli aspetti economico-finanziari del progetto ... 29

Le ragioni della soluzione proposta.

Il progetto per la nuova scuola di San Benedetto dei Marsi interpreta il tema dell'edilizia per la formazione come **architettura educante**, per una società in trasformazione.

L'approccio adottato pone al centro il rapporto complementare fra la rigenerazione dei luoghi e l'attivazione effettiva di processi creativi e partecipativi e di crescita culturale, come strumenti per rafforzare l'identità della cittadinanza.

Il progetto architettonico della scuola è, in primo luogo, un progetto pedagogico. Gli spazi e le relazioni fisiche declinano, quindi, una codifica delle linee guida del MIUR e degli approfondimenti condotti da INDIRE, elaborati col supporto di specialisti in ambito educativo, che verranno descritti in seguito, in riferimento all'articolazione della scuola.

Le **scelte progettuali** e gli **obiettivi didattici** sono strettamente connessi per offrire scenari innovativi, funzionali, inclusivi, sostenibili, portatori di valori estetici che ne qualificano l'esito.

Le esperienze di apprendimento e quelle che trovano posto fuori dagli ambienti scolastici appartengono alla stessa dimensione e la popolazione di San Benedetto dei Marsi, numericamente contenuta, non può che essere interamente coinvolta. La costruzione di un polo competitivo nello sviluppo delle intelligenze si lega al destino dei piccoli centri, che tradizionalmente patiscono lo spopolamento e l'invecchiamento.

La richiesta del bando, pienamente condivisa dal progetto, di elaborare una proposta dalla doppia natura di **Scuola** e **Centro Civico**, offre l'occasione per restituire alla collettività luoghi per la produzione e la diffusione dei saperi: luoghi non solo funzionali, quindi, ma significativi laboratori urbani, portatori di innovazioni umanistiche e tecnologiche che compongono un quadro di competenze, efficacemente acquisite solo se praticate.

La scuola si configura come un aggregatore in grado di accogliere e integrare le diverse esigenze della comunità cittadina completando e valorizzando il contesto circostante, e in grado di attrarre le comunità vicine, gli investimenti e la mobilità sociale.

Il nuovo edificio scolastico si inserisce nella rete dei valori storici e spazi civici che scandiscono il tessuto di San Benedetto dei Marsi come fulcro e centralità, per il peso specifico delle funzioni che ospita.

Al tema della sostenibilità culturale, intesa come processo di produzione culturale, competitività scientifica, crescita e sviluppo della collettività in cui la scuola assume il ruolo di incubatore, si affiancano gli obiettivi relativi alla sostenibilità tecnologica ed economica dell'intervento, che hanno orientato le scelte tecnico-costruttive, dettagliate in seguito.

Fig. 1 Sezione prospettica del progetto.

1. Inserimento nel contesto

2.1. Relazioni col tessuto circostante: memorie storiche e nuovi valori.

L'edificio, collocato in prossimità del centro cittadino, si inserisce all'interno di un contesto urbano caratterizzato dalla compresenza di importanti memorie storiche ed archeologiche ed esigenze contemporanee.

Il disegno del territorio conserva le tracce delle trasformazioni avvenute nel corso dei secoli (dall'antico insediamento alla ricostruzione), riferibili innanzitutto allo schema viario ad assetto ortogonale. La presenza di alcune importanti emergenze iconiche (L'Anfiteatro di *Marruvium*, le Terme Romane, i Morroni e la facciata della chiesa di Santa Sabina) testimonia la presenza dell'antica *civitas*, memoria di una struttura cittadina vitale e funzionante, a cui si sovrappongono i luoghi civici, destinati alla collettività attuale.

A questi si accostano le sperimentazioni compiute negli anni Cinquanta da Marcello Vittorini sull'edilizia scolastica contengono una serie di elementi - fortemente innovativi per l'epoca - progenitori dell'attuale concezione della scuola contemporanea.

Il paese di San Benedetto dei Marsi viene letto come un palinsesto che conserva una cultura di luoghi per la comunità consolidata nel tempo.

Il progetto si basa sull'idea di scuola come elemento cardine, parte di un sistema che abbatte i confini fisici e metodologici del tradizionale modello educativo, per rivolgersi alla *civitas*.

La scuola costituisce un **elemento di ricucitura** fra memorie storiche ed esigenze attuali. La genesi spaziale dell'edificio è strettamente connessa alla struttura cittadina; lo schema ortogonale alla base dell'impianto architettonico ricuce la maglia rappresentativa del sito e del suo intorno, riscrivendo il rapporto fra edificio e tessuto urbano circostante.

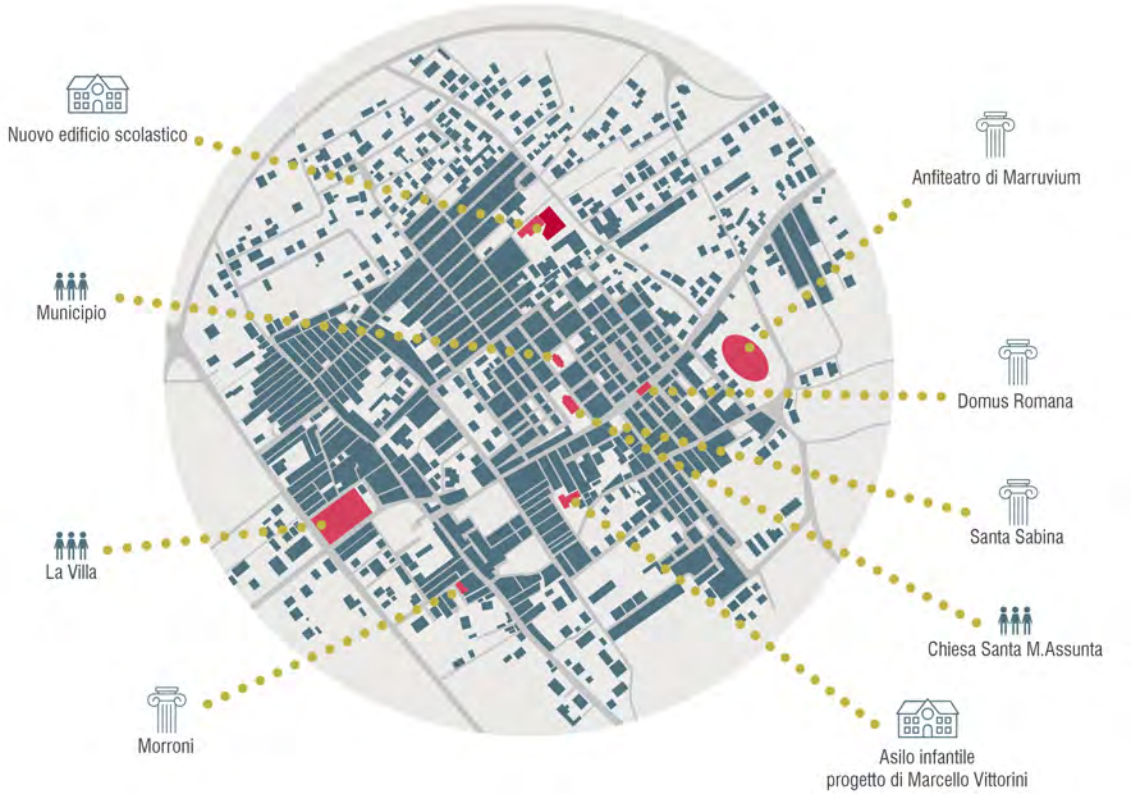


Fig. 2 Mappatura dei valori di San Benedetto dei Marsi.

La scuola infrastruttura il tessuto sociale nel quale si colloca. La progettazione è indirizzata alla realizzazione di un'architettura civica, capace di produrre conoscenza e esperienze attivate dall'interazione nello spazio e con lo spazio. Una **città educante** strettamente connessa al tessuto di San Benedetto dei Marsi, chiamato a sua volta a interagire con il progetto e a farsi scuola.

2.2. Inquadramento urbano.

Il progetto per la nuova scuola di San Benedetto dei Marsi rappresenta l'occasione per recuperare il rapporto con il tessuto urbano, in particolare con l'area immediatamente adiacente di Piazza San Bonifacio IV.

Il progetto formula, come prescritto dal DPP, due ipotesi di sistemazioni dell'area, una in accordo alla viabilità attualmente presente e la seconda che contempla l'ipotesi di pedonalizzazione di Via Carducci. La prima sostiene, nonostante la presenza di traffico veicolare, la ricucitura con Piazza San Bonifacio IV e l'attraversamento in sicurezza da parte della comunità scolastica, perché se ne consolidi l'uso per attività didattiche all'aperto. Per questo motivo per la conformazione del percorso carrabile, si è scelto di sostituire il manto stradale con una pavimentazione in lastre di granito e di integrare sistemi di mitigazione della velocità (sia superficiali, con l'adozione dei dossi, che morfologici, con il disegno di un percorso non rettilineo), e di dissuasione del traffico veicolare attraverso dispositivi a scomparsa. Nella seconda ipotesi, il flusso veicolare viene deviato su una strada carrabile di nuova realizzazione tra il lotto della scuola e l'adiacente lotto, a prosecuzione di Via Leopardi. La nuova percorrenza fra Via S. Cipriano e Via Leopardi ricuce quindi la viabilità carrabile secondo lo schema ortogonale già presente.

Il progetto prevede l'accessibilità sia da Via Carducci che dal fronte opposto: un doppio sistema di ingressi, simmetrici ed entrambi confluenti nell'Agorà, garantisce la circolazione interna e il funzionamento della scuola sia nel caso della pedonalizzazione di parte di Via Carducci sia nel caso del mantenimento dell'attuale circolazione viaria e consente, eventualmente, l'adozione sequenziale delle due soluzioni senza alterare la funzionalità interna della scuola.

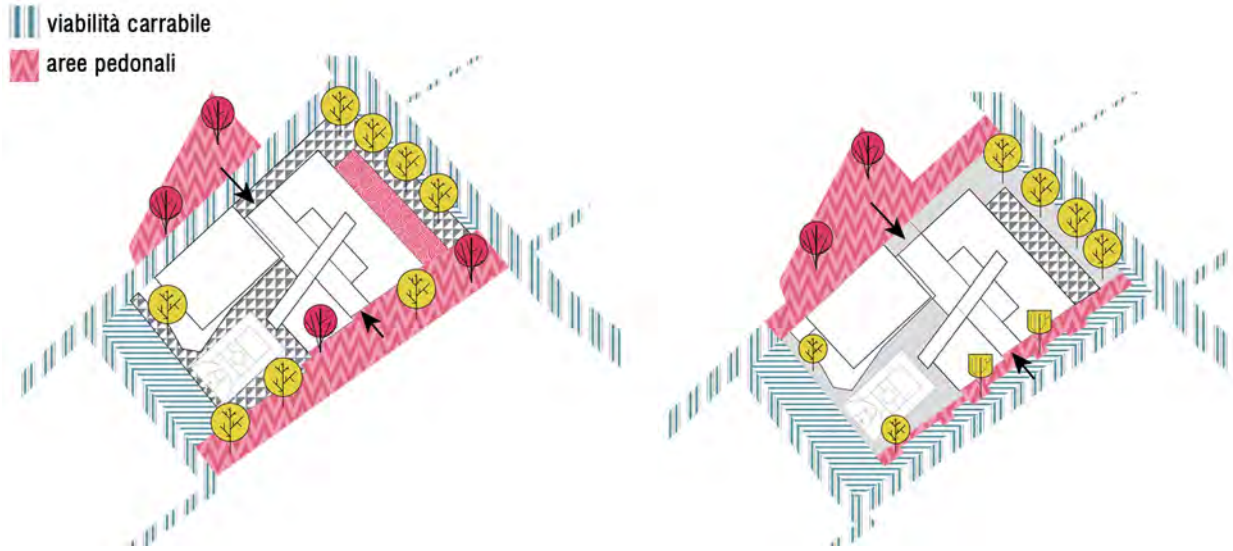


Fig. 3 Ipotesi di sistemazione dell'area. A sinistra ipotesi di mantenimento della viabilità esistente, a destra pedonalizzazione di Via Carducci.

L'edificio riconquista il margine del lotto, nel rispetto dei limiti di distacco imposti dalla norma. Il tema della soglia è risolto dalla morfologia stessa dei fronti, che scandiscono modi di fruizione differenti, episodi di aggregazione sociale e ovviamente un'organizzazione dei flussi che privilegia la **riconoscibilità degli accessi**, la **leggibilità della fabbrica** e l'**accessibilità inclusiva**. La

scelta rafforza il ruolo della **scuola come istituto fondativo della vita civica**, la cui immagine deve essere fruita e riconosciuta nella sintassi urbana. Il profilo raccorda il tessuto circostante, il linguaggio rilegge i rapporti dimensionali e formali della tradizione locale e li reinterpreta nel solco di una cultura architettonica che nella composizione garbata trova la sua cifra nobile.

I due livelli su cui si svolgono gli ambienti scolastici sono connotati da pesi differenti: il rivestimento in pietra bianca d'Abruzzo del piano terra, in continuità col rivestimento minerale degli spazi esterni, identifica ed emancipa l'istituto scolastico dalla consistenza degli edifici residenziali, dall'altro dialoga con le preesistenze storiche, non per mera filologia materiale ma per il rapporto che le architetture storiche del luogo sono riuscite a stabilire con il suolo, come parte della tettonica di San Benedetto dei Marsi. Il rivestimento in intonaco a base di calce e pittura chiara, che caratterizza il secondo livello, conferisce chiarezza alla composizione di profondità e ombre delle facciate.

Fig. 4 Vista dall'ingresso sud-est.

2.3. Sistema degli spazi esterni e circolazione.

Il **progetto degli spazi esterni** coglie, come si è detto, l'opportunità di rimodulare il rapporto fra il lotto che accoglie il nuovo edificio scolastico e l'intorno immediatamente circostante.

La proposta progettuale prevede la possibilità di attrezzare l'area al fine di **ospitare eventi e manifestazioni locali**; il luogo immediatamente adiacente alla scuola diviene, quindi, naturale punto di **aggregazione dell'intera comunità**, nuova **centralità dei valori sociali e culturali**.

Il risultato è la riqualificazione dell'intera area, i cui spazi, attualmente di risulta, vengono ridisegnati per essere restituiti alla comunità come luoghi attivi, vissuti, scenario di nuove connessioni e relazioni.

La scuola, come già in esperienze storicizzate delle Scuole all'Aperto, esce dal confinamento tradizionale delle aule e riconquista il **verde** e lo **spazio aperto** come **momenti didattico-esplorativi**, per il potenziamento degli aspetti sperimentali ed empirici delle scienze e per la diversificazione delle attività motorie.

L’edificio della **palestra**, su cui come da DPP è previsto un intervento di consolidamento, acquista una nuova immagine con la parete per arrampicata, che ne qualifica formalmente e funzionalmente l'involucro. L’offerta delle attività che si svolgono all’interno si completa all’esterno con un campo da basket e pallavolo e spazi per attrezzature ludico-motorie.

Sul fronte nord-est, le **aule verdi** costituiscono la naturale prosecuzione dello spazio interno destinato all'apprendimento e possono ospitare momenti di crescita interclasse, più informali e collaborativi, e attività legate all’approfondimento dei temi ecologici.

Fig. 5 Sezione prospettica delle aule verdi.

La **progettazione delle aree esterne** soddisfa anche le dotazioni minime sui parcheggi, come indicato all’art. 22.1.1 delle Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G. vigente nel comune di San Benedetto dei Marsi, riportate nel D.P.P.

I parcheggi pertinenziali e pubblici, per un totale di 1/10 + 1/10 mq su una superficie del lotto di 6250 mq, corrispondente a 1250 mq sono ricavati, come schematizzato nella figura 6, all'interno del lotto in corrispondenza di due fasce laterali confinanti con Via Leopardi e Via San Cipriano. L'area parcheggio di Via San Cipriano è visivamente e funzionalmente separata dal giardino delle aule attraverso un terrazzamento, il "giardino in movimento" ispirato alla definizione di Gilles Clément, che funge da area filtro alberata fra le aule e la percorrenza carrabile.

La nuova circolazione viaria prevista dal progetto, che prevede la pedonalizzazione di Via Carducci e l'apertura di una nuova strada fra Via G. Leopardi e Via San Cipriano, consente la collocazione di un'ulteriore fascia destinata a parcheggio proprio in corrispondenza della nuova viabilità.

Il doppio sistema di accessi all’edificio scolastico e la posizione baricentrica dell'Agorà, come piazza interna passante, consente, come si è detto, la realizzazione della proposta progettuale anche nel caso in cui sia mantenuta la circolazione carrabile su Via Carducci. In questo caso la dotazione di parcheggi pertinenziale di 1/10 mq è ugualmente soddisfatta all'interno del lotto di progetto.

L'ulteriore quantità di 1/10 prevista dagli standard come parcheggio pubblico invece si ritiene già soddisfatta con il parcheggio esistente su Via Carducci, si evidenzia che lo stesso soddisfa lo standard urbanistico di parcheggio pubblico di P.R.G. di cui al D.M. 02/04/1968 n. 1444.

Fig. 6 Superfici destinate ai parcheggi.
A sinistra ipotesi di mantenimento della viabilità esistente, a destra pedonalizzazione di Via Carducci.

L'attenzione posta al soddisfacimento degli standard, all'accessibilità e alla configurabilità della proposta, garantisce che il sistema-scuola possa effettivamente rigenerarsi nel medio e nel lungo periodo, e nell'immediato funzionare in maniera differenziale per l'intero arco della giornata, che possa ospitare attori terzi, intenzionati a usufruire delle attrezzature della scuola, a generare interesse e risorse per la gestione della scuola. Un modello economico che sostiene il modello culturale, promosso dal progetto, nel tempo.

Il tema della soglia, del confine scuola/città non può limitarsi a rispondere a questioni, pur ineludibili, legate alla protezione: i due fronti di accesso sono volutamente per gran parte liberi da ulteriori sistemi di chiusura, al contrario sono configurati come due punti di sosta e invito per la comunità alla partecipazione della vita scolastica. In linea generale, si legge chiaramente nell'impianto la possibilità di compartimentare temporaneamente la parte riservata alle aule dagli spazi che contemplano usi anche civici, sia durante l'orario scolastico che nelle ore pomeridiane, per ragioni di ottimizzazione nella gestione energetico-funzionale, di compatibilità ambientale e di sicurezza.

2. Descrizione della soluzione progettuale

2.1 Considerazioni preliminari: il progetto per la rigenerazione sociale.

Come il paese si fa scuola, **la scuola** stessa **si struttura internamente come una città**.

Gli episodi che costruiscono il nuovo sistema edilizio vivono sia il tempo della **Scuola** che il tempo della città come **Centro Civico**; integrazione di significati che rende possibile la trasmissione di molteplici livelli di cultura.

Prima di procedere alla descrizione puntuale delle scelte progettuali, si intende specificare sinteticamente le ragioni generali di impianto.

La prima considerazione riguarda la traduzione architettonica delle indicazioni spaziali e pedagogiche del MIUR, di impostazione socio-costruttivista. L'approccio di tipo qualitativo ambiente-relazioni supera il binomio contenitore-funzione.

Alla trasmissione frontale dei contenuti si affiancano modalità di apprendimento diversificate, che nel tempo hanno consolidato la loro efficacia. In particolare, è ampiamente dimostrata l'influenza positiva di ambienti per l'apprendimento fisicamente differenziati nello sviluppo delle competenze di carattere scientifico, che costituisce un asset strategico delle politiche europee sul tema dell'educazione. La validità generale di questi assunti acquista rilevanza ancora maggiore nel contesto di San Benedetto dei Marsi, se si pensa all'opportunità di legare la formazione obbligatoria all'eccellenza del Polo universitario di L'Aquila.

Nell'approccio per stili di apprendimento, adottato nella configurazione degli spazi scolastici, **tutta la comunità dei discenti trova modo di esprimere la propria capacità di apprendere**: in questo senso il progetto interpreta il concetto di **inclusione**.

Ogni membro della comunità sperimenta la dimensione personale e collettiva della vita civica: come individuo che è tenuto ad aver cura della *cosa pubblica* e che viene ricambiato potendo fruire di uno spazio privato, come gli armadietti all'ingresso della scuola per riporre le scarpe e quelli all'ingresso delle aule per custodire i propri oggetti personali, e come le postazioni di studio attrezzate per l'elaborazione autonoma delle conoscenze; come membro della collettività che fruisce di beni in condivisione come la biblioteca diffusa e i laboratori e che può fruire della scuola oltre il suo tempo tradizionale.

La seconda considerazione riguarda l'aspetto della **sostenibilità**, accennato in precedenza, e la capacità trasformativa dell'architettura, sincronica rispetto a una comunità che cambia. I dati dell'ISTAT, riportati nel DPP, fotografano una realtà comune ai centri medio piccoli italiani: il calo demografico, che è una tendenza registrata al livello sia nazionale che europeo, e il movimento delle classi produttive verso le grandi città. Il solo "saldo naturale" della popolazione a seguito del censimento del 2016 registra un decremento di 36 unità.

Gli spazi della scuola sono stati quindi pensati per garantire il più **alto grado di flessibilità** possibile, per assorbire le oscillazioni demografiche senza compromettere l'intero sistema scolastico, e la completa occupazione degli ambienti durante l'intera durata delle lezioni. L'**economia spaziale**, adottata come strategia di efficacia ed efficienza del progetto, oltre a incidere positivamente sulla sostenibilità economica e energetica dell'intervento, impone il confronto della liturgia scolastica tradizionale con il profilo di un'esperienza didattica innovativa ma dalle radici profonde.

.

2.2 Soluzioni architettoniche e funzionali

Il progetto definisce un impianto chiaro dal punto di vista planimetrico, ma capace di articolare un sistema spaziale aperto multidimensionale. La descrizione degli spazi d'uso non può essere affidata ad una rappresentazione tradizionale bidimensionale, ma non può che avere una caratterizzazione semantica derivata dalle possibili configurazioni didattiche.

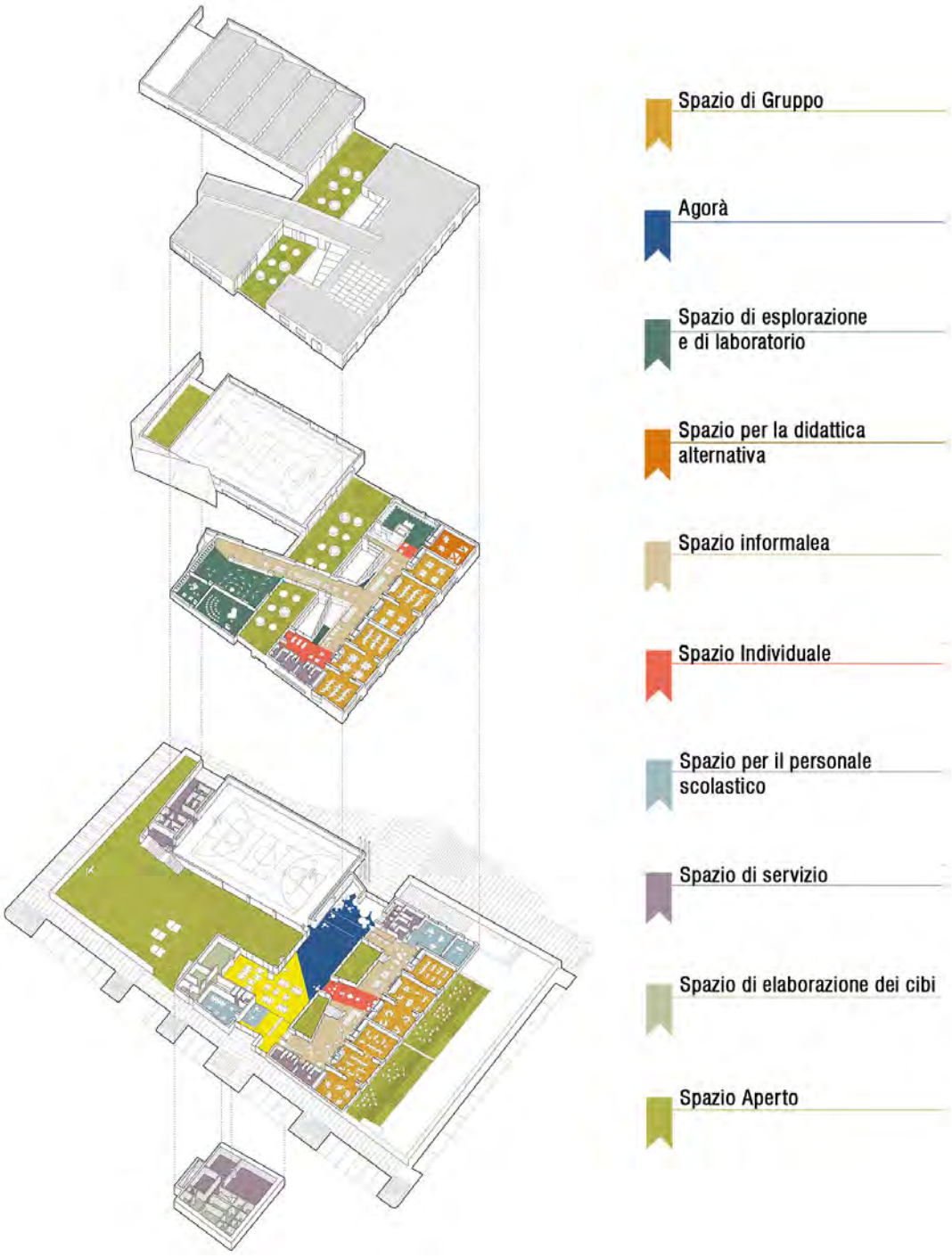


Fig. 7 Esploso assonometrico dell'organismo edilizio. Schema funzionale.

L'Agorà è il cuore del nuovo organismo edilizio. La piazza, posta in posizione baricentrica e leggermente ribassata ad assecondare la conformazione orografica del lotto, è l'elemento cardine attorno al quale ruota il funzionamento dell'edificio.

La capacità di aggregare costituisce elemento generatore e ordinatore dello spazio interno. Sulla copertura a tetto-giardino dell'Agorà si declina la stessa funzione all'aperto, in quota; i due ambienti sono strutturati come un sistema, posto in comunicazione visiva da una serie di *cannons lumière* che portano luce nella piazza sottostante e proiettano orizzonti insoliti, su livelli differenti.

Fig. 8 Piazza verde in quota

L'ampio spazio polifunzionale dell'Agorà rappresenta una scena sia come auditorium a servizio della scuola sia per manifestazioni pubbliche, aperte alla comunità.

Un sistema di pareti scorrevoli, dotato di caratteristiche acustiche adeguate (con riferimento alle prestazioni disciplinate per la categoria *E* "Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili" del DPCM 5/12/97 **"**Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici**"**), permette di discretizzare lo spazio nel caso in cui sia necessario svolgere attività in compresenza.

Ogni luogo è strutturato per soddisfare necessità strettamente funzionali, legate all'andamento dell'attività scolastica, e al tempo stesso per offrire spunti ludici utili per una didattica basata su modalità di apprendimento non più legate esclusivamente alle tradizionali lezioni frontali, ma centrate su modalità innovative.

La mensa, che ospita il momento quotidiano di aggregazione e relazione più ampio della comunità scolastica, è posizionata in continuità spaziale con l'Agorà, e in linea con il carattere dell'apprendere-facendo, promosso dal progetto, è pensata come uno spazio attrezzato per coinvolgere gli studenti nella preparazione dei cibi, denominato "laboratorio del gusto".

Fig. 9 Schemi di funzionamento e trasformabilità degli spazi civici

Fra le aule e l'Agorà, il blocco compatto dell'edificio è interrotto dal **sistema binario dei patii**, cortili a cielo aperto che segnano a livello distributivo la linea di demarcazione fra la parte pubblica, utilizzata per l'aggregazione e le relazioni, e le aree più private destinate allo svolgimento dell'attività didattica.

I patii, oltre a comporre e a suddividere funzionalmente gli spazi costituiscono un meccanismo efficiente sotto l'aspetto tecnologico, in grado di portare luce ed aria nella parte centrale dell'edificio, migliorando i **livelli di illuminazione naturale e di qualità dell'aria interna**, contribuendo così all'efficientamento energetico complessivo dell'intero sistema edilizio.

I patii offrono inoltre lo spunto per esperienze ludico formative legate all'alternanza stagionale; le precipitazioni nevose durante la stagione fredda trasformano i due cortili in neviere, mentre nel resto dell'anno, l'acqua piovana viene convogliata dai sistemi di raccolta in copertura e riutilizzata per l'irrigazione delle aree verdi.

Le aree per la didattica sono suddivise sui due livelli. Al **piano terra** si trovano gli spazi della **scuola primaria**, in diretta comunicazione con lo spazio esterno, naturale estensione nel verde del luogo dedicato allo sviluppo formativo dei più piccoli.

Il disegno degli spazi mira ad ottenere scenari differenziati, in grado di identificare le diverse funzioni e di orientare naturalmente l'utenza. La riconoscibilità architettonica dei luoghi non è intesa come funzione confinata ma in quanto dimensione dell'agire nella scuola.

Fig. 10 Sezione Prospettica del patio

Nell'architettura trovano equilibrio tre schemi didattici:

1. Lo **Spazio di Gruppo** +: la tradizionale configurazione spaziale dell'aula per la didattica, storicamente incentrata sulla lezione frontale, muta a favore della possibilità di creare spazi di aggregazione finalizzati ad esigenze diverse. Attraverso l'utilizzo di un sistema di pareti

scorrevoli è possibile infatti sperimentare configurazioni flessibili a seconda delle necessità didattiche, in spazi di gruppo morfologicamente e didatticamente innovativi.

2. Il **Cluster**: Lo Spazio di Gruppo + si apre verso episodi didattici non omogenei nelle "stanze verdi" al piano terra, ambiti contigui agli spazi di gruppo, in grado di ospitare momenti didattici interclasse di dibattito e partecipazione attiva degli studenti nella costruzione dei saperi.

3. **Fig. 11 Schemi di funzionamento e trasformabilità degli Spazi di Gruppo.**

3. Il **Paesaggio Didattico**: i collegamenti interni non sono dei semplici passaggi, ma parti integranti funzionali sia alla distribuzione interna sia allo svolgimento delle diverse attività come aree di sosta, informazione, relazione, studio. Lo schema tradizionale che prevede l'aula come spazio chiuso e il corridoio come semplice collegamento interno viene reinterpretato a favore di un utilizzo totale delle aree a disposizione. Il corridoio tradizionale non esiste; al suo posto sono presenti percorsi tecnologicamente infrastrutturati, interattivi e multimediali, organizzati a seconda della localizzazione. Lo spazio antistante alle aule si configura come biblioteca diffusa-laboratorio linguistico multimediale, ed ospita postazioni per il lavoro di gruppo ed individuale.

Il passaggio tra gli episodi diventa un percorso fenomenologico. Anche le scale tradizionali assumono una nuova fisionomia: la **Scala-Aula** si trasforma da semplice connettivo a luogo attrezzato per esperienze didattiche, sulla scia dell'approccio esperienziale che domina l'intero approccio didattico e che governa la conformazione degli spazi.

La Scala-Aula acquisisce la dimensione di un punto di vista, di sosta, di legame con l'intera architettura e simbolicamente del respiro nel passaggio di crescita al livello superiore, che ospita le attività degli studenti più grandi.

La **scuola secondaria di primo grado** sovverte l'approccio didattico tradizionale: i laboratori disciplinari sostituiscono le aule e superano la distinzione artificiosa tra teoria e pratica, in favore di una competenza integrata.

Fig. 12 La Scala Abitata

Al piano superiore il collegamento fra il corpo delle aule e quello dei laboratori di musica e di arte immagine viene garantito da un passaggio che è al tempo stesso **area di studio e di relax**, e che attraversa il **tetto giardino** mettendo in comunicazione visiva scenari differenti, a seconda delle categorie di fruitori e dell'utilizzo degli spazi come scuola o come spazi aperti verso la collettività.

I due **laboratori di musica e arte immagine**, apribili verso il tetto giardino, sono delimitati da pareti scorrevoli che ne consentono l'eventuale aggregazione e garantiscono la flessibilità d'uso degli spazi. Le diverse configurazioni ottenibili offrono diverse alternative di utilizzo, legate anche alla possibilità di gestire il confine fra spazio chiuso e spazio aperto a seconda dell'andamento stagionale.

Le attività di musica e arte possono svolte in compresenza in spazi delimitati e dedicati. Le pareti scorrevoli delimitano aree utilizzabili sia in orario scolastico che extrascolastico, attrezzate in maniera specifica a seconda delle esigenze strumentali.

Il tetto giardino è coinvolto come ambito per lo svolgimento delle attività all'aperto.

Fig. 13 Schemi di funzionamento e trasformabilità dei laboratori.

L'Agorà, le aree per i laboratori di musica e di arte e immagine, non coincidono solo con le attività possibili che affiancano e integrano la didattica, ma rappresentano a tutti gli effetti funzioni restituite alla comunità; la scuola è al centro del sistema di connessioni che disegnano le relazioni fra i protagonisti dello spazio urbano.

2.3 Inclusività, accessibilità e orientabilità del sistema

Un'architettura che tiene conto di necessità specifiche è certamente uno spazio di qualità per tutti.

In linea con questo principio, l'impianto della scuola, sia nella sua fruizione orizzontale che verticale, è accessibile ben oltre i limiti richiamati dall'Art.82 del DPR 380/2001 (Testo Unico per l'Edilizia) e successive modificazioni. I percorsi praticabili dalle persone con ridotte capacità motorie coincidono con i flussi di tutta la comunità scolastica: un progetto del suolo che qualifica l'aspetto e la fruizione degli spazi scolastici.

I sistemi di arredo, laddove non sono integrati nelle partizioni interne verticali e quindi occupano ingombri minimi, sono pensati per essere mobili e adattabili alle esigenze didattiche e spaziali.

La progettazione delle aree per la didattica include le persone con disabilità e non le relega in aree specificatamente dedicate; **l'aula accoglie ogni categoria di utenti**. L'aula morbida emozionale costituisce uno strumento ulteriore a sostegno dei diversamente abili, che affianca e completa le dotazioni a disposizione nel caso in cui sia necessario prevedere attività speciali e dedicate.

Più in dettaglio, i dispositivi previsti si articolano come segue.

All'esterno si prevede:

- Sonorizzazione dei semafori pedonali presente in prossimità degli ingressi del polo scolastico;
- Sbarramento sul marciapiede esterno con il codice di percorso rettilineo del linguaggio LOGES per segnalare gli ingressi;
- Almeno una mappa tattile generale per ogni ingresso del plesso. Ogni mappa dovrà indicare le differenti funzioni;
- Percorso tattile sul pavimento che congiunga i punti di accesso al lotto, gli ingressi dell'edificio e gli spazi ad uso ludico e sportivo;
- Almeno una mappa tattile generale per ogni punto notevole del plesso scolastico. Ogni mappa dovrà indicare le differenti funzioni.

All'interno si prevede:

- Almeno una mappa tattile per ogni piano dell'edificio. Ogni mappa dovrà indicare i luoghi di uso comune, come sotto indicati, e la posizione delle uscite di emergenza;
- Percorso tattile che congiunga la porta d'ingresso con tutti i corpi scale e gli ascensori dell'edificio;
- Segnali tattili di "pericolo valicabile" in cima alle scale e di "attenzione/servizio" alla base delle medesime, anche se non comprese in un percorso tattile (Art. 7.1 D.P.R. 503/96);
- Segnali tattili per l'individuazione dei servizi igienici;
- Piccola mappa tattile all'esterno dei servizi igienici;
- Percorso tattile per raggiungere l'uscita di emergenza o il luogo statico sicuro (utile anche per le persone normodotate in situazioni emergenziali di scarsa visibilità);
- Segnalazione a terra, mediante gli appositi codici tattili in linguaggio LOGES, degli altri apparecchi di servizio eventualmente presenti all'interno dell'edificio (telefono pubblico, macchine distributrici di bevande, ecc.);

- Cartellini con scritte in braille ed in large print da apporre sulla porta dei locali di uso comune;
- Scelta delle soluzioni di illuminotecnica e dei colori delle pareti e degli arredi in funzione delle esigenze di persone ipovedenti, con particolare attenzione al contrasto di luminanza sulle scale.

Infine, le pavimentazioni esterne in pietra naturale che implementano il linguaggio LOGES (Linea di Orientamento, Guida e Sicurezza) si rivelano particolarmente idonee all'uso del bastone bianco con caratteristiche antisdrucciolo e antigelo, hanno il vantaggio di una ottima riconoscibilità e differenziazione rispetto all'intorno e di non presentare interruzioni anche per decine di metri e quindi di assicurare una perfetta scorrevolezza alla punta del bastone bianco.

Per i non udenti e gli ipoudenti si prevede di accostare a tutte le segnalazioni di tipo acustico, in particolare gli allarmi di pericolo, anche segnali visivi.

3. Soluzioni tecnologiche, strutturali e per il risparmio energetico. Motivazioni delle scelte architettoniche e tecnico-costruttive del progetto.

La proposta progettuale ha integrato, fin dalla definizione preliminare dello studio del complesso scolastico, alcune scelte tecnico costruttive, ritenute fortemente connotanti lo spazio architettonico e utili al raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità economica, energetico-ambientale posti dal Documento Preliminare alla Progettazione e dal DM Ambiente e Tutela del Territorio e del Mare dell'11/01/2017.

In particolare, la scelta del sistema costruttivo per la realizzazione delle strutture portanti della nuova scuola in struttura in travi e setti in legno lamellare e in pannelli in legno lamellare incrociato (Cross-Lam), permette la realizzazione delle strutture di elevazione orizzontale e verticale con un assemblaggio fortemente industrializzato e completamente a secco, minimizzando i tempi di cantierizzazione della struttura, riducendo anche il ricorso ad opere provvisionali e i relativi costi.

3.1 L'organismo strutturale del nuovo plesso scolastico: caratteristiche e vantaggi

Le strutture portanti del fabbricato sono state concepite in modo da soddisfare i criteri progettuali indicati nel Disciplinare di concorso. Esse sono costituite dai seguenti elementi:

- Fondazione a platea;
- Strutture portanti verticali costituite da pannelli in Cross Lam, nelle aree destinate ad aule, e da pilastri in legno lamellare nella parte centrale del fabbricato destinata agli spazi aperti comuni;
- Strutture portanti orizzontali costituite da pannelli in Cross Lam, nelle aree destinate ad aule, e da un graticcio di travi in legno lamellare completato da pannelli in Cross Lam, nella parte centrale del fabbricato caratterizzata da ampie luci (circa 10m).

La scelta del legno per realizzare le strutture del nuovo plesso presenta vantaggi tecnico-prestazionali, esecutivi, ed economici rispetto ad una soluzione più tradizionale come il cemento armato oppure ad una soluzione in carpenteria metallica, ed in particolare:

- Semplicità e qualità costruttiva: la struttura in elevazione è realizzata sostanzialmente a secco, viene assemblata in opera con elementi prodotti in stabilimento, quindi di certificata qualità;

- Rapidità di costruzione;
- Sostenibilità ambientale;
- Adeguata rigidezza con masse ridotte, a vantaggio di una efficiente risposta e resistenza alle azioni sismiche;
- Assenza di tamponature esterne, sostituite dai pannelli in Cross Lam (avente anche funzione di isolamento e, conseguentemente, assenza dei giunti verticali tra tamponature e pilastri;
- Resistenza al fuoco: non sono necessarie interventi di protezione come nel caso strutture in carpenteria metallica (con tecniche costose, di complicata applicazione e di dubbia resa).

Rispetto ad una soluzione in carpenteria metallica, la soluzione sviluppata presenta vantaggi in termini di riduzione delle potenziali interferenze con la distribuzione interna, che non è vincolata dalla presenza dei controventi per resistere alle azioni orizzontali.

I collegamenti degli elementi nel piano orizzontale sono tali da garantire la formazione di un piano rigido. I collegamenti tra elementi orizzontali e verticali sono tali da realizzare nodi rigidi in grado di trasmettere anche le sollecitazioni flessionali ed a garantire un comportamento monolitico della costruzione.

La fondazione a platea continua elimina l'eventualità che possano insorgere cedimenti differenziali tra gli elementi verticali della struttura, semplifica le operazioni e riduce i tempi di costruzione.

Si fa inoltre presente che le strutture del nuovo plesso ottemperano alle prescrizioni contenute nell'Ordinanza P.C.M. n.14 del 16 gennaio 2017 "*Approvazione del programma straordinario per la riapertura delle scuole per l'anno scolastico 2017-2018.*", documento che rappresenta un riferimento per l'edilizia scolastica in zona sismica.

3.2 Interventi strutturali per l'adeguamento della Palestra

Il fabbricato monopiano che ospita la palestra, denominato corpo A negli elaborati di gara, è realizzato con una semplice struttura in c.a., costituita sostanzialmente da quattro telai multi-campata disposti lungo il perimetro rettangolare del fabbricato.

I pilastri hanno sezione rettangolare di cm. 35x50 con armature Ø 16 longitudinali in vario numero e disposizione nelle sezioni, con staffatura Ø 8 ogni 18 cm. È presente una doppia orditura di travi: quelle intermedie rompi-tratta di dimensioni cm. 35x50, quelle superiori su cui poggia la copertura di dimensioni cm. 35 x75. Quest'ultima è realizzata con tegoli in c.a.p. dello spessore di cm. 15 realizzati con sezione trasversale di tipo semicircolare, poggiati sulle travi longitudinali perimetrali.

L'analisi di vulnerabilità sismica fornita a base di gara ha fornito i seguenti risultati:

a) Completo adeguamento ai carichi Gravitazionali

b) Meccanismi Fragili: Indice di rischio AlfaF = 0,263

c) Meccanismi Duttili: Indice di rischio AlfaD = 0,774

Le criticità riscontrate sono diffuse tra gli elementi strutturali, sia pilastri che travi.

Tale situazione di diffusa vulnerabilità non sorprende vista la configurazione strutturale dell'edificio esistente, che è tipica delle costruzioni progettate senza tener conto dei moderni concetti di protezione sismica. In particolare, non è rispettato il criterio della gerarchia delle resistenze tra travi e pilastri (che prevede pilastri "forti" e travi "deboli"), né è previsto un infittimento delle staffe nelle

zone di estremità dei pilastri. Il meccanismo di collasso critico che risulta dall'analisi è infatti di tipo fragile (per taglio).

Inoltre, le pareti perimetrali sono caratterizzate da tamponature piene, irrigidenti, fino ad una certa altezza, e quindi ampie finestrature nella parte alta: si realizza in questo modo una marcata variazione di rigidezza nel piano l'altezza dei telai, che determina una concentrazione delle sollecitazioni dei pilastri in tali sezioni di discontinuità, che non sono progettate per assorbirle (le analisi numeriche condotte non hanno modellato tale situazione, quindi la vulnerabilità del fabbricato potrebbe essere ancora inferiore rispetto ai risultati sopra riportati).

Infine, dalle indagini svolte la resistenza del calcestruzzo è risultata piuttosto modesta (fcm = 18,8 N/mmq).

Le considerazioni di cui sopra sulla struttura esistente consentono di concludere che la migliore, e forse unica, strategia di adeguamento del fabbricato esistente consiste nell'introdurre **elementi resistenti integrativi** per assorbire le azioni orizzontali dovute all'azione sismica, costituiti da setti in c.a. inseriti lungo il perimetro del fabbricato nelle campate dei telai. A questi elementi sarà affidata l'intera resistenza alle azioni sismiche; le strutture originali dovranno quindi assorbire i soli carichi gravitazionali, compito per cui sono risultati idonei. I setti saranno dotati di fondazioni indipendenti, e saranno opportunamente collegati con i telai esistenti mediante barre in acciaio opportunamente inghisate nei pilastri ad essi adiacenti.

Dai calcoli preliminari eseguiti, considerate le ridotte masse in giuoco (il fabbricato è monopiano), risulta sufficiente prevedere un setto su ciascun lato del fabbricato, per un totale di quattro setti. La posizione dei setti sarà concordata con l'amministrazione; in ogni caso sarà opportuno prevedere una disposizione il più possibile simmetrica.

L'intervento prevede inoltre il rifacimento della copertura, per ragioni funzionali. La nuova copertura sarà caratterizzata da una massa inferiore rispetto a quella esistente, in modo tale da ridurre gli effetti dell'azioni sismica sugli elementi esistenti.

La criticità diffusa negli elementi strutturali risultata dalle analisi e l'errata concezione progettuale del fabbricato, origine e conseguenza della diffusa vulnerabilità, rende, a parere della scrivente, certamente antieconomico, ma anche tecnicamente non fattibile, l'adeguamento della struttura con un intervento di rinforzo dei telai esistenti, che dovrebbe riguardare tutti i pilastri e tutte le travi!

L'intervento proposto garantisce invece:

- il raggiungimento del risultato prestazionale, ovvero l'adeguamento della struttura a costi contenuti;
- la semplicità e pratica realizzazione dell'intervento;
- ridotti tempi di esecuzione;
- limitate interferenze.

3.3 Il sistema di involucro

La **progettazione dell'involucro** è stata orientata all'ottimizzazione del comfort interno, alla massimizzazione della prestazione di isolamento termico sia in regime estivo che invernale, combinando ottime prestazioni di isolamento e inerzia termica.

Le **pareti perimetrali verticali opache** sono di due tipologie, la prima massiva, in corrispondenza dei pannelli portanti in Cross Lam con cui è realizzata la struttura della zona delle aule sul lato nord-est, la seconda stratificata a secco, nelle zone in cui la struttura di elevazione è realizzata con setti in legno lamellare. In entrambi i casi la stratificazione della chiusura verticale permette un ottimo isolamento acustico di facciata (Rw>48 dB), grazie alla combinazione di pannelli isolanti a

densità differenziata per ottenere una ottimale distribuzione della massa, necessaria anche per ottenere la giusta inerzia termica per le condizioni climatiche del sito e il ciclo di utilizzo del complesso scolastico.

Gli elementi portanti in Cross Lam saranno rivestiti sulla faccia esterna con più strati di pannelli lana di legno mineralizzata con magnesite ad alta temperatura, conforme alla norma UNI EN 13168, certificato PEFC™, FSC® e da ANAB-ICEA e Natureplus per la ecocompatibilità dei materiali e del processo produttivo; i pannelli isolanti saranno finiti nella parte basamentale con un rivestimento in pietra naturale chiara lavorata un lastre e listelli dallo spessore medio nominale di 5 cm, mentre il second livello sarà finito con intonaco tinteggiata con idropittura silossanica con effetto termoriflettente e termoisolante, traspirante, idrorepellente, a basso contenuto V.O.C.

All'interno i pannelli saranno placcati con lastre in gesso fibra ad alta resistenza, rasati e tinteggiati con pittura bioattiva minerale per interni, inorganica ad elevata traspirabilità, termoisolante, con elevata resistenza alla proliferazione di funghi e batteri. la placcatura sulla faccia interna rende necessaria anche per la migliore attrezzabilità impiantistica delle pareti.

I prodotti individuati per il trattamento di tutte le superfici interne contribuiscono all'ottimizzazione energetica della struttura, riducendo anche l'insorgenza di muffe, migliorando in modo considerevole il livello di qualità dell'aria interna. Tutti i prodotti vernicianti dovranno essere in classe A+ per le emissioni in aria interna, secondo la norma EN ISO 16000-9 e come pitture antimuffa per interni secondo la norma UNI EN 15457-2014.

Per le parti della **chiusura verticale opaca non portante** verranno utilizzati delle pareti stratificate a secco, realizzate con doppia orditura metallica, rivestiti con lastre di gesso fibra rinforzato e isolato all'interno con isolanti in fibra minerale e pannelli lana di legno mineralizzata con magnesite ad alta temperatura, per ottenere la migliore omogeneizzazione delle prestazioni di isolamento di facciata su tutto l'involucro, mantenendo le medesime finiture delle parti massive.

Le **chiusure trasparenti** sono progettate per l'ottimale gestione dell'illuminazione naturale interna, per il controllo della ventilazione interna.

Gli **infissi** saranno realizzati con serramenti in alluminio verniciato al taglio termico dimensionati in misura idonea a sostenere un vetro camera ad alte prestazioni termo-acustiche

Fig. 15 Dettaglio costruttivo del sistema di involucro

(vetro stratificato esterno: doppia lastra sp. 4+4 mm con pvb interposto sp. 0,38 mm; camera d'aria riempita di gas argon 90% sp. 16 mm; vetro stratificato interno: doppia lastra sp. 4+4 mm con pvb acustico interposto sp. 0,76 mm. Specifiche di prestazione Uw = 1,32 W/mqk; g = 0,32; Rw > 42 dB).

I sistemi di infisso andranno tutti corredati da **schermature solari mobili** da realizzarsi attraverso l'utilizzo di veneziane esterne a pacchetto in lamelle di alluminio verniciato a fuoco color grigio polvere integrate nello spessore del cappotto isolante di facciata; il sistema a veneziana permette sia la gestione del controllo del comfort luminoso interno che l'oscuramento completo degli ambienti, necessario per la gestione dell'utilizzo di supporti informatici e multi mediali nelle aule e negli spazi di laboratorio.

Il posizionamento delle schermature all'esterno dell'infisso è certamente la scelta più efficace per la gestione del comfort termico degli ambienti interni, perché annulla il potenziale effetto serra connesso alla presenza delle schermature interne all'infisso. La completa chiusura collabora anche alla riduzione della dispersione termica notturna, oltre che a migliorare la sicurezza dell'edificio.

Le schermature sono previste anche nelle aule orientate a nord-est sia per migliorarne le condizioni di illuminazione nelle prime ore della giornata che per garantire la privacy degli spazi didattici, limitando l'introspezione dall'esterno, senza perdere i vantaggi dell'ottima illuminazione naturale.

Il sistema di involucro dell'edificio si completa con il subsistema delle **coperture**, inclinate, rivestite in lamiera di alluminio verniciata in grigio chiaro, integrate con gli elementi necessari alla captazione e alla trasformazione dell'energia solare, e piane praticabili in parte attrezzate a giardino praticabile.

Le **coperture inclinate**, presenti sulle aule, sui laboratori didattici e sulla copertura rinnovata a *shed* della palestra, sono realizzate in modo da garantire l'ottimale gestione del microclima interno, del recupero delle acque piovane della gestione delle superfici captanti per il solare fotovoltaico, necessario alla gestione energetica dell'edificio.

Per le copertura della scuola, la soluzione individuata è quella di una copertura ventilata, applicata su un pacchetto fortemente isolato, realizzato attraverso la posa sulla struttura portante in Cross Lam di pannelli e materassini di origine vegetale di differente densità per raggiungere valori di trasmittanza coerenti con la classe energetica A4 richiesta per lo standard nZEB (*nearly Zero Energy Building*) in linea con le indicazioni della direttiva europea EPBD, e rispettare le specifiche di prestazione relative ai requisiti acustici passivi vigenti per gli edifici scolastici.

La scelta del colore chiaro per la finitura della lamiera è stata dettata dalla necessità avere un sistema di copertura a forte riflettanza (*cool roof*) per ridurre il carico termico estivo sulle coperture, che oltre ad influire negativamente sul fenomeno della cosiddetta "isola di calore" innalza la temperatura di esercizio degli strati superficiali delle coperture, compromettendone la stabilità geometrica e la durabilità delle prestazioni nel tempo e concorre all'innalzamento dei consumi per il raffrescamento estivo.

La copertura ventilata in lamiera di alluminio permette anche un ottimale controllo della potenziale condensa interstiziale, migliorando l'efficacia e la durata delle sottostrutture di collegamento del manto di copertura alla struttura portante.

Le **coperture piane praticabili**, presenti in corrispondenza della zona dell'Agorà, sono state previste facendo riferimento al modello funzionale del **tetto verde intensivo** conforme alla UNI 11235:2015 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde". Oltre alla notevole qualità estetica e fruitiva di questa soluzione porta un grande beneficio al microclima interno ed esterno degli spazi aperti della scuola, per la sua capacità di assorbimento dell'umidità ambientale e dell'acqua meteorica, per l'abbattimento delle

polveri, per la riduzione dell'albedo senza influire sulla temperatura della massa dell'elemento tecnico.

La scelta della soluzione a **tetto verde intensivo** è il risultato della necessità di attrezzare lo spazio aperto in copertura come un vero e proprio giardino pensile didattico; è stata quindi individuata una soluzione con una elevata resistenza al calpestio, che potesse integrare un'ampia scelta della vegetazione a fronte di un basso fabbisogno idrico estivo.

Le coperture piane sono completate dalle emergenze dei *cannons lumière*, necessari alla illuminazione e di supporto alla ventilazione naturale degli spazi sottostanti, che sono integrati nel paesaggio della copertura come sedute o pozzi di introspezione, quindi episodi a completamento dell'esperienza di fruizione della terrazza-giardino.

Fig. 14 Sistema Agorà – Tetto verde. Stralcio sezione

3.4 Il sistema delle partizioni interne

Come già esposto nel paragrafo 4.1, i solai di interpiano e delle coperture inclinate sono realizzati con pannelli portanti in Cross Lam, il solaio della zona centrale sovrastante l'Agorà, per le sue dimensioni e le specifiche di carico è realizzato con un telaio di travi in legno lamellare a supporto di un pannello in Cross Lam di spessore più contento, per massimizzare la luce libera negli spazi comuni del complesso scolastico.

Il primo solaio è realizzato con una soletta gettata su casseri a perdere posata su una platea a forte spessore in calcestruzzo armato. I casseri permettono di gestire in modo funzionale ed economico i salti di quota presenti tra le varie zone degli interni del piano terreno e il raccordo necessario tra le varie quote del lotto.

Tutti gli elementi di completamento delle **partizioni interne orizzontali** e verticali sono ipotizzati da realizzarsi con posa a secco; i solai sono completati con massetti e sottofondi a secco, predisposti per l'alloggiamento delle canalizzazioni del riscaldamento radiante. Come finitura delle pavimentazioni è stata scelta la gomma naturale con fibre naturali, che permette di ottenere una perfetta resa estetica, in relazione allo spazio d'uso e un ottimo abbattimento del rumore da

calpestio, migliorando quindi sia il comfort acustico dei singoli ambienti che la resa in termini di abbattimento acustico tra i due piani sovrapposti.

Le **partizioni interne verticali** sono realizzate completamente a secco, su singola orditura metallica completate con due coppie di lastre di rivestimento di gesso fibra ad alte prestazioni, isolato all'interno con un pannello di fibra minerale; per gli spazi dedicati alla didattica e dove la normativa impone specifiche di prestazioni particolari in relazione ai requisiti passivi acustici (spazi per la didattica) la stratificazione della parete potrà essere rinforzata accoppiando alle lastre esterne di gesso fibra un pannello isolante termico-acustico in lana di legno di abete rosso, mineralizzata e legata con cemento Portland ad alta resistenza (Rw>50 dB).

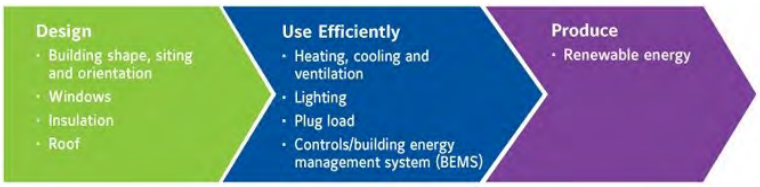
Tutte le partizioni mobili destinate al confinamento degli spazi per la didattica risponderanno ugualmente ai requisitimi passivi acustici, verificati in base alle certificazioni dei produttori individuati in fase di cantierizzazione.

4. Prestazioni energetiche e ambientali

La progettazione degli edifici è stata orientata al raggiungimento di elevati standard prestazionali dal punto di vista energetico ed ambientale, agendo su tre direttrici fondamentali:

- esaltazione del comportamento passivo dell'involucro edilizio;
- utilizzo di sistemi impiantistici ad alta efficienza;
- impiego di impianti per lo sfruttamento di energia termica rinnovabile (geotermica) e di impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica da fonte solare.

L'obiettivo è ridurre al minimo il prelievo di energia dalle reti esterne, configurando il complesso scolastico come edificio **nZEB** (nearly Zero Energy Building) in linea con i dettami della direttiva europea EPBD ed in classe A4, ai sensi del sistema di certificazione vigente.



4.1 Isolamento involucro edilizio

Il **comportamento passivo dell'involucro edilizio** è stato particolarmente curato, al fine di contenere i fabbisogni energetici per la climatizzazione invernale e per la climatizzazione estiva.

Gli elementi tecnici costituenti l'involucro edilizio, sia per quanto riguarda la porzione opaca, sia per quanto riguarda la porzione trasparente, sono stati ipotizzati con valori di trasmittanza molto bassi:

- la trasmittanza termica delle strutture opache verticali sarà inferiore a 0,20 W/m^{2}K;
- la trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura sarà inferiore a 0,20 W/m^{2}K;
- la trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali o inclinate di pavimento sarà inferiore a 0,25 W/m^{2}K;
- per la porzione trasparente dell'involucro sono stati scelti infissi, con trattamento superficiale basso emissivo. La trasmittanza termica totale dei serramenti sarà inferiore a 1,40 W/m^{2}K.

Per quanto riguarda la mitigazione dei carichi termici estivi nella stagione estiva grazie all'involucro edilizio, si avrà che:

- per le pareti opache verticali il fattore di decremento sarà inferiore a 0,15 con un tempo di ritardo superiore a 12 ore;
- per le pareti opache orizzontali di copertura il fattore di decremento sarà inferiore a 0,13 con un tempo di ritardo superiore a 13 ore.

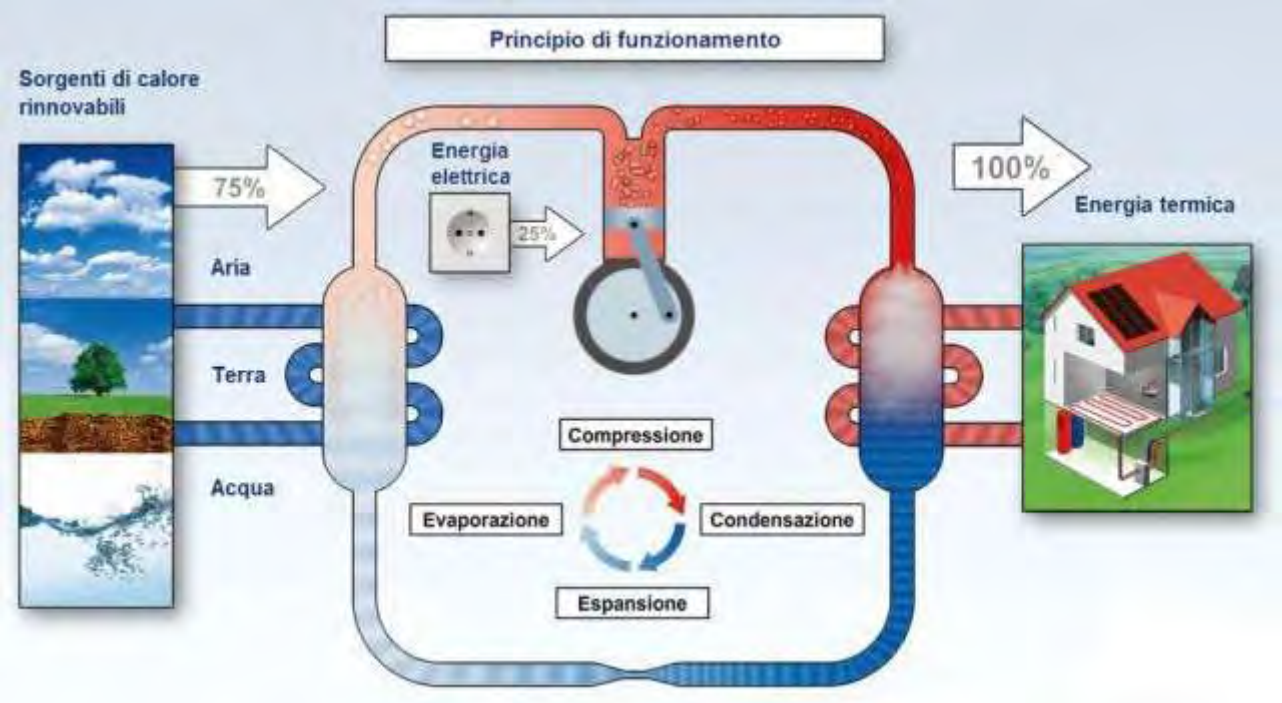
L'efficacia dei sistemi schermanti sarà tale da ridurre del 70% l'irradiazione solare massima sulle superficie trasparenti. Nelle pareti dell'involucro ove non sono presenti sistemi schermanti verranno utilizzati vetri con trasmittanza di energia solare diretta non superiore a 0,40.

4.6 Sistemi impiantistici ad alta efficienza

Per massimizzare l'efficacia degli interventi di isolamento proposti è necessario installare **sistemi impiantistici ad alta efficienza**, nelle singole parti e nel complesso, che possano consentire elevati rendimenti in tutte le condizioni di funzionamento.

Per gli edifici oggetto della progettazione si è pensato di utilizzare il terreno come sorgente termica, essendo l'energia geotermica immagazzinata sotto forma di calore nella crosta terrestre energia rinnovabile, ai sensi del D.Lgs.28/2011.

Dal punto di vista energetico si avranno efficienze medie stagionali molto alte; inoltre, **l'assenza di sistemi a combustione annullerà totalmente le emissioni inquinanti** in situ.



La produzione di energia termica e frigorifera dell'intero complesso sarà effettuata in una centrale termofrigorifera, dotata di unità del tipo acqua-acqua. Saranno realizzate le predisposizioni per un collegamento di entrata/uscita a reti di teleriscaldamento di quartiere in una logica di *smart grid* che veda l'edificio connesso sia dal punto di vista elettrico sia dal punto di vista termico sia dal punto di vista idrico.

La configurazione della centrale sarà di tipo modulare in maniera tale da consentire un facile sezionamento in caso di impiego parziale dell'edificio.

In virtù dei bassi consumi specifici ottenuti, grazie all'importante protezione passiva esercitata dall'involucro edilizio, saranno installati sistemi di accumulo dell'energia termica e frigorifera, al fine di disgiungere la produzione dall'utilizzo dell'energia, dimensionati per garantire un giorno di autonomia dell'edificio. Ciò consentirà di massimizzare l'efficacia degli impianti fotovoltaici e di sfruttare dal punto di vista economico la tariffazione per fasce orarie dell'energia elettrica.

Come terminali di impianto saranno diffusamente impiegati pannelli radianti a pavimento con aggiunta di un numero contenuto di ventilconvettori, aventi lo scopo di velocizzare i tempi di messa a regime dopo periodi di inattività (vacanze scolastiche, fine settimana) o al servizio di zone a funzionamento autonomo e discontinuo.

La distribuzione dell'energia termica e frigorifera sarà effettuata attraverso circuiti a portata variabile, regolati tramite valvole a due vie, in maniera tale da minimizzare le perdite di pompaggio e distribuzione.

La qualità dell'aria indoor sarà garantita dall'aerazione naturale e da sistemi di ventilazione meccanica controllata con recupero di calore, comandati da sonde di qualità dell'aria e dimensionati per garantire un ricambio d'aria conforme alla categoria I della UNI 15251. Per il recupero energetico saranno impiegati recuperatori di calore di tipo entalpico sull'aria espulsa.

Gli impianti elettrici di illuminazione saranno dotati di lampade a led, sia per l'illuminazione degli ambienti interni sia per l'illuminazione degli spazi esterni. Saranno previsti idonei dispositivi di regolazione del flusso luminoso e di spegnimento delle utenze trascurate.

4.3 Produzione di energia da fonte rinnovabile

In aggiunta alla sorgente geotermica utilizzata dalle pompe di calore sono previsti impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica da fonte solare.

Grazie all'utilizzo di un impianto fotovoltaico integrato nell'involucro, verrà ridotto al minimo il prelievo di energia dalle reti esterne, configurando la struttura come nZEB (nearly Zero Energy Building) in classe A4, ai sensi del sistema di certificazione vigente.

In particolare, si prevede di realizzare un impianto fotovoltaico della potenza complessiva di 100 kWp, in grado di produrre circa 120.000 kWh di energia elettrica, avendo stimato per il complesso degli edifici un consumo complessivo di circa 120.200 kWh/anno.

	S	Climatizz. Invern.	Climatizz. Estiva	Acqua calda sanitaria	Illuminazione	Usi elettrici generici	Energia elettrica necessaria
	[m^2]	[kWh/m^2]	[kWh/m^2]	[kWh/m^2]	[kWh/m^2]	[kWh/m^2]	[kWh]
Spazi per la didattica	828	15	8	0	20	10	43.884
Spazi attività collettiva	1.067	15	8	0	10	5	40.546
Uffici	128,5	15	10	0	15	25	8.352
Servizi Wc	95.3	15	0	10	10	0	3.335
Cucina e servizi Mensa	125	10	4	10	10	20	6.750
Palestra	615	10	4	0	5	5	14.760
Spogliatoi	63	10	0	10	5	5	1.890
Magazzino, locali tecnici, Depositi	138	0	0	0	1	4	690
TOTALE	3.059,8						120.208

In questa maniera l'**edificio risulta totalmente autosufficiente dal punto di vista energetico**, avendo considerato nel conteggio tutti gli usi energetici. Ciò costituisce un superamento dell'attuale schema normativo (DM 26/6/2015) che non include nel calcolo gli usi elettrici generici, ovvero tutti gli usi diversi da climatizzazione, ventilazione, preparazione acqua calda sanitaria, illuminazione, ascensori.

4.4 Risparmio idrico

L'edificio sarà dotato di tutti i dispositivi necessari a contenere il consumo di acqua, quali rubinetti rompigetto e cassette a doppio scarico. Sarà inoltre previsto un sistema di raccolta delle acque piovane per uso irriguo e/o per gli scarichi sanitari. Saranno realizzate le predisposizioni per un collegamento di entrata/uscita a una rete di raccolta dell'acqua piovana di quartiere in una logica di smart grid che veda l'edificio connesso sia dal punto di vista elettrico sia dal punto di vista termico.

4.5 Building Automation and Management

L'edificio sarà dotato di un sistema di automazione per la gestione degli impianti tecnologici di riscaldamento/raffrescamento, di preparazione dell'acqua calda sanitaria, di ventilazione, di illuminazione, di controllo delle schermature solari.

Il sistema provvederà anche al monitoraggio e alla contabilizzazione dei consumi energetici e idrici dell'edificio. Coerentemente con la possibilità di impiego parziale dell'edificio, il sistema provvederà anche ad una contabilizzazione parziale dei consumi volta ad una eventuale ripartizione dei costi.

Al sistema sarà anche affidata la pubblicizzazione dei dati rilevanti della gestione energetica e ambientale, in chiave educativa e di sensibilizzazione.

5. Sistemi di controllo degli accessi.

Scopo di un impianto di antintrusione è quello di impedire l'ingresso ad estranei nell'edificio nelle ore in cui quest'ultimo non è presidiato, al fine di prevenire non solo episodi di furto ma anche atti di puro e semplice vandalismo.

L'impianto trae la sua origine dalla centrale che verrà collocata nel locale tecnico del blocco amministrazione, da questo partiranno i collegamenti che serviranno tutto il complesso scolastico.

In prossimità degli ingressi verranno installate tre chiavi elettroniche, per l'inserimento ed il disinserimento dell'impianto.

Il perimetro interno dell'edificio sarà protetto tramite l'installazione di rivelatori di movimento a doppia tecnologia.

L'impianto generalmente è composto da una centralina elettronica, sirena esterna e punto centrale per i diversi sensori, ripartita in zone che corrispondono alle zone protette; da un certo numero di sensori che possono essere da interno o perimetrali.

La centrale antintrusione è un elemento dell'impianto per mezzo del quale i componenti ad essa collegati possono essere alimentati e monitorati. Per tale motivo sarà dotata di un sistema di alimentazione primaria e secondaria in grado di assicurare un corretto funzionamento in caso di interruzione dell'alimentazione primaria. Le funzioni che deve svolgere sono:

- ricevere i segnali dai rivelatori ad essa collegati;

- determinare se detti segnali corrispondono alla condizione di allarme e se del caso indicare con mezzi ottici e acustici tale condizione di allarme;
- localizzare la zona dalla quale proviene l'allarme;
- sorvegliare il funzionamento corretto del sistema e segnalare con mezzi ottici e acustici ogni eventuale guasto (per esempio corto circuito, interruzione della linea, guasto nel sistema di alimentazione);
- inviare i segnali di allarme alla stampante collegata;
- inviare i segnali di allarme ad eventuali apparecchi telefonici collegati (polizia, vigilanza, ecc.).

L'impianto di controllo accessi che si propone rispecchierà i seguenti criteri:

1) *Facile da gestire:* l'accesso alle informazioni deve essere possibile senza dover eseguire troppe operazioni con l'interfaccia di controllo. Per estrarre i dati base (nomi e cognomi, numero di ragazzi presenti nelle aree monitorate, varchi utilizzati, archivio orario degli accessi) l'ideale sono tablet o app.

2) *Sicurezza degli ambienti*: tutte le porte di accesso ai laboratori, aule informatiche, e zone ritenute da salvaguardare da eventuali atti vandalici e/o furti, verranno protette a mezzo di controllo accessi che avverrà con l'utilizzo di badge. La porta rimarrà chiusa fino a quando un docente e/o un responsabile scolastico non sbloccherà la porta di accesso.

3) *Tipologia di impianto*: l'impianto sarà del tipo centralizzato e incorporerà tutte le funzionalità delle soluzioni *Stand Alone* permettendo di soddisfare esigenze più sofisticate quali:

    a. Tracciatura di tutti gli eventi di accesso
    b. Tracciatura di eventuali effrazioni
    c. Profilazione temporale degli accessi
    d. Supervisione in *real time* degli eventi del sistema

Questa tipologia di impianto comporterà tre vantaggi per la Committenza:

- Possibilità di supervisionare in tempo reale gli eventi ed avere la panoramica di tutti i flussi di studenti
- La possibilità di interfacciarlo con l'impianto di TV a circuito chiuso per la videosorveglianza delle aree.
- Integrazione del sistema di rilevamento della presenza con i sistemi di energy management.

6. Indirizzi per la redazione del progetto definitivo

Il progetto definitivo, come previsto dalle vigenti normative in materia (art. 23 c.7 Dlgs 18 aprile 2016, n. 50 e s.m.i.) dovrà individuare compiutamente i lavori da realizzare, nel rispetto delle esigenze, dei criteri, dei vincoli, degli indirizzi e delle indicazioni stabiliti dalla stazione appaltante e dal progetto di fattibilità tecnica economica; il progetto definitivo dovrà contenere tutti gli elementi necessari ai fini del rilascio delle prescritte autorizzazioni e approvazioni, oltre alla quantificazione definitiva del limite di spesa per la realizzazione e del relativo cronoprogramma, attraverso l'utilizzo, ei prezzari predisposti dalla Regione Abruzzo (Prezzario Regionale Abruzzo 2018) o di altre fonti indicate dalla stazione appaltante.

Il progetto definitivo dovrà essere corredato dalla indicazione delle eventuali interferenze con reti e sottoservizi, come rilevate dalle indicazioni della committenza e degli enti gestori prevendendo anche l'eventuale programma degli spostamenti e attraversamenti e di quant'altro necessario alla risoluzione delle interferenze.

Tutti gli elaborati di progetto dovranno essere completi e idonei a garantire la coerenza della definizione tecnico economica dell'opera, a definire in modo compiuto tutte le scelte tecnico costruttive necessarie alla verifica della efficacia/efficienza del sistema edilizio prefigurato, della sua durabilità nel tempo, della sua manutenibilità.

7. Prime indicazioni e misure finalizzate alla tutela della salute e sicurezza in fase di cantiere per la stesura dei piani di sicurezza

Tutta la progettazione è stata orientata in modo da prefigurare un intervento sostenibile per la committenza, sotto tutti gli aspetti, per l'intero ciclo di vita del complesso scolastico.

Il presente capitolo costituisce una prima valutazione degli indirizzi e delle problematiche connesse con la realizzazione dei lavori di realizzazione della nuova scuola di San Benedetto dei Marsi.

Queste prime indicazioni sulla sicurezza costituiscono in pratica lo strumento attraverso il quale dovrà articolarsi la struttura del Piano per la Sicurezza e Coordinamento (PSC), come previsto dal Testo Unico sulla sicurezza (Decreto Legislativo 9 aprile 2008 n. 81).

Il piano di sicurezza (PSC), redatto dal Coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione, dovrà essere costituito da una relazione di carattere generale e da prescrizioni operative organizzate anche per schede, in cui si analizzeranno i rischi e le conseguenti misure di prevenzione e di protezione riguardo alle lavorazioni, le principali attrezzature e materiali previsti nell'esecuzione dell'opera.

Tali schede riporteranno in dettaglio le procedure esecutive, le attrezzature di lavoro, i rischi specifici, i criteri legislativi di prevenzione e protezione dai rischi, le misure tecniche di salvaguardia e difesa, i dispositivi di protezione individuale. Sarà invece cura dell'Appaltatore predisporre il Piano Operativo della Sicurezza (POS) relativo alle attività specifiche previste nel PSC.

L'allegato XV del D.LGS. n.81 del 9 aprile 2008, al punto 2.1 fissa i contenuti minimi che il PSC dovrà contenere, che di seguito in maniera indicativa e non esaustiva vengono indicati.

- una relazione tecnica dello stato di fatto e del progetto, con l'inquadramento urbanistico, paesaggistico e ambientale, con la configurazione attuale e quella di progetto della scuola;
- la valutazione dei rischi ambientali, descrivendo le condizioni di contorno al cantiere e i rischi trasmessi all'ambiente circostante, riguardo in particolare all'emissione di agenti fisici polveri, rumore e vibrazioni, stabilendo i necessari accorgimenti per limitare i fenomeni di sollevamento delle polveri e di inquinamento da rumore secondo la normativa vigente, specie nelle operazioni carico/scarico e di trasporto materiali;
- nel corso dei successivi approfondimenti progettuali prima e successivamente nella fase di cantiere, saranno valutate tutte le situazioni rilevanti ai fini della sicurezza che potranno insorgere e in particolare con la verifica dell'esatta posizione di sottoservizi sotterranei e le interferenze con eventuali cantieri limitrofi che potrebbero causare rischi indotti dai flussi di traffico dei mezzi pesanti in entrata/uscita dai cantieri;
- l'Organizzazione del cantiere, con la definizione e identificazione degli allestimenti provvisionali previsti, gli accessi al cantiere e la viabilità interna, le recinzioni di cantiere, le aree di deposito dei materiali, i baraccamenti, servizi igienici e assistenziali, i servizi sanitari e di pronto soccorso, l'impianto elettrico e l'illuminazione del cantiere, l'impianto di terra, le macchine per il sollevamento e la segnaletica di sicurezza;
- la formazione ed informazione dei lavoratori;
- la tutela della salute dei lavoratori, con le analisi e valutazione dei rischi di movimentazione manuale dei carichi/vibrazioni braccio,corpo/rumore/sostanze chimiche, la definizione dei dispositivi individuali di protezione, l'utilizzo e manutenzione di macchine e impianti, le

prescrizioni per i posti di lavoro nei cantieri, il coordinamento e misure di prevenzione per rischi derivanti dalla presenza simultanea di più imprese.

A tale proposito è opportuno che il PSC, durante la fase critica delle demolizioni strutturali preveda l'obbligo di adottare un sistema di **reti salvavita** da collocare all'intradosso dei solai da demolire, unitamente all'impiego di **imbracature anticaduta** da parte dei lavoratori.

Al **Piano di Sicurezza (PSC**) il Coordinatore in fase di progettazione dovrà allegare i seguenti documenti:

- analisi dei rischi e misure di prevenzione e protezione per le attività lavorative previste in cantiere;
- l'elenco delle diverse fasi lavorative, con una prima stesura di Piano delle Demolizioni, che dovrà essere successivamente redatto e perfezionato dalla ditta esecutrice dei lavori in fase di redazione del POS;
- l'elenco delle principali attrezzature previste in cantiere;
- un programma delle fasi di lavorazione e un diagramma delle fasi di lavorazione Gantt, che dovranno poi essere confermati o meno dalla ditta esecutrice dei lavori;
- le schede tecniche di riferimento per le attrezzature e macchine che si prevede di utilizzare in cantiere;
- una planimetria generale del cantiere, che individua gli accessi e la viabilità di cantiere e di esodo, i fronti ove collocare i necessari ponteggi, l'ubicazione delle macchine/attrezzature/apparecchi di sollevamento, dei baraccamenti, dei servizi igienici assistenziali, dei depositi, ecc., con l'indicazione delle parti costituenti gli impianti: elettrico di messa a terra, di protezione dalle scariche atmosferiche, estintori, ecc.

Vista la collocazione del cantiere, occorrerà disporre cartelli segnalanti l'uscita di autocarri dal cantiere, idonei a segnalare il transito di uscita del cantiere; per quanto riguarda la viabilità, dovrà essere assolutamente impedito il transito sotto elementi sospesi, ecc. con apposite barriere e segnalazioni; sarà compito del CSP individuare il lay-out della viabilità di cantiere.

Occorrerà separare con idonea recinzione l'area di cantiere da quella circostante. Saranno realizzati uno o più ingressi e l'accesso sarà regolato. La recinzione sarà opportunamente segnalata, durante la notte con luci rosse, il cantiere dovrà essere dotato di cartelli con i segnali di pericolo e sarà posto ben visibile il cartello di cantiere contenente tutte le indicazioni necessarie.

Sarà inoltre compito del Coordinatore della sicurezza in fase di progettazione affrontare l'aspetto della **bonifica del sito da ordigni bellici**, verificando la necessità di eseguire o meno la bonifica dei terreni interessati da scavi per le nuove fondazioni e per la realizzazione dell'impianto geotermico.

Il PSC dovrà anche prevedere e ubicare in pianta un idoneo **sistema di linee vita** da installare sulle coperture a falda dell'edificio, indispensabile per eseguire le future operazioni di manutenzione del tetto.

Con la redazione del Piano operativo per la Sicurezza (POS), l'impresa esecutrice dovrà invece curare la predisposizione dei seguenti importanti documenti:

- il Piano delle Demolizioni, individuando soprattutto la successione cronologica delle operazioni, la definizione delle strutture provvisorie di sicurezza, la tipologia delle macchine che intende impiegare, la valutazione dei rischi e delle misure di sicurezza da adottare;
- il Piano di messa in opera delle strutture prefabbricate lignee (travi, capriate, pannelli di tamponamento e copertura) dell'edificio principale, e dei pannelli di copertura metallici per l'edificio della palestra;

- valutazione dei rischi specifici del Rumore, della Movimentazione dei carichi, delle Vibrazioni trasmesse al complesso mano-braccio, delle sostanze chimiche impiegate in cantiere.

8. Considerazioni di massima sugli aspetti economico-finanziari del progetto

Tutta la progettazione è stata orientata in modo da prefigurare un intervento sostenibile per la committenza, sotto tutti gli aspetti, per l'intero ciclo di vita del complesso scolastico.

Ogni scelta è stata informata dalla massima economicità e dalla ottimizzazione dei costi di realizzazione, gestione e manutenzione. La scelta di materiali da filiera certificata e ad alta industrializzazione, come il sistema costruttivo scelto per le strutture e per le partizioni interne, permette di avere un profilo prestazione certo, anche in termini di compatibilità ambientale, affidabilità e durabilità nel tempo sia nelle prestazioni in esercizio che per gli eventuali cicli di manutenzione, in modo da ridurre i costi di gestione, di "manutenzione incidentale" e interventi di ripristino non programmati, potendo contare su dati certi di vita utile delle componenti edilizie ed impiantistiche, potendo quindi impostare una pianificazione economica delle attività di manutenzione in modalità predittiva. Nelle successive fasi di progettazione attraverso il progetto di Manutenzione dell'Opera e delle sue parti, redatto per il mantenimento della qualità edilizia nel tempo, verranno individuati i percorsi di manutenzione e conservazione degli elementi tecnici e impiantistici, permettendo così di programmare nel tempo gli interventi.

Per la caratterizzazione dell'edificio scolastico, come edificio a bassa complessità tecnologica, la scelta di progettuale di utilizzare materiali innovativi biocompatibili, riciclabili e provenienti da materiali riciclati per lo più con marcatura Ecolabel UE, soprattutto per tutte le superfici di finiture a contatto con gli ambienti didattici, ha permesso di individuare prodotti e soluzioni tecniche, con una caratterizzazione e funzionalizzazione chimico-fisica delle superfici che permette di combinare le caratteristiche positive di prodotti già consolidati nel settore a proprietà innovative e migliorative, ottenute grazie alla superficie ottimizzata e bioattiva, grazie all'utilizzo di nanocomposti chimici, che permettono l'attivazione di particolari prestazioni tali da ottenere superfici antismog; antiaderenti, autopulenti, antigraffio, non gelive, ad alta riflettanza, idrofobiche e oleofobiche, meccanicamente resistenti, durevoli nel tempo. Questi prodotti, oltre a migliorare la qualità dell'ambiente indoor riducono significativamente i cicli di rinnovo delle cosiddette "superfici di sacrificio", principalmente intonaci interni ed esterni.

Oltre alla durabilità nel tempo delle soluzioni adottate, la progettazione del sistema impiantistico, finalizzata alla autosufficienza totale dell'edificio permette la riduzione sostanziale dei costi di gestione della struttura, permettendo anche maggiori economie quali quelle contemplate dal GSE per le Pubbliche Amministrazioni che rivestono contemporaneamente il ruolo sia di produttore che di consumatore di energia elettrica, e che dispongono di un impianto di generazione da fonti rinnovabili principalmente asservito alle proprie utenze, quali la modalità di SSP – Scambio sul posto – o SSP altrove differenza dal "tradizionale" SSP, non prevede l'obbligo di coincidenza tra i punti di produzione e di consumo dell'energia elettrica. In questo caso la comunità potrebbe beneficiare dello SSP sia per l'energia elettrica prelevata in corrispondenza dell'edificio stesso, sia per quella prelevata da utenze di altri edifici comunali dislocati altrove, nel perimetro comunale.

Oltre alla coerenza della sostenibilità tecnico-economica intrinseca dell'intervento proposto in termini di ottimizzazione dei costi di realizzazione rispetto all'efficacia e funzionalità delle soluzioni tecniche e architettoniche prefigurate, la possibilità di aprire l'utilizzo della struttura scolastica ad altre funzioni civiche potrebbe innescare ulteriori economie di scala; in particolare l'utilizzo degli spazi sportivi, integrandoli nel circuito delle strutture comunali o dell'associazionismo privato, o l'apertura dell'Agorà per eventi civici, potrebbe supportare l'economia di gestione del complesso e ridurne ulteriormente i costi di conduzione e manutenzione.