UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

Scuola di Ingegneria

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

UN APPROCCIO BIM-BASED PER LA GESTIONE OTTIMIZZATA DELLA SICUREZZA DEL COMPLESSO SPORTIVO DI BELLARIVA ATTRAVERSO LA CROWD SIMULATION, LO SPACE PROGRAMMING E L'ANALISI STRUTTURALE

A BIM-BASED FRAMEWORK TO SUPPORT SAFE FACILITY MANAGEMENT AND BUILDING USE OPTIMIZATION OF BELLARIVA SPORTING CENTER THROUGH CROWD SIMULATION, SPACE PROGRAMMING AND STRUCTURAL ASSESSMENT

Relatori:
Prof. Ing, Pietro Capone
Prof. Ing. Gloria Terenzi

Correlatori:
Ing. Vito Getuli
Prof. Ing. Paolo Spinelli
Ing. Jacopo Costoli
Ing. Lorenzo Boganini

Laureandi:
Chiara Bardelli
Guido Cresti

ANNO ACCADEMICO 2017-2018

Introduzione

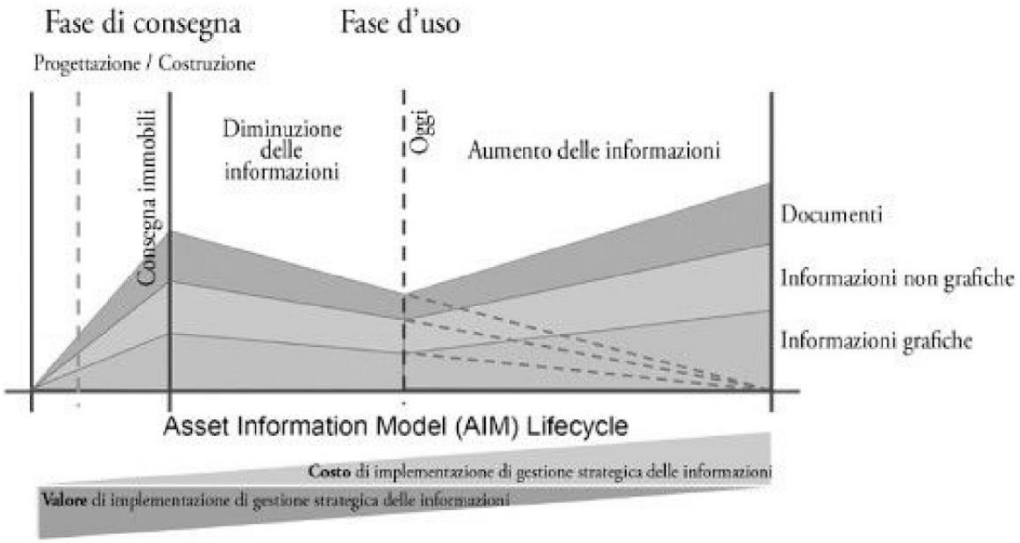
Quando si ha a che fare con complessi in cui molteplici funzioni convivono e in cui molto spesso entrano in gioco altrettanti operatori differenti, la gestione può comportare difficoltà tali da poter pregiudicare anche la qualità del servizio offerto con il rischio di sminuire anche il valore del bene che viene gestito. È il caso del complesso di Bellariva a Firenze, comprendente la storica omonima piscina progettata da Nervi nell'ambito di una riqualificazione dell'area come centro sportivo in vista delle Olimpiadi di Roma 1960 oltre a una serie edifici, per lo più della stessa epoca, con funzioni di supporto. Infatti, a dispetto del pregio indiscutibile che un'opera di Nervi possiede e dell'importanza dell'avere una vasca olimpionica come valore aggiunto, il complesso risulta non pienamente sfruttato nelle sue potenzialità e ciò è possibile notarlo anche semplicemente con una visita. Sono notevoli i punti in cui sarebbe possibile migliorare il servizio e anche a seguito di vari sopralluoghi siamo stati in grado di individuarli. Tra di essi vi sono senza dubbio le notevoli dimensioni dell'area, di circa 14000 mq, in cui convivono svariate funzioni: generalmente ciò di per sé stesso non dovrebbe essere un problema anzi una qualità di un centro in grado di offrire più servizi se non che nel caso in esame questo si trasforma in un'arma a doppio taglio. Gli ambienti dedicati allo sport si mischiano con quelli dedicati alla ristorazione e a tratti si nota la necessità di spazi più completi per entrambi che invece sono costretti a dividersi aree piuttosto ristrette. Anche le dotazioni risultano essere scarse in alcuni casi ed e prevedibile un non ottimale utilizzo durante certi scenari temporanei (tipo gli spogliatoi per bambini non dimensionati per i flussi estivi dei campi scuola). È infatti anche la differenza di possibili utilizzi che rende non costante la modalità di gestione: si passa da un uso non intensivo con affollamenti proporzionali ai corsi e agli orari scolastici e lavorativi durante l'inverno, ad un momento di picchi di folla durante il periodo estivo, necessitando di strutture in grado di adeguarsi alle richieste senza particolari difficoltà. Per tali difficoltà si sono alternate varie gestioni nel tempo che non sono state in grado di valorizzare l'ambiente che, di proprietà del Comune di Firenze, potrebbe fungere da polo d'attrazione in un'area peraltro priva di sostanziale concorrenza per offerta durante l'inverno (l'unica altra piscina olimpionica comunale è la Costoli situata nei pressi dello Stadio Artemio Franchi che non è coperta). Importanti difficoltà possono infatti essere derivate dal fatto che l'avvicendarsi nel tempo delle varie gestioni e il dover sempre far riferimento al Comune di Firenze per aspetti relativi ad architettura, struttura e impianti della piscina abbia portato a notevoli problemi in termini di scambio dati e documenti che in un ambito così delicato abbia comportato un

peggioramento del servizio. Per nostra esperienza abbiamo potuto constatare come gran parte della documentazione storica, appetibile in quanto comunque prodotto di uno dei maggiori progettisti della seconda metà del secolo, siano dispersi tra archivi privati e musei, così come anche a livello tecnico i molti passaggi di consegne abbiano lasciato per strada o non fatto arrivare a destinazione molti altri progetti causando notevoli problemi all'attuale gestione. Tutte le manutenzioni di cui hanno bisogno gli impianti natatori possono essere prese come tipi di situazione in cui la completa conoscenza di tutte le parti di essi mediante il corredo di progetti, schede tecniche e manuali d'uso, può comportare un più snella e veloce lavorazione con conseguente benessere dei fruitori. È stato reso nel caso in esame tutto ciò difficile allo stato attuale, data la dispersione dei progetti nei vari archivi e tra i vari operatori che partecipano o hanno partecipato alla gestione, e tale difficoltà si riversa nella qualità dell'offerta, non all'altezza del luogo stesso. Infatti, la gestione lamenta carenze di schede tecniche, progetti e manuali d'uso, che renderebbero più facile le complesse parti di manutenzione ma allo stesso tempo una scarsa attenzione nei confronti delle ristrutturazioni necessarie che ovviamente passano in secondo piano nel momento in cui ci potrebbe essere un utilizzo più massivo del centro. A questo si aggiunge il mancato uso di risorse che si ha nei confronti di determinate dotazioni che stride con il sovraccarico che invece si presenta in altri ambienti: è il caso della centrale di cogenerazione prevista, progettata e realizzata in corrispondenza della parte Sud del complesso ma mai effettivamente utilizzata per le complessità che derivano dalla sua gestione che non sono mai state prese in considerazione dalle varie gestioni così come dall'amministrazione comunale in favore di tipologie impiantistiche meno convenienti e innovative. Si può riscontrare a tale proposito una generale obsolescenza degli impianti che va di pari passo con quella degli ambienti stessi che a sua volta contribuisce a rendere, oltre che più intricata la gestione, anche meno appetibile l'offerta: non a caso il Comune in tal senso ha previsto dei lavori di ristrutturazione nei confronti degli spogliatoi situati nel fabbricato a fianco della piscina olimpionica oltre che all'analisi di vulnerabilità sismica volta a confermare le condizioni di sicurezza delle strutture. Sono atti sicuramente utili a migliorare il complesso stesso ma da soli non sono in grado di rendere migliore la gestione che riteniamo debba passare attraverso un approccio differente rispetto a quello attuale, un approccio che pur necessitando di maggiori cure oltre che di non indifferenti costi di implementazione porterebbe a un miglioramento generale della gestione e del valore del bene, tramite una più maggiore velocità di lettura e di comprensione dei dati contenuti del database: la metodologia BIM sul patrimonio edilizio esistente per l'ottimizzazione della gestione in tutti i suoi aspetti, dalla manutenzione alla pianificazione.

1 – Analisi e gestione del patrimonio edilizio esistente mediante l'approccio BIM

Trattandosi di un centro non estremamente complesso per numero di destinazioni d'uso ma decisamente migliorabile a livello organizzativo si è pensato che la strada più giusta da percorrere fosse quella di analizzare e gestire il patrimonio edilizio esistente secondo un approccio BIM, opzione almeno apparentemente poco vantaggiosa data la mole di lavoro che sta a monte della realizzazione di un modello parametrico ma che può portare innumerevoli risvolti positivi. Se infatti storicamente i primi approcci al BIM erano rivolti ai progettisti, anche data la maggiore spinta che i produttori di software di questo ambito avevano imposto al mercato, le applicazioni più mature nascono da attente valutazioni sui benefici, anche economici, che si possono ottenere nella fase di uso e gestione del costruito dove si situano la maggior parte dell'utilità e dei costi nel ciclo di vita delle opere. Tutto ciò ha senso per raggiungere il cosiddetto *beginning with the end in mind*, uno slogan in voga nell'ambito BIM anglofono per definire come sia il committente e/o gestore che dovrà essere in grado di attuare un *change management* che coinvolga tutti i soggetti della filiera indipendentemente che si tratti di progettazione, di costruzione o anche solamente di gestione, purché comporti la digitalizzazione di una serie di processi, spesso già presenti, e ottimizzi le risorse dedicate alla gestione degli edifici. Tutto questo processo è infatti inevitabilmente da legarsi alla volontà della committenza che, pur non modificando i sistemi di gestione e le procedure già in atto, deve generare in modo sistematico un flusso informativo che permetta la gestione delle stesse, andando a realizzare quell'*Asset Information Model (AIM)*[1], a sua volta parte del *Common Data Environment (CDE)*, che un'organizzazione che si avvicina al BIM dovrebbe avere. Uno dei maggiori problemi organizzativi degli edifici di grandi dimensioni in cui vengono svolte più attività è la trattazione di informazioni e documentazione che viene raccolta, a partire dalla costruzione, durante tutta la vita utile dell'edificio. Spesso si tratta di documentazione cartacea (come certificazioni, report di controllo, schede tecniche, interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, progetti di riqualificazione) che generalmente vengono archiviati in faldoni o scansionati e inseriti in database strutturati dal proprietario. È un aspetto quello della metodologia di archiviazione dei dati che ha un sicuro impatto economico: il *National Institute of Standards and Technology (NIST)*, ente del Governo degli Stati Uniti che si occupa dell'applicazione di nuove tecnologie, stima che nel 2002 negli Stati Uniti siano stati spesi oltre 5 miliardi di dollari per verificare la documentazione cartacea di immobili e circa 170 milioni di dollari per trasferire le informazioni in un formato utilizzabile[2]. A tutto ciò si aggiunge la gran quantità di dati e documenti che vengono persi che comportano costi

aggiuntivi per indagini specifiche, come prove statiche o indagini conoscitive su strutture, termografie o saggi sulle tecnologie costruttive: tale problema, nel caso si tratti di edifici in cui, come nel Complesso di Bellariva, la gestione è suddivisa tra vari operatori (Comune di Firenze nei sui Uffici Tecnici, gestore della piscina, gestore della ristorazione ecc.) risulta essere anche molto più frequente. Tale gestione delle informazioni porta spesso a situazioni come il superamento dei costi previsti per le manutenzioni, oltre a portare alla diminuzione delle prestazioni dell'edificio nel tempo e a edifici potenzialmente non sicuri. A questo proposito l'*International Facility Management Association (IFMA)* ha stimato nel 2009 che le informazioni che sono state perse o non correttamente aggiornate ha generato un costo aggiuntivo del 12,4% del costo annuo relativo alle spese di manutenzione[3]. È necessario quindi che nella fase d'uso, gestione e manutenzione, in cui spesso entrano in gioco soggetti come Facility Manager, Asset Manager, imprese di pulizia, manutentori e utilizzatori dell'edificio sia messo a disposizione uno strumento in grado di fornire informazioni in modo veloce e immediato. Vengono distinte le informazioni in grafiche, non grafiche e documentali. Nella prima fase del processo edilizio – che non verrà trattata nella seguente tesi – la quantità delle informazioni cresce molto ma decresce molto nella fase di uso del bene comportando importanti costi di recupero. Tali costi possono riguardare, come detto in precedenza, rilievi di vario tipo, come per individuare il posizionamento degli impianti, prove non distruttive per la valutazione statica e dinamica delle strutture, ricerche di schede tecniche di prodotti o impianti non correttamente conservate. In una organizzazione evoluta il pacchetto di informazioni dovrebbe aumentare con il passare del tempo per essere integrata, aspetto che rappresenterebbe un grande vantaggio economico.



1. Flusso di informazioni durante il processo edilizio, illustrazione (G.M.Di Giuda, S.Maltese, F.Re Cecconi, V.Villa, *Il BIM per la gestione dei patrimoni immobiliari*, Hoepli Editore, Torino, 2017).

Infatti, allo stato attuale solo nella fase progettuale vengono generate informazioni che vengono spesso reinserite e prodotte nel passaggio tra le fasi e le organizzazioni. Una volta completato il progetto però il valore di queste informazioni si riduce bruscamente sia perché non vengono aggiornate per rappresentare le condizioni as-built, sia per il fatto di non essere riprodotte in formato di facile accesso o gestione. Uno sfruttamento ottimale delle capacità BIM in fase d'uso è stato quello della United States Coast Guard che ha messo in pratica un progetto di rinnovamento del proprio sistema di risorse[4].

Project Name	**Integrated Support Command (ISC) Alameda project**	**Sector Command Centers**	**Off-Cycle Crew Support Units (OCCSU)**
Location:	Alameda site	35 sites	9 sites
Project Description:	Consolidate and integrate facility assessment information into a single data repository	Perform conceptual design of 35 sector command facilities and define requirements for those facilities	Perform multiple what-if scenarios for future projects related to installations of new boats, including operational, staffing, cost, and security analysis
Project Duration:	3 months Model of Alameda Island was created earlier by AEC info systems, Inc., Onuma, Inc.	6 months	5 months
BIM Application:	Facility assessment and asset management	Conceptual planning and requirement definition	Rapid conceptual planning and analysis

2. Panoramica dei progetti di implementazione BIM della United States Coast Guard, tabella (C.Eastman, P. Teicholz, R.Sacks e K. Liston, *A BIM handbook, a guide to Building Information Modeling*. *Second edition*, Hoboken, Jonh Wiley & Sons Inc., 2011).

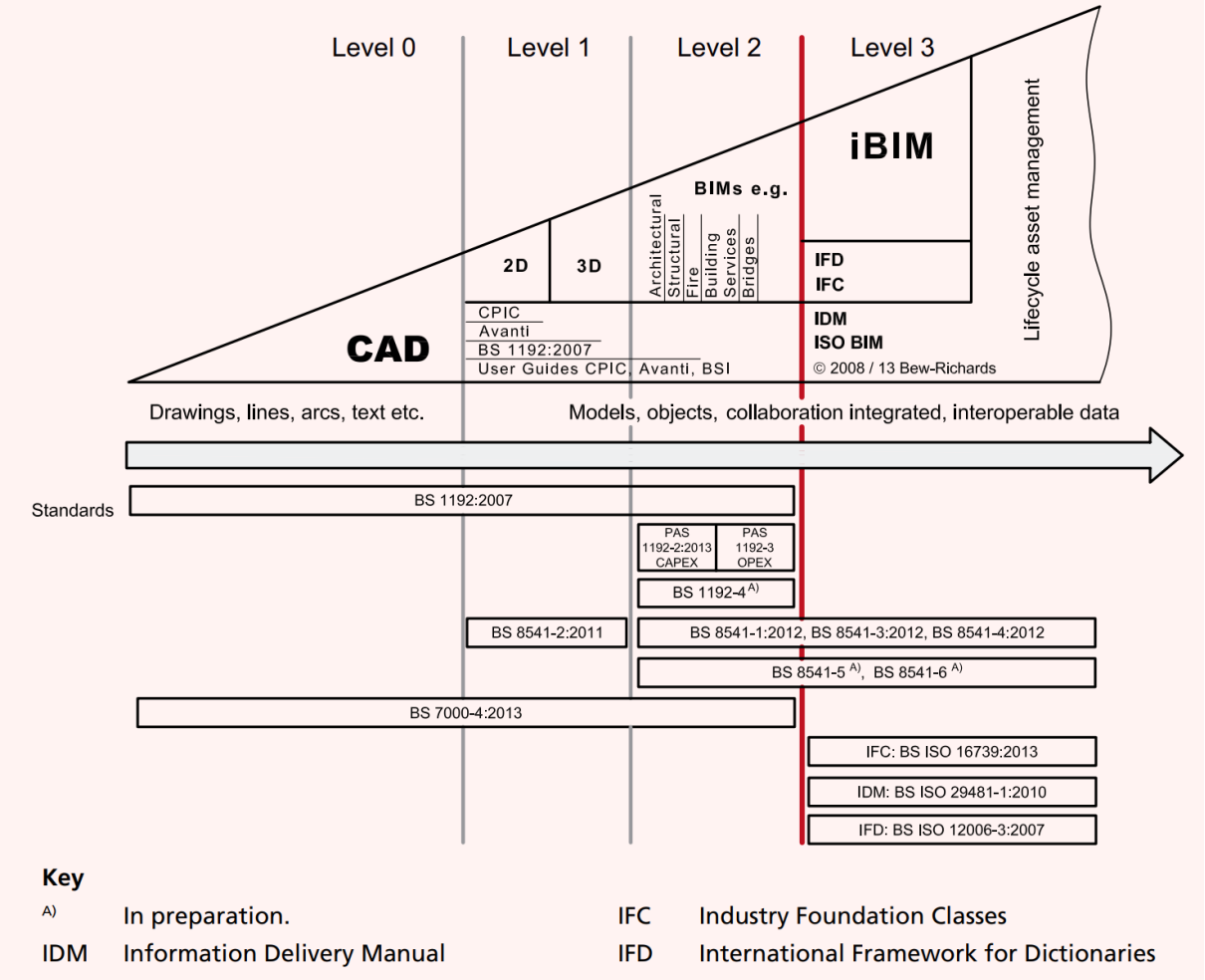
Parecchi i vantaggi che sono stati conseguiti con tale *BIM implementation* negli ambiti della pianificazione di scenari e di organizzazione delle risorse.

- Risparmio fino al 98% del tempo necessario utilizzando il BIM per completare dati e revisionare il database, attribuibile alla non necessità di inserire informazioni spaziali;
- Gestire le proprie le risorse mediante l'approccio BIM per la gestione delle risorse che comporta di poter associare ad ogni componente una valutazione dello stato d'uso mediante il quale il committente può avere periodicamente un quadro d'insieme delle manutenzioni;
- Pianificare a seconda degli eventi un possibile piano di organizzazione in modo da evitare errori che possono accadere a causa di una non corretta preparazione del personale e delle risorse (soprattutto relativamente ad attacchi terroristici).

In un ambito più ristretto innumerevoli potrebbero essere i vantaggi conseguiti da un approccio che vede le sue basi nella normativa inglese che si occupa della definizione di standard, la quale da sempre ha rivestito un ruolo importante sul piano internazionale.

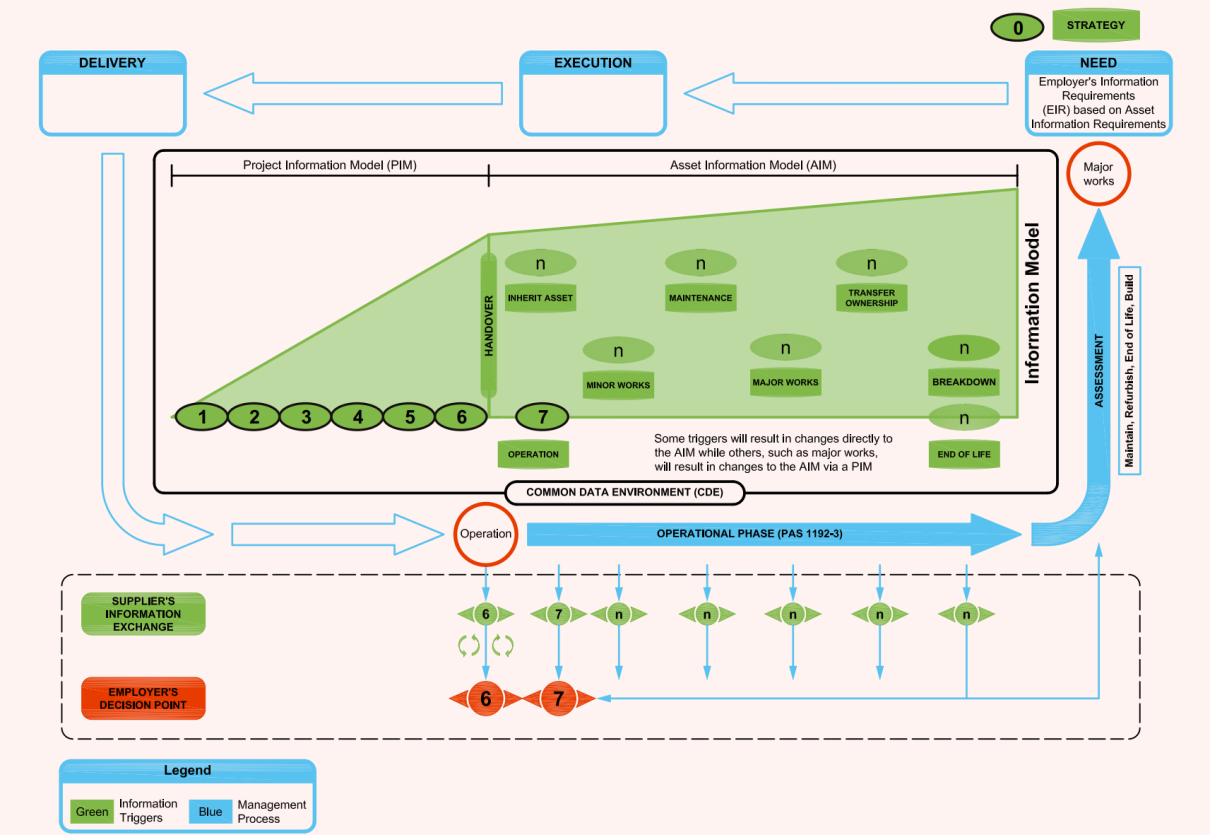
1.1 – PAS 1192: definizione degli standard per l'uso del BIM con il patrimonio esistente

Come da sempre in ambito BIM il mondo anglosassone ha giocato un ruolo centrale nel favorirne l'utilizzo: ne sono una prova le norme che nel corso degli anni hanno portato all'obbligatorietà del suo utilizzo, a partire dal 2016, per poi estendere il progetto fino al 2025 e chissà ancora più avanti. Il The British Standard Institution (BSI), ente di normazione anglosassone e più antico al mondo, ha realizzato una corposa e organica produzione di normativa tecnica, che ha avuto un'ampia diffusione internazionale. Di questa produzione fanno parte le PAS (Publically Available Specification) che non sono delle vere e proprie norme BS, quanto piuttosto una sorta di "codici di pratica" emanati attraverso procedure semplificate per venire incontro rapidamente a esigenze emergenti del mondo industriale. Nella fattispecie le PAS 1192-2 e 1192-3 si rivolgono al campo dell'edilizia con la trattazione dell'evoluzione di un bene costruito, dalla fase di finanziamento iniziale a quella di progettazione, realizzazione, tenuta di esercizio, ristrutturazione e dismissione. In particolar modo la PAS 1192-3 si rivolge alla gestione del patrimonio costruito.



3. I livelli di maturità del BIM estesi all'asset information management, illustrazione, (PAS 1192-3, 2014).

Nella figura 3 vediamo come questa mappa concettuale presente nella PAS 1192-3 si rivolga essenzialmente alla fase di esercizio, essendo quest'ultima generalmente molto più rilevante delle prime. Nel grafico si può notare come le fasi da 1 a 6, che corrispondono alla progettazione e realizzazione dell'edificio, comportano un maggior aumento di informazioni rispetto le fasi a partire dalla 7 che trattano invece la gestione. Questi due gruppi di dati vanno a creare i cosiddetti *Project Information Model (PMI)* e *Asset Information Model (AIM)*. Ed è proprio quest'ultimo che ha definito i parametri per organizzare le informazioni provenienti da tutte le fonti che supportano la gestione di un bene e si differenzia dal primo che è stato sviluppato durante la fase di progettazione e costruzione in risposta ai requisiti stabiliti nell'*Employeer's Information Requirements (EIR)*. L'*AIM* comprende modelli, documenti, dati e altri record relativi o richiesti per la fase operativa ed è utilizzato dai clienti, dagli utenti finali e dai facility manager. I proprietari e gli occupanti useranno i dati e le informazioni contenute nell'*AIM* per rispondere agli *Organizational Information Requirements (OIR)* mentre gli asset manager utilizzeranno i dati contenuti nell'*AIM* per gestire efficacemente le loro attività, preferibilmente mediante sistemi informatici in grado di lavorare i dati provenienti dall'archivio. Tale database è a sua volta gestito all'interno del *Common Data Environment (CDE)* ed il proprietario/operatore a decidere quali informazioni archiviare e ogni quanto aggiornarle.

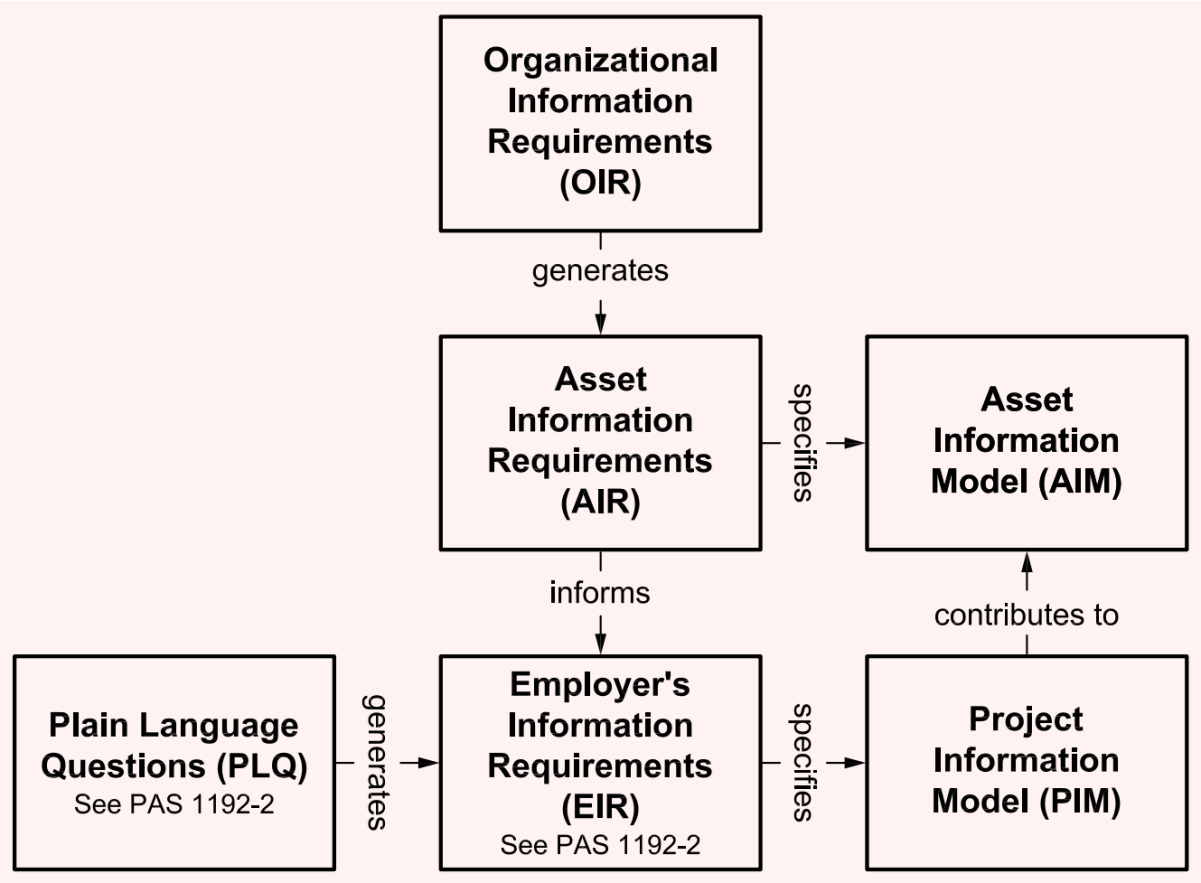


4. Il ciclo di scambio di informazioni emendato per l'asset management, illustrazione, (PAS 1192-3, 2014).

Non a caso si può avere a che fare con informazioni, come modifiche ai sistemi di sicurezza o certificazioni, che necessitano di aggiornamenti immediati così come altre, come analisi delle performance, che possono avere una cadenza periodica. Generalmente risulta essere inevitabile però aggiornare regolarmente il modello per tenere conto di eventuali riparazioni, aggiornamenti, ristrutturazioni, manutenzioni o dismissioni. Vari sono i punti di cui tenere conto nel momento in cui deve essere progettato un *AIM*:

- Formato in cui le informazioni vengano prodotte, organizzate e mantenute;
- Modalità di check dell'accuratezza e dell'utilizzabilità delle informazioni:
- Permessi di utilizzo delle informazioni;
- Strategie di salvataggio dati;
- Parametri di interoperabilità;
- Parametri di esportazione.

Tutto ciò per realizzare un database con tutte le informazioni di uso e manutenzione che siano sempre aggiornate e pronte all'uso per supportare le decisioni delle organizzazioni di gestione, caratteristica decisiva per la conduzione e il miglioramento della produttività.



5. Relazioni tra le parti dell'information management, illustrazione, (PAS 1192-3, 2014).

2 – Il complesso sportivo di Bellariva

2.1 – Descrizione e cenni storici

6. Individuazione del complesso sportivo di Bellariva, immagine satellitare, Google Maps, 2017.

Il complesso sportivo di Bellariva, appellativo ufficioso derivato dal nome dell'area comprendente la Piscina Comunale G. Nannini e i vicini campi da tennis, si trova affacciato sull'Arno in corrispondenza del pezzo finale del Lungarno Colombo, nel tratto compreso tra il Ponte Giovanni da Verrazzano e il cinema-teatro Obihall. Progettato nella seconda parte degli anni '50 nell'ambito di un più ampio riassetto della zona di Bellariva, era la prima parte dei lavori che avrebbero dovuto rendere le distese verdi lì presenti un importante polo dedicato al gioco, al tal punto da poter ospitare il nuovo stadio, come provano alcuni studi risalenti agli anni '20. Nel secondo dopoguerra a seguito dei processi di ricostruzione, però l'area verde fu diminuita in modo importante per ristrutturare il quartiere, fino ad allora caratterizzato da costruzioni realizzate in modo disordinato, a livello residenziale, lasciando soltanto uno spazio dedicato al parco che avrebbe dovuto ospitare, oltre al complesso natatorio, un palazzetto dello sport[5]. Il progetto della zona fu ideato dall'Ingegner Pierluigi Nervi e dal figlio di esso, l'Architetto Antonio Nervi e prevedeva la realizzazione di entrambi questi spazi anche se poi per problemi economici quello dedicato al palazzetto dello sport non fu nemmeno iniziato[6]. Per quanto riguarda il complesso natatorio risalgono alla prima inaugurazione del 1960[7] la piscina olimpionica con annessa gradinata, una piscina di piccole dimensioni per bambini, la palazzina degli spogliatoi, del bar e del ristorante e una palazzina secondaria per i custodi e l'infermeria: sono realizzazioni che in parte più o meno grande sono state modificate in architettura, struttura e impianti ma che ancora fanno parte del complesso.

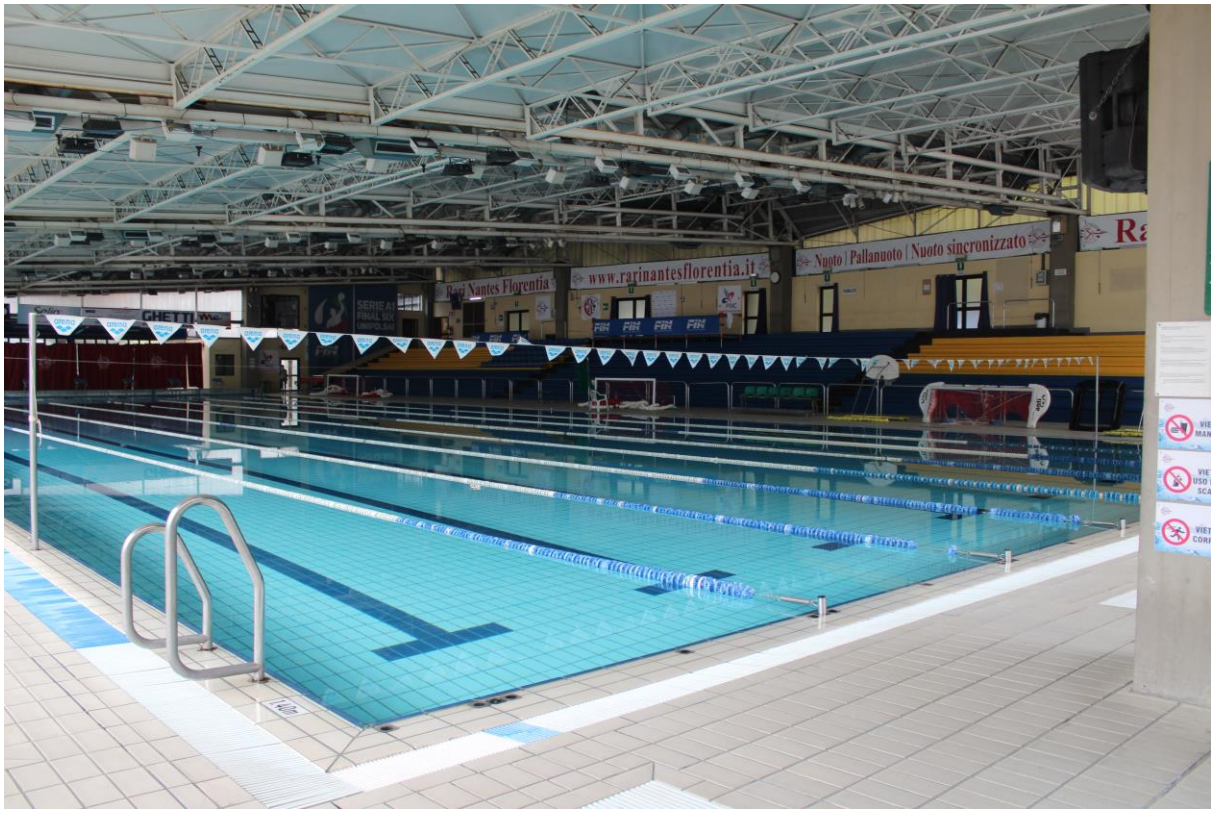
7. Vista della piscina olimpionica prima dell'inaugurazione, fotografia, 1960, Archivio Storico del Comune di Firenze. Si può notare sullo sfondo la palazzina dedicata agli spogliatoi e il ponte in calcestruzzo armato.

8. Vista della palazzina spogliatoi, bar e ristorante, fotografia, 1960, Archivio Storico del Comune di Firenze. Risulta estremamente elegante la pilastrata del piano terra caratterizzata da pilastri a sezione variabile.

9. Vista della piscina olimpionica dal bar, fotografia, 1960, Archivio Storico del Comune di Firenze. Si possono notare la gradinata e il trampolino attualmente non più presenti.

Tale complesso infatti rappresenta un punto di aggregazione nell'ambito natatorio della periferia Est della città, sotto la gestione della storica società sportiva Rari Nantes (la stessa, pur essendoci stati vari avvicendamenti, che partecipò al progetto di costruzione), oltre ad ospitare spesso, trattandosi di una piscina olimpionica, anche partite del campionato nazionale di pallanuoto e altri eventi legati al mondo del nuoto. Tutta l'impianto sportivo ricopre un'area di circa 14200 mq e, a parte un paio di nuove aggiunte successive, comprende gli stessi edifici del progetto originale.

- Piscina olimpionica: la piscina olimpionica, di dimensioni 50x20 m, è interamente realizzata in calcestruzzo armato impermeabilizzato e rivestita di piastrelle che sono andate a sostituire il mosaico precedentemente utilizzato. A differenza del passato, il trampolino e la gradinata, che caratterizzavano l'architettura della piscina quando essa era priva di copertura, sono stati sostituiti da una struttura di involucro realizzata negli anni '80 a seguito della necessità di renderla utilizzabile anche durante il periodo invernale[8]. Tale copertura, in acciaio con travi reticolari principali e secondarie, prevede un meccanismo che permette lo scorrimento delle campate per ventilare la piscina durante il periodo estivo. Per quanto riguarda la gradinata, anch'essa è stata realizzata in calcestruzzo armato e accoglie al di sotto ampie aree adibite a magazzini



10. Vista dell'interno della piscina olimpionica, fotografia, 2018. Si notano le gradinate più grandi rispetto alle originali per potere ospitare il pubblico durante manifestazioni sportive nazionali.

11. Vista esterna della piscina olimpionica, fotografia, 2018. Il giardino su cui si affaccia la piscina viene impiegato durante il periodo estivo dai bagnanti come zona relax.

e una palestra di riscaldamento pre-match utilizzata dai pallanuotisti e nuotatori prima delle gare. A fianco del blocco della piscina è stata realizzata una palazzina di calcestruzzo armato che, oltre ai servizi igienici e all'infermiera, ospita una serie di magazzini e la biglietteria delle gare di nuoto e pallanuoto. Sul retro, in cui si trova la strada privata che dal Lungarno Colombo permette l'ingresso carrabile nel lotto, è posizionato l'accesso principale degli spettatori e l'accesso per gli automezzi ai magazzini. La piscina è collegata a sua volta al fabbricato spogliatoi mediante un collegamento vetrato posizionato sul lato Nord-Ovest dell'edificio. A livello impiantistico quest'area è servita da due UTA posizionate nella parte Sud sulla copertura, mentre l'impianto di trattamento acqua è situato nell'area di fronte al giardino nel blocco degli ambienti dedicati al MEP.

- Piscina di riscaldamento: realizzata a cavallo degli anni 2000[9] affiancata alla piscina olimpionica sul lato nord, la piscina di riscaldamento presenta una struttura in acciaio e vetro. Utilizzata sia dagli sportivi professionisti che dai frequentatori della piscina come vasca da riscaldamento è dotata di un sistema di riscaldamento collegato alla UTA della palazzina spogliatoi, mentre per il trattamento acqua fa riferimento agli impianti della piscina olimpionica.

12. Vista della piscina di riscaldamento, fotografia, 2018. Essendo impiegata la piscina in questione per il riscaldamento, l'acqua che vi è contenuta è mantenuta a temperatura più alta rispetto alle altre.

- Palazzina spogliatoi, bar e ristorante: attualmente rappresenta l'unico elemento, insieme con la palazzina spogliatoi dei bambini, che strutturalmente e architettonicamente (al netto di qualche aggiunta più tarda) è giunto pressoché inalterato dal progetto originale. A livello funzionale la palazzina è suddivisa nelle aree spogliatoi, bar e centrale termica al piano terra e ristorante al piano primo, in cui sono presenti anche ampi spazi dedicate alle terrazze. È edificata completamente in calcestruzzo armato, di cui sono realizzati anche i celebri pilastri a sezione variabile che andavano elegantemente a sostenere lo sbalzo della terrazza nel progetto di Nervi e che attualmente sono relegati in secondo piano nel prospetto a causa di una facciata vetrata realizzata successivamente. La copertura, a doppia falda inclinata verso l'interno presenta anche vari elementi prefabbricati nello stile dell'opera di Nervi e a sua volta è un tratto distintivo che slancia l'edificio, che altrimenti sarebbe caratterizzato invece da una pianta estremamente allungata. In ambito impiantistico, l'area è servita da due UTA posizionate esternamente, sul tetto e sulla terrazza, una delle quali in comune con la piscina di riscaldamento, entrambe collegate alla medesima caldaia.

13. Vista della palazzina spogliatoi, bar e ristorante, fotografia, 2018. Affacciantesi sul giardino in cui durante il periodo estivo tendono ad affollarsi i bagnanti la palazzina mantiene ben poco dell'antico sapore del progetto originale, dal momento che risulta caratterizzata da un ampliamento della zona bar mediante pareti vetrate apribili durante l'estate.

14. Vista della terrazza a sbalzo, fotografia, 2018. Rimasta immutata rispetto al progetto originale la terrazza attualmente fa da copertura dell'ampliamento della zona bar.

15. Vista del retro della palazzina spogliatoi, bar e ristorante, fotografia, 2018. Come si può notare, la zona retrostante è collegata alla piscina mediante un percorso carrabile.

- Palazzina spogliatoi dei bambini: anch'essa proveniente dal progetto originale e rimasta immutata al netto di alcuni cambiamenti interni, presenta un importante sbalzo nella zona affacciantesi ai giardini che riprende gli sbalzi della palazzina spogliatoi, bar e ristorante. Oltre alla funzione principale di spogliatoio dei bambini ospita anche un'area dedicata a uffici della società di gestione della piscina. Al di sopra di essa, all'interno del lotto ma di altra proprietà, si trova una terza palazzina che non figurava nel progetto di Nervi[10].

16. Vista della palazzina spogliatoi dei bambini, fotografia, 2018. Accanto si può notare il ponte in calcestruzzo armato che collega i vari sentieri.

- Piscina per bambini: situata nella parte Est del lotto, la piscina per bambini rappresenta il rifacimento dell'originale piscina pensata da Nervi, di cui ha mantenuto la forma pur cambiando in termini di profondità e suddivisioni interne[11] (quella precedente era caratterizzata da un andamento più sinuoso ma decisamente meno schematico). Utilizzata soltanto nel periodo estivo, perché non coperta, la si raggiunge attraverso una serie di percorsi interni al lotto attraversando anche un elegante ponte in calcestruzzo, anch'esso proveniente dal primo progetto.

17. Vista della piscina dei bambini, fotografia, 2018.

- <u>Palazzina d'ingresso:</u> ingresso principale per la piscina, a differenza dell'ingresso utilizzato solo per gli eventi sportivi, si affaccia sul Lungarno Colombo. Si tratta di una piccola palazzina contenente la biglietteria della piscina e un magazzino.

18. Vista della palazzina d'ingresso, fotografia, 2018.

2.2 – Modellazione BIM

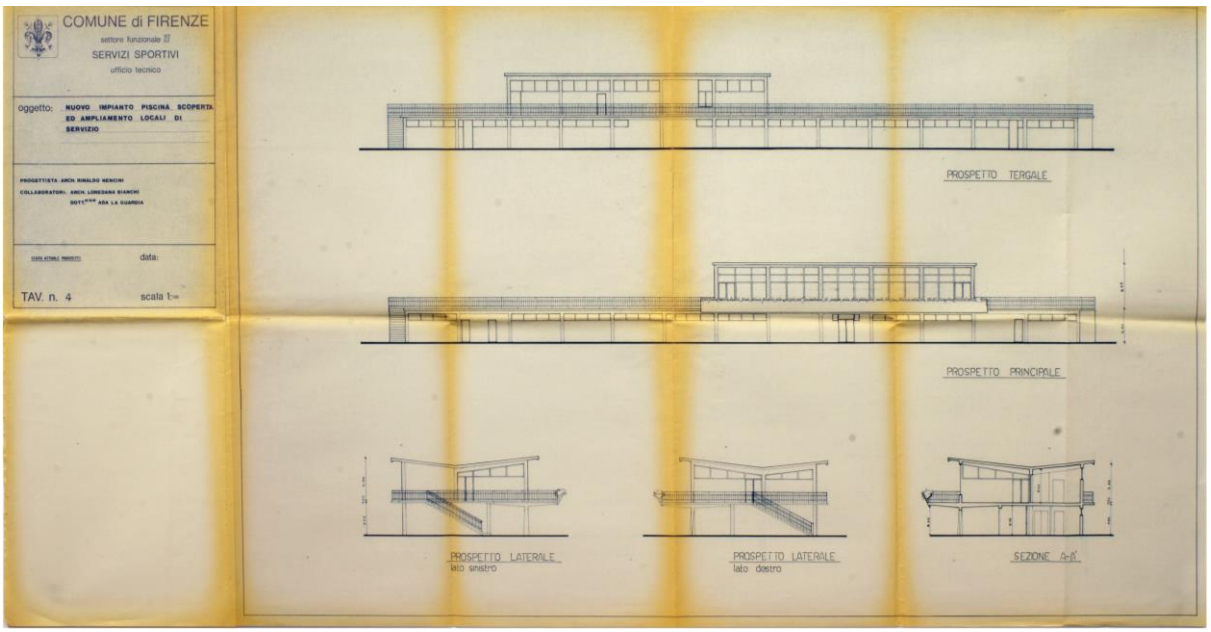
Il complesso sportivo di Bellariva è stato modellato in ottica BIM mediante il software Revit. La scelta è ricaduta sul software di Autodesk che, oltre per ragioni legate al nostro percorso di studio, rappresenta il leader nel settore e, nonostante non differisca sostanzialmente dai suoi concorrenti in termini di interoperabilità e venga spesso considerato rispetto ad essi decisamente poco user-friendly, meglio di altri descrive il concetto di modellazione parametrica con le praticamente infinite possibilità di personalizzazione delle famiglie e un'interfaccia attualmente piuttosto distante dai software CAD 3D dai quali non si deve far derivare la modellazione BIM. Il processo di modellazione è constato di una serie di passi:

1- Reperimento documentazione cartaceo e/o digitale.

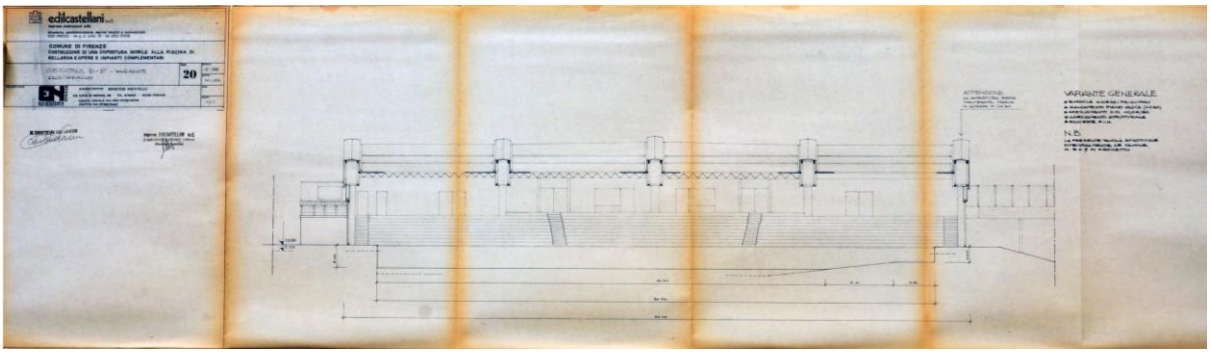
   Chiaramente, data la complessità delle funzioni che vi vengono svolte, oltre tutte le problematiche che derivano dal reperimento di informazioni in edifici in cui il gestore e la proprietà non coincidono, è stato necessario un importante lavoro di raccolta dati a monte della realizzazione del modello parametrico in modo che quest'ultimo fosse il più ricco possibile di informazioni. Sono state reperite informazioni di vari ambiti:

   - Ambito architettonico.

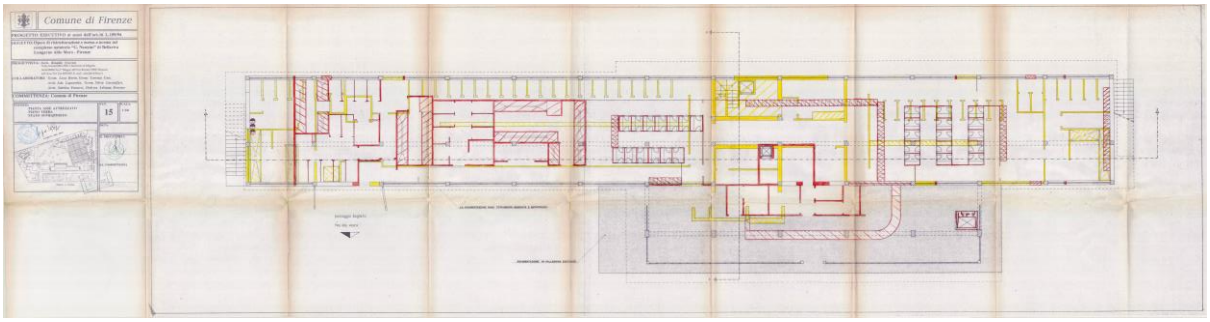
     Per quanto riguarda le informazioni architettoniche, al fine di integrare la documentazione da noi in possesso grazie ad una tesi che precedentemente che si era occupata della genesi del Complesso di Bellariva e nella quale erano presenti alcune tavole storiche di progetto provenienti dagli anni '70, è stata condotta una ricerca di progetti nei vari Uffici Tecnici e al Genio Civile. Nella fattispecie, grazie all'aiuto dell'Ing. Andrea Lombardi, siamo riusciti ad entrare in possesso di alcune tavole riguardanti la progettazione architettonica della vasca di riscaldamento e della nuova piscina bambini, datata fine anni '90, oltre che della progettazione architettonica dell'involucro e della copertura della piscina risalente alla prima metà degli anni '80. Un importante aiuto ci è stato dato sempre dall'Ufficio Tecnico del Comune di Firenze anche tramite l'Arch. Monica Fantappié che ci ha fornito il progetto preliminare architettonico dei nuovi ambienti dedicati agli spogliatoi, in programma di essere realizzati[12]. Tutta questa documentazione ci è giunta in formato digitale, seppur non lavorabile (.pdf, .jpeg), dato che per lo più è frutto di scansioni o fotografie di documenti cartacei, nonostante nella precedente tesi fossero stati realizzati documenti .dwg ai quali però non abbiamo avuto accesso.



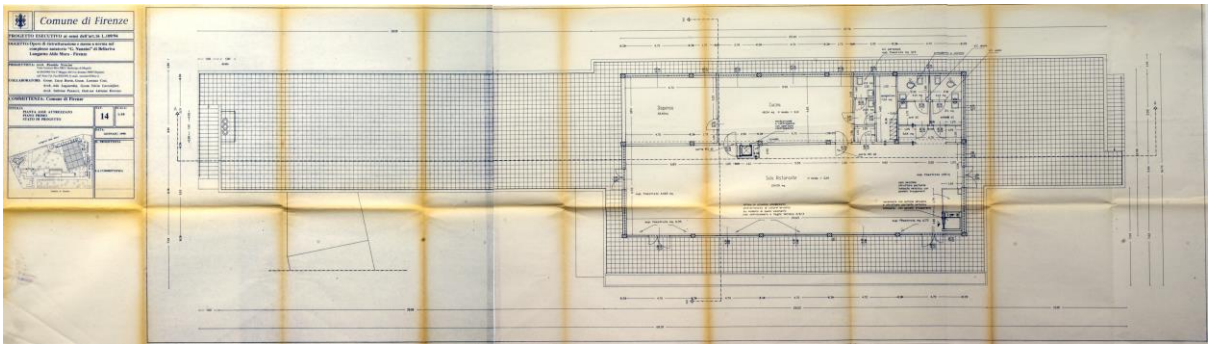
19. Prospetti dall'ampliamento della palazzina spogliatoi, disegno, 1970, Firenze, Archivio del Genio Civile.



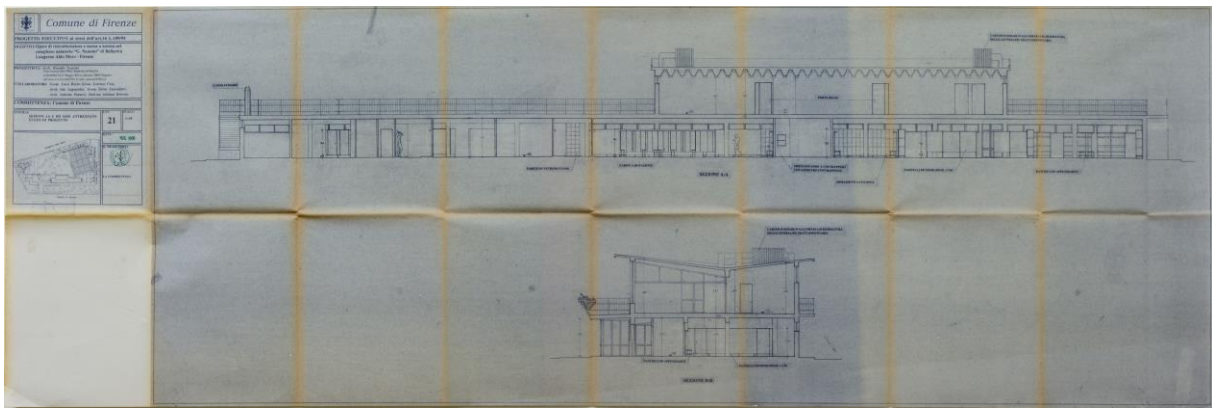
20. Sezione longitudinale della copertura della piscina, disegno, 1983, Firenze, Archivio del Genio Civile.



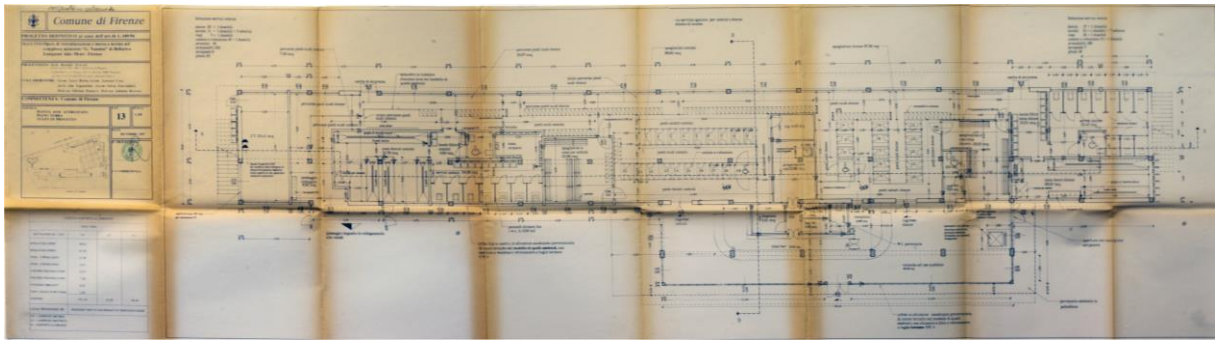
21. Stato sovrapposto piano terra da ristrutturazione, disegno, 1998, Firenze, Archivio del Genio Civile.



22. Stato di progetto piano primo da ristrutturazione, disegno, 1998, Firenze, Archivio del Genio Civile.



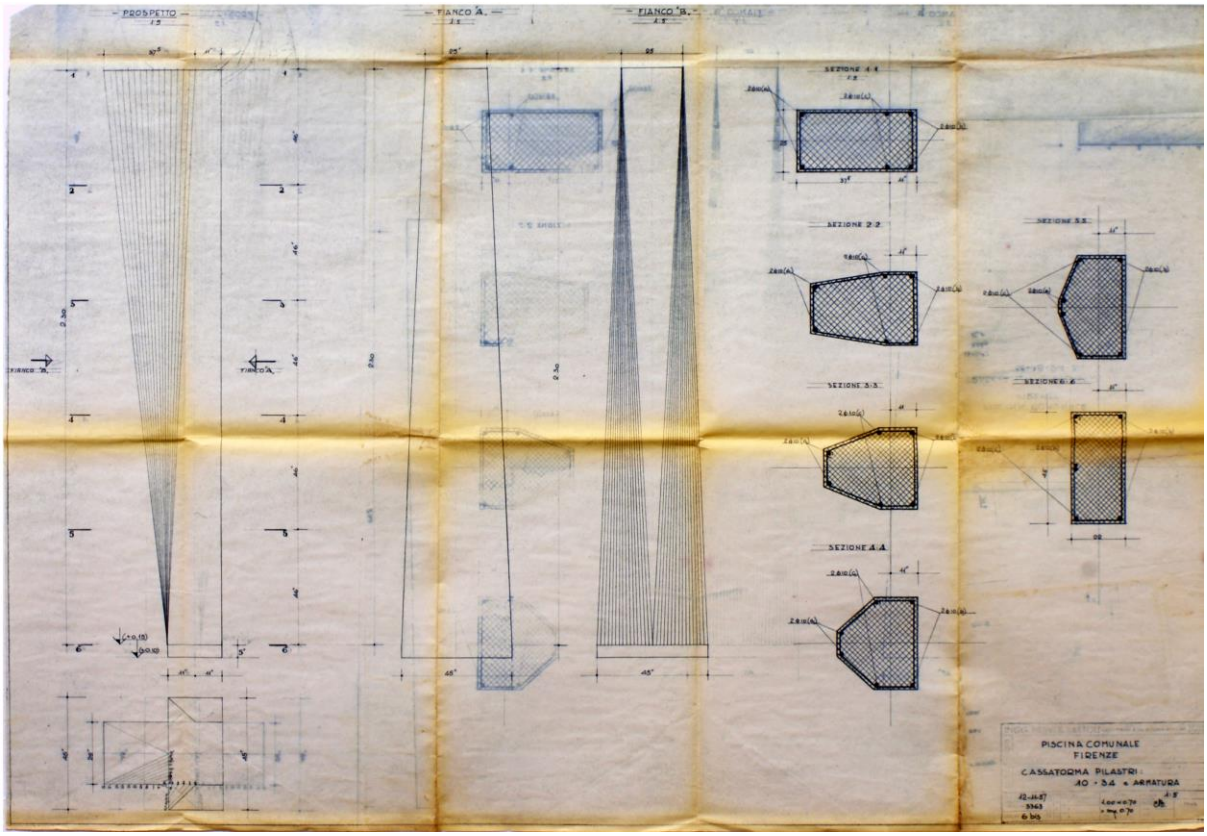
23. Stato di progetto prospetti da ristrutturazione, disegno, 1998, Firenze, Archivio del Genio Civile.



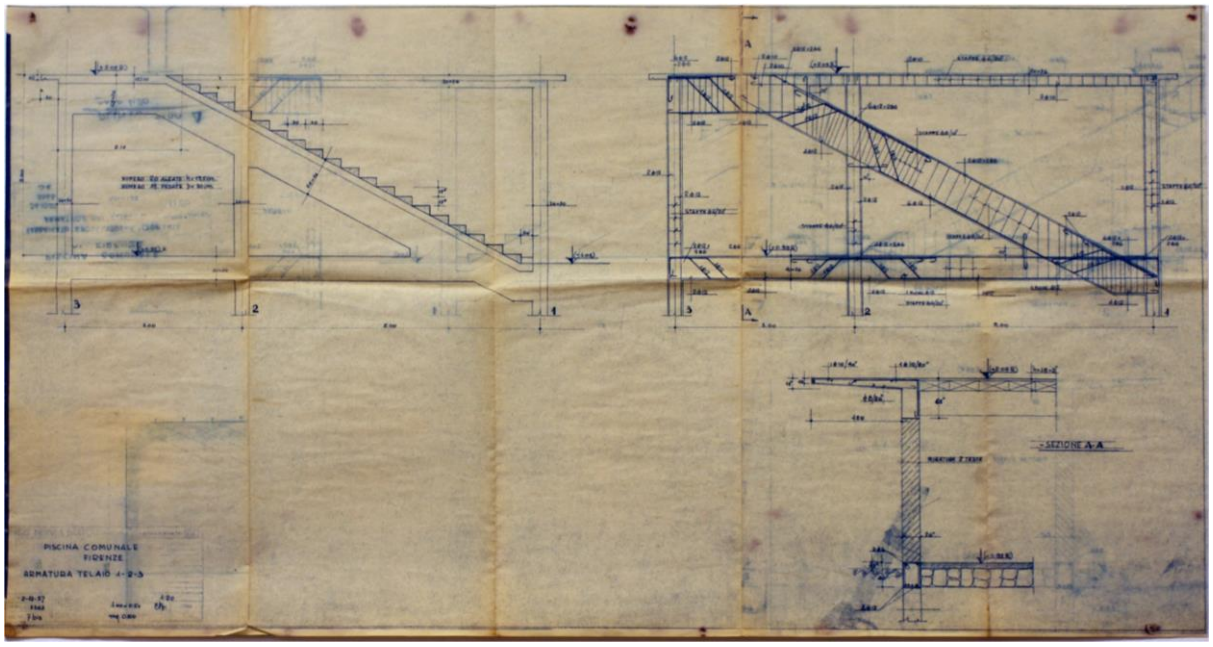
24. Stato di progetto piano terra attrezzato della ristrutturazione della palazzina spogliatoi, disegno, 1998, Archivio del Genio Civile.

- <u>Ambito strutturale.</u>

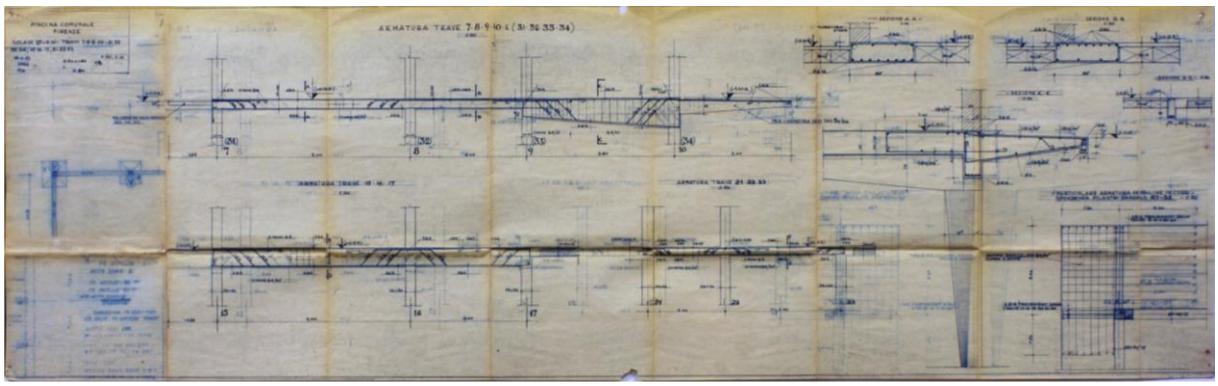
  In questo caso la maggior parte della documentazione relativa alle strutture della palazzina spogliatoi sono state reperite grazie alla tesi precedente che ci ha messo a disposizione le tavole originali di progetto, attualmente di proprietà dell'archivio privato dell'Arch. Rinaldo Nencini (colui che si era occupato della progettazione delle copertura della piscina olimpionica), mentre per l'involucro e la copertura della piscina olimpionica e per tutti gli ambienti secondari abbiamo fatto riferimento agli Uffici Tecnici del Comune di Firenze. Maggiori informazioni sono state reperite presso l'Archivio Storico del Comune di Firenze dal quale siamo entrati in possesso delle prove di carico del collaudo della palazzina[13], utili soprattutto per confermare le quantità di armature negli elementi strutturali. Anche in questo caso, come nel precedente, la documentazione era per lo più frutto di scansioni e fotografie di documenti cartacei.



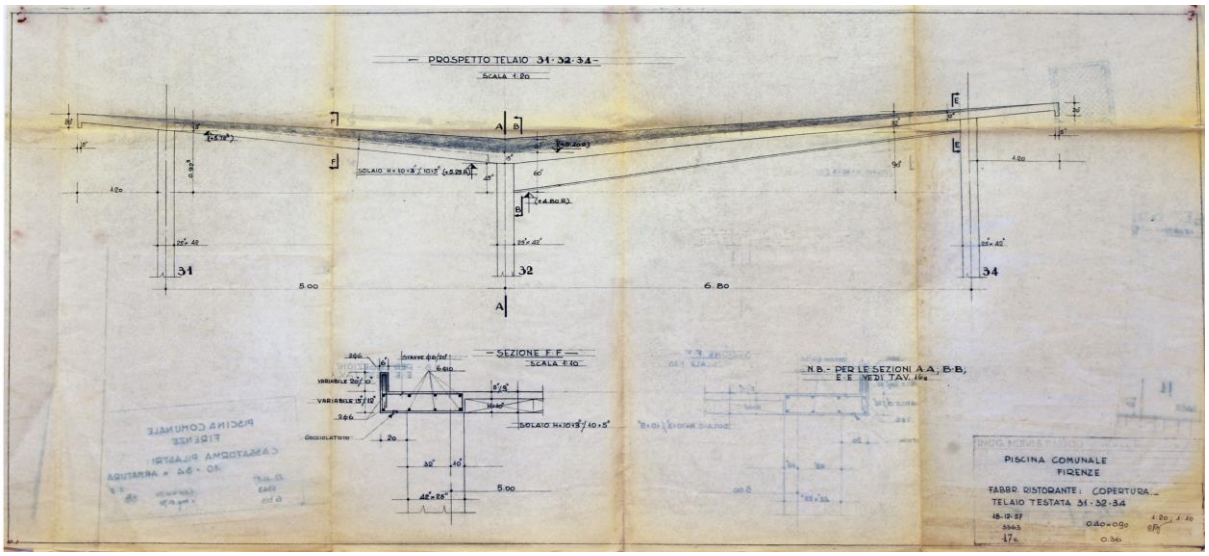
25. Particolare strutturale pilastro di bordo a sezione variabile, disegno, 1957, Firenze, Archivio dell'Arch. Rinaldo Nencini. Al fine di comprendere in modo esatto la geometria del pilastro, furono realizzate varie tavole, comprese quelle per il tracciamento stesso dei pilastri.



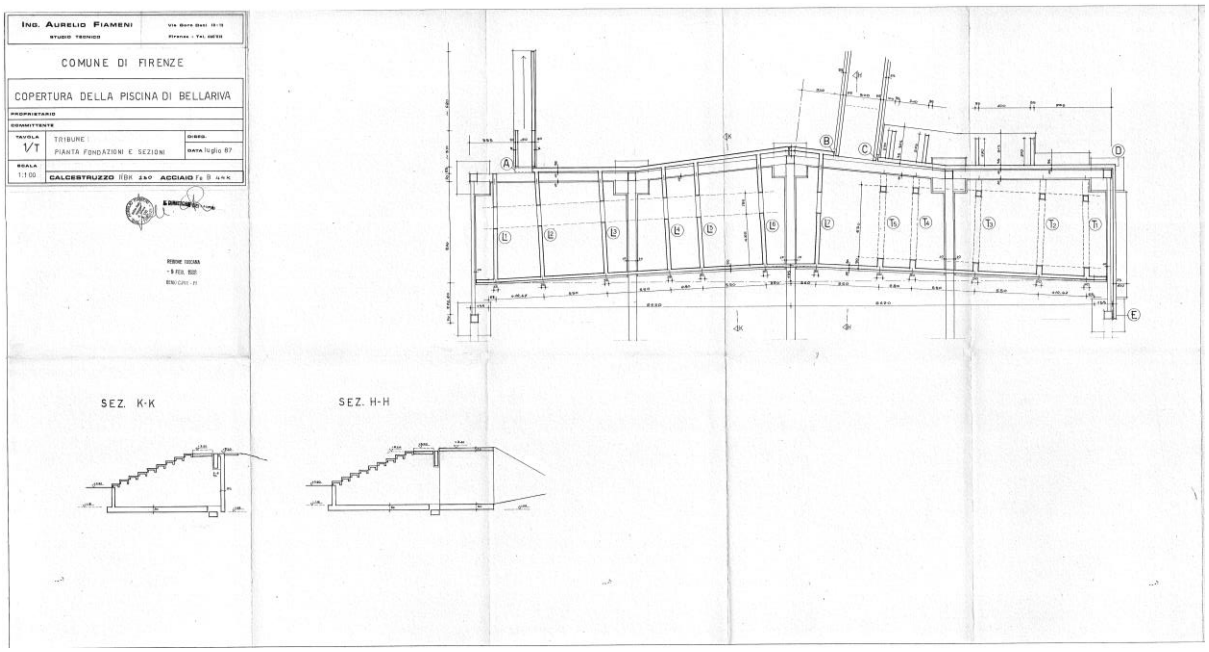
26. Particolare strutturale della trave porta scala posizionata nella zona Sud-Est, disegno, 1957, Firenze, Archivio dell'Arch. Rinaldo Nencini.



27. Pilastrata di spina, disegno, 1957, Firenze, Archivio dell'Arch. Rinaldo Nencini. Si può notare come anche la trave secondaria in corrispondenza del pilastro a sezione variabile, sia a sua volta rastremata.



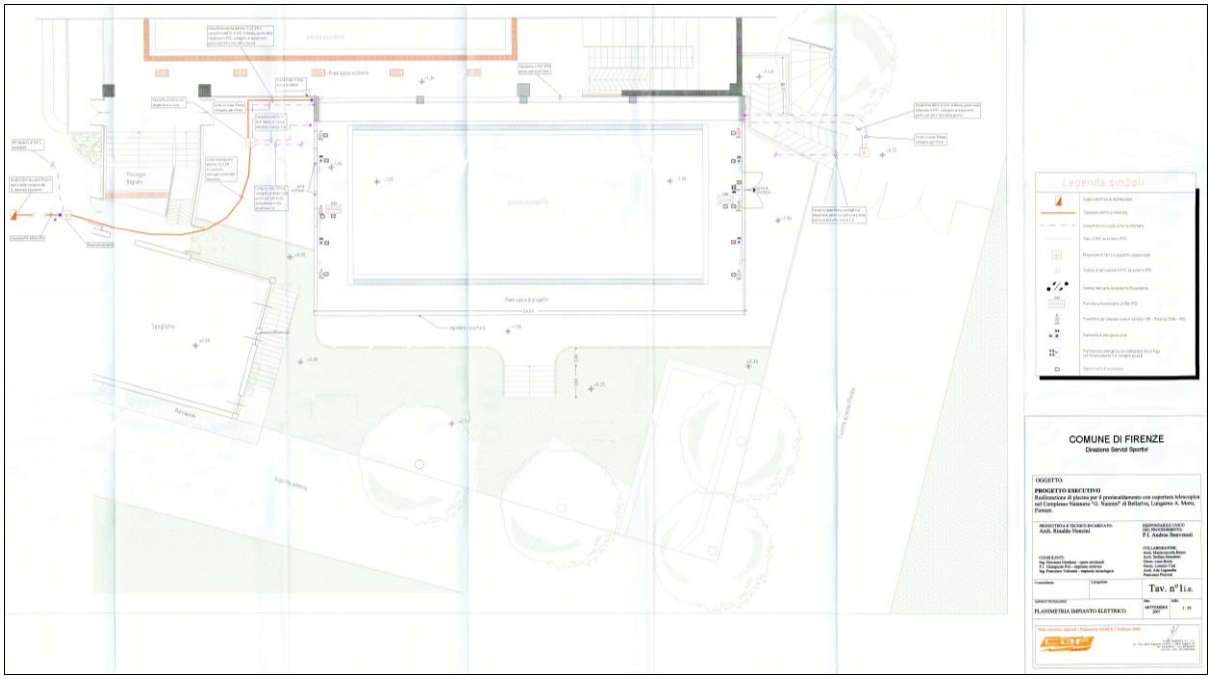
28. Sezione della copertura, disegno, 1957, Firenze, Archivio dell'Arch. Rinaldo Nencini.



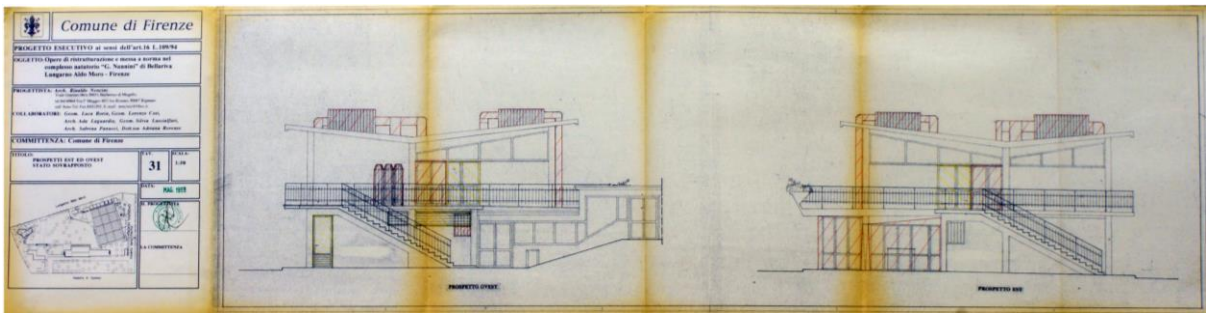
29. Pianta strutturale del piano -1 in corrispondenza delle gradinate, disegno, 1983, Firenze, Archivio del Genio Civile.

- <u>Ambito impiantistico.</u>

  Per quanto riguarda l'ambito MEP la maggior parte delle informazioni è stata reperita grazie alla disponibilità della società Rari Nantes Florentia che nella figura di Alessandro Orsimari ci ha permesso di entrare in possesso delle tavole dell'impianto elettrico, degli Uffici Tecnici del Comune di Firenze grazie all'architetto Monica Fantappié, che ci ha fornito informazioni sulle richieste progettuali del nuovo impianto ad aria e del rifacimento di quello idrico e l'Archivio Storico del Comune di Firenze per l'impianto di depurazione delle acque. Come in precedenza si tratta di documentazione per lo più in formato .pdf o .jpg.



30. Pianta dell'impianto elettrico della piscina di riscaldamento, disegno, 2007, Firenze, Archivio Rari Nantes Florentia.



31. Progetto impianto ad aria della palazzina spogliatoi, disegno, 2018, Archivio del Genio Civile.

Dalla documentazione ottenuta abbiamo selezionato le informazioni fondamentali per la modellazione, scartando quelle ridondanti ai nostri fini, trattandosi di una esercitazione, che però andranno a contribuire al database documentale proposto in seguito.

2- Indagini e sopralluoghi.

Al fine di integrare le informazioni provenienti dalla documentazione cartacea e digitale sono stati necessari vari sopralluoghi:

- Ambito architettonico.

  Nonostante fossero disponibili le tavole originali di progetto sono state effettuate delle misurazioni a campione per controllare effettivamente se il realizzato fosse corrispondente al progetto. Inoltre, particolare attenzione è stata data alla indagine fotografica e video al fine di ottenere il maggior numero di dati sugli arredi evitando di dover procedere ad un computo;

32. Vista della cucina per il computo dell'equipaggiamento da lavoro, fotografia, 2018, Firenze.

- Ambito strutturale.

  Così come per l'ambito architettonico anche per la struttura sono state effettuate delle misure per confermare i dati di progetto. Seppur condotte in una fase successiva, inoltre, grande importanza hanno avuto le prove strumentali effettuate sulla selezione di travi e pilastri scelti a seguito dell'analisi sismica per confermare le informazioni sulle armature del progetto.

33. Indagine pacometrica su una trave del retro della palazzina degli spogliatoi, fotografia, 2018, Firenze. Tali indagini, utili per la conferma delle armature di progetto, sono state condotte a campione.

34. Indagine per la valutazione dell'armatura, fotografia, 2018, Firenze. Vari saggi sono stati effettuati al fine di valutare gli effettivi diametri dell'armatura.

- Ambito impiantistico.

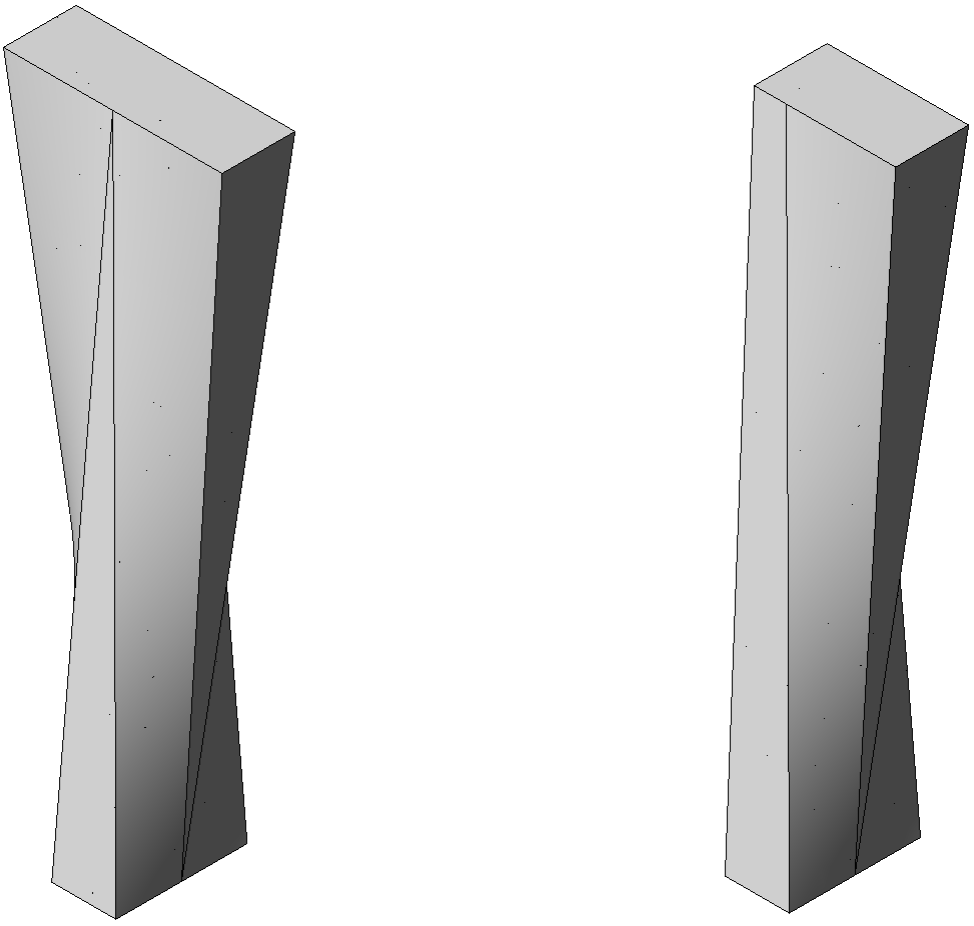
  A livello impiantistico, più che a livello architettonico e strutturale, data la maggiore scarsità di documentazione a disposizione, è stato necessario un sopralluogo con il manutentore del complesso che ha reso possibile comprendere in modo più preciso il funzionamento dell'impianto, oltre ad aver manifestare a sua volta la difficoltà nel reperimento di informazioni su di esso che spesso comporta una manutenzione meno efficace. Anche in questo caso come nei precedenti particolare importanza è stata data alla raccolta di materiale fotografico e video al fine di metterlo a disposizione di eventuali database.

35. Particolare sugli impianti di riscaldamento ed elettrico della zona bar, fotografia, 2018, Firenze.

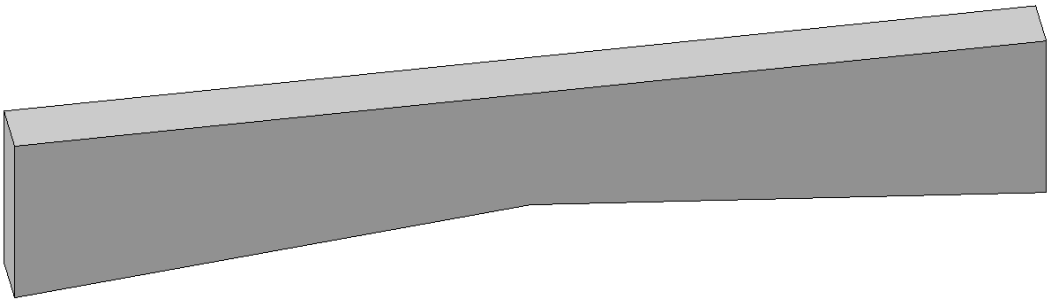
3- Digitalizzazione delle informazioni raccolte.

Il passo successivo è stato quello di digitalizzare tutte le informazioni provenienti dalle documentazioni cartacee e dai sopralluoghi all'interno del modello BIM in Revit. Sono state realizzate famiglie parametriche e non parametriche per elementi strutturali (travi principali gettate in opera e prefabbricate, travi secondarie, pilastri prismatici e di forma complessa, solai di piano) che per elementi non strutturali (partizioni verticali, elementi decorativi). Grande importanza hanno avuto i modelli locali per

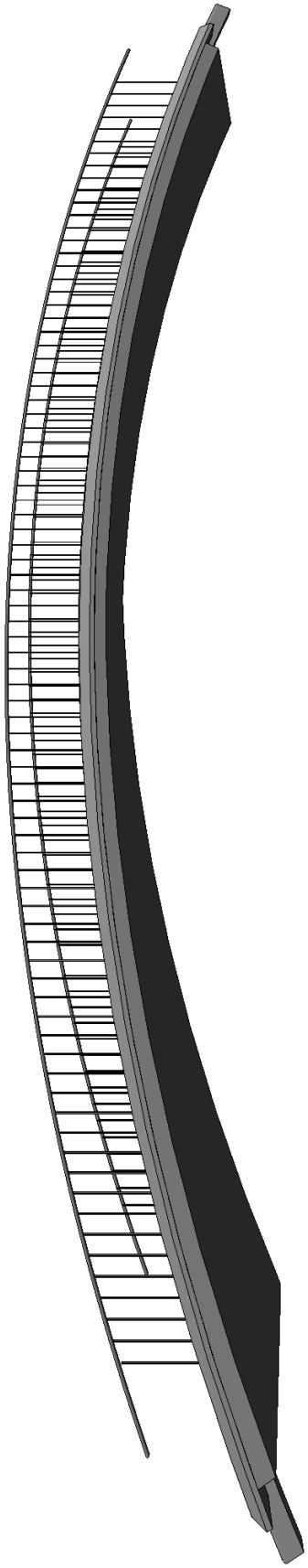
elementi pressoché unici, mentre per quanto riguarda gli arredi, dal momento che si trattava di un elemento secondario utile solo nello studio della gestione del database e come barriera nell'analisi delle folle, si è fatto riferimento a librerie comuni evitando di modellare direttamente in maniera meno precisa.



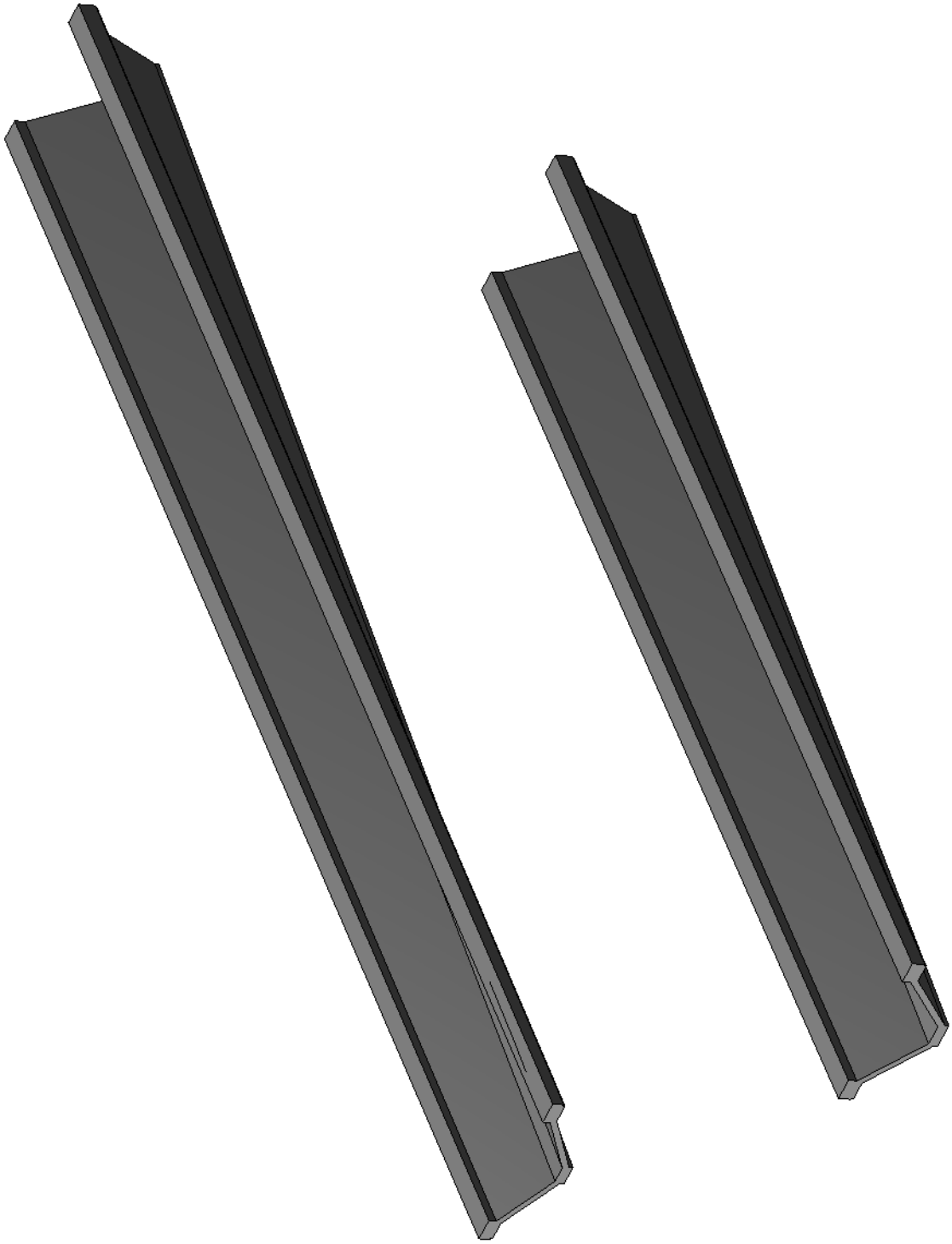
36. Vista assonometrica dei pilastri a sezione variabile centrali e laterali, esportazione da Revit, 2018. I pilastri sono stati modellati come modelli locali pilastri strutturali una volta ricavati i dati dimensionali da prospetti e sezioni.



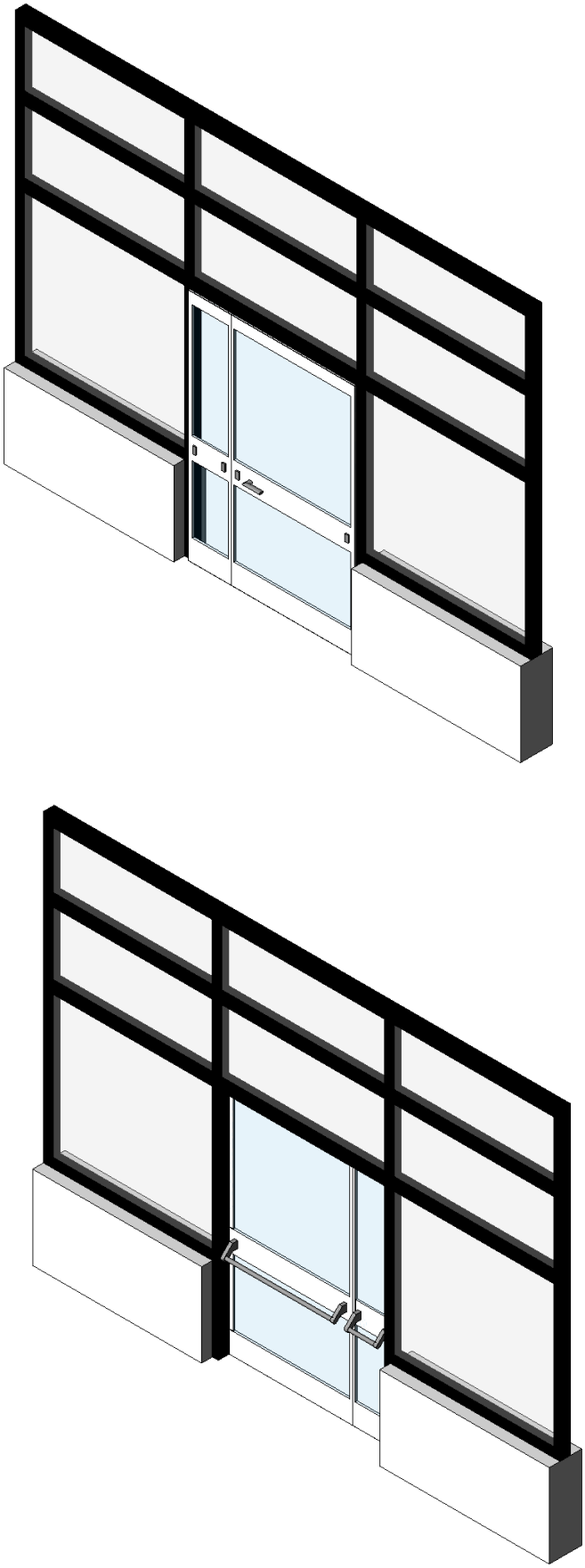
37. Vista della trave a doppia rastrematura che sorregge il balcone a sbalzo, esportazione da Revit, 2018. Anche in questo caso si è dovuto procedere alla modellazione come modello locale trave strutturale.



38. Vista del ponte, esportazione da Revit, 2018. Il modello è stato ricavato a partire dalle piante strutturali originali.



39. Vista assonometrica dei tegoloni di copertura, esportazione de Revit, 2018. Partendo dalle tavole strutturali sono state ricavate le due tipologie di tegoloni presenti.



40. Vista di una parete parzialmente vetrata con porta con maniglione antipanico, esportazione da Revit, 2018. Sono state modellate manualmente le pareti parzialmente vetrate, così come le famiglie di vari tipi di porte.

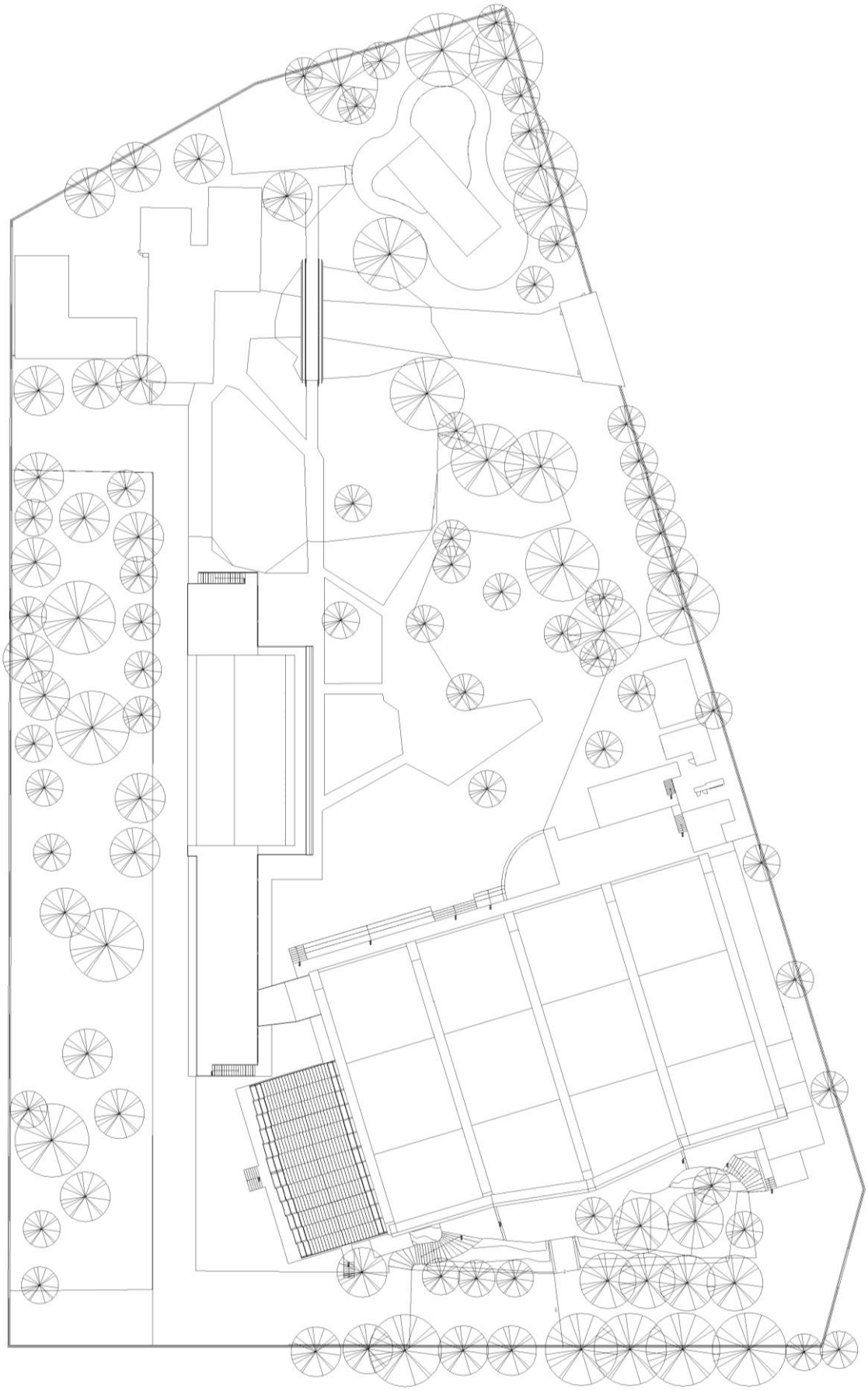
4- Modellazione parametrica.

Una volta definite le famiglie si è passati alla modellazione vera e propria:

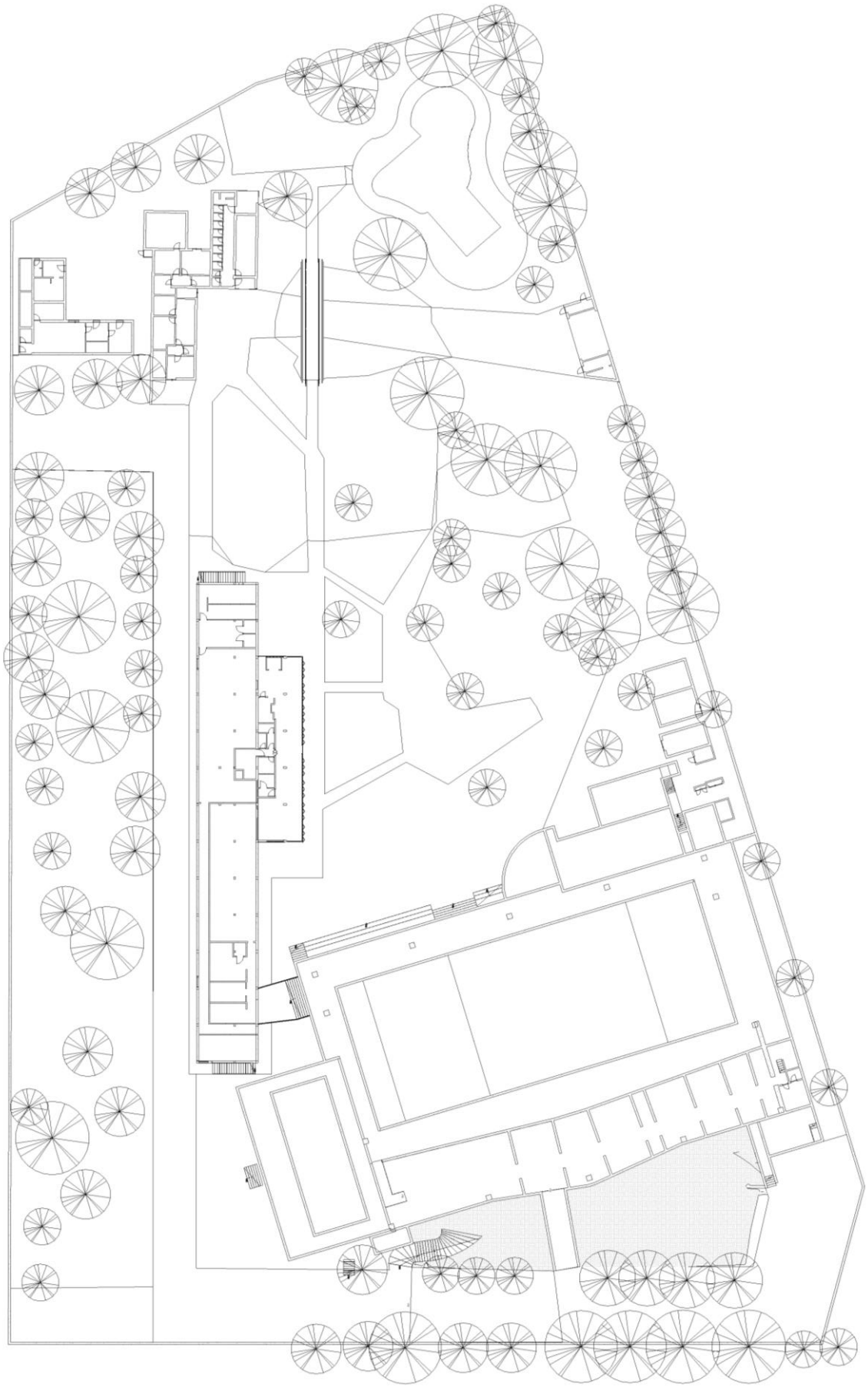
a. Il primo passo è consistito nella definizione della griglia dei fili fissi di tutte le strutture presenti in modo da delimitare la rete strutturale degli impalcati sia in pianta che in sezione, basandoci sulle tavole di progetto;
b. Successivamente sono state realizzate, mediante le famiglie precedentemente definite, le maglie strutturali, facendo ovviamente delle semplificazioni nel caso di telai più complessi. Infatti, le strutture metalliche della piscina olimpionica, non dovendo essere valutate in ambito sismico sono state schematizzate con i volumi corrispondenti senza modellare reticolari e unioni bullonate;
c. Si è passati quindi alla definizione delle partizioni verticali e orizzontali, ricorrendo anche ai comandi di facciata continua nei casi in cui fossero presenti tamponamenti trasparenti. Particolare attenzione è stata data a tutti gli ambienti in cui fossero presenti differenti finiture all'interno dello stesso tamponamento usando anche muri sovrapposti per rendere efficace e veritiero il modello. Particolare difficoltà è stata trovata nella definizione degli ambienti del blocco servizi della piscina dal momento che dalla documentazione storica, incompleta, non è stato semplice definire fin da subito individuare rapporti tra doppi volumi e volumi sfalsati;
d. Particolare attenzione è stata data alla modellazione di scale e gradinate che, oltre per la complessità di particolari spazi, come il blocco servizi della piscina olimpionica di cui prima, rappresentano una parte fondamentale trattandosi di ambienti caratterizzati da vari dislivelli e conseguentemente da differenti piani di lavoro;
e. Definiti gli involucri si è passati alla modellazione della topografia: scartando l'ipotesi di realizzare una nuvola di punti, perché troppo precisa per i nostri fini, o di utilizzare i dati provenienti dai database Google, viceversa troppo grossolani per l'uso che dovevamo farne, si è fatto riferimento ad alcune carte planimetriche del lotto per modellare l'andamento del terreno. A seguito ci si è occupati dell'arredo esterno e della vegetazione in modo da ricreare un ambiente simile all'originale;
f. È stato il turno quindi della modellazione degli impianti che però ha riguardato esclusivamente, volendoci concentrare per raggiungere un dettaglio più alto

sull’edificio di cui avevamo maggiori informazioni, la palazzina spogliatoi. Di questa, realizzando un modello collegato al file architettonico e strutturale per rendere la modellazione più veloce, sono stati realizzati gli impianti ad aria e ad acqua facendo riferimento alla documentazione esistente e ai sopralluoghi da noi fatti. Una volta completato il modello impiantistico, si è integrato con gli altri modelli architettonico e strutturale, trattandosi ovviamente di un file non estremamente pesante, al fine di permettere l’accesso a tutti i moduli contemporaneamente;

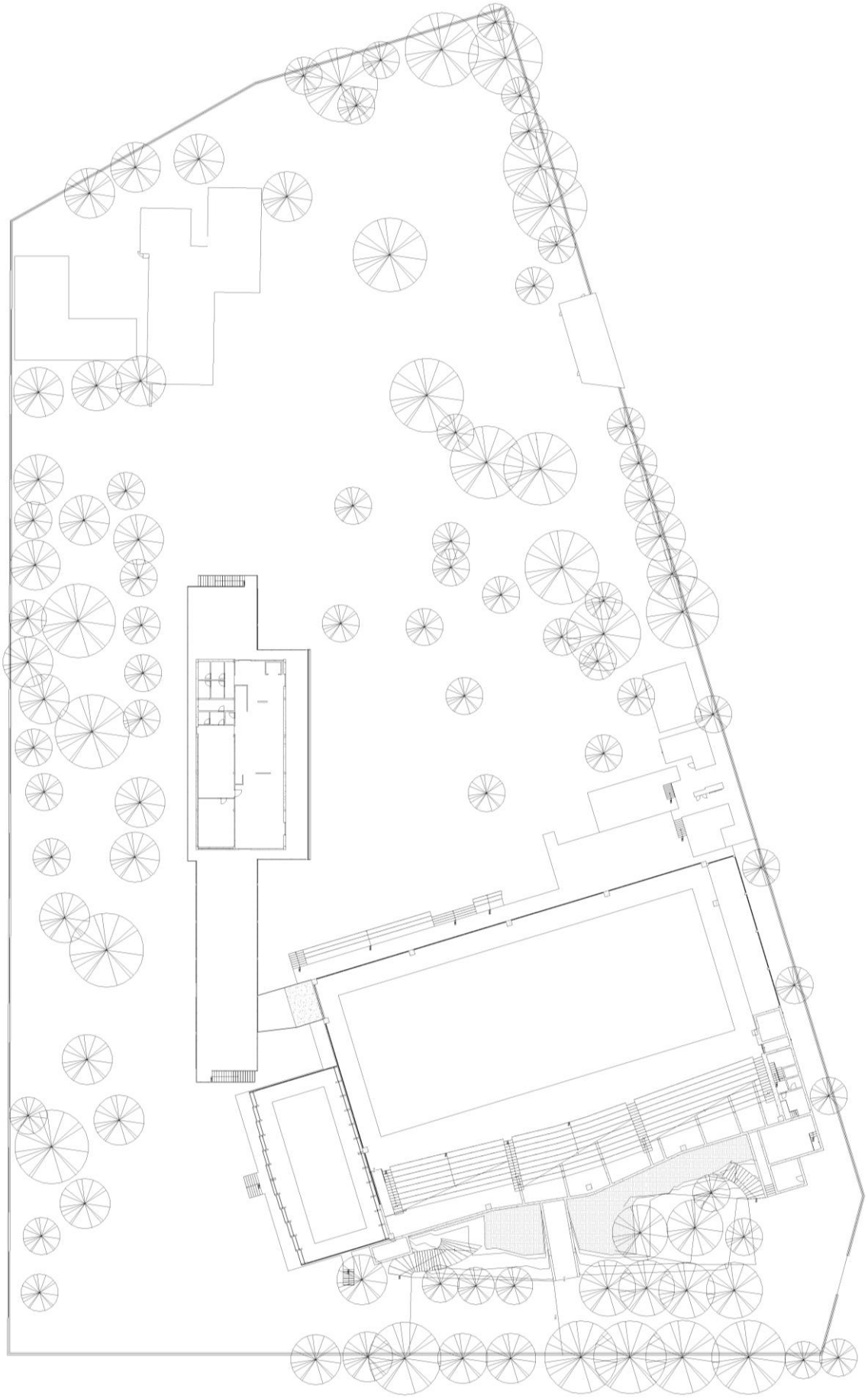
g. Infine, si è passati alla modellazione degli arredi, effettuata solamente, per le ragioni di cui sopra, nella palazzina spogliatoi, facendo attenzione a essere i più veritieri possibile. Ciò è stato importante non tanto per ragioni fine a se stesse ma per rendere la fase di digitalizzazione del database e di analisi delle folle, delle quali parleremo successivamente, precise e attinenti allo stato attuale.



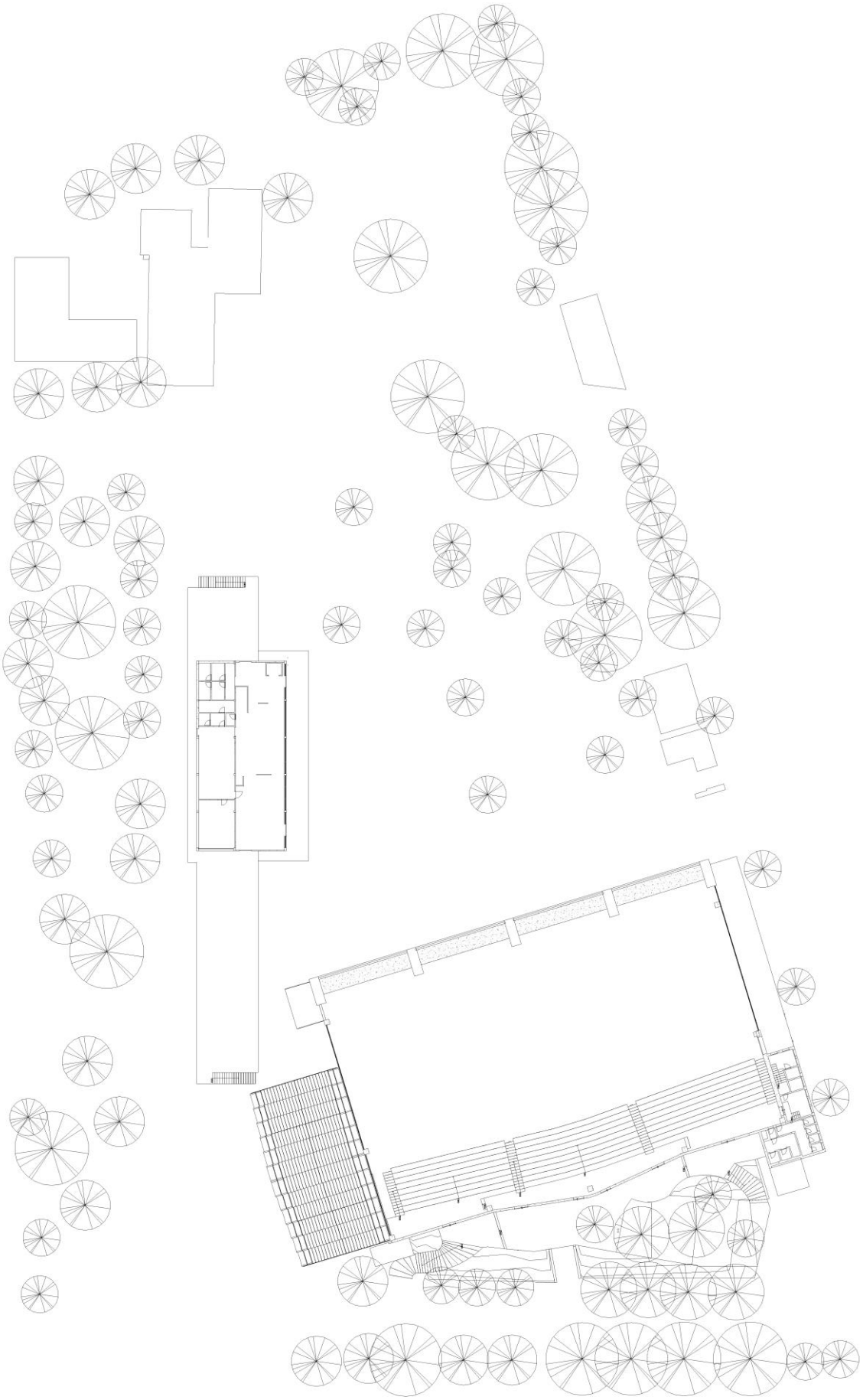
41. Planimetria generale del complesso sportivo di Bellariva, fuori scala, esportazione da Revit, 2018.



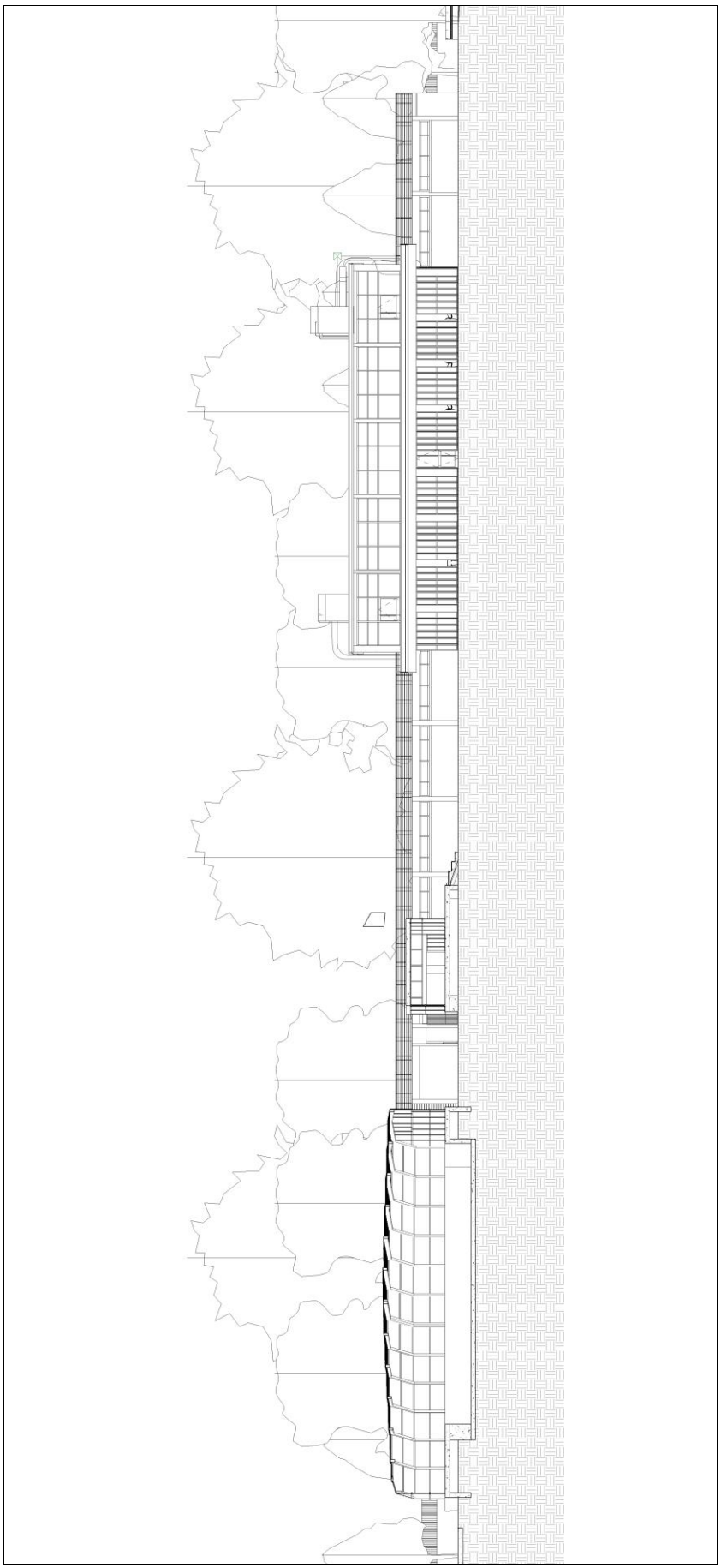
42. Pianta del piano terra ottenuta con una sezione a quota +0.30 m, fuori scala, esportazione da Revit, 2018.



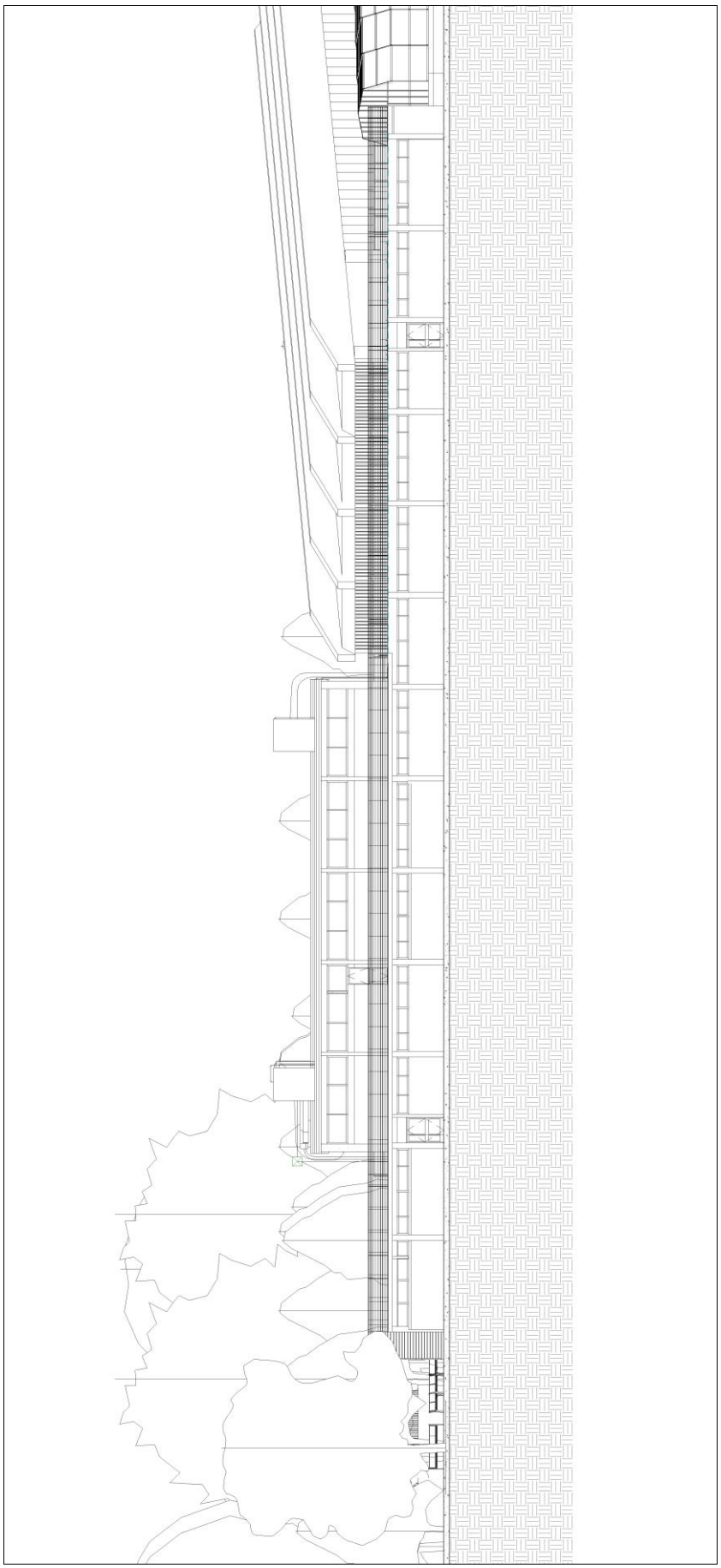
43. Pianta del piano primo ottenuta con una sezione a quota +3,35 m, fuori scala, esportazione da Revit, 2018.



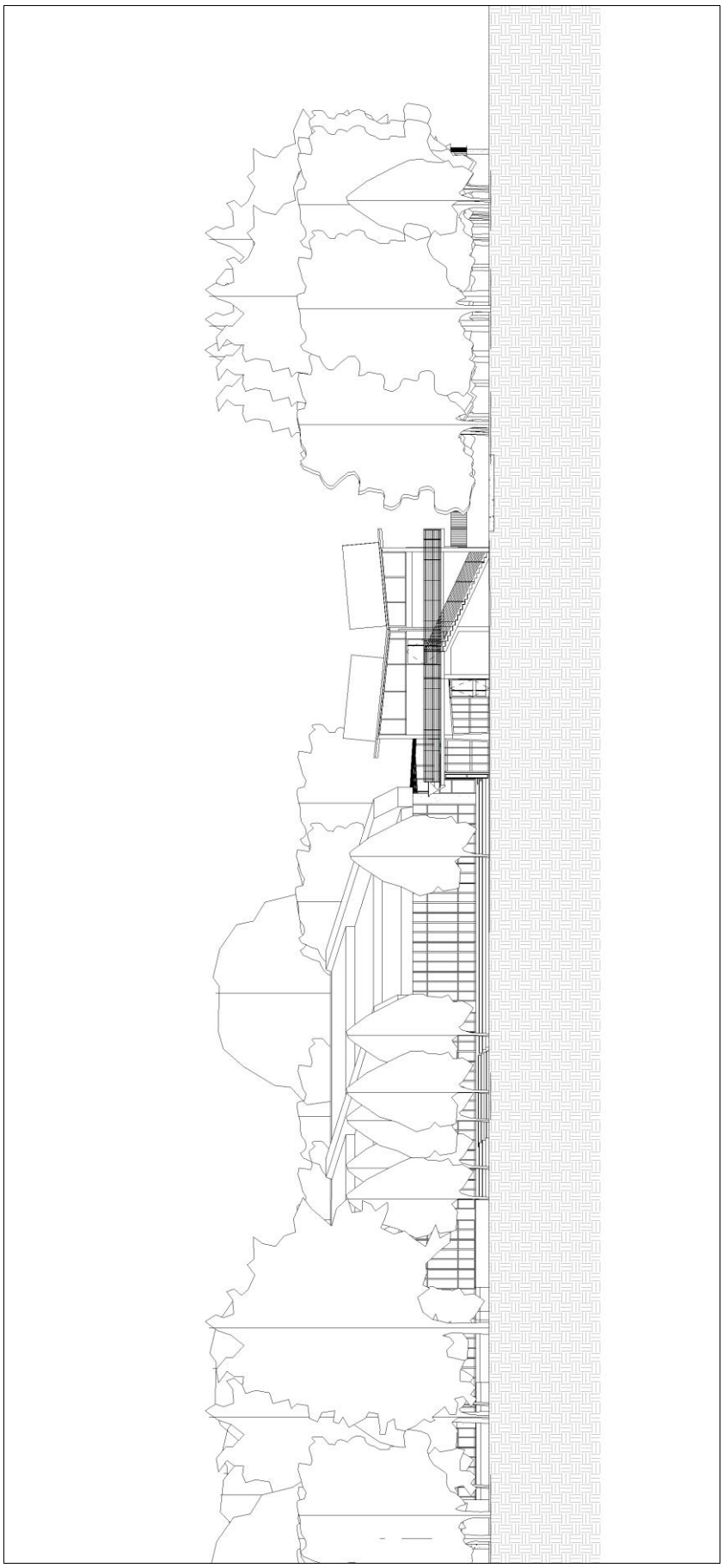
44. Pianta del piano tribune ottenuta con una sezione a quota +4,42 m, fuori scala, esportazione da Revit, 2018.



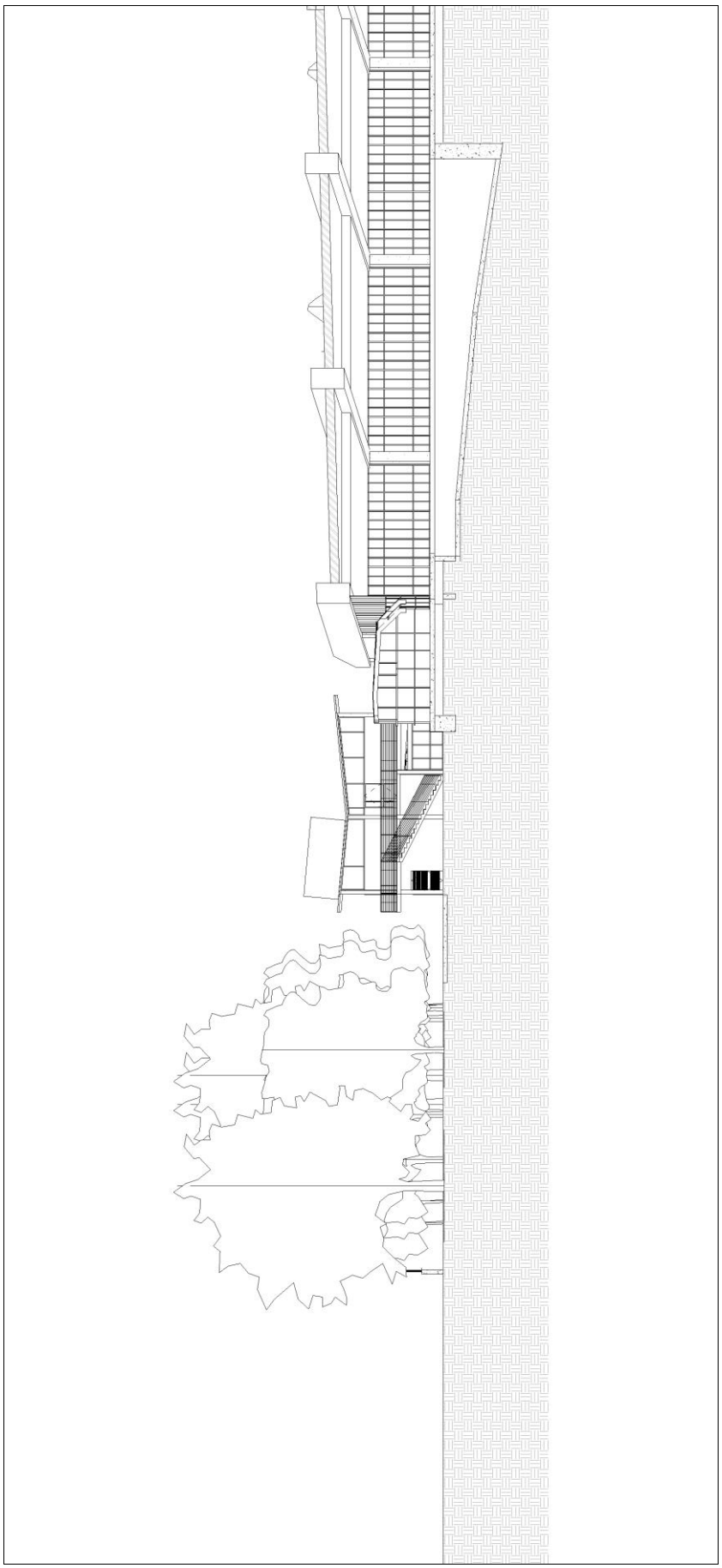
45. Prospetto Sud-Est della palazzina spogliatoi, bar e ristorante, fuori scala, esportazione da Revit, 2018.



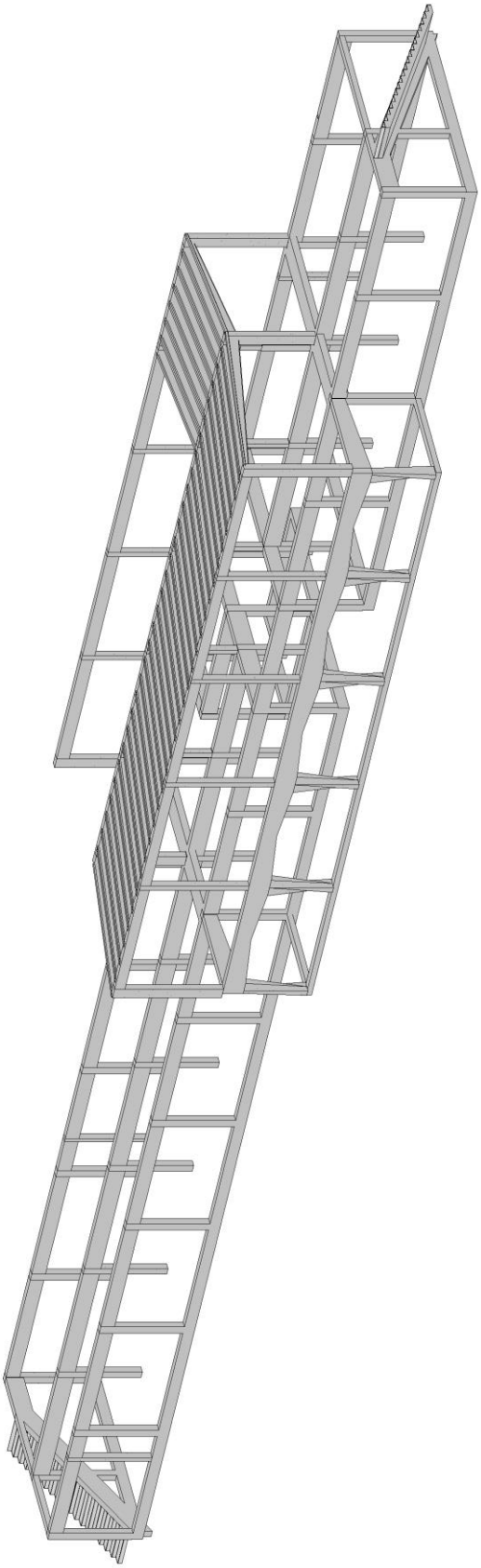
46. Prospetto Nord-Ovest della palazzina spogliatoi, bar e ristorante, fuori scala, esportazione da Revit, 2018.



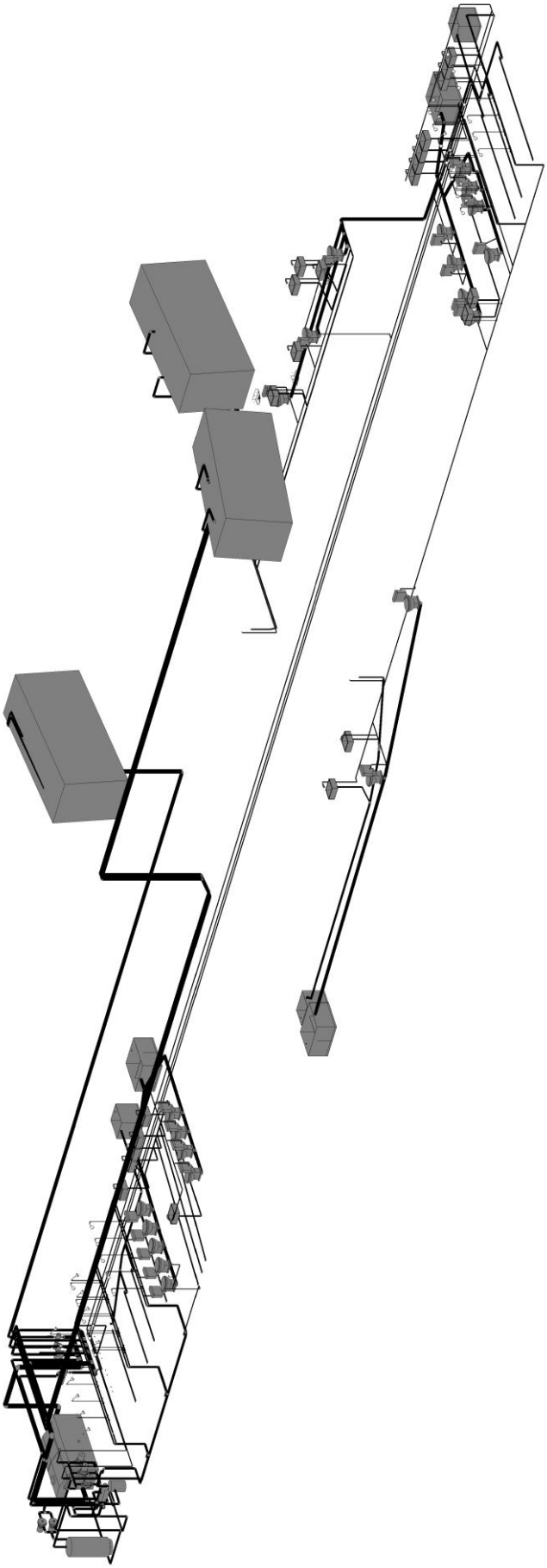
47. Prospetto Nord-Est della palazzina spogliatoi, bar e ristorante, fuori scala, esportazione da Revit, 2018.



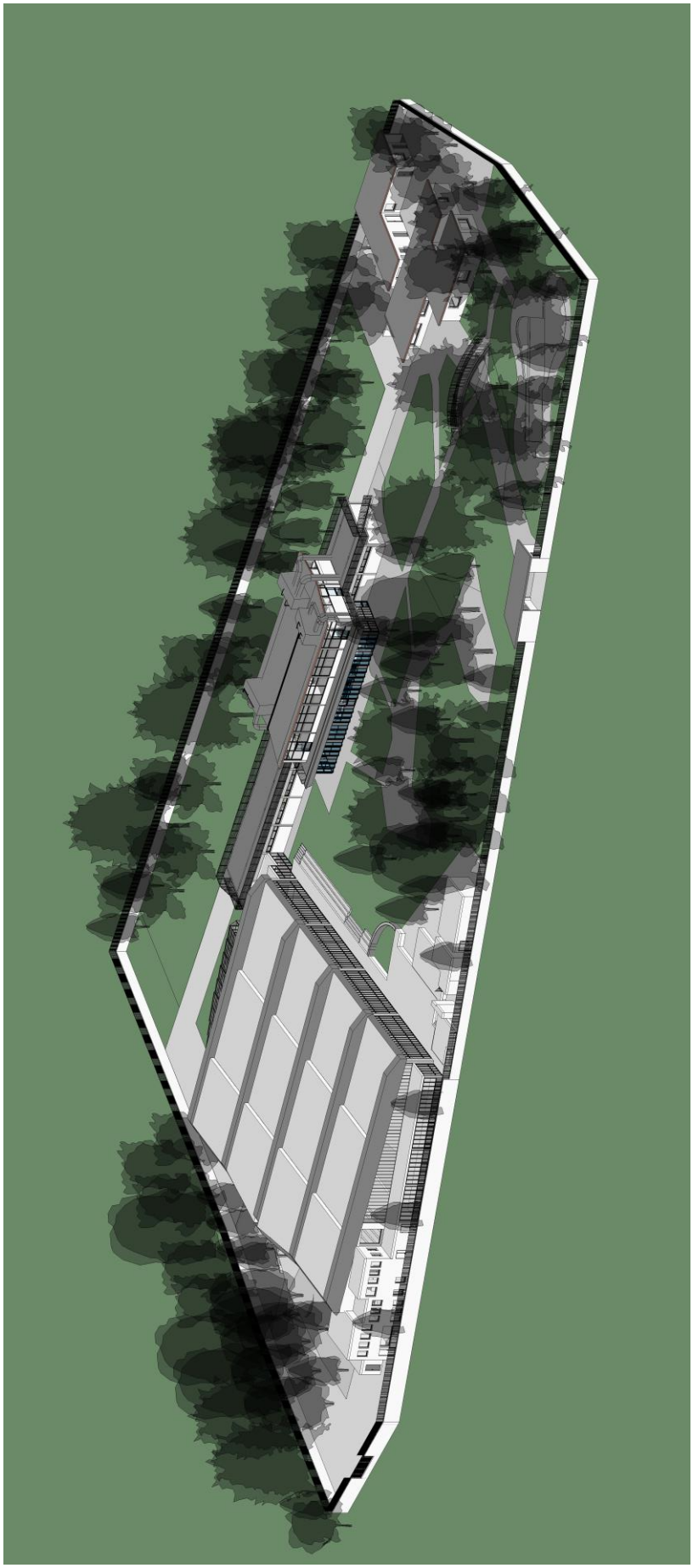
48. Prospetto Sud-Ovest della palazzina spogliatoi, bar e ristorante, fuori scala, esportazione da Revit, 2018.



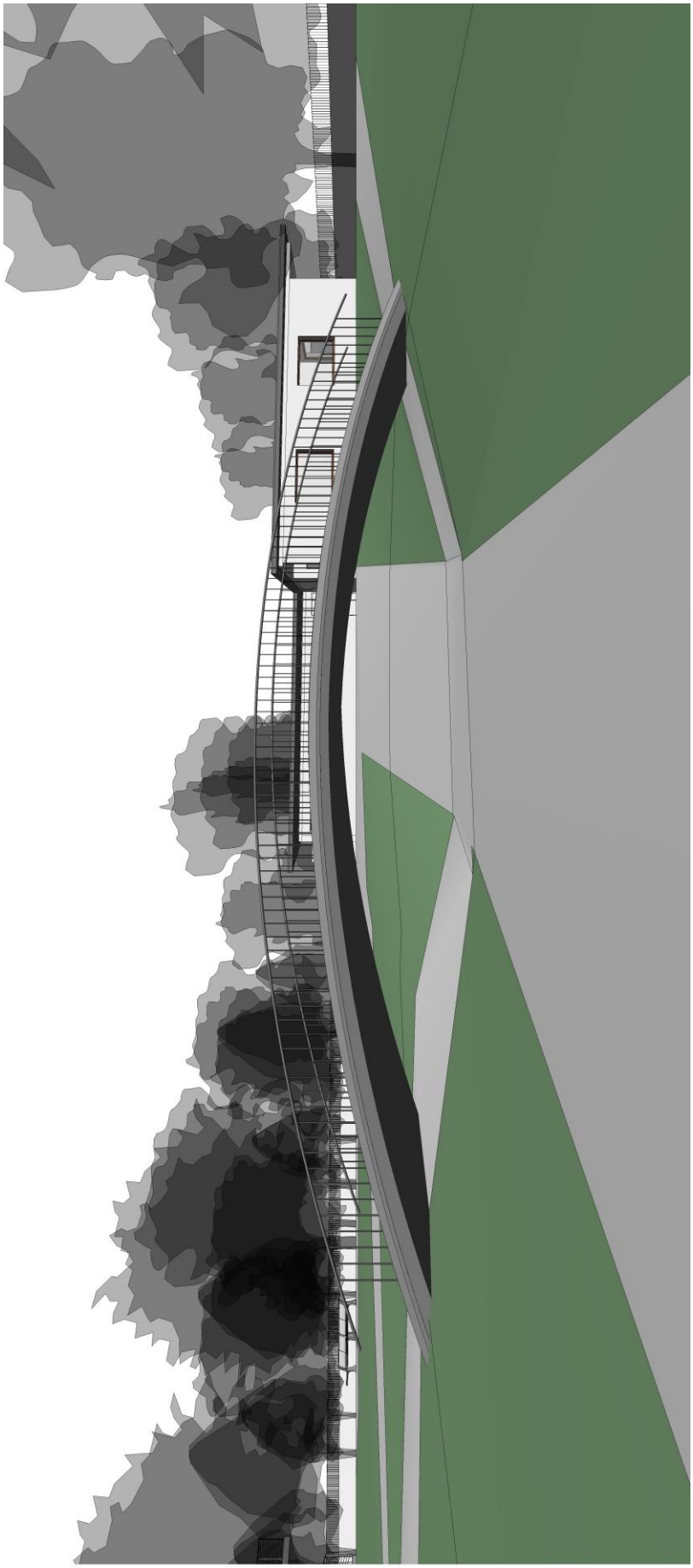
49. Vista del modello strutturale della palazzina spogliatoi, bar e ristorante, esportazione da Revit, 2018.



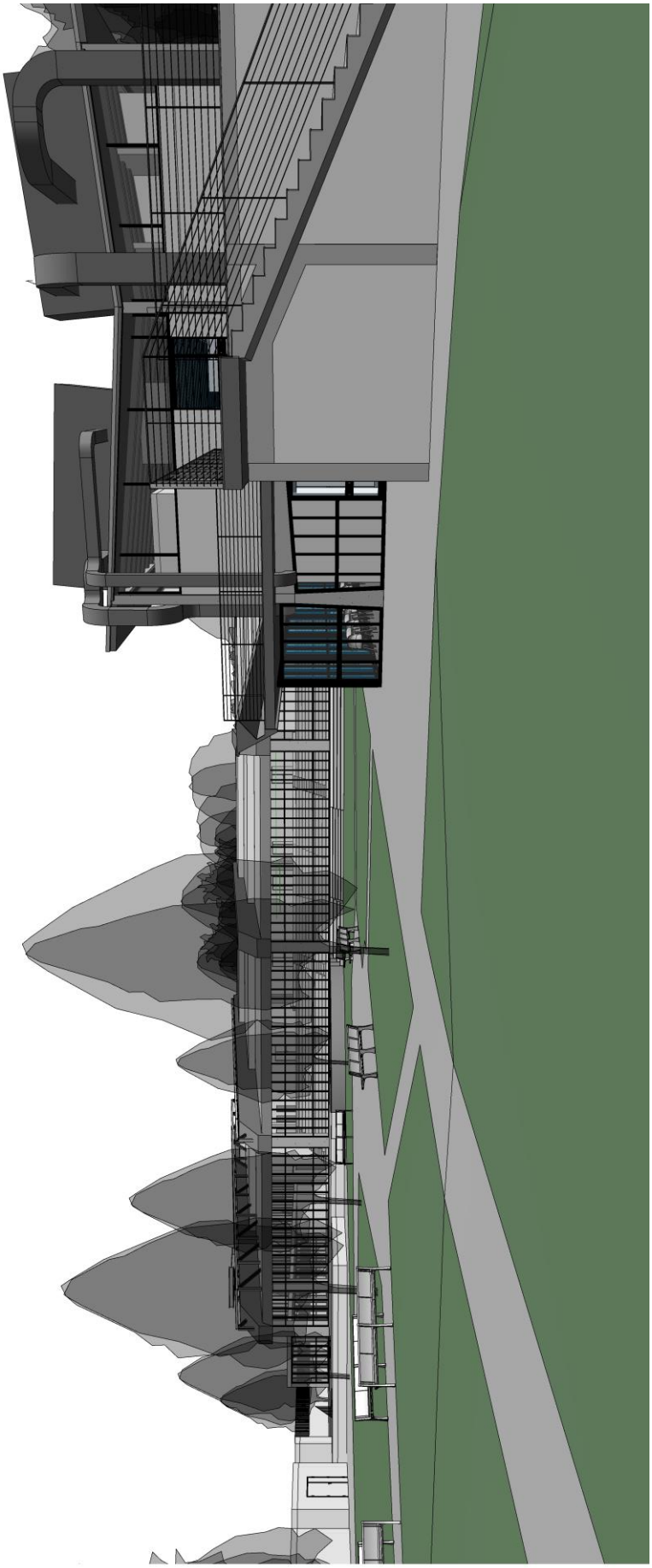
50. Vista del modello impiantistico della palazzina spogliatoi, bar e ristorante, esportazione da Revit, 2018.



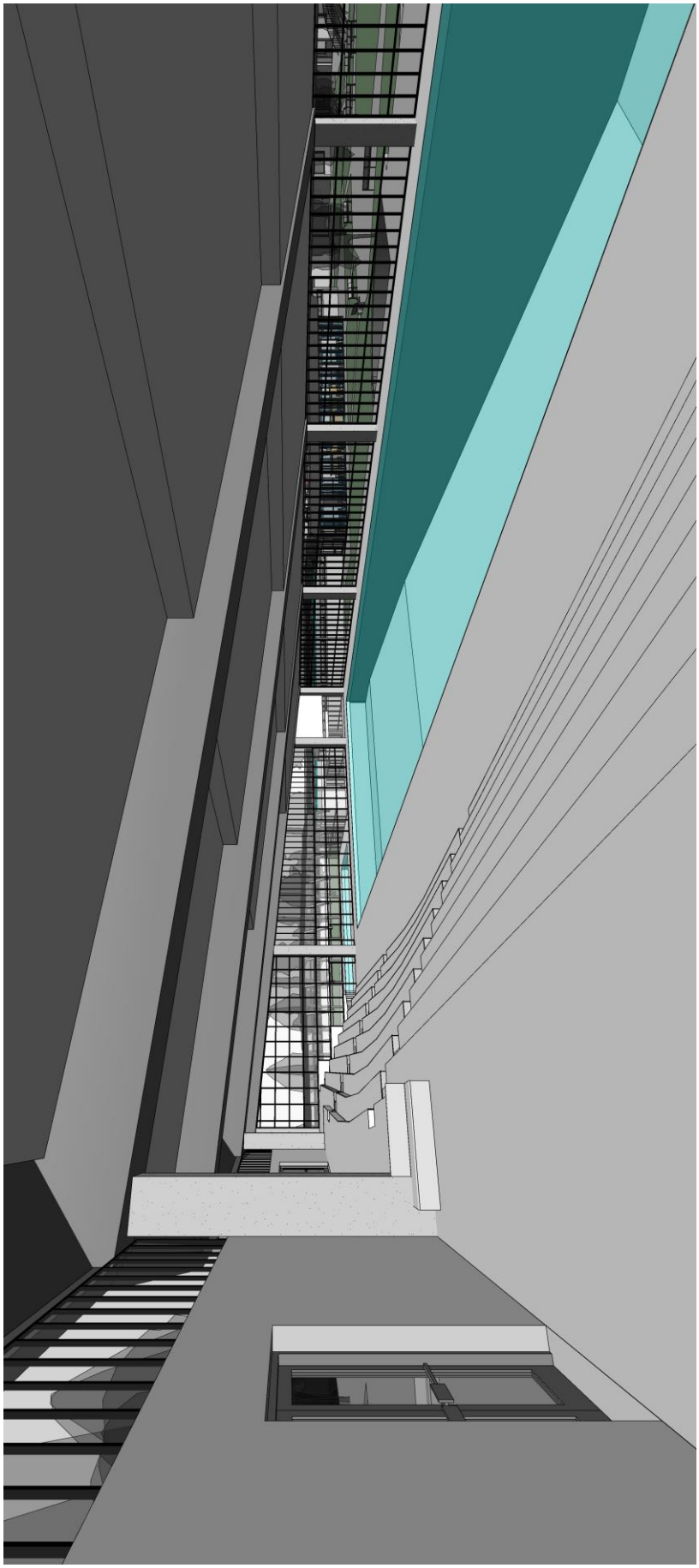
51. Vista tridimensionale del complesso sportivo di Bellariva, esportazione da Revit, 2018.



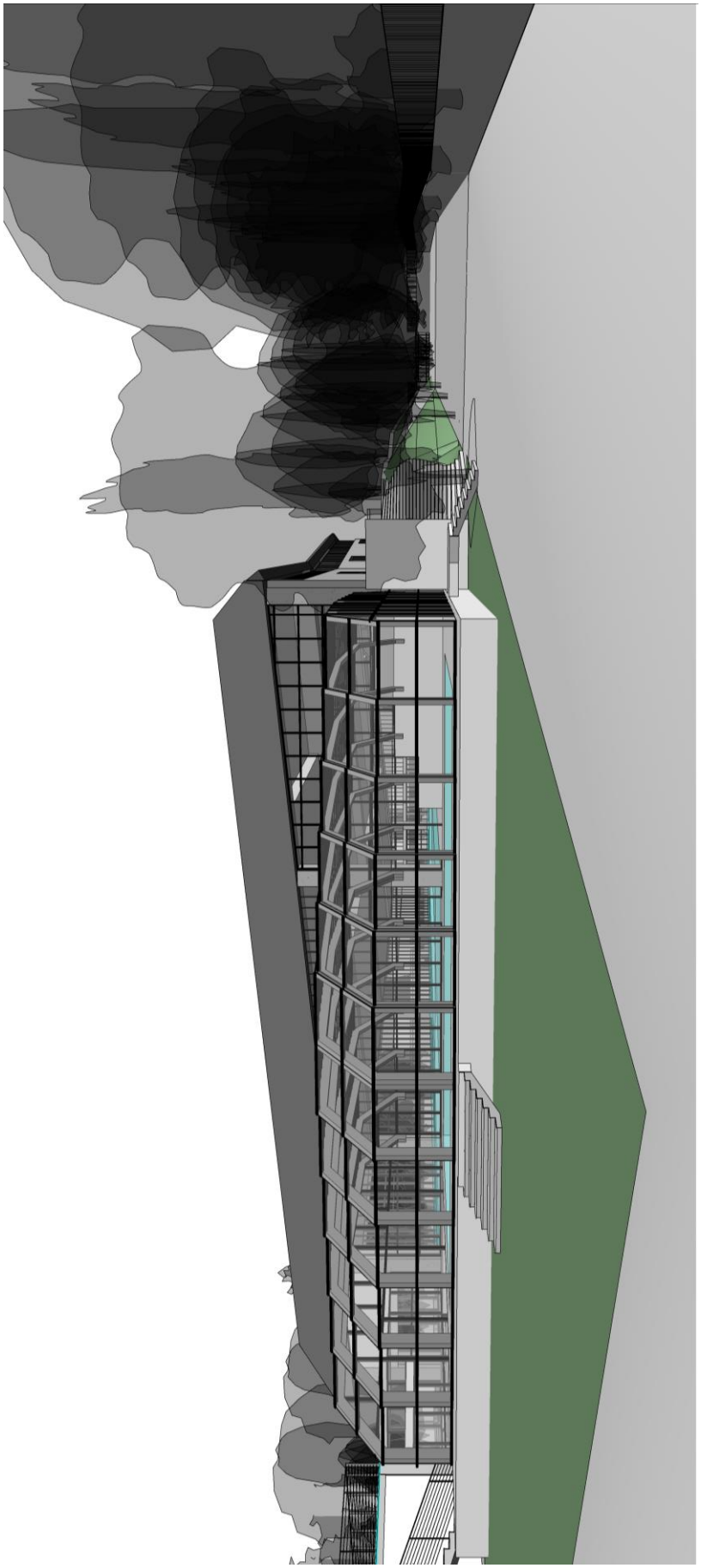
52. Vista prospettica dell’ingresso al complesso, esportazione da Revit, 2018.



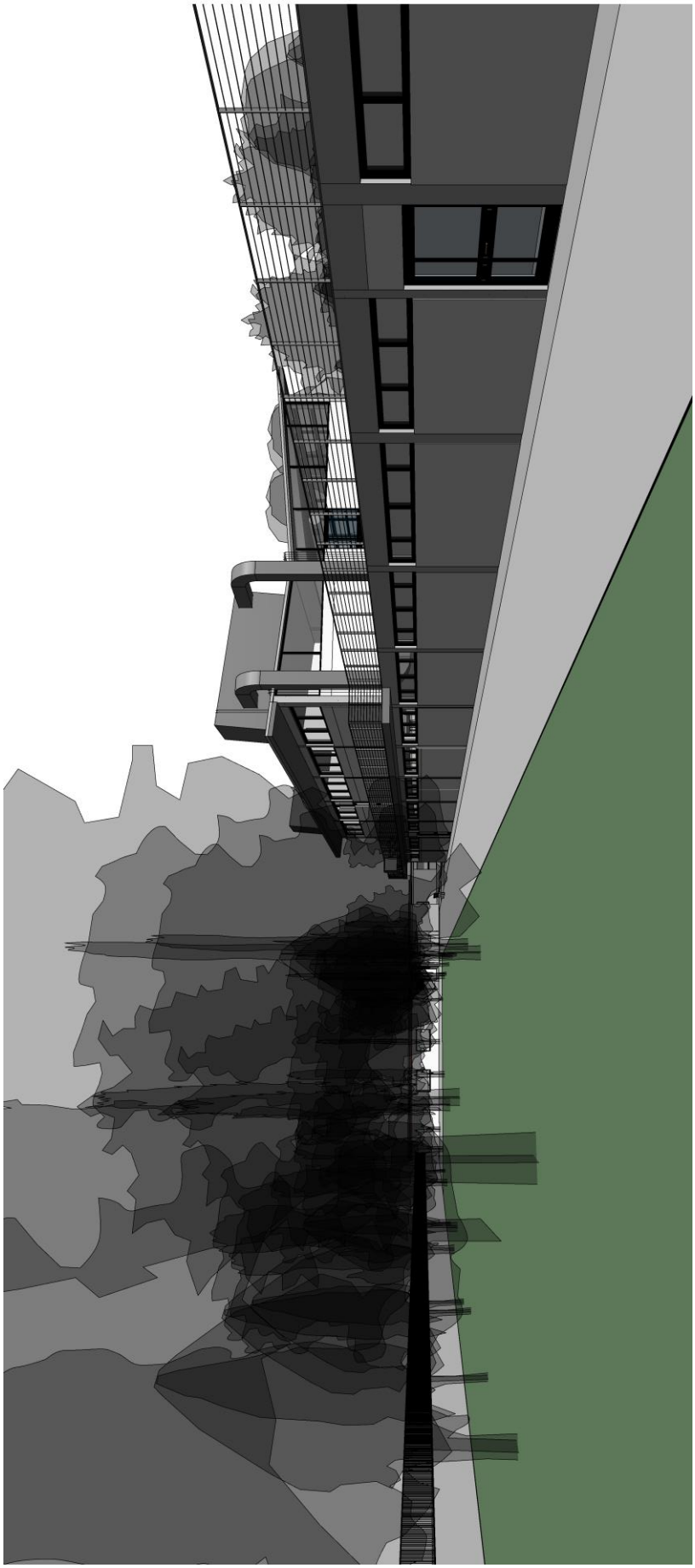
53. Vista prospettica del giardino e della palazzina spogliatoi, bar e ristorante, esportazione da Revit, 2018.



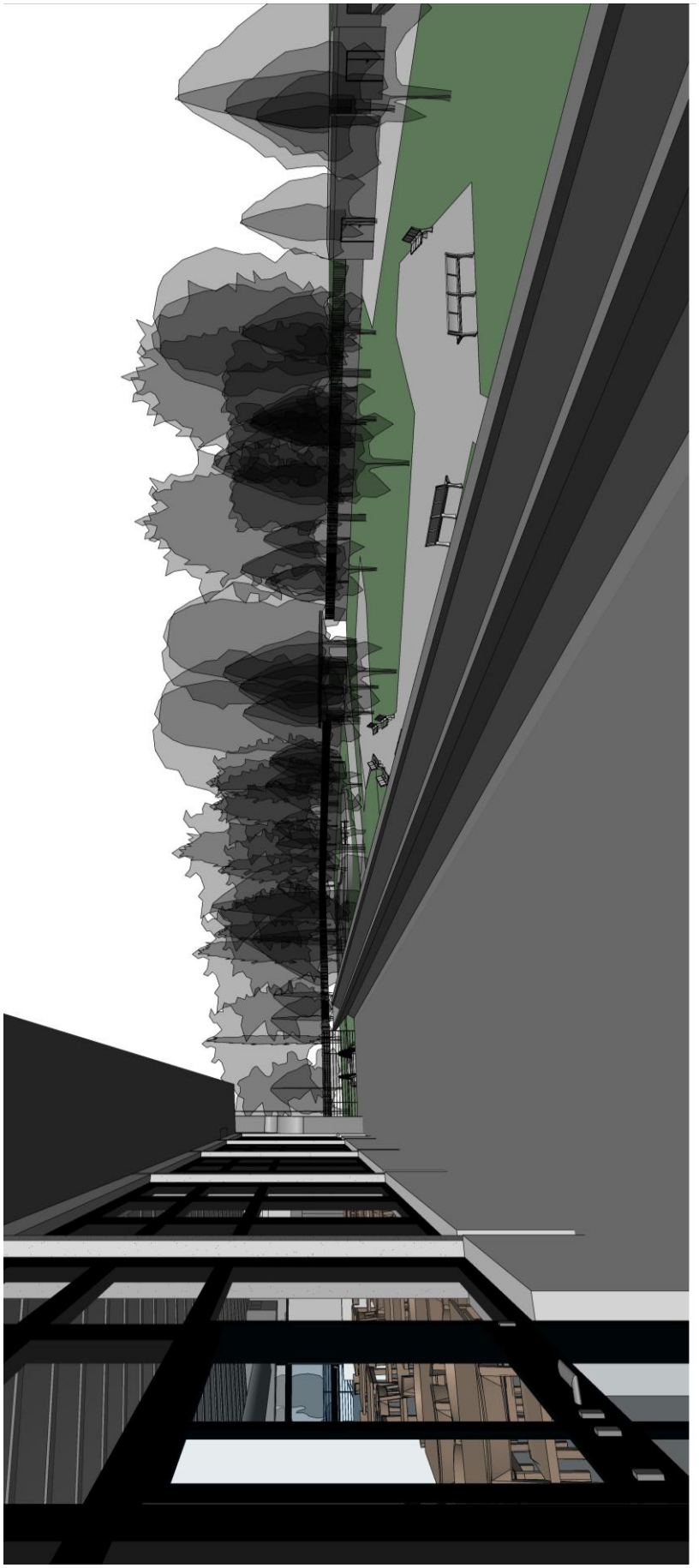
54. Vista prospettica della piscina olimpionica dall’ingresso centrale alle tribune, esportazione da Revit, 2018.



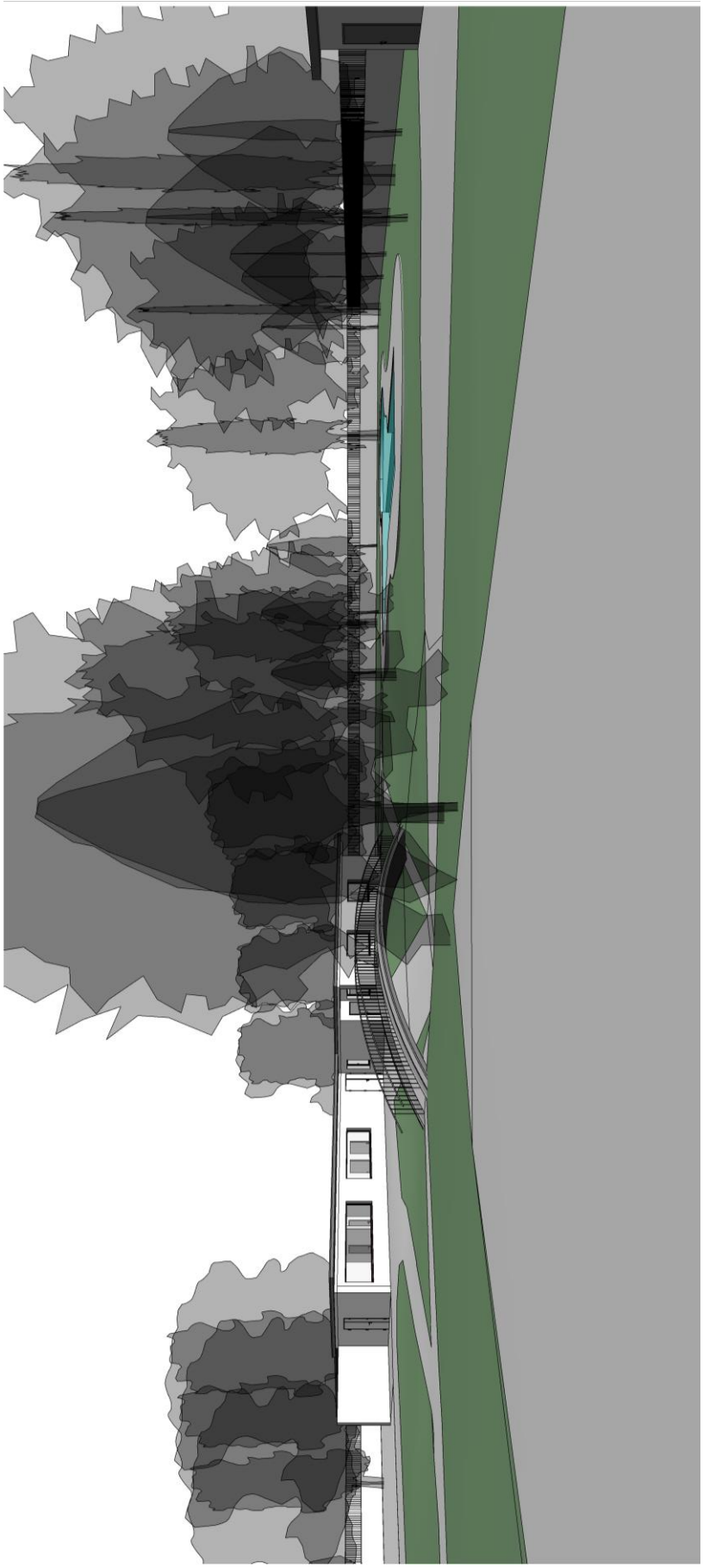
55. Vista prospettica della zona dedicata alla piscina di riscaldamento, esportazione da Revit, 2018.



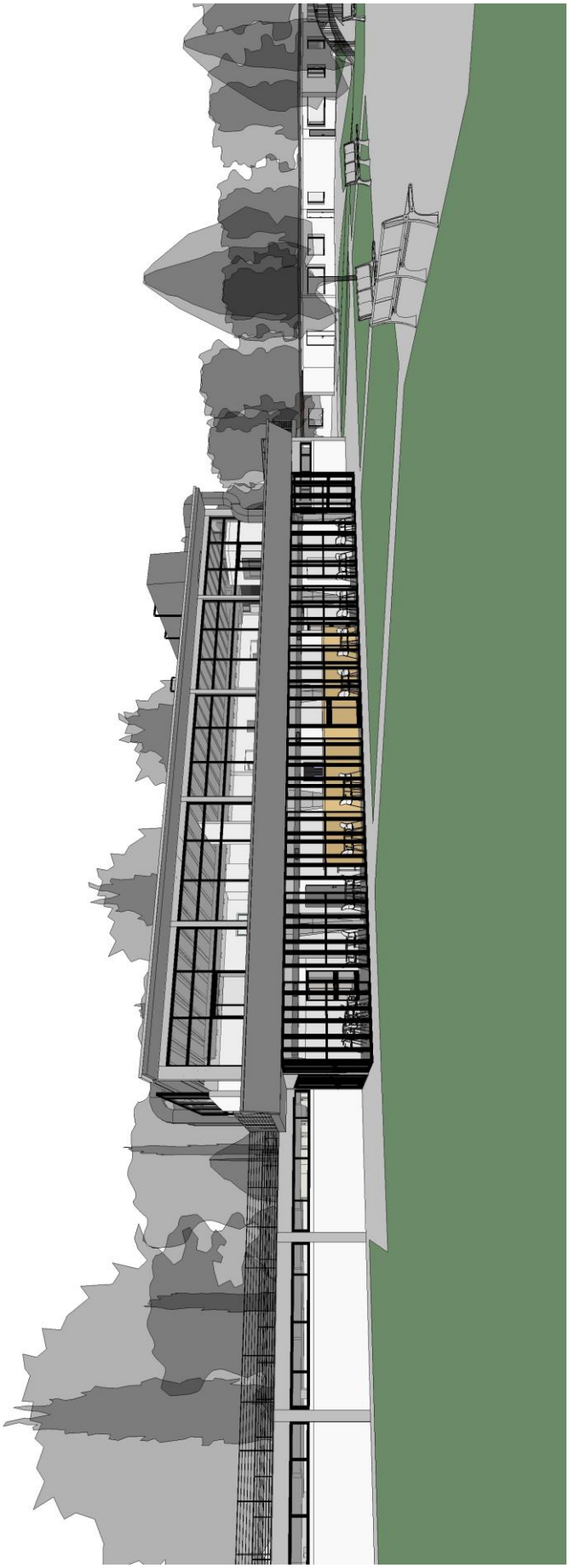
56. Vista prospettica del retro della palazzina spogliatoi, bar e ristorante, esportazione da Revit, 2018.



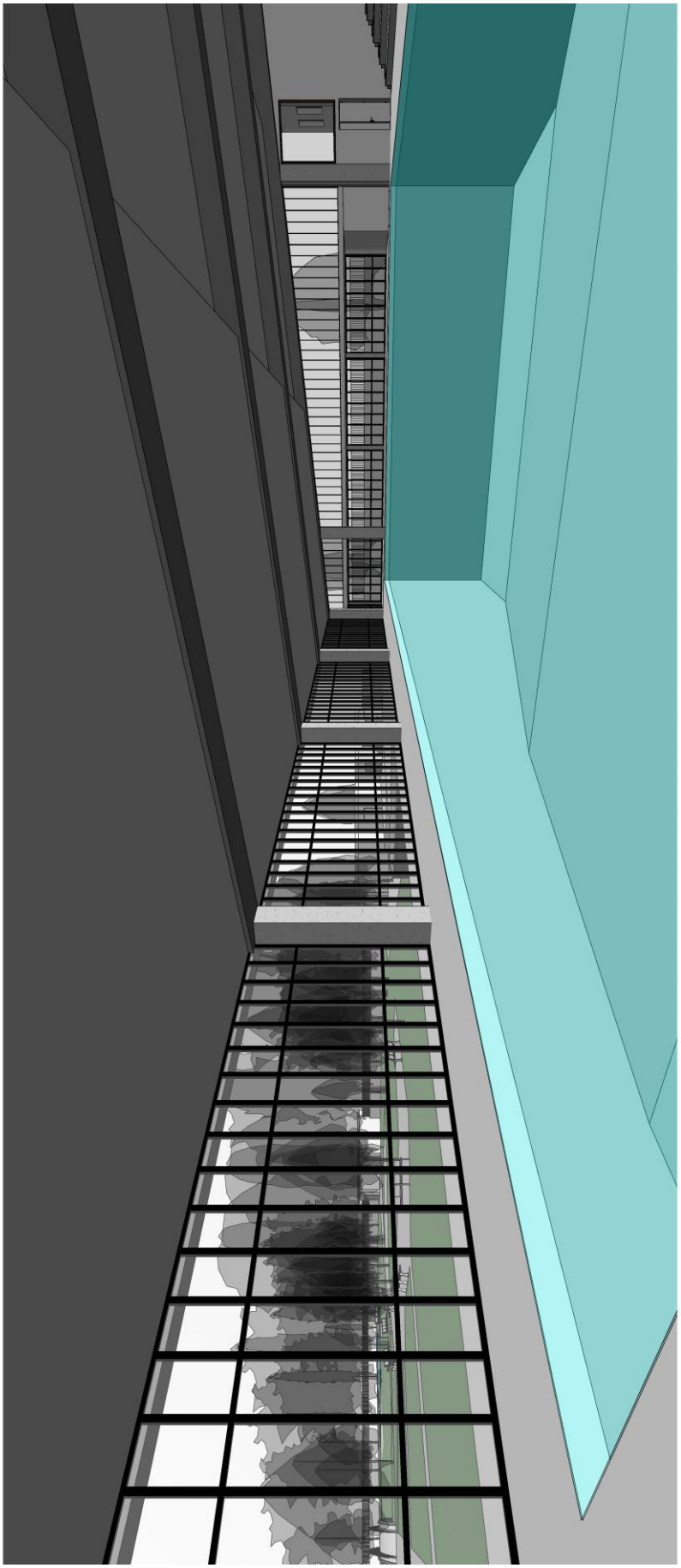
57. Vista prospettica del giardino dal balcone della palazzina, esportazione da Revit, 2018.



58, Vista prospettica delle palazzine e della piscina per bambini, esportazione da Revit, 2018.



59. Vista prospettica della palazzina, esportazione da Revit, 2018.

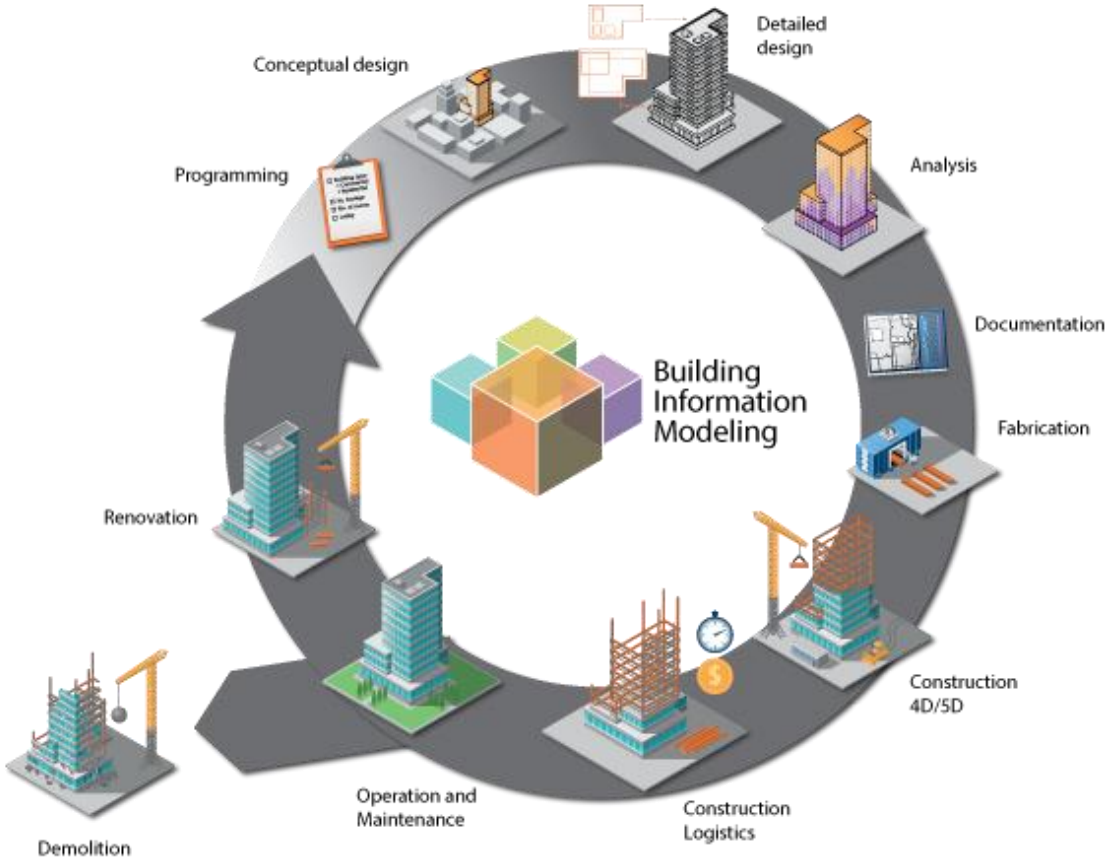


60. Vista prospettiva della piscina olimpionica dal piano piscina, esportazione da Revit, 2018.

3 – Un sistema di *data management* per il complesso di Bellariva

3.1 – Evoluzione del concetto di *data sharing* nel Building Information Modeling

La necessità di trovare un database che riesca a comprendere quante più possibili informazioni sull'edificio di studio, data dalla difficile reperibilità della documentazione esistente, è apparsa fin da subito evidente e in linea teorica combacia con gli obbiettivi che spingono alla realizzazione di un modello BIM.



61. Schema del processo BIM, illustrazione, 2014, sito internet europeanbimsummit.com.

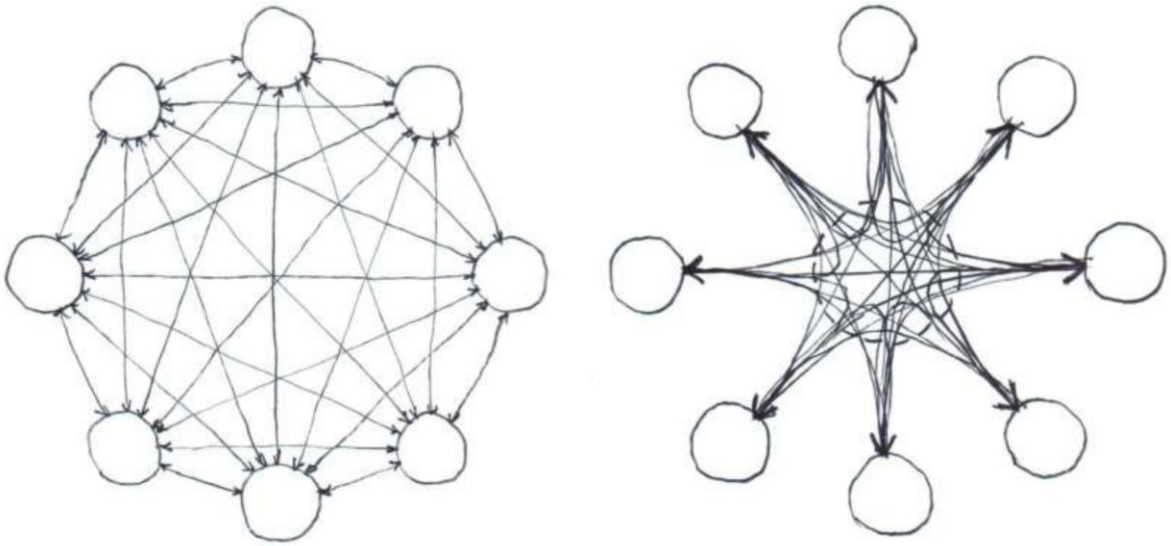
Non a caso la stessa dicitura di *Building Information Modeling* pone l'attenzione con la parola *Information* sul fatto che il modello non è fine a stesso, utile semplicemente per il rendering o l'analisi degli spazi, ma si tratta di un vero e proprio *database* capace di contenere informazioni sui campi più disparati riguardanti la programmazione, la progettazione, la costruzione e l'uso dell'edificio. Tali informazioni agevolano e favoriscono l'analisi del progetto stesso e sono messe a disposizione di tutti gli attori che agiscono nel processo, permettendo una più facile collaborazione, velocizzando la progettazione e riducendo i rischi. Fino a pochi anni fa, un progettista per entrare a conoscenza di determinati dati doveva rivolgersi al suo corrispettivo che si occupava di tali dati e richiederli sottoforma di una

documentazione, sia che fosse cartacea o digitale, generalmente convenzionale, la quale comportava spesso ulteriore lavoro per essere nuovamente resa "utilizzabile", oltre al rischio che si potessero creare frizioni, perdere dati e fare errori. Il passaggio da un tale standard di scambio di informazioni ad un *data sharing* in cui tutti possono interfacciarsi in modo diretto con il modello, è stato al centro dello sviluppo del BIM e si è raggiunto in determinati step, parallelamente all'evolversi della tecnologia e della standardizzazione dei *product data model*. Tutt'ora si possono individuare 5 classi di scambio dati[14]:

- Data exchange: La condivisione avviene tra differenti software ciascuno dei quali mantiene la propria integrità ma esporta alcuni dati "condivisibili" che altri software possono importare e calcolare (tipo formati pubblici di scambio come XML, CSV e DGN). È un metodo sicuramente primordiale e discutibile perché spesso lascia per strada non intenzionalmente una discreta quantità di dati, nella fattispecie quei dati che non possono essere condivisi. D'altra parte, non risulta essere sempre necessario lo scambio di tutti i dati durante tutte le parti del processo e quindi lo scambio parziale in alcuni casi può anche essere un metodo efficiente di condivisione, magari in termini di velocità.
- Data interoperability. L'interoperatività può assumere varie sfumature. Un tipo, applicabile in sistemi di dati basati sui file, e non sui server, è il seguente: un primo software produce un primo modello, dotato di interoperabilità, che viene importato in un secondo software che lo lavora e che nuovamente lo esporta come la versione 2 del primo modello, per poi successivamente essere importato in un terzo software al fine di essere lavorato e esportato nella versione 3 del primo modello e così via. L'ammontare dei dati che vengono persi, o guadagnati, in ogni passaggio che si fa tra i vari programmi, modelli e versioni dei modelli dipende dalle capacità di import/export dei software e dagli schemi dei product data model, come IFC o CIS/2. Uno dei principali svantaggi dell'interoperabilità dei dati basata sui file è la linearità del flusso di lavoro che non permette cambiamenti simultanei e interdisciplinari da parte dei partecipanti. Nel caso entrino in gioco i server i vantaggi sono sicuramente superiori.
- Data federation. Un caso tipico di federazione dei dati è il collegamento tra file in cui i dati di un modello sono collegati ai dati di un altro modello. I file non vengono ne' importati ne' esportati ma i programmi possono leggere e calcolare i dati caricati nel file collegato. L'ammontare dei dati persi dipende dall'ammontare dei dati ricostruibili e calcolabili. Una generica federazione di dati è quella dei modelli referenziali che ospitano collegamenti ad archivi di dati esterni, in maniera molto simile ad un

collegamento ipertestuale di una pagina web. Un edificio virtuale può contenere una finestra referenziale: le informazioni di dettaglio, cioè i valori alfanumerici, che completano le informazioni parametriche di base, non vengono salvate nel modello ma sono accessibili attraverso archivi esterni ogni qualvolta sia necessario (costo attuale di una finestra, disponibilità, manuale di installazione, piano di manutenzione).

- Data integration. Il termine integrazione può essere inteso in molti modi incluso la semplice possibilità di scambiare dati tra varie soluzioni software. In un contesto BIM, un database integrato indica l'abilità di condividere informazioni tra differenti settori usando un modello comune. I dati condivisibili all'interno del modello BIM possono essere architettonici, ingegneristici o relativi alla costruzione così come possono riguardare la progettazione, i costi o le normative. Ciò che importa è che vengono collocati nello stesso ambiente le informazioni interdisciplinari, permettendo un'interazione completa in un unico quadro computazionale.
- Hybrid data sharing. È una combinazione di alcune delle forme di *data sharing* precedenti. Gran parte dei software BIM, coordinano infatti le informazioni interdisciplinari generate da tutti i settori AEC attraverso metodologie di scambio di informazioni ibride.



62. *Bim data flow through standards:reducing interfaces*, illustrazione, (Prof. Arto Kiviniemi, *The true meaning of open BIM*, conferenza, 2015). Il disegno rappresenta come mediante l'approccio BIM sia possibile ridurre il numero di interfacce tra i vari progettisti rendendo più veloce la progettazione.

Indipendentemente da come sia impostato il software, per evitare che ci sia un importante spreco di risorse è necessario un approccio BIM integrato in cui le informazioni siano scambiabili in un formato sfruttabile da vari software. Quando si parla di progettazione integrata è fondamentale capire come non si tratti di un modello "centrale" in cui

contemporaneamente tutti possono lavorare in maniera indiscriminata quanto piuttosto ridurre le interfaccia necessarie per trasferire i dati nei vari ambiti, innovando il modo di comunicare. Non a caso studi su progetti pilota effettuati tra il 2011 e il 2012 dall'azienda BIMServer in collaborazione con Leon van Berlo della Netherlands organisation for Applied Scientific Research TNO[15], relativamente a come le informazioni vengano scambiate in un progetto e quali strumenti vengano usati in un ambiente "omogeneo", hanno raggiunto il risultato che non esiste un singolo modello "centrale" per il progetto. Sulla scia di queste affermazioni, il professor Arto Kiviniemi della School of Architecture della University of Liverpool ha portato avanti l'assunto che i modelli "centrali" non sono altro che i modelli creati dai singoli software che contengono i dati in formati di cui generalmente sono i proprietari e che il modello IFC non è altro che una pubblicazione dei dati da parte delle singole applicazioni che non può essere modificata se non dalle applicazioni stesse e in cui coesistono informazioni provenienti da differenti modelli[16]. Infatti, lo stesso Kiviniemi ha puntato l'attenzione sul fatto che parlare di BIM integrato significhi condividere a partire da ciascuno dei modelli "centrali" le informazioni necessarie e rilevanti con i propri partner, non tutti i modelli in maniera indiscriminata. Altro aspetto che non va sottovalutato è la complessità dell'ambiente in cui andiamo a raccogliere i dati, essendo ciascun modello connesso a informazioni, database e librerie relative alle diverse aziende produttrici che possono agire nel progetto tramite i loro software. Un caso potrebbe essere quello del computo estimativo, di competenza del modello BIM di costruzione, nel quale vengono utilizzati database dei costi che una volta incorporati nel modello, nel caso in cui sia necessario un aggiornamento dei prezzi, devono essere aggiornati anche nel database centrale e ciò può causare anche errori, perché ciascuna informazione condivisa viene immagazzinata in uno spazio poi a sua volta collegata ai modelli che hanno l'autorizzazione ad utilizzarla. A loro volta i database locali possono essere collegati o copiati da database comuni a cui possono attingere tutti gli utenti. In definitiva il BIM integrato può essere considerato una sorta di network di informazioni provenienti da differenti sorgenti che non è facile mantenere aggiornato sotto tutti gli aspetti.

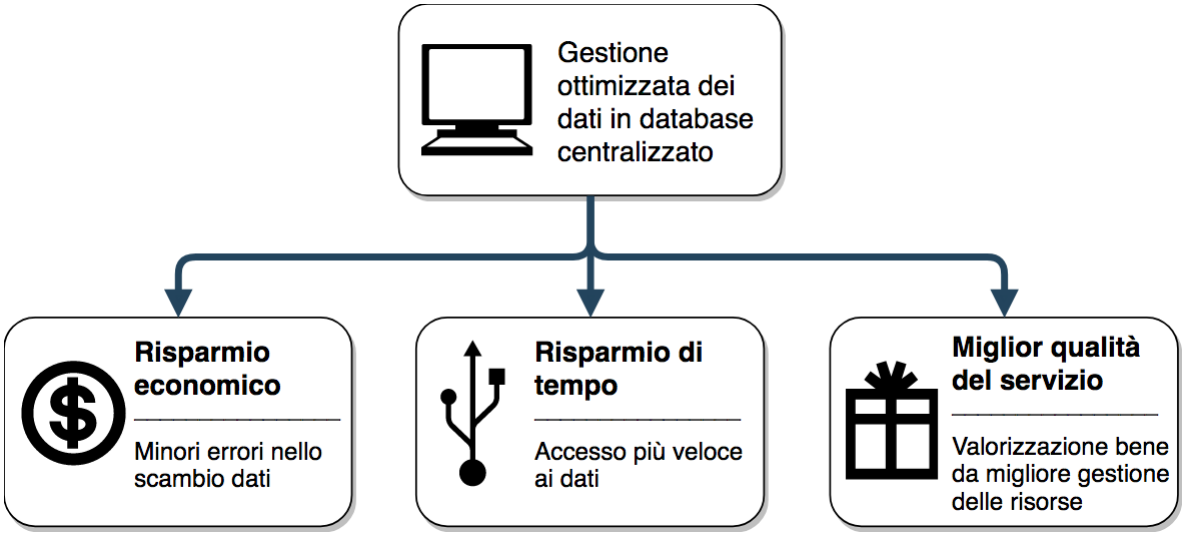
3.2 – Digitalizzazione del database dell'edificio

Un modo per riuscire a coordinare tutti gli stakeholder interni ad un centro complesso tipo quello di Bellariva – se non altro per l'attività che vi si svolge che necessita di particolari attenzioni a livello manutentivo e di gestione della sicurezza – consiste nel realizzare un database comune, di tipo digitale che racchiuda la totalità dell'informazioni disponibili sia a livello documentale archivistico sia a livello gestionale. Una tale raccolta di informazioni verrebbe così messa a disposizione dell'attuale gestore, che a seguito del passaggio di consegne dalla precedente gestione lamenta carenza di documentazione, dei tecnici e dei manutentori, dato che attualmente la maggior parte delle carte relative agli impianti non risulta accessibile, e degli eventuali progettisti che dovranno entrare in contatto con l'edificio. Ricapitolando i principali punti da trattare sono i seguenti:

- Difficoltà di scambio dati: allo stato attuale il gestore e i vari enti si dividono gli oneri organizzativi senza un sistema di data management centralizzato con conseguenti problemi in termini di scambio di informazioni;
- Scarsità di documentazione: proprio forse anche a causa delle ragioni di cui al punto precedente, tutto gli stakeholder non hanno a disposizione la documentazione completa riguardo a vari ambiti come la manutenzione:
- Gestione disorganizzata delle risorse materiali: il senso di caos è percepito nella gran parte degli ambienti interni ed esterni e sicuramente una cattiva gestione delle risorse materiali (arredi, equipaggiamenti ecc.) porta anche a una peggiore qualità del servizio che potrebbe altresì essere valorizzato data la dimensione della piscina, olimpionica, non comune.

Estremamente difficile, come detto in precedenza, è stata infatti la ricerca di informazioni per la realizzazione del modello BIM, generalmente frammentarie e disperse nei vari archivi pubblici e privati. Un database digitale centrale con varie possibilità di implementazione quindi è sembrata fin da subito la migliore soluzione al problema. nonostante ciò comporti un impegno non indifferente in termini di organizzazione dell'architettura del sistema oltre che di trasferimento e catalogazione delle documentazioni varie. Potendoci avvalere di un modello BIM già di per sé ricco di informazioni, i benefici previsti da tale scelta però dovrebbero presumibilmente ripagare l'investimento iniziale rendendo agevole e snella l'organizzazione della piscina stessa: infatti i vantaggi da una organizzazione ottimizzata dei dati sicuramente riguarderebbero non solo l'ambito economico, con conseguente risparmio nei costi di gestione e nelle spese derivanti da errori nel trasferimento dei dati, ma anche l'ambito delle risorse

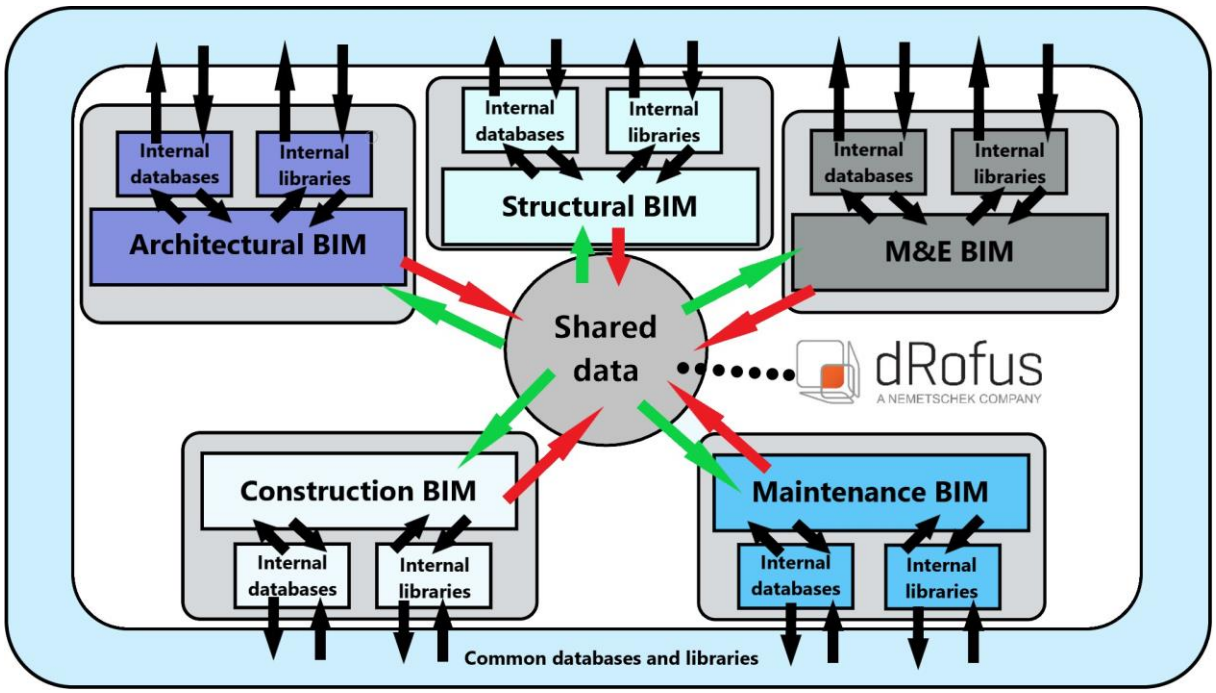
temporali, con minor tempo perso per la raccolta delle informazioni, e l'ambito della qualità con il servizio migliore che deriva da una migliore gestione delle risorse per coloro che frequentano la piscina.



63. Principali vantaggi ottenibili mediante la gestione ottimizzata dei dati in database centralizzato, illustrazione, 2018. Oltre al risparmio economico e di tempo, si può, interfacciandosi con un singolo database, conseguire vantaggi da una migliore gestione delle risorse.

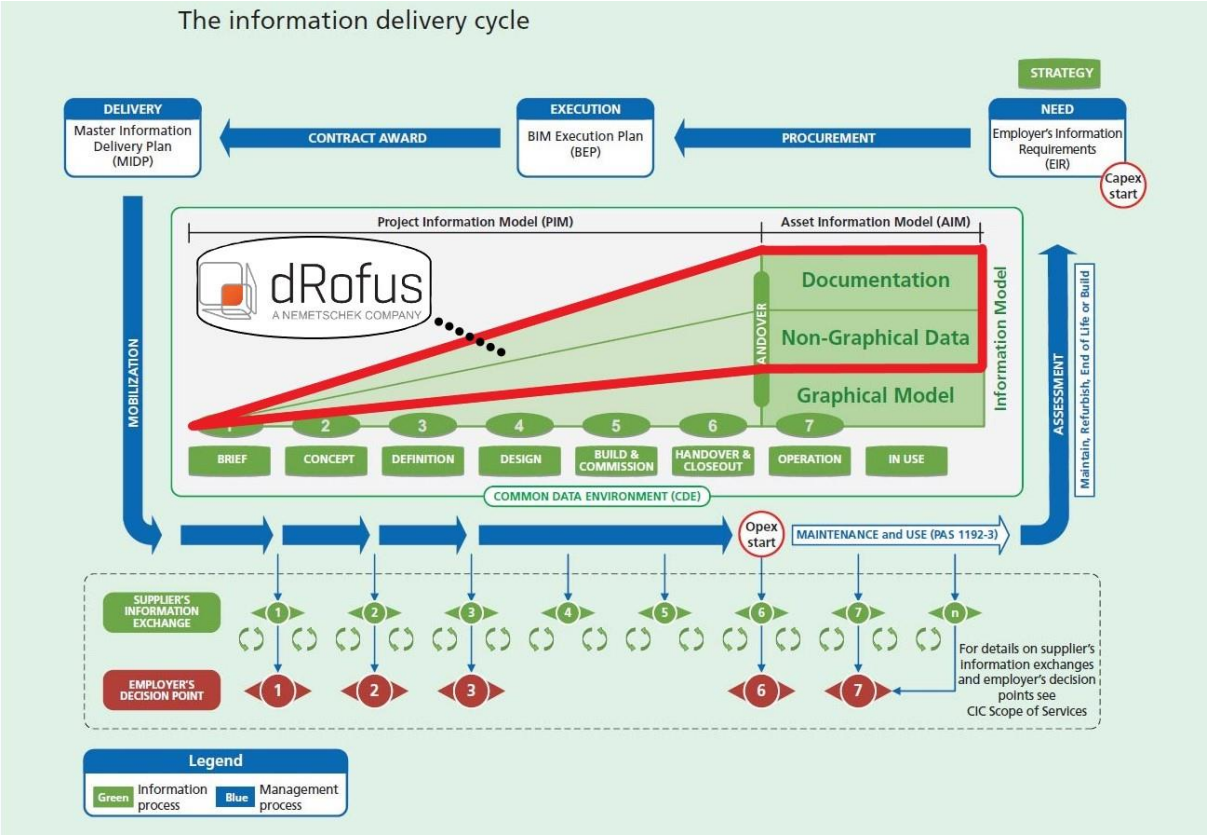
3.3 – Un software dedicato al *data management*: dRofus

Il primo passo per realizzare un database che fosse in grado di raccogliere la maggior parte di dati possibili relativamente al complesso sportivo di Bellariva è stato la scelta del software che avrebbe dovuto garantire una piattaforma prestante, oltre che capace di potersi interfacciare con vari programmi BIM, per facilitare l'organizzazione delle informazioni e la gestione della piscina. Tale ricerca è stata indirizzata quindi non tanto verso un software che si occupasse semplicemente di Facility Management quanto piuttosto di uno in grado di strutturare un database, facendo riferimento ai modelli BIM a disposizione e alla mole di documentazione presente, velocemente consultabile e capace di garantire interoperabilità anche con il mondo BIM a tutti i suoi livelli, dalla progettazione al Facility Management. Perciò la scelta è ricaduta su dRofus, che rappresenta senza dubbio il programma leader nel settore. Facente parte del gruppo Nemetschek, che raccoglie prodotti come ArchiCAD, Allplan, Vectorworks e Solibri, si tratta di un software norvegese di recente concezione, per lo più impiegato nei paesi baltici e anglosassoni, con lo scopo di fare da trait-d'union nello scambio e nell'archivio di informazioni tra le varie fasi di progettazione, costruzione e uso del bene edilizio. Non a caso dRofus nasce come uno strumento di pianificazione, data management e BIM collaboration[17], in grado di fornire supporto e dare accesso a tutte le informazioni sull'edificio a tutti gli step del processo edilizio.



62 *BIM linked to internal and external information*, illustrazione, (Prof. Arto Kiviniemi, *The true meaning of open BIM*, conferenza, 2015). Possiamo ipotizzare che il software preso in considerazione si posizioni a livello concettuale nel campo degli *shared data* con i quali si interfacciano tutti gli ambiti della progettazione.

Sviluppato e rivolto soprattutto a proprietari di edifici pubblici, infatti, si occupa dell'acquisizione delle richieste del cliente (le *EIR* definite nella PAS 1192-3), convalida le soluzioni di progettazione definite nel modello BIM rispetto a tali richieste, si occupa del management degli standard definiti nelle PAS 1192-2 e 3 e dell'organizzazione delle attrezzature anche in termini di manutenzione. Come si può vedere dal grafico estrapolato dalla PAS 1192-3 in figura 65, le classi di informazioni gestite e implementabili dal software riguardano i *non graphical data* e la *documentation*[18]. Nella fattispecie, ciò non significa che dRofus non riesca ad immagazzinare modelli grafici – possiede infatti una grande possibilità di integrazione con Revit, ArchiCAD e con file IFC (dei quali può mostrare anche un'anteprima grafica) con funzionalità bi-direzionali di sincronizzazione delle informazioni – quanto piuttosto che sono quelle non grafiche le informazioni dalle quali il software riesce a ottenere la massima efficienza: il tutto per ottenere un database accessibile da tutti gli stakeholder tramite il desktop client e la web app, aspetto questo non banale dato che la pratica comune prevede che ciascuna parte interessata utilizzi i propri software, con diversi schemi di dati, con diversi file-type, situati su più server e in posizioni diverse e spesso non utilizzabili da tutti.



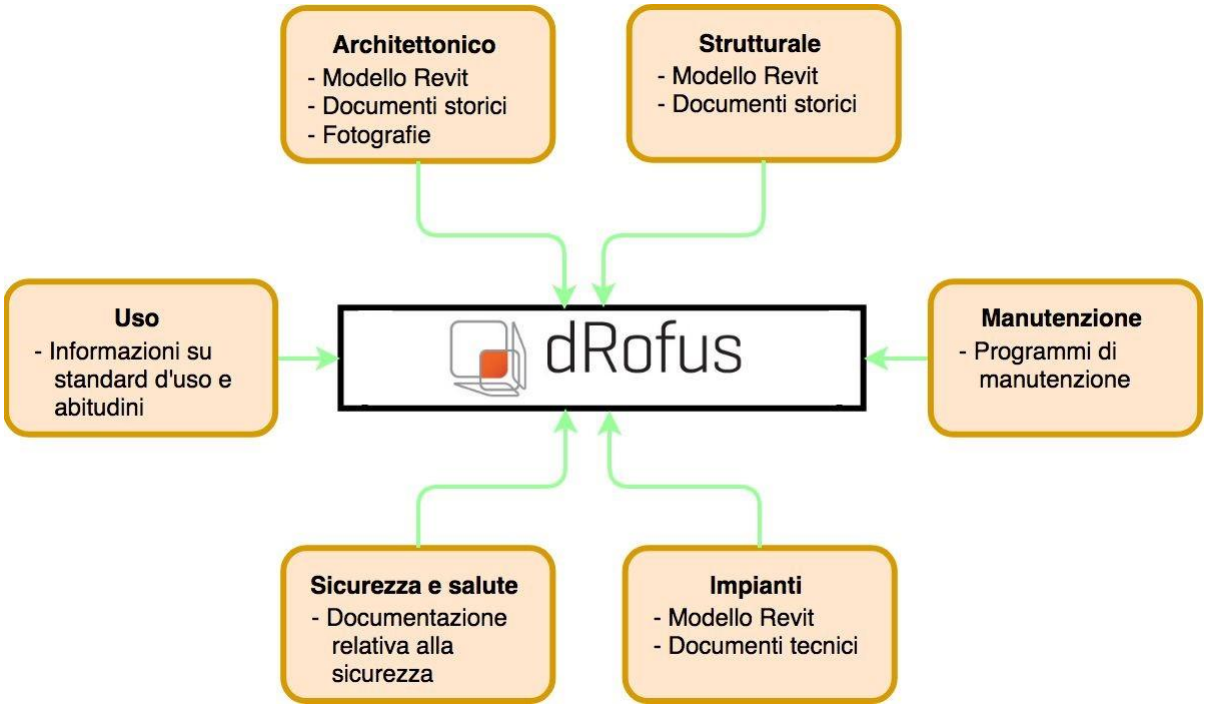
65. Tipologie di informazioni presenti nel processo di scambio di dati, (PAS 1192-3, 2014). Possiamo notare come il software si interfacci con la documentazione e i dati di tipo non grafico.

3.3.1 – Applicazione del software dRofus al caso studio

Il lavoro di data management realizzato sul caso studio della piscina di Bellariva mediante il software dRofus è stato sostanzialmente suddiviso in due parti:

- Creazione del database contenente le informazioni a nostra disposizione a seguito delle ricerche e della realizzazione del modello BIM;
- Utilizzo e integrazione del database nei processi per renderlo efficiente nella gestione e aggiornarlo costantemente.

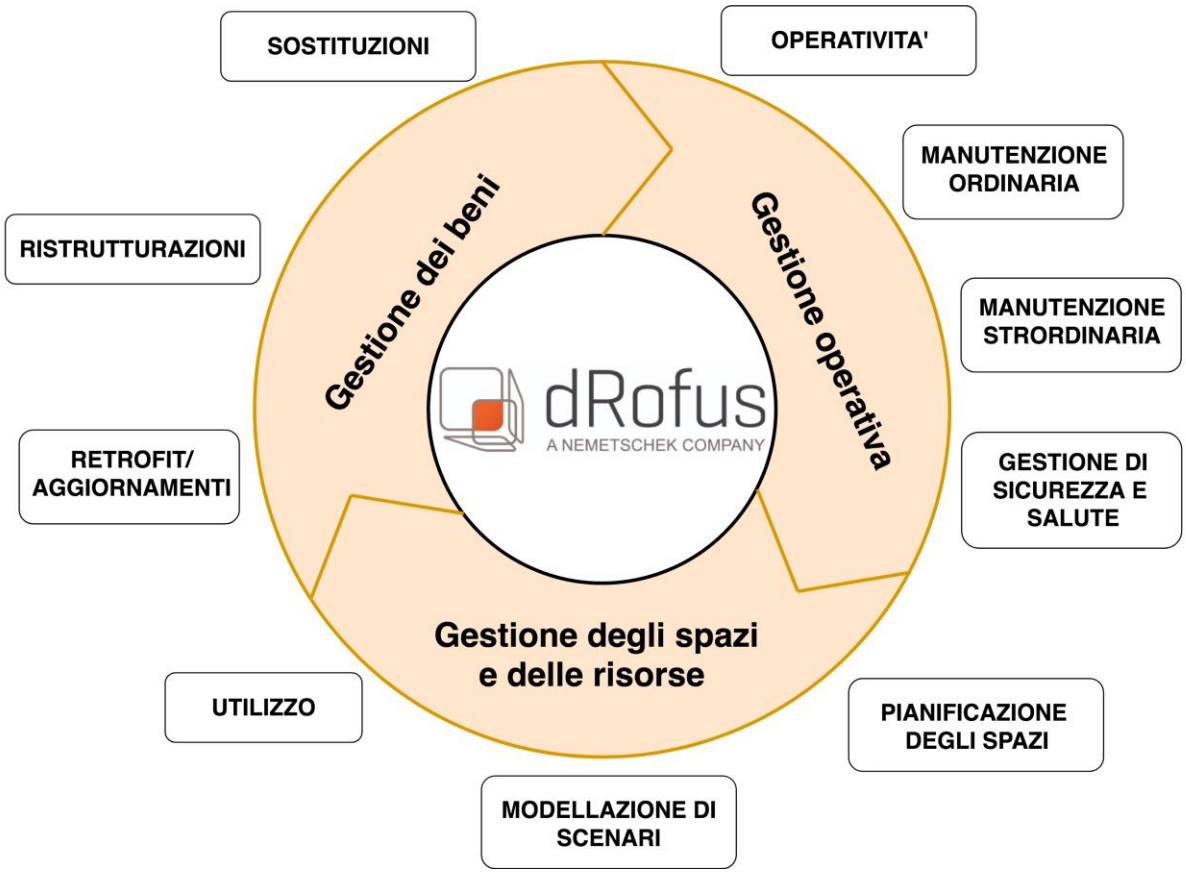
Come primo passo è stata necessaria la raccolta delle *informazioni*. Utilizzando la mole di lavoro effettuata per il completamento del modello Revit, è stato possibile ottenere una gran quantità documentazione da organizzare nel database. Considerando quindi che il modello Revit stesso è un database, sfruttando la possibilità di connessione tra di esso e dRofus è stato veloce importare altrettanti dati in modo da ottenere un sistema di organizzazione in grado di ospitare informazioni dai diversi ambiti.



66. Input usati per la creazione del database nel software, diagramma, 2018. Sono stati usati dati provenienti da tutti gli ambiti noti e successivamente implementate parti del software in grado di mantenere i dati e accoglierne altri.

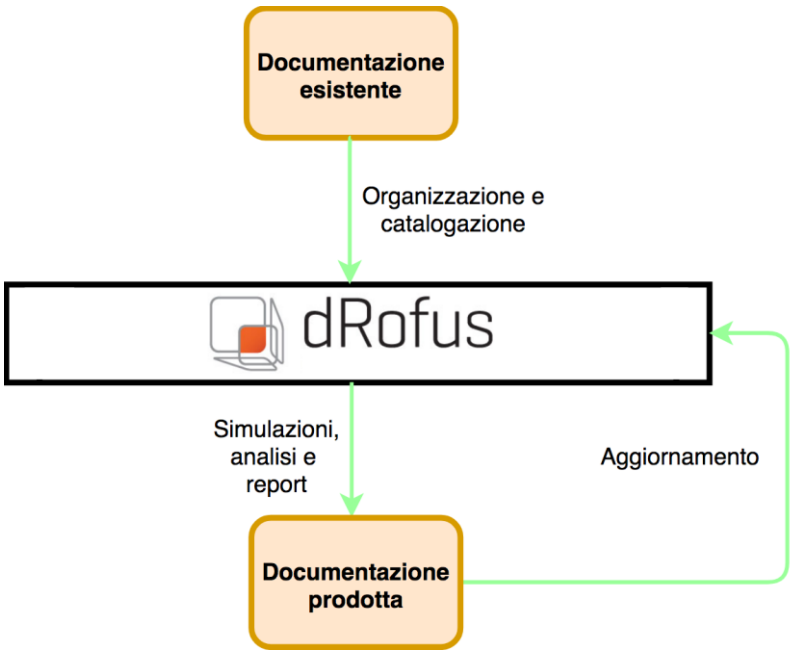
Una volta completata la raccolta di informazioni, si è proceduto alla compilazione del database organizzato secondo una architettura tale da rendere immediata ed efficace la consultazione per gli eventuali stakeholder. Si è passati infatti alla seconda parte del lavoro che consiste nell'integrare il server di dRofus con gli strumenti generalmente impiegati

nell'ambito del Facility Management, permettendo al software di esprimere le proprie potenzialità. È proprio la possibilità di dRofus di contribuire alla gestione di vari ambiti legati all'uso dell'edificio sia in maniera diretta nella propria piattaforma, sia mettendosi a disposizione, sotto forma di server dati, di programmi diversi a rendere possibile un sensibile miglioramento dei processi che non dipenderanno più dal precedente sistema di data exchange non centralizzato. Gli ambiti in questione riguardano per lo più la manutenzione, la gestione degli spazi e la gestione delle risorse materiali e non.



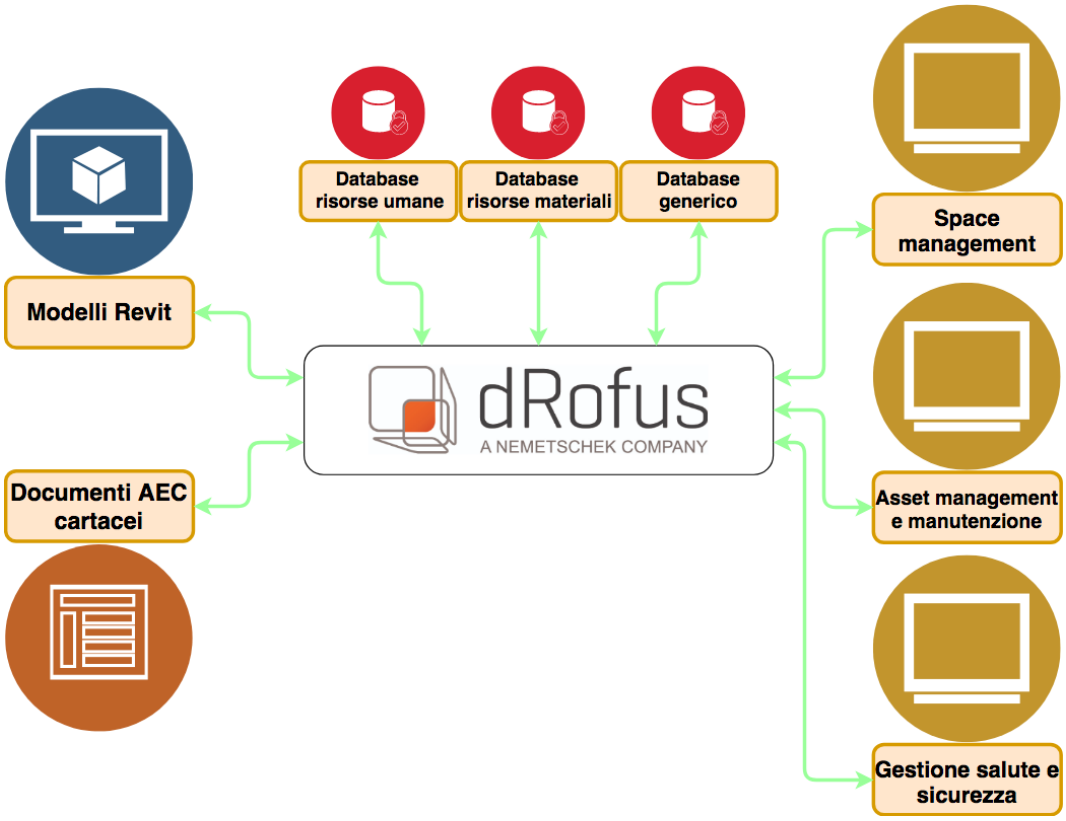
67. Uso del software nella gestione del patrimonio edilizio, diagramma, 2018. È possibile individuare vari ambiti in cui il software può essere impiegato durante la gestione: importanti sono le potenzialità negli ambiti delle ristrutturazioni, nella manutenzione ordinaria e straordinaria e nella pianificazione degli spazi.

Per il trattamento di vari ambiti generalmente è inevitabile l'interazione tra un database che raccolga le informazioni e una serie di modelli BIM adibiti al Facility Management. Tale interazione comporta la produzione di nuova documentazione che verrà reimmessa nel ciclo in un'ottica di continuo aggiornamento del server durante tutto il periodo d'uso. In definitiva possiamo definire dRofus applicato al nostro caso studio come uno strumento in grado di processare dati e renderli disponibili per altri software.



68. Organizzazione e aggiornamento della documentazione nel software, diagramma, 2018. Così come la documentazione esistente viene organizzata e catalogata nel software, per poi essere utilizzata in simulazioni e analisi, così la documentazione prodotta viene nuovamente impiegata come aggiornamento nel software.

Questi software a loro volta producono dati che verranno immagazzinati da dRofus nuovamente per poi essere riutilizzati in seguito nell'ambito del Facility Management in tutte le forme (Manutenzione, Space Management, Asset Management in particolare modo) con il BIM come connettore.

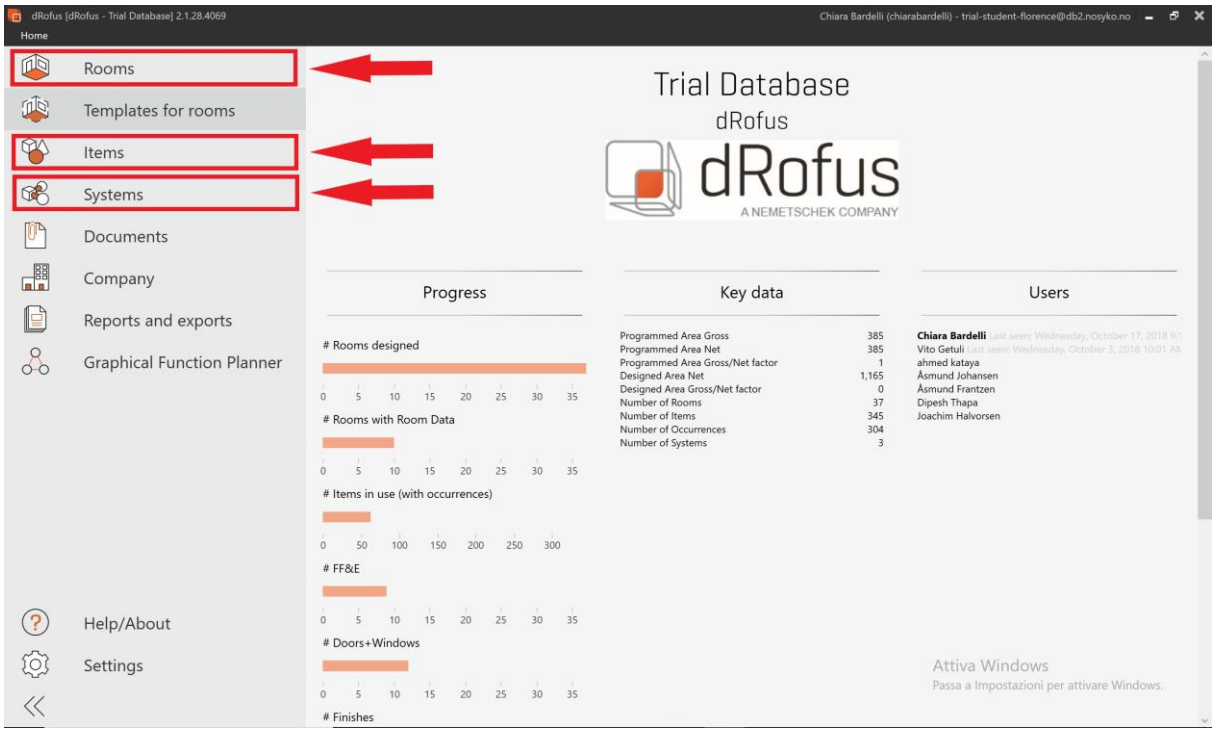


69. Tutti i componenti e ambiti con cui il software si interfaccia biunivocamente, diagramma, 2018.

3.3.2 – Organizzazione dell'architettura del database di *data management*

Delle azioni descritte in figura 1 per adesso ci limiteremo a trattare la parte di organizzazione e catalogazione della documentazione esistente atta a facilitare la comprensione. A questo proposito, possiamo dire che l'architettura del database, progettata al fine di accogliere il maggior numero di informazioni possibili, si è basata innanzitutto sul layout standard che propone dRofus, il quale nasce rivolto allo studio di spazi interni con particolare attenzione alle finiture, agli arredi e agli equipaggiamenti. Non a caso la schermata iniziale del software si incentra su varie scelte possibili:

- Rooms: rappresenta la sezione dedicata a quelli che in Revit vengono definiti locali, con possibilità di definirne caratteristiche estetiche, funzionali e dichiarare il numero e le tipologie di *Item* previsti dentro di essi;
- Items: sono gli oggetti intesi come arredi, componenti edilizi e impiantistici, equipaggiamenti e finiture, legati alle singole *Rooms* o in più *Rooms* contemporaneamente;
- Systems: i vari *Items* possono essere messi in relazione gli uni con gli altri per definire gruppi di oggetti rivolti allo stesso utilizzo. Tipico è il caso di più parti dello stesso impianto.

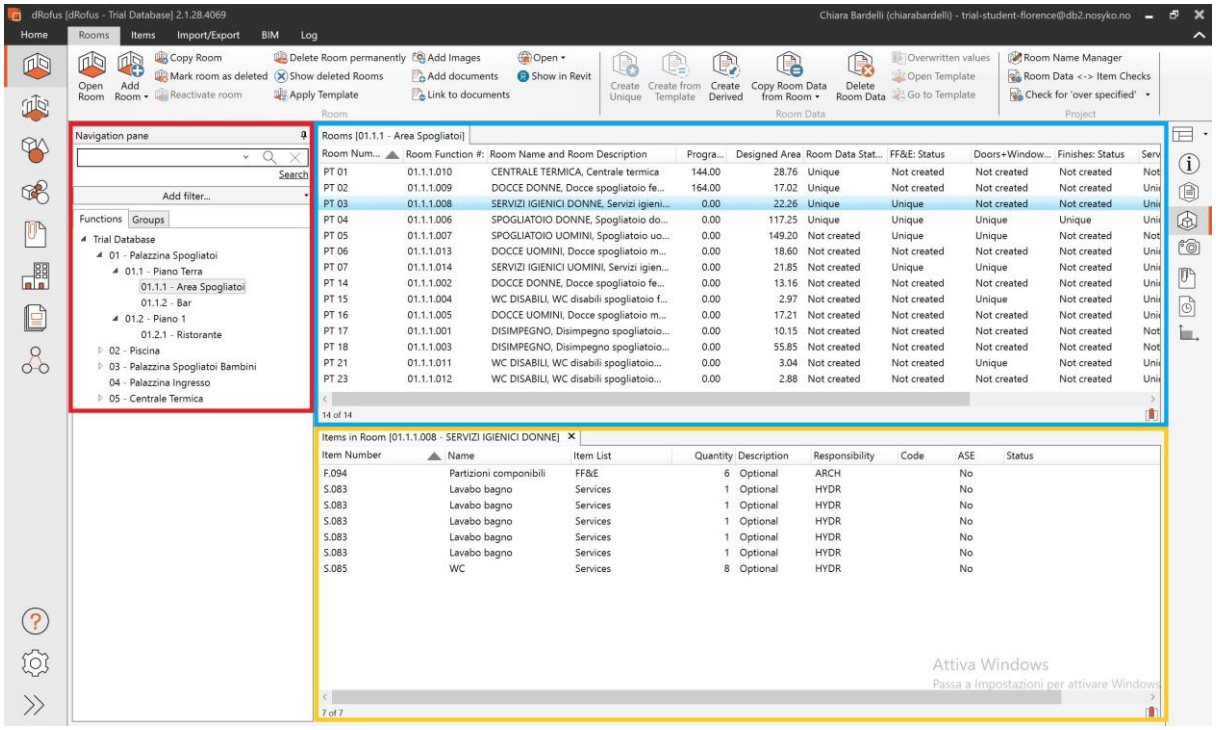


70. Schermata iniziale del database, screenshot dal software, 2018. Sono indicate le parti in cui è suddiviso il software: *Rooms*, *Items* e *Systems*. Rappresentano le tre macrocategorie in cui si possono definire gli ambienti, le risorse e i sistemi di risorse.

Questi rappresentano le tre livelli centrali del database standard di dRofus che però a sua volta dà la possibilità di personalizzare le macrocategorie che raccolgono questi livelli: considerando che viene fornito dalla Nemetschek un database online per ciascun sito (inteso come gruppo di beni edilizi), nel caso in esame abbiamo mantenuto le classificazioni standard pur potendo eventualmente aggiungerne altre:

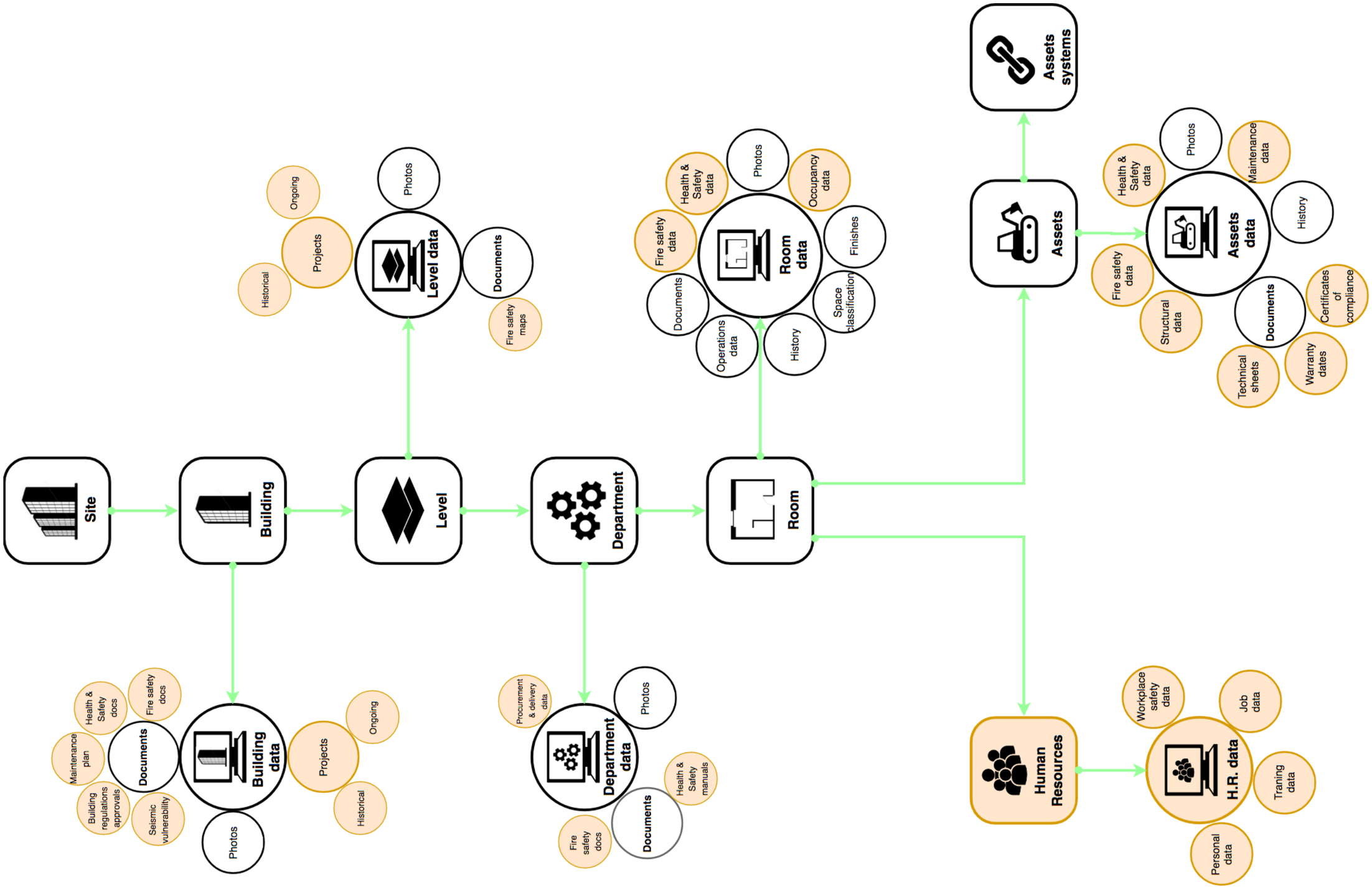
- *Building*: cioè singolo edificio autonomo di vari *Level*;
- *Level*: come piano dell'edificio composto da *Department*;
- *Department*: in quanto area funzionale comprendente le varie *Rooms*.

Nella sezione *Rooms* questi dati vengono mostrati in un menù a cascata che definisce in maniera gerarchica le macrocategorie del caso studio, a fianco del quale si trovano informazioni sulle *Rooms* presenti e gli *Items* contenuti.



71. Schermata *Rooms*, screenshot dal software, 2018. È possibile osservare come è strutturato il software a livello gerarchico: in rosso è stata cerchiata l'area di navigazione in cui sono riportati *Building*, *Level* e *Department*, in azzurro le *Rooms* di un singolo *Department* e in giallo gli *Items* contenuti in una singola *Room*.

Tra le varie features del programma d'altra parte figura inoltre la possibilità di implementare manualmente il layout stesso delle sottocategorie venendo incontro anche ad esigenze differenti dallo standard: le tipologie di *Items* così come i dati che possono essere inseriti nelle schede *Rooms* e *Items* sono molteplici e ci hanno permesso di definire così in maniera più completa e corrispondente alla realtà l'architettura del nostro database.



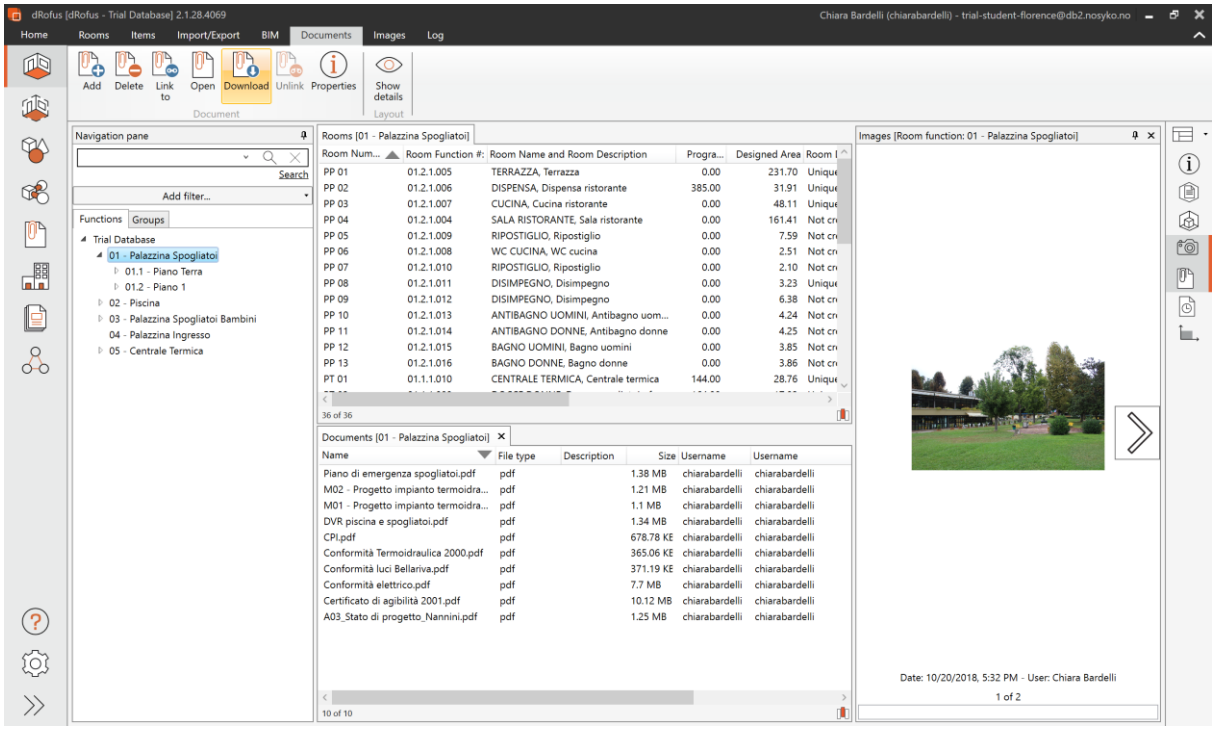
72. Schema gerarchico dell'architettura del software, diagramma, 2018. In bianco sono individuate le parti già presenti nel software, seppur in alcuni casi con nomi differenti, in arancio quelle implementate nel caso studio di Bellariva

3.3.3 – Informazioni presenti ai vari livelli del database

Date le importanti possibilità di implementazione permesse dal software di dRofus è stato possibile adattare il database alle esigenze della piscina, come precedentemente illustrato. Andremo quindi a illustrare in che modo è stato definito lo stato attuale delle informazioni presenti nel caso studio ai vari livelli gerarchici del database di dRofus:

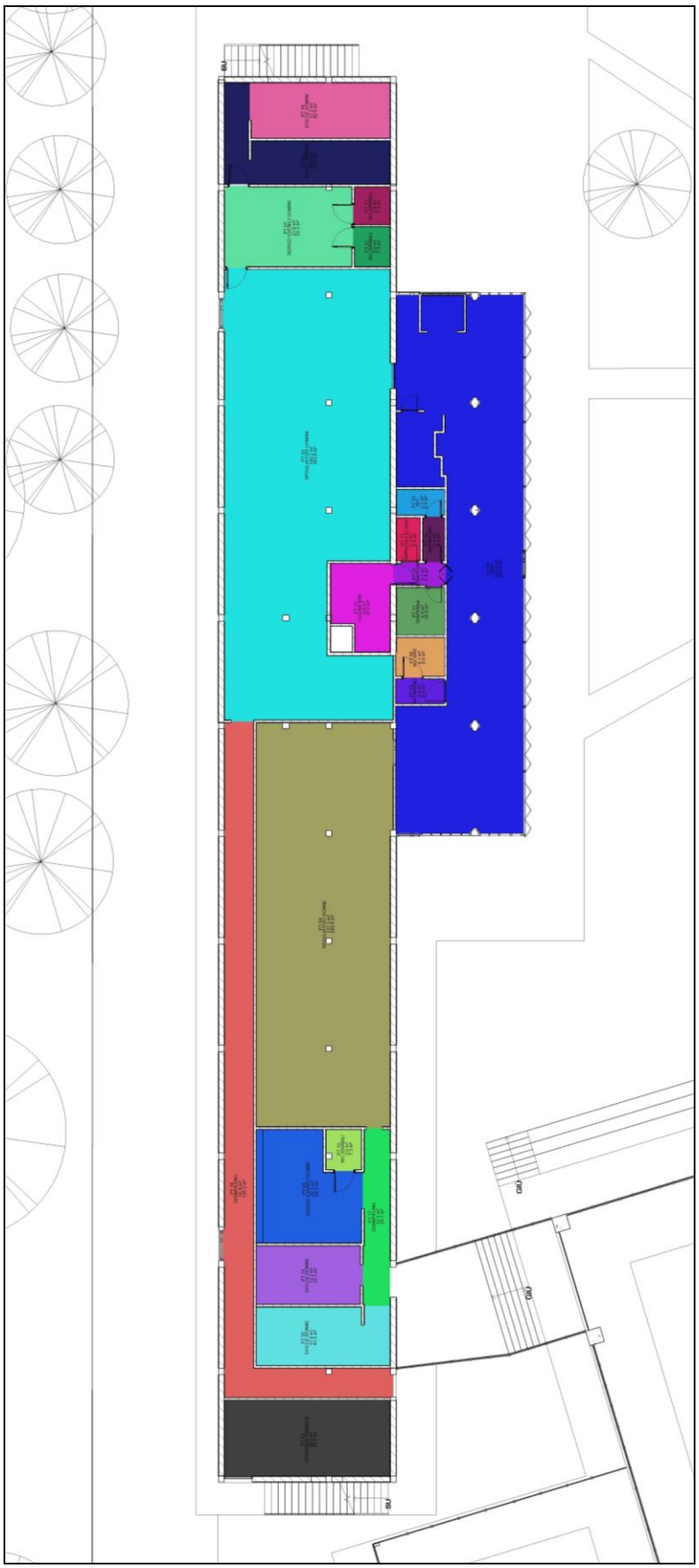
- Site: il software considera il lotto come un database, dal quale poi discendono tutte le informazioni in modo gerarchico. Non permette però di dare informazioni a livello di lotto, se non in termini di documentazione da allegare nella sezione *Documents*.
- Building: il secondo livello di informazioni sono quelle riguardanti l'edificio stesso. Anche in questo caso la possibilità di personalizzazione non è elevata nel software stesso che permette soltanto di allegare foto e documenti. Si è pensato comunque di raggruppare a livello di edificio le informazioni riguardanti i permessi come:
    1. Certificato di agibilità ai sensi del DPR 380/2001 con tutta la documentazione annessa;
    2. Certificati di conformità degli impianti;
    3. Piano di emergenza, CPI o SCIA antincendio e Registro antincendio.

  Vanno aggiunti anche eventuali documenti come analisi di vulnerabilità sismica, il Documento di Valutazione dei Rischi con il relativo Piano di Miglioramento, progetti storici o in corso e la documentazione del Piano di manutenzione.

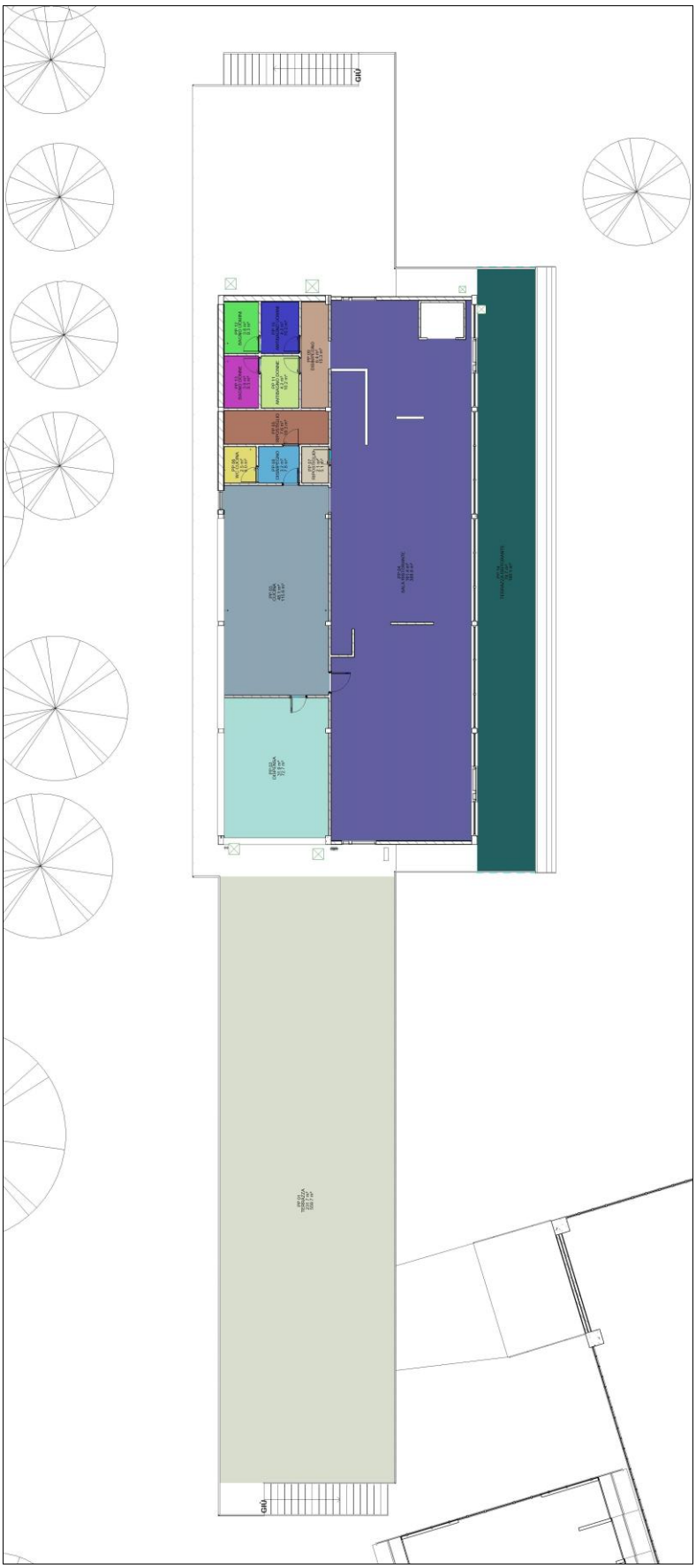


73. Dati del livello *Building*, screenshot, 2018. Oltre alla lista delle *Rooms*, ci sono immagini e documenti.

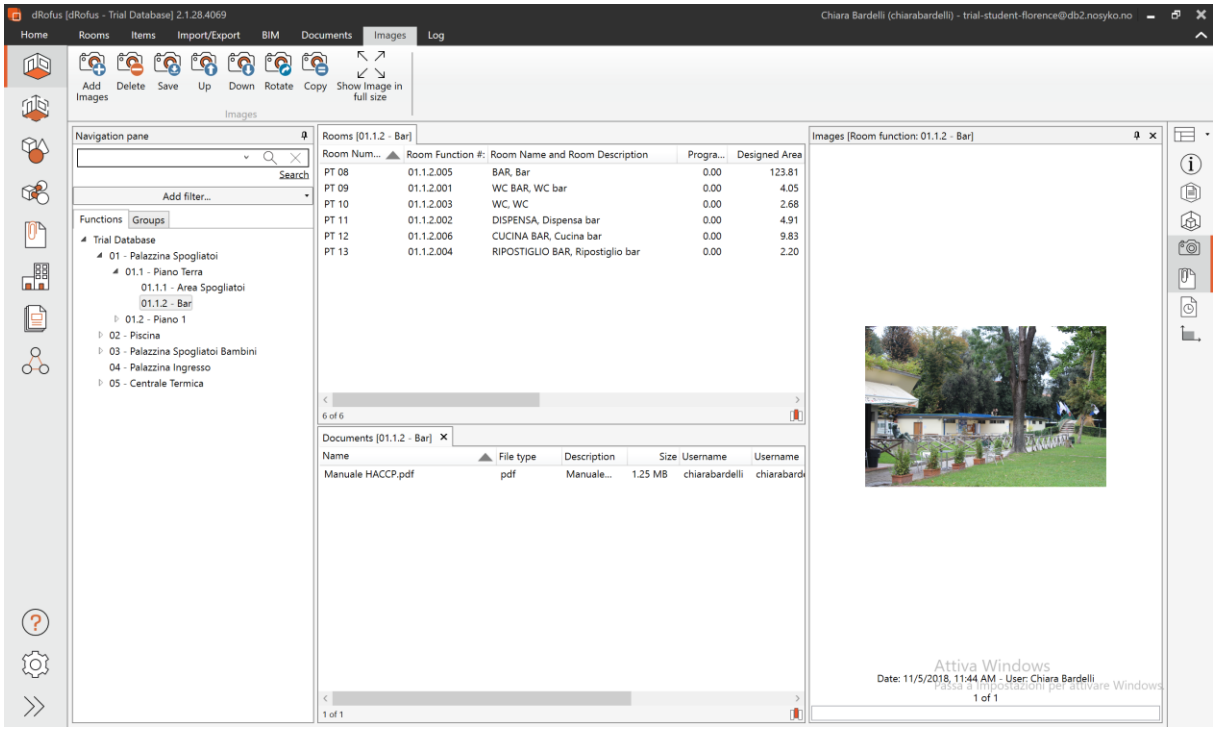
- Level: scendendo di dettaglio le informazioni implementabili rimangono le stesse del livello precedente e cioè foto e documenti vari, in un layout del tutto analogo. Anche in questo caso viene mostrata la lista delle *Rooms* contenute nel piano, come precedentemente quelle contenute nel *Building* così come tutti gli *Items*, in due preview differenti. Documenti tipici di questo livello possono essere le piante di emergenza e d'evacuazione del piano oppure dati relativi a progetti storici o progetti in corso.
- Department: riferito a un insieme di *Rooms* che contribuiscono tutte alla stessa funzione, presenta un layout identicamente uguale ai due precedenti se non che potranno riguardare ambiti più specifici (come manuali HACCP o Regolamenti interni alle singole aree funzionali). Interessante per la gestione dei *Department*, anche se situato in un'altra area del programma la feature di *Procurement and delivery* che aiuta la gestione degli ordini.
- Rooms: resta l'area più implementabile del software. Giocando un ruolo centrale nel sistema di organizzazione dati infatti, può essere modificato in modo tale da accogliere informazioni differenti rispetto a quelle presenti nel layout. In generale presenta uno spazio dedicato ai dati scritti e uno dedicato agli *Items* di qualsiasi tipo presenti nelle *Rooms*, sia che si tratti di equipaggiamenti che di, come nel nostro caso, dipendenti nel luogo di lavoro. Sono state implementate ai nostri fini nella fattispecie solamente le sezioni di:
    1. Dati antincendio: riguardanti la presenza di dispositivi di sicurezza antincendio (che vengono aggiunti anche come *Items*), la segnaletica e le luci di emergenza per la sorveglianza interna, oltre che i nominativi degli addetti all'antincendio e primo soccorso;
    2. Dati sicurezza e HACCP: relativamente agli addetti alla sicurezza del locale prescelto (ove ha senso specificarlo) e alle pratiche che generalmente devono essere effettuate in termini di sicurezza sul luogo di lavoro, HACCP e controlli alla piscina (ove presenti). Possono essere presenti anche dati relativi ai corsi di formazione e aggiornamento;
    3. Dati sull'occupazione delle aree: utili al fine di programmare e migliorare la gestione degli spazi sono dati ricavati dal gestore che definisce le abitudini degli utenti del locale nelle differenti fasce temporali giornaliere e stagionali.



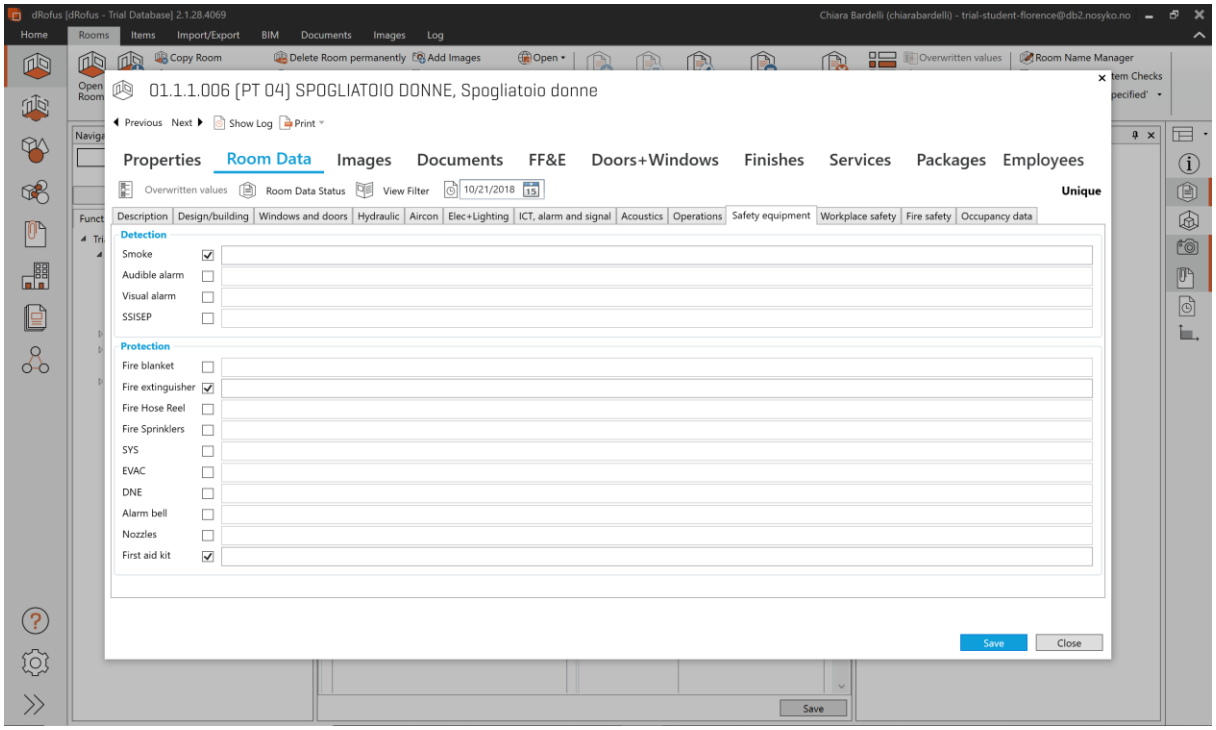
74. Individuazione dei locali del piano terra della palazzina, esportazione da Revit, 2018. I locali sono stati prima elencati sul database e in seguito individuati su Revit: in questo modo i due software hanno potuto scambiarsi informazioni a vicenda.



75. Individuazione dei locali del piano primo della palazzina, esportazione da Revit, 2018. Sono state prese in considerazione anche le zone adibite a terrazza dato che vengono spesso usate come sale del ristorante.

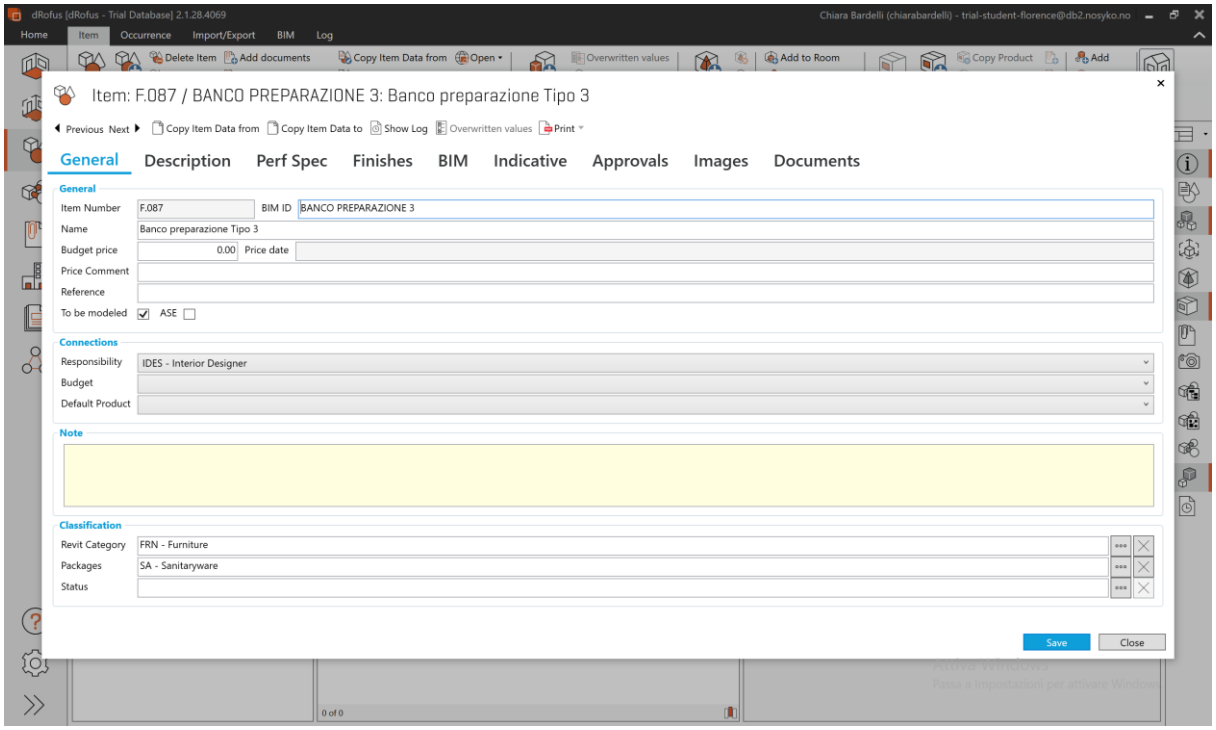


76. Dati del livello *Department*, screenshot dal software, 2018. Anche in questo caso, oltre alla lista delle *Rooms* contenute, si possono trovare immagini relative al *Department* ed eventuali manuali o regolamenti.

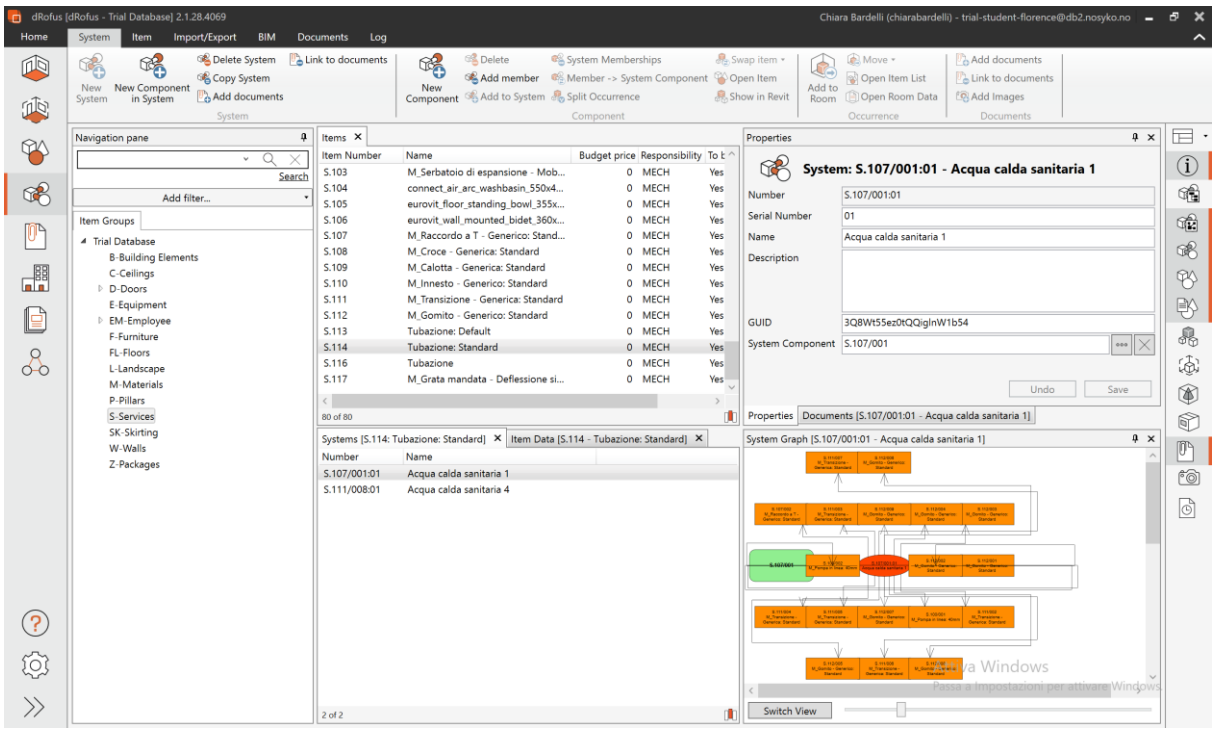


77. Dati del livello *Rooms*, screenshot dal software, 2018. Implementabile a seconda delle esigenze, contiene tutti i dati delle *Rooms*, così come gli *Items*.

- Human resources: si tratta della prima declinazione del secondo punto più importante del software e cioè gli *Items.* In questa parte, completamente implementata da noi dato che il programma non prevede l'ambito delle risorse umane, sono stati riportati tutti i parametri riguardanti il lavoro, i dati personali e la formazione degli addetti, oltre che la lista dei DPI consegnati, in modo da inglobare tutte le informazioni all'interno del medesimo database. Successivamente inseriti nelle *Rooms* di riferimento, in cui svolgono il proprio lavoro possono essere investiti anche di livelli di responsabilità nei confronti di essi.
- Assets: sono le risorse materiali vere e proprie, quelle per le quali è stata definita l'area *Items*: nel caso in esame sono stati implementati, oltre alle sezioni di *Photos* e *Documents* che abbiamo adibito a Schede Tecniche, Certificati di Conformità e Certificati di Garanzia del produttore, anche le aree dedicate a:
    1. Antincendio: applicata solo agli asset dedicati all'antincendio, come estintori, idranti e sprinkler, con informazioni riguardanti dati di manutenzione e revisioni;
    2. Salute e sicurezza: relativamente agli oggetti che rientrano nell'HACCP con le procedure da dover rispettare in tali ambiti (ad esempio frigoriferi dei quali devono essere registrate le temperature);
    3. Strutturali: gli elementi strutturali sono stati trattati come *Items* e da ciò è stato possibile definire un database con tavole di progetto originali e informazioni sul numero di armature ricavate dai saggi e sulle caratteristiche meccaniche di calcestruzzo e acciaio;
    4. Manutenzione: con tutte le informazioni standard per la gestione del bene in termini manutentivi (tipico degli impianti che necessitano di manutenzioni ripetitive).
- Asset systems: relativamente in particolar modo agli impianti il programma permette di effettuare, in relazione al modello BIM in cui essi sono stati modellati, il collegamento concettuale tra i vari oggetti in modo da rendere chiare fin da subito le relazioni che intercorrono.



78. Dati del livello *Items*, screenshot dal software, 2018. Si può implementare a seconda delle esigenze anche la parte degli *Items*, anche in modo differente per *Items* differenti.



79. Dati del livello *Systems*, screenshoot dal software, 2018. Oltre alla lista di tutti i componenti rientranti nel *System*, è fornito un diagramma in cui sono definite le zone in cui essi sono posizionati.

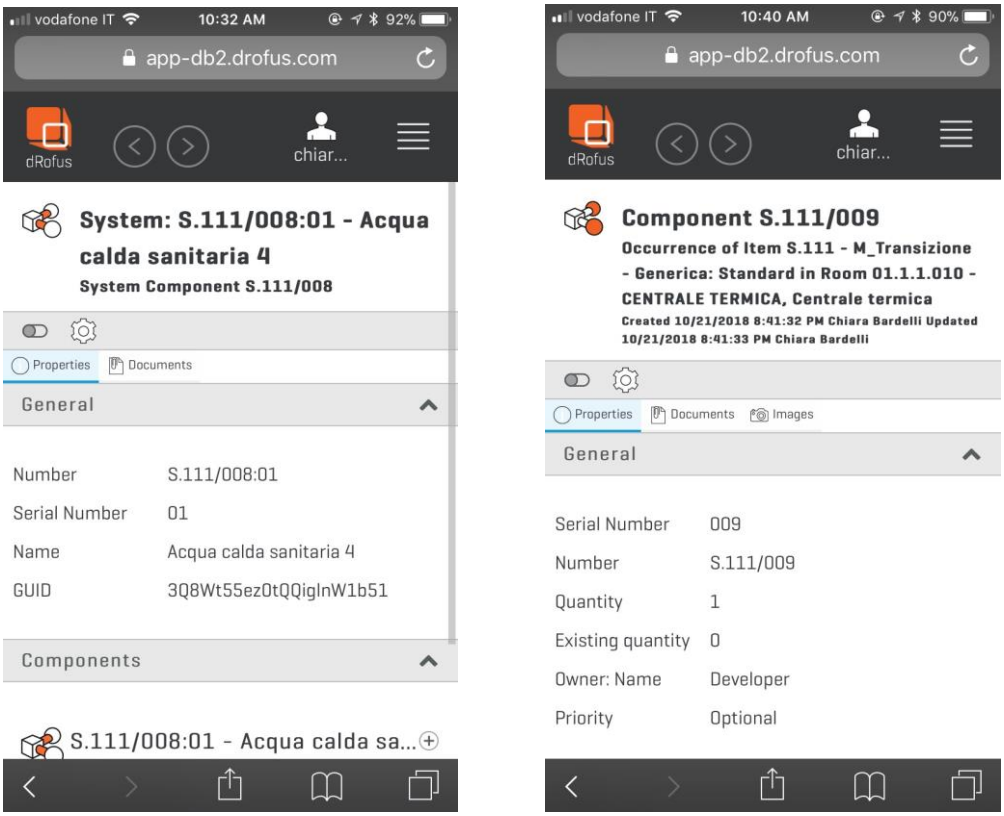
4 – dRofus nella gestione del complesso di Bellariva

4.1 – dRofus nella gestione della manutenzione

Una volta completato il database con tutte le informazioni necessarie abbiamo ipotizzato come queste potessero essere messe al servizio della gestione. Sicuramente un campo in cui la mole di dati ottenuta gioca un ruolo fondamentale è quello della manutenzione nel quale dRofus svolge il compito, oltre che di database, di cucitura tra il lavoro sul campo e in ufficio:

79. Applicazione del software nella manutenzione, illustrazione, 2018. Il software viene impiegato principalmente a servizio della comunicazione tra il lavoro svolto sul campo e in ufficio.

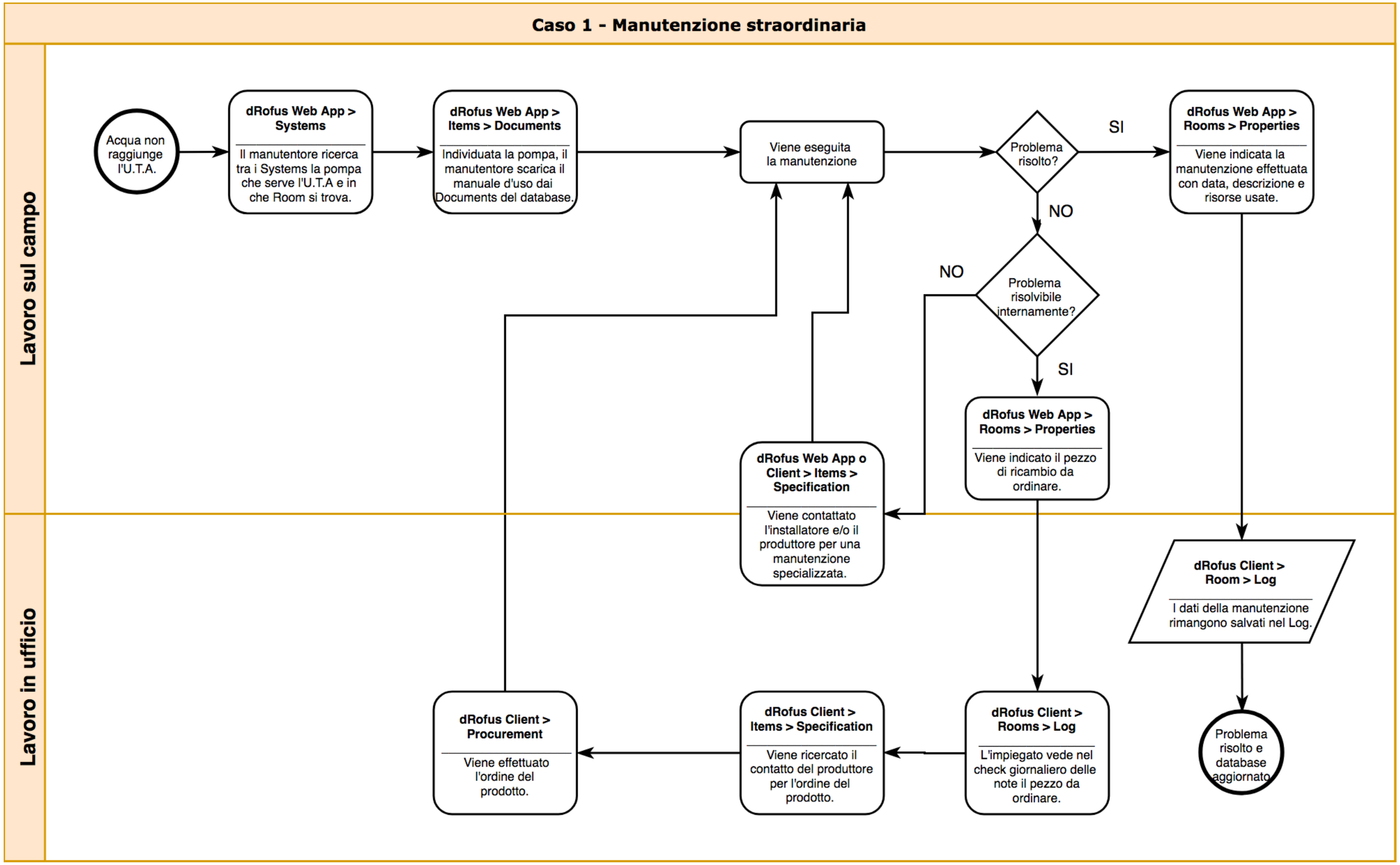
Ciò è reso possibile mediante la Web App che dRofus mette a disposizione che permette di accedere al database e di modificarlo senza necessità di un pc.



80. Web-app del software, screenshot da browser, 2018. Mediante la web-app è possibile consultare il database.

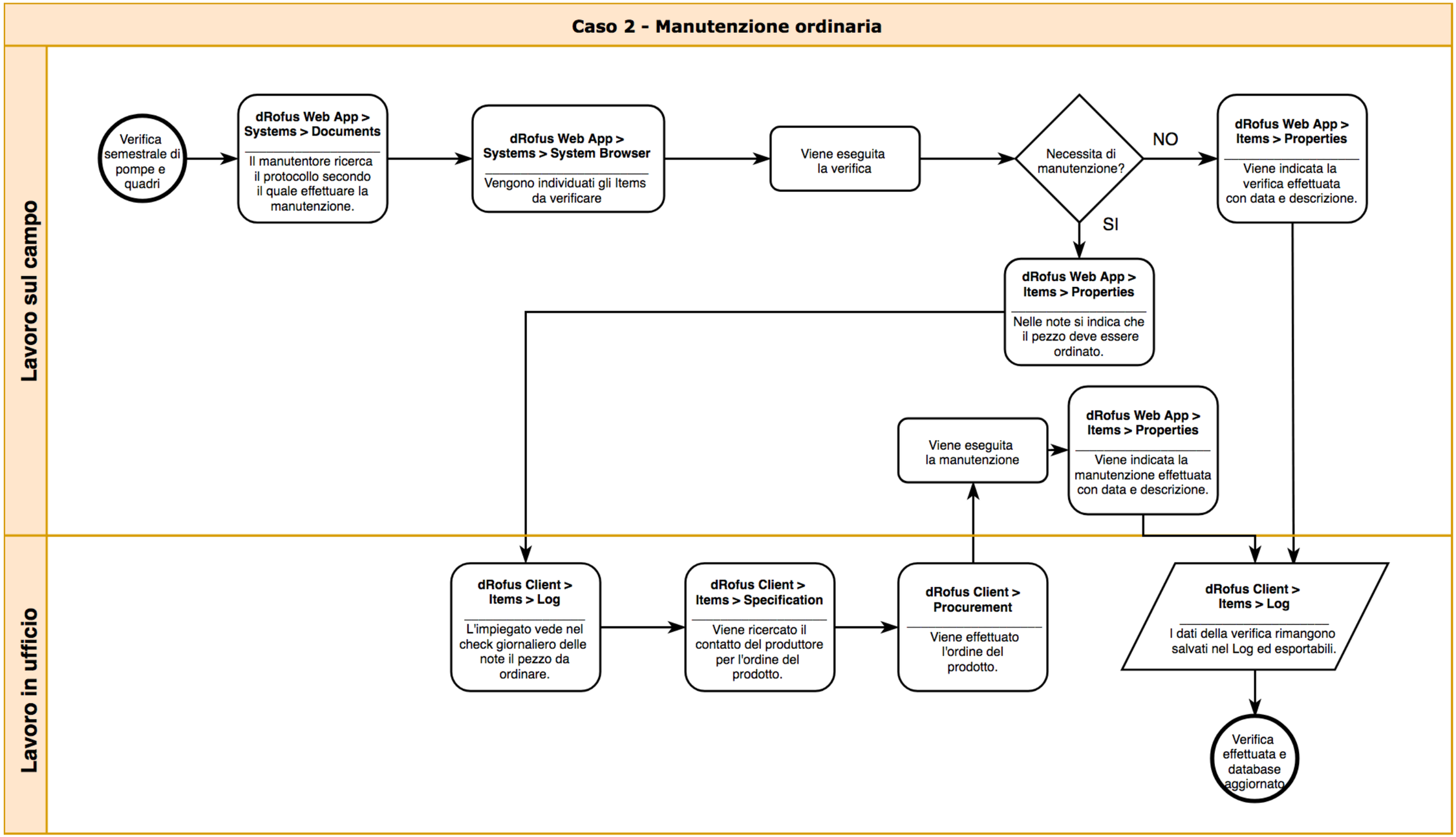
Si sono quindi sviluppati graficamente alcuni casi tipo per descrivere il workflow operativo:

Caso 1 – Manutenzione straordinaria: dRofus come strumento conoscitivo e operativo.



81. Diagramma relativo al caso di manutenzione straordinaria, diagramma, 2018. Il software è usato sia sul campo che in ufficio, senza necessità di comunicazione diretta.

Caso 2– Manutenzione ordinaria: dRofus come strumento conoscitivo e operativo.



82. Diagramma relativo al caso di manutenzione ordinaria, diagramma, 2018. Come nel caso precedente anche in questo caso il client e la web-app contribuiscono a snellire il lavoro.

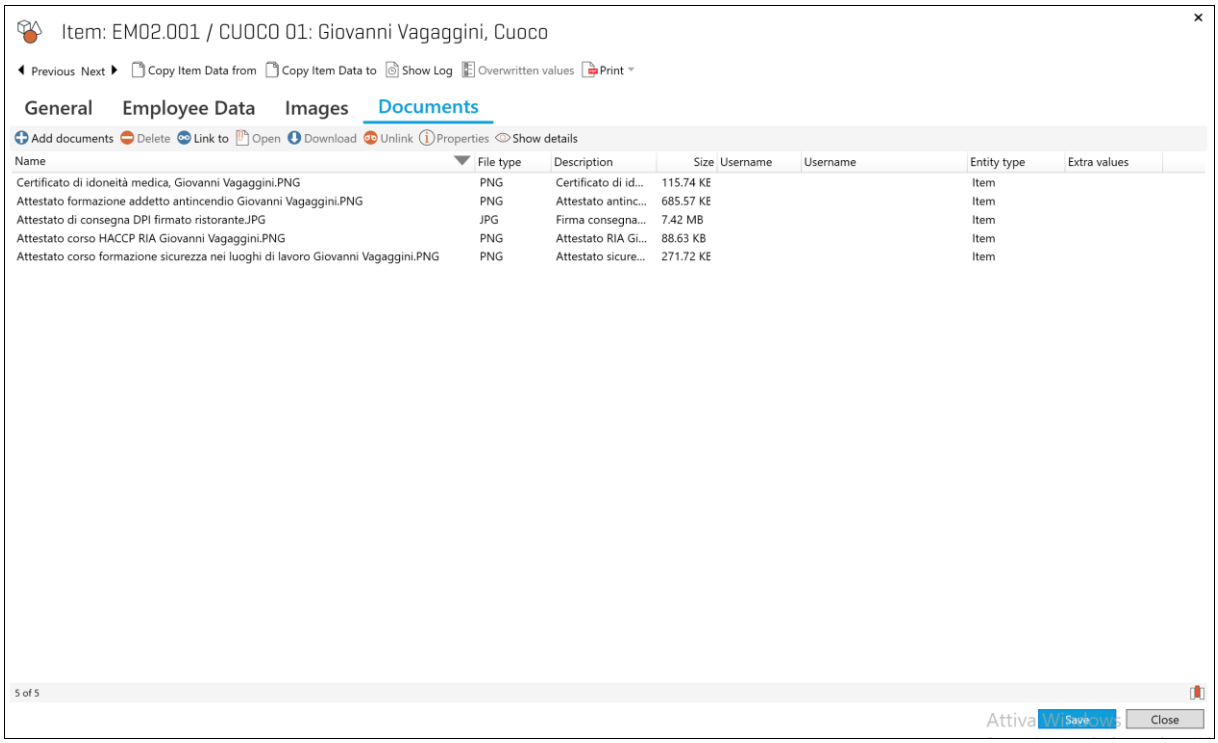
Come è possibile vedere, in entrambi i casi, il database entra in gioco come strumento conoscitivo e lo stesso software dRofus pur essendo piuttosto banale nel layout, contribuisce in modo decisivo alla semplificazione delle operazioni di manutenzione. Infatti, permette una più precisa gestione della manutenzione stessa, dalla fase conoscitiva, in cui non risulta più necessario conoscere a tutto l'impianto o andare a consultare le piante tecniche dato che i dati sono già consultabili interattivamente nella app del database che ha inglobato le informazioni del modello BIM o è stato implementato manualmente, alla fase operativa garantendo una più veloce comunicazione tra i vari addetti, con conseguente risparmio di risorse temporali ed economiche e contribuendo a garantire la conoscenza delle informazioni che vengono immagazzinate nel processo.

4.2 – dRofus nella gestione della salute e sicurezza

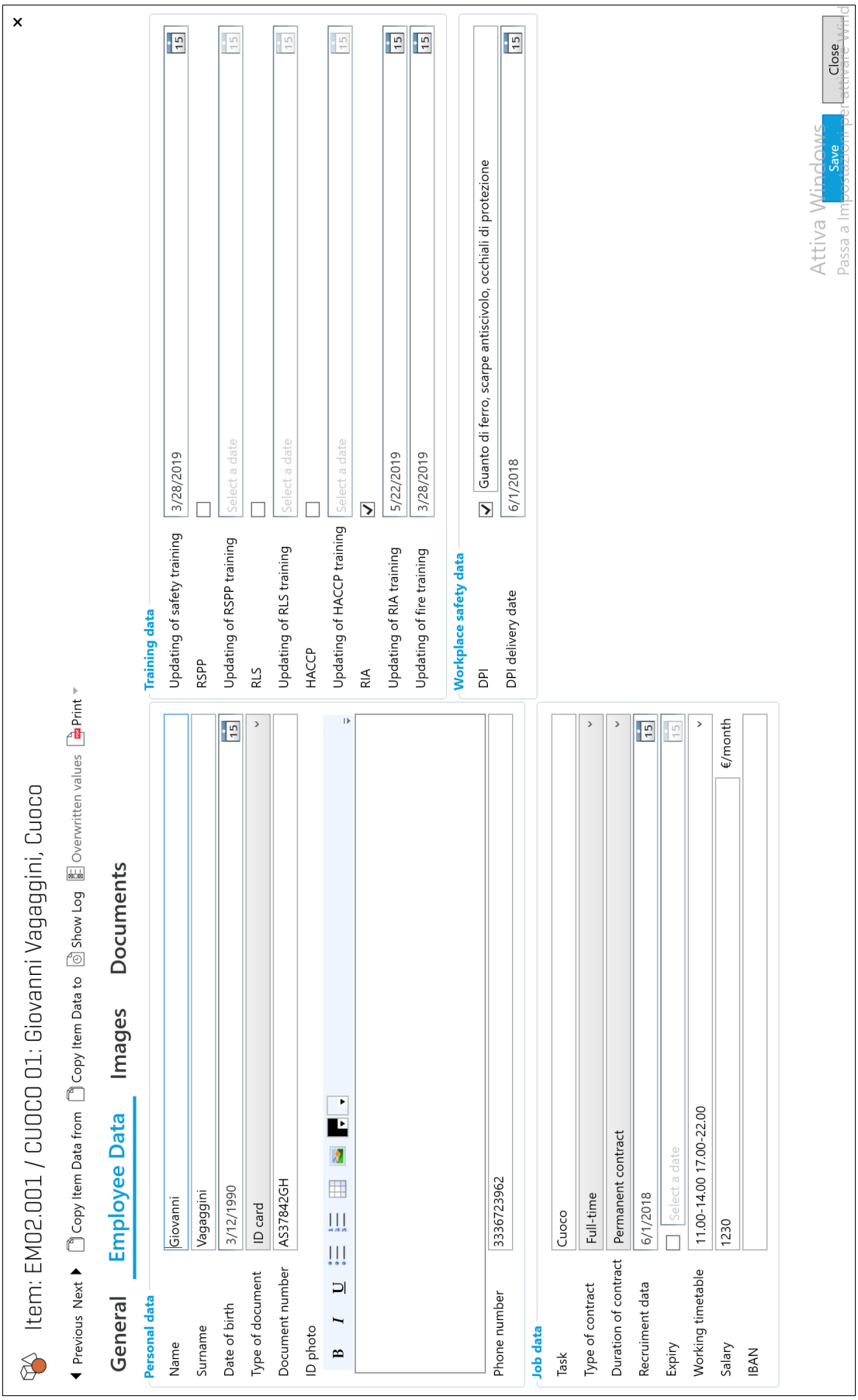
Il database è stato implementato in maniera tale da contenere quante più informazioni necessarie alla gestione della salute e della sicurezza. Nella fattispecie gli ambiti trattati riguardano:

1. Antincendio (secondo le disposizioni del *D.P.R. n°151 del 1/8/2011*);
2. Salute e sicurezza nei luoghi di lavoro (secondo il *D.Lgs. 81/08*);
3. HACCP (secondo il *Regolamento CE 178/2002* e il *Regolamento CE 852/2004*)
4. Requisiti delle piscine di uso natatorio (*Reg54/R/2015*).

C'è una duplice funzione del database nei confronti degli ambiti trattati, in modo analogo a quanto fatto per il capitolo della manutenzione: da un lato il software permette di raccogliere informazioni, dall'altra partecipa attivamente alle procedure di sorveglianza che una volta effettuate aggiornano nuovamente il database. Per quanto riguarda la prima parte, relativamente agli addetti è stata infatti realizzata una scheda che riassumesse tutte le informazioni riguardanti i campi precedentemente esposti sia sotto forma di dati (suddivisi in personali, lavorativi, sulla formazione e sulla sicurezza nei luoghi di lavoro) che di documentazione (attestati di formazione, certificati medici).

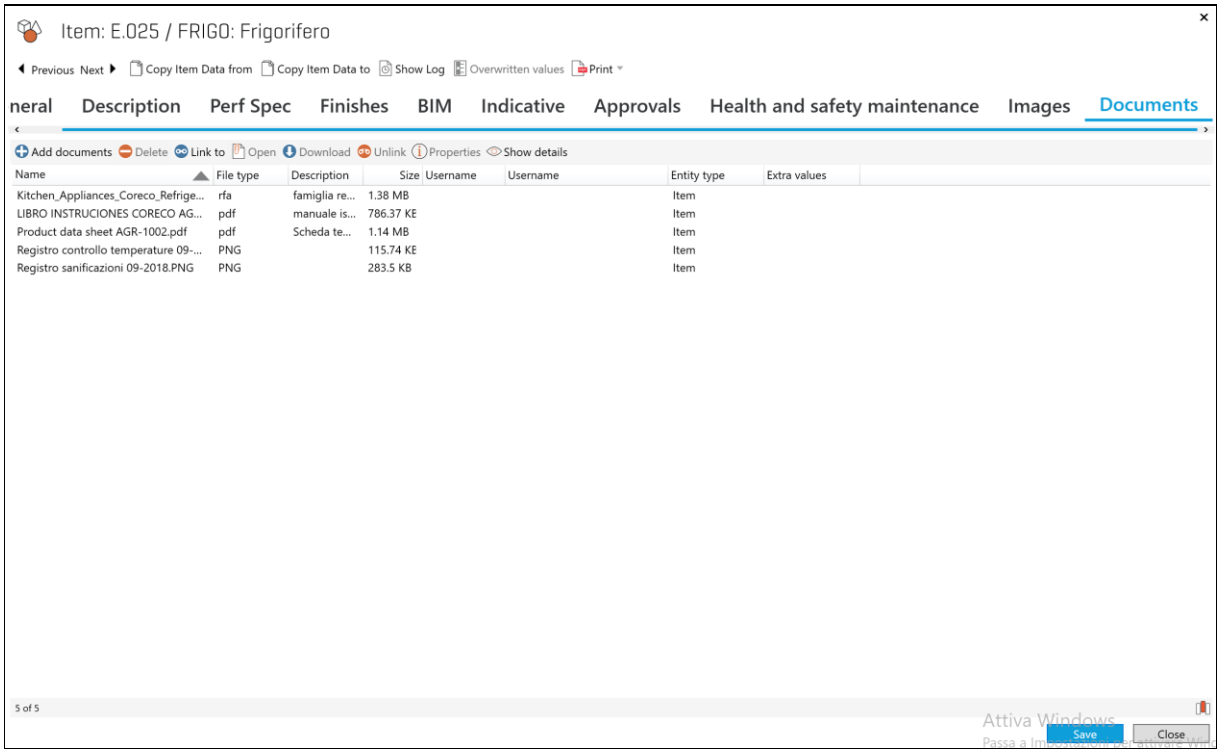


83. Documentazione implementabile per il lavoratore, screenshot da software, 2018. Oltre agli attestati di formazione, è consigliato considerare importanti gli attestati di consegna dei DPI e i certificati di idoneità medica.

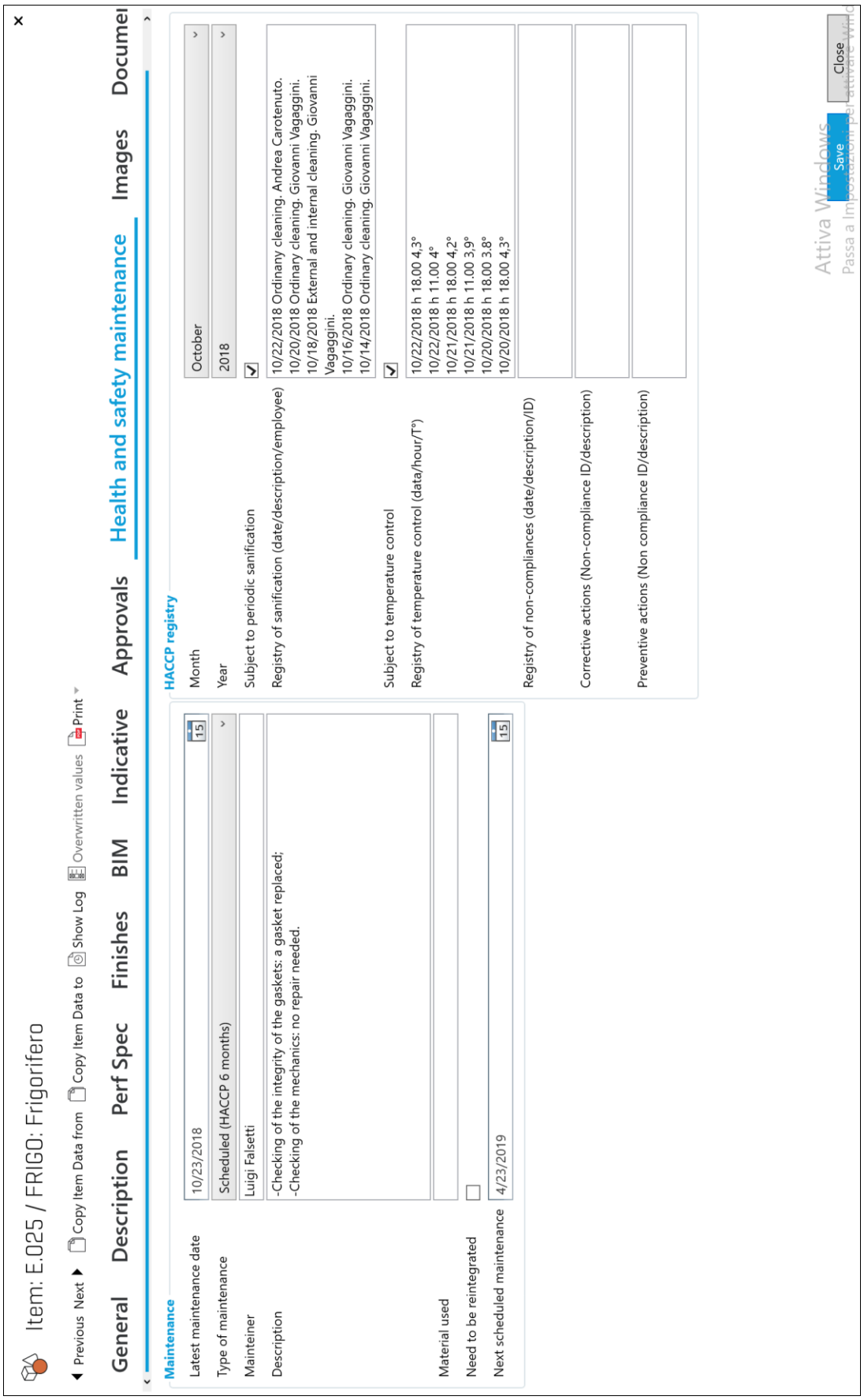


84. Dati implementati per il lavoratore, screenshot dal software, 2018. È stata implementata una parte degli *Items* che riguardano i lavoratori, in cui sono stati riportati i dati personali, dei compiti e della salute e della sicurezza.

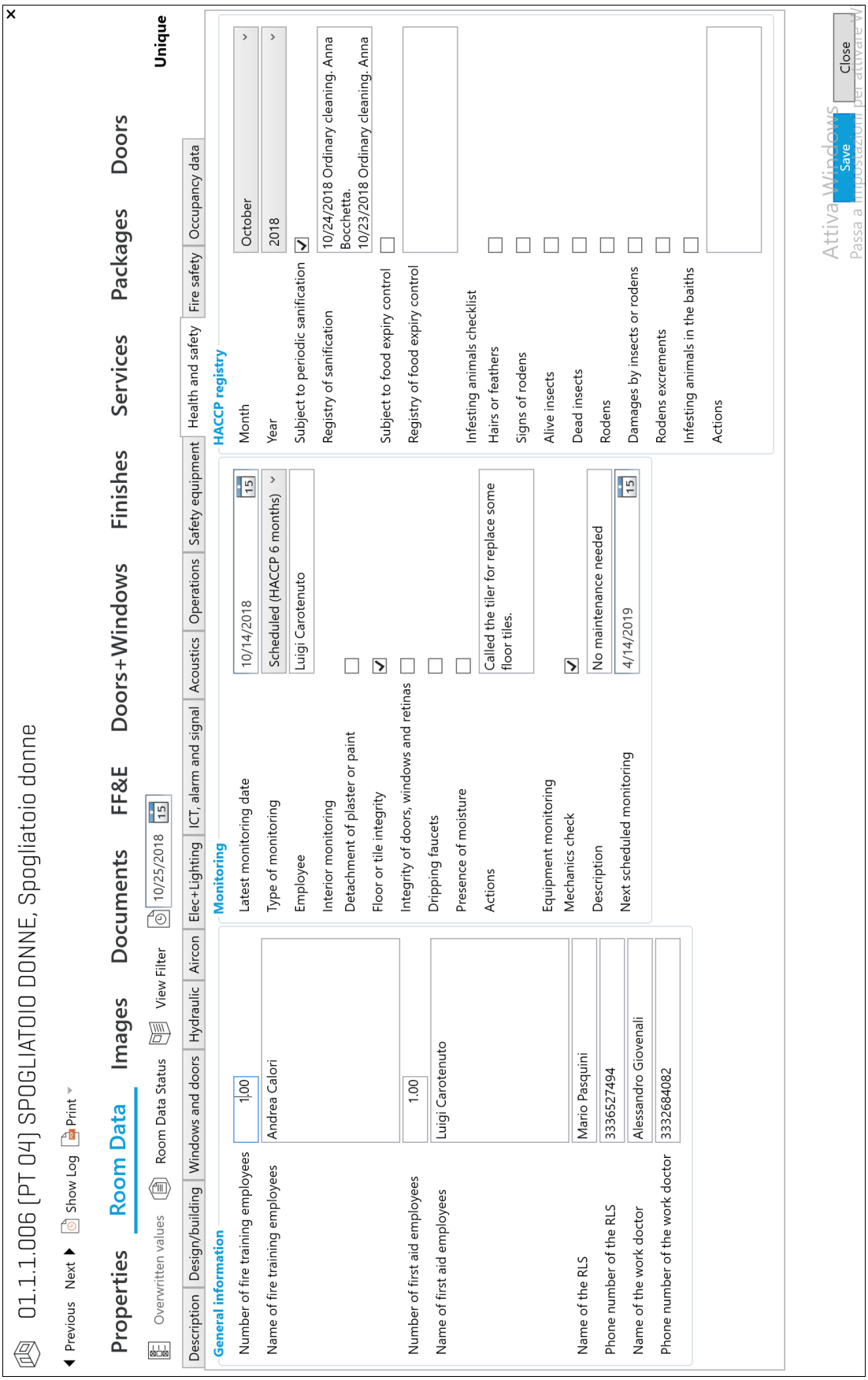
Per quanto riguarda gli *Items* può risultare necessario implementare categorie relative ai registri delle manutenzioni e HACCP che devono essere compilati periodicamente. Questi, nonostante generalmente vengano realizzati in modo cartaceo per apporre la firma di chi esegue la sorveglianza, risultano essere implementabili nell'ambito software dal momento che i dati che vengono immessi vengono salvati nel *Log* comprensivi di data e di addetto che li ha modificati e ciò garantisce quando e da chi è stata effettuata l'effettiva manutenzione. Sempre relativamente agli *Items*, si possono inserire le schede tecniche, i certifcati di conformità e i manuali d'uso tra i vari *Documents*, al fine di rendere più agevole la manutenzione, oltre che catalogare i registri dell'HACCP. Infatti, ipotizziamo di avere compilato i registri delle sanificazioni: una volta completato e stampato in PDF mediante l'area dedicata a *Exports and reports*, può essere mantenuto nel database senza doverlo avere in formato cartaceo, eventualmente generando il PDF del *Log* per confermare le firme di chi ha effettuato il processo di sanificazione. Per quanto riguarda le *Rooms* sono state implementate altre parti per definire i punti relativi a antincendio, sicurezza nei luoghi di lavoro e HACCP. Come possiamo notare nel caso in esame sono stati implementati anche i parametri relativi alla checklist contro animali infestanti che fa parte dell'HACCP oltre che il registro delle sanificazioni e il controllo delle scadenze degli alimenti.



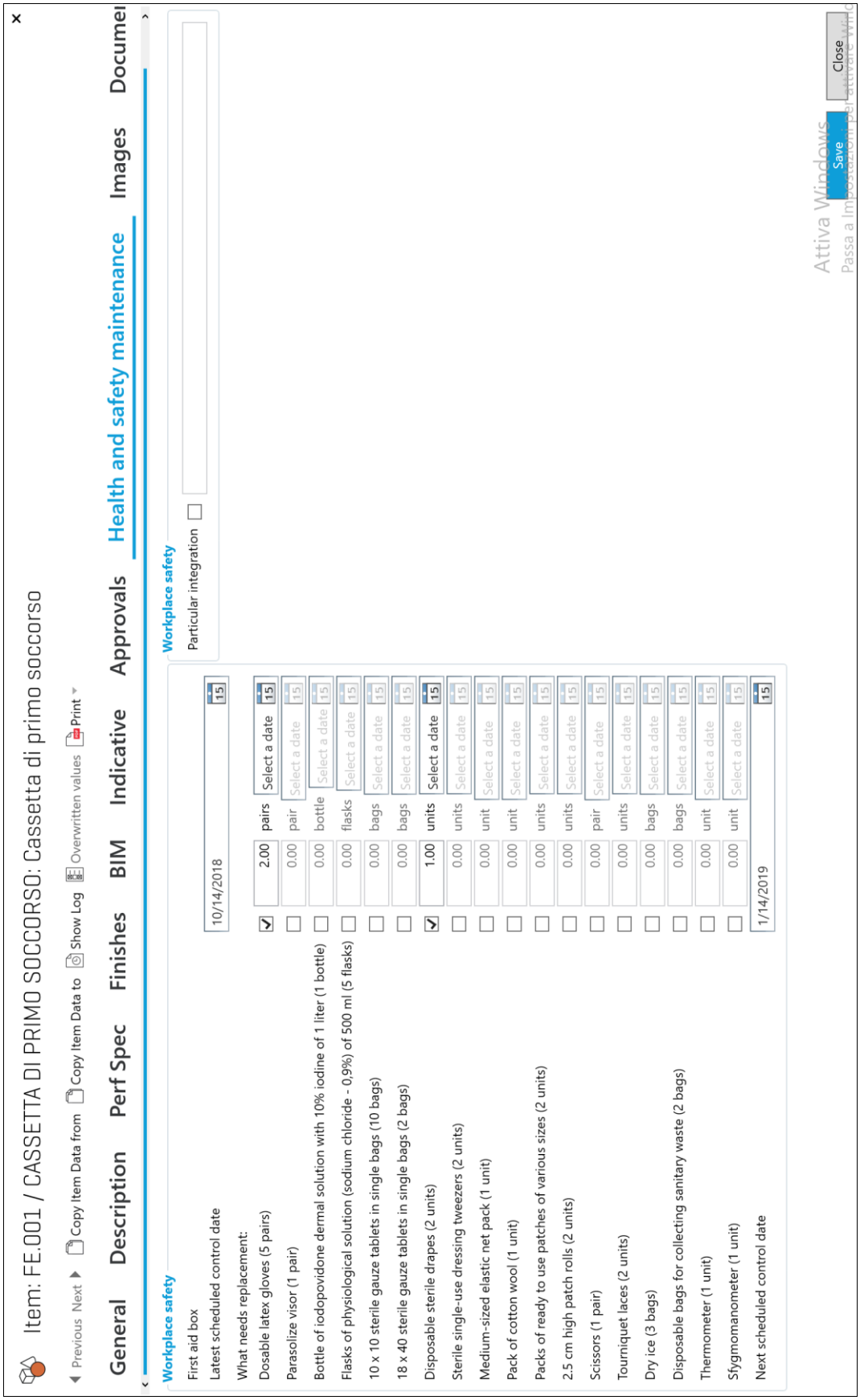
85. Documentazione implementabile per la risorsa materiale, screenshot dal software, 2018. Possono essere considerati come dati importanti la famiglia di Revit, il libretto di istruzioni e la scheda tecnica.



86. Scheda di salute e sicurezza di una risorsa materiale, screenshot dal software, 2018. Oltre ai dati sulla manutenzione effettuata e sulle successive, se programmate, sono riportate informazioni sulle sanificazioni o controlli della temperatura, se richiesti, e sulle non conformità con relative azioni correttive e preventive.

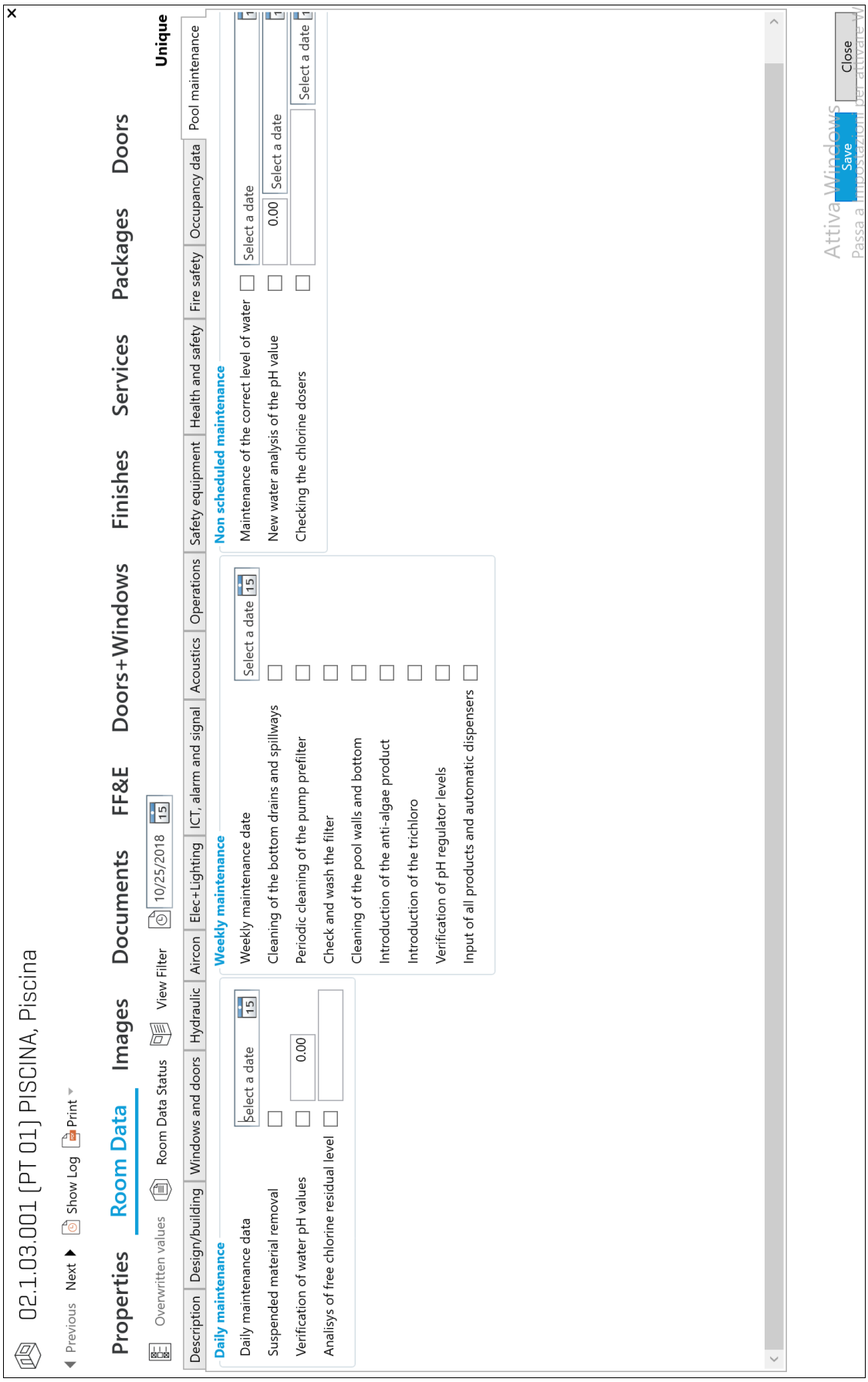


87. Scheda di salute e sicurezza di una *Room*, screenshot dal software, 2018. Sono state implementate una parte con le informazioni generali con le generalità degli addetti antincendio e al primo soccorso, una parte dedicata alla sorveglianza interna HACCP di finiture e attrezzature e una parte, sempre riguardo l'HACCP, in cui sono indicate le sanificazioni, i controlli dei cibi scaduti e il check degli animali infestanti con le eventuali azioni.



88. Scheda di manutenzione della salute e sicurezza di una cassetta di primo soccorso, screenshot dal software, 2018. Vengono definiti tutti i componenti della cassetta di primo soccorso con ciò che deve essere reintegrato e l'eventuale data di reintegro.

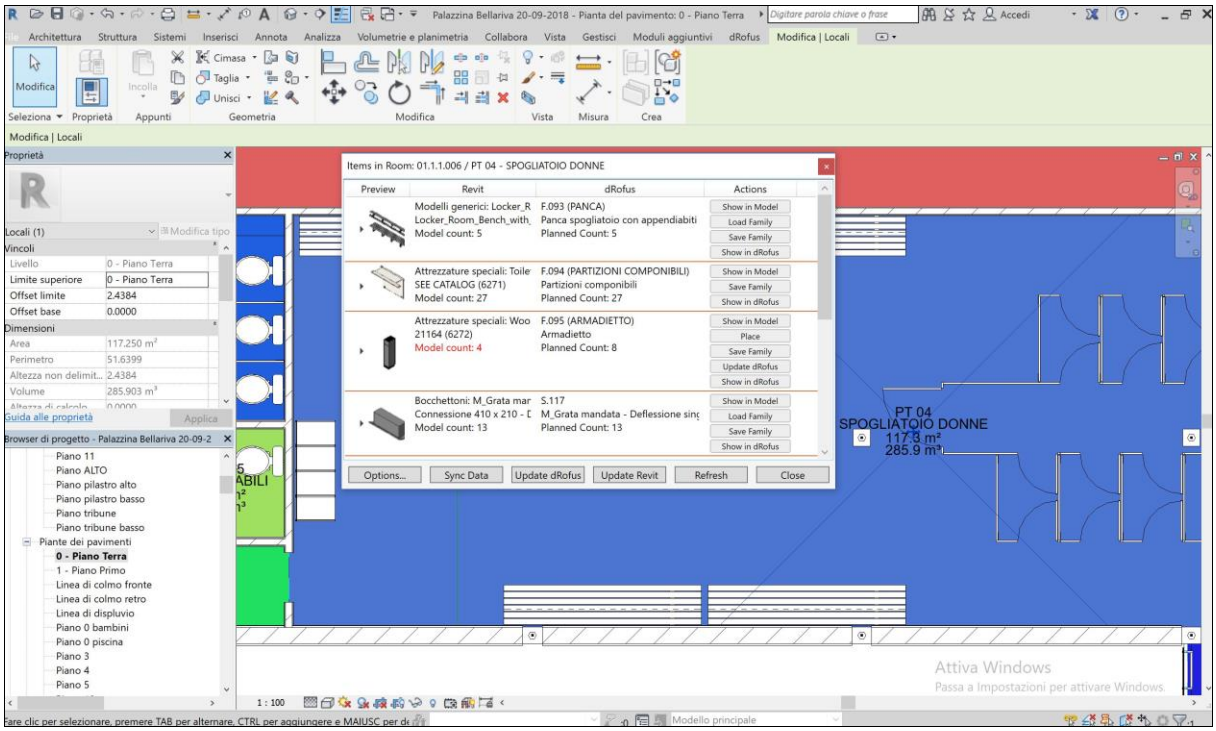
Grandi vantaggi si possono avere nella verifica periodica di presidi per la salute e la sicurezza come nel caso delle cassette di primo soccorso o pacchetti di medicazione che necessitano spesso di essere reintegrati e possono eventualmente esserlo in modo diretto senza necessità di comunicarlo dal momento che durante il check giornaliero che deve essere effettuato dall'impiegato in ufficio comparirebbero gli acquisti da compiere tra le modifiche del monitoraggio. Altri vantaggi notevoli possono riguardare anche le pratiche relative all'antincendio con la possibilità di riportare in altre schede appositamente implementate le caratteristiche dei presidi antincendio presenti, eventuali dati sulle manutenzioni e la documentazione di corredo che altrimenti dovrebbe a sua volta essere conservata in modo cartaceo. Sempre relativamente all'ambito antincendio, può essere interessante una valutazione sulla sorveglianza interna realizzando le schede di verifica relativa alle vie di fuga e ai dispositivi di spegnimento, oltre che le verifiche effettuate con l'ausilio di esterni. Una parte sicuramente significativa anche riguarda la piscina stessa che necessita di importanti programmi di manutenzione in cui durante il corso dell'anno devono essere valutati una serie di componenti che vanno dall'ambito impiantistico (comprendente fognature, scarichi, impianto idraulico, impianto termico, impianto idrico-sanitario, impianto elettrico), a quello della sicurezza. Anche in questo caso sarebbe auspicabile implementare delle schede di verifica per le attività che dovrebbero essere compiute giornalmente (come pulizie del materiale in sospensione, veriche del pH e analisi del cloro), settimanalmente (come pulizia degli scarichi a fondo, degli sfioratoi, dei filtri, delle parete della piscina, fornitura e immissione del tricloro degli skimmer e dei dosatori del disinfettante, verifica dei livelli del regolatore del pH e fornitura e immissione relativa ai dosatori) e con scadenze più ampie per facilitarne l'applicazione da parte degli addetti che possono così fare riferimento a protocolli definiti immessi e consultabili praticamente all'interno della Web App o del Client.



89. Scheda delle manutenzioni della piscina, screenshot da software, 2018. Vengono definite le manutenzioni giornaliere, settimanali e occasionali, con i dati relativi.

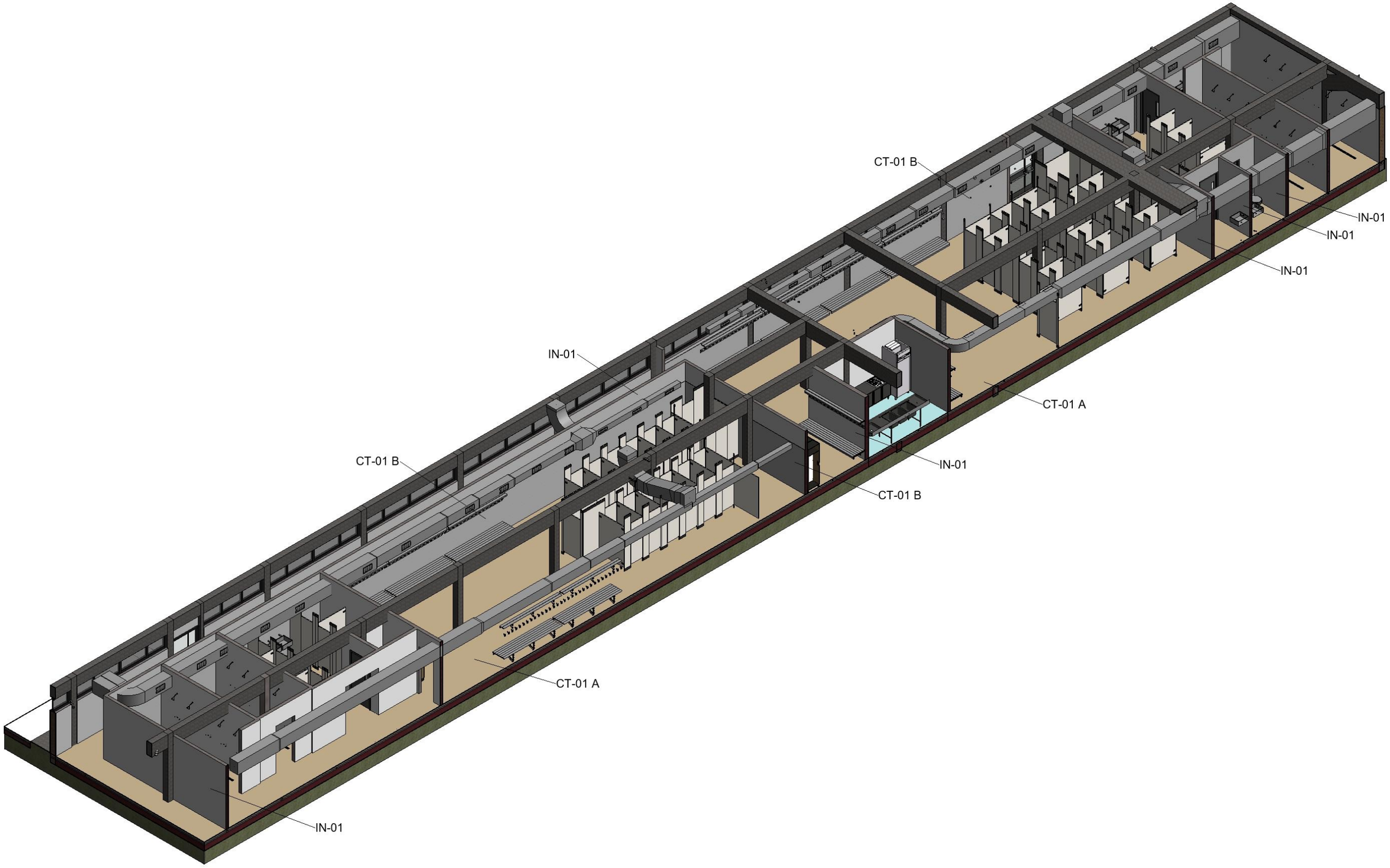
4.3 – dRofus nella pianificazione degli spazi, ristrutturazioni e gestione delle risorse

Trattandosi di un software in grado di seguire la pianificazione degli spazi, possiamo pensare di impiegare il nostro database anche nella definizione delle richieste che dovranno avere gli spazi di nuova realizzazione. Nel caso in esame è stato programmato il lavoro di ristrutturazione degli spogliatoi di cui abbiamo effettuato un esempio di workflow applicando il programma in questione. Partendo dalle richieste progettuali siamo andati a effettuare la progettazione degli spazi interni, di cui avevamo già una bozza mediante Revit per definire gli arredi necessari e contemporaneamente anche le finiture. Andando a creare in modo univoco il collegamento tra spazi definiti in Revit e *Rooms* infatti è possibile definire la progettazione degli arredi semplicemente facendo riferimento alle richieste progettuali dato che il plugin del software per Revit una volta creata la connessione tra oggetto di Revit, cioè famiglia, e *Items*, permette di gestire la quantità da dover modellare.



90. Schermata del posizionamento degli oggetti in Revit, screenshot dal software, 2018. Quando è scelto il comando *Items in Rooms* nel plugin su Revit e successivamente viene selezionato un locale, il software indica quali *Items* sono stati posizionati e quanti debbono ancora esserlo.

I vantaggi ottenuti dall'uso del software anche nella pianificazione degli spazi comportano anche la possibilità di definire degli schemi per perfezionare le finiture sempre in concomitanza con Revit e definire in maniera esatta i quantitativi di materiale usato per le varie lavorazioni previste.



91. Vista assonometrica degli spazi del piano terra sottoposti a ristrutturazione, esportazione da Revit, 2018. È possibile in fase progettuale indicare anche le finiture pianificate nel software nel modello semplicemente sincronizzando e usando le etichette.

Una volta perfezionata la parte di progettazione il software offre la possibilità come nel caso della manutenzione di seguire la parte relativa all'ordine con il database che serve sia per la definizione di un possibile computo sia per l'ordine di acquisto mediante l'area del software *Exports and Reports*.

dRofus
A NEMETSCHEK COMPANY

Trial Database

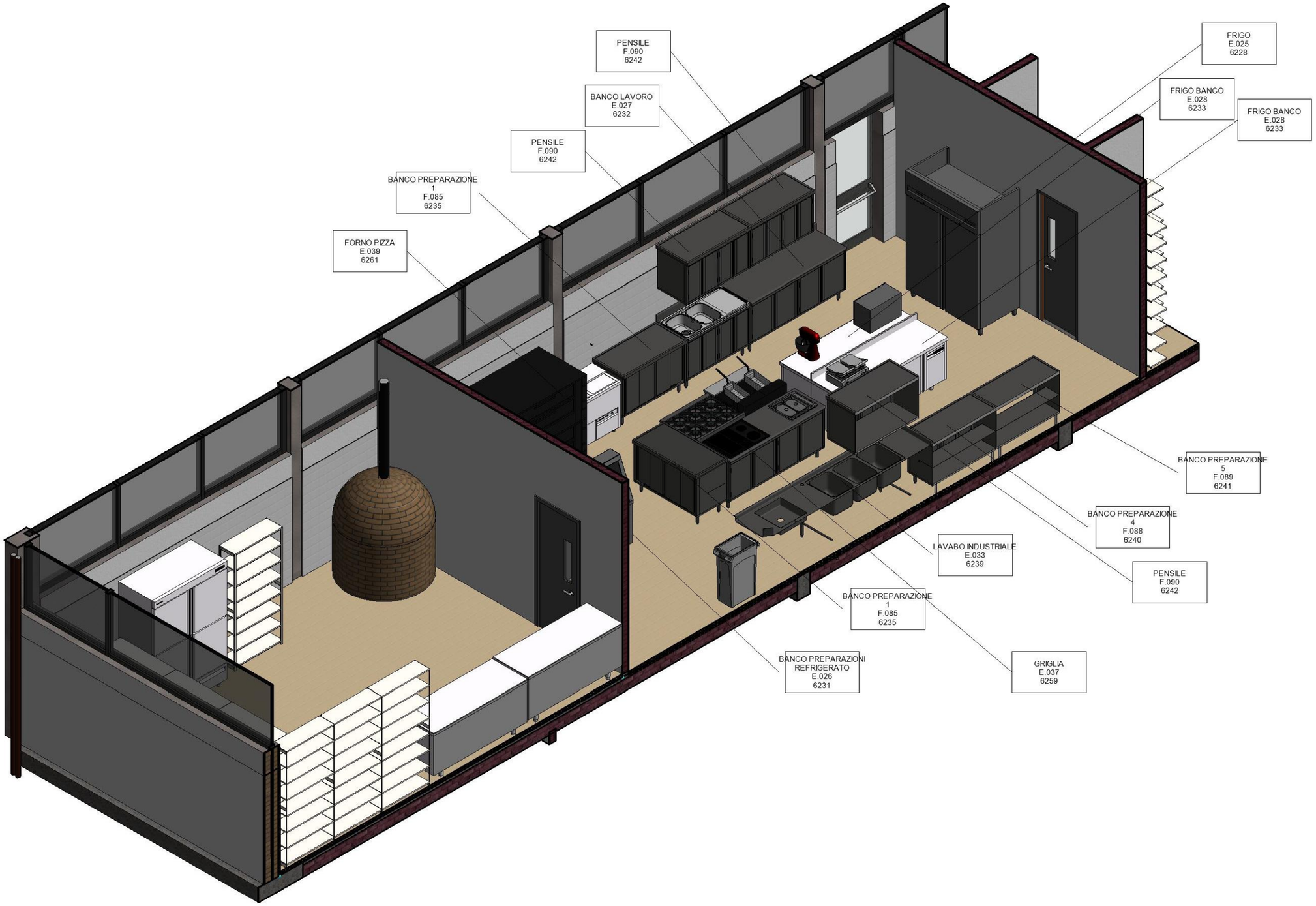
Cost calculations per room function

Selection
Priority: 1-Purchase, 2-Optional, 0-Purchase
Room function: 01.1.1: Palazzina Spogliatoi / Piano Terra / Area Spogliatoi

							Amount	
							Gross	Net
Building: 01 - Palazzina Spogliatoi								
Level: **1 - Piano Terra**								
Dept: **1 - Area Spogliatoi**								
					Quantity		Sum cost	
Item Number	**Item Name**	**Unit price**	**Responsibility**	**Budget**	**Gross**	**Net**	**Gross**	**Net**
C.010	Plaster	0	IDES		1	1	0	0
D01.038	Panic door w/handle 900x2100	200	D+W		2	2	400	400
D01.039	Panic door w/push bar handle 1200x2100	250	D+W		2	2	500	500
D01.040	Standard door 900x2100	99	D+W		3	3	297	297
F.093	Panca spogliatoio con appendiabiti	200	ARCH		12	12	2,400	2,400
F.094	Partizioni componibili	350	ARCH		71	71	24,850	24,850
F.095	Armadietto	300	ARCH		22	22	6,600	6,600
FL.011	Piastrella ceramica	55	IDES		1	1	55	55
FL.011:1	Piastrella ceramica	10	IDES		1	1	10	10
S.081	Showerhead	40	HYDR		43	43	1,720	1,720
S.082	Griglia di scolo	200	HYDR		1	1	200	200
S.083	Lavabo bagno	120	HYDR		6	6	720	720
S.084	Griglia di scolo maggiorata	250	HYDR		3	3	750	750
S.100	M_Pompa in linea: 40mm	300			2	2	600	600
S.102	M_Serbatoio di espansione - In linea: 53 L	670	MECH		1	1	670	670
S.107	M_Raccordo a T - Generico: Standard	3	MECH		7	7	21	21
S.111	M_Transizione - Generica: Standard	2	MECH		17	17	34	34
S.112	M_Gomito - Generico: Standard	18	MECH		23	23	414	414
S.117	M_Grata mandata - Deflessione singola - Faccia curva, collo rettangolare: Connessione 410 x 210 - Diametro condotto 1000	39	MECH		13	13	507	507
				Sum Level Ex. TAX			**40,748**	**40,748**
				Sum Level Incl. TAX			**49,713**	**49,713**
				Sum Building Ex. TAX			**40,748**	**40,748**
				Sum Building Incl. TAX			**49,713**	**49,713**
Sum Exclude Tax							**40,748**	**40,748**
Sum Include Tax							**49,713**	**49,713**

92. Calcolo dei costi dell'area spogliatoi, esportazione dal software, 2018. Escludendo i costi relativi all'edilizia è stato effettuato dal software un computo riguardante gli arredi e le attrezzature.

Quindi il software diventa uno strumento di archivio delle risorse presenti che possono essere catalogate mediante codici che rimandano al programma contenente tutte le informazioni e mediante il quale può essere effettuata anche la pianificazione delle risorse in termini di manutenzioni, riparazioni e nuovi acquisti.



93. Vista assonometrica della cucina e della dispensa con indicazione dei dati delle risorse, esportazione da Revit, 2018. Tramite le etichette, a partire dal modello è possibile realizzare delle schede in cui siano contenuti dati sulle risorse come numero di oggetto e ID.

5 – Calcolo strutturale, analisi e verifica sismica dell'edificio spogliatoi di P. L. Nervi

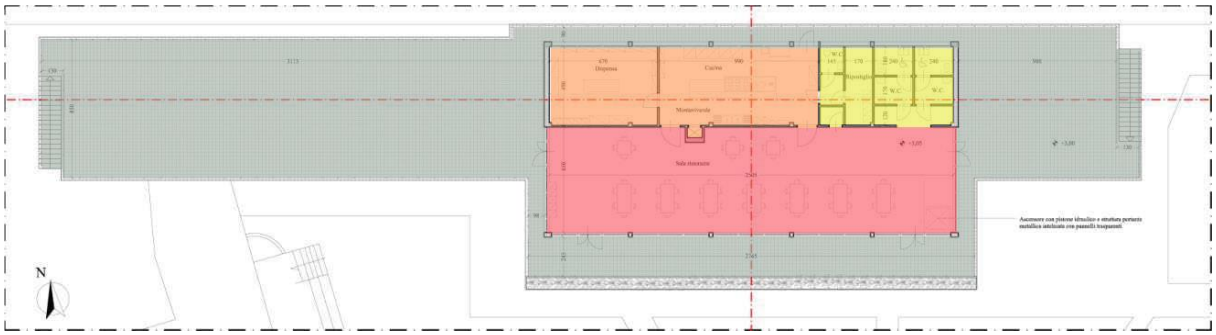
5.1 – La necessaria digitalizzazione dei dati progettuali strutturali

Come già trattato nei capitoli precedenti, la difficoltà riscontrata nel reperimento e condivisione dei dati ci ha fatto realizzare come fosse strettamente necessario raccogliere in un unico database tutte le informazioni relative al complesso Bellariva. Questa necessità si è esplicitata in maniera evidente durante la raccolta delle informazioni propedeutiche all'elaborazione del calcolo strutturale, all'analisi e alla verifica della palazzina spogliatoi - bar - ristorante di P. L. Nervi: essendo una costruzione degli anni Cinquanta, gli elaborati strutturali non erano comprensibilmente disponibili presso il Genio Civile e dunque la ricerca si è dovuta indirizzare verso l'Archivio Storico Comunale[19] e l'Archivio di Stato di Firenze[20]. Purtroppo, il materiale fornitoci da tali sedi era insufficiente a garantire una completa conoscenza degli elementi strutturali dell'edificio e di conseguenza si è resa necessaria la consultazione delle tavole strutturali custodite nell'archivio privato dall'Architetto Rinaldo Nencini[21] ed inserite in una tesi di laurea[22] redatta nel 2013. Sfortunatamente le tavole strutturali del progetto originario superstiti sono numericamente insufficienti a permettere una comprensione totale delle capacità resistenti dell'edificio (in particolare non si conoscono le armature di tutte le travi del piano primo) e perciò è stato indispensabile eseguire una progettazione simulata, rifacendosi alle normative e alla manualistica tecnica del tempo, al fine di determinare le indicazioni mancanti necessarie per la verifica di tutti gli elementi strutturali. Dunque, alla frammentarietà delle informazioni raccolte, si è unita la difficoltà di individuare le caratteristiche geometriche degli elementi resistenti, poiché la normativa di riferimento, ovvero il Regio Decreto 16 novembre 1939[23], non fornisce indicazioni precise[24] sui requisiti minimi da rispettare per gli elementi strutturali e non da suggerimenti per il calcolo dei carichi di esercizio. Le informazioni raccolte dalle varie fonti citate, il progetto simulato realizzato e le indagini condotte in loco (tramite l'esecuzione di prove distruttive), completano la documentazione necessaria per condurre un'analisi strutturale compiuta. Questa importante mole di dati raccolti e rielaborati, necessaria nel caso in esame per poter condurre un'analisi di vulnerabilità sismica, potrà senza dubbio essere utile a qualsiasi progettista che in futuro dovrà intervenire strutturalmente sulla palazzina in esame. Come vedremo nei prossimi capitoli questi dati verranno utilizzati, perseguendo la logica del *data sharing*, all'interno della progettazione BIM in modo da facilitare la condivisione dei documenti e permettendo di velocizzare una possibile futura riprogettazione strutturale.

5.2 – La descrizione degli elementi strutturali

L'edificio spogliatoi è costituito da 2 piani fuori terra e presenta le seguenti dimensioni in pianta: 65 metri di lunghezza per circa 16 metri di larghezza, in corrispondenza dell'area occupata dal ristorante al piano primo, e 8 metri in corrispondenza delle due aree laterali delle terrazze. Non presenta assi di simmetria né lungo la direzione longitudinale, né lungo quella trasversale.

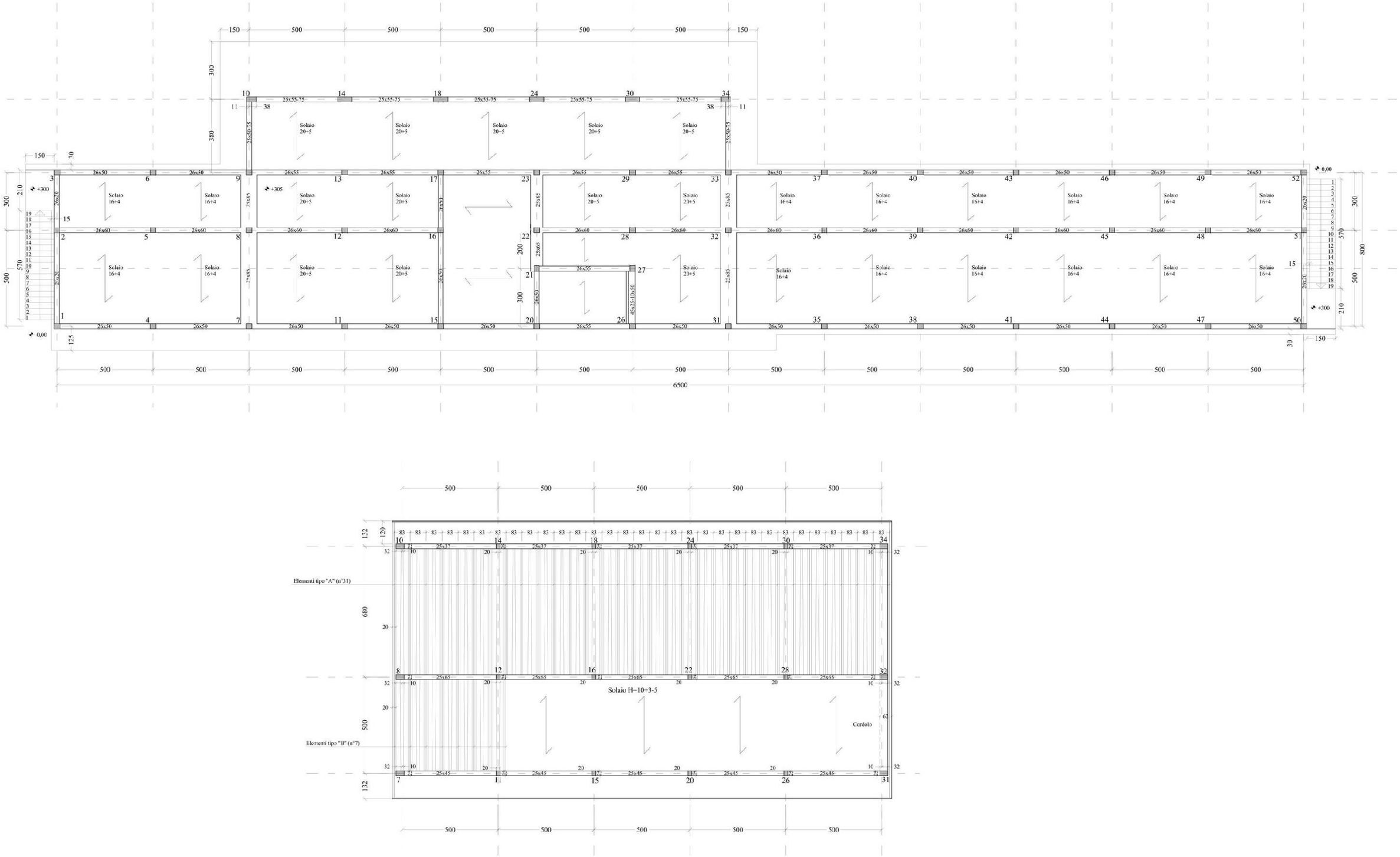
93. Palazzina degli spogliatoi, bar e ristorante, piano terra: spogliatoi donne (blu), spogliatoi uomini (azzurro), aree comuni e centrale termica (grigio) e bar (verde), immagine esportata da Autocad.



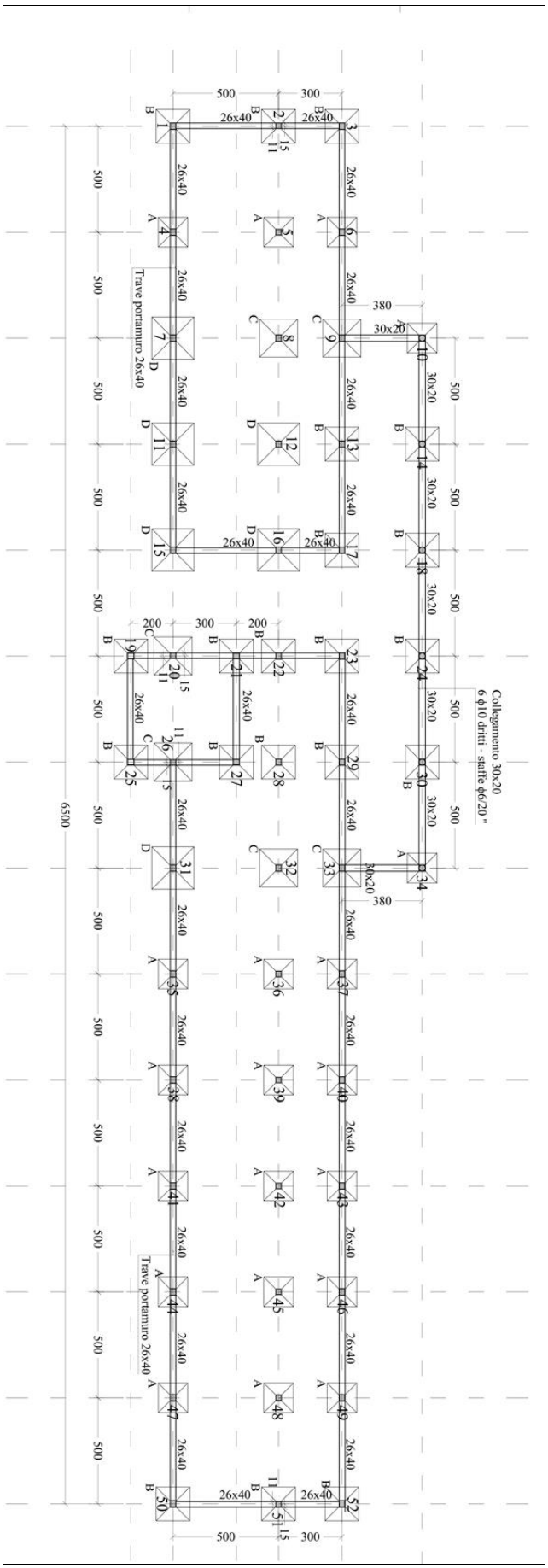
94. Palazzina degli spogliatoi, bar e ristorante, piano primo: sala ristorante (rosso), cucina (arancione), servizi (giallo) e terrazza (grigio), immagine esportata da Autocad.

La palazzina possiede una struttura portante a telaio in calcestruzzo armato: la struttura in elevazione, differente tra piano terra e piano primo, è costituita da telai di travi e pilastri aventi rispettivamente sezione costante per tutta la lunghezza della campata; fanno eccezione gli elementi che costituiscono la zona destinata a bar al piano terra in cui sono presenti elementi caratterizzati da sezioni variabili. In copertura sono presenti elementi in calcestruzzo armato prefabbricati. La struttura di fondazione, invece, è costituita da plinti a base quadrata di quattro dimensioni diverse (A di 1,40x1,40 mt, B di 1,60x1,60 mt, C di 1,80x1,80 mt e D di 2,00x2,00 mt), da cordoli di collegamento e da travi porta muro.

L'impalcato del piano primo (posto a quota +3,05 metri) è costituito da quattro telai principali, disposti lungo la direzione longitudinale: due sono formati da 13 campate e uno da 12 di luce 5,00 metri, mentre quello più esterno a sud (zona bar) presenta solo 5 campate, sempre di luce 5,00 metri. La parte centrale presenta un'inversione dell'orditura del solaio e per questo motivo in tale zona le travi sono ordite nella direzione trasversale: esse sono composte da due campate ed hanno una luce rispettivamente di 8,0 m e 3,0 m. I pilastri hanno tre diverse dimensioni: 26x30 cmxcm, 30x30 cmxcm o 30x26 cmxcm. Il solaio è in laterocemento, probabilmente della tipologia CIREX[25], costituito da travetti in laterizio preparati fuori opera: ogni travetto è composto da mattoni speciali provvisti di tre scanalature, due laterali e una superiore, nelle quali inserire l'armatura metallica che viene sigillata da un getto di calcestruzzo; avvenuta la stagionatura, vengono posti in opera intervallati dalle pignatte in laterizio riempiendo lo spazio tra travetto e pignatta con un getto di malta cementizia; in certi casi il solaio viene rinforzato sia a momento positivo che a momento negativo da spezzoni di armatura aggiuntivi. Il solaio del ristorante ha un'altezza di 20 cm ed una soletta di 5 cm mentre il solaio delle terrazze presenta un'altezza di 16 cm ed una soletta di 4 cm; entrambi i solai coprono una luce di 5,00 m, 3,00 m o 3,80 m. Gli elementi strutturali che costituiscono la copertura del piano primo sono differenti: innanzitutto viene eliminata una delle due file centrali di pilastri del piano terra e quindi le travi longitudinali, che sostengono la copertura, si riducono da quattro a tre. I pilastri centrali dei tre telai principali cambiano dimensione, diminuendo la sezione che diventa di 20x25 cmxcm. I sei perimetrali, invece, sono disposti fuori asse rispetto ai pilastri sottostanti del piano terra subendo in questo caso un aumento di sezione che risulta di 42x25 cmxcm: tale disassamento è giustificato dalla presenza di alcuni cavedi che scorrono all'interno dei pilastri. Le travi di bordo e di spina sono in altezza ed hanno dimensioni: 25x37 cmxcm, 25x65 cmxcm e 25x45 cmxcm. La copertura è quasi completamente costituita da tegoli prefabbricati: tali elementi non hanno una sezione costante lungo la loro lunghezza, ma presentano una sezione a V che si rastrema procedendo dall'esterno fino al centro dell'edificio. Vi sono per l'esattezza 31 elementi di tipo A, con una lunghezza di 6,61 m che coprono metà copertura e 7 di tipo B, con una lunghezza di 4,81 m, che invece occupano circa un 20% della restante copertura. La zona rimanente è realizzata con un solaio della stessa tipologia precedentemente indicata (CIREX); ha una luce di 5 m, un'altezza di 10 cm e una soletta variabile dai 3 cm ai 5 cm. È stata rilevata la completa assenza, sia al piano primo che in copertura, di travi secondarie. Infine, vogliamo evidenziare come alcune travi longitudinali del piano terra ed i balconi siano stati analizzati tramite progetto simulato poiché la documentazione strutturale da noi reperita è solo parziale.



95. Tavola della carpenteria del piano primo (sopra) e della copertura (sotto), immagine esportata dal codice grafico Autocad.

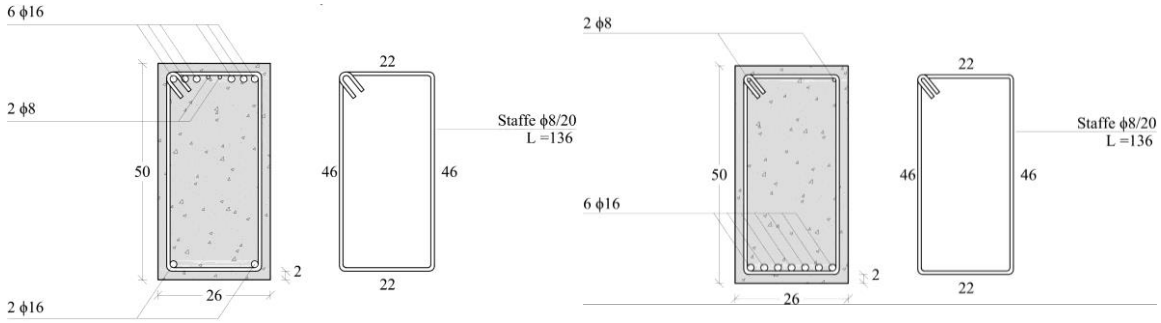


96. Pianta delle fondazioni, immagine esportata dal codice grafico Autocad.

Travi: Si riportano le sezioni tipo di ogni trave.

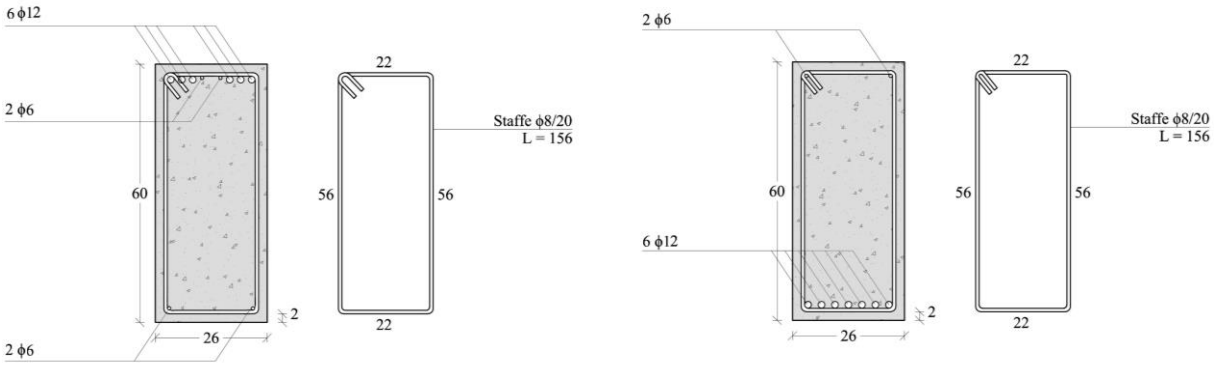
Travi a quota +3,05 ordite longitudinalmente

Trave di bordo 26x50: l'elemento presenta una sezione rettangolare di dimensioni 26x50 cmxcm. L'armatura longitudinale è costituita da 6 barre Φ16 in mezzeria all'intradosso e 2 Φ8 all'estradosso, mentre all'appoggio si aggiungono all'estradosso 6 Φ16, mentre all'intradosso restano solamente 2 Φ16. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ8 con interasse variabile da 20 cm in mezzeria a 10 cm agli appoggi.



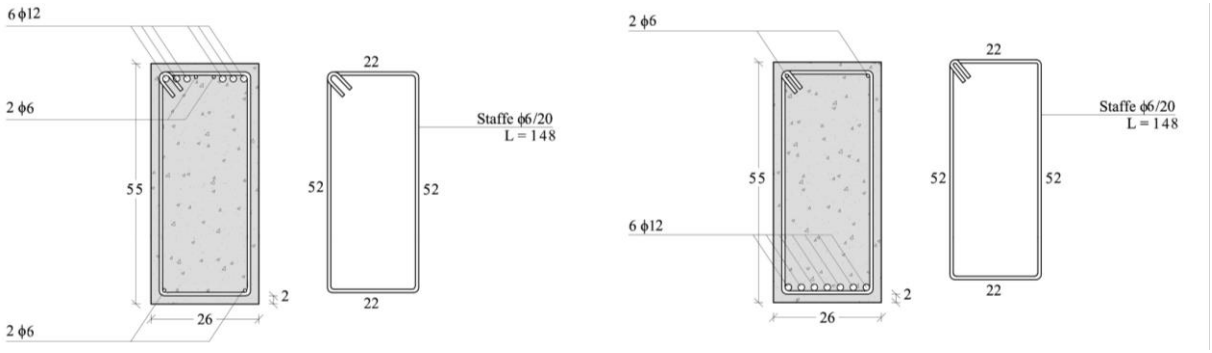
97. Sezione tipo della trave di bordo all'appoggio (sinistra) ed in mezzeria (destra), immagine da Autocad.

Trave di spina 26x60: l'elemento presenta una sezione rettangolare di dimensioni 26x60 cmxcm. L'armatura longitudinale è costituita da 6 barre Φ12 in mezzeria all'intradosso e 2 Φ6 all'estradosso, mentre all'appoggio si aggiungono all'estradosso 6 Φ12 mentre all'intradosso restano solamente 2 Φ12. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ8 con interasse variabile da 20 cm in mezzeria a 10 cm agli appoggi.



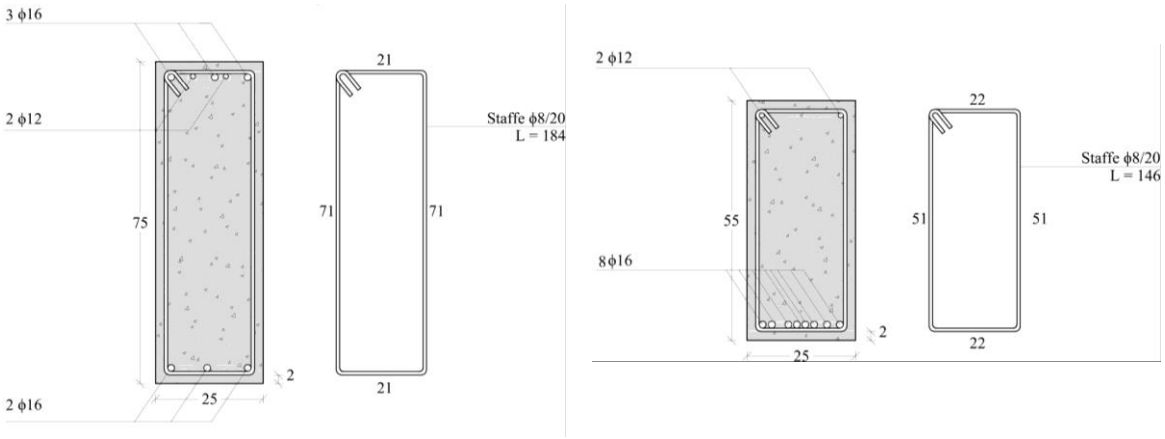
98. Sezione tipo della trave di spina 26x60 all'appoggio (sx) ed in mezzeria (dx), immagine da Autocad.

Trave di spina 26x55: l'elemento presenta una sezione rettangolare di dimensioni 26x55 cmxcm. L'armatura longitudinale è costituita da 6 barre Φ12 in mezzeria all'intradosso e 2 Φ6 all'estradosso, mentre all'appoggio si aggiungono all'estradosso 6 Φ12 mentre all'intradosso restano solamente 2 Φ12. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ6 con interasse variabile da 20 cm in mezzeria a 10 cm agli appoggi.



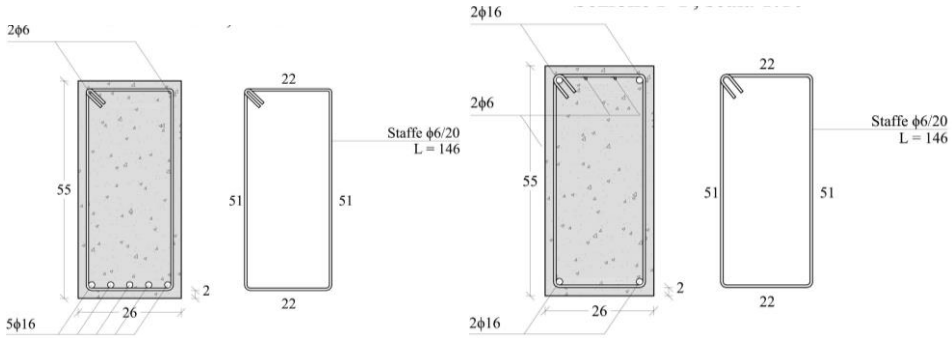
99. Sezione tipo della trave di spina 26x55 all'appoggio (sx) ed in mezzeria (dx), immagine da Autocad.

Trave di bordo speciale a sezione variabile: l'elemento presenta una sezione rettangolare di dimensioni variabili da 25x55 cmxcm a 25x75 cmxcm. L'armatura longitudinale è costituita da 8 barre Φ16 in mezzeria all'intradosso e 2 Φ12 all'estradosso, mentre all'appoggio si aggiungono all'estradosso 3 Φ16 mentre all'intradosso restano solamente 2 Φ16. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ8 con interasse da 20 cm in mezzeria a 10 cm agli appoggi.



100. Sezione tipo della a sezione variabile all'appoggio (sx) ed in mezzeria (dx), immagine da Autocad.

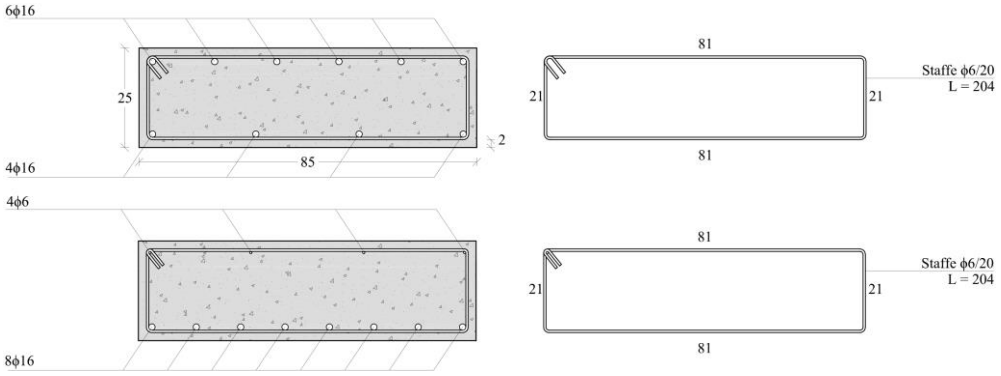
Trave di spina scala demolita 26x55: l'elemento ha una sezione rettangolare di dimensioni 26x55 cmxcm. L'armatura longitudinale è costituita da 5 barre Φ16 in mezzeria all'intradosso e 2 Φ6 all'estradosso, all'appoggio si aggiungono all'estradosso 2 Φ16 mentre all'intradosso restano solamente 2 Φ16. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ6 passo 10÷20cm.



101. Sezione tipo della trave 26x55 all'appoggio (sx) ed in mezzeria (dx), immagine da Autocad.

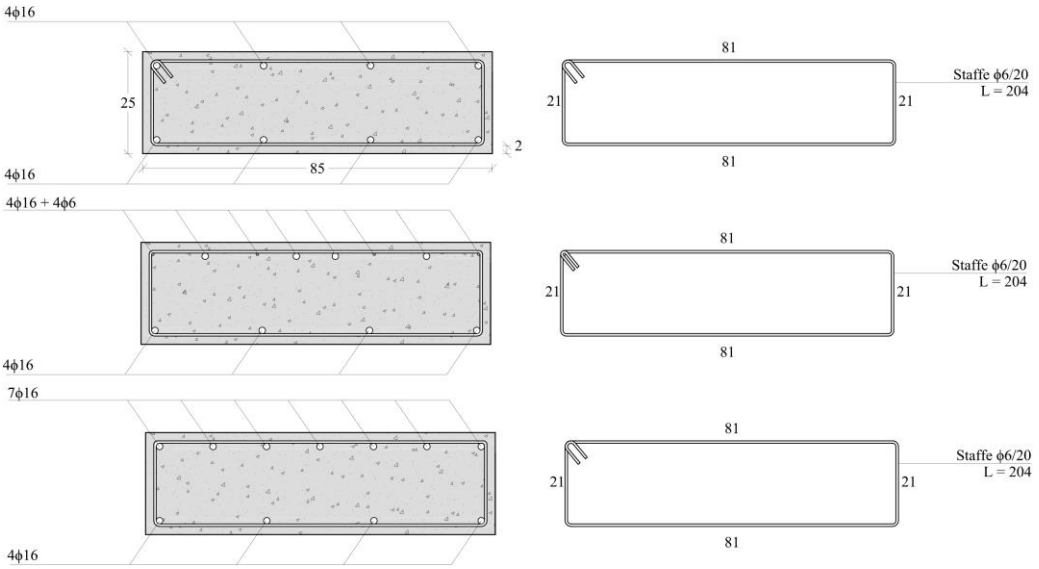
Travi a quota +3,05 ordite trasversalmente

Trave secondaria 26x85: l'elemento presenta una sezione rettangolare di dimensioni 85x25 cmxcm. L'armatura longitudinale è costituita da 8 barre Φ16 in mezzeria all'intradosso e 4 Φ6 all'estradosso, mentre all'appoggio si trovano all'estradosso 6 Φ16 mentre all'intradosso restano solamente 4 Φ16. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ6 con interasse variabile da 20 cm in mezzeria a 10 cm agli appoggi.



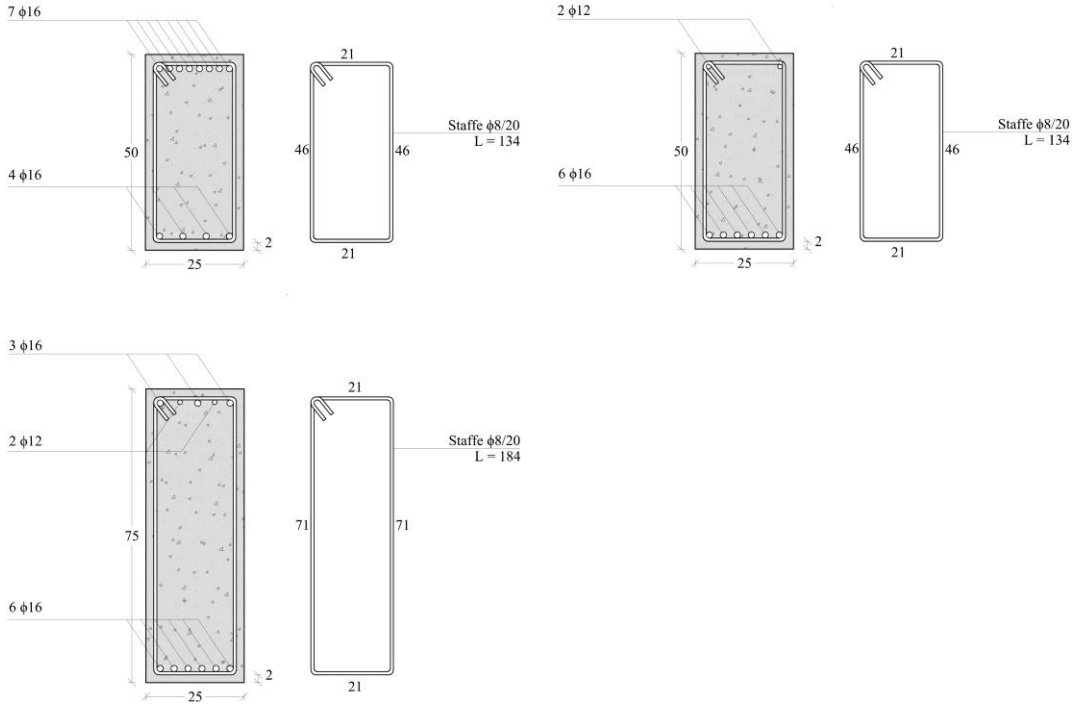
102. Sezione tipo della tr. secondaria 85x25 all'appoggio (sotto) ed in mezzeria (sopra), immagine da Autocad.

Trave secondaria 85x25 bis: l'elemento presenta una sezione rettangolare di dimensioni 85x25 cmxcm. L'armatura longitudinale è costituita da 4 barre Φ16 in mezzeria all'intradosso e 4 Φ16 all'estradosso, mentre all'appoggio si aggiungono all'estradosso 4 Φ6 o 3 Φ16 mentre all'intradosso restano solamente 4 Φ16. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ6 con interasse variabile da 20 cm in mezzeria a 10 cm agli appoggi.



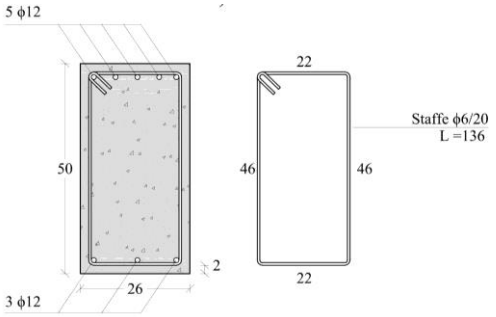
103. Sez. tr. secondaria 85x25 all'app. sx(sopra), app. dx(sotto) ed in mezz.(centro), immagine da Autocad.

Trave a sezione variabile: l'elemento presenta una sezione rettangolare di dimensioni variabili da 25x50 cmxcm a 25x75 cmxcm. L'armatura longitudinale è costituita da 6 barre Φ16 in mezzeria all'intradosso e 2 Φ12 all'estradosso, mentre all'appoggio si trovano all'estradosso 7 Φ16 o 3 Φ16 mentre all'intradosso restano solamente 4 Φ16 o 6 Φ16. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ8 con interasse variabile da 20 in mezzeria cm a 10 cm agli appoggi.

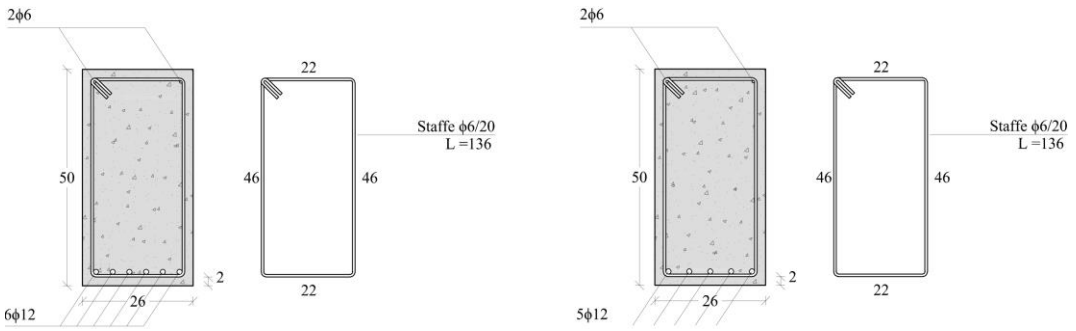


104. Sezione tipo della trave a sezione variabile all'appoggio sx (sopra), appoggio dx (sotto) ed in mezzeria (centro), immagine da Autocad.

Trave 26x50 elemento 95 e 96: l'elemento presenta una sezione rettangolare di dimensioni 26x50 cmxcm. L'armatura longitudinale è costituita da 6 barre Φ12 o 5 Φ12 in mezzeria all'intradosso e 2 Φ6 all'estradosso, mentre all'appoggio si trovano all'estradosso 5 mentre all'intradosso restano solamente 3 Φ12. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ8 con interasse variabile da 20 cm in mezzeria a 10 cm agli appoggi.

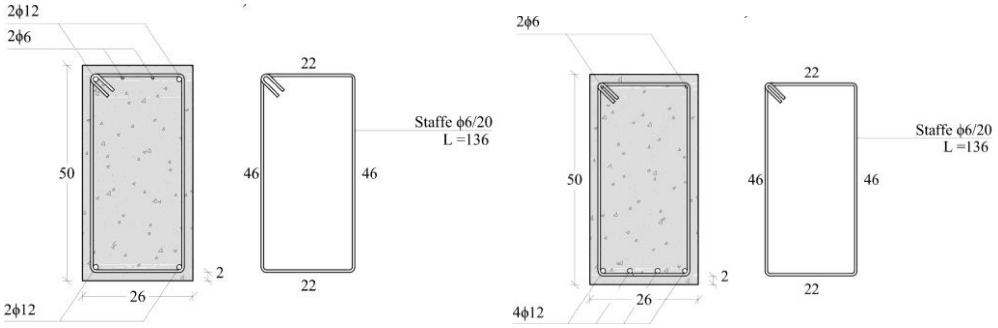


105. Sezione tipo della trave 26x50 dell'elemento 95 e 96 all'appoggio, immagine da Autocad.



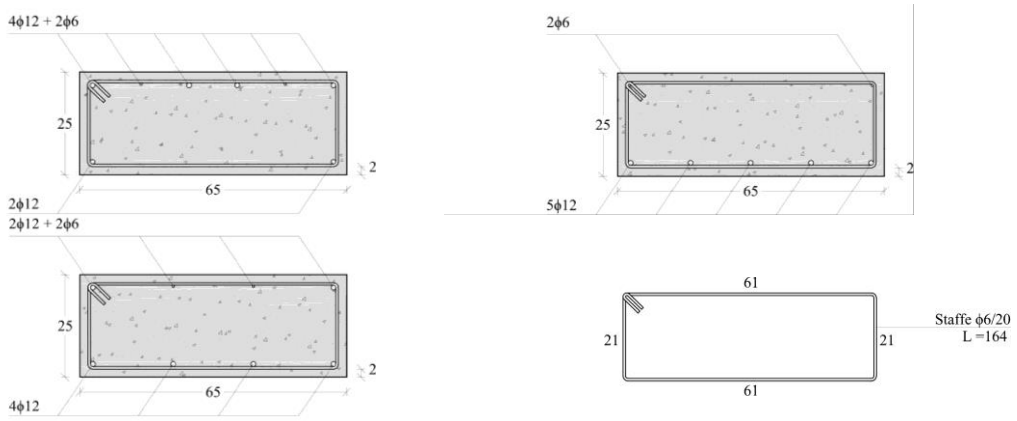
106. Sezione tipo della trave 26x50 in mezzeria dell'elemento 95 (sinistra) e 96 (destra), immagine da Autocad.

Trave 26x50 elemento 97: l'elemento presenta una sezione rettangolare di dimensioni 26x50 cmxcm. L'armatura longitudinale è costituita da 4 barre Φ12 in mezzeria all'intradosso e 2 Φ6 all'estradosso, mentre all'appoggio si trovano all'estradosso 2 Φ12 o 2 Φ6 mentre all'intradosso restano solamente 2 Φ12. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ6 con interasse variabile da 20 cm in mezzeria a 10 cm agli appoggi.



107. Sezione della trave 26x50 all'appoggio (destra) ed in mezzeria (sinistra), immagine da Autocad.

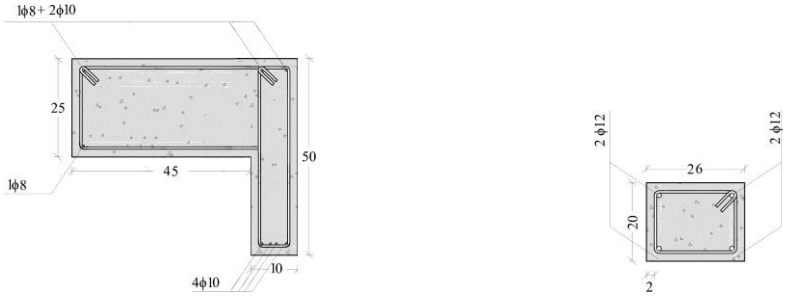
Trave 26x50 elemento 98 e 99: l'elemento presenta una sezione rettangolare di dimensioni 65x25 cmxcm. L'armatura longitudinale è costituita da 4 o 5 barre Φ12 in mezzeria all'intradosso e 2 Φ6 o 2 Φ6 e 2 Φ12 all'estradosso, mentre all'appoggio si trovano all'estradosso 4 Φ16 e 2 Φ6 mentre all'intradosso restano solamente 2 Φ12. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ6 con interasse da 20 cm in mezzeria a 10 cm agli appoggi.



108. Sez. tr. 26x50 all'appoggio (alto sx), in mezz. dell'el. 98 e 99 (alto dx e basso sx), immagine da Autocad.

Trave secondaria 25x45 – 10x50: l'elemento presenta una sezione ad L di dimensioni 25x45 cmxcm per il lato orizzontale, mentre 10 x 50 cmxcm per la ricalatura. All'intradosso presenta 4 barre Φ10 mentre all'estradosso 1 Φ8 e 2 Φ10. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ6 con interasse variabile da 20 cm in mezzeria a 10 cm agli appoggi.

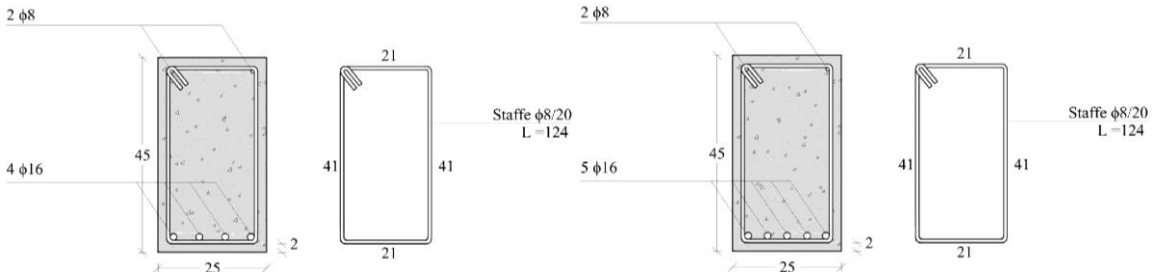
Trave secondaria 26x20: l'elemento presenta una sezione rettangolare di dimensioni 26x20 cmxcm. All'intradosso presenta 2 barre Φ12 mentre all'estradosso si trovano 2 Φ12. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ6 con interasse variabile da 20 cm in mezzeria a 10 cm agli appoggi.



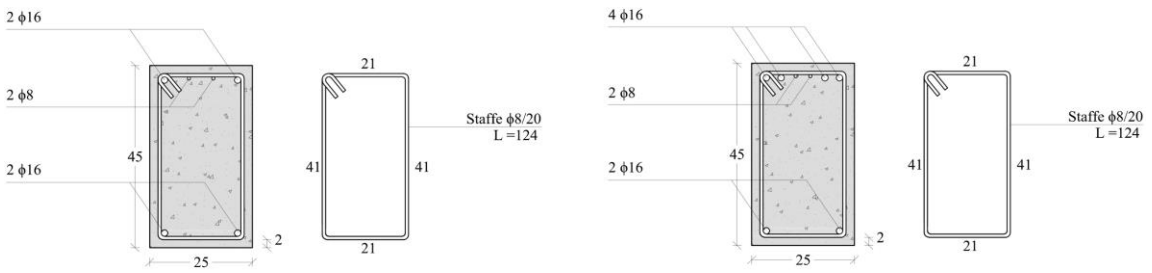
109. Sezione tipo della trave secondaria ad L e 26x20, immagine da Autocad.

<u>Travi di copertura ordite trasversalmente</u>

Trave di copertura 25x45: l'elemento presenta una sezione rettangolare di dimensioni 25x40 cmxcm. L'armatura longitudinale è costituita da 4 o 5 barre Φ16 in mezzeria all'intradosso e 2 Φ8 all'estradosso, mentre all'appoggio si trovano all'estradosso 2 o 4 Φ16 e 2 Φ8 mentre all'intradosso restano solamente 2 Φ16. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ8 con interasse variabile da 20 a 10 cm.

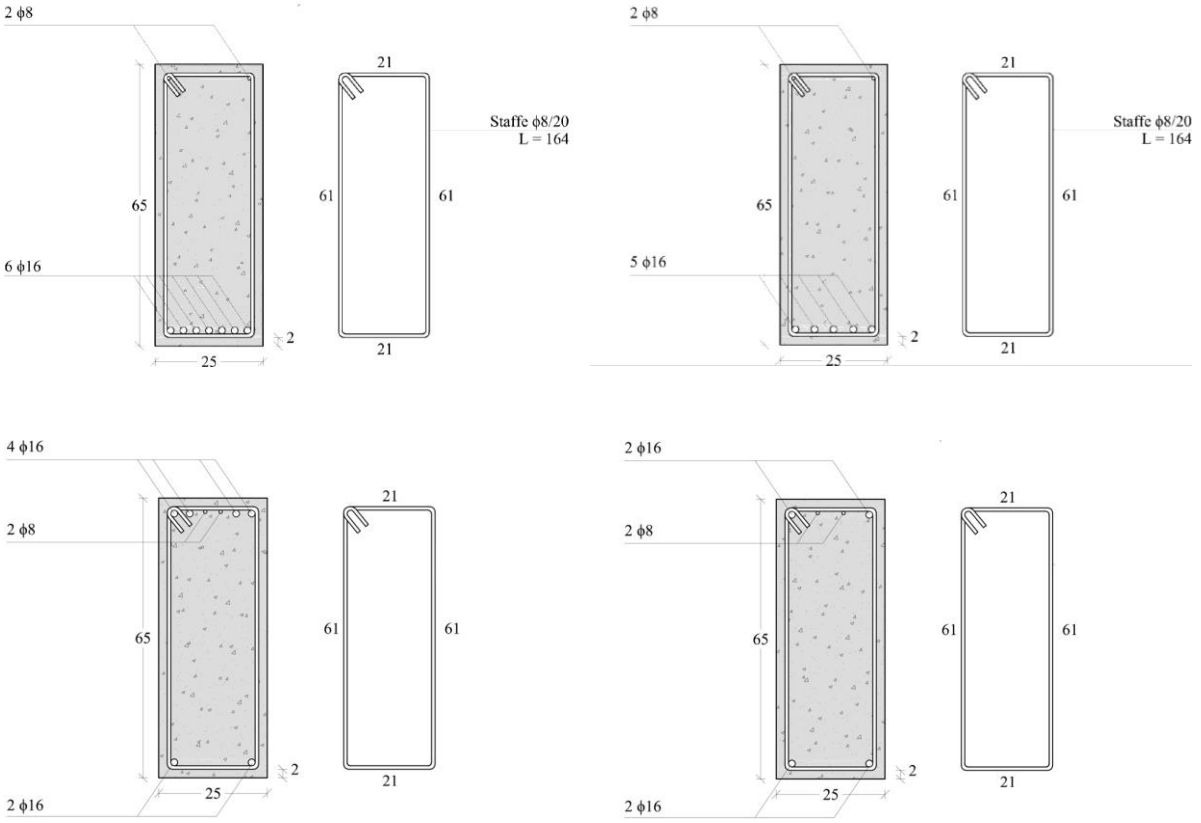


110. Sezione tipo della trave di copertura 25x45 in mezzeria, immagine da Autocad.



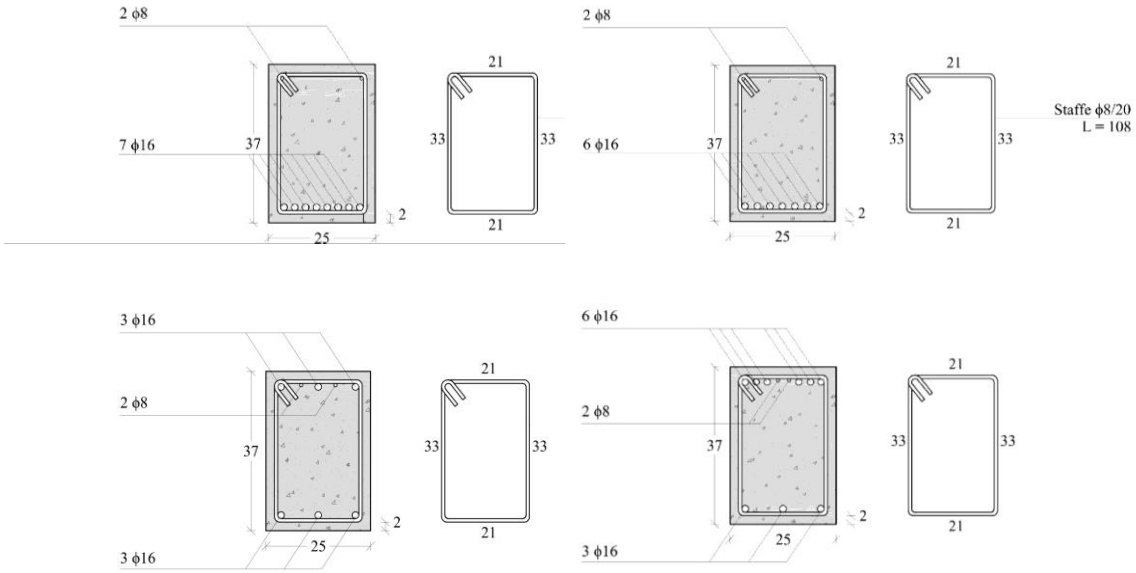
111. Sezione tipo della trave di copertura 25x45 in appoggio, immagine da Autocad.

Trave di copertura 25x65: l'elemento ha una sezione rettangolare di dimensioni 25x65 cmxcm. L'armatura longitudinale è costituita da 5 o 6 barre Φ16 in mezzeria all'intradosso e 2 Φ8 all'estradosso, mentre all'appoggio si trovano all'estradosso 2 o 4 Φ16 e 2 Φ8 mentre all'intradosso restano 2 Φ16. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ8 passo 10÷20 cm.



112. Sezione tipo della trave di copertura 25x65 in mezzeria (sopra) e in appoggio (sotto), immagine da Autocad.

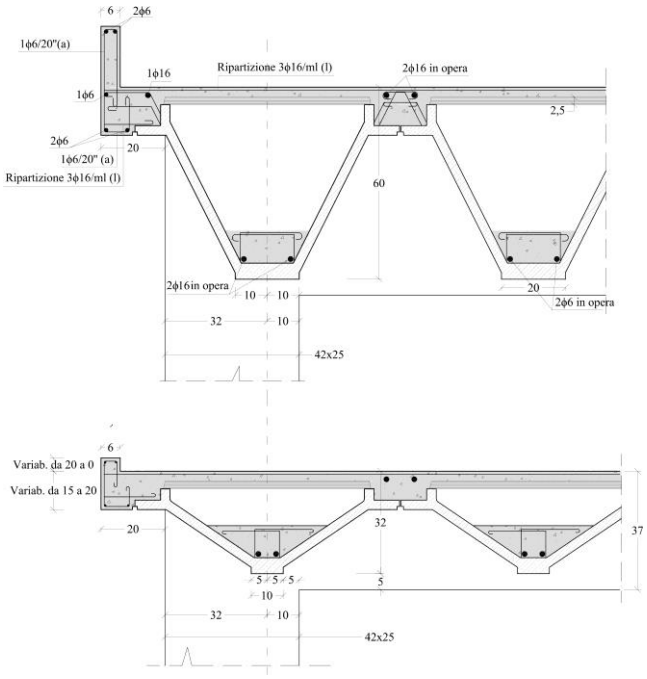
Trave di copertura 25x37: l'elemento ha una sezione rettangolare di dimensioni 25x37 cmxcm. L'armatura longitudinale è costituita da 6 o 7 barre Φ16 in mezzeria all'intradosso e 2 Φ8 all'estradosso, mentre all'appoggio si trovano all'estradosso 3 o 6 Φ16 e 2 Φ8 mentre all'intradosso restano solamente 3 Φ16. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ8 con interasse variabile da 20 cm in mezzeria a 10 cm agli appoggi.



113. Sezione tipo della trave di copertura 25x37 in appoggio (sotto) e in campata (sopra), immagine da Autocad.

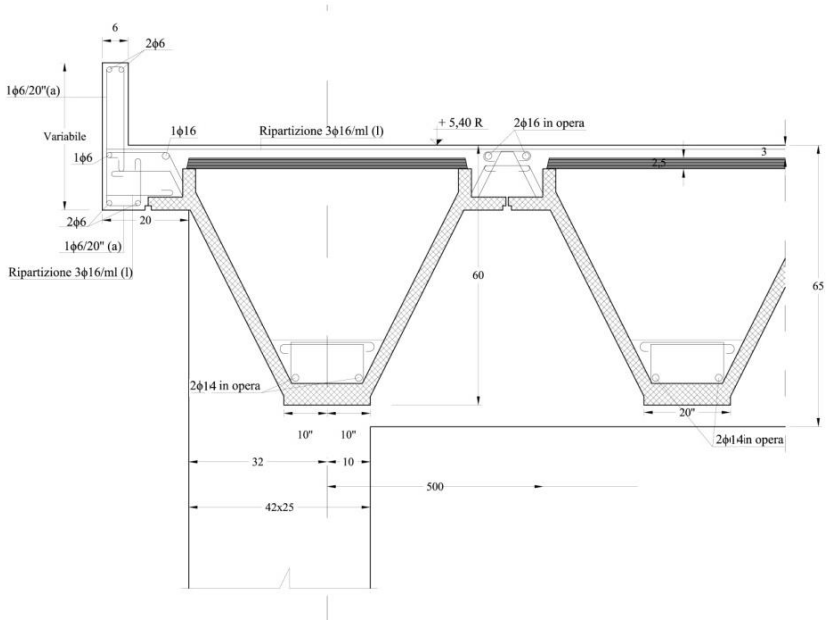
Travi di copertura prefabbricate

Trave di copertura prefabbricata TIPO A: l'elemento ha una sezione ad "U" rastremata con una luce di 6,61 metri. Sono presenti 31 elementi di tipo A. L'armatura longitudinale della parte prefabbricata è costituita da 2 Φ10. L'armatura longitudinale in opera invece è costituita da 2 barre Φ16 all'intradosso e 2 Φ16 all'estradosso. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ6.

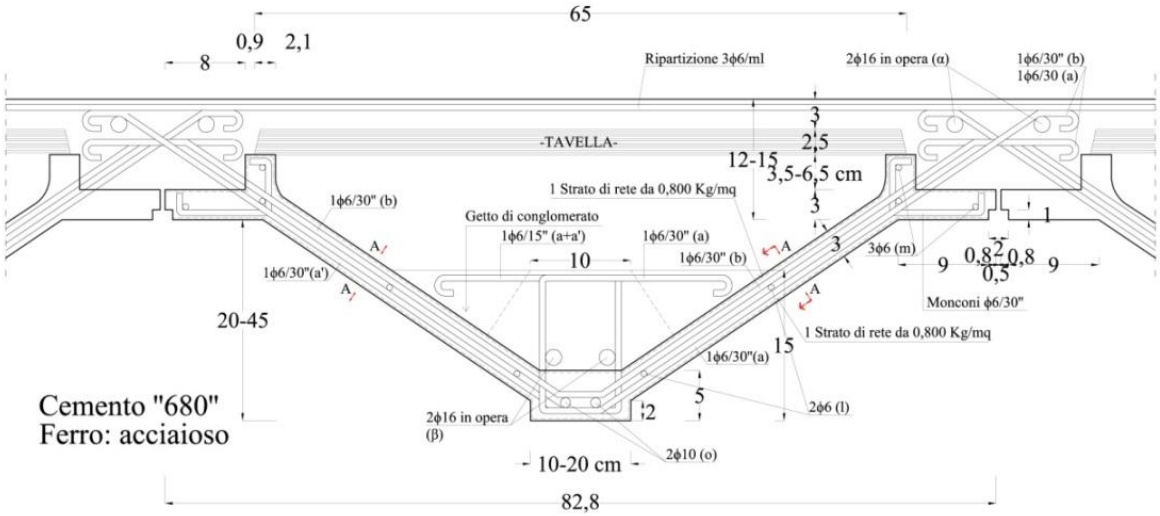


114. Sezione tipo della trave prefabbricata di copertura in appoggio centrale (sotto) e in appoggio dx (sopra) di tipo A (Tesi di Laurea di V.Grifagni e S. Paladini, *P.L. Nervi e la "Cittadella dello sport" a Bellariva. Storia e Struttura*, Firenze 2013).

Trave di copertura prefabbricata TIPO B: l'elemento presenta una sezione prefabbricata rastremata con una luce di 4,81 metri. Sono presenti 7 elementi di tipo B. L'armatura longitudinale del prefabbricato è costituita da 2 Φ10. L'armatura longitudinale in opera invece è costituita da 2 barre Φ14 all'intradosso e 2 Φ16 all'estradosso. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ6.



115. Sezione tipo della trave prefabbricata di copertura di tipo B (Tesi di Laurea di V. Grifagni e S. Paladini, *P.L. Nervi e la "Cittadella dello sport" a Bellariva. Storia e Struttura*, Firenze 2013).



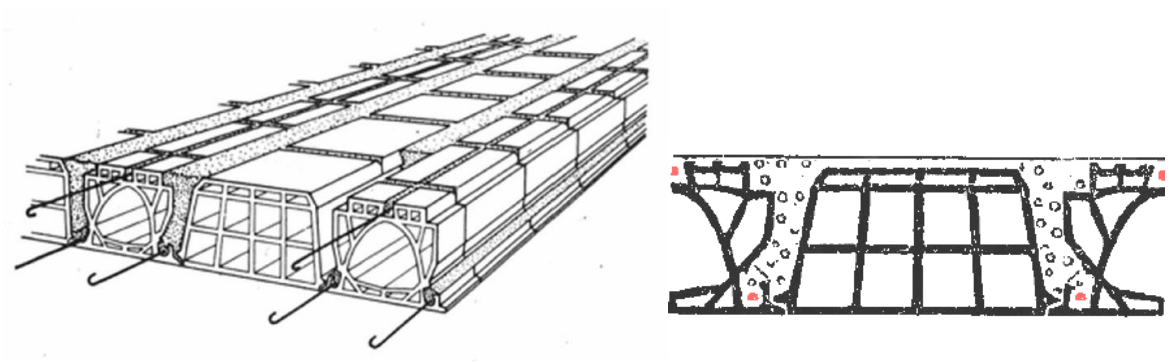
116. Sezione tipo del tegolo prefabbricato (Tesi di Laurea di V. Grifagni e S. Paladini, *P.L. Nervi e la "Cittadella dello sport" a Bellariva. Storia e Struttura*, Firenze 2013).

Solai: Si riportano di seguito le descrizioni delle 3 tipologie di solaio rilevate.

Solaio del piano primo CIREX 16+4: il solaio è costituito da un travetto in laterizio prefabbricato di altezza 16 cm, nel quale sono alloggiate fuori opera all'intradosso 2 barre Φ12 ed all'estradosso 1 Φ12. Successivamente vengono posati i travetti ad interasse 50 cm, viene interposta tra essi una pignatta in laterizio con la medesima altezza ed inserite barre di armatura aggiuntive. Il solaio viene ultimato in opera con un getto di una soletta di 4 cm.

Solaio del piano primo CIREX 20+5: il solaio è costituito da un travetto in laterizio prefabbricato di altezza 20 cm, nel quale sono inserite all'intradosso 4 barre Φ8 ed all'estradosso 1 Φ12. In seguito, vengono posati i travetti allo stesso interasse di 50 cm, inserita una pignatta in laterizio con la medesima altezza e posizionate le barre di armatura aggiuntive. Il solaio viene ultimato in opera con un getto di una soletta, in questo caso, di 5 cm.

Solaio del piano primo CIREX 10+3: il solaio è costituito da un travetto in laterizio prefabbricato di altezza 10 cm nel quale troviamo all'intradosso 1 barra Φ12 ed 1 Φ4 e all'estradosso 1 Φ12. Successivamente vengono posati i travetti ad interasse 50 cm, viene interposta tra essi una pignatta in laterizio con la medesima altezza e, anche in questo caso, inserite barre di armatura aggiuntive. Il solaio viene ultimato in opera con un getto di una soletta di soli 3 cm.



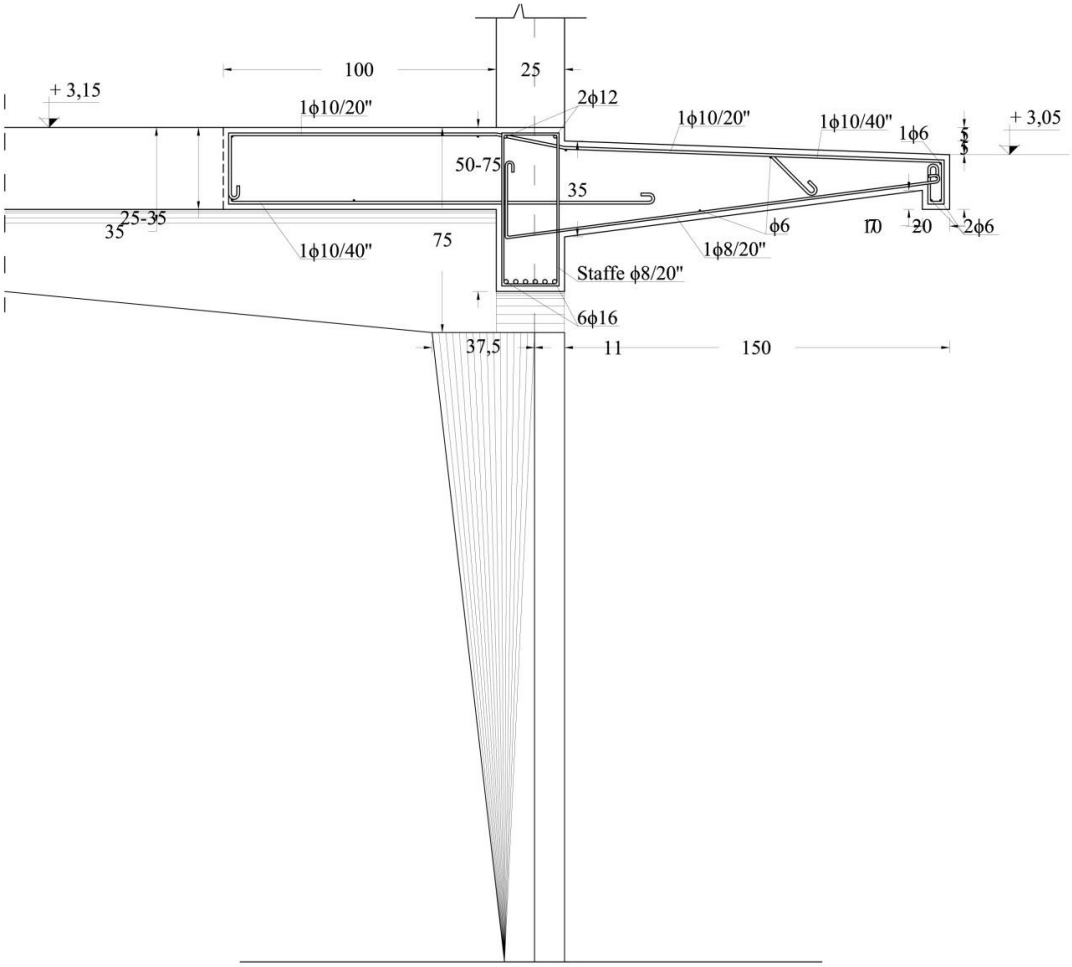
117. In figura un particolare della tecnologia del solaio *CIREX* e la sezione tipo (G. Colorio, *Le opere in cemento armato*, S.Lattes editori, 1954).

Balconi a sbalzo: Si riportano le 3 tipologie di solaio riscontrate.

Soletta a sbalzo sul prospetto frontale: l'armatura della soletta è costituita da barre di armatura Φ12 con passo di 10 cm. Tali armature s'innestano ad un livello inferiore rispetto alla trave e probabilmente proseguono oltre la trave di bordo entro il solaio.

Soletta a sbalzo sul prospetto tergale: l'armatura della soletta è costituita da barre di armatura Φ10 con un passo di 20 cm.

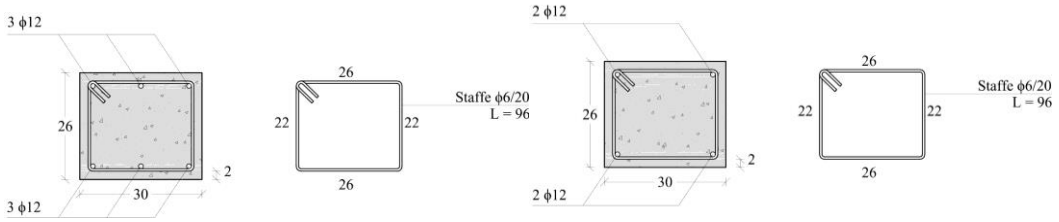
Soletta a sbalzo laterale: l'armatura della soletta è costituita da barre di armatura Φ10 con un passo di 20 cm. Tali armature s'innestano ad un livello inferiore rispetto alla trave e proseguono oltre la trave di bordo creando una sezione resistente ad L.



118. Dettaglio della sezione della soletta a sbalzo laterale (Tesi di Laurea di V. Grifagni e S. Paladini, *P.L. Nervi e la "Cittadella dello sport" a Bellariva Storia e Struttura*, Firenze 2013).

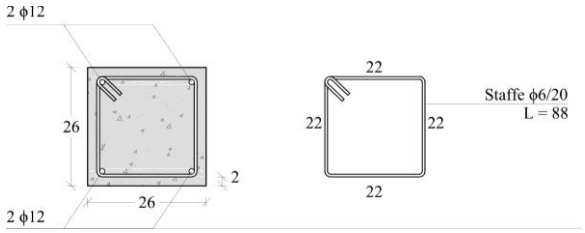
Pilastri: Si riportano le 5 tipologie di pilastro riscontrate.

Pilastro 26x30: l'elemento presenta una sezione rettangolare di dimensioni 30x26 cmxcm. L'armatura longitudinale è costituita da 6 Φ12 o 4 Φ12. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ6 con interasse variabile da 20 cm in mezzeria a 10 cm agli appoggi.



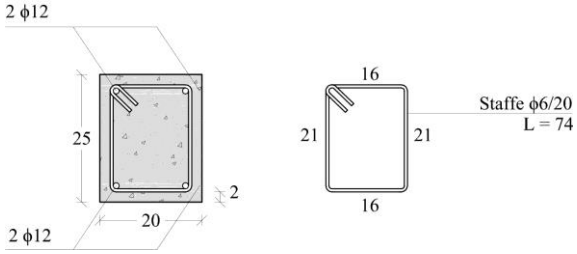
119. Sezione tipo del pilastro 26x30, immagine da Autocad.

Pilastro 26x26: l'elemento presenta una sezione rettangolare di dimensioni 26x26 cmxcm. L'armatura longitudinale è costituita da 4 Φ12. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ6 con interasse variabile da 20 cm in mezzeria a 10 cm agli appoggi.



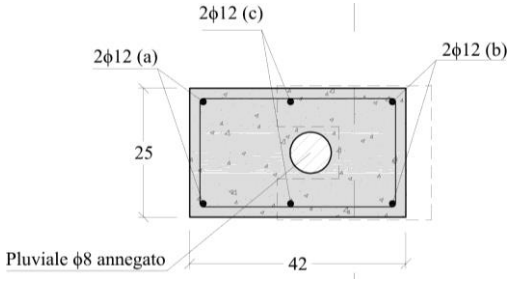
120. Sezione tipo del pilastro 26x26, immagine da Autocad.

Pilastro 20x25: l'elemento presenta una sezione rettangolare di dimensioni 20x25 cmxcm. L'armatura longitudinale è costituita da 4 Φ12. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ6 con interasse variabile da 20 cm in mezzeria a 10 cm agli appoggi.



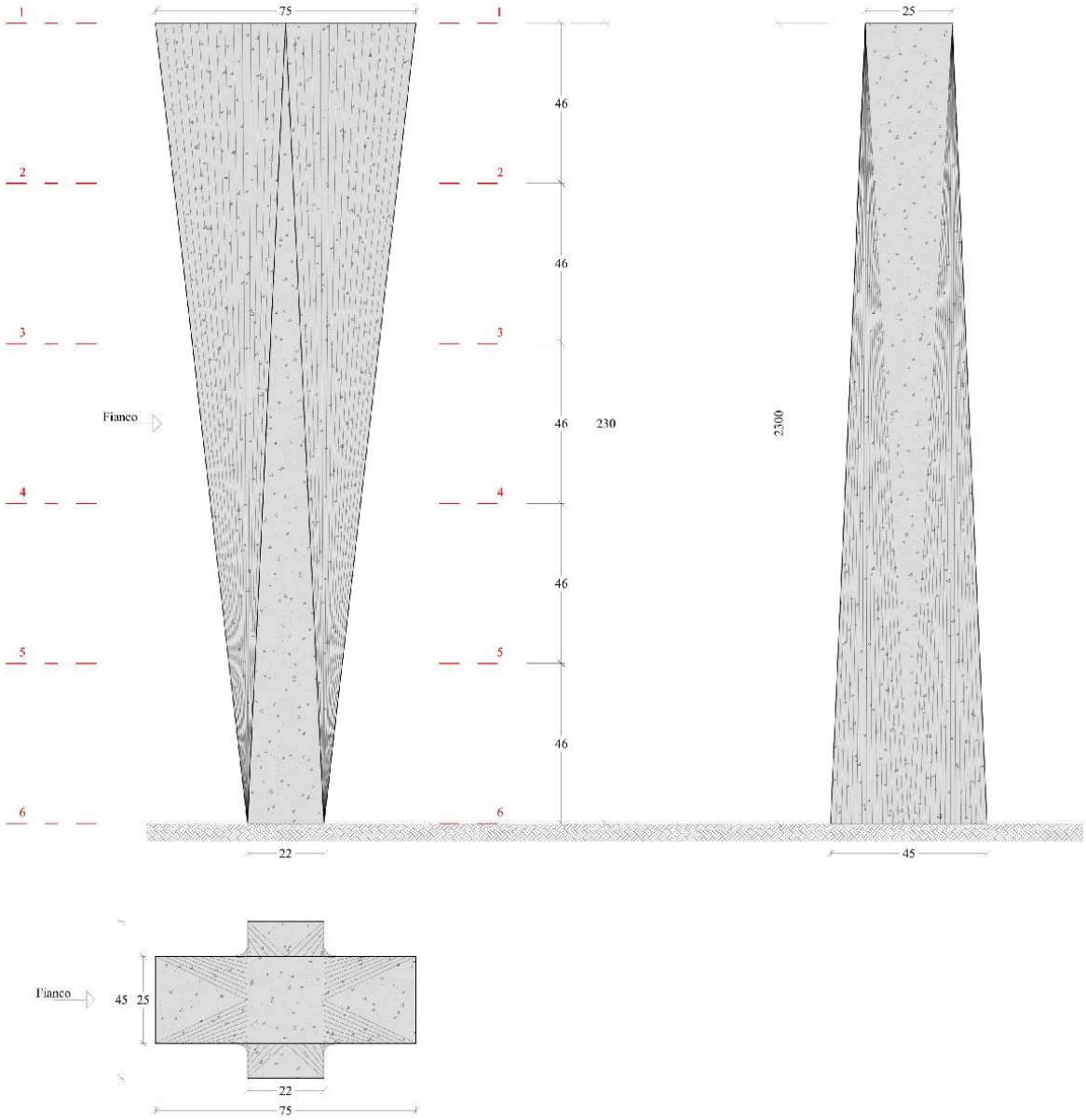
121. Sezione tipo del pilastro 20x25, immagine da Autocad.

Pilastro 42x25: l'elemento presenta una sezione rettangolare di dimensioni 42 x 25 cmxcm. L'armatura longitudinale è costituita da 6 Φ12. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ6 con interasse variabile da 10÷20 cm. All'interno della sezione è stato annegato il pluviale.



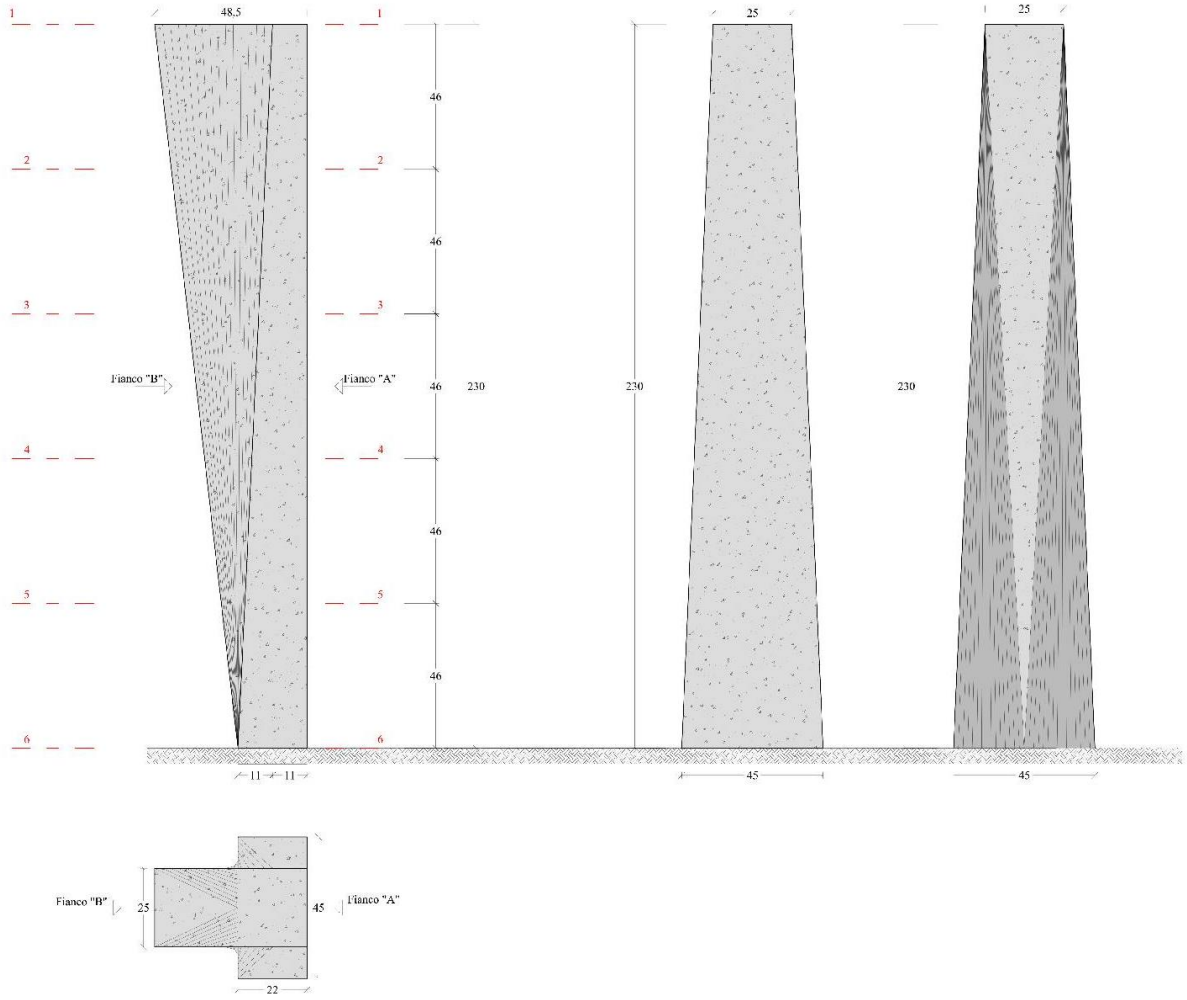
122. Sezione tipo del pilastro 42x25, immagine da Autocad.

Pilastro nerviano centrale: l'elemento ha una sezione variabile. Il pilastro è armato longitudinalmente con 8 Φ10 che seguono l'andamento della sezione (vedi immagini seguenti). L'armatura trasversale è composta da staffe Φ8 con interasse variabile da 20 cm in mezzeria a 10 cm agli appoggi. Si riportano di seguito alcuni dettagli dei pilastri in esame.

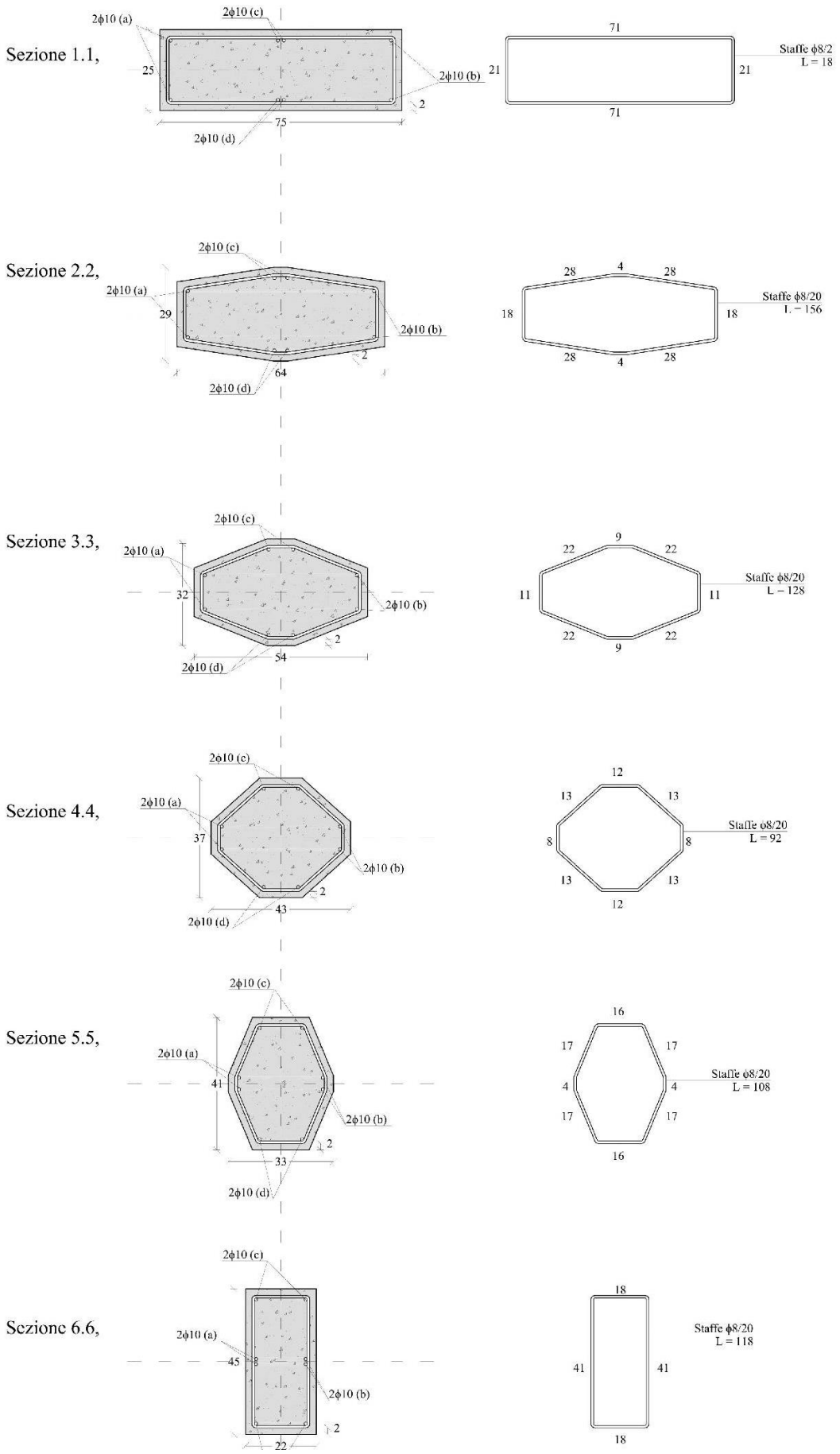


123. Prospetto del pilastro nerviano a sezione variabile centrale, immagine da Autocad.

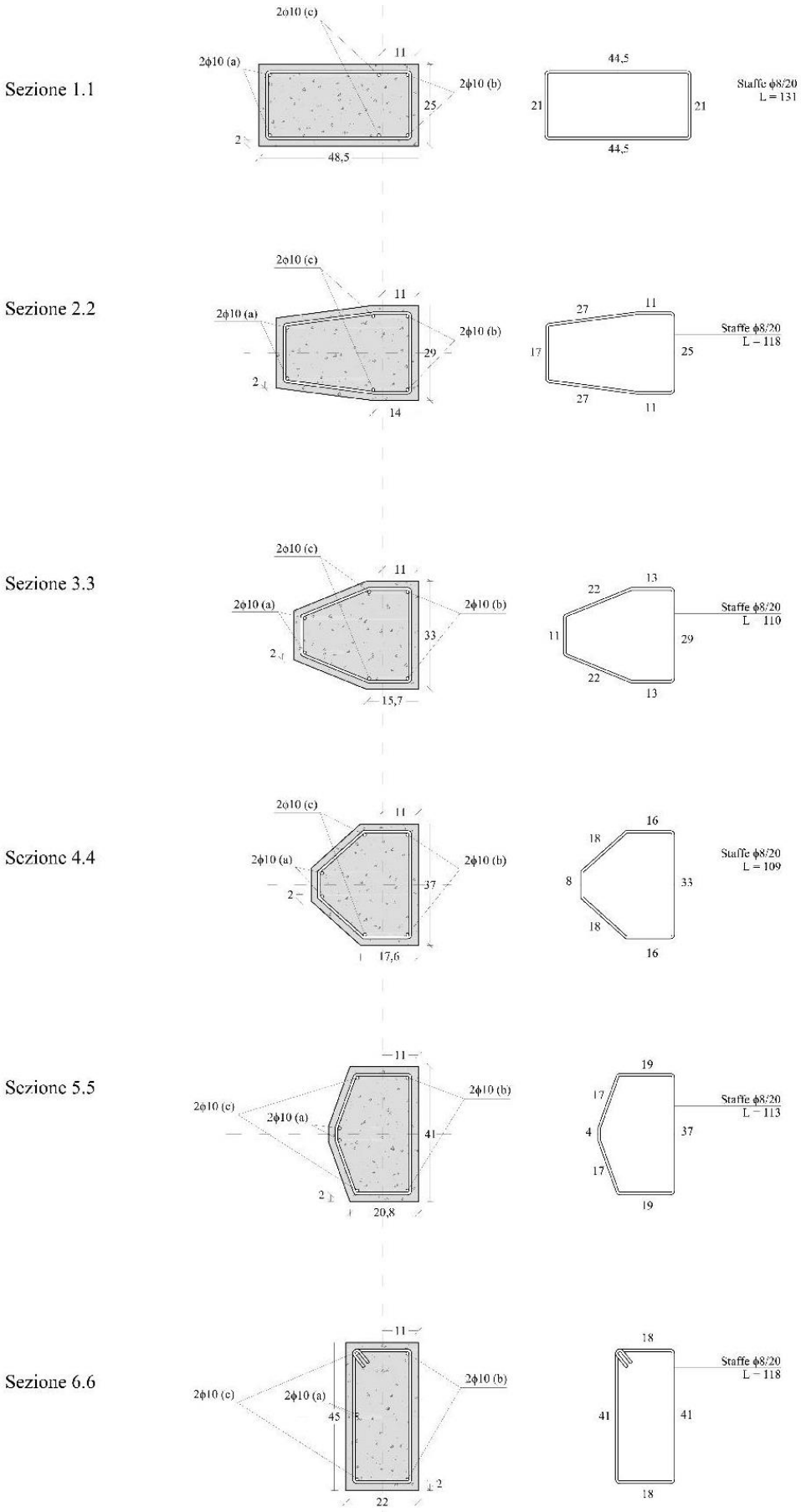
Pilastro nerviano laterale: l'elemento presenta una sezione variabile. Il pilastro è armato longitudinalmente con 6 Φ10 che seguono l'andamento della sezione (vedi immagini seguenti). L'armatura trasversale è composta da staffe Φ8 con interasse variabile da 20 cm in mezzeria a 10 cm agli appoggi. Si riporta alcuni dettagli dei pilastri in esame.



124. Prospetto del pilastro nerviano a sezione variabile laterale, immagine da Autocad.

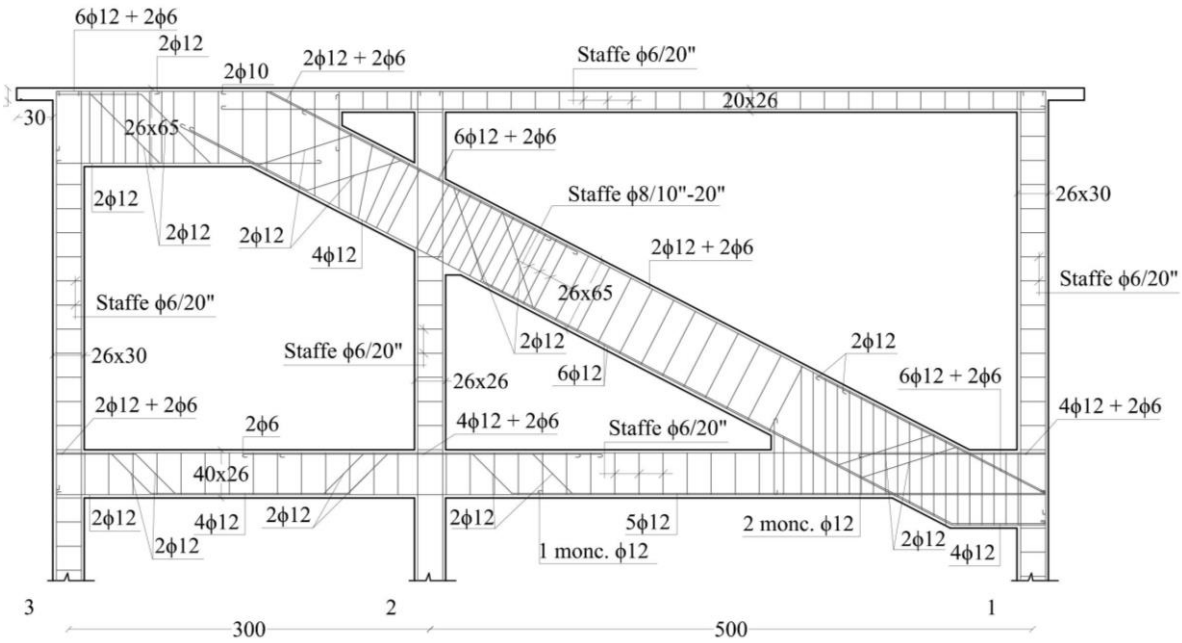


125. Sezioni tipo del pilastro nerviano a sezione variabile centrale, immagine da Autocad.



126. Sezioni tipo del pilastro nerviano laterale, immagine da Autocad.

Trave porta-scala: Si riporta la sezione trasversale della trave della scala. Essa ha una sezione di 26x65 cmxcm. L'armatura longitudinale agli estremi è costituita da 6 barre Φ12 e 2 Φ6 all'estradosso mentre all'intradosso si trovano 4 Φ12. Al centro si trovano all'estradosso 2 Φ12 e 2 Φ6 mentre all'intradosso 6 Φ12. L'armatura trasversale è composta da staffe Φ8 con interasse variabile da 20 cm in mezzeria a 10 cm agli appoggi.



127. Sezioni tipo della trave porta scala (Tesi di Laurea di V. Grifagni e S. Paladini, *P.L. Nervi e la "Cittadella dello sport" a Bellariva Storia e Struttura*, Firenze 2013).

Fondazioni: La struttura di fondazione è costituita da plinti a base quadrata di quattro dimensioni diverse (A di 1,40x1,40 mt, B di 1,60x1,60 mt, C di 1,80x1,80 mt e D di 2,00x2,00 mt), da cordoli di collegamento e da travi porta muro. Tali dati sono stati estrapolati dalle tavole del progetto originale dell'ing. Nervi e Bartoli.

5.3 – Riferimenti normativi

Per le analisi è stato fatto riferimento ai seguenti testi normativi:
- NTC 2018;
- Circolare Esplicativa n. 617 del 2009.

In particolare:
- Cap. 8 NTC per quanto riguarda le costruzioni esistenti
- Cap. 4 NTC per le verifiche nei confronti dei carichi verticali
- Cap. 7 NTC per le verifiche sismiche.

Per l'analisi dei carichi agenti al momento della progettazione della scuola è stato invece fatto riferimento al:
- Regio Decreto 16 novembre1939 n°2229 "Norme per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio semplice ed armato".

5.4 – Caratteristiche dei materiali

Nelle costruzioni esistenti è di estrema importanza la conoscenza della struttura, intesa come geometria, dettagli costruttivi e materiali. Dal livello di conoscenza acquisita, anche in relazione alle indagini in sito effettuate si presceglie un fattore di confidenza specifico che va preliminarmente a ridurre i valori di resistenza dei materiali della struttura esistente, per ricavare in questo modo i valori da adottare, nel progetto e nella verifica, e da ridurre ulteriormente, quando previsto, mediante i coefficienti parziali di sicurezza.
Nel caso in esame è stato assunto, come livello di conoscenza, quello medio LC2.
La Circolare n.617 chiarisce il concetto di prove limitate e prove estese, quantificando la percentuale di elementi da indagare; tuttavia, nello stesso testo di norma è specificato il carattere puramente indicativo dei valori suggeriti, così come la necessità di adattarli ai singoli casi.
È da precisare che le percentuali illustrate sono da intendersi per ogni tipologia di elemento primario (trave, pilastro). In tabella viene riportato il numero minimo di elementi, secondo la Circolare, da sottoporre ad indagine per il livello di conoscenza LC2.
Secondo la Circolare infatti il numero degli elementi da indagare è pari al 15% per il livello LC2 se, come in questo caso, sono presenti disegni costruttivi incompleti; in particolare, per la struttura in esame devono essere indagati almeno circa 11 pilastri e 7 travi.
Sono state svolte indagini indirette ovvero non distruttive che dirette.

Nel controllo del raggiungimento delle percentuali di elementi selezionati ai fini del rilievo dei dettagli costruttivi si è tenuto conto delle eventuali situazioni ripetitive, le quali hanno consentito di estendere ad una più ampia percentuale i controlli effettuati su alcuni elementi strutturali facenti parte di una data serie, distinta per geometria e ruolo nello schema strutturale.

Dato che la Circolare Applicativa permette la sostituzione del 50% delle prove distruttive con prove non distruttive sono state sostituite alcune delle prove distruttive, non più del 50%, con un più ampio numero, almeno il triplo, di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive.

Sempre in virtù della ricorrenza degli elementi strutturali, indipendentemente dal numero di prove necessario per raggiungere un LC2, si è deciso di indagare i seguenti elementi:

- 14 indagini pacometriche sulle travi (12 al piano terra e 2 al piano primo);
- 6 indagini pacometriche sui pilastri (4 al piano terra e 2 al piano primo);
- 11 prove distruttive sulle travi (8 al piano terra e 3 al piano primo);
- 11 prove distruttive sui pilastri (7 al piano terra e 4 al piano primo).

Piano	N. di Pilastri	N. di Travi
Piano terra	50	31
Piano primo	18	15

TOTALE	68	46
15% TOTALE	11	7

128. Numero minimo di elementi strutturali da indagare per il raggiungimento del livello LC2.

Per la determinazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo, si è proceduto a svolgere prove di tipo diretto, tramite l'estrazione di alcune carote di calcestruzzo, ed indiretto, eseguendo indagini sclerometriche e ultrasoniche. Per la determinazione delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio sono state previste indagini con microdurometro e prelievi di barra. La scelta degli elementi da indagare è stata condotta in maniera tale da ottenere un campione significativo di elementi, in grado di rappresentare le caratteristiche medie del calcestruzzo e dell'acciaio nella loro interezza, in termini di omogeneità, di qualità e di resistenza meccanica. A questo proposito sono state rispettate le indicazioni della normativa nazionale che, per mezzo della Circolare Applicativa LL. PP. n°617 del 2009, precisano la misura con cui effettuare le prove in base al livello di conoscenza che s'intenda

perseguire. Nel caso in esame, avendo fissato un livello minimo di conoscenza LC2 e avendo reperito alcune specifiche originali di progetto, le norme prescrivono che le proprietà dei materiali debbano essere rintracciate prelevando una carota di calcestruzzo ogni 300 mq di piano ed un campione di armatura per piano.

Dato che la Circolare Applicativa permette la sostituzione del 50% delle prove distruttive con prove non distruttive sono state sostituite alcune prove distruttive, non più del 50%, con un più ampio numero, almeno il triplo, di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive.

Sempre in virtù della ricorrenza degli elementi strutturali, indipendentemente dal numero di prove necessario per raggiungere un LC2, si è deciso di realizzare le seguenti prove sui materiali:

- 1 carotaggi al piano terra ed 1 al piano primo;
- 6 indagini sclerometriche ed ultrasoniche al piano terra;
- 1 prelievo di barra al piano terra;
- 4 saggi per microdurometro (1 piano terra al 3 piano primo).

Piano	Superficie mq	TOT Provini CLS	TOT Provini Acciaio
Piano terra	615	2	1
Piano primo	295	1	1

129. Numero minimo di saggi da prevedere per il raggiungimento del livello LC2.

Si riportano di seguito le caratteristiche dei materiali determinate dalle prove.

Calcestruzzo travi e pilastri gettati in opera:

CLS 35\45 (450)	AN. L [DUTTILI/FRAGILI] AN. NL [DUTTILI]	AN. NL [FRAGILI]	
f_{cm} [N/mm^2] =	37,35	37,35	*Resistenza cilindrica media a compressione*
γ_c =	1,50	1,50	*Coefficiente parziale di sicurezza del materiale*
FC =	1,20	1,20	*Fattore di confidenza LC2*
f_{cd} [N/mm^2] =	17,64	26,46	*Resistenza di calcolo a compressione*

Calcestruzzo travi prefabbricate:

CLS 45\55 (680)	AN. L [DUTTILI/FRAGILI] AN. NL [DUTTILI]	AN. NL [FRAGILI]	
f_{cm} [N/mm^2] =	45,65	45,65	*Resistenza cilindrica media a compressione*
γ_c =	1,50	1,50	*Coefficiente parziale di sicurezza del materiale*
FC =	1,20	1,20	*Fattore di confidenza LC2*
f_{cd} [N/mm^2] =	19,16	28,74	*Resistenza di calcolo a compressione*

Calcestruzzo solaio:

CLS 25\30	AN. L [DUTTILI/FRAGILI] AN. NL [DUTTILI]	AN. NL [FRAGILI]	
f_{cm} [N/mm^2] =	21,25	21,25	*Resistenza cilindrica media a compressione*
γ_c =	1,50	1,50	*Coefficiente parziale di sicurezza del materiale*
FC =	1,20	1,20	*Fattore di confidenza LC2*
f_{cd} [N/mm^2] =	11,80	17,70	*Resistenza di calcolo a compressione*

Acciaio delle travi e pilastri:

AQ 60	AN. L [DUTTILI/FRAGILI] AN. NL [DUTTILI]	AN. NL [FRAGILI]	
f_{ym} [N/mm^2] =	304,11	304,11	*Tensione media di snervamento*
γ_s =	1,15	1,15	*Coefficiente parziale di sicurezza del materiale*
FC =	1,20	1,20	*Fattore di confidenza LC2*
f_{yd} [N/mm^2] =	220,37	253,43	*Resistenza di calcolo*

130. Riepilogo delle caratteristiche meccaniche dei materiali analizzati.

La campagna di prove effettuata su travi e pilastri gettati in opera ha confermato le caratteristiche del calcestruzzo e dell'acciaio ipotizzate nel progetto simulato. In accordo con i § C8.7.2.4 e C8A.1.B.4 della Circolare Applicativa LL. PP. n°617 del 2009 le resistenze medie dei materiali, ottenute dalle prove in situ e dalle informazioni aggiuntive, devono essere divise per il fattore di confidenza relativo al livello di conoscenza adottato ed eventualmente, in base al tipo di analisi e di meccanismo di rottura (duttile/fragile), per il coefficiente parziale di sicurezza del materiale.

5.5 – Sopralluoghi, prove distruttive e non distruttive

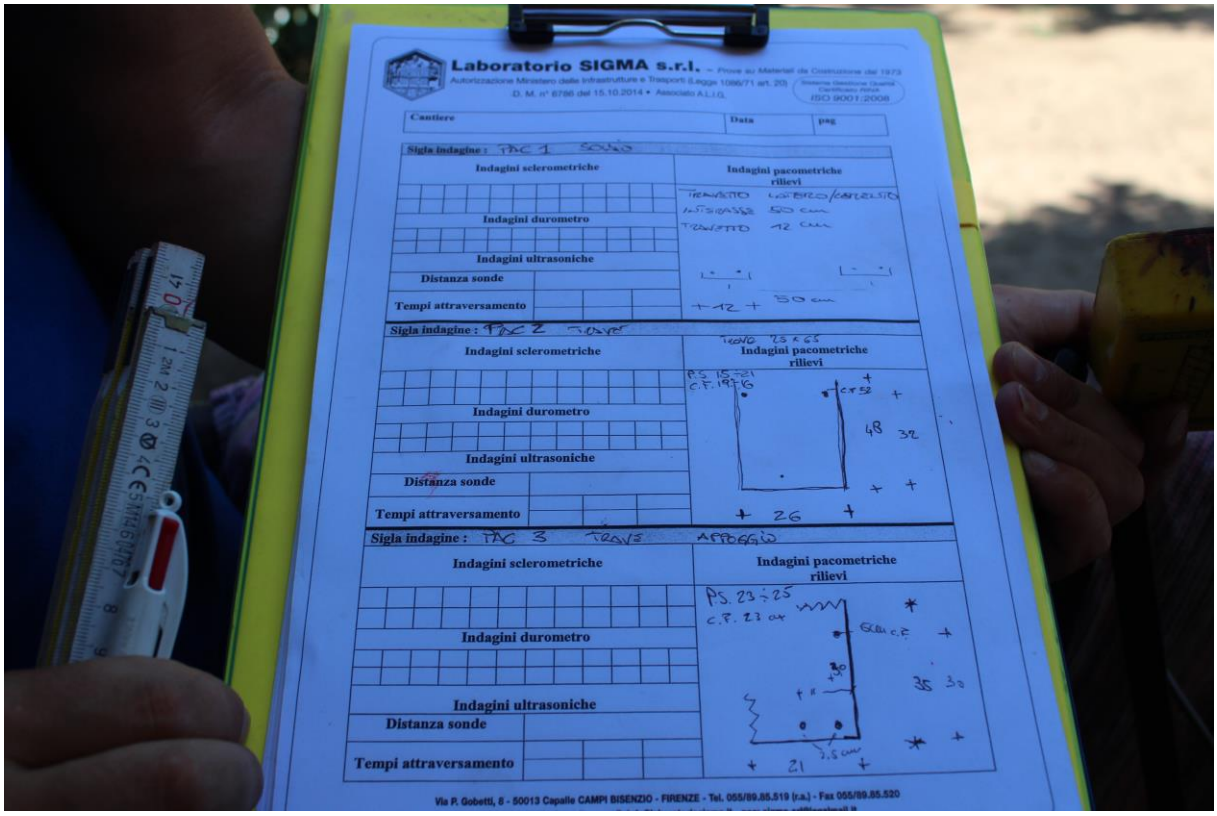
Presso la palazzina spogliatoio del complesso sportivo Bellariva, da aprile a ottobre 2018, sono stati svolti tre sopralluoghi finalizzati al rilievo e all'analisi visiva delle condizioni di degrado o di danno della struttura. In particolare, durante il primo sopralluogo, sono state effettuate indagini pacometriche che hanno diminuito l'incertezza relativa al diametro e alla posizione delle armature degli elementi strutturali e, ad esempio, hanno messo in luce come la struttura fosse completamente sprovvista di travi secondarie sia al piano terra che al piano primo, informazione fino ad allora non nota. Inoltre, grazie alle indagini sclerometriche e ultrasoniche sono stati confermati i valori di resistenza del calcestruzzo che erano stati fino ad allora solamente ipotizzati.

Durante il secondo sopralluogo sono state effettuate delle indagini più accurate: attraverso la demolizione del copriferro di travi e pilastri è stato possibile rilevare le barre di armatura longitudinali e le staffe di alcuni elementi strutturali. Purtroppo in molti casi, i risultati di tali indagini hanno rivelato una situazione più critica del previsto. Ad esempio, le travi di spina del piano terra all'intradosso presentano delle barre Φ 12 e non Φ 16, come avevamo ipotizzato sulla base delle tavole reperite. Le prove hanno interessato non solo le travi ed i pilastri ma anche il balcone a sbalzo di trave del ristorante ed i solai dei quali, non è stata reperita specifica documentazione originale. Come ausilio per la definizione dei diametri delle armature è stato utilizzato il calibro: per ogni barra analizzata sono state prese vare misure in punti diversi e riportato il valore più cautelativo. La difficoltà nell'individuare l'esatto diametro dei ferri, è dovuta alla particolare conformazione degli stessi: alcuni di essi presentano infatti delle filettature rade mentre altri sono completamente lisci.

Durante il terzo e ultimo sopralluogo, sono stati estratti i provini necessari per effettuare le prove distruttive: in particolare sono state prelevate due carote di calcestruzzo ed una barra di acciaio. Per poter raggiungere il livello di conoscenza LC2, alcune prove distruttive sulle barre di acciaio sono state sostituite con indagini durometriche. Grazie ai risultati di queste ultime sono stati acquisiti dati fondamentali per determinare le caratteristiche dei materiali; tali informazioni sono state inserite nel modello BIM arricchendo il bagaglio di documentazione strutturale dell'edificio. Purtroppo non è stato possibile avere una conoscenza completa delle strutture dell'intero oggetto edilizio e per questo alcune travi del piano terra sono state verificate tramite un progetto simulato.

Di seguito riportiamo delle immagini fotografiche ritraenti le diverse fasi d'indagine avvenute durante i vari sopralluoghi.

131. Addetto impegnato nel rilievo pacometrico delle armature, fotografia, 2018, Firenze. Grazie all'aiuto di tale strumentazione è possibile individuare, seppur con un grado di incertezza alto, posizione e diametro delle armature.



132. Compilazione delle schede finalizzate al rilievo deli elementi strutturali tramite indagine pacometrica, fotografia, 2018, Firenze.

133. Immagine delle armature all'intradosso di una trave di spina di copertura, fotografia, 2018, Firenze. Grazie alla demolizione del copriferro delle travi della copertura siamo riusciti a validare i progetti strutturali originali in nostro possesso.

134. Immagine di una barra longitudinale ed una staffa in un pilastro interno, fotografia, 2018, Firenze.

135. Travetto in laterizio armato con quattro barre in acciaio Φ8 del solaio di piano primo, fotografia, 2018, Firenze. Grazie all'ausilio delle indagini distruttive è stato individuato il tipo di solaio utilizzato e determinato il diametro delle armature del travetto in laterizio.

136. Misurazione diretta dell'altezza del solaio di piano, fotografia, 2018, Firenze.

137. Ispezione visiva delle armature all'intradosso della mezzeria della trave di bordo rastremata di piano terra, fotografia, 2018, Firenze. Grazie all'ausilio delle indagini distruttive siamo riusciti ad individuare con precisione il numero di ferri e il diametro anche nelle travi in cui non avevamo nessun riferimento cartografico strutturale.

138. Individuazione delle armature in mezzeria di una trave di spina di piano terra, fotografia, 2018, Firenze.

139. Individuazione delle armature longitudinali in un pilastro di bordo di piano terra, fotografia, 2018, Firenze. Grazie all'utilizzo di strumentazioni precise (calibro) è stato determinato accuratamente il diametro delle staffe e dei ferri di armatura.

140. Misurazione delle armature in una trave di spina di copertura, fotografia, 2018, Firenze.

141. Individuazione delle armature longitudinali all'estradosso delle travi di piano primo in corrispondenza dell'incastro, fotografia, 2018, Firenze. Dopo aver demolito una porzione di solaio e di soletta siamo riusciti a individuare con precisione il diametro delle armature longitudinali e delle staffe all'estradosso della trave.

142. Determinazione delle armature longitudinali nelle travi di piano primo all'estradosso in corrispondenza dell'incastro e delle barre di armatura del balcone a sbalzo, fotografia, 2018, Firenze.

143. Immagine di una carota di calcestruzzo estratta per determinare la resistenza a compressione del calcestruzzo, fotografia, 2018, Firenze. Tramite la prova di schiacciamento del provino è stato possibile determinare con precisione la resistenza del calcestruzzo.

144. Estrazione di una barra di armatura, fotografia, 2018, Firenze. Grazie alla prova di tiro dell'armatura prelevata è stato possibile calcolare le caratteristiche resistenti dell'acciaio utilizzato.

Sigla indagine	Elemento strutturale indagato
D3	Pilastro P.1° (tondo liscio Ø 12)

Indagine durometrica

Valore battute [HV]										Media battute [HV]	Res. a trazione stimata [N/mm²]
97	99	98,8	99,7	104	99	102	94	98	107	99,9	318

Sigla indagine	Elemento strutturale indagato
D4	Pilastro P.1° (tondo liscio Ø 12)

Indagine durometrica

Valore battute [HV]										Media battute [HV]	Res. a trazione stimata [N/mm²]
98	104	99	100	105	106	94	99	105	100	101,0	320

RISULTATI PROVA A TRAZIONE

Strumentazione utilizzata:	Macchina Universale Metrocom ELTX 600 portata 600 kN
Data prova:	16/10/2018
Norma riferimento:	UNI EN ISO 6892-1:2016 - UNI EN ISO 15630-1:2010

Identificazione Struttura di prelievo	diametro Ø [mm]	Tipo di barra	Sez.Eff. [mm²]	Massa [kg/m]	Snervam. Fy [N/mm²]	Rottura Ft [N/mm²]	All. A5 [%]
Fe1 - Pilastro P.T.	12	Tondo liscio	119	0.932	329	466	26

145. Risultati delle indagini durometriche (sopra) e delle prove di trazione (sotto) delle barre di armatura. Indagini realizzate dal laboratorio Sigma SRL.

Sigla indagine	*Elemento strutturale indagato*
SO01	***Pilastro piano terra***

Indagine sclerometrica											
Valore battute (Indice di Rimbalzo) / α=0°										**Media battute**	**Dev. Standard**
38	42	38	38	41	40	40	42	40	40	**39,90**	1,52

Indagine ultrasonica						
Metodo	**Tempi di attraversamento cls [μs]**			**Media tempi [μs]**	**Distanza sonde [cm]**	**Velocità media [m/s]**
Diretto	90,7	90,4	90,9	90,7	30	**3308,8**

Sigla indagine	*Elemento strutturale indagato*
SO02	***Pilastro piano terra***

Indagine sclerometrica											
Valore battute (Indice di Rimbalzo) / α=0°										**Media battute**	**Dev. Standard**
43	38	38	38	40	42	41	42	38	36	**39,60**	2,32

Indagine ultrasonica						
Metodo	**Tempi di attraversamento cls [μs]**			**Media tempi [μs]**	**Distanza sonde [cm]**	**Velocità media [m/s]**
Diretto	83,9	83,4	83,4	83,6	29	**3470,3**

Struttura di prelievo	Profondità carbonatazione media esterna * [mm]	Dimensioni Provino Ø [mm]	H [mm]	H/Ø	Area provino [mm²]	Massa Volumica [kg/m³]	Carico di Rottura [kN]	**Carico unitario Rottura [N/mm²]**
C1 - Pilastro P.T.	34	78.6	80.0	1.0	4852	2154	124.8	**25.7**
C2 - Pilastro P.1°	14	78.6	80.0	1.0	4852	1958	88.2	**18.2**

146. Risultati delle indagini durometriche e utrasoniche (sopra) e distruttive (sotto) sul calcestruzzo. Indagini realizzate dal laboratorio Sigma s.r.l.

5.6 – Analisi dei carichi e delle azioni

Si riporta di seguito l'analisi dei carichi effettuata sulla struttura, indicando altresì la legge di combinazione delle azioni applicata anche in caso di sisma.

La normativa attuale classifica le azioni verticali agenti sulle strutture in carichi permanenti strutturali, G_1, carichi permanenti non strutturali, G_2, e carichi variabili nel tempo, Q_k. Fra i carichi G_1 rientrano il peso proprio di tutti gli elementi strutturali e il peso proprio del solaio; appartengono invece ai carichi permanenti non strutturali G_2 tutti i pesi degli elementi di finitura, presenti in copertura e ai vari livelli della costruzione, il peso proprio delle pareti interne e perimetrali esterne; infine, le azioni variabili Q_k agenti sulla struttura sono rappresentate, con riferimento alle azioni gravitazionali, dai carichi di esercizio legate alla destinazione d'uso degli ambienti e dal carico neve.

Per il carico delle murature esterne in tutto l'edificio, è stato assunto un valore di 2,62 kN /m^2 ipotizzando una stratigrafia costituita da mattoni forati (26 cm) ed intonaco di gesso (3 cm). Per i divisori interni si è considerato un valore G_2 pari a 1,20 kN/m^2, come indicato al punto §3.1.3.1 delle NTC 2018. Il carico portato sulle terrazze, pari a 1,27 kN/m^2, è composto da pavimento in gres di 3 cm, malta di allettamento di 2 cm ed 1 cm d'intonaco. Nel ristorante invece è pari a 2,20 kN/m^2: oltre alle partizioni interne (1,20 kN/m^2) è stato considerato 1,00 kN/m^2 dovuto alla presenza di 2 cm di pavimento e di malta di allettamento e 1,5 cm d'intonaco. I carichi di esercizio considerati sono quelli presenti in Tabella 3.1.II delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018. Per il calcolo del carico neve si rimanda al capitolo 3.4 della NTC.

Volendo preliminarmente valutare il comportamento dell'edificio nei confronti dei carichi gravitazionali, non è stata considerata l'azione del vento.

<u>ANALISI DEI CARICHI VERTICALI</u>

Si riporta di seguito il riepilogo dei carichi stimati.

<u>Piano primo</u>

<u>Solaio delle terrazze</u>:

G_1 = 2,72 kN/m^2

G_2 = 1,27 kN/m^2

$Q_{k1,terrazze}$ = 4,00 kN/m^2

$Q_{k2,neve}$ = 0,80 kN/m^2

Solaio del ristorante e dei locali cucina:

G_1 = 3,40 kN/m^2

$G_{2\ con\ tramezzi}$ = 2,20 kN/m^2

$Q_{k2,ristorante}$= 3,00 kN/m^2

Muratura esterna:

G_2 = 2,62 kN/m^2

Facciata continua:

G_2 = 0,30 kN/m

Balcone laterali:

G_1 = 5,63 kN/m^2

G_2 = 1,27 kN/m^2

$Q_{k1,terrazze}$ = 4,00 kN/m^2

$Q_{k2,neve}$ = 0,80 kN/m^2

Balcone tergale:

G_1 = 2,50 kN/m^2

G_2 = 1,27 kN/m^2

$Q_{k1,terrazze}$ = 4,00 kN/m^2

Balcone frontale:

G_1 = 5,63 kN/m^2

G_2 = 1,27 kN/m^2

$G_{2,parapetto}$ = 0,93 kN/m

$Q_{k1,terrazze}$ = 4,00 kN/m^2

$Q_{k2,neve}$ = 0,80 kN/m^2

Copertura

Solaio di copertura:

G_1 = 2,06 kN/m^2

G_2 = 0,035 kN/m^2

$Q_{k1,neve}$ = 0,80 kN/m^2

$Q_{k2,copertura}$ = 0,50 kN/m^2

Elementi prefabbricati:

G_1, dipendente dal tipo di tegolo tipo A o tipo B

G_2 = 0,95 kN/m^2

$Q_{k1,neve}$ = 0,80 kN/m^2

$Q_{k2,copertura}$ = 0,50 kN/m^2

Sbalzo di copertura dei tegoli aggettanti:

G_1 = 3,25 kN/m^2

G_2 = 0,035 kN/m^2

$Q_{k1,neve}$ = 0,80 kN/m^2

DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

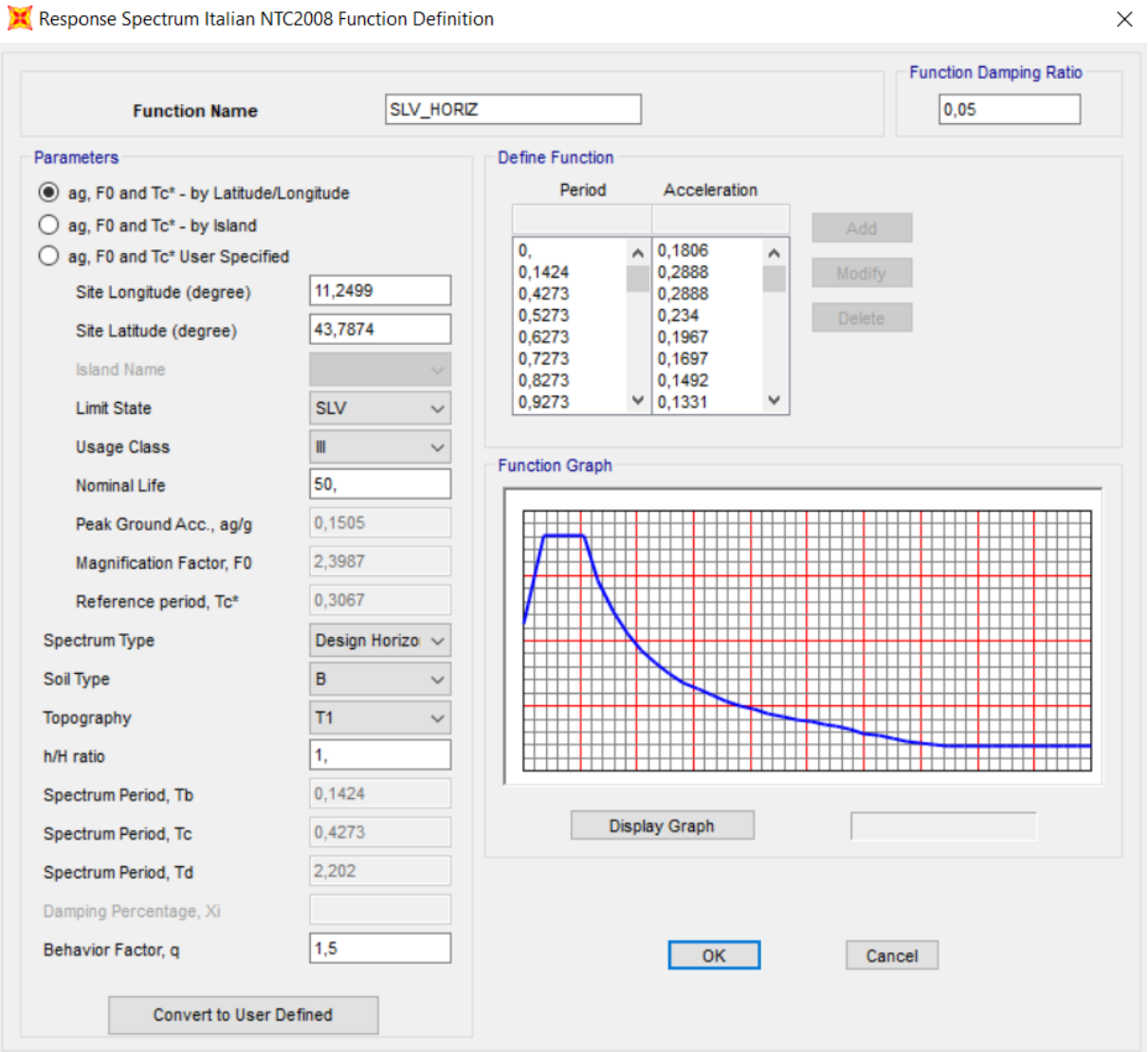
Per quel che riguarda l'azione sismica è stata effettuata un'analisi dinamica lineare con spettri di risposta, al fine di determinare i valori di capacità in termini di accelerazioni al suolo e periodi di ritorno per i diversi livelli di intensità da correlare ai limiti di prestazione (SLC, SLV, SLD, SLO). È stata quindi determinata l'azione sismica nella località in esame. Per la struttura sono stati assunti una vita nominale V_N = 50 anni ed un coefficiente d'uso C_U = 1,5, da cui è derivato un periodo di vita di riferimento $V_R = V_N*C_U$ = 75 anni. Il valore del fattore di struttura q da utilizzare per ciascuna direzione dell'azione sismica dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati. Nel caso in esame, trattandosi di un edificio esistente, si fa riferimento a quanto riportato nella Circolare esplicativa delle NTC 2008 al punto §C8.7.2.4: "Nel caso di uso del fattore di struttura, tutti gli elementi strutturali duttili devono soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dall'azione sismica ridotta sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza. Tutti gli elementi strutturali fragili devono, invece, soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dall'azione sismica ridotta per q = 1,5 sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza". Il calcolo del fattore di struttura ottenuto seguendo le direttive nelle NTC al punto §7.1.1 ha prodotto un risultato pari a 2,4; dato dunque il buon comportamento della struttura a telaio rispetto alla sollecitazione sismica è stato deciso di adottare per le verifiche duttili un fattore pari a 2. Per le verifiche fragili e per lo spettro verticale, seguendo le direttive di norma q è stato assunto pari a 1,5. Con un'intensità dell'azione P_{VR} del 10%/V_R, considerando una

categoria di sottosuolo B e topografica T1, è possibile ottenere valori caratteristici per la costruzione dello spettro riepilogati nelle successive tabelle. Dopo aver impostato i diversi casi di analisi si procede a definire l'azione del sisma considerandone la variabilità spaziale come definito al paragrafo 7.3.5 delle NTC 2018:

$1{,}00\ E_x + 0{,}30\ E_y + 0.30\ E_z$

È stata quindi definita la combinazione sismica vera e propria come al par. 2.5.3 dell'attuale normativa tecnica nazionale.

$E+G_1+G_2+P+\Psi_{21}.Q_{k1}+\Psi_{22}Q_{k2}+\ldots.$



147. Costruzione dello spettro per intensità dell'azione con P_{VR} 10%, tabella estratta da SAP 2000 NL.

È stata inoltre considerata un'eccentricità accidentale determinata dallo spostamento del centro di massa di ogni piano "i" di una distanza pari a +/-5% della dimensione massima del piano in direzione ortogonale all'azione sismica.

Per la verifica sismica, vista la conformazione della struttura che presenta un balcone a sbalzo

di 3 metri, si è considerato il contributo della componente verticale del sisma.
Per le verifiche flessionali tutti gli elementi strutturali devono soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dalla combinazione dell'azione sismica e gravitazionale sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza.
Ai fini delle verifiche di tipo flessionale, la valutazione della capacità resistente è stata effettuata con riferimento alle resistenze specifiche dei materiali ricavate dai valori medi divisi per il fattore di confidenza che, nel caso in esame è stato assunto per un livello di conoscenza LC2 uguale a FC=1,20 e per il coefficiente di sicurezza parziale del materiale.
Per i pilastri risulta vantaggioso effettuare la verifica mediante l'adozione dei domini di resistenza M_x, M_y, in quanto si considererà il pilastro soggetto a pressoflessione deviata, dovuta ad una combinazione degli effetti provocati dal sisma E_x, E_y e E_z, di cui si è poi considerato l'inviluppo.
Anche per le verifiche a taglio tutti gli elementi strutturali devono soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dall'azione sismica, combinata con quella gravitazionale, sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza.
Ai fini delle verifiche di tipo tagliante, la valutazione delle capacità resistenti è effettuata con riferimento alle resistenze specifiche dei materiali, ricavate dai valori medi divisi per il fattore di confidenza e per il coefficiente di sicurezza parziale del materiale.
Sia per gli elementi pilastro che per gli elementi trave, sono stati ricavati i diagrammi inviluppo minimo e massimo del momento derivanti dalle combinazioni dell'azione sismica e di quella gravitazionale.
Per le travi ed i pilastri sono riportati i valori inviluppo delle azioni taglianti V_{Ed} valutate in corrispondenza delle due sezioni di estremità e il relativo dato resistente, V_{Rd}.

5.7 – Combinazione delle azioni

Per le verifiche agli SLU per azioni verticali si utilizza la combinazione fondamentale:
$\gamma_{G1}*G_1+\gamma_{G2}*G_2+\gamma_{Q1}*Q_{k1}+\Sigma(\gamma_{Qi}*\psi_{0i}*Q_{ki})$
Per le verifiche agli SLV deve essere invece imposta la combinazione sismica:
$E+G_1+G_2+\Sigma(\psi_{2i}*Q_{ki})$
In cui γ_{G1}=1,3, γ_{G2}=1,5, γ_{Qi}=1,5 e ψ_{0i}, ψ_{2i}=0 per le coperture (cat. H), mentre per la neve a quota inferiore a 1000 m s.l.m. ψ_{0i}=0,5 e ψ_{2i}=0.

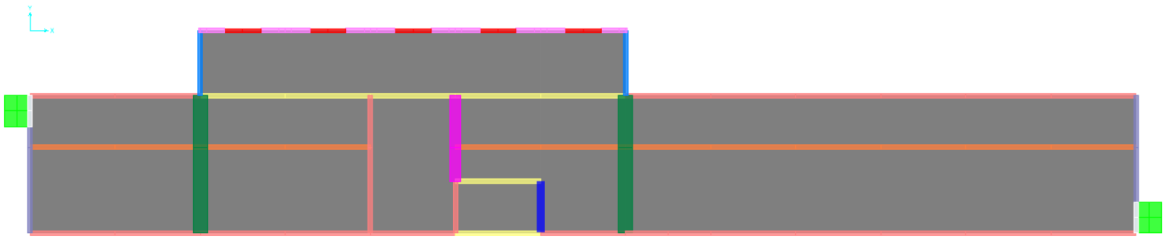
5.8 – Modellazione agli elementi finiti

L'analisi strutturale è stata effettuata utilizzando il codice di calcolo agli elementi finiti SAP 2000 NL, importando il modello geometrico dal codice grafico Revit. Il codice di calcolo ha identificato come elementi "frame" monodimensionali la quasi totalità della geometria delle travi e dei pilastri collegati tramite nodi. Fanno eccezione tra questi i tegoli prefabbricati in copertura e i pilastri e travi a sezione variabile. In particolare, i pilastri nerviani posizionati nei pressi del bar sono stati modellati suddividendoli in sei porzioni, ognuna delle quali costituita da un elemento "frame" avente sezione variabile dalla base alla sommità. Per modellare le travi a sezione variabile e i tegoli rastremati prefabbricati è stato utilizzato il comando "section non prismatic", che permette di ricostruire l'effettiva geometria dell'elemento, come riportato nella figura seguente. Il comportamento rigido nel piano e flessibile fuori dal piano del primo impalcato è stato simulato applicando l'opzione "*Diaphram*". I tegoli ed il solaio di copertura sono stati invece modellati tramite elementi "frame", data la difficolta del programma nel percepire i diaframmi inclinati.

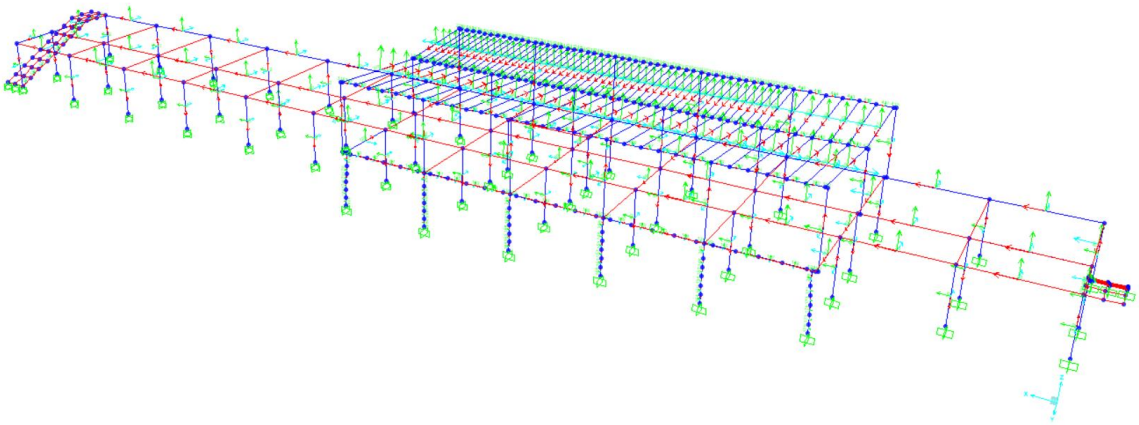
148. Modellazione del tegolo a sezione variabile mediante il codice SAP2000 NL, immagine esportata dal codice di calcolo SAP 2000.

Per il piano primo, al fine di determinare le sollecitazioni indotte dai soli carichi gravitazionali, si è proceduto alla modellazione di solai di area nulla, al quale sono stati assegnati i pesi propri degli elementi strutturali, non strutturali ed i carichi accidentali. Per la copertura invece i carichi sono stati assegnati direttamente alle travi. La modellazione dinamica è stata completata grazie ad una funzione del calcolatore che permette di valutare le

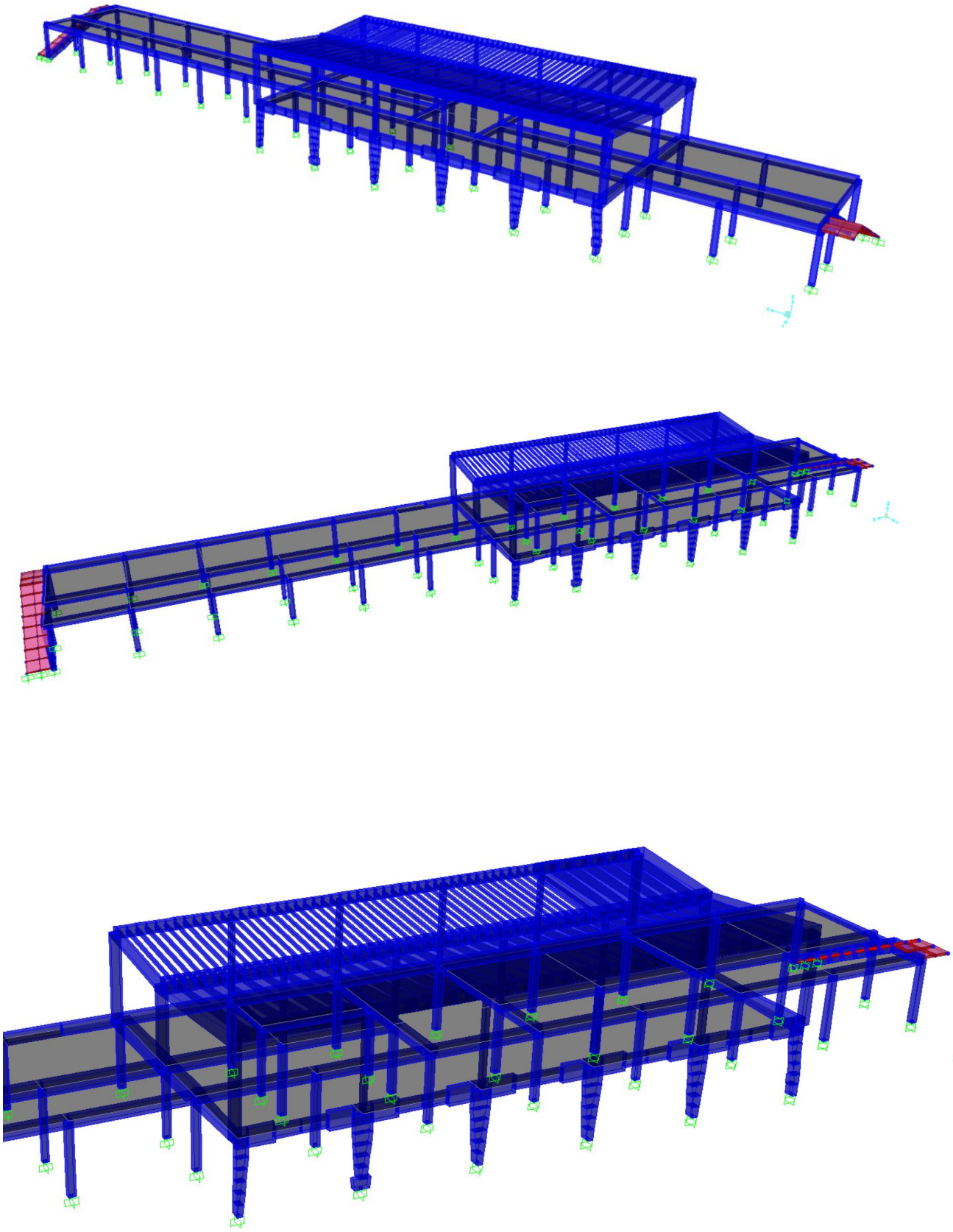
masse a partire dai carichi assegnati e dal peso proprio degli elementi. Le solette a sbalzo delle scale e le rampe sono state modellate adottando elementi "*shell*", assegnando direttamente all'elemento area il carico previsto. I terrazzamenti, invece, sono stati trasformati in carichi uniformemente distribuiti: in particolare, i balconi che generavano una torsione per congruenza sono stati sostituiti da un carico uniformemente distribuito nella trave di bordo, per i balconi che invece creavano una torsione per equilibrio, al carico lineare è stato aggiunto un momento torcente uniformemente distribuito sulla trave di bordo. Infine, considerando la presenza di pareti esterne e facciate continue di entità non trascurabile da un punto di vista dell'incidenza in massa, si è assegnato ad alcune travi un carico lineare uniformemente distribuito.



149. Pianta del piano primo del modello strutturale realizzato con il codice SAP2000 NL vista 2D, immagine esportata dal codice di calcolo SAP 2000.



150. Immagine del modello strutturale realizzato con SAP2000 NL vista wireframe, immagine esportata dal codice di calcolo SAP 2000.



151. Immagini del modello strutturale realizzato con SAP2000 vista estrusa, immagine esportata dal codice di calcolo SAP 2000 NL.

5.9 – Analisi ai carichi verticali

Per le verifiche flessionali tutti gli elementi strutturali devono soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dalla combinazione dei carichi verticali sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza.
Ai fini delle verifiche di tipo flessionale, la valutazione della capacità resistente è effettuata con riferimento alle resistenze specifiche dei materiali ricavate dai valori medi divisi per il fattore di confidenza FC nel caso in esame pari a 1,20, e per il coefficiente di sicurezza parziale del materiale.
Per i pilastri la verifica è stata effettuata dalla definizione dei domini di resistenza N-M.
Per gli elementi trave si sono stimati i valori dei momenti sollecitanti in corrispondenza delle sezioni d'estremità e di mezzeria.
Per le verifiche a taglio, tutti gli elementi strutturali devono soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dall'azione gravitazionale sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza.
Ai fini delle verifiche di tipo tagliante, la valutazione delle capacità resistenti è effettuata con riferimento alle resistenze specifiche dei materiali ricavate dai valori medi divisi per il fattore di confidenza sempre pari a 1,20, e per il coefficiente di sicurezza parziale del materiale.

5.10 – Verifiche ai carichi verticali

La verifica degli elementi strutturali è stata in tal caso condotta nel rispetto di quanto previsto dalle NTC 2018 per ciò che riguarda le costruzioni civili ed industriali in calcestruzzo armato.

<u>TRAVI</u>

Per gli elementi trave si sono riportati i valori dei momenti sollecitanti M_{Ed} massimi in corrispondenza delle sezioni d'estremità e di mezzeria e confrontati con i valori di momenti sollecitanti M_{Rd} nelle rispettive sezioni, imponendo che tutti gli elementi strutturali debbano soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dall'azione gravitazionale sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza.
Per le verifiche a taglio si sono confrontate l'azione tagliante V_{Ed} in corrispondenza delle due sezioni di estremità e la relativa resistenza di taglio, V_{Rd} controllando che fosse minore.

TRAVI - VERIFICHE SLU PIANO PRIMO[FLESSIONE]										
Piano	Classe	Sezione	Frame	M^{+}_{Ed} [kNm]	M^{-}_{Ed} [kNm]	M^{+}_{Rd} [kNm]	M^{-}_{Rd} [kNm]	Esito	M^{+}_{Ed}/M^{+}_{Rd}	M^{-}_{Ed}/M^{-}_{Rd}
1	Trave di spina	26x60	5	92,50	-136,82	81,31	87,83	NO	1,14	1,56
1	Trave di spina	26x60	7	51,69	-134,55	81,31	87,83	NO	0,64	1,53
1	Trave di spina	26x60	20	55,97	-122,72	81,31	87,83	NO	0,69	1,40
1	Trave di spina	26x60	22	52,73	-113,66	81,31	87,83	NO	0,65	1,29
1	Trave di spina	26x60	24	53,35	-111,73	81,31	87,83	NO	0,66	1,27
1	Trave di spina	26x60	26	55,23	-112,22	81,31	87,83	NO	0,68	1,28
1	Trave di spina	26x60	28	47,35	-130,34	81,31	87,83	NO	0,58	1,48
1	Trave di spina	26x60	30	95,08	-133,91	81,31	87,83	NO	1,17	1,52
1	Trave di spina	26x60	9	49,26	-129,23	81,31	87,83	NO	0,61	1,47
1	Trave di spina	26x60	11	89,59	-135,29	81,31	87,83	NO	1,10	1,54
1	Trave di spina	26x60	16	55,92	-104,97	81,31	87,83	NO	0,69	1,20
1	Trave di spina	26x60	18	55,37	-116,18	81,31	87,83	NO	0,68	1,32
1	Trave di bordo	26x50	63	69,30	-128,97	116,10	126,13	NO	0,60	1,02
1	Trave di bordo	26x50	33/36/44/45/46/52/53/56/59/ 60/61/64/80/8/119/82/83/84/85/86	77,95	-123,97	116,10	126,13	√	0,67	0,98
1	Trave di spina	26x55	35	55,69	-108,81	73,83	79,73	NO	0,75	1,36
1	Trave di spina	26x55	38	54,08	-107,88	73,83	79,73	NO	0,73	1,35
1	Trave di spina	26x55	39	15,79	-70,77	73,83	79,73	√	0,21	0,89
1	Trave di spina	26x55	42	54,14	-108,50	73,83	79,73	NO	0,73	1,36
1	Trave di spina	26x55	43	55,27	-108,22	73,83	79,73	NO	0,75	1,36
1	Trave di spina	26x55	2	81,45	-30,75	109,14	51,22	√	0,75	0,60
1	Trave di bordo	26x55	79	53,72	-107,80	107,74	50,90	NO	0,50	2,12
1	Trave di bordo	25x55-25x75	180/128/188/187/186/183/182/147/ 146/144/143/142/67/62/13/281/181	55,56	-121,87	169,90	126,78	√	0,33	0,96
1	Trave di bordo	25x55-25x75	185	-	-157,52	169,90	126,78	NO	-	1,24
1	Trave di bordo	25x55-25x75	129	-	-231,57	169,90	126,78	NO	-	1,83
1	Trave di bordo	25x55-25x75	130	-	-202,41	169,90	126,78	NO	-	1,60
1	Trave di bordo	25x55-25x75	184	-	-135,11	169,90	126,78	NO	-	1,07
1	Trave di bordo	25x55-25x75	169	-	-131,34	169,90	126,78	NO	-	1,04

1	Trave di bordo	25x55-25x75	131	-	-197,97	169,90	126,78	NO	-	1,56
1	Trave di bordo	25x55-25x75	132	-	-191,78	169,90	126,78	NO	-	1,51
1	Trave di bordo	25x55-25x75	145	-	-133,87	169,90	126,78	NO	-	1,06
1	Trave di bordo	25x55-25x75	133	-	-201,57	169,90	126,78	NO	-	1,59
1	Trave di bordo	25x55-25x75	134	-	-186,13	169,90	126,78	NO	-	1,47
1	Trave di bordo	25x55-25x75	141	-	-145,51	169,90	126,78	NO	-	1,15
1	Trave di bordo	25x55-25x75	135	-	-214,60	169,90	126,78	NO	-	1,69
1	Trave di bordo	25x55-25x75	136	-	-223,05	169,90	126,78	NO	-	1,76
1	Trave di bordo	25x55-25x75	118	-	-150,21	169,90	126,78	NO	-	1,18
1	Trave di spina	26X50	95	58,56	-74,06	66,36	61,07	NO	0,88	1,21
1	Trave di spina	26X50	96	10,85	-59,52	55,79	55,80	NO	0,19	1,07
1	Trave di spina	26X50	97	24,14	-26,19	45,63	29,25	√	0,53	0,90
1	Trave di spina	25X65	98	-0,06	-21,14	19,68	22,69	√	0,00	0,93
1	Trave di spina	25X65	99	19,93	-24,18	26,22	22,69	NO	0,76	1,07
1	Trave di spina	25X66	100	4,36	-2,92	14,03	14,03	√	0,31	0,21
1	Trave secondaria	26x20	88/115	38,83	-22,70	75,00	32,44	√	0,52	0,70
1	Trave secondaria	26x20	116	3,91	-7,28	8,81	8,81	√	0,44	0,83
1	Trave secondaria	26x20	87	2,07	-8,90	8,81	8,81	NO	0,23	1,01
1	Trave secondaria	25x85	91/92/103/104	26,83	-37,35	39,87	39,80	√	0,67	0,94
1	Trave secondaria	25x50-75	117/123	60,73	-27,78	142,88	166,60	√	0,43	0,17

152. Risultati delle verifiche a flessione per carichi verticali delle travi del piano primo.

TRAVI - VERIFICHE SLU COPERTURA[FLESSIONE]										
Piano	Classe	Sezione	Frame	M^{+}_{Ed} [kNm]	M^{-}_{Ed} [kNm]	M^{+}_{Rd} [kNm]	M^{-}_{Rd} [kNm]	Esito	M^{+}_{Ed}/M^{+}_{Rd}	M^{-}_{Ed}/M^{-}_{Rd}
C	Trave di bordo	25x45	410/412/413/414/415/278/279/280/283-288/321/376	33,88	-29,09	86,43	78,23	√	0,39	0,37
C	Trave di bordo	25x45	416/277/105-114/121/122/229-240/241-252	24,61	-53,60	71,06	79,76	√	0,35	0,67
C	Trave di spina	25x65	478/479/449/450-452	55,27	-24,95	155,72	118,12	√	0,35	0,21
C	Trave di spina	25x65	453/217/124-126/137-140/189-192/193-204/205-216	37,46	-78,89	130,74	118,12	√	0,29	0,67
C	Trave di spina	25x65	218-228/120	60,08	-42,41	155,93	118,12	√	0,39	0,36
C	Trave di bordo	25x37	319/320/289-292	29,47	-40,02	81,27	88,68	√	0,36	0,45
C	Trave di bordo	25x37	293/294-299/300-05/306-311/312-318	30,04	-52,70	93,87	88,68	√	0,32	0,59
C	Trave secondaria	50x14	430	2,49	-5,90	3,79	3,79	NO	0,66	1,56
C	Tegolo A	26x60	370-400	5,66	-5.45	35,00	17,20	√	0,16	0,32
C	Tegolo B	26x60	401-407	2,55	-5,00	33,68	18,64	√	0,15	0,27

153. Risultati delle verifiche a flessione per carichi verticali delle travi della copertura.

TRAVI - VERIFICHE SLU PIANO PRIMO [TAGLIO]							
Piano	Classe	Sezione	Frame	V_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	Esito	V_{Ed}/V_{Rd}
1	Trave di spina	26x60	5/7/20/22/24/26/28/30/9/11/16/18	111,48	139,57	√	0,80
1	Trave di bordo	26x50	63/33/36/44/45/46/52/53/56/59/60/61 /64/80/8/119/82/83/84/85/86	93,04	115,64	√	0,80
1	Trave di spina	26x55	35/38/39/42/43	61,69	71,50	√	0,86
1	Trave di spina	26x55	2	44,64	72,34	√	0,62
1	Trave di bordo	26x55	79	60,26	71,50	√	0,84
1	Trave di bordo	25x55-25x75	180/128/188/187/186/183/182/147/146/144/ 143/142/67/62/13/281/181/185/ 129/130/184/169/131/132/145/133/134/141/ 135/136/118	106,10	128,10	√	0,83
1	Trave di spina	26X50	95	48,02	64,49	√	0,74
1	Trave di spina	26X50	96	35,20	64,49	√	0,55
1	Trave di spina	26X50	97/98/99/100	29,63	30,56	√	0,97
1	Trave secondaria	26x20	88/115	52,28	72,62	√	0,72
1	Trave secondaria	26x20	116/87	6,27	23,55	√	0,27
1	Trave secondaria	25x85	91/92/103/104	24,12	30,28	√	0,80
1	Trave secondaria	25x50-75	117/123	46,16	140,56	√	0,33

153. Risultati delle verifiche a taglio per carichi verticali delle travi del piano primo.

TRAVI - VERIFICHE SLU COPERTURA [TAGLIO]							
Piano	Classe	Sezione	Frame	V_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	Esito	V_{Ed}/V_{Rd}
C	Trave di bordo	25x45	410/412/413/414/415/278/279/280/283-288/321/376	31,66	104,67	√	0,30
C	Trave di bordo	25x45	416/277/105-114/121/122/229-240/241-252	31,66	104,67	√	0,30
C	Trave di spina	25x65	478/479/449/450-452	36,52	153,02	√	0,24
C	Trave di spina	25x65	453/217/124-126/137-140/189-192/193-204/205-216	43,91	153,02	√	0,29
C	Trave di spina	25x65	218-228/120	46,96	153,02	√	0,31
C	Trave di bordo	25x37	319/320/289-292	30,47	83,24	√	0,37
C	Trave di bordo	25x37	293/294-299/300-05/306-311/312-318	30,69	83,24	√	0,37
C	Trave secondaria	50x14	430	6,18	15,14	√	0,41
C	Tegolo A	26x60	370-400	5,02	23,36	√	0,21
C	Tegolo B	26x60	40-407	4,11	23,36	√	0,18

154. Risultati delle verifiche a taglio per carichi verticali delle travi della copertura.

Dato che la normativa vigente permette la ridistribuzione dei momenti flettenti[26], tutte le travi non verificate a momento negativo con un rapporto tra M_{Rd} e M_{Ed} inferiore a 1 e maggiore di 0,7, possono essere considerate verificate, diminuendo enormemente il numero degli elementi strutturali non verificati. Data la presenza di balconi e scale a sbalzo di trave, è stato necessario verificare a torsione le sezioni delle travi. Si riportano di seguito i risultati delle verifiche.

TRAVI - VERIFICHE SLU PIANO PRIMO[TORSIONE]							
Piano	Classe	Sezione	Frame	M_{Ed} [kNm]	M_{Rd} [kNm]	Esito	M_{Ed}/M_{Rd}
1	Trave secondaria	25x50-75	117/123	5,20	6,40	√	0,81
1	Trave porta scale	26x65	-	25,00	25,13	√	0,99

155. Risultati delle verifiche a torsione delle travi di bordo.

BALCONI

Data la presenza di elementi in calcestruzzo armato a sbalzo di trave è stato necessario verificare la sezione resistente a taglio e flessione.

SOLETTE A SBALZO - VERIFICHE SLU PIANO PRIMO[FLESSIONE]						
Piano	Classe	Frame	M_{Ed} [kNm]	M_{Rd} [kNm]	Esito	M_{Ed}/M_{Rd}
1	Balcone frontale	-	90,10	83,50	NO	1,08
1	Balcone tergale	-	5,20	7,79	√	0,67
1	Balcone laterale	-	5,20	23,75	√	0,22
1	Sbalzo tergale	-	3,70	5,98	√	0,62
1	Sbalzo frontale	-	3,70	5,98	√	0,62

156. Risultati delle verifiche a flessione dei balconi.

SOLETTE A SBALZO - VERIFICHE SLU PIANO PRIMO[TAGLIO]						
Piano	Classe	Frame	V_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	Esito	V_{Ed}/V_{Rd}
1	Balcone frontale	-	65,00	90,97	√	0,71
1	Balcone tergale	-	11,11	18,69	√	0,59
1	Balcone laterale	-	11,10	81,00	√	0,14
1	Sbalzo tergale	-	6,20	21,43	√	0,29
1	Sbalzo frontale	-	6,20	21,43	√	0,29

157. Risultati delle verifiche a taglio dei balconi.

SOLAI

Sono state condotte le verifiche flessionali e taglianti dei solai del piano primo e di copertura, imponendo che tutti gli elementi strutturali debbano soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dall'azione gravitazionale sia inferiore o uguale alla corrispondente

resistenza. In corrispondenza della trave a sezione variabile del piano primo (situata nell'area bar) è stata considerata la presenza di una soletta armata di spessore 20 cm con barre di armatura longitudinali Φ12 con passo 10 cm.

SOLAI - VERIFICHE SLU [FLESSIONE]										
Piano	Classe	Sezione	Frame	M^+_{Ed} [kNm]	M^-_{Ed} [kNm]	M^+_{Rd} [kNm]	M^-_{Rd} [kNm]	Esito	M^+_{Ed}/M^+_{Rd}	M^-_{Ed}/M^-_{Rd}
1	Solaio 16+4	-	-	12,60	6,30	8,26	3,94	NO	1,53	1,60
1	Solaio 20+5	-	-	6,30	12,50	9,50	4,43	NO	0,66	2,82
1	Solaio sbalzo	-	-	-	42,80	21,36	21,36	NO	-	2,00
C	Solaio 10+3	-	-	1,90	3,90	4,40	1,77	NO	0,43	2,20

158. Risultati delle verifiche a flessione dei solai.

SOLAI - VERIFICHE SLU [TAGLIO]						
Piano	Classe	Frame	V_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	Esito	V_{Ed}/V_{Rd}
1	Solaio 16+4	-	17,9	10,11	NO	1,77
1	Solaio 20+5	-	17,9	11,26	NO	1,59
C	Solaio 10+3	-	7,58	7,50	NO	1,01

159. Risultati delle verifiche a taglio dei solai.

PILASTRI

Relativamente ai pilastri vengono considerati gli elementi distinti per tipo e per piano, realizzando una verifica a taglio per l'elemento più sollecitato, e una verifica a pressoflessione considerando due gruppi di sollecitazioni: N_{max}, $M_{x,max}$, $M_{y,max}$ e N_{min}, $M_{x,max}$, $M_{y,max}$. Qualora si abbia la presenza di classi di pilastri che non risultino all'interno del dominio di resistenza di uno dei due casi limite (o di entrambi) si procederà alla verifica di tutti gli elementi appartenenti alla classe non verificata, per individuare quali siano effettivamente le sezioni con criticità.

PILASTRI - VERIFICHE SLU [PRESSO-FLESSIONE]													
PI.	Classe	Frame	N_{Ed} [kN]	$M_{x,Ed}$ [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	N_{Rd} (M=0) [kN]	$M_{x,Rd}$ [kNm]	$M_{y,Rd}$ [kNm]	Tipo verifica	Esito	N_{Ed}/N_{Rd}	$M_{x,Ed}/M_{x,Rd}$	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$
0-1	Pilastro 20x25 MAX		185,92	9,07	5,06	981,56	22,19	12,63	PF deviata	√	0,19	0,41	0,40
0-1	Pilastro 20x25 MIN		121,05	9,07	5,06	981,56	19,49	10,97	PF deviata	√	0,12	0,47	0,46
0	Pilastro 26x26 MAX		304,06	9,18	14,93	1291,98	19,05	32,58	PF deviata	√	0,24	0,48	0,46
0	Pilastro 26x26 MIN		131,80	9,18	14,93	1291,98	14,14	23,33	PF deviata	√	0,10	0,65	0,64
0	Pilastro 26x30 MAX		195,27	5,03	18,22	1475,41	8,69	31,58	PF deviata	√	0,13	0,58	0,58
0	Pilastro 26x30 MIN		102,28	5,03	18,22	1475,41	6,18	23,06	PF deviata	√	0,07	0,81	0,79
0	Pilastro 30x26 MAX		271,71	36,02	31,18	1475,41	30,4	27,03	PF deviata	NO	0,18	1,18	1,15

0	Pilastro 30x26 MIN		42,50	36,02	31,18	1475,41	15,85	13,79	PF deviata	NO	0,03	2,27	2,26
0	*sez. 0 m MAX*	57	53,86	-7,55	7,30	1475,41	-16,49	15,91	PF deviata	√	0,04	0,46	0,46
0	*sez. 0 m MIN*		50,23	-7,13	6,71	1475,41	-16,32	15,21	PF deviata	√	0,03	0,44	0,44
0	*sez. 3,05 m MAX*		46,13	3,52	-14,27	1475,41	5,44	-19,74	PF deviata	√	0,03	0,65	0,72
0	*sez. 3,05 m MIN*		42,5	3,30	-13,12	1475,41	5,77	-19,27	PF deviata	√	0,03	0,57	0,68
0	*sez. 0 m MAX*	65	112,91	4,37	-16,58	1475,41	7,51	-27,59	PF deviata	√	0,08	0,58	0,60
0	*sez. 0 m MIN*		101,81	4,07	-14,90	1475,41	7,22	-26,43	PF deviata	√	0,07	0,56	0,56
0	*sez. 3,05 m MAX*		105,18	-0,44	31,17	1475,41	-0,95	27,48	PF deviata	NO	0,07	0,46	1,13
0	*sez. 3,05 m MIN*		94,07	-0,26	27,87	1475,41	-1,4	26,06	PF deviata	NO	0,06	0,19	1,07
0	*sez. 0 m MAX*	34	274,40	1,96	-2,89	1475,41	24,17	-34,69	PF deviata	√	0,19	0,08	0,08
0	*sez. 0 m MIN*		252,45	1,89	-2,51	1475,41	24,84	-32,4	PF deviata	√	0,17	0,08	0,08
0	*sez. 3,05 m MAX*		266,67	1,33	6,54	1475,41	8,52	43,16	PF deviata	√	0,18	0,16	0,15
0	*sez. 3,05 m MIN*		244,72	1,20	5,73	1475,41	8,18	41,3	PF deviata	√	0,17	0,15	0,14
0	*sez. 0 m MAX*	78	185,96	-23,55	3,68	1475,41	-31,48	4,65	PF deviata	√	0,13	0,75	0,79
0	*sez. 0 m MIN*		173,87	-22,31	3,22	1475,41	-30,31	4,3	PF deviata	√	0,12	0,74	0,75
0	*sez. 3,5 m MAX*		178,23	36,02	-10,22	1475,41	30,1	-8,47	PF deviata	NO	0,12	1,20	1,21
0	*sez. 3,05 m MIN*		166,14	34,14	-9,15	1475,41	29,22	-6,99	PF deviata	NO	0,11	1,17	1,31
0	*sez. 0 m MAX*	32	135,42	16,58	-2,71	1475,41	26,55	-4,32	PF deviata	√	0,09	0,62	0,63
0	*sez. 0 m MIN*		127,22	15,71	-2,44	1475,41	25,77	-3,54	PF deviata	√	0,09	0,61	0,69
0	*sez. 3,5 m MAX*		127,69	-25,23	6,18	1475,41	-25,59	6,24	PF deviata	√	0,09	0,99	0,99
0	*sez. 3,05 m MIN*		119,49	-23,91	5,58	1475,41	-24,83	5,58	PF deviata	√	0,08	0,96	1,00
0	Pilastro 30x26 (6fi12) MAX		486,09	13,24	18,80	1525,26	30,88	44	PF deviata	√	0,32	0,43	0,43
0	Pilastro 30x26 (6fi12) MIN		220,04	13,24	18,80	1525,26	24,01	34,62	PF deviata	√	0,14	0,55	0,54
0	Pilastro 42x25 MAX		91,56	10,52	40,02	1951,63	11,46	43,99	PF deviata	√	0,05	0,92	0,91
0	Pilastro 42x25 MIN		61,39	10,52	40,02	1951,63	10	39,36	PF deviata	NO	0,03	1,05	1,02
1	*sez. 3,05 m MAX*	360	73,90	9,01	-38,98	1951,63	9,89	-41,53	PF deviata	√	0,04	0,91	0,94
1	*sez. 3,05 m MIN*		74,30	8,54	-36,74	1951,63	9,88	-41,6	PF deviata	√	0,04	0,87	0,88
1	*sez. 6,97 m MAX*		60,53	-7,45	40,02	1951,63	-7,76	39,76	PF deviata	NO	0,03	0,96	1,01
1	*sez. 6,97 m MIN*		60,93	-7,23	39,84	1951,63	-7,33	39,92	PF deviata	√	0,03	0,99	1,00
1	*sez. 3,05 m MAX*	361	74,36	10,51	37,47	1951,63	11,21	41,21	PF deviata	√	0,04	0,94	0,91
1	*sez. 3,05 m MIN*		74,75	10,06	35,23	1951,63	11,63	41,14	PF deviata	√	0,04	0,87	0,86
1	*sez. 6,97 m MAX*		60,98	-8,21	-39,84	1951,63	-7,75	-39,84	PF deviata	NO	0,03	1,06	1,00
1	*sez. 6,97 m MIN*		61,37	-8,04	-39,6	1951,63	-7,74	-39,91	PF deviata	NO	0,03	1,04	0,99
1	*sez. 3,05 m MAX*	481	84,29	7,68	-8,34	1951,63	24,43	-26,28	PF deviata	√	0,04	0,31	0,32
1	*sez. 3,05 m MIN*		82,35	7,61	-8,02	1951,63	24,38	-25,47	PF deviata	√	0,04	0,31	0,32
1	*sez. 6,97 m MAX*		73,03	-2,39	24,95	1951,63	-4,19	42,59	PF deviata	√	0,04	0,57	0,59

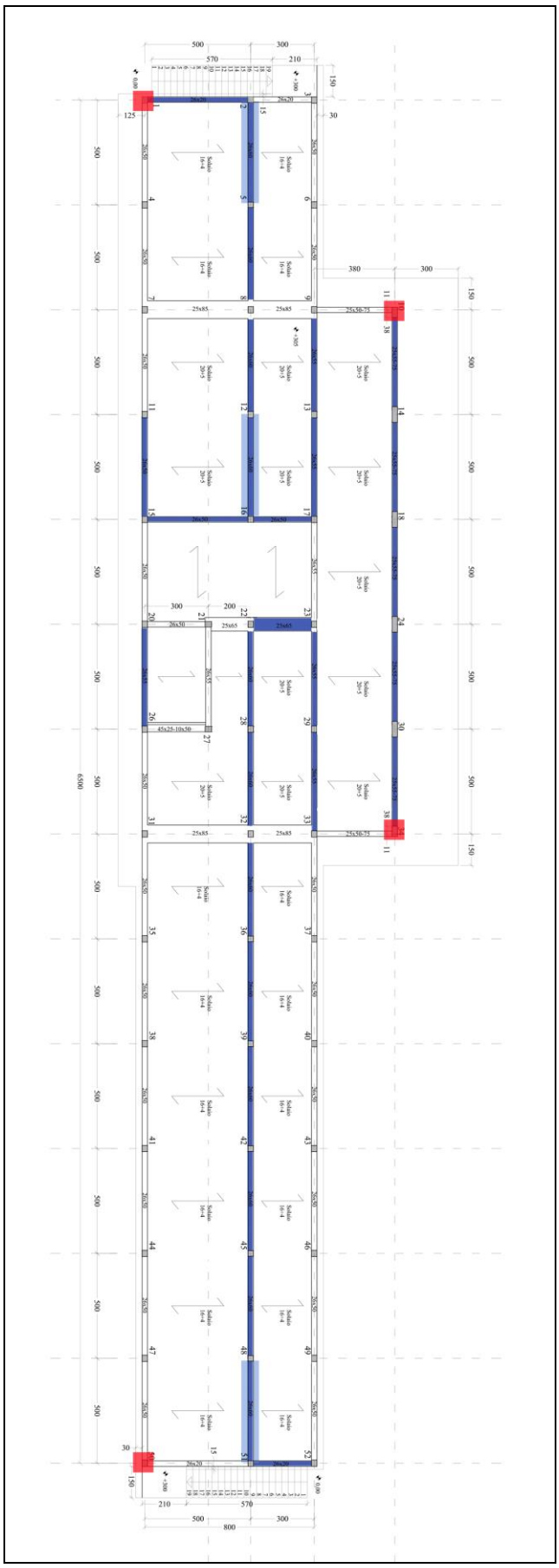
1	*sez. 6,97 m MIN*		71,09	-2,34	24,22	1951,63	-4,24	42,24	PF deviata	√	0,04	0,55	0,57
1	*sez. 3,05 m MAX*	487	80,29	2,49	-24,67	1951,63	4,59	-43,81	PF deviata	√	0,04	0,54	0,56
1	*sez. 3,05 m MIN*		78,34	2,45	-24,03	1951,63	4,64	-43,66	PF deviata	√	0,04	0,53	0,55
1	*sez. 6,97 m MAX*		91,55	-9,11	7,33	1951,63	-25,94	20,7	PF deviata	√	0,05	0,35	0,35
1	*sez. 6,97 m MIN*		89,60	-9,06	7,05	1951,63	-25,91	18,9	PF deviata	√	0,05	0,35	0,37
1	*sez. 3,05 m MAX*	488	47,66	-3,88	24,20	1951,63	-6,52	37,72	PF deviata	√	0,02	0,60	0,64
1	*sez. 3,05 m MIN*		48,59	-3,84	24,62	1951,63	-5,97	37,97	PF deviata	√	0,02	0,64	0,65
1	*sez. 6,97 m MAX*		60,46	10,52	-9,35	1951,63	22,87	-19,87	PF deviata	√	0,03	0,46	0,47
1	*sez. 6,97 m MIN*		61,39	10,43	-9,60	1951,63	22,97	-19,84	PF deviata	√	0,03	0,45	0,48
1	*sez. 3,05 m MAX*	493	57,92	-9,12	-27,86	1951,63	-12,18	-38,11	PF deviata	√	0,03	0,75	0,73
1	*sez. 3,05 m MIN*		58,89	-9,07	-28,32	1951,63	-12,17	-38,28	PF deviata	√	0,03	0,75	0,74
1	*sez. 6,97 m MAX*		70,71	10,25	11,36	1951,63	22,99	26,16	PF deviata	√	0,04	0,45	0,43
1	*sez. 6,97 m MIN*		71,68	10,22	11,47	1951,63	23,08	26,22	PF deviata	√	0,04	0,44	0,44
0	Pilastro nerviano laterale 1 MAX		349,40	-16,68	-51,13	2243,00	-35	-110	PF deviata	√	0,16	0,48	0,46
0	Pilastro nerviano laterale 1 MIN		348,14	-16,68	-51,13	2243,00	-34,93	-108,9	PF deviata	√	0,16	0,48	0,47
0	Pilastro nerviano laterale 2 MAX		352,67	8,86	-22,86	2378,00	32,98	-86,86	PF deviata	√	0,15	0,27	0,26
0	Pilastro nerviano laterale 2 MIN		351,83	8,86	-22,86	2378,00	32,94	-86,74	PF deviata	√	0,15	0,27	0,26
0	Pilastro nerviano laterale 3 MAX		354,29	4,03	-18,87	2209,00	16,9	-81,83	PF deviata	√	0,16	0,24	0,23
0	Pilastro nerviano laterale 3 MIN		353,45	4,03	-18,87	2209,00	16,86	-81,72	PF deviata	√	0,16	0,24	0,23
0	Pilastro nerviano laterale 4 MAX		355,56	5,65	-14,84	2145,00	22,66	-60,6	PF deviata	√	0,17	0,25	0,24
0	Pilastro nerviano laterale 4 MIN		354,58	5,65	-14,84	2145,00	22,6	-60,5	PF deviata	√	0,17	0,25	0,25
0	Pilastro nerviano laterale 5 MAX		357,08	10,47	-7,93	2126,00	45,69	-35,52	PF deviata	√	0,17	0,23	0,22
0	Pilastro nerviano laterale 5 MIN		355,71	10,47	-7,93	2126,00	45,58	-35,44	PF deviata	√	0,17	0,23	0,22
0	Pilastro nerviano laterale 6 MAX		358,20	-15,30	17,29	1851,00	-33,13	36,98	PF deviata	√	0,19	0,46	0,47

0	Pilastro nerviano laterale 6 MIN	356,75	-15,30	17,29	1851,00	-33,13	36,9	PF deviata	√	0,19	0,46	0,47
0	Pilastro nerviano centrale 1 MAX	542,04	1,90	28,61	3412,00	12,72	196,5	PF deviata	√	0,16	0,15	0,15
0	Pilastro nerviano centrale 1 MIN	511,12	1,90	28,61	3412,00	12,22	189,3	PF deviata	√	0,15	0,16	0,15
0	Pilastro nerviano centrale 2 MAX	544,64	1,58	19,79	2940,00	13	157,7	PF deviata	√	0,19	0,12	0,13
0	Pilastro nerviano centrale 2 MIN	513,71	1,58	19,79	2940,00	12,78	152,9	PF deviata	√	0,17	0,12	0,13
0	Pilastro nerviano centrale 3 MAX	546,86	2,46	14,38	2557,00	19,91	114,5	PF deviata	√	0,21	0,12	0,13
0	Pilastro nerviano centrale 3 MIN	515,93	2,46	14,38	2557,00	19,36	111,3	PF deviata	√	0,20	0,13	0,13
0	Pilastro nerviano centrale 4 MAX	548,77	3,46	8,96	2245,00	32,24	82,19	PF deviata	√	0,24	0,11	0,11
0	Pilastro nerviano centrale 4 MIN	517,85	3,46	8,96	2245,00	31,88	79,95	PF deviata	√	0,23	0,11	0,11
0	Pilastro nerviano centrale 5 MAX	550,46	4,46	3,55	2021,00	60,44	46,68	PF deviata	√	0,27	0,07	0,08
0	Pilastro nerviano centrale 5 MIN	519,54	4,46	3,55	2021,00	58,56	45,93	PF deviata	√	0,26	0,08	0,08
0	Pilastro nerviano centrale 6 MAX	553,06	5,46	7,27	2023,00	38,21	55,68	PF deviata	√	0,27	0,14	0,13
0	Pilastro nerviano centrale 6 MIN	521,07	5,46	7,27	2023,00	37,87	54,86	PF deviata	√	0,26	0,14	0,13

160. Risultati delle verifiche a presso-flessione dei pilastri.

PILASTRI - VERIFICHE SLU [TAGLIO]						
Pi.	Classe	Frame	$V_{Ed,max}$ [kN]	V_{Rd} [kN]	Esito	V_{Ed}/V_{Rd}
0-1	Pilastro 20x25		4,55	30,56	√	0,15
0	Pilastro 26x26		7,33	31,96	√	0,23
0	Pilastro 26x30		9,09	37,57	√	0,24
0	Pilastro 30x26		19,53	31,96	√	0,61
0	Pilastro 30x26 (6fi12)		9,09	31,96	√	0,28
0	Pilastro 42x25		20,15	30,56	√	0,66
0	Pilastro nerviano laterale 1		37,70	91,51	√	0,41
0	Pilastro nerviano laterale 2		10,48	107,09	√	0,10
0	Pilastro nerviano laterale 3		10,48	122,67	√	0,09
0	Pilastro nerviano laterale 4		17,72	138,24	√	0,13
0	Pilastro nerviano laterale 5		23,10	153,82	√	0,15
0	Pilastro nerviano laterale 6		29,06	169,39	√	0,17
0	Pilastro nerviano centrale 1		11,77	91,51	√	0,13
0	Pilastro nerviano centrale 2		11,77	107,09	√	0,11
0	Pilastro nerviano centrale 3		11,77	122,67	√	0,10
0	Pilastro nerviano centrale 4		11,77	138,24	√	0,09
0	Pilastro nerviano centrale 5		11,77	153,82	√	0,08
0	Pilastro nerviano centrale 6		11,77	169,39	√	0,07

161. Risultati delle verifiche a taglio dei pilastri.



162. Carpenteria del piano primo con individuazione dei pilastri non verificati a presso flessione (rosso) e travi non verificate a flessione positiva (blu) e negativa (azzurro).

5.11 – Verifica degli spostamenti degli impalcati di piano e di copertura

La norma prevede che l'azione sismica di progetto per il livello d'intensità con P_{VR} del 63%/V_R non produca sugli elementi costruttivi senza funzione strutturale danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile. Questa condizione è da ritenersi soddisfatta quando gli spostamenti interpiano ottenuti dall'analisi siano inferiori al limite: $d_r < 0{,}005h$ dove h è l'altezza interpiano e d_r e lo spostamento di piano di progetto. È stata condotta l'analisi degli spostamenti per lo stato limite di danno ottenendo come risultato tutte le verifiche soddisfatte. Tale relazione è valida per tamponamenti collegati rigidamente alla struttura che interferiscono con la deformabilità della stessa. Come riportato nelle successive tabelle gli spostamenti di piano risultano ampiamente verificati.

Palazzina spogliatoi

1) P1

d_r [m] =	0.0087
h [m] =	3.92
0.005 h [m] =	0.0196

VERIFICATO

2) Copertura

d_r [m] =	0.0030
h [m] =	3.05
0.005 h [m] =	0.01525

VERIFICATO

163. Risultati delle verifiche di spostamento degli impalcati di piano e di copertura.

5.12 – Verifiche sismiche di resistenza (azioni con P_{VR} 10% / V_R)

TRAVI

Come richiesto nel paragrafo 7.4.4.1.1 delle NTC 2008 il primo passo procedurale di verifica deve riguardare la resistenza, da condurre come già effettuato in relazione ai carichi verticali. Tuttavia, dalle analisi effettuate emerge che le sollecitazioni agenti nella combinazione sismica con P_{VR} del 10%/V_R sono quasi sempre inferiori a quelle che derivano dall'analisi agli SLU per carichi verticali, come prevedibile; per le travi infatti sono dimensionanti i carichi verticali, che nella combinazione sismica risultano meno gravosi in quanto non incrementati dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qi}. Tale considerazione è valida sia per le sollecitazioni flessionali che per gli sforzi taglianti.

TRAVI - VERIFICHE SLV PIANO PRIMO[FLESSIONE]										
Piano	Classe	Sezione	Frame	M^+_{Ed} [kNm]	M^-_{Ed} [kNm]	M^+_{Rd} [kNm]	M^-_{Rd} [kNm]	Esito	M^+_{Ed}/M^+_{Rd}	M^-_{Ed}/M^-_{Rd}
1	Trave di spina	26x60	5/16/22/24/26/28/30	59,90	-89,50	94,30	102,00	√	0,64	0,88
1	Trave di spina	26x60	7	52,00	-148,20	94,30	102,00	NO	0,55	1,45
1	Trave di spina	26x60	20	63,13	-153,39	94,30	102,00	NO	0,67	1,50
1	Trave di spina	26x60	9	58,28	-133,50	94,30	102,00	NO	0,62	1,31
1	Trave di spina	26x60	11	67,60	-106,15	94,30	102,00	NO	0,72	1,04
1	Trave di spina	26x60	18	58,95	-138,04	94,30	102,00	NO	0,63	1,35
1	Trave di bordo	26x50	33/36/44/45/46/52/53/56/59/60/61/63/ 64/80/8/119/82/83/84/85/86	50,81	-120,06	135,24	146,22	√	0,38	0,82
1	Trave di spina	26x55	35/38/39/42/43	38,47	-83,76	85,70	92,58	√	0,45	0,90
1	Trave di spina	26x55	2	50,48	-45,19	126,79	59,64	√	0,40	0,76
1	Trave di bordo	26x55	79	36,20	-85,53	125,22	59,50	NO	0,29	1,44
1	Trave di bordo	25x55-25x75	187/186/184/183/182/147/146/143/ 142/67/62	82,58	-145,21	198,21	146,70	√	0,42	0,99
1	Trave di bordo	25x55-25x75	128	79,00	-183,76	72,78	146,70	NO	1,07	1,25
1	Trave di bordo	25x55-25x75	188	-	-150,26	198,21	146,70	NO	-	1,02
1	Trave di bordo	25x55-25x75	144	-	-148,97	198,21	146,70	NO	-	1,02
1	Trave di bordo	25x55-25x75	13	-	-160,96	198,21	146,70	NO	-	1,10
1	Trave di bordo	25x55-25x75	185	-	-177,06	198,21	146,70	NO	-	1,21
1	Trave di bordo	25x55-25x75	129	-	-238,17	198,21	146,70	NO	-	1,62

1	Trave di bordo	25x55-25x75	130	-	-197,92	198,21	146,70	NO	-	1,35
1	Trave di bordo	25x55-25x75	281	78,00	-196,19	72,78	146,70	NO	1,07	1,34
1	Trave di bordo	25x55-25x75	169	-	-147,78	198,21	146,70	NO	-	1,01
1	Trave di bordo	25x55-25x75	131	-	-200,86	198,21	146,70	NO	-	1,37
1	Trave di bordo	25x55-25x75	132	-	-195,70	198,21	146,70	NO	-	1,33
1	Trave di bordo	25x55-25x75	145	-	-148,45	198,21	146,70	NO	-	1,01
1	Trave di bordo	25x55-25x75	133	-	-202,15	198,21	146,70	NO	-	1,38
1	Trave di bordo	25x55-25x75	134	-	-202,92	198,21	146,70	NO	-	1,38
1	Trave di bordo	25x55-25x75	141	-	-166,88	198,21	146,70	NO	-	1,14
1	Trave di bordo	25x55-25x75	135	-	-222,82	198,21	146,70	NO	-	1,52
1	Trave di bordo	25x55-25x75	136	-	-245,29	198,21	146,70	NO	-	1,67
1	Trave di bordo	25x55-25x75	180	78,00	-138,72	72,78	146,70	NO	1,07	0,95
1	Trave di bordo	25x55-25x75	181	79,00	-138,67	72,78	146,70	NO	1,09	0,95
1	Trave di bordo	25x55-25x75	118	-	-184,05	198,21	146,70	NO	-	1,25
1	Trave di spina	26X50	95	38,96	-64,85	77,10	71,23	√	0,51	0,91
1	Trave di spina	26X50	96	18,64	-53,99	65,10	65,14	√	0,29	0,83
1	Trave di spina	26X50	97	23,06	-31,27	52,92	34,18	√	0,44	0,91
1	Trave di spina	25X65	98	8,56	-25,35	22,65	26,14	√	0,38	0,97
1	Trave di spina	25X65	99	15,91	-29,09	30,30	26,14	NO	0,53	1,11
1	Trave di spina	25X66	100	19,87	-20,59	16,15	16,15	NO	1,23	1,27
1	Trave secondaria	26x20	88	83,90	-50,56	86,96	37,94	NO	0,96	1,33
1	Trave secondaria	26x20	115	17,75	-11,32	86,96	37,94	√	0,20	0,30
1	Trave secondaria	26x20	116	8,06	-10,96	7,80	7,80	NO	1,03	1,41
1	Trave secondaria	26x20	87	6,34	-14,81	7,80	7,80	NO	0,81	1,90
1	Trave secondaria	25x85	91/103	24,00	-51,30	85,83	66,79	√	0,28	0,77
1	Trave secondaria	25x85	92/104	15,80	-30,34	36,11	37,10	√	0,44	0,82
1	Trave secondaria	25x50-75	117/123	51,78	-67,23	165,73	192,63	√	0,31	0,35

164. Risultati delle ver. a flessione degli el. sottoposti alla combinazione sismica di azioni con P_{VR} del 10% / VR.

TRAVI - VERIFICHE SLV PIANO PRIMO [TAGLIO]							
Piano	Classe	Sezione	Frame	V_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	Esito	V_{Ed}/V_{Rd}
1	Trave di spina	26x60	5/7/20/22/24/26/28/30/9/11/16/18	76,11	140,56	√	0,54
1	Trave di bordo	26x50	63/33/36/44/45/46/52/53/56/59/60/61/64 /80/8/119/82/83/84/85/86	63,91	115,64	√	0,55

1	Trave di spina	26x55	35/38/39/42/43	43,11	128,10	√	0,34
1	Trave di spina	26x55	2	33,93	72,34	√	0,47
1	Trave di bordo	26x55	79	42,46	128,10	√	0,33
1	Trave di bordo	25x55-25x75	180/128/188/187/186/183/182/ 147/146/144143/142/67/62/13/281/181/185/ 129/130/184/169/131/132/145/133/ 134/141/135/136/118	94,02	128,10	√	0,73
1	Trave di spina	26X50	95	34,92	65,61	√	0,53
1	Trave di spina	26X50	96	29,33	65,61	√	0,45
1	Trave di spina	26X50	97/98/99/100	25,73	30,56	√	0,84
1	Trave secondaria	26x20	88	74,99	72,62	NO	1,03
1	Trave secondaria	26x20	115	12,87	72,62	√	0,18
1	Trave secondaria	26x20	116/87	9,61	23,69	√	0,41
1	Trave secondaria	25x85	91/92/103/104	23,60	30,28	√	0,78
1	Trave secondaria	25x50-75	117/123	38,41	140,56	√	0,27

165. Risultati delle verifiche a taglio degli elementi sottoposti alla combinazione sismica di azioni con P_{VR} del 10% / VR.

TRAVI - VERIFICHE SLV COPERTURA[FLESSIONE]										
Piano	Classe	Sezione	Frame	M^+_{Ed} [kNm]	M^-_{Ed} [kNm]	M^+_{Rd} [kNm]	M^-_{Rd} [kNm]	Esito	M^+_{Ed}/M^+_{Rd}	M^-_{Ed}/M^-_{Rd}
C	Trave di bordo	25x45	414/415/277-280/282/283	55,01	-86,16	100,61	90,90	√	0,55	0,95
C	Trave di bordo	25x45	410	50,00	-83,40	42,10	90,90	NO	1,19	0,92
C	Trave di bordo	25x45	411	48,00	-78,41	42,10	90,90	NO	1,14	0,86
C	Trave di bordo	25x45	412	44,00	-45,53	42,10	90,90	NO	1,05	0,50
C	Trave di bordo	25x45	413	43,00	-21,59	42,10	90,90	NO	1,02	0,24
C	Trave di bordo	25x45	284	42,00	-8,65	42,10	90,90	NO	1,00	0,10
C	Trave di bordo	25x45	285	42,00	-18,08	42,10	90,90	NO	1,00	0,20
C	Trave di bordo	25x45	286	43,00	-29,76	42,10	90,90	NO	1,02	0,33
C	Trave di bordo	25x45	287	45,00	-43,77	42,10	90,90	NO	1,07	0,48
C	Trave di bordo	25x45	288	50,00	-60,38	42,10	90,90	NO	1,19	0,66
C	Trave di bordo	25x45	321	51,00	-79,91	42,10	90,90	NO	1,21	0,88
C	Trave di bordo	25x45	276	53,00	-86,16	42,10	90,90	NO	1,26	0,95
C	Trave di bordo	25x45	416/277/105-114/121/122/229-240/241-252	19,55	-44,26	82,47	92,40	√	0,24	0,48
C	Trave di spina	25x65	449/450-452	113,75	-88,95	180,88	136,76	√	0,63	0,65
C	Trave di spina	25x65	478	113,00	-148,19	62,30	136,76	NO	1,81	1,08
C	Trave di spina	25x65	479	113,00	-140,55	62,30	136,76	NO	1,81	1,03
C	Trave di spina	25x65	449	100,00	-88,95	62,30	136,76	NO	1,61	0,65
C	Trave di spina	25x65	450	75,00	-48,62	62,30	136,76	NO	1,20	0,36

C	Trave di spina	25x65	226	100,00	-19,12	62,30	136,76	NO	1,61	0,14
C	Trave di spina	25x65	227	75,00	-20,63	62,30	136,76	NO	1,20	0,15
C	Trave di spina	25x65	453/217/124-126/137-140/189-192/193-204/205-216	31,02	-89,35	151,57	136,76	√	0,20	0,65
C	Trave di spina	25x65	228	116,36	-139,69	180,88	136,76	NO	0,64	1,02
C	Trave di spina	25x65	120	114,76	-148,96	180,88	136,76	NO	0,63	1,09
C	Trave di spina	25x65	217-227	116,39	-111,00	180,88	136,76	√	0,64	0,81
C	Trave di bordo	25x37	319/320/289-292	39,90	-76,47	109,94	103,00	√	0,36	0,74
C	Trave di bordo	25x37	293/294-299/300-05/306-311/312-318	40,33	-76,65	95,26	103,00	√	0,42	0,74
C	Trave secondaria	50x14	430	4,14	-10,85	4,36	4,36	NO	0,95	2,49
C	Tegolo A	-	370-394/402-406	17,61	-25,81	45,71	22,54	√	0,39	1,15
C	Tegolo B	-	407	25,83	-29,60	45,71	22,54	NO	0,39	1,31
C	Tegolo A	-	400	17,61	-25,81	44,07	24,33	NO	0,39	1,06
C	Tegolo B	-	395-401	17,45	-15,07	44,07	24,33	√	0,40	0,62

166. Risultati delle verifiche a flessione degli elemnti sottoposti alla combinazione sismica di azioni con P_{VR} del 10% / VR.

TRAVI - VERIFICHE SLV COPERTURA [TAGLIO]							
Piano	Classe	Sezione	Frame	V_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	Esito	V_{Ed}/V_{Rd}
C	Trave di bordo	25x45	410/412/413/414/415/278/279/280/283-288/321/376	32,81	103,18	√	0,32
C	Trave di bordo	25x45	416/277/105-114/121/122/229-240/241-252	32,81	104,67	√	0,31
C	Trave di spina	25x65	478/479/449/450-452	43,04	153,02	√	0,28
C	Trave di spina	25x65	453/217/124-126/137-140/189-192/193-204/205-216	48,58	153,02	√	0,32
C	Trave di spina	25x65	218-228/120	50,81	153,02	√	0,33
C	Trave di bordo	25x37	319/320/289-292	28,70	83,24	√	0,34
C	Trave di bordo	25x37	293/294-299/300-05/306-311/312-318	28,90	83,24	√	0,35
C	Trave secondaria	50x14	430	8,25	15,14	√	0,54
C	Tegolo A	26x60	370-400	9,17	23,36	√	0,39
C	Tegolo B	26x60	401-407	15,05	23,36	√	0,64

167. Risultati delle verifiche taglio degli elementi sottoposti alla combinazione sismica di azioni con P_{VR} del 10% / VR.

TRAVI - VERIFICHE SLV PIANO PRIMO[TORSIONE]							
Piano	Classe	Sezione	Frame	M_{Ed} [kNm]	M_{Rd} [kNm]	Esito	M_{Ed}/M_{Rd}
1	Trave secondaria	25x50-75	117/123	12,00	6,40	NO	1,88
1	Trave porta scale	26x65	-	23,00	25,13	√	0,92

168. Risultati delle verifiche a torsione degli elementi sottoposti alla combinazione sismica di azioni con P_{VR} del 10% / VR.

PILASTRI

Analogamente a quanto eseguito per le verifiche relative alla condizione di caricamento verticale si considereranno gli elementi per tipo e per piano, realizzando una verifica a taglio per l'elemento più sollecitato, e una verifica a pressoflessione considerando due gruppi di sollecitazioni: Nmax, Mx,max, My,max e Nmin, Mx,max, My,max. Qualora si abbia la presenza di classi di pilastri che non risultino all'interno del dominio di resistenza di uno dei due casi limite (o di entrambi) si procederà alla verifica di tutti gli elementi appartenenti alla classe non verificata, per individuare quali siano effettivamente le sezioni non soddisfacenti.

PILASTRI - VERIFICHE SLV [PRESSO-FLESSIONE]													
PI.	Classe	Frame	N_{Ed} [kN]	$M_{x,Ed}$ [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	N_{Rd} (M=0) [kN]	$M_{x,Rd}$ [kNm]	$M_{y,Rd}$ [kNm]	Tipo verifica	Esito	N_{Ed}/N_{Rd}	$M_{x,Ed}/M_{x,Rd}$	$M_{y,Ed}/M_{y,Rd}$
0-1	Pilastro 20x25 MAX		144,55	33,09	30,94	1437,46	19,28	18,42	PF deviata	NO	0,10	1,72	1,68
0-1	Pilastro 20x25 MIN		58,45	33,09	30,94	1437,46	14,67	13,75	PF deviata	NO	0,04	2,26	2,25
1	*sez. 3,05 m MAX*	486	64,28	19,95	30,94	1437,46	9,62	15,2	PF deviata	NO	0,04	2,07	2,04
1	*sez. 3,05 m MIN*		140,42	-23,74	-29,34	1437,46	-15,51	-19,45	PF deviata	NO	0,10	1,53	1,51
1	*sez. 6,35 m MAX*		68,40	22,35	28,62	1437,46	11,44	15,27	PF deviata	NO	0,05	1,95	1,87
1	*sez. 6,35 m MIN*		144,54	-22,56	-29,94	1437,46	-15,54	-20	PF deviata	NO	0,10	1,45	1,50
1	*sez. 3,05 m MAX*	364	63,35	22,98	22,38	1437,46	14,44	14,26	PF deviata	NO	0,04	1,59	1,57
1	*sez. 3,05 m MIN*		81,61	-18,89	-22,51	1437,46	-13,14	-15,96	PF deviata	NO	0,06	1,44	1,41
1	*sez. 6,35 m MAX*		58,45	15,36	21,72	1437,46	10,6	14,69	PF deviata	NO	0,04	1,45	1,48
1	*sez. 6,35 m MIN*		76,71	-23,76	-21,78	1437,46	-15,98	-14,77	PF deviata	NO	0,05	1,49	1,48
1	*sez. 3,05 m MAX*	484	79,91	24,83	24,26	1437,46	15,48	15,26	PF deviata	NO	0,06	1,60	1,59
1	*sez. 3,05 m MIN*		108,55	-27,12	-28,13	1437,46	-16,36	-17,08	PF deviata	NO	0,08	1,66	1,65
1	*sez. 6,35 m MAX*		84,04	28,47	29,63	1437,46	14,82	15,79	PF deviata	NO	0,06	1,92	1,88
1	*sez. 6,35 m MIN*		112,68	-33,08	-21,35	1437,46	-21,4	-13,84	PF deviata	NO	0,08	1,55	1,54
0	Pilastro 26x26 MAX		194,90	27,43	30,35	1903,09	19,05	32,58	PF deviata	NO	0,10	1,44	0,93
0	Pilastro 26x26 MAX		11,56	27,43	30,35	1903,09	12,07	14,09	PF deviata	NO	0,01	2,27	2,15
0	*sez. 0 m MAX*	6	136,66	3,71	22,14	1903,09	4,08	28,86	PF deviata	√	0,07	0,91	0,77
0	*sez. 0 m MIN*		189,74	-3,28	-25,80	1903,09	-3,92	-34,83	PF deviata	√	0,10	0,84	0,74
0	*sez. 3,05 m MAX*		141,82	7,66	23,98	1903,09	8,99	28,9	PF deviata	√	0,07	0,85	0,83
0	*sez. 3,05 m MIN*		194,9	-12,87	-22,50	1903,09	-17,83	-31,87	PF deviata	√	0,10	0,72	0,71
0	*sez. 0 m MAX*	4	16,71	1,68	14,57	1903,09	1,8	15,66	PF deviata	√	0,01	0,94	0,93
0	*sez. 0 m MIN*		190,62	-2,26	-26,13	1903,09	-2,95	-34,5	PF deviata	√	0,10	0,77	0,76
0	*sez. 3,05 m MAX*		11,55	27,43	29,43	1903,09	12,99	13,94	PF deviata	NO	0,01	2,11	2,11

0	*sez. 3,05 m MIN*		185,47	-13,84	-6,59	1903,09	-31,78	-15,36	PF deviata	√	0,10	0,44	0,43
0	*sez. 0 m MAX*	31	54,68	1,52	7,63	1903,09	3,84	19,89	PF deviata	√	0,03	0,40	0,38
0	*sez. 0 m MIN*		88,03	-0,69	-30,34	1903,09	-0,55	-23,61	PF deviata	NO	0,05	1,27	1,29
0	*sez. 3,05 m MAX*		59,84	12,34	26,27	1903,09	9,05	20,04	PF deviata	NO	0,03	1,36	1,31
0	*sez. 3,05 m MIN*		93,18	-4,29	-15,42	1903,09	-6,32	-24,06	PF deviata	√	0,05	0,68	0,64
0	*sez. 0 m MAX*	21	119,21	3,73	23,48	1903,09	4,2	27,01	PF deviata	√	0,06	0,89	0,87
0	*sez. 0 m MIN*		176,68	-2,40	-23,26	1903,09	-3,05	-33,08	PF deviata	√	0,09	0,79	0,70
0	*sez. 3,05 m MAX*		124,37	10,14	22,73	1903,09	11,49	26,73	PF deviata	√	0,07	0,88	0,85
0	*sez. 3,05 m MIN*		181,83	-7,94	-23,16	1903,09	-10,51	-32,6	PF deviata	√	0,10	0,76	0,71
0	*sez. 0 m MAX*	23	124,74	0,70	21,11	1903,09	1	27,65	PF deviata	√	0,07	0,71	0,76
0	*sez. 0 m MIN*		169,05	-0,45	-20,48	1903,09	-0,7	-32,43	PF deviata	√	0,09	0,65	0,63
0	*sez. 3,05 m MAX*		129,89	10,18	21,42	1903,09	12,71	27,07	PF deviata	√	0,07	0,80	0,79
0	*sez. 3,05 m MIN*		174,20	-6,33	-22,05	1903,09	-9,12	-32,11	PF deviata	√	0,09	0,69	0,69
0	*sez. 0 m MAX*	25	126,87	0,13	21,71	1903,09	0,19	27,88	PF deviata	√	0,07	0,73	0,78
0	*sez. 0 m MIN*		169,17	-0,08	-20,91	1903,09	-0,11	-32,44	PF deviata	√	0,09	0,77	0,64
0	*sez. 3,05 m MAX*		132,03	10,61	21,63	1903,09	13,3	27,16	PF deviata	√	0,07	0,80	0,80
0	*sez. 3,05 m MIN*		174,32	-5,54	-22,35	1903,09	-7,5	-32,37	PF deviata	√	0,09	0,74	0,69
0	*sez. 0 m MAX*	27	123,08	0,06	20,85	1903,09	0,09	27,47	PF deviata	√	0,06	0,71	0,76
0	*sez. 0 m MIN*		165,18	-0,02	-21,30	1903,09	-0,03	-32	PF deviata	√	0,09	0,84	0,67
0	*sez. 3,05 m MAX*		128,2	11,12	21,83	1903,09	13,35	26,77	PF deviata	√	0,07	0,83	0,82
0	*sez. 3,05 m MIN*		170,34	-4,92	-21,93	1903,09	-6,76	-32,8	PF deviata	√	0,09	0,73	0,67
0	*sez. 0 m MAX*	29	140,49	0,29	24,46	1903,09	0,34	29,36	PF deviata	√	0,07	0,86	0,83
0	*sez. 0 m MIN*		183,84	-0,13	-18,94	1903,09	-0,26	-33,97	PF deviata	√	0,10	0,51	0,56
0	*sez. 3,05 m MAX*		145,64	11,68	20,66	1903,09	15,49	27,98	PF deviata	√	0,08	0,75	0,74
0	*sez. 3,05 m MIN*		188,99	-4,42	-23,70	1903,09	-5,52	-34,08	PF deviata	√	0,10	0,80	0,70
0	Pilastro 26x30 MAX		142,57	26,95	36,82	2178,23	19,66	26,99	PF deviata	NO	0,07	1,37	1,36
0	Pilastro 26x30 MIN		82,35	26,95	36,82	2178,23	15,69	22,44	PF deviata	NO	0,04	1,72	1,64
0	*sez. 0 m MAX*	1	101,18	26,83	15,95	2178,23	27,66	16,59	PF deviata	√	0,05	0,97	0,96
0	*sez. 0 m MIN*		142,56	-22,01	-31,89	2178,23	-18,91	-24,18	PF deviata	NO	0,07	1,16	1,32
0	*sez. 3,05 m MAX*		95,24	18,72	36,75	2178,23	11,5	24,26	PF deviata	NO	0,04	1,63	1,52
0	*sez. 3,05 m MIN*		136,62	-26,95	-6,17	2178,23	-33,48	-8,33	PF deviata	√	0,06	0,80	0,74
0	*sez. 0 m MAX*	3	43,12	20,38	7,13	2178,23	21,58	8,23	PF deviata	√	0,02	0,94	0,87
0	*sez. 0 m MIN*		76,40	-16,45	-36,81	2178,23	-9,47	-22,32	PF deviata	NO	0,04	1,74	1,65
0	*sez. 3,05 m MAX*		49,07	21,35	31,03	2178,23	12,97	19,08	PF deviata	NO	0,02	1,65	1,63
0	*sez. 3,05 m MIN*		82,34	-22,33	-17,31	2178,23	-24,04	-18,79	PF deviata	√	0,04	0,93	0,92
0	Pilastro 30x26 MAX		260,35	87,75	46,39	2178,23	38,75	21,01	PF deviata	NO	0,12	2,26	2,21
0	Pilastro 30x26 MIN		16,63	87,75	46,39	2178,23	15,54	9,33	PF deviata	NO	0,01	5,65	4,97

0	*sez. 0 m MAX*	57	22,58	5,79	34,75	2178,23	3,1	19,07	PF deviata	NO	0,01	1,87	1,82
0	*sez. 0 m MIN*		44,36	-17,63	-23,81	2178,23	-15,13	-20,53	PF deviata	NO	0,02	1,17	1,16
0	*sez. 3,05 m MAX*		16,63	7,13	13,24	2178,23	9,1	17,98	PF deviata	√	0,01	0,78	0,74
0	*sez. 3,05 m MIN*		38,41	-2,90	-34,48	2178,23	-1,9	-21,16	PF deviata	NO	0,02	1,53	1,63
0	*sez. 0 m MAX*	65	52,53	19,01	17,37	2178,23	18,78	17,74	PF deviata	√	0,02	1,01	0,98
0	*sez. 0 m MIN*		81,13	-12,22	-41,76	2178,23	-7,55	-26,59	PF deviata	NO	0,04	1,62	1,57
0	*sez. 3,05 m MAX*		46,59	6,64	46,39	2178,23	3,07	22,24	PF deviata	NO	0,02	2,16	2,09
0	*sez. 3,05 m MIN*		75,19	-6,10	-1,11	2178,23	-22,32	-5,36	PF deviata	√	0,03	0,27	0,21
0	*sez. 0 m MAX*	32	92,30	59,17	25,24	2178,23	24,02	10,48	PF deviata	NO	0,04	2,46	2,41
0	*sez. 0 m MIN*		260,35	-31,24	-29,49	2178,23	-34,35	-32,81	PF deviata	√	0,12	0,91	0,90
0	*sez. 3,05 m MAX*		98,24	45,32	25,34	2178,23	24,28	14,44	PF deviata	NO	0,05	1,87	1,76
0	*sez. 3,05 m MIN*		254,40	-87,74	-15,56	2178,23	-40,89	-7,51	PF deviata	NO	0,12	2,15	2,07
0	Pilastro 30x26 (6fi12) MAX		348,12	33,74	41,11	2235,55	37,53	45,81	PF deviata	√	0,16	0,90	0,90
0	Pilastro 30x26 (6fi12) MIN		109,35	33,74	41,11	2235,55	24,91	30,82	PF deviata	NO	0,05	1,35	1,33
0	*sez. 0 m MAX*	10	229,21	27,85	36,49	2235,55	30,45	40,11	PF deviata	√	0,10	0,91	0,91
0	*sez. 0 m MIN*		342,17	-22,43	-29,04	2235,55	-35,94	-46,58	PF deviata	√	0,15	0,62	0,62
0	*sez. 3,05 m MAX*		235,16	16,89	31,60	2235,55	23,83	45,13	PF deviata	√	0,11	0,71	0,70
0	*sez. 3,05 m MIN*		348,11	-22,73	-35,75	2235,55	-31,61	-50,21	PF deviata	√	0,16	0,72	0,71
0	*sez. 0 m MAX*	40	109,35	20,03	24,35	2235,55	25,14	30,57	PF deviata	√	0,05	0,80	0,80
0	*sez. 0 m MIN*		158,72	-12,14	-35,94	2235,55	-13,71	-41,65	PF deviata	√	0,07	0,89	0,86
0	*sez. 3,05 m MAX*		115,29	15,45	35,46	2235,55	15,45	36,3	PF deviata	√	0,05	1,00	0,98
0	*sez. 3,05 m MIN*		164,67	-21,22	-29,25	2235,55	-25,86	-36,64	PF deviata	√	0,07	0,82	0,80
0	*sez. 0 m MAX*	482	199,64	33,74	28,77	2235,55	35,9	30,77	PF deviata	√	0,09	0,94	0,94
0	*sez. 0 m MIN*		282,91	-14,32	-27,07	2235,55	-24,95	-48,64	PF deviata	√	0,13	0,57	0,56
0	*sez. 3,05 m MAX*		205,59	15,04	28,87	2235,55	25,13	49,68	PF deviata	√	0,09	0,60	0,58
0	*sez. 3,05 m MIN*		288,86	-29,07	-30,20	2235,55	-38,17	-39,96	PF deviata	√	0,13	0,76	0,76
0	*sez. 0 m MAX*	12	240,96	27,32	9,86	2235,55	44,3	16,93	PF deviata	√	0,11	0,62	0,58
0	*sez. 0 m MIN*		304,33	-12,88	-41,10	2235,55	-16,55	-54,96	PF deviata	√	0,14	0,78	0,75
0	*sez. 3,05 m MAX*		246,91	15,72	37,36	2235,55	20,02	48,05	PF deviata	√	0,11	0,79	0,78
0	*sez. 3,05 m MIN*		310,28	-24,71	-22,56	2235,55	-41,32	-38,5	PF deviata	√	0,14	0,60	0,59
0	Pilastro 42x25 MAX		90,60	69,67	157,28	2949,87	20,7	46,84	PF deviata	NO	0,03	3,37	3,36
0	Pilastro 42x25 MIN		4,61	69,67	157,28	2949,87	14,76	33,42	PF deviata	NO	0,00	4,72	4,71
1	*sez. 3,05 m MAX*	360	31,74	55,72	79,91	2949,87	21,38	31,16	PF deviata	NO	0,01	2,61	2,56
1	*sez. 3,05 m MIN*		60,17	-41,05	-132,11	2949,87	-13,29	-44	PF deviata	NO	0,02	3,09	3,00
1	*sez. 6,97 m MAX*		21,45	28,14	76,46	2949,87	13,19	37,09	PF deviata	NO	0,01	2,13	2,06
1	*sez. 6,97 m MIN*		49,88	-40,80	-26,44	2949,87	-24,97	-17,46	PF deviata	NO	0,02	1,63	1,51

1	*sez. 3,05 m MAX*	361	31,4	44,24	131,96	2949,87	13,97	38,67	PF deviata	NO	0,01	3,17	3,41
1	*sez. 3,05 m MIN*		60,97	-27,35	-82,58	2949,87	-14,22	-43,93	PF deviata	NO	0,02	1,92	1,88
1	*sez. 6,97 m MAX*		21,16	20,58	26,80	2949,87	20,9	27,4	PF deviata	√	0,01	0,98	0,98
1	*sez. 6,97 m MIN*		50,68	-34,27	-76,64	2949,87	-18,11	-40,82	PF deviata	NO	0,02	1,89	1,88
1	*sez. 3,05 m MAX*	481	15,00	69,66	144,21	2949,87	16,59	34,59	PF deviata	NO	0,01	4,20	4,17
1	*sez. 3,05 m MIN*		83,85	-57,67	-157,28	2949,87	-16,85	-47,21	PF deviata	NO	0,03	3,42	3,33
1	*sez. 6,97 m MAX*		6,34	52,22	148,19	2949,87	12,04	34,42	PF deviata	NO	0,00	4,34	4,31
1	*sez. 6,97 m MIN*		75,19	-55,08	-113,87	2949,87	-21,06	-43,61	PF deviata	NO	0,03	2,62	2,61
1	*sez. 3,05 m MAX*	487	12,79	34,06	113,36	2949,87	10,35	35,86	PF deviata	NO	0,00	3,29	3,16
1	*sez. 3,05 m MIN*		81,93	-31,20	-148,56	2949,87	-10,07	-48,57	PF deviata	NO	0,03	3,10	3,06
1	*sez. 6,97 m MAX*		21,46	37,73	156,80	2949,87	8,91	37,65	PF deviata	NO	0,01	4,23	4,16
1	*sez. 6,97 m MIN*		90,59	-52,38	-145,15	2949,87	-17,29	-48,23	PF deviata	NO	0,03	3,03	3,01
1	*sez. 3,05 m MAX*	488	4,61	39,08	83,40	2949,87	15,34	33,16	PF deviata	NO	0,00	2,55	2,52
1	*sez. 3,05 m MIN*		53,44	-44,91	-50,00	2949,87	-24,53	-27,58	PF deviata	NO	0,02	1,83	1,81
1	*sez. 6,97 m MAX*		14,45	55,53	92,53	2949,87	18,98	31,83	PF deviata	NO	0,00	2,93	2,91
1	*sez. 6,97 m MIN*		63,29	-38,67	-106,75	2949,87	-15,55	-43,99	PF deviata	NO	0,02	2,49	2,43
1	*sez. 3,05 m MAX*	493	19,61	3,50	46,01	2949,87	2,04	37,63	PF deviata	NO	0,01	1,72	1,22
1	*sez. 3,05 m MIN*		56,01	-17,79	-86,54	2949,87	-8,67	-44,08	PF deviata	NO	0,02	2,05	1,96
1	*sez. 6,97 m MAX*		29,46	35,75	107,90	2949,87	12,63	38,58	PF deviata	NO	0,01	2,83	2,80
1	*sez. 6,97 m MIN*		65,85	-19,81	-90,66	2949,87	-9,75	-45,72	PF deviata	NO	0,02	2,03	1,98
0	Pilastro nerviano laterale 1 MAX		276,05	-43,84	-104,57	2243,00	-38,53	-93,05	PF deviata	NO	0,12	1,14	1,12
0	Pilastro nerviano laterale 1 MIN		276,64	-43,84	-104,57	2243,00	-38,58	-93,16	PF deviata	NO	0,12	1,14	1,12
0	*sez. 0 m MAX*	256	157,91	6,65	52,71	2243,00	10,64	86,36	PF deviata	√	0,07	0,63	0,61
0	*sez. 0 m MIN*		276,04	-20,20	-26,63	2243,00	-26,65	-34,04	PF deviata	√	0,12	0,76	0,78
0	*sez. 0,40 m MAX*		155,63	17,85	93,21	2243,00	16,1	83,88	PF deviata	NO	0,07	1,11	1,11
0	*sez. 0,40 m MIN*		273,77	-43,83	-34,59	2243,00	-33,83	-26,3	PF deviata	NO	0,12	1,30	1,32
0	*sez. 0 m MAX*	274	154,88	5,40	24,90	2243,00	7,12	35,2	PF deviata	√	0,07	0,76	0,71
0	*sez. 0 m MIN*		276,64	-12,74	-60,30	2243,00	-24,7	-118,6	PF deviata	√	0,12	0,52	0,51
0	*sez. 0,40 m MAX*		152,61	17,23	30,64	2243,00	17,42	31,78	PF deviata	√	0,07	0,99	0,96
0	*sez. 0,40 m MIN*		274,36	-27,73	-104,56	2243,00	-29,77	-113,5	PF deviata	√	0,12	0,93	0,92
0	Pilastro nerviano laterale 2 MAX		279,76	20,32	-60,30	2378,00	29,68	-88,22	PF deviata	√	0,12	0,68	0,68

0	Pilastro nerviano laterale 2 MIN		280,87	20,32	-60,30	2378,00	29,85	-89,13	PF deviata	√	0,12	0,68	0,68
0	Pilastro nerviano laterale 3 MAX		281,05	11,88	-42,25	2209,00	20,49	-73,88	PF deviata	√	0,13	0,58	0,57
0	Pilastro nerviano laterale 3 MIN		282,16	11,88	-42,25	2209,00	20,55	-74,06	PF deviata	√	0,13	0,58	0,57
0	Pilastro nerviano laterale 4 MAX		281,71	24,18	-24,81	2145,00	40,09	-42,44	PF deviata	√	0,13	0,60	0,58
0	Pilastro nerviano laterale 4 MIN		282,67	24,18	-24,81	2145,00	40,15	-42,55	PF deviata	√	0,13	0,60	0,58
0	Pilastro nerviano laterale 5 MAX		282,72	38,80	-23,99	2126,00	52,4	-32,89	PF deviata	√	0,13	0,74	0,73
0	Pilastro nerviano laterale 5 MIN		283,33	38,80	-23,99	2126,00	52,46	-32,85	PF deviata	√	0,13	0,74	0,73
0	Pilastro nerviano laterale 6 MAX		283,39	-53,46	47,95	1851,00	-41,3	37,03	PF deviata	NO	0,15	1,29	1,29
0	Pilastro nerviano laterale 6 MIN		283,90	-53,46	47,95	1851,00	-41,91	36,96	PF deviata	NO	0,15	1,28	1,30
0	*sez. 0 m MAX*	178	160,74	36,42	47,95	1851,00	19,18	29,73	PF deviata	NO	0,09	1,90	1,61
0	*sez. 0 m MIN*		283,89	-34,05	-23,03	1851,00	-43,89	-30,82	PF deviata	√	0,15	0,78	0,75
0	*sez. 0,40 m MAX*		159,60	26,95	23,52	1851,00	30,91	28,52	PF deviata	√	0,09	0,87	0,82
0	*sez. 0,40 m MIN*		282,76	-26,52	-17,28	1851,00	-45,17	-30,11	PF deviata	√	0,15	0,59	0,57
0	*sez. 0 m MAX*	179	163,97	28,88	46,09	1851,00	14,95	30,25	PF deviata	NO	0,09	1,93	1,52
0	*sez. 0 m MIN*		283,39	-53,46	-30,57	1851,00	-49,82	-28,81	PF deviata	NO	0,15	1,07	1,06
0	*sez. 0,40 m MAX*		162,84	21,84	23,98	1851,00	25,97	29,35	PF deviata	√	0,09	0,84	0,82
0	*sez. 0,40 m MIN*		282,25	-38,79	-23,43	1851,00	-47,36	-29,31	PF deviata	√	0,15	0,82	0,80
0	Pilastro nerviano centrale 1 MAX		369,57	25,77	189,02	3412,00	21,57	160,6	PF deviata	NO	0,11	1,19	1,18
0	Pilastro nerviano centrale 1 MIN		340,84	25,77	189,02	3412,00	20,24	152,6	PF deviata	NO	0,10	1,27	1,24
0	*sez. 0 m MAX*	257	278,16	13,72	110,73	3412,00	16,57	134,7	PF deviata	√	0,08	0,83	0,82
0	*sez. 0 m MIN*		369,56	-11,64	-106,48	3412,00	-17,77	-162,7	PF deviata	√	0,11	0,66	0,65
0	*sez. 0,40 m MAX*		274,64	22,24	189,01	3412,00	15,4	134,1	PF deviata	NO	0,08	1,44	1,41
0	*sez. 0,40 m MIN*		366,05	-18,34	-185,00	3412,00	-15,81	-162,6	PF deviata	√	0,11	1,16	1,14
0	*sez. 0 m MAX*	258	277,08	13,81	82,58	3412,00	21,94	131,6	PF deviata	NO	0,08	0,63	0,63
0	*sez. 0 m MIN*		341,60	-10,97	-138,67	3412,00	-12,01	-156,6	PF deviata	NO	0,10	0,91	0,89

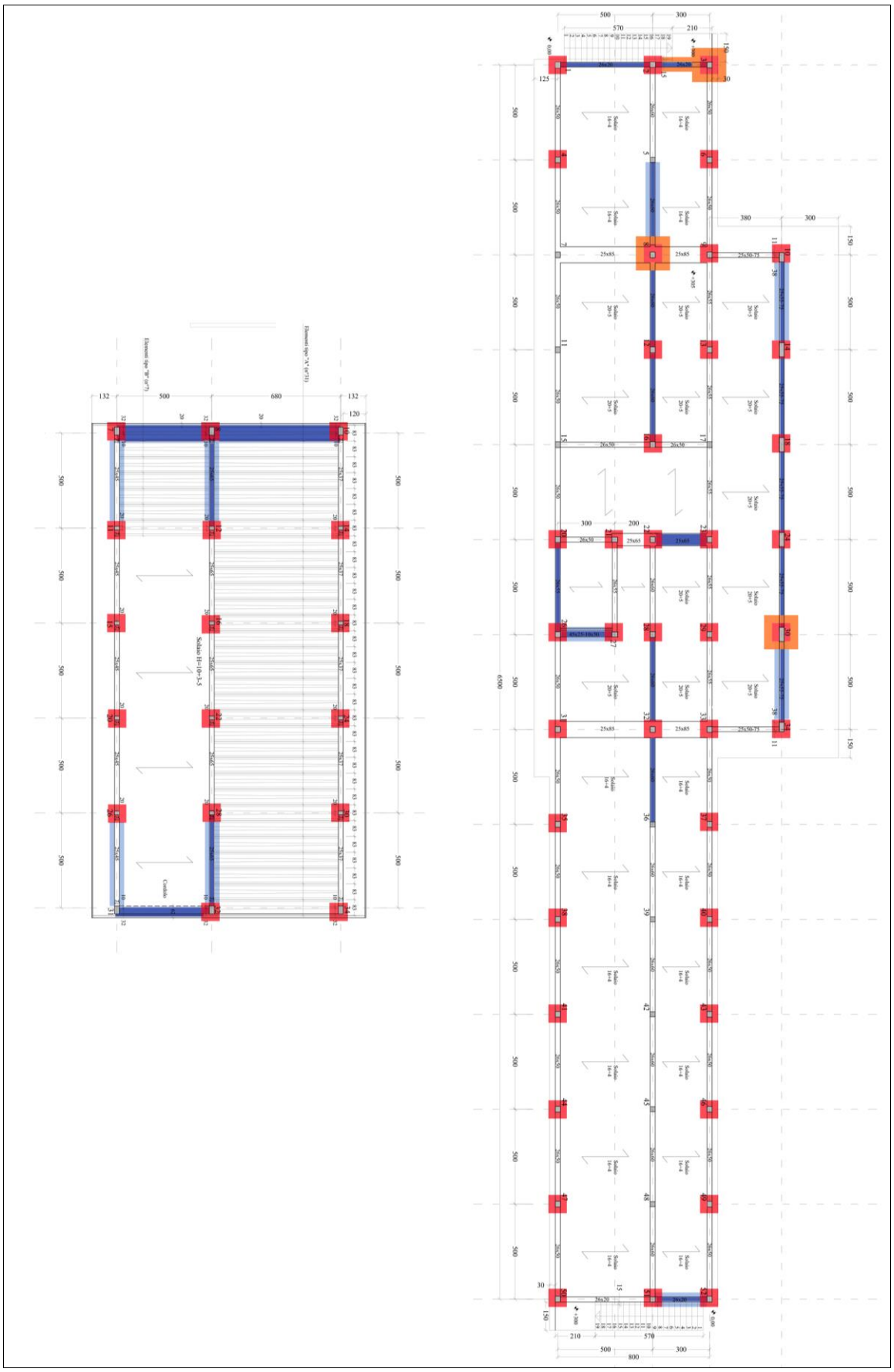
0	*sez. 0,40 m MAX*		273,56	23,04	-131,96	3412,00	22,84	-129,9	PF deviata	√	0,08	1,01	1,02
0	*sez. 0,40 m MIN*		338,08	-19,00	35,41	3412,00	-47,84	87,16	PF deviata	√	0,10	0,40	0,41
0	*sez. 0 m MAX*	259	279,85	14,39	91,04	3412,00	20,98	133	PF deviata	√	0,08	0,69	0,68
0	*sez. 0 m MIN*		340,84	-11,33	-98,84	3412,00	-17,13	-154,2	PF deviata	√	0,10	0,66	0,64
0	*sez. 0,40 m MAX*		276,33	24,14	137,00	3412,00	22,88	130,7	PF deviata	NO	0,08	1,06	1,05
0	*sez. 0,40 m MIN*		337,32	-21,08	-148,99	3412,00	-20,82	-151,1	PF deviata	√	0,10	1,01	0,99
0	*sez. 0 m MAX*	260	275,70	14,96	90,41	3412,00	21,43	131,4	PF deviata	√	0,08	0,70	0,69
0	*sez. 0 m MIN*		367,32	-13,04	-115,10	3412,00	-17,72	-162	PF deviata	√	0,11	0,74	0,71
0	*sez. 0,40 m MAX*		272,18	25,62	136,17	3412,00	24,17	128,5	PF deviata	NO	0,08	1,06	1,06
0	*sez. 0,40 m MIN*		365,56	-25,76	-172,12	3412,00	-23,32	-152,8	PF deviata	NO	0,11	1,11	1,13
0	Pilastro nerviano centrale 2 MAX		371,63	14,96	115,11	2940,00	18,53	137,9	PF deviata	√	0,13	0,81	0,83
0	Pilastro nerviano centrale 2 MIN		343,13	14,96	115,11	2940,00	17,38	132	PF deviata	√	0,12	0,86	0,87
0	Pilastro nerviano centrale 3 MAX		373,38	16,32	79,99	2557,00	21,23	103	PF deviata	√	0,15	0,77	0,78
0	Pilastro nerviano centrale 3 MIN		345,03	16,32	79,99	2557,00	20,92	97,85	PF deviata	√	0,13	0,78	0,82
0	Pilastro nerviano centrale 4 MAX		374,90	23,86	44,79	2245,00	38,89	71,34	PF deviata	√	0,17	0,61	0,63
0	Pilastro nerviano centrale 4 MIN		346,67	23,86	44,79	2245,00	37,15	68,27	PF deviata	√	0,15	0,64	0,66
0	Pilastro nerviano centrale 5 MAX		376,23	32,50	87,56	2021,00	23,15	60,57	PF deviata	NO	0,19	1,40	1,45
0	Pilastro nerviano centrale 5 MIN		348,12	32,50	87,56	2021,00	21,94	58,14	PF deviata	NO	0,17	1,48	1,51
0	*sez. 0 m MAX*	160	282	32,49	25,96	2021,00	49,35	39,37	PF deviata	√	0,14	0,66	0,66
0	*sez. 0 m MIN*		375,73	-25,51	-23,04	2021,00	-54,66	-47,8	PF deviata	√	0,19	0,47	0,48
0	*sez. 0,40 m MAX*		280,70	23,86	5,64	2021,00	69,32	16,13	PF deviata	√	0,14	0,34	0,35
0	*sez. 0,40 m MIN*		374,44	-18,15	-9,62	2021,00	-67,54	-35,08	PF deviata	√	0,19	0,27	0,27
0	*sez. 0 m MAX*	161	285,53	28,35	25,55	2021,00	21,94	131,6	PF deviata	√	0,14	1,29	0,19
0	*sez. 0 m MIN*		348,11	-25,30	-23,06	2021,00	-47,19	-41,46	PF deviata	√	0,17	0,54	0,56
0	*sez. 0,40 m MAX*		284,23	21,30	5,82	2021,00	68,74	17,84	PF deviata	√	0,14	0,31	0,33
0	*sez. 0,40 m MIN*		346,82	-18,25	-5,91	2021,00	-73,2	-23,67	PF deviata	√	0,17	0,25	0,25
0	*sez. 0 m MAX*	162	282,75	25,17	25,79	2021,00	43,71	43,42	PF deviata	√	0,14	0,58	0,59
0	*sez. 0 m MIN*		348,88	-25,27	-23,15	2021,00	-52,07	-46,03	PF deviata	√	0,17	0,49	0,50

0	*sez. 0,40 m MAX*		281,45	19,10	6,42	2021,00	66,1	21,21	PF deviata	√	0,14	0,29	0,30
0	*sez. 0,40 m MIN*		347,58	-18,47	-7,87	2021,00	-68,9	-29,24	PF deviata	√	0,17	0,27	0,27
0	*sez. 0 m MAX*	163	284,45	18,83	87,56	2021,00	12,59	53,25	PF deviata	NO	0,14	1,50	1,64
0	*sez. 0 m MIN*		376,22	-21,21	-82,74	2021,00	-16	-61,32	PF deviata	NO	0,19	1,33	1,35
0	*sez. 0,40 m MAX*		283,15	14,27	39,22	2021,00	20,23	52,03	PF deviata	√	0,14	0,71	0,75
0	*sez. 0,40 m MIN*		374,92	-15,53	-34,55	2021,00	-27,86	-59,62	PF deviata	√	0,19	0,56	0,58
0	Pilastro nerviano centrale 6 MAX		378,26	41,55	136,22	2023,00	15,63	59,57	PF deviata	NO	0,19	2,66	2,29
0	Pilastro nerviano centrale 6 MIN		349,44	41,55	136,22	2023,00	16,32	57,42	PF deviata	NO	0,17	2,55	2,37
0	*sez. 0 m MAX*	164	283,15	41,54	61,29	2023,00	33,21	51,11	PF deviata	NO	0,14	1,25	1,20
0	*sez. 0 m MIN*		376,94	-33,30	-51,46	2023,00	-34,89	-57,73	PF deviata	√	0,19	0,95	0,89
0	*sez. 0,40 m MAX*		281,97	32,49	25,96	2023,00	57,95	47,05	PF deviata	√	0,14	0,56	0,55
0	*sez. 0,40 m MIN*		375,76	-25,51	-23,04	2023,00	-58,81	-53,2	PF deviata	√	0,19	0,43	0,43
0	*sez. 0 m MAX*	165	286,57	35,84	56,74	2023,00	29,55	51,74	PF deviata	NO	0,14	1,21	1,10
0	*sez. 0 m MIN*		349,43	-32,79	-51,68	2023,00	-31,84	-56,08	PF deviata	√	0,17	1,03	0,92
0	*sez. 0,40 m MAX*		285,39	28,35	25,55	2023,00	51,15	48,66	PF deviata	√	0,14	0,55	0,53
0	*sez. 0,40 m MIN*		348,25	-25,30	-23,06	2023,00	-56,22	-51,97	PF deviata	√	0,17	0,45	0,44
0	*sez. 0 m MAX*	166	283,79	31,67	59,28	2023,00	25,87	51,87	PF deviata	NO	0,14	1,22	1,14
0	*sez. 0 m MIN*		350,20	-32,51	-52,56	2023,00	-31,82	-56,16	PF deviata	√	0,17	1,02	0,94
0	*sez. 0,40 m MAX*		282,61	25,17	25,79	2023,00	45,84	49,37	PF deviata	√	0,14	0,55	0,52
0	*sez. 0,40 m MIN*		349,02	-25,27	-23,15	2023,00	-56,22	-52,02	PF deviata	√	0,17	0,45	0,45
0	*sez. 0 m MAX*	167	286,41	23,95	136,21	2023,00	6,46	52,92	PF deviata	NO	0,14	3,71	2,57
0	*sez. 0 m MIN*		378,26	-27,44	-131,26	2023,00	-11,43	-49,59	PF deviata	NO	0,19	2,40	2,65
0	*sez. 0,40 m MAX*		284,42	18,83	87,56	2023,00	6,47	52,77	PF deviata	NO	0,14	2,91	1,66
0	*sez. 0,40 m MIN*		376,26	-21,21	-82,74	2023,00	-11,47	-59,64	PF deviata	NO	0,19	1,85	1,39

169. Risultati delle verifiche pressoflessione degli elementi sottoposti alla combinazione sismica di azioni con P_{VR} del 10% / VR.

PILASTRI - VERIFICHE SLV [TAGLIO]						
Pi.	Classe	Frame	$V_{Ed,max}$ [kN]	V_{Rd} [kN]	Esito	V_{Ed}/V_{Rd}
0-1	Pilastro 20x25		24,49	30,56	√	0,80
0	Pilastro 26x26		22,92	31,96	√	0,72
0	Pilastro 26x30		27,46	37,57	√	0,73
0	Pilastro 30x26		60,20	31,96	NO	1,88
0	Pilastro 30x26 (6fi12)		31,74	36,76	√	0,86
0	Pilastro 42x25		120,95	54,39	NO	2,22
0	Pilastro nerviano laterale 1		71,20	91,51	√	0,78
0	Pilastro nerviano laterale 2		50,53	107,09	√	0,47
0	Pilastro nerviano laterale 3		50,76	122,67	√	0,41
0	Pilastro nerviano laterale 4		57,28	138,24	√	0,41
0	Pilastro nerviano laterale 5		61,25	153,82	√	0,40
0	Pilastro nerviano laterale 6		65,68	169,39	√	0,39
0	Pilastro nerviano centrale 1		139,31	91,51	NO	1,52
0	Pilastro nerviano centrale 2		139,79	107,09	NO	1,31
0	Pilastro nerviano centrale 3		140,08	122,67	NO	1,14
0	Pilastro nerviano centrale 4		140,29	138,24	NO	1,01
0	Pilastro nerviano centrale 5		140,45	153,82	√	0,91
0	Pilastro nerviano centrale 6		140,62	169,39	√	0,83

170. Risultati delle verifiche a taglio degli elementi sottoposti alla combinazione sismica di azioni con P_{VR} del 10% / VR.



171. Carpenteria del piano primo (destra) e di copertura (sinistra) con individuazione dei pilastri non verificati a presso flessione (rosso) e a taglio (arancione) e travi non verificate a flessione positiva (blu) e negativa (azzurro) e taglio (arancione).

5.13 – Considerazioni finali

Dato il basso grado di conoscenza della struttura derivante dalla mancanza di una documentazione strutturale completa, nel presente lavoro di tesi i dati strutturali non disponibili dalla documentazione reperita sono stati desunti dall'effettuazione di un progetto simulato. Le informazioni inerenti alla struttura sono state ricavate mediante gli elaborati tecnici di progetto confermati poi dai sopralluoghi e dalla attenta campagna d'indagine effettuati in base al livello di conoscenza stabilito come LC2.

Solo alcune delle travi e balconi che erano stati analizzati tramite progetto simulato sono stati validati tramite ispezione diretta grazie alle prove distruttive, per gli altri elementi strutturali l'analisi è stata condotta sulla base di ipotesi basate su riferimenti normativi e dettagli presenti nella manualistica dell'epoca. I risultati dell'analisi riportati all'interno della nostra tesi sono relativi alle informazioni da noi ottenute fino ad Ottobre 2018, consigliamo dunque nel caso in cui vengano predisposte ulteriori indagini, di riverificare gli elementi strutturali della palazzina spogliatoi.

L'analisi strutturale sull'edificio relativa ai carichi verticali ha rimarcato un comportamento della struttura non ottimale evidenziando numerose travi non verificate e qualche pilastro. L'analisi condotta con i carichi sismici, realizzata mediante un'analisi dinamica lineare con spettro di risposta, ha posto in luce criticità ancor più marcate soprattutto sui pilastri. I meccanismi di collasso che s'innescano sono sia meccanismi fragili che duttili, in merito ai quali andrebbe valutata l'effettiva capacità rotazionale delle colonne fino al collasso.

5.14 – Calcolo dell'indice di vulnerabilità sismica

La vulnerabilità sismica di una costruzione può essere definita, in termini generali, come la sua suscettibilità ad essere danneggiata da un terremoto. La sua valutazione è un passo fondamentale nelle analisi di rischio sismico e nella definizione di scenari di danno per terremoti di diverse intensità.

L'indice di vulnerabilità sismica è stato ricavato come rapporto tra l'accelerazione che attiva il meccanismo di collasso considerato α_c e l'accelerazione di progetto α_d.

Per le ipotesi fatte, il rapporto tra α_c e α_d è lo stesso che intercorre tra ente sollecitante ed ente resistente per il meccanismo di collasso analizzato.

Sulla base delle accelerazioni del terreno considerate, si calcolano i valori di capacità in termini di $T_{R,c}$, considerando il tempo di ritorno dell'azione di progetto $T_{R,d}$ di 712 anni. Si ricava tale dato attraverso i valori di capacità dell'accelerazione del suolo, mediante il

diagramma generato dal programma Spettri-NTC.

Tra gli elementi non verificati la situazione più critica risulta essere la verifica dei pilastri a pressoflessione (Pilastro 481).

Riepilogo indicatori di rischio

Si è svolto il calcolo degli indicatori di rischio in termini di accelerazione al suolo (PGA) e di Periodi di ritorno dell'azione sismica (T_R), agli stati limite salvaguardia della vita (SLV) e di danno (SLD).

Stato limite di salvaguardia della vita (α_{uv}):

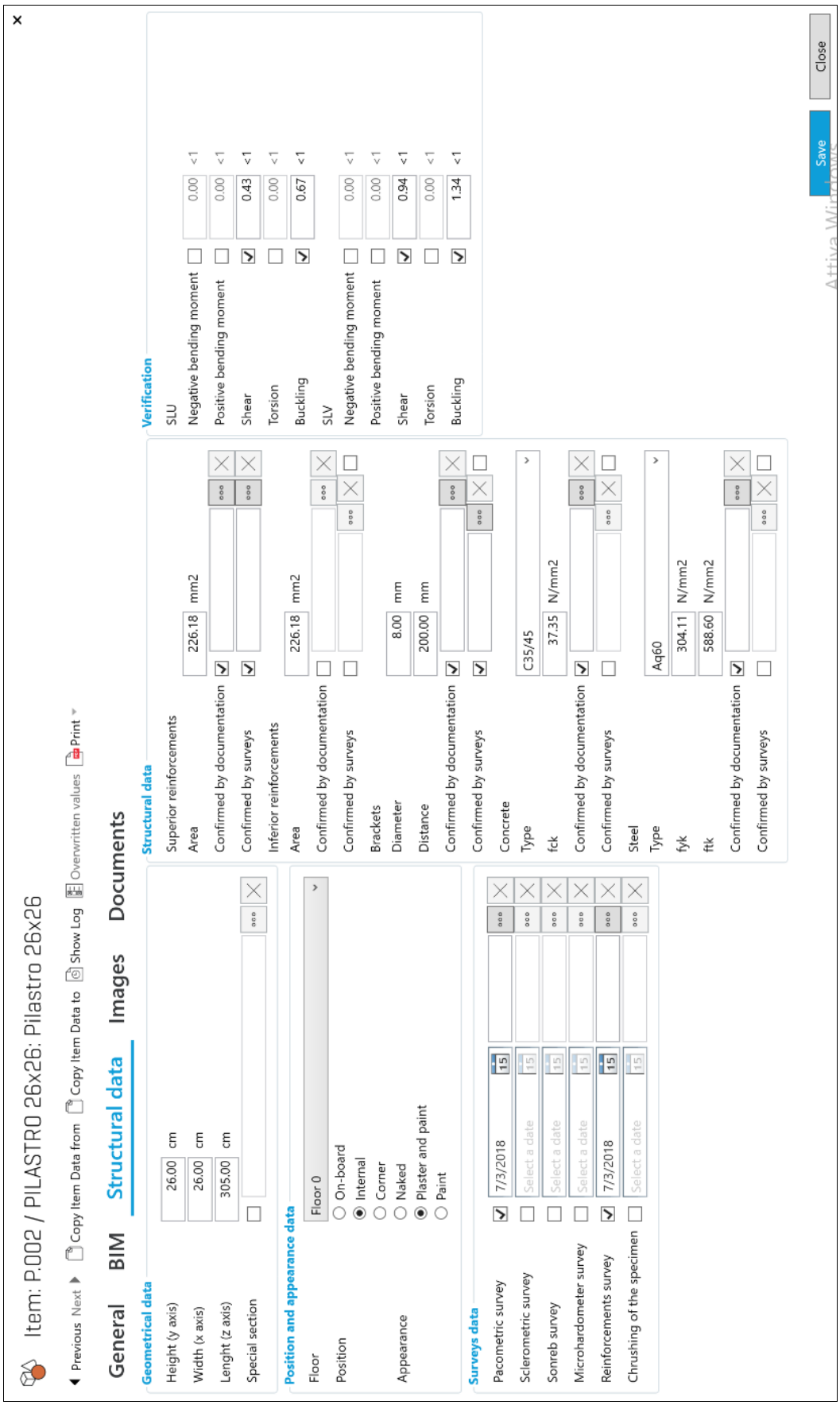
- $(PGA_{CLV}/PGA_{DLV}) = 0,23$
- $(TR_{CLV}/TR_{DLV})^{a} = 0,32$

Stato limite di danno (α_{ed}):

- $(PGA_{CLV}/PGA_{DLV}) = 2,25$
- $(TR_{CLV}/TR_{DLV})^{a} = 2,95$

6 – Implementazione dei risultati strutturali nel database e ipotesi di miglioramento della gestione in termini di sicurezza strutturale

È stato possibile, mediante l'analisi di vulnerabilità sismica, entrare a conoscenza di una serie di dati che, oltre ad essere stati impiegati per il calcolo dell'indice di vulnerabilità stesso, possono essere scelti per entrare a far parte del database, implementando una parte dedicata alle informazioni strutturali: infatti, oltre a tutti i dati reperiti in termini di prove in situ e di documentazione tecnica, molto interessanti sono anche gli stessi risultati dell'analisi sismica soprattutto in relazione a travi, pilastri e solai non verificati che possono essere messi a disposizione del progettista che si occuperà di un eventuale adeguamento. Per tale ragione sono stati implementati nel codice di gestione del database alcuni *Items* relativi agli elementi strutturali ai quali è stata dedicata un'area in cui sono riportati, oltre che la geometria, i risultati delle prove e le informazioni provenienti dalla documentazione tecnica, anche una serie di risultati dell'analisi statica e di quella dinamica con le rispettive verifiche in modo da immagazzinare solo i dati più importanti provenienti dal foglio di calcolo utilizzato. In tale modo, le parti strutturali non verificate (che sono solo una parte del totale), sincronizzate al modello di Revit come un qualsiasi oggetto, potranno essere individuate nel modello e i dati relativi potranno essere consultati senza fare riferimento ad altri file ma sempre al database centrale su server. Peraltro, gran parte delle informazioni geometriche possono essere importate direttamente da Revit dal momento che gli elementi strutturali sono stati modellati precedentemente e quindi è possibile estrapolare direttamente i parametri mediante la sincronizzazione tra i codici. In questo modo in una singola scheda è possibile contenere tutte le informazioni relative all'analisi di vulnerabilità sismica. Per quanto riguarda invece la possibilità di ricavare delle linee guida in termini di gestione, altro argomento fondamentale per sfruttare completamente il lavoro compiuto, l'analisi strutturale ha permesso di individuare alcune zone in cui un'ottimizzazione dello stoccaggio delle risorse e una regolamentazione delle occupazioni potrebbe portare benefici. Infatti, tenendo conto dei risultati delle verifiche effettuate, sono stati proposti una serie di possibili accorgimenti per scaricare travi e pilastri attualmente problematici già agli SLU. Per questa ragione sono stati presi in considerazione quattro livelli di intervento che tendono ad escludere quasi del tutto la necessità di consolidamenti strutturali ma che riguardano per lo più l'utilizzo degli spazi o l'eventuale aumento delle prove in situ.



172. Scheda dei dati strutturali relativi ai pilastri, screenshot dal database su dRofus, 2018. Si può notare come oltre ai dati geometrici e di posizionamento, sono state implementate le informazioni strutturali e verifiche.

- <u>Proposta 1: Diminuzione o annullamento dei carichi accidentali per sovraccarico d'uso in varie zone del piano primo (carico accidentale max = 3 kN/m^2).</u>

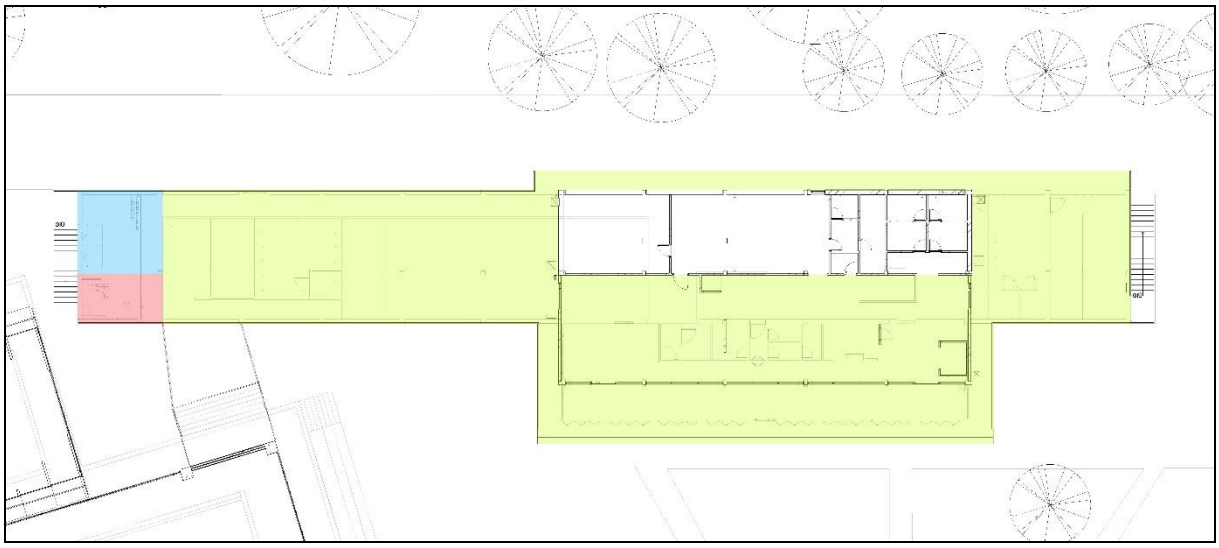
  Come prima proposta è stata presa in considerazione la possibilità di regolamentare i carichi accidentali per sovraccarico d'uso in alcune aree del primo piano dato che attualmente vengono utilizzate solo come aree di stoccaggio di vari oggetti o usate solo saltuariamente per ospitare bambini dei campi scuola estivi durante i pranzi. Infatti, in particolar modo riguardo alle aree della terrazza posizionata a Nord-Ovest, si trovano spazi nei quali con pochi accorgimenti sarebbe possibile diminuire i carichi:

  1. *Terrazze laterali e a sbalzo e sala ristorante (carico accidentale = 3 kN/m^2).*

     In tali spazi, rispettivamente posti a destra, a sinistra e di fronte alla sala ristorante e sul retro della cucina, si è pensato che una maggiore attenzione al numero degli occupanti e alla sosta temporanea di arredi da esterni, potrebbe portare a una diminuzione dei carichi accidentali da 4 kN/m^2 come impone la normativa per le terrazze a circa 3kN/m^2.

  2. *Area U.T.A. (carico portato = 2 kN/m^2, carico accidentale = 0,5 kN/m^2).*

     Nel solaio in cui si trova posizionata la U.T.A. sul lato Nord-Ovest del fabbricato attualmente non ci sono ringhiere che delimitano in modo preciso la percorrenza. Trattandosi di una sorta di ambiente tecnico, oltre a considerare da calcolo un carico permanente portato di 2kN/m^2 riguardo alla U.T.A., ipotizzando un solo carico accidentale dato dal manutentore si aggiungono solo 0,5 kN/m^2.

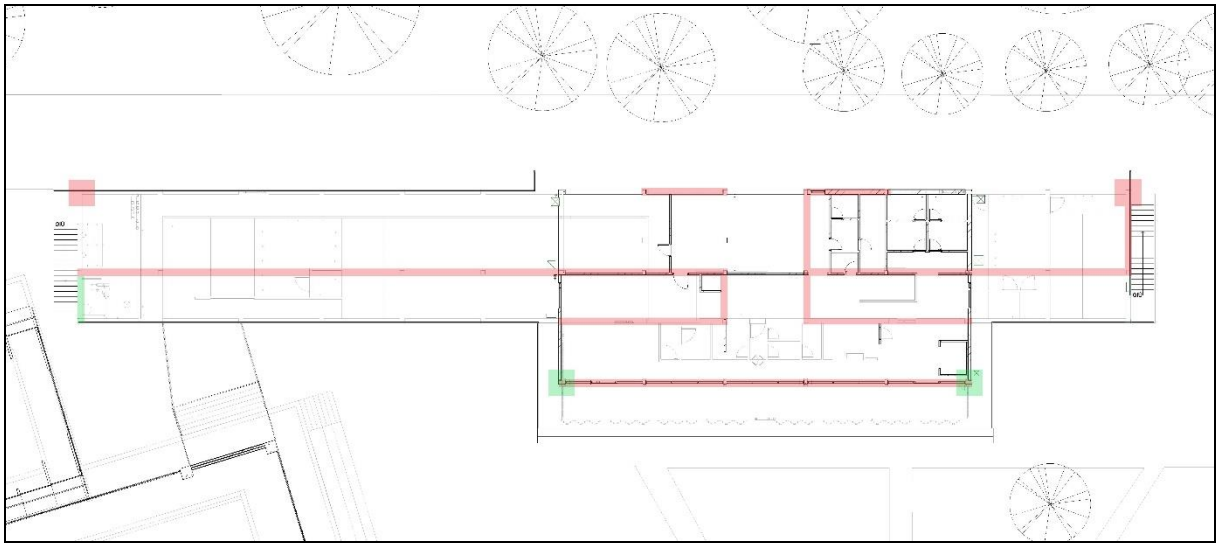


173. Pianta del piano primo, esportazione da modello Revit, 2018. È possibile individuare le tre tipologie di carico delle aree nella proposta 1: in verde le aree con carico 3 kN/m^2, in blu quelle con carico 0,5 kN/m^2 e in rosso quelle con carico 2,5 kN/m^2.

3. *Area di sbarco della scala di fronte alla U.T.A. (carico accidentale = 0,5 kN/m^2).*

   Trattandosi di un'area utilizzata come stoccaggio di vasi e altri arredi da esterno, si può ipotizzare un suo scarso utilizzo da parte del gestore: a questo proposito per evitare un sovraccarico del solaio, si è considerato di rendere impraticabile la zona se non ad un eventuale manutentore della U.T.A. con conseguente carico accidentale di 0,5 kN/m^2.

Quindi sono stati effettuati nuovamente i calcoli agli S.L.U. in corrispondenza delle travi e dei pilastri che non erano verificati con i carichi precedentemente utilizzati e si sono ottenuti alcuni benefici: il primo vantaggio riguarda una trave secondaria situata al primo piano che grazie a tali accorgimenti risulta essere verificata, il secondo è una piccola diminuzione della sollecitazione in due pilastri del piano primo che permette la verifica degli stessi con un margine più importante rispetto alla verifica condotta agli SLU (con un indice che era pari a 0,99). Purtroppo i benefici ottenuti sono pochi e perciò si rende necessaria una riduzione ulteriore dei carichi portati. Soprattutto nel caso dei pilastri i vantaggi principali dovuti a un abbassamento del momento flettente sono resi meno importanti dal conseguente abbassamento dello sforzo normale di compressione con conseguente diminuzione, seppur leggera, del dominio. Per quanto riguarda le travi anche considerando gli eventuali apporti dati dalla redistribuzione dei momenti, le verifiche non risulterebbero soddisfatte.



174. Pianta del piano primo con individuati i pilastri e le travi verificati (in verde) e non (in rosso) agli S.L.U. secondo le analisi ottenute dalla proposta 1, esportazione da modello Revit, 2018.

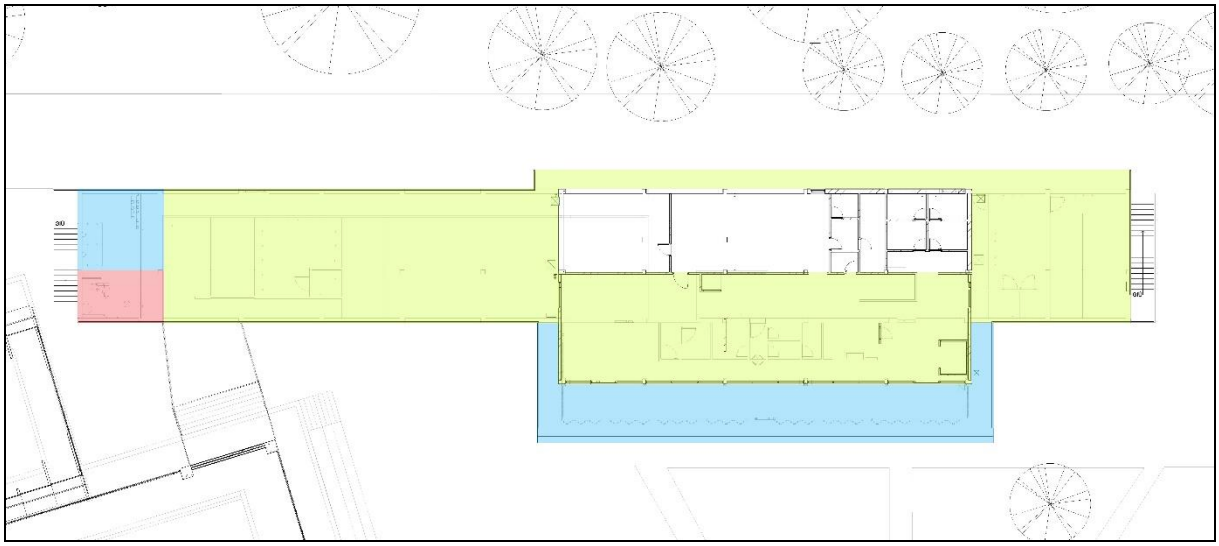
- <u>Proposta 2: Diminuzione o annullamento dei carichi accidentali per sovraccarico d'uso in varie zone del piano primo (carico accidentale max = 2 kN/m^2).</u>

  Il procedimento è del tutto analogo al precedente con la sola differenza che il carico accidentale impiegato in questo caso risulta essere di soli 2 kN/m^2 per le terrazze e con la terrazza a sbalzo resa impraticabile e quindi soggetta soltanto ai carichi di manutenzione come nel caso dell'area di pertinenza della U.T.A. nella proposta 1.

  1. *Terrazze laterali, a sbalzo sul retro e sala ristorante (carico accidentale = 2 kN/m^2).*

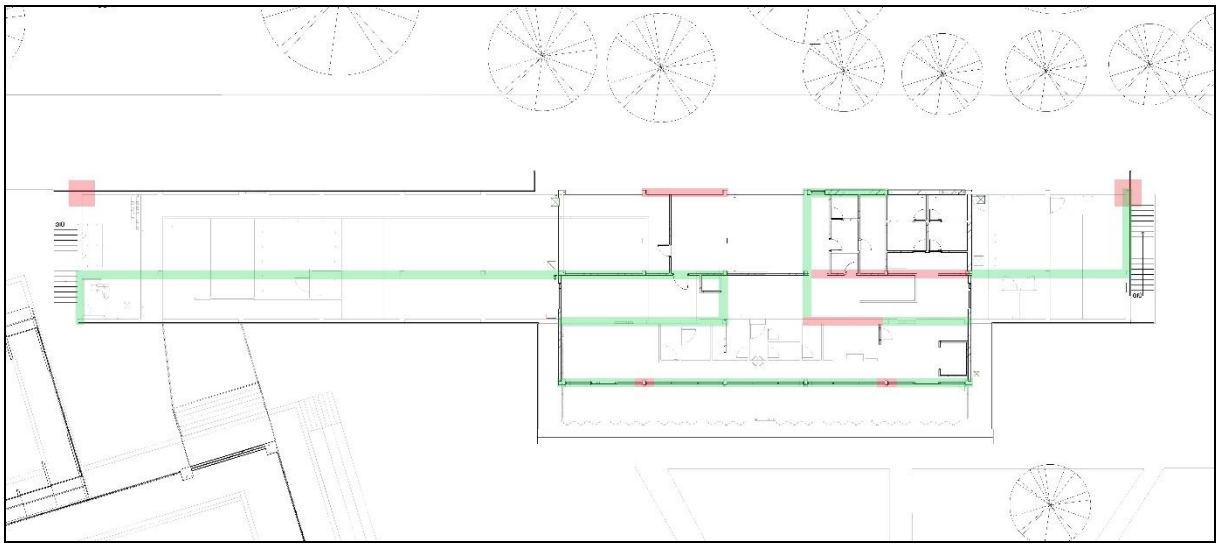
     Tolto un altro kN al m^2 in corrispondenza delle terrazze laterali e della terrazza a sbalzo sul retro si è optato per rendere impraticabile la terrazza a sbalzo di fronte al giardino che attualmente viene impiegata dal ristorante durante il periodo estivo e che, per l'appunto, potrebbe essere sostituita dalle due terrazze laterali per diminuire i carichi sulla trave rastremata del piano terra.
  2. *Terrazza a sbalzo frontale (carico accidentale = 0,5 kN/m^2).*

     Come detto nel paragrafo precedente, è stata presa in considerazione l'ipotesi di proibire la frequentazione del balcone frontale ai clienti del ristorante in modo da ridurre il carico su di esso in maniera importante. Chiaramente a livello gestionale ciò comporta la necessità di prevedere ulteriori posti a sedere durante l'estate che possono essere ricavati nelle terrazze laterali.
  3. *Area U.T.A. (carico portato = 2 kN/m^2, carico accidentale = 0,5 kN/m^2).*
  4. *Area di sbarco della scala di fronte alla U.T.A. (carico accidentale = 0,5 kN/m^2).*



175. Pianta del piano primo, esportazione da modello Revit, 2018. È possibile individuare le tre tipologie di carico delle aree nella proposta 2: in verde le aree con carico 2 kN/m^2, in blu quelle con carico 0,5 kN/m^2 e in rosso quelle con carico 2,5 kN/m^2.

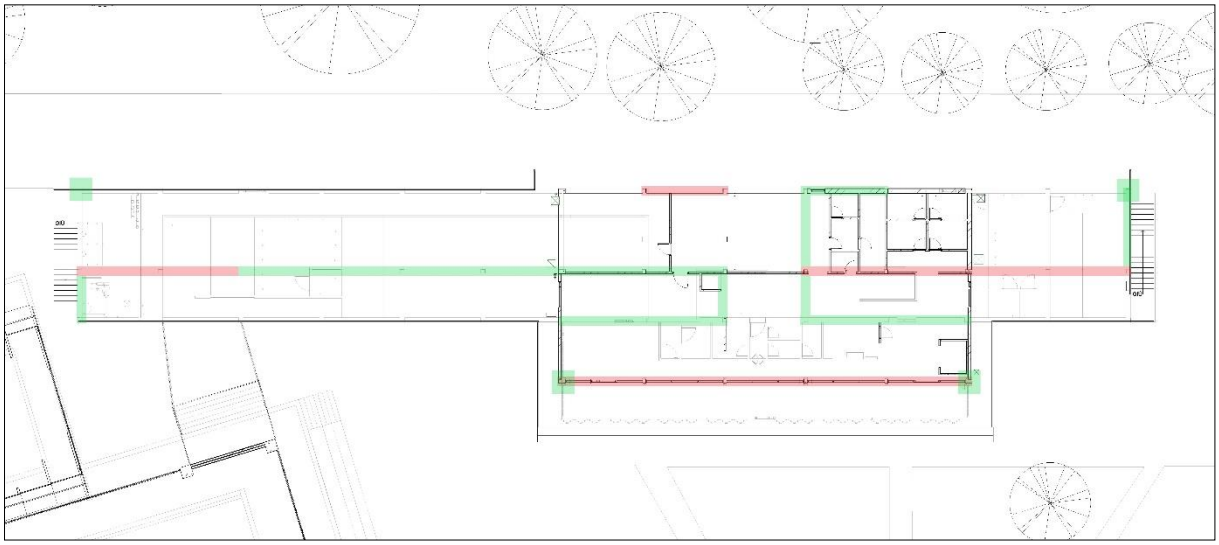
Come si può immaginare i vantaggi sono notevolmente superiori rispetto al caso precedente, dal momento che gran parte delle travi che non venivano soddisfatte in precedenza adesso lo sono con l'impiego della redistribuzione dei momenti fatta eccezione di alcune che ancora si attestano su sollecitazioni superiori al limite elastico. Non cambia sostanzialmente nulla per i pilastri dal momento che i due pilastri che precedentemente non soddisfacevano le verifiche, seppur meno caricati, non le soddisfano e nemmeno nella proposta 2 sempre a causa del fatto che una diminuzione dei carichi comporta anche una diminuzione dello sforzo normale di compressione e conseguentemente del dominio.



176. Pianta del piano primo con individuati i pilastri e le travi verificati (in verde) e non (in rosso) agli S.L.U. secondo le analisi ottenute dalla proposta 2, esportazione da modello Revit, 2018.

- <u>Proposta 3: Previsione di altre prove e indagini per ottenere il Livello di Conoscenza 1 (coefficiente di correzione per i materiali = 1).</u>

  Un'altra alternativa presa in considerazione è stata quella di effettuare un numero di prove in situ superiore rispetto a quelle effettuate attualmente, in modo tale da raggiungere un livello di conoscenza pari a 1 con conseguente aumento (dovuto alla sostanziale non diminuzione delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio e del calcestruzzo) della resistenza di progetto di travi e pilastri. In questo caso, sebbene richiedere un maggior numero di prove in situ per raggiungere il livello di conoscenza pari a 1 comporti dei costi notevoli sarà necessario, una volta valutate le verifiche, confrontare se il costo di una eventuale serie di interventi su travi e pilastri sia inferiore o superiore e valutare quale strada intraprendere.

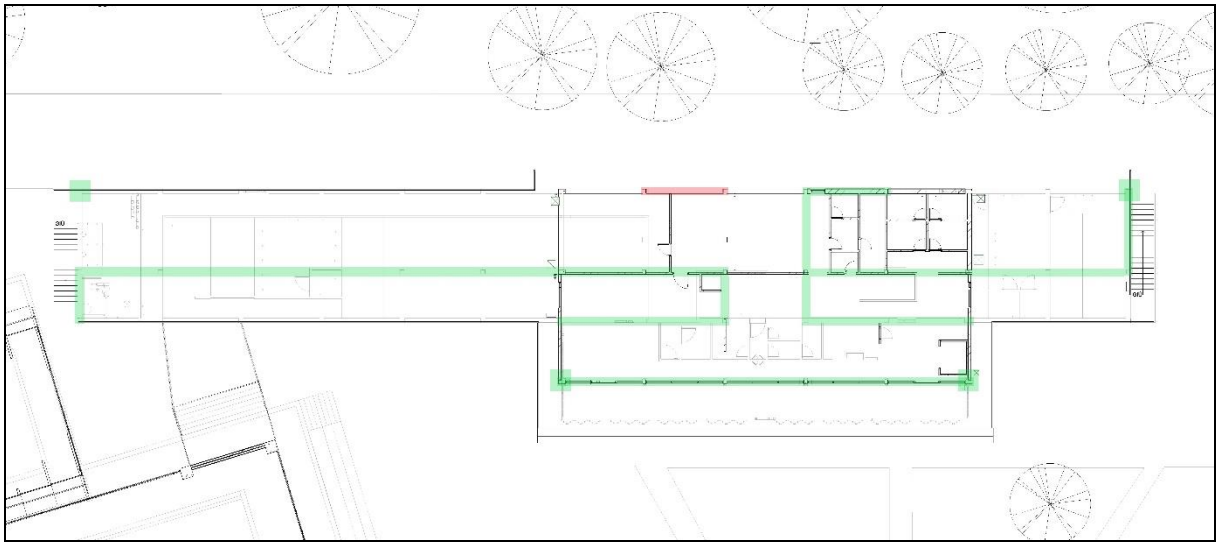


177. Pianta del piano primo con individuati i pilastri e le travi verificati (in verde) e non (in rosso) agli S.L.U. secondo le analisi ottenute dalla proposta 3, esportazione da modello Revit, 2018.

In questo caso, si può notare come, contrariamente ai pilastri, per le travi non si possono notare sostanziali vantaggi dal momento che circa meno della metà non soddisfa ancora le verifiche. Infatti, se per i pilastri la diminuzione dei carichi gioca un doppio ruolo, riducendo i momenti flettenti ma anche lo sforzo normale di compressione da cui dipende il dominio, per le travi ha solo vantaggi, quindi effettuare ulteriori prove rispetto a quelle fatte in precedenza per raggiungere il livello di conoscenza pari a 1 da solo non evita di prendere in considerazione la necessità d'intervenire.

- Proposta 4: Previsione di altre prove e indagini per ottenere il Livello di Conoscenza 1 (coefficiente di correzione per i materiali = 1) e diminuzione o annullamento dei carichi accidentali per sovraccarico d'uso in varie zone del piano primo (carico accidentale max = 2 kN/m^2).

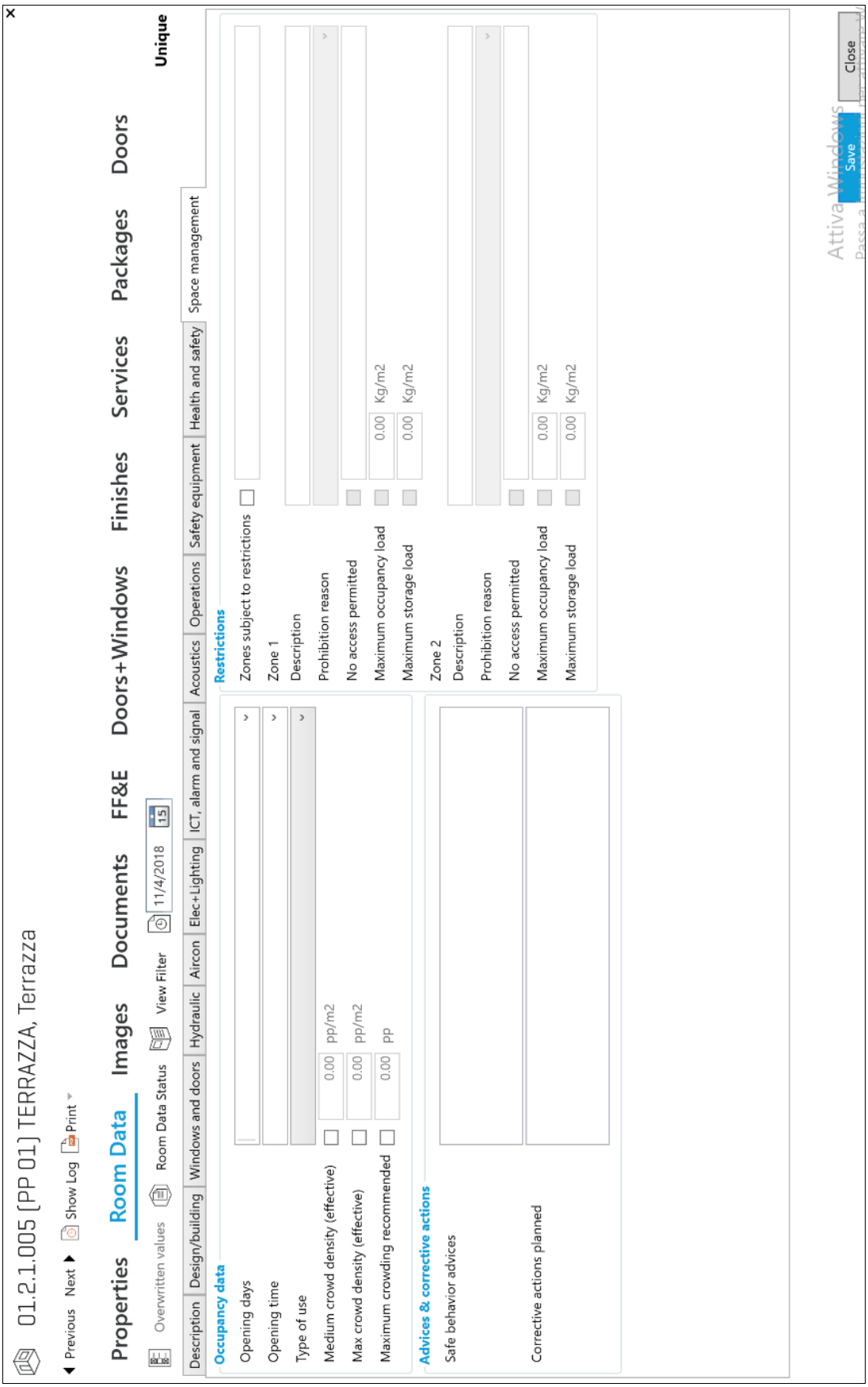
  Si tratta della combinazione dei due casi precedenti in modo da trarre i benefici da un eventuale diminuzione dei carichi con un aumento della resistenza di progetto, in modo da cercare di verificare quante più travi possibili evitando così di dover prevedere rinforzi ad esempio utilizzando fibrorinforzati a matrice polimerica.



178. Pianta del piano primo con individuati i pilastri e le travi verificati (in verde) e non (in rosso) agli S.L.U. secondo le analisi ottenute dalla proposta 4, esportazione da modello Revit, 2018.

A trarne i maggiori benefici adesso, oltre ai pilastri, sono la maggior parte delle travi che, a parte una trave di bordo sul retro, risultano essere verificati. Sicuramente è una soluzione che, nonostante necessiti dello svolgimento di ulteriori prove e importanti attenzioni in termini di gestione degli affollamenti, rispetto alle altre, non comporta particolari costi d'intervento (tranne in un caso). Questa proposta potrebbe essere la più appetibile per la proprietà, che non dovrebbe effettuare un importante esborso economico, e per il gestore che, seppur dovendo fare attenzione a gestire le folle, non dovrebbe tenere chiusi gli ambienti per permettere lo svolgimento dei lavori di rinforzo.

In ogni caso, qualsiasi sia la scelta della proprietà, si è ipotizzato di implementare il database per tutte le proposte analizzate, inserendo le indicazioni di non superamento di carichi (sia che si tratti di folle sia che si tratti di stoccaggio): ciò è stato effettuato nella pagina dedicata alla gestione degli spazi nelle *Rooms* del database.



179. Scheda dei dati relativi alla gestione degli spazi, screenshot dal database su dRofus, 2018. Viene indicato se si trovano o meno spazi soggetti a restrizioni e in tal caso quale sia la ragione, se strutturale o di sicurezza, per il quale lo spazio non possa essere sfruttato. Allo stesso modo si precisa se si tratta di una zona in cui è del tutto vietato l'accesso oppure i carichi che non devono essere superati da parte del gestore durante l'uso.

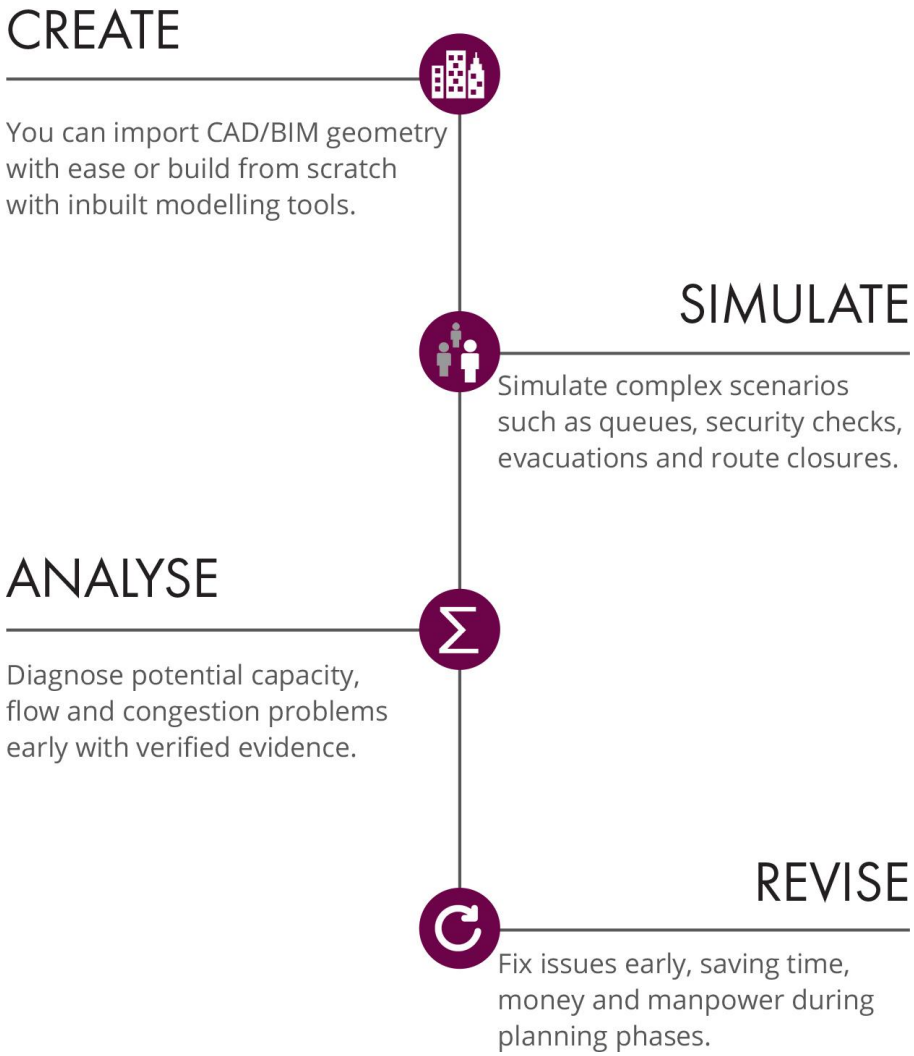
Tutte le proposte che sono state elencate hanno come obiettivo l'abbattimento del numero di travi e pilastri non verificati agli Stati Limite Ultimi; vogliamo sottolineare come queste misure cautelative non riguardano i solai e i balconi, per i quali consigliamo ulteriori approfondimenti.

6 - La gestione delle folle: utilizzo del software commerciale Mass Motion

Come già introdotto nei capitoli precedenti, la gestione degli spazi esterni e dei locali interni del complesso Bellariva assume un ruolo di primaria importanza nell'ottica di miglioramento del management, argomento centrale di questa tesi. Gli spazi da gestire sono numerosi e le esigenze da soddisfare molto diverse: il complesso, come detto, presenta sia fabbricati nei quali si svolgono attività sportive, natatorie e di ristorazione, sia molteplici spazi all'aperto dove si organizzano attività ludiche per bambini e dove usualmente si praticano le attività di balneazione estiva. Questa grande variabilità di utilizzo degli spazi, connessa spesso alla diversità delle attività organizzate per la stagione estiva rispetto a quella invernale, ci hanno portato a valutare l'utilizzo di un software di simulazione ed analisi delle folle che potesse portare al miglioramento del benessere degli utenti e al perfezionamento dell'amministrazione del complesso che ad oggi risulta essere caotica. In particolare durante i sopralluoghi, è stato ravvisato come l'ambiente esterno fosse completamente sprovvisto di una progettazione funzionale, mentre gli ambienti interni fossero sottodimensionati rispetto all'importante quantità di persone che si riversa all'interno della struttura soprattutto nei mesi più caldi. È importante sottolineare come l'obiettivo perseguito sia stato quello di gestire, e nel caso riprogettare, gli edifici e gli spazi aperti pensando alle esigenze delle utenze, scopo non semplice da raggiungere quando sono presenti centinaia di agenti con esigenze estremamente diverse: per questo motivo è stato utilizzato un programma di simulazione che potesse agevolare questo processo. In particolare, MassMotion[27], il software della Oasys[28] da noi prescelto, fornisce strumenti all'avanguardia per importare geometrie anche molto complesse e combinare flussi di utenti per creare rapidamente una valida simulazione 3D nella quale, un numero definito di agenti (pedoni virtuali), viaggiano in modo intelligente all'interno del modello geometrico in base alle proprie esigenze specifiche: i pedoni infatti rispondono dinamicamente[29] alle condizioni operative in continua evoluzione simulando il comportamento reale di un individuo[30]. Per di più questo programma è ideale non solo per prevedere il movimento di centinaia di migliaia di individui, ma anche per la pianificazione avanzata di evacuazione nelle emergenze, strumento utile soprattutto nei luoghi dove si organizzano eventi di pubblico spettacolo come quelli allestiti all'interno degli spazi di pertinenza della piscina olimpionica. Nei successivi capitoli andremo a descrivere quali sono i requisiti minimi per utilizzare il programma MassMotion, quali sono gli scenari selezionati per simulare lo stato d'uso del complesso ed attraverso i risultati delle singole simulazioni valideremo le nostre proposte di riprogettazione.

7.1 - Il Work-Flow di lavoro

Il Work-Flow di lavoro che ci ha reso possibile la simulazione delle folle utilizzando il software MassMotion si è articolato in 4 fasi: inizialmente è stato realizzato un modello tridimensionale BIM degli edifici e degli esterni nel quale inserire le informazioni geometriche del complesso, successivamente sono state raccolte tutte le informazioni utili attraverso interviste e sopralluoghi per poter realizzare profili utente e predire il comportamento degli stessi per poi procedere alla simulazione degli scenari utilizzando le informazioni raccolte, ed infine, tramite gli strumenti messi a disposizione dal software, all'analisi critica di ogni singola simulazione ipotizzata. I risultati di alcune analisi hanno evidenziato delle criticità importanti, in questi casi è stata aggiunta una successiva fase di riprogettazione del flusso, dell'ambiente o degli orari, seguita da una successiva simulazione attraverso la quale poter validare il nuovo progetto e confrontare i benefici ottenuti rispetto all'esborso economico occorso per realizzarli.



180. Work-flow di lavoro, illustrazione, 2018, sito internet oasys-software.com.

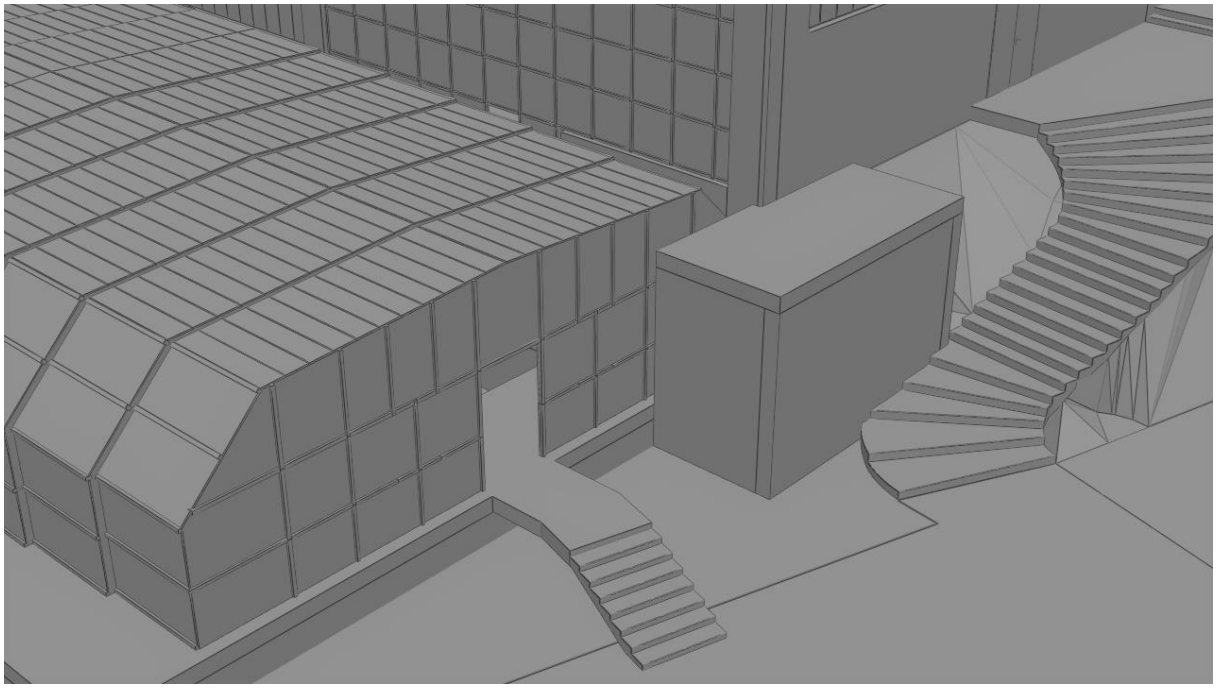
7.1.1 - Istruzioni per la modellazione 3D finalizzata a ottimizzare il funzionamento del programma

Nonostante il software di simulazione MassMotion possegga al suo interno un'interfaccia che offre la possibilità di realizzare una modellazione tridimensionale, essa possiede strumenti di progettazione estremamente limitati e una procedura di modellazione macchinosa che allungano estremamente il processo di generazione della geometria del sistema. Questa poca semplicità dell'interfaccia causa un'enorme difficoltà nel suo utilizzo, che probabilmente è giustificato solamente nel caso in cui la geometria dello spazio da modellare sia estremamente semplice. In tutti gli altri casi, come ampiamente raccomandato dai produttori stessi del programma, è possibile importare i file BIM e utilizzare direttamente la loro geometria 3D o importare i file CAD 2D e sviluppare modelli tridimensionali utilizzando l'interfaccia di modellazione integrata nel programma. Sono numerosi i software supportati da Mass Motion per importare direttamente la geometria del progetto: Rhino, 3DS MAX, Sketchup, Vectorworks, Bentley MicroStation, Autocad e per la modellazione BIM Revit Autodesk e Archicad Graphisoft. Anche se il software permette l'importazione di qualsiasi tipo di modello 2D e 3D è il BIM ad essere al centro del design di MassMotion: gli utenti posso rapidamente trasferire i modelli BIM utilizzando il formato dati IFC open 2x3[31]andard e automaticamente importare la geometria che viene mappata dal programma. Ciò consente di risparmiare moltissimo tempo in quanto MassMotion identifica automaticamente gli oggetti modellati in Revit, eliminando la necessità per gli utenti di crearli manualmente. La ricchezza delle informazioni contenuta nella progettazione BIM è dunque una risorsa per velocizzare il processo di simulazione; la curva di apprendimento per l'utilizzo del programma è significativamente ridotta dalla compatibilità IFC, il che significa che avvenuta l'importazione possiamo immediatamente dedicarci alla simulazione e all'analisi dei progetti. In particolare, l'importazione di IFC in MassMotion non solo presenta il vantaggio di riconoscere la geometria in ingresso, ma anche di classificarla automaticamente nel tipo di oggetto MassMotion più appropriato come ad esempio un pavimento (riconosciuto come un floor), una porta (trasformata in un link) o una scala (diventata una stair o ramp). Tutto ciò è possibile grazie al formato file IFC che include sia i dati geometrici che i metadati del modello originale. Ad esempio, in un modello CAD un solaio si disegnerebbe semplicemente disegnandone il contorno con linee, mentre in un modello di edificio il solaio include proprietà come spessore, tipo di materiale, finiture e così via. Queste preziose informazioni sono riconosciute dal software e utilizzate per mappare gli oggetti in base alla loro tipologia.

181. Schema esportazione file, illustrazione, 2018, sito internet oasys-software.com.

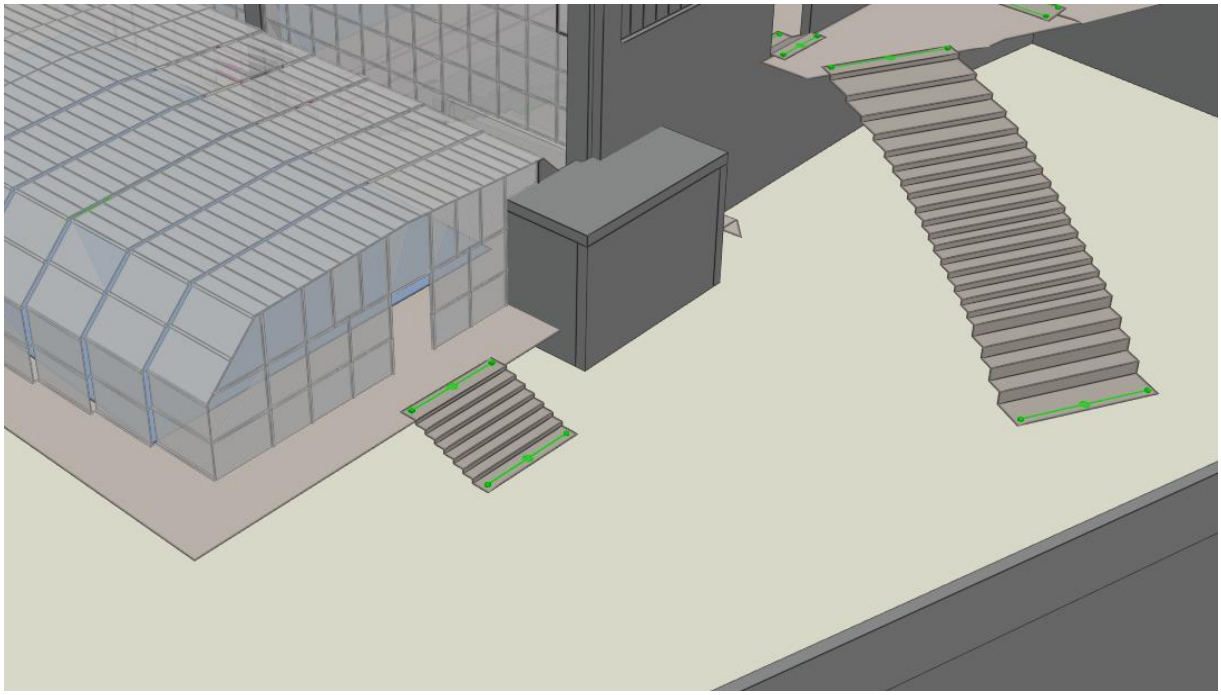
In ordine cronologico, per poter collegare la geometria del progetto all'interno del software di simulazione delle folle, è stato necessario esportare il modello architettonico del complesso Bellariva che avevamo realizzato con Revit (salvato in formato .rvt) in formato .ifc ed infine procedere all'importazione in MassMotion.

È interessante sottolineare come incredibilmente il programma sia in grado di percepire la quasi totalità degli oggetti BIM; fa eccezione ad esempio la superficie topografica del terreno, che è semplificata dal software tramite l'unione di superfici piane, oppure alcuni oggetti di arredo che sono trasformati in elementi dal design più elementare. Come detto però, la stragrande maggioranza dei componenti viene riconosciuta, arrivando persino a comprendere pienamente la conformazione di geometrie complesse come una scala dal disegno articolato o addirittura la fattezza di montanti e traversi di una facciata continua, come possiamo vedere nell'immagine sottostante. Dopo aver completato l'importazione della geometria, e averla orientata e posizionata rispetto al sistema di riferimento utilizzato del programma,



182. Vista della piscina di riscaldamento e della piscina olimpionica dopo l'importazione diretta del file IFC, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.

è necessario compiere un ulteriore passaggio, ovvero trasformare gli oggetti geometrici importati in elementi riconosciuti dal software di simulazione chiamati “oggetti di scena”. Questi non sono altro che gli strumenti con i quali interagiscono gli attori della simulazione dinamica della folla. Ad esempio: gli agenti all’interno della simulazione non percorreranno il solaio importato dall’applicativo ma una sua semplificazione chiamata *FLOOR* (rimandiamo al capitolo 8 per la comprensione tecnica precisa e la spiegazione dell’utilizzo del software). Dunque, nonostante il programma come detto riconosca esattamente la geometria BIM del complesso, in certi casi è superfluo dettagliarla esageratamente in quanto nel passaggio da oggetto geometrico a oggetto di scena subisce pesanti semplificazioni. In particolar modo questa importante trasformazione avviene nel caso delle porte, delle scale e dei solai: le porte vengono completamente eliminate e sostituite da un passaggio (*LINKS*), le scale sono semplificate in elementi rettilinei e squadrati (*STAIRS*) ed infine i solai sono schematizzati con superfici piane e senza spessore (*FLOORS*). Gli unici elementi che mantengono inalterate le proprie caratteristiche geometriche risultano le pareti e tutti gli oggetti che costituiscono una barriera al passaggio dell’agente; in tal caso il programma li sostituisce con l’elemento *BARRIERS*. La trasformazione da oggetto geometrico importato da file IFC in oggetto di scena riconosciuto dall’agente può avvenire secondo due diverse modalità: il programma riconosce la natura dell’oggetto (ad esempio una porta) e, o lo trasforma automaticamente nell’elemento corrispondente da lui identificato, o in alternativa, offre la possibilità di scegliere in quale oggetto di scena trasformarlo.



183. Vista della piscina di riscaldamento e della piscina olimpionica avvenuta la trasformazione in oggetto di scena, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.

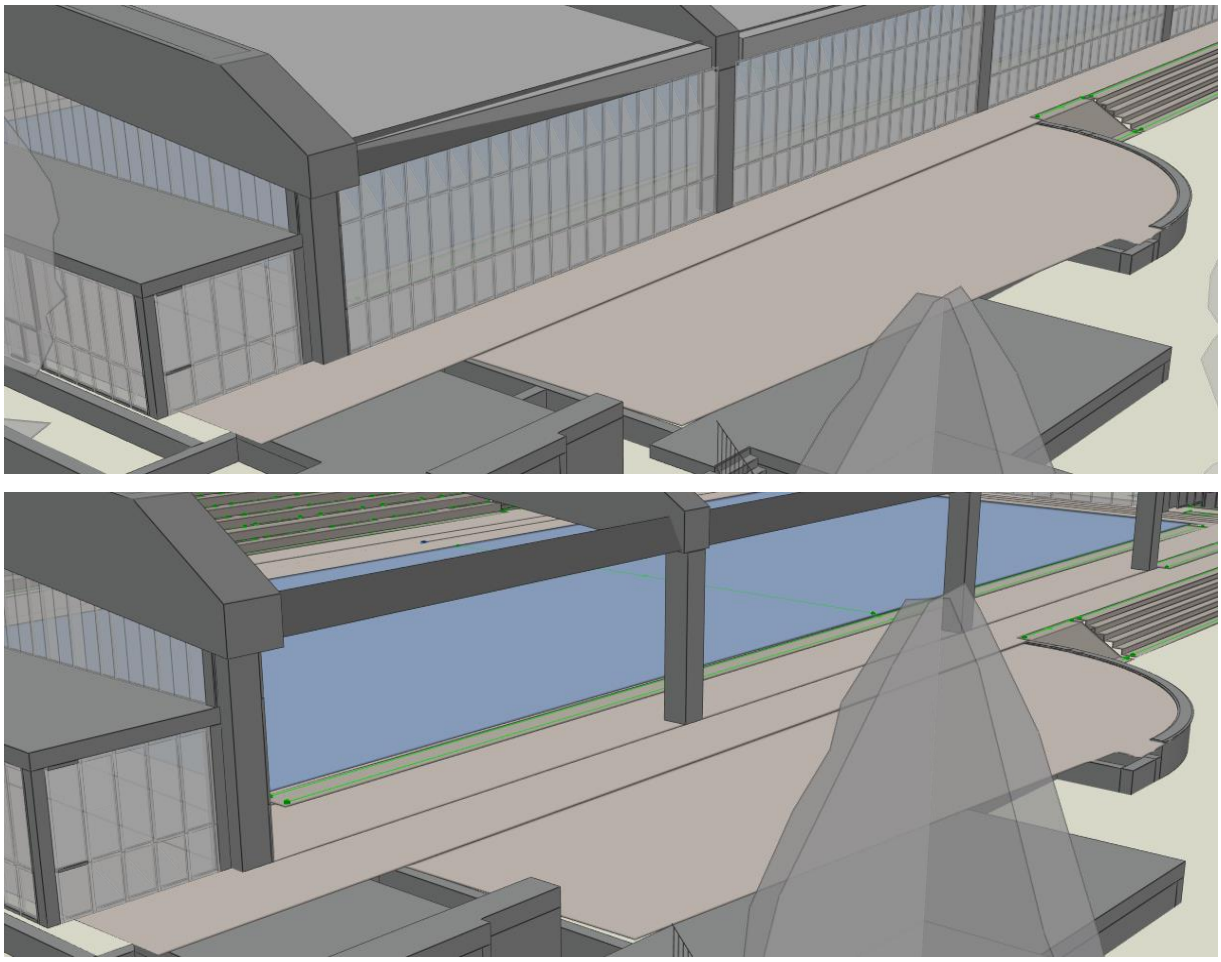
L'unico oggetto geometrico indispensabile per lanciare una simulazione con MassMotion è l'elemento *FLOORS*, ovvero una superficie piana nella quale inserire tutti gli input necessari per il buon funzionamento del software; tutti gli altri oggetti servono a migliorare la qualità della simulazione ma non sono strettamente necessari.
Come è facile intuire dall'osservazione dell'immagine 181, è consigliata la progettazione particolareggiata dei soli elementi barriera ovvero delle pareti, degli arredi e dei serramenti fissi, dato che, come detto, le scale, le finestre e i solai sono soggetti a una modifica che li rende estremamente semplici. Per di più è importante sottolineare come il programma non riconosca il locale in funzione di un numero minimo di oggetti (ad esempio un solaio, quattro mura ed una porta) ma percepisca ogni elemento geometrico come a sé stante; è inutile dunque impreziosire il modello BIM con informazioni riguardanti il locale poiché esse non sono recepite dal programma.
In conclusione, come regola generale, si consiglia in fase di modellazione tridimensionale di realizzare tutti gli elementi che costituiscono una barriera al passaggio della folla in maniera dettagliata e utilizzare degli elementi famiglia standard per porte, solai e scale.

7.1.2 - Dati da raccogliere per impostare una corretta simulazione

Il programma MassMotion, basato sul sistema "*Agent*" ha lo scopo di predire come le persone interagiscono tra loro e con l'ambiente circostante sia nelle situazioni ordinarie che di emergenza. Gli agenti, infatti, sono in grado di scegliere autonomamente il percorso, preferendo spesso quello più veloce, ma necessitano di input dati dal progettista che determina sia le destinazioni da raggiungere, sia il comportamento degli utenti una volta raggiunte. Per questo motivo la raccolta di dati in loco rappresenta una fase importante e necessaria per ottenere uno scenario che simuli il più possibile la realtà.
I primi dati da raccogliere sono relativi agli ambienti; sarà proprio all'interno di questi che si svolgerà la simulazione dinamica della folla e dunque è necessario recepire quante più informazioni possibili. Per prima cosa dovranno essere identificate le destinazioni d'uso di ogni singolo locale, per indirizzare la folla nell'ambiente corretto corrispondente alla funzione da svolgere. In secondo luogo, sarà necessario rilevare con estrema attenzione tutte le attrezzature e arredi di cui sono dotati i vani: nel nostro caso, ad esempio, è stato importante contare l'esatto numero di docce e panche per lo spogliatoio maschile e femminile al fine di comprendere il massimo affollamento consentito all'interno del vano stesso. Nel complesso Bellariva l'ambiente estivo nel quale si svolgono le attività è strutturalmente diverso rispetto a

quello invernale: le porte a soffietto di cui è dotata la zona bar sono completamente aperte in estate, permettendo un passaggio continuo degli utenti attraverso le stesse; in inverno la situazione cambia drasticamente, in quanto le porte sono chiuse e restano solamente tre uscite di emergenza. Anche la piscina olimpionica è soggetta allo stesso cambiamento: insieme alla copertura che viene aperta all'inizio dell'estate, si rimuove un'importante area della facciata, consentendo il passaggio diretto di utenti dall'area giardino alla piscina. Consigliamo dunque di raccogliere informazioni anche sull'utilizzo degli ambienti nelle diverse stagioni, dato che la conformazione dei locali può cambiare a tal punto da invalidare un'intera simulazione.

Un altro dato che è indispensabile conoscere per realizzare una corretta simulazione è il numero di persone che accedono alle varie aree del complesso: il programma, infatti, non recepisce il numero massimo di utenti consentiti in un locale (informazione invece contenuta nel file Revit) ma richiede esclusivamente il numero di vettori che entrano nella simulazione. Per questo motivo sarà necessario svolgere una campagna di raccolta di dati per conoscere, per ogni scenario di utilizzo dell'oggetto edilizio, quanti sono gli utilizzatori degli spazi e in quali orari si concentra il flusso in ingresso.



184. Viste della piscina olimpionica Nannini in inverno (sopra) ed in estate con copertura aperta (sotto), immagine esportata dal software MassMotion, 2018.

In particolare per la stesura della nostra tesi, sono stati intervistati i dipendenti della piscina Nannini per conoscere il numero di persone che giornalmente visitano la piscina (sia d'estate che d'inverno) e i titolari del bar e del ristorante che ci hanno informato sul numero di clienti che mediamente frequentano i loro esercizi. Dato che il complesso Bellariva ospita spesso eventi sportivi di pallanuoto di una certa rilevanza, si è reso necessario chiedere informazioni circa il numero di spettatori che usualmente partecipano a tali spettacoli. Il numero di partecipanti a questi eventi non solo ci è stato indicato dagli addetti della biglietteria ufficiale ma è stato anche confermato da numerosi articoli di giornale che registravano un'affluenza copiosa. La raccolta di dati sul numero di ingressi è un'informazione sterile senza un'opportuna considerazione sulle tempistiche di accesso nel complesso: avere cento vettori che entrano contemporaneamente nella simulazione è estremamente diverso rispetto ad un ingresso più scaglionato nel tempo. Le problematiche maggiori, come vedremo, sono dovute infatti ad una concentrazione di flussi in determinate ore del giorno che possono causare, se mal gestite, disagi anche importanti.

Un altro gruppo di dati di cui necessita il software per poter lanciare una simulazione è il profilo dell'agente. Ad eccezione dei casi in cui la simulazione è estremamente elementare, i profili dei vettori che partecipano alla simulazione sono generalmente diversi: si consideri ad esempio il caso dell'evento sportivo; gli spazi occupati dallo spettatore e le azioni da lui compiute saranno sicuramente diverse da quelle dell'atleta che disputa la gara. Questa necessità di individuare diversi profili per ogni scenario simulato si palesa anche tra utenti di categorie simili come i bagnanti ad ingresso giornaliero e quelli ad ingresso pomeridiano: i primi dovranno pranzare all'interno della struttura (e dunque ipoteticamente fruire del ristorante), i secondi rimarranno con tutta probabilità all'interno dello spazio delle piscine.

Dunque, a diverse esigenze e i diversi spazi occupati corrisponderanno altrettanti diversi profili. Per poter acquisire questi dati di fondamentale importanza, è stato necessario sia intervistare i dipendenti della piscina, sia consultare il panorama di corsi messi a disposizione dal gestore, sia frequentare per alcuni giorni gli ambienti del complesso.

Gli ultimi elementi su cui è stato necessario indagare sono stati i percorsi compiuti ed i luoghi utilizzati da ogni singolo profilo. Ogni persona che entra nel complesso Bellariva svolge una attività ben precisa ma ognuno per compierla sceglie percorsi, spazi e tempi differenti. Questa estrema eterogeneità nel comportamento degli utenti ha reso il compito di generalizzare estremamente difficoltoso, risolto solamente attraverso indagini statistiche. È importante sottolineare come sia fondamentale ed estremamente delicata la scelta di alcuni parametri come ad esempio la durata di una doccia dopo il corso di piscina: questo dato, che sembra

assai superfluo, può determinare per uno spogliatoio diverse problematiche di sovraffollamento. Anche in questo caso è stato necessario recarsi con una certa frequenza nei luoghi utilizzati dagli utenti al fine di raccogliere una mole di informazioni tale da poter essere in grado di estrapolarne dati statistici.

Riepilogando, per poter essere in grado di creare una simulazione quanto più realistica, data l'estrema variabilità dei parametri, è essenziale raccogliere un'abbondante quantità di informazioni da cui ricavare profili, locali e percorsi da inserire come input nel programma.

Per poter raggiungere questo grado di conoscenza è consigliato procedere nella campagna di raccolta dati attraverso interviste dirette dei dipendenti ed utilizzatori dei luoghi nonché visitare più volte i locali oggetto della simulazione alle diverse ore del giorno, in modo da poter avere un quadro completo sul quale basare la simulazione. In particolar modo, durante le nostre visite è stato fondamentale l'utilizzo di supporti audio-video che ci hanno aiutato a registrare le interviste ed a monitorare l'effettivo utilizzo degli edifici.

In conclusione, una volta raccolti dati geometrici precisi relativi agli ambienti ed estrapolate le informazioni statistiche riguardanti gli utenti, è possibile impostare una corretta simulazione dinamica della folla in ambienti chiusi ed aperti, sia durante il normale utilizzo sia durante le emergenze, identificando i potenziali rischi per la sicurezza.

185. Vista dello spazio aperto prospicente alla palazzina spogliatoi all'interno del complesso di Bellariva, fotografia, 2018, Firenze. Si può notare come d'inverno la piscina olimpionica sia completamente chiusa e non permetta l'accesso diretto dal parco.

8 - Indicazioni sul funzionamento del programma di simulazione MassMotion

Come introdotto precedentemente, il software MassMotion è stato sviluppato per consentire ai professionisti, di testare e analizzare rapidamente il movimento delle persone in diversi tipi di ambienti. Per fare questo MassMotion fornisce agli utenti un insieme di strumenti per la creazione e la modifica di ambienti 3D, la definizione di scenari operativi, l'esecuzione di simulazioni dinamiche e lo sviluppo di analisi accurate. Per comprendere al meglio il funzionamento del programma ed essere in grado di iniziare in tempi brevi a modellare e simulare, sono stati visionati i video introduttivi ed è stata letta la guida utente che vengono forniti gratuitamente nella pagina web del produttore Oasys. All'interno di questo capitolo illustreremo brevemente il funzionamento del software, soffermandoci sugli aspetti che sono stati ritenuti più interessanti. Per iniziare è senz'altro necessario introdurre due concetti basilari per la compressione del programma: la scena e gli agenti.

8.1 - Gli strumenti di MassMotion – Come funziona il software

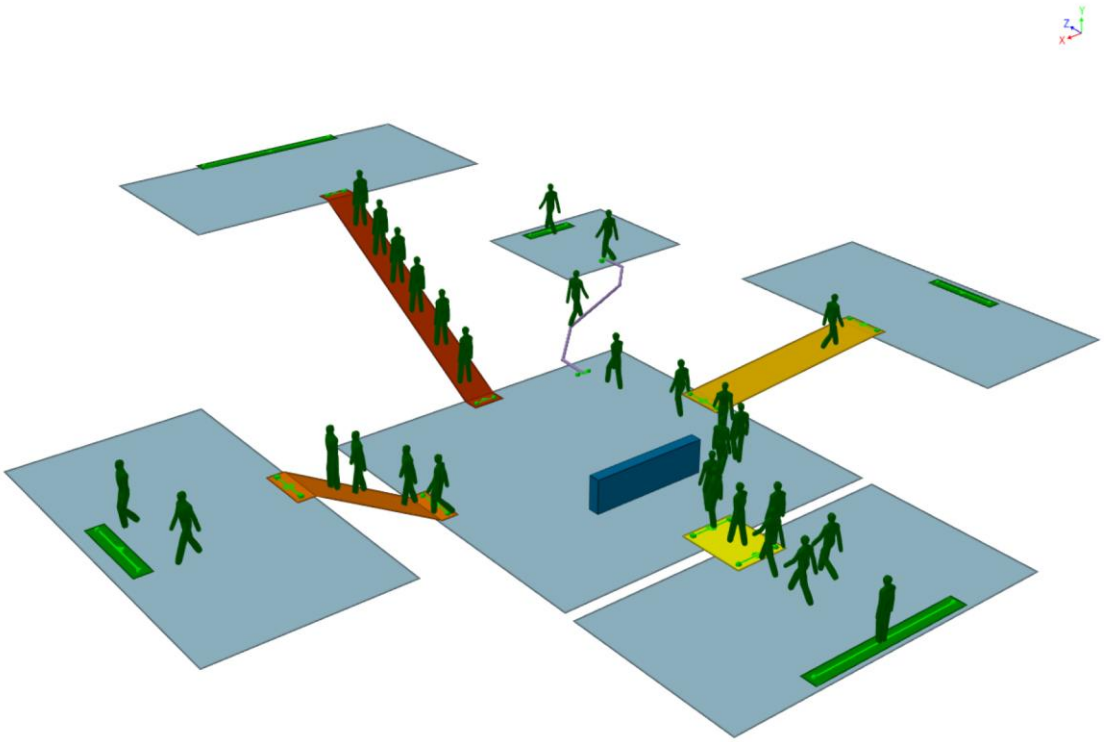
Come introdotto nel capitolo precedente, MassMotion importa o modella gli spazi del mondo reale e li classifica in base alla propria funzione. Gli elementi di base in cui può essere composta una scena sono: pavimenti, collegamenti, scale, rampe, scale mobili, percorsi, portali e barriere.

<u>PAVIMENTI</u>

I pavimenti sono l'oggetto di scena più importante. Rappresentano gli spazi (stanze, corridoi, piazze, marciapiedi, piattaforme ferroviarie) che definiscono le aree del progetto nelle quali l'agente potrà camminare; è impossibile infatti lanciare una simulazione senza aver inserito almeno un *FLOORS* (pavimento) o utilizzare uno degli altri oggetti di scena se non è posto in contatto con lo stesso.

<u>COLLEGAMENTI</u>

Le persone possono spostarsi solo tra pavimenti uniti da oggetti di connessione. Ad esempio, i *LINKS* collegano *FLOORS* posti sullo stesso piano, mentre le scale (STAIRS), scale mobili e rampe (*RAMPS*) collegano i *FLOORS* in modo diverso ovvero in elevazione; infine i percorsi (*PATHS*) connettono i piani a qualsiasi altezza seguendo un percorso scelto dal progettista.



186. L'immagine ritrae pavimenti (azzurro) collegati tramite rampe (arancione), collegamenti (giallo), scale mobili (rosso) e percorsi (viola), nei quali sono posizionati i portali (VERDE) e le barriere (BLU), immagine esportata dal software MassMotion,2018.

ENTRATE ED USCITE

I portali (*PORTALS*) hanno due funzioni principali: indicano le aree in cui le persone possono entrare ed uscire dalla simulazione e le destinazioni a cui gli individui possono essere inviati.

BARRIERE

Le barriere rappresentano muri, colonne, tavoli, banchi e qualsiasi altra cosa che possa limitare i movimenti su un pavimento.

CONNESSIONI AGLI OGGETTI DI SCENA

Ogni oggetto di scena (ad esempio collegamento, scala, rampa, scala mobile o percorso) ha due linee di riferimento, una con un'estremità quadrata da un lato e una circolare dall'altro. I portali invece ne hanno una sola. Le linee di riferimento hanno un'importanza enorme, sono loro infatti che connettono un oggetto al piano sottostante. Infine, le frecce presenti su entrambi i lati di una linea indicano le possibili direzioni di marcia percorribili. Ricordiamo che tutti gli oggetti di scena per adempiere la propria funzione devono necessariamente essere posti su un piano (*FLOORS*) o essere situati ad una distanza massima da esso di 0,2 metri.

GLI AGENTI

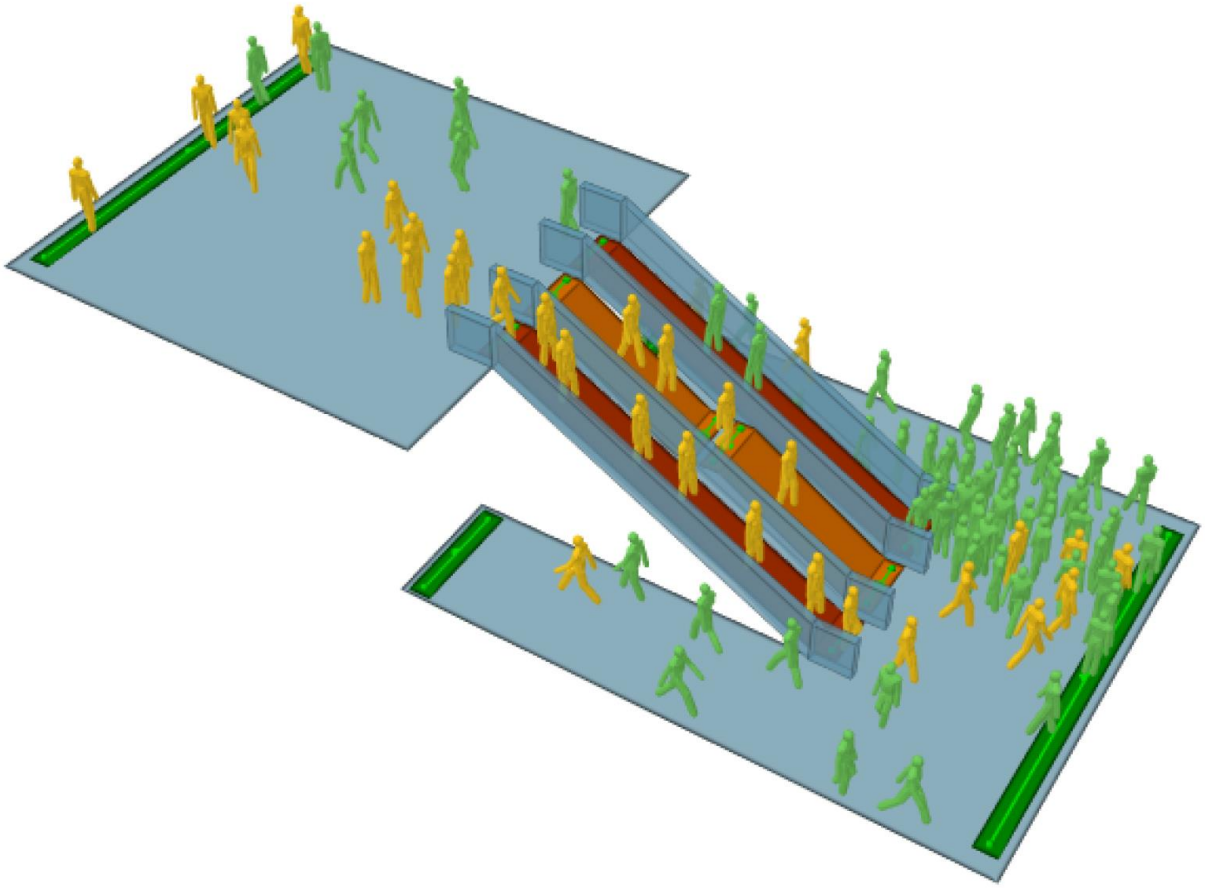
Introduciamo adesso il concetto di agente: è importante rimarcare che ogni persona in una simulazione MassMotion è un agente autonomo. Ogni vettore ha la capacità di monitorare e reagire nel proprio ambiente in funzione dell'insieme di caratteristiche e obiettivi da perseguire. Le caratteristiche fisiche e la personalità di un agente sono definite dal suo profilo: attraverso esso possiamo attribuire diverse proprietà come dimensione, velocità e qualsiasi altra preferenza per ogni tipo di percorso.

Tutti gli agenti che partecipano ad una simulazione sono inseriti attivamente nella scena attraverso la funzione "eventi". Alcuni eventi come il "*Journey*" danno la possibilità di introdurre l'agente una sola volta, mentre altri come il "*Vehicle*", consentono di inserire un ciclo di ripetizione di ingressi. Per di più alcuni eventi come il "*Journey*", danno la possibilità di attribuire una singola missione (cerca questo portale piuttosto che esci dalla simulazione), mentre altri come l'"*Evacuate*" assegnano una serie di compiti da eseguire in ordine (attendere 20 secondi, quindi evacuare la zona della piattaforma del treno ed infine esci dalla simulazione).[4]

Questo programma di simulazione, inoltre, possiede nel proprio sistema di navigazione una possibilità in più: il vettore non solo ricerca e raggiunge il portale indicatogli, ma valuta l'ambiente circostante e determina il percorso migliore per arrivarci. Questa scelta si basa sia sull'effettiva distanza dal traguardo sia sulla percezione di congestione della folla avvertita dall'utente lungo il cammino verso l'obiettivo. Chiaramente i percorsi possono variare nel tempo, le scelte, infatti, vengono periodicamente rivalutate man mano che l'agente procede lungo l'itinerario. I criteri di scelta sono: la distanza più breve da percorrere per raggiungere l'obiettivo (se esso è situato su un piano posto ad un livello diverso il programma moltiplica lo spostamento verticale per il tipo di oggetto utilizzato per raggiungerlo), il tempo che dovrà attendere in fila per arrivare al traguardo e l'entità del flusso in arrivo nei pressi dell'obiettivo. È opportuno rimarcare però che nel processo di navigazione ci sono due parametri che vengono assegnati in maniera del tutto casuale: la personalità dell'agente e variabilità di scelta. Ad ogni individuo viene assegnata una personalità unica basata su un insieme di fattori che incidono sulla valutazione delle rotte. Ad esempio, se l'individuo avrà assegnato nel suo profilo una personalità con una bassa tolleranza a stazionare in coda, la scelta ricadrà sempre nella fila con un numero minore di persone anche se posta in un luogo molto lontano da raggiungere. Inoltre, ad ogni scelta di percorso viene assegnato un piccolo fattore casuale diverso per ciascun agente. Questa piccola accidentalità assicura che non tutti i vettori

facciano la stessa scelta, soprattutto quando le rotte per raggiungere l'obiettivo sono molto simili tra loro. Infine, l'utente è persino in grado di comprendere, osservando il comportamento degli altri attori della simulazione, quale percorso sia stato più efficiente e indirizzarsi verso l'obiettivo utilizzando la medesima rotta.

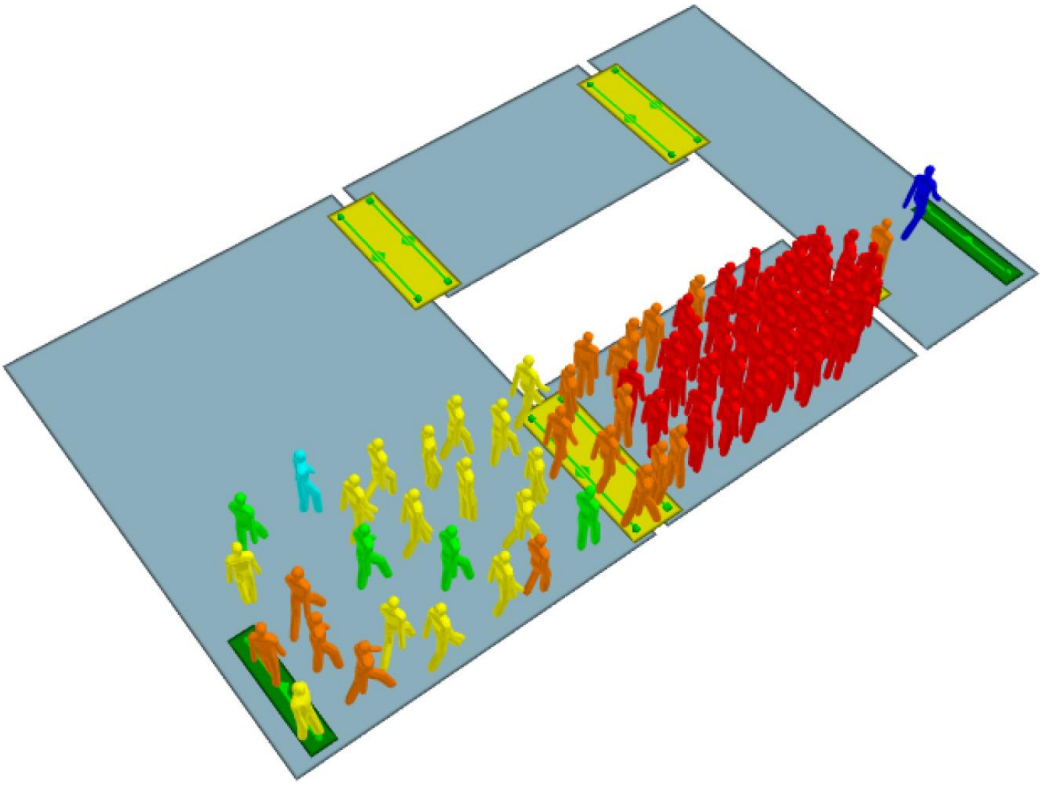
Ad eccezione dei casi in cui la simulazione risulti essere estremamente elementare, ad ogni individuo verranno impartiti ordini diversi e riceverà un elenco di attività da svolgere in un determinato ordine. È importante sottolineare come il programma permetta all'agente di processare un solo compito alla volta e solo dopo che l'attività è stata completata, gli consenta di passare all'azione successiva del suo elenco, seguendo l'ordine impartito. La possibilità di assegnare compiti è esplicata attraverso la funzione "*Actions*". Le possibili azioni da assegnare al vettore sono le seguenti: entrata nella simulazione, raggiungimento di un portale o di un server, evacuazione di una zona, attesa in un'area per una certa durata, esecuzione di una sequenza di attività secondarie ed uscita dalla simulazione.



187. L'immagine illustra come ogni singolo individuo abbia scelto un percorso diverso a seconda della congestione della fila e della sua personalità: alcuni hanno preferito le scale, altri le scale mobili, immagine esportata dal software MassMotion.

Un’altra caratteristica posseduta da ogni soggetto della simulazione è la velocità dell’agente: essa è la velocità alla quale il vettore camminerà quando all’interno della simulazione non sarà presente una congestione della folla. Assegnata tramite il profilo dell'agente, la velocità dipende da numerosi fattori tra cui la densità: per simulare la minor lunghezza del passo e la ridotta mobilità delle persone in spazi affollati, la velocità viene diminuita con l’aumentare della densità. L’esatta relazione tra di esse può essere impostata nel profilo dell'agente. Un altro parametro che determina la rapidità del movimento è il tipo di oggetto: ad esempio se un individuo utilizza la scala mobile, la velocità dell'agente sarà impostata in modo tale che corrisponda esattamente alla velocità della scala stessa e si modifichi a seconda che l’utente la stia percorrendo in un verso oppure nell’altro.

Appare subito evidente come dietro ad un semplice raggiungimento di un traguardo, si nascondino numerosi parametri da settare e altrettante possibilità di scelta da parte dell’utente. La complessità del programma MassMotion, che comprende in sé numerose variabilità legate alla natura umana, ha permesso di individuare problematiche relative alla gestione delle folle che altrimenti sarebbero state difficili da determinare.



188. Nell’immagine notiamo come la congestione formatasi in prossimità di un passaggio troppo stretto rallenti enormemente il flusso di persone che sono costrette a stazionare in prossimità del collegamento, in attesa di poter passare dal portale, immagine esportata dal software MassMotion.

8.2 - L’interfaccia utente

L’interfaccia del programma MassMotion è estremamente intuitiva ed *user-friendly*; la comprensione del software, infatti, è stata estremamente veloce grazie alla visione dei video introduttivi e della guida utente in lingua inglese, messi a disposizione dalla casa produttrice, che descrivono accuratamente gli strumenti messi a disposizione dal programma.
Nel seguente capitolo andremo ad enumerare e descrivere brevemente le più importanti funzionalità presenti nell’interfaccia utente di MassMotion.

Il menu principale

Nel menu principale sono presenti i comandi per l'apertura e il salvataggio del progetto, per l'importazione o l'esportazione dei contenuti, per il controllo della selezione degli oggetti, per la modifica delle finestre visibili nell’interfaccia e per l’accesso alla guida.

Il menù a nastro

Il menù a nastro è una barra degli strumenti costituito da 4 diverse schede, ovvero progetto, scena, azioni e simulazione&analisi: in particolare all’interno della scheda progetto possiamo gestire l’importazione od esportazione del nostro modello, nelle schede attività e scene possiamo cliccare le funzioni che ci permettono la creazione di oggetti di scena o assegnare delle attività agli utenti, mentre all’interno della scheda analisi, eseguiamo la convalida del progetto, l'esecuzione di una simulazione o la creazione di oggetti di analisi.

L’elenco

Attraverso la visualizzazione dell’elenco elenco possiamo ricercare gli oggetti precedentemente creati nel progetto per nome o per tipo. Un filtro in alto controlla il tipo di oggetto visualizzato, velocizzando l’operazione di ricerca. La capsula disegnata accanto a ciascun oggetto, mostra informazioni sul tipo, sul colore e sullo stato dell'oggetto.

La scena

La vista scena 3D è una rappresentazione grafica degli oggetti scena nel progetto. La fotocamera può spostarsi tenendo premuto il tasto "S" mentre si trascina il pulsante sinistro o destro del mouse. È possibile selezionare gli oggetti facendo clic su di essi o trascinandoli sopra con una casella di selezione. Il pulsante della fotocamera, posto nella parte superiore della schermata, offre l’opportunità di usufruire di una varietà di videocamere preimpostate e

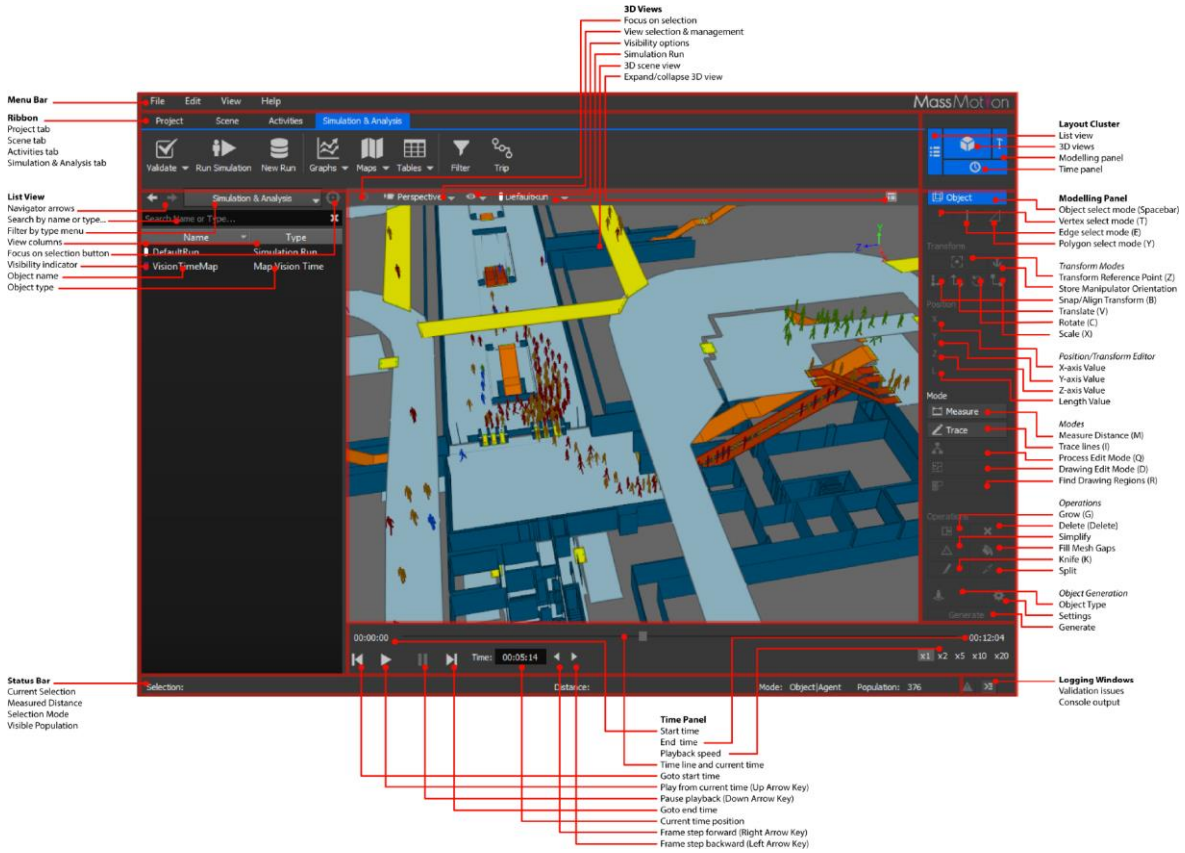
la possibilità di salvare o richiamare punti di vista personalizzati precedentemente. Attraverso il pulsante a forma di occhio, invece, possiamo indicare il tipo di visualizzazione della scena e degli agenti indicando se essi devono essere nascosti o meno. Infine il pulsante di messa a fuoco focalizzerà la vista sulla selezione corrente.

Il pannello degli strumenti

Il pannello degli strumenti consente l'interazione diretta con la scena: in particolare è possibile visualizzare e controllare la modalità di selezione corrente, ovvero tramite il comando punto, linea ed area, possiamo selezionare i singoli elementi all'interno della simulazione. Nel pannello sono presenti anche gli strumenti per operare sulla geometria dell'oggetto selezionato, ad esempio misurando la distanza due punti o dividendo una superficie.

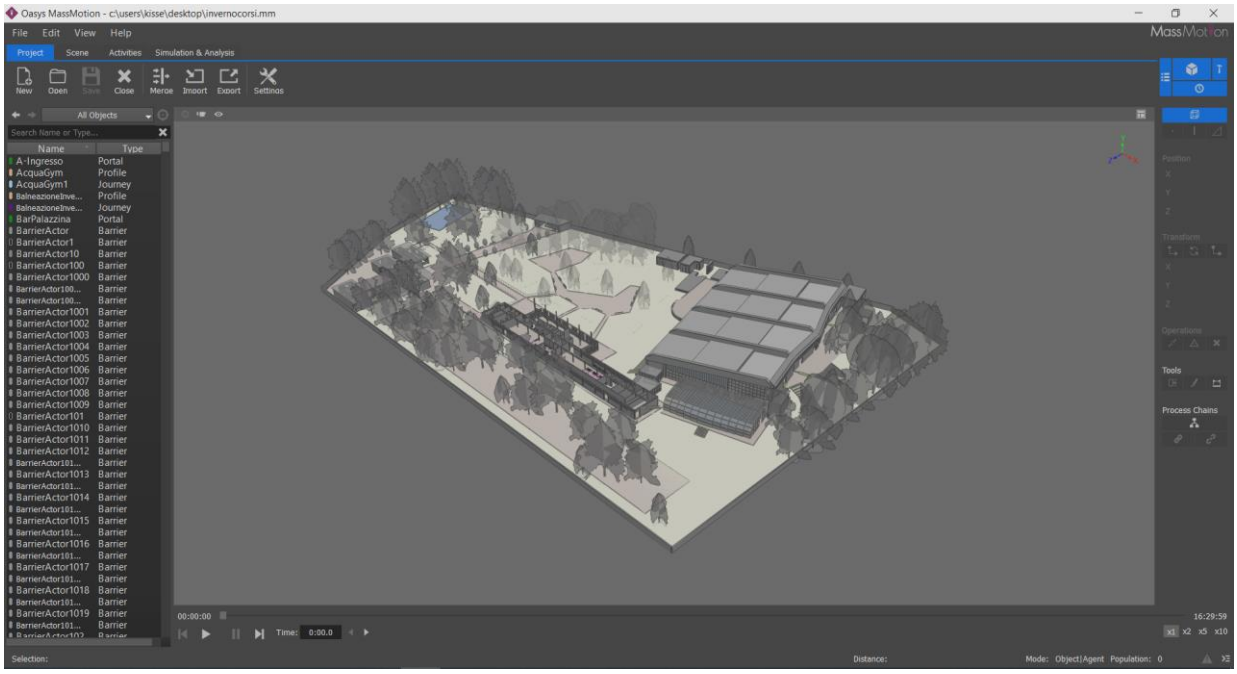
La linea temporale e la barra di stato

Il pannello della linea temporale viene utilizzato per controllare la riproduzione dei dati nel tempo in una o più simulazioni; essa è disponibile solo quando il progetto ha eseguito almeno una simulazione con dati validi. Infine nella barra di stato viene indicato il numero di persone presenti nella simulazione nell'istante corrispondente al tempo indicato nella linea temporale.



189. Comandi base dell'interfaccia utente, illustrazione, 2018, sito internet oasys-software.com.

La scheda Progetto



190. Scheda Progetto interfaccia, immagine esportata dal software MassMotion,2018.

NEW

Tramite questo comando è possibile generare un nuovo progetto di simulazione delle folle.

OPEN

È possibile aprire un progetto già realizzato e modificarlo per lanciare una nuova simulazione.

SAVE

Attraverso questo comando è consentito salvare una simulazione in formato MassMotion .mm.

CLOSE

Il programma resta aperto ma la simulazione corrente viene chiusa.

MERGE

Se avessimo creato due simulazioni distinte e volessimo unirle in un unico modello utilizziamo questo comando che permette di importare, gli oggetti geometrici, i profili utente e gli oggetti di scena da un'altra simulazione.

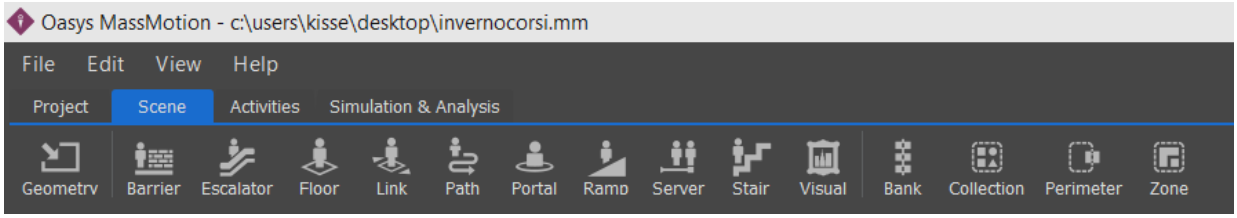
IMPORT\EXPORT

Cliccando queste funzioni possiamo importare file geometrici in formato IFC ed esportare oggetti, geometria, agenti, foto e video.

SETTINGS

Dal menù impostazioni siamo in grado di impostare la durata della simulazione e la cartella nella quale vengono salvati i risultati generati dal programma.

La scheda Scena



191. Scheda Scena menù a nastro, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.

GEOMETRY

Tramite questo comando è possibile importare un modello geometrico (non editabile).

BARRIER

Permette l'inserimento diretto di un ostacolo di forma cubica (editabile) che viene riconosciuta dall'utente come una barriera al passaggio.

ESCALATOR\PATH\RAMP\STAIR\LINK

Utilizzando questi comandi è possibile inserire una scala mobile, un passaggio, una rampa o una scala e collegare due piani posti a livelli differenti o complanari (link).

FLOOR

Viene posizionato un pavimento di forma quadrata (editabile); unico oggetto di scena sul quale il vettore può camminare.

PORTAL

Inserendo un portale siamo in grado di far entrare o uscire gli utenti dalla simulazione ed inviali in precise destinazioni.

SERVER

Il server è l'elemento necessario per inserire dei processi all'interno della simulazione. Ogni server ha un punto di ingresso ed un punto di uscita. Se il server ha un tempo di elaborazione diverso da zero, gli agenti verranno trattenuti nel punto di uscita per la durata specificata, simulando una fila. Entrambe le porte del server possono essere raggruppate o collegate ad altre porte per formare catene di processi, come ad esempio lo smistamento di un'unica fila del check-in aeroportuale in diversi desk di accettazione.

VISUAL

Permette di visualizzare i soli agenti della simulazione nascondendo la geometria.

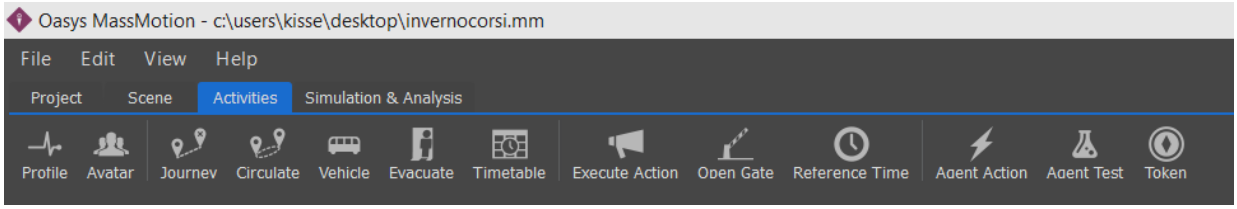
BANK\COLLECTION

Si raggruppa oggetti connessi tra loro (bank) o disgiunti (collection) per facilitare la selezione.

PERIMETER\ZONE

Il programma evidenzia tutti gli oggetti connessi al perimetro o all'area selezionata.

La scheda Attività



192. Scheda Attvità interfaccia, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.

PROFILE\AVATAR

Inseriamo un profilo utente tramite PROFILE e ne editiamo la rappresentazione tramite AVATAR. A diversi compiti e i diversi spazi occupati corrispondono altrettanti diversi profili.

JOURNEY

Comando che permette di indicare il numero esatto di utenti inseriti nella simulazione, di designare un portale di ingresso di uscita e di impartire delle azioni da compiere.

CIRCULATE

A differenza del comando precedente possiamo far circolare gli utenti tra diversi portali indicando: il tempo di stazionamento in un luogo, l'importanza di ogni singolo portale rispetto agli altri e la durata totale dell'azione del circulate.

VECHICLE

Dà la possibilità di impostare un evento che avviene regolarmente ad intervalli settabili.

EVACUATE

Il programma MassMotion consente attraverso questa funzione di simulare l'evacuazione da un locale: possiamo impostare le uscite di sicurezza verso le quali far dirigere gli utenti, la velocità di evacuazione ed il tempo di reazione.

TIMETABLE

Il timetable consente la creazione rapida ed automatizzata di un gran numero di agenti ad orari ben precisi. Adatto per simulare lezioni universitarie, spettacoli, ecc.

EXECUTE ACTION\OPEN GATE\ REDENCE TIME

Cliccando questa funzione possiamo creare un evento. Questo comando è molto utile quando l'inizio o la fine di una situazione determinano un grande cambiamento nella simulazione: ad esempio la fine di un evento determina l'uscita immediata di tutti gli spettatori.

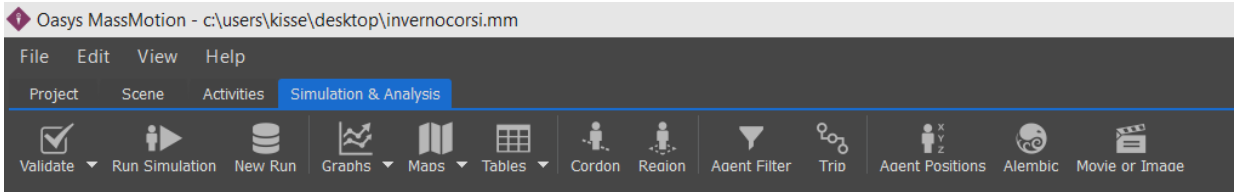
AGENT ACTION\AGENT TEST

Valida tutte le azioni e gli agenti inseriti nella modellazione ed indentifica gli errori.

TOKEN

Oggetti che affidiamo agli agenti per identificali o limitare gli accessi agli oggetti di scena.

La scheda Simulazione & Analisi



193. Scheda Simulazione & Anlisi interfaccia, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.

VALIDATE

Grazie a questa funzione possiamo validare il progetto e procedere con la simulazione.

RUN SIMULATION

Permette di rilanciare una simulazione già effettuata, magari a seguito di modifiche.

NEW RUN

Possiamo lanciare una nuova simulazione attraverso questo comando: essa può essere sia "standard" che "*debug viewer*" ovvero ad un livello più approfondito.

GRAPHS

Grazie a graphs possiamo visionare numerosi grafici interessanti come il numero di persone che sono transitate in una particolare zona. I grafici sono esportabili.

MAPS

Questo comando dà la possibilità di visualizzare quali aree della simulazione sono state maggiormente attraversate dagli utenti. Possiamo esportare questi grafici in formato jpeg.

TABLES

Tutti le informazioni raccolte dall'analisi della simulazione sono raccolte in tabelle.

CORDON\REGION

Possiamo creare sia una regione che una linea all'interno della simulazione che personalizzerà l'analisi dei risultati. Potremmo infatti controllare quante persone sono transitate in una particolare area della simulazione disegnata precedentemente con il comando region o cordon.

TRIP

Strumento validissimo per comprendere quanti agenti hanno compiuto un dato percorso.

AGENT FILTER\AGENT POSITION

Possiamo isolare ogni singolo agente tramite Agent Filter ed esportare la sua posizione nello spazio con Agent Position.

MOVIE OR IMAGE\ALEMBIC

Possiamo esportare l'intera simulazione video o una selezione di frame tratti da esso con il comando movie o image. Utilizzando alembic, invece, siamo in grado di esportare un file leggibile da software di simulazione 3D realistica come 3DMAX.

8.3 – Gli obiettivi della simulazione

194. Rappresentazione schematica degli obiettivi della simulazione, illustrazione, 2018.

Prima di iniziare a descrivere nei dettagli gli scenari simulati attraverso il programma, è essenziale elencare gli obiettivi da raggiungere utilizzando il software MassMotion: accrescere il benessere degli utenti, massimizzare i guadagni del complesso e migliorare la gestione dell'intero impianto sportivo. In particolare, il nostro primo obiettivo è stato quello di migliorare la soddisfazione dei clienti nell'utilizzo del complesso: durante i nostri sopralluoghi, infatti, è stato percepito il disagio legato spesso ad un sovraffollamento degli ambienti a servizio della piscina e della ristorazione. In secondo luogo, sono state individuate delle proposte di intervento a basso costo per migliorare la soddisfazione degli occupanti che permettessero al contempo di massimizzare i guadagni del gestore, indicando orari di apertura diversi, consigliando l'inserimento di nuovi esercizi ed infine proponendo una diversa gestione del personale. Infine, tutte le simulazioni lanciate erano accomunate dal desiderio di migliorare la gestione sia degli ambienti sia, come detto, degli aspetti manageriali del complesso: spesso infatti, era evidente come con piccoli accorgimenti si potesse migliorare l'intera amministrazione dell'impianto sportivo. Per poter raggiungere tutti gli obiettivi appena elencati è stato necessario sviluppare le simulazioni in tre fasi distinte in modo da raggiungere una piena e completa comprensione dello scenario analizzato e poter essere in grado di formulare proposte di intervento pertinenti ed efficaci.

8.4 – Le fasi di utilizzo di MassMotion

195. Rappresentazione schematica dell'iter processuale di utilizzazione del programma, illustrazione, 2018.

Il primo passo, propedeutico all'utilizzo del programma di simulazione delle folle è la determinazione degli scenari d'uso del complesso: duranti i sopralluoghi fatti all'interno del complesso Bellariva, sono stati individuati due diversi scenari che racchiudono le due diverse modalità di utilizzo del complesso: la balneazione estiva e la manifestazione sportiva. Per ognuno di queste circostanze è stato necessario procedere all'individuazione di profili utente (vedi capitolo Cap 9.2 e 10.2), alla determinazione degli ambienti specifici, teatro della simulazione, ed infine degli orari di apertura e chiusura dei locali della piscina e della ristorazione. Una volta raccolta una mole di dati sufficiente per estrapolare dati statistici da inserire come input, si procede a realizzare la prima fase di utilizzo del programma: la simulazione dello scenario d'uso. In questa PRIMA FASE, MassMotion è utilizzato come strumento per comprendere al meglio come sia effettivamente utilizzato il complesso nella sua totalità e per poter individuare in un secondo momento le criticità maggiori. È importante rimarcare come sia estremamente difficile cercare di simulare uno scenario che dipende da un numero di variabili estremamente importante. Per fare questo è necessario settare dei parametri fissi (come ad esempio i profili utente) e far variare i parametri mobili (come il numero di utenti per profilo o la percentuale di individui che pranzano al bar piuttosto che al ristorante). In questo modo, realizzando per ogni scenario un numero notevole di simulazioni, siamo in grado di fare delle considerazioni il più possibile oggettive e passare allo stadio successivo: l'analisi dei risultati. Oltre alla semplice osservazione della simulazione, che risulta estremamente difficoltosa se vista nel suo insieme, vogliamo sottolineare come tramite l'utilizzo di strumenti messi a disposizione dal programma stesso, si possa arrivare, ad esempio, a conoscere quali sono le regioni con maggiore densità di utilizzo oppure quale è il tempo di stazionamento della folla in un determinato ambiente.

196. Rappresentazione schematica delle fasi di utilizzo del programma, illustrazione, 2018.

Questo è senza dubbio molto utile per individuare le mancanze dell'intero complesso e ci indirizza verso una progettazione consapevole ed efficace. Grazie a questi strumenti, infatti, siamo in grado di formulare delle proposte di miglioramento mirate al raggiungimento degli obiettivi precedentemente indicati, avendo anche la possibilità di dimostrare l'effettivo miglioramento della situazione attraverso il lancio di una nuova simulazione. La SECONDA FASE di utilizzo del programma è finalizzata proprio a validare il progetto di intervento proposto: attraverso questa seconda simulazione è possibile confrontare i risultati ottenuti con quelli ricavati dalla precedente analisi ed evidenziare il progresso raggiunto tramite la concretizzazione dell'intervento.

Riassumendo dunque, la forza del programma MassMotion non è solamente quella di essere in grado di simulare uno scenario altamente complesso senza limite di utenti ma anche soprattutto quello di dimostrare come piccoli accorgimenti siano in grado di cambiare radicalmente la gestione del flusso. Nel proseguo dei capitoli ci serviremo del flusso di lavoro precedentemente indicato per sviluppare i due diversi scenari evidenziando come questo ci abbia portato a formulare interessanti proposte progettuali.

9 – Il primo scenario simulato: la balneazione estiva

9.1- Descrizione dello scenario

197. L'arrività di balneazione estiva permessa nei pressi della piscina olimpionica, fotografia, Google Maps, 2017.

Il primo scenario di simulazione da noi scelto, che ha portato ad analizzare le attività svolte all'interno del complesso Bellariva nei mesi più caldi, è stata la balneazione estiva. Come già anticipato in precedenza l'utilizzo del complesso e le necessità degli utenti sono completamente diverse durante la stagione estiva rispetto a quella invernale. D'estate, il complesso raggiunge il suo picco massimo di affluenza, permettendo a un numero importante di persone di balneare negli ampi spazi verdi presenti all'interno della struttura.

Non solo il numero di utilizzatori della piscina aumenta, ma aumentano anche i clienti del bar e del ristorante che si trovano a dover accogliere, durante le ore di punta, più del doppio dei clienti ricevuti in altri periodi dell'anno. Durante il fine settimana si arrivano ad ospitare più di settecento persone il giorno, che a differenza dell'inverno, trascorrono gran parte della giornata all'esterno del complesso e dunque usufruiscono maggiormente dei servizi. Come spiegheremo successivamente all'interno del capitolo 9.2, l'utente passa una media di 4 ore all'interno degli spazi di Bellariva, tempo minimo necessario per balneare e pranzare in tranquillità. Il numero di persone che, come vedremo, frequentano la piscina in inverno non è molto diverso, al contrario ciò che si modifica è senza dubbio l'orario in cui si verifica il picco degli ingressi e l'entità del flusso stesso. All'interno di questo scenario in

198. Scenario estivo durante le prime ore della mattina, si nota come il complesso non abbia raggiunto ancora il massimo dell'affollamento, fotografia, 2018.

particolari ore del giorno avremo anche quattrocento persone che nello stesso momento partecipano contemporaneamente alla simulazione, facendo sorgere delle problematiche sicuramente importanti. Oltre alle persone che entrano nella piscina Nannini per trovare refrigerio dai torridi pomeriggi fiorentini, si possono trovare, soprattutto nel mese di giugno, i gruppi estivi (GREST) che aumentano sensibilmente il numero di ingressi all'area da parte di bambini e ragazzi di età compresa tra i sei e i tredici anni. Un altro aspetto importante che riguarda questo scenario è sicuramente rappresentato dal grande cambiamento degli ambienti della piscina e del bar, teatro della simulazione. La piscina olimpionica che d'inverno è chiusa su quattro lati da una facciata continua e coperta dal tetto, si modifica enormemente d'estate, lasciando aperto il lato prospiciente l'area verde ed aprendo completamente la copertura. Anche il bar i cui accessi sono limitati in inverno a tre porte di emergenza, si trasforma in un unico ambiente comunicante con l'esterno aprendo totalmente le porte a soffietto che precedentemente restavano chiuse. Inoltre, durante i nostri sopralluoghi, è stato notato come in questo particolare periodo dell'anno, il complesso fosse particolarmente mal gestito ad esempio con bagnanti che occupavano lo spazio in maniera disordinata, evidenziando una mancanza di attrezzature. Riassumendo, il grande cambiamento degli spazi fisici ed accessi ai locali della piscina, l'enorme affluenza di persone con profili utente diversi e la cattiva gestione rilevata durante i sopralluoghi hanno evidenziato la necessità di dedicare un intero scenario alla estiva.

9.2- Individuazione profili, ambienti ed orari d'uso. Schema riassuntivo simulazione.

Durante i mesi estivi sono molte le persone che accedono al complesso nell'arco di una giornata, circa cinquecento nei giorni feriali mentre si arriva persino a settecento persone nel week-end e nei giorni festivi. Gli utenti che usufruiscono dei servizi presenti a Bellariva sono diversi non solo per le attività che svolgono al loro interno, ad esempio alcuni pranzano o cenano esclusivamente, altri invece si abbronzano nei pressi della piscina, ma anche per l'orario di ingresso ed uscita dal complesso (ingresso giornaliero o ingresso pomeridiano).
Questa estrema variabilità nel panorama degli utenti della piscina, ci ha portato ad individuare sei diversi profili utente che elenchiamo di seguito.

Profilo utente: Bambini GREST Orario ingresso\uscita utente: 10\12:30÷14:30
Descrizione profilo: Durante i mesi estivi, specialmente nel mese di giugno, il complesso Bellariva ospita i ragazzi e bambini del gruppo estivo, permettendo loro di usufruire dei servizi delle piscine e della ristorazione. I ragazzi, che entrano in piscina alle ore 10, divisi a gruppi, si dirigono direttamente alla zona spogliatoio dedicata per poi dividersi negli spazi del complesso (terrazza, giardino, piscine e bar) dove trascorrono l'intera mattinata. Verso l'ora di pranzo, alcuni gruppi torneranno direttamente a casa, mentre altri faranno uso del servizio ristorazione prima di uscire dalla simulazione.

Profilo utente: Ingresso giornaliero Orario ingresso\uscita utente: 10÷12\15:30÷20
Descrizione profilo: Questa tipologia di utente trascorre il maggior numero di tempo all'interno della simulazione, gli ingressi sono distribuiti nell'arco della mattinata e proseguono fino al primo pomeriggio. I vettori, dopo aver acquistato il ticket giornaliero nei pressi del bancone della biglietteria, si dirigono verso la palazzina spogliatoi dove o accedono direttamente alla zona uomini o donne, o sostano brevemente al bar. Dopo essersi cambiati e aver fatto una doccia, iniziano a circolare all'interno della simulazione occupando gli spazi verdi in prossimità della piscina, usufruendo del bar ed infine rinfrescandosi in una delle due vasche utilizzabili (vasca olimpica e vasca piccola). Verso le ore 12 e fino alle 14 noteremo come una parte degli utenti si dirigerà verso l'area bar, mentre l'altra, pranzerà in loco con cibo portato da casa. Una volta conclusa la pausa pranzo gli utenti proseguiranno l'attività di balneazione per tutto il corso del pomeriggio per poi far ritorno ai rispettivi spogliatoi, dove fatta la doccia e sostato brevemente alla panca, usciranno dalla simulazione.

Profilo utente: Ingresso mattina Orario ingresso\uscita utente: 10÷11:30\12:30÷15
Descrizione profilo: Le figure che fanno parte del profilo utente mattina entrano nelle prime ore della giornata (dalle 10 alle 11:30) e si trattengono nel complesso fino alle ore 13:30-14:00. Questo gruppo, alla fine dell'iter descritto in precedenza (arrivo alla biglietteria, sosta negli spogliatoi, fruizione degli spazi piscina e del bar) consumerà il pranzo presso il bar o il ristorante oppure uscirà dalla simulazione.

Profilo utente: Ingresso pranzo Orario ingresso\uscita utente: 12÷13\13÷15:30
Descrizione profilo: Alcuni individui accedono al complesso Bellariva solamente per consumare il pranzo. I lavoratori della zona, infatti, spesso si recano al ristorante "Settebello" [32] per alcune ore prima di tornare alle proprie attività. Il flusso accede al complesso dalle ore 12 alle ore 14:00, non pagando chiaramente il biglietto di accesso ma dirigendosi direttamente ai locali di pertinenza della ristorazione.

Profilo utente: Ingresso pomeridiano Orario ingresso\uscita utente: 15÷17\18÷20
Descrizione profilo: Alcune promozioni realizzate dal gestore dell'impianto invogliano i clienti della piscina a comprare un biglietto di ingresso pomeridiano. Dopo le ore 15:000, infatti, il costo del biglietto diminuisce, invogliando un numero sempre maggiore di persone a scegliere questo tipo di ingresso. Dopo aver fatto la fila per accedere alle biglietterie, il flusso si dirige verso la zona degli spogliatoi dove, come sempre, una parte sosterà al bar mentre un'altra si indirizzerà verso il locale spogliatoi. Anche questo profilo utente circolerà all'interno degli spazi del complesso per tutta la durata del pomeriggio avviandosi verso gli spogliatoi e l'uscita solamente verso le ore 18:30-19:00. Si è registrato infatti che difficilmente gli utenti si fermano per cena dopo aver trascorso un'intera giornata in piscina al contrario di ciò che avviene per il pranzo.

Profilo utente: Ingresso cena Orario ingresso\uscita utente: 19÷22\20÷23:30
Descrizione profilo: Come accade per il pranzo, anche per la cena ci sono degli utenti che accedono al complesso per usufruire del solo servizio ristorazione. In questo caso non si tratta più di lavoratori in cerca di un veloce punto pranzo ma di clienti del ristorante che usualmente si recano a consumare la cena. Il complesso nonostante chiuda gli impianti sportivi e gli spogliatoi alle ore 21:00 resta aperto fino alle ore 24:00 per permettere ai clienti del "Settebello" [32] di cenare sulla terrazza posta sopra agli spogliatoi o all'interno dei locali del ristorante.

Come introdotto precedentemente i locali nei quali si sviluppa la simulazione sono numerosi e dislocati su tutta la superficie del complesso. Al loro interno gli utenti svolgono attività differenti e sostano per tempi diversi a seconda dell'azione che devono compiere: ad esempio una sosta al bar in mattinata, finalizzata alla consumazione di un caffè, durerà dai 3 ai 5 minuti, mentre una visita verso l'ora di pranzo si protrarrà fino a 20 minuti per permettere la consumazione di un pasto. È importante sottolineare come non tutti gli ambienti siano attivi in ogni simulazione: ad esempio lo spogliatoio bambini sarà attivo solamente nello scenario appena descritto.

I locali del complesso, teatro della simulazione per lo scenario di balneazione estiva, sono:

Locale: Bar Orario apertura\chiusura: 10\20

Attività svolta: Questo locale è situato al piano terra della palazzina in cls realizzato da P.L.Nervi. Gli utenti sostano in prossimità del bar per un tempo che varia dai 3 ai 20 minuti. Durante le prime ore di apertura il tempo di permanenza è breve in quanto finalizzato alla consumazione di un caffè, verso l'ora di pranzo invece si prolunga fino ad arrivare a 20 minuti. Questo ambiente è frequentato da tutti i profili utente precedentemente indicati.

Locale: Spogliatoi maschili e femminili Orario apertura\chiusura: 10\20

Attività svolta: Anche questo locale è situato al piano terra della palazzina ed è adiacente al locale bar precedentemente descritto. Gli utenti arrivati all'interno dello spogliatoio si dirigono verso una panca libera per poter indossare il costume (impiegando un tempo che va dai 3 ai 5 minuti), dopo di che si indirizzano verso il locale docce per poi uscire dallo spogliatoio. Una volta terminata l'attività di balneazione, gli individui ripercorrano l'iter sopra descritto al contrario per poi dirigersi verso l'uscita.

Locale: Ristorante "Settebello"[32] Orario apertura\chiusura: 11\24

Attività svolta: Questo locale è situato al piano primo della palazzina nerviana. I clienti che frequentano il locale per pranzo, sono lavoratori in cerca di un pasto caldo veloce o gli stessi clienti della piscina. La durata della sosta dura dai 30 ai 40 minuti per i soli vettori con ingresso pranzo, ai 70 minuti degli utenti che usufruiscono della piscina. Il ristorante per cena accoglie un numero di clienti maggiore che si intrattengono nei locali per circa 90 minuti. I profili che accedno al locale sono: ingresso pranzo, ingresso cena, ingresso giornaliero e bambini GREST.

Locale: Terrazza Orario apertura\chiusura: 10\24

Attività svolta: Questo locale è situato al piano primo della palazzina, in corrispondenza del locale spogliatoi. Quest'area è utilizzata sia dai ragazzi del GREST che svolgono le attività previste dal campo estivo, sia dai clienti del ristorante che, nei mesi estivi, utilizzano questo spazio attrezzato per cenare.

Locale: Spogliatoio bambini Orario apertura\chiusura: 10\13

Attività svolta: All'interno dei locali dello spogliatoio bambini i ragazzi del GREST possono indossare il costume per seguire i corsi organizzati dal campo estivo all'interno delle vasche e al loro termine cambiarsi per uscire dal complesso o andare a pranzo al ristorante. Il tempo di sosta all'interno di questi locali è tra 5 e 7 minuti.

Locale: Piscina piccola Orario apertura\chiusura: 10\20

Attività svolta: La piscina piccola è l'unica vasca sprovvista di copertura 365 giorni l'anno. È utilizzata principalmente dai ragazzi del GREST ma è consentito l'acceso a tutti i bagnanti. È ubicata sul lato est dell'impianto sportivo. Il tempo di sosta è varia tra i 10 e i 30 minuti.

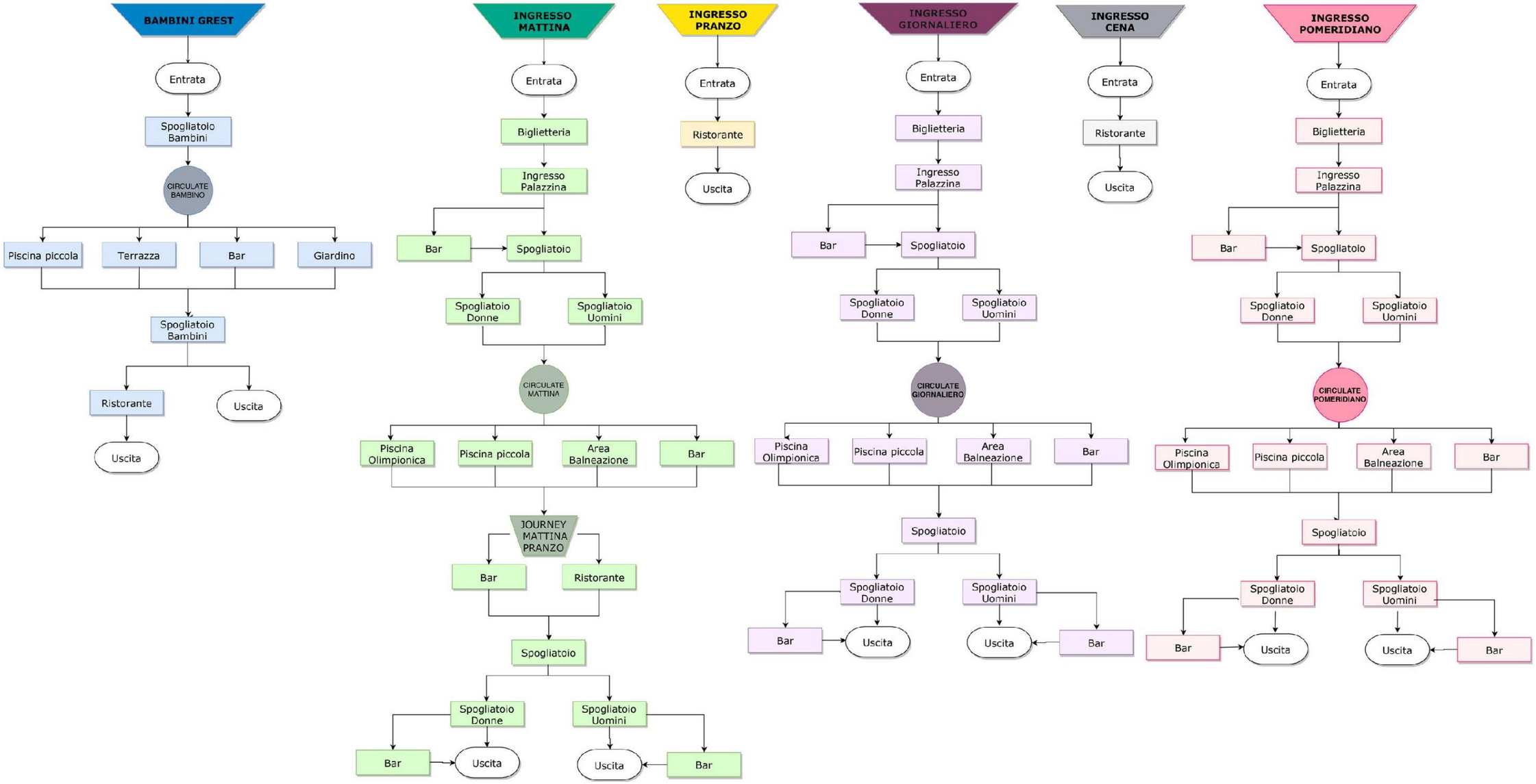
Locale: Piscina olimpionica Orario apertura\chiusura: 10\20

Attività svolta: La piscina olimpionica è adoperata da tutti i profili utenti prima citati come vasca per refrigerarsi e divertirsi. La sua accessibilità migliorata dall'apertura di una delle facciate permette di sostare e prendere il sole anche nei pressi del bordo vasca. Il tempo di permanenza si aggira tra i 10 ed i 30 minuti. Essa è posta sul lato ovest del complesso.

Area: Giardino Orario apertura\chiusura: 10\24

Attività svolta: Il complesso Bellariva presenta numerosi spazi verdi non attrezzati che durante il periodo estivo si riempiono di persone che distendono teli da mare per potersi abbronzare. Generalmente le aree con maggiore densità di bagnanti sono quelle poste in corrispondenza delle vasche e quello prospiciente la palazzina bar ristorante. Le altre zone verdi come quella su cui si affaccia il prospetto tergale della palazzina sono invece poco frequentate, probabilmente poiché lontane dalle vasche. La permanenza media nelle aree giardino è molto varia si va da 30 minuti fino anche alle 3 ore. Tutti i profili utenti precedentemente elencati utilizzano questi spazi.

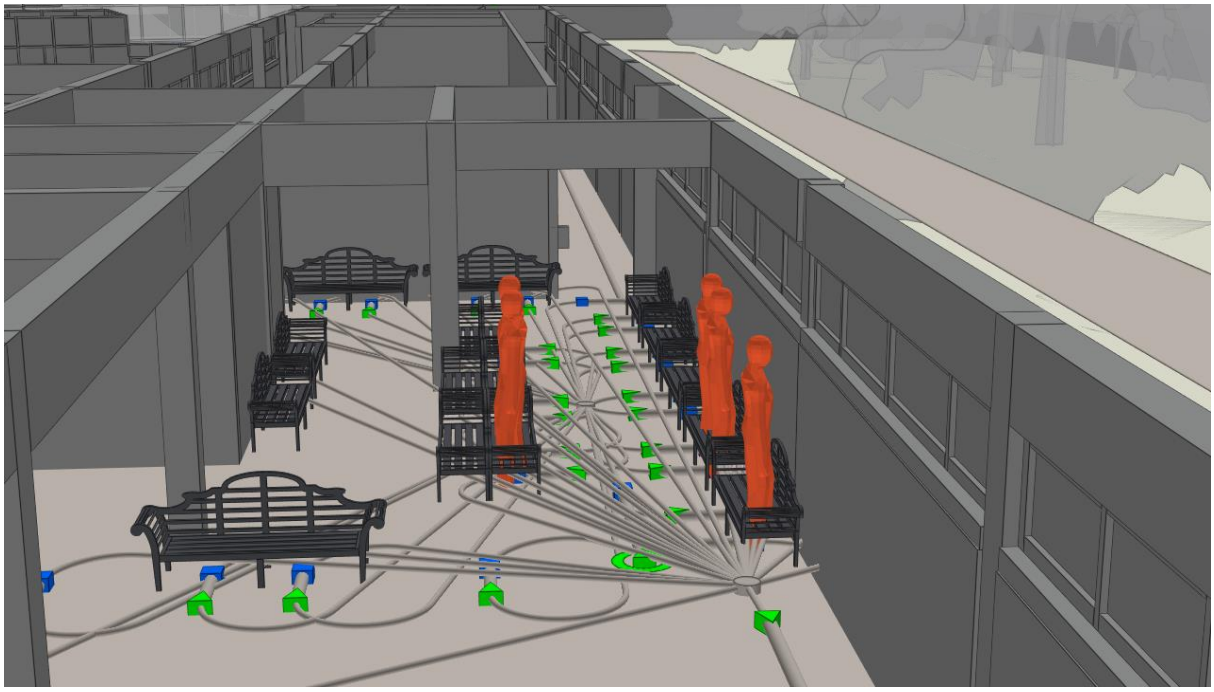
SCHEMA RIASSUNTIVO SIMULAZIONE



199. Rappresentazione tramite diagramma a blocchi dei luoghi frequentati dagli utenti nella simulazione del primo scenario simulato, diagramma, 2018.

9.3 – Descrizione tecnica della simulazione e settaggio parametri fissi e mobili

Per poter lanciare la simulazione dello scenario balneazione estiva con il programma MassMotion siamo partiti dall'importazione del modello BIM che avevamo precedentemente convertito in formato IFC, dopo di che è stato trasformato ogni elemento geometrico in un oggetto di scena (barriera, passaggio, scala, ecc.). Dopo aver concluso la trasformazione, sono stati inseriti tutti gli oggetti di scena che non si riferivano ad elementi geometrici ma che sono necessari per il funzionamento del programma come ad esempio i server. Quest'ultimi, infatti, sono necessari per inserire dei processi decisionali all'interno della simulazione e per indirizzare il flusso: ad esempio il server "entrata palazzina" è l'oggetto di scena a cui vengono inviati gli utenti provenienti dalla biglietteria e dal quale l'individuo verrà smistato o nella porta principale o secondaria di accesso alla palazzina bar\ristorante. Una volta collocati tutti gli elementi siamo passati alla realizzazione dei profili utente precedentemente elencati differenziando ogni profilo per colore. In seguito, siamo passati alla fase di progettazione della simulazione; ad alcuni elementi sono state assegnate delle azioni da far svolgere agli utenti una volta raggiunti gli oggetti di scena: ad esempio al *PORTAL* "biglietteria" sono stati affidati i seguenti compiti: assegnare un *TOKEN* uomo al 50% del flusso ed indirizzare ogni profilo utente verso l'ingresso alla palazzina. Dopo aver impostato le azioni per i *PORTALS*, *LINKS*, *SERVERS* e *STAIRS* siamo passati all'inserimento dei *JOURNEYS*. Come precedentemente descritto, nessun utente può entrare nella simulazione senza essere stato creato con un *JOURNEY* (o con un *CIRCULATE*); per ogni profilo utente è stato progettato un *JOURNEY* che ad ore prefissate facesse entrare istantaneamente o, a seconda del profilo, gradualmente, il flusso all'interno della simulazione. Inoltre è stata impostata l'ora di accesso, la tipologia di distribuzione degli ingressi ed infine il portale dal quale far entrare ed uscire gli utenti. Dato che la stragrande maggioranza dei vettori presenti si muoverà nelle varie aree e nei locali per tutta la durata della simulazione è stato necessario realizzare per tali profili dei *CIRCULATE*: utilizzando questo comando è possibile generare degli individui che circolino liberamente per un fissato lasso di tempo (ad esempio un pomeriggio), tra diversi locali, sostando in ogni area per un periodo determinabile. Il *CIRCULATE* fornisce la possibilità inoltre di stabilire quale importanza dare ad ogni singola area in modo da favorire la circolazione nei locali maggiormente utilizzati. Una volta conclusa questa fase, siamo passati alla convalida della simulazione con il comando *"Valid"* che avvisa nel caso in cui ci fossero degli errori macroscopici nel progetto della simulazione. In caso negativo la simulazione è pronta per essere lanciata.



200. L'immagine ritrae gli spogliatoi femminili nel momento del cambio d'abito, sono stati posizionati dei *SERVER* in corrispondenza delle panche per permettere di sostare per qualche secondo per poi indirizzare il flusso verso le docce, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.

201. L'immagine cattura il momento nel quali i vettori stanno usufruendo dei servizi di balneazione, gli utenti sostano in corrispondenza dei server per periodi di tempo anche molto lunghi; in secondo piano notiamo come la piscina durante i mesi estivi sia facilmente accessibile e come alcuni utenti preferiscano addirittura sostare sul bordo vasca piuttosto che nei pressi delle aree verdi, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.

Come già discusso nei capitoli precedenti, la simulazione di uno scenario necessita l'inserimento di un numero importante di dati che ne determinano indubbiamente il risultato. In certi casi queste informazioni sono certe, come ad esempio l'orario di apertura e chiusura dei locali, altre invece sono incerte, basti pensare al numero di utenti che entrano nella simulazione o la percentuale di persone che decidono di pranzare al bar piuttosto che al ristorante. È indubbio come la mole di dati incerti sia importante e proprio per ottenere delle informazioni che fossero il più possibile oggettive, sono state impostate numerose simulazioni per ogni scenario: in particolare tenendo fissi i parametri da noi ritenuti sicuri, e fatti variare quelli sui quali avevamo solamente raccolto dati statistici incerti.

I parametri che generalmente sono stati dichiarati come fissi sono: i locali utilizzati dai vettori, la successione di azioni svolte dall'utente e gli orari di apertura e chiusura dei locali. Per l'individuazione dei locali è stato abbastanza semplice determinare quali fossero gli spazi effettivamente adoperati da singolo individuo ed ottenere informazioni sugli orari di gestione del complesso; ciò che si è rivelato complicato è stato individuare, per ogni profilo utente, la sequenza di azioni svolte che è stata registrata attraverso numerosi sopralluoghi.

I parametri che invece sono stati considerati come variabili sono: il numero di persone per profilo che entrano nello scenario, la percentuale di scelta degli utenti ad ogni step di simulazione, il tempo di sosta in una determinata postazione ed il peso che ciascun locale ha nella funzione *CIRCULATE*. Non è semplice individuare il numero preciso di utenti che accedono agli spazi della piscina, nonostante si sia cercato di determinare dei dati statistici, essi erano talmente variabili da un giorno all'altro che è stato necessario fare diverse simulazioni all'interno del medesimo scenario; la stessa variabilità riguarda purtroppo anche il tempo di sosta in un determinato locale, dato che è più degli altri, a discrezione della singola persona. Chiaramente è necessario fare un'ulteriore considerazione, non sempre i parametri indicati come fissi sono stati lasciati immutabili e non sempre i variabili sono stati modificati: in certi casi è stato necessario (soprattutto in fase di riprogettazione) inserire un nuovo locale all'interno della simulazione per migliorare l'esito dello scenario, in altre come ad esempio la percentuale di persone che sceglievano un percorso è stata rilevata talmente netta da rendere tale dato ragionevolmente fissato.

Per ogni scenario dunque, sono stati realizzati numerosi slot di simulazione, cercando di estrapolare dei dati oggettivi sui quali fondare le nostre analisi e considerazioni per poter individuare le criticità. In particolar modo per lo scenario balneazione estiva sono state svolte 25 simulazioni. Riportiamo di seguito solamente quelle che ci hanno portato a formulare delle osservazioni interessanti ai fini di una corretta riprogettazione.

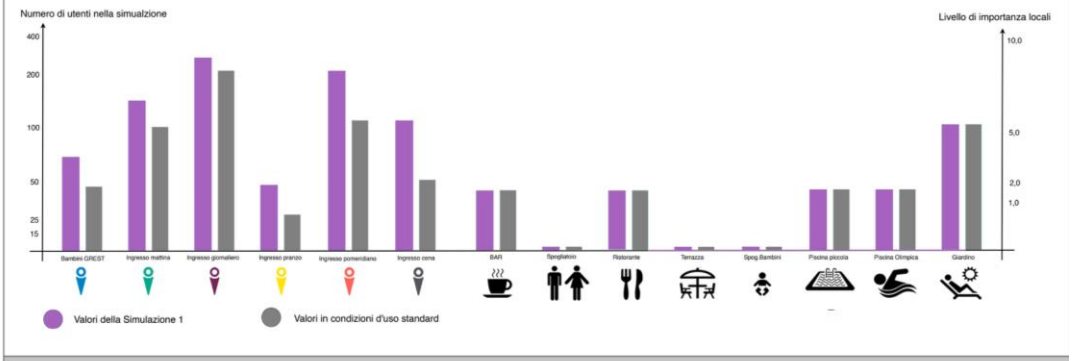
9.4 – Simulazione 1 – Schema riassuntivo simulazione

202. Rappresentazione schematica della simulazione 1 dello scenario estivo, diagramma, 2018.

9.4.1 – Simulazione 1 – Input dati e scheda report

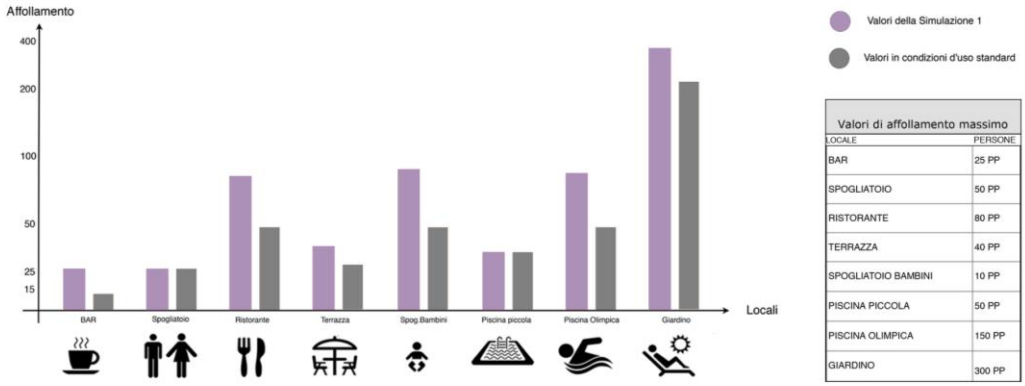
INPUT SIMULAZIONE 1

PARAMETRI VARIATI



REPORT SIMULAZIONE 1

AFFOLLAMENTO LOCALI



Valori di affollamento massimo

LOCALE	PERSONE
BAR	25 PP
SPOGLIATOIO	50 PP
RISTORANTE	80 PP
TERRAZZA	40 PP
SPOGLIATOIO BAMBINI	10 PP
PISCINA PICCOLA	50 PP
PISCINA OLIMPICA	150 PP
GIARDINO	300 PP

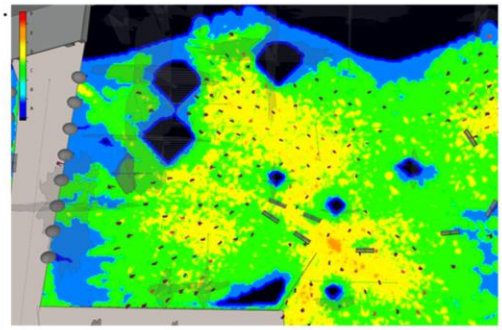
AFFOLLAMENTO LOCALI

BAR	RISTORANTE	TERRAZZA	SP. BAMBINI	SPOGLIATOIO	PISCINA PICCOLA	PISCINA OLIMPICA	AREA VERDE
☐ ☐ ■	☐ ■ ☐	■ ☐ ☐	☐ ■ ☐	■ ☐ ☐	☐ ■ ☐	■ ☐ ☐	☐ ■ ☐

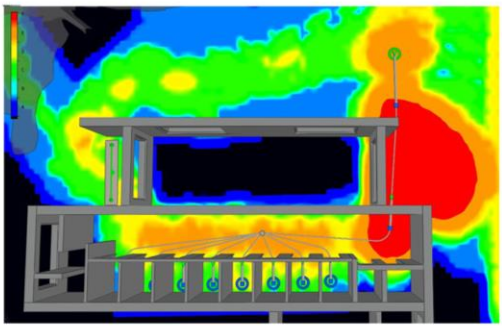
CRITICITA' RISCONTRATE

SPOGLIATOIO BAMBINI	SI RAGGIUNGE UNA DENSITA' DI AFFOLLAMENTO DI **1,8** PERSONE AL MQ
AREA VERDE	SI RAGGIUNGE UNA DENSITA' DI AFFOLLAMENTO DI **0,7** PERSONE AL MQ

GRAFICI DENSITA' AFFOLLAMENTO



AREA VERDE



SPOGLIATOIO BAMBINI

OBIETTIVI RIPROGETTAZIONE

SPOGLIATOIO BAMBINI	AUMENTARE NUMERO DI SPOGLIATOI BAMBINI
AREA VERDE	DOTARE DI ATTREZZATURE LO SPAZIO VERDE E RIPROGETTARE LA PARTE PAVIMENTATA

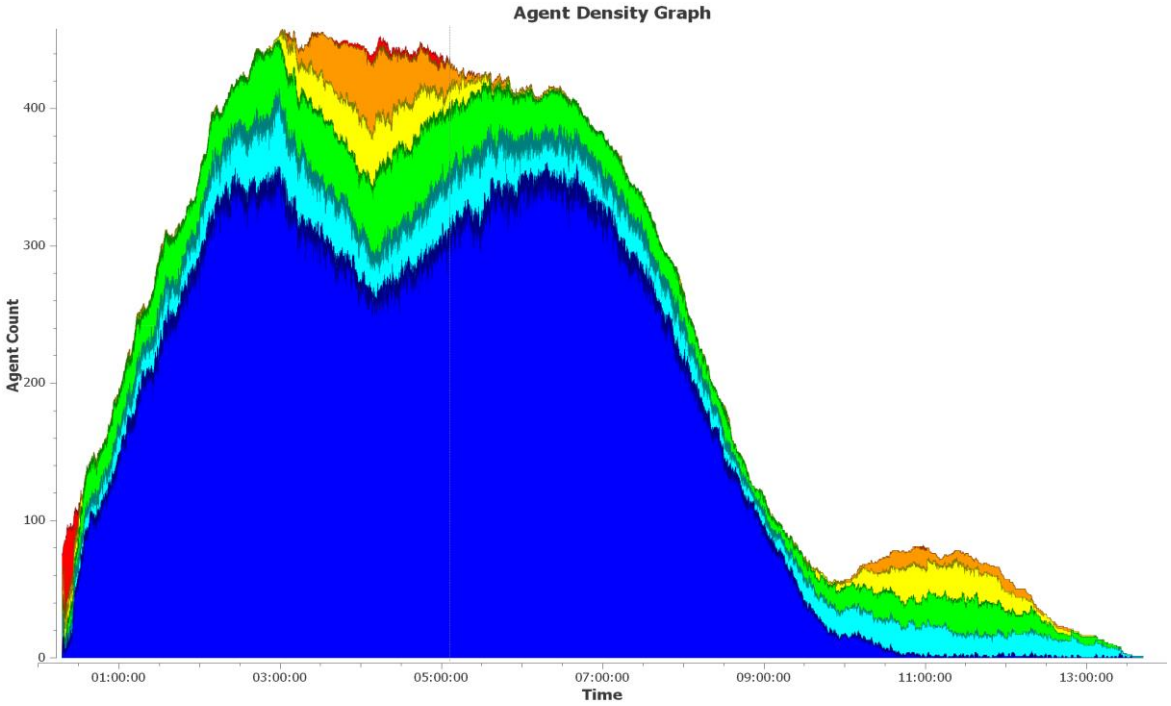
203. Scheda riassunta dei dati di *input* e di *output* della simulazione 1, in rosso sono indicati gli ambienti sovraffollati, in arancione quelli mediamente ed in verde adeguatamente affollati, tabella, 2018.

9.4.2 – Simulazione 1 - Analisi dei risultati ed individuazione delle criticità

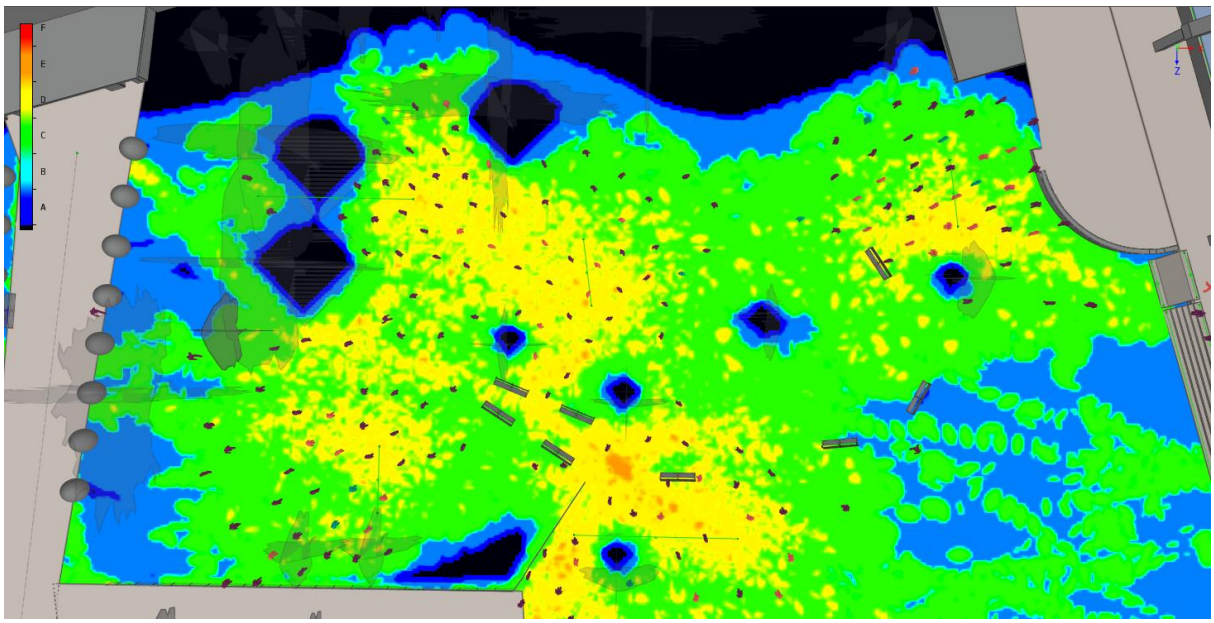
Tra tutte le simulazioni presenti all'interno dello scenario "balneazione estiva' è stata selezionata per prima quella che ha portato al raggiungimento del massimo affollamento del complesso ovvero settecento persone. Questa incredibile affluenza, raggiunta nei giorni più caldi dell'anno e confermata dagli addetti ai lavori, crea non pochi disagi nella gestione ed utilizzazioni degli spazi che andremo ad elencare di seguito.

ECCESSIVA DENSITA' POPOLAZIONE SPAZI VERDI

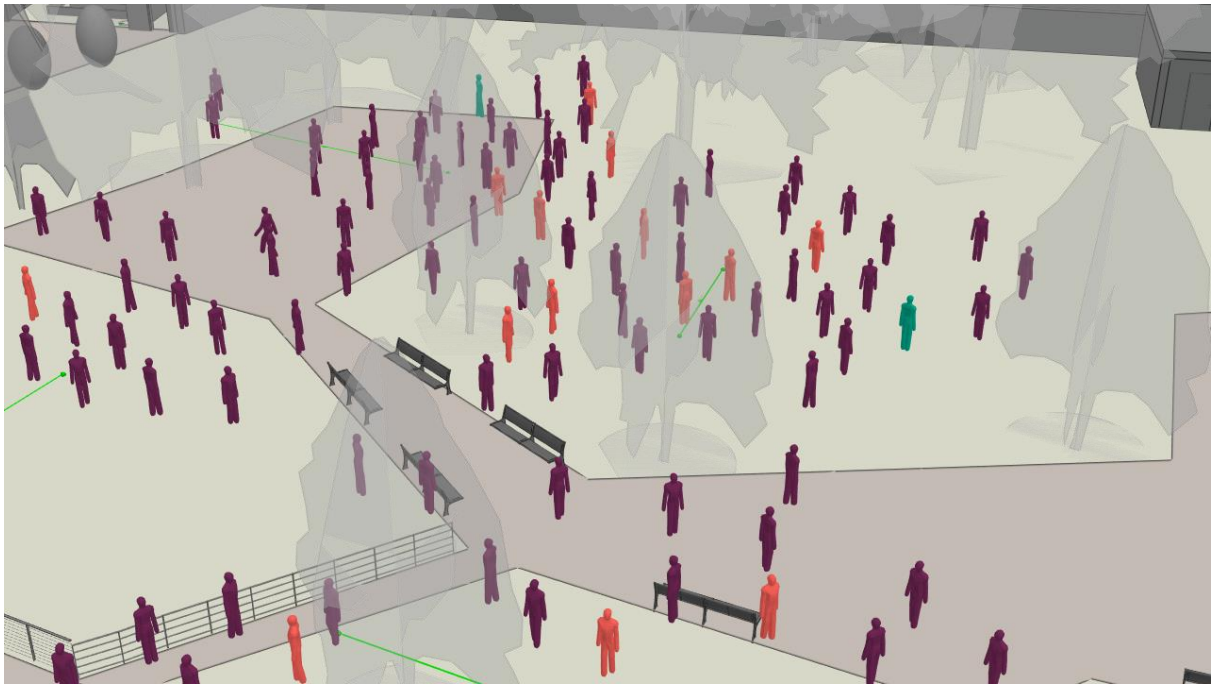
Il complesso Bellariva è dotato di un ampio spazio verde che circonda i diversi oggetti edilizi posizionati al suo interno; questa vasta area verde però risulta essere insufficiente durante il picco estivo poiché priva di ombra e non attrezzata. Gli utenti, infatti, alla ricerca delle poche zone d'ombra si posizionano in corrispondenza dei fusti degli alberi, arrivando a creare delle zone densamente utilizzate. Grazie agli strumenti messi a disposizione da MassMotion, sono stati estrapolati numerosi grafici dai quali ricavare rilevanti osservazioni: in particolare il grafico sottostante ci mostra a quante persone corrisponde il picco estivo (710) e a che orario del giorno il complesso raggiunge la sua massima utilizzazione (ore 14 circa). Un altro importante grafico attraverso il quale analizzare più precisamente i risultati è la mappa di densità di vettori all'interno della zona verde: in giallo ed arancione sono stati indicate le aree di massima densità dell'intero complesso, mentre in nero e blu le aree vuote.



204. L'immagine rappresenta l'andamento del numero utenti presenti all'interno della simulazione: verso le ore 14,00 abbiamo il picco di ingressi, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.



205. L'immagine della mappa di densità di utenti indica con il come le aree verdi effettivamente utilizzate siano poche rispetto all'intera estensione del parco presente nel complesso Bellariva, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.

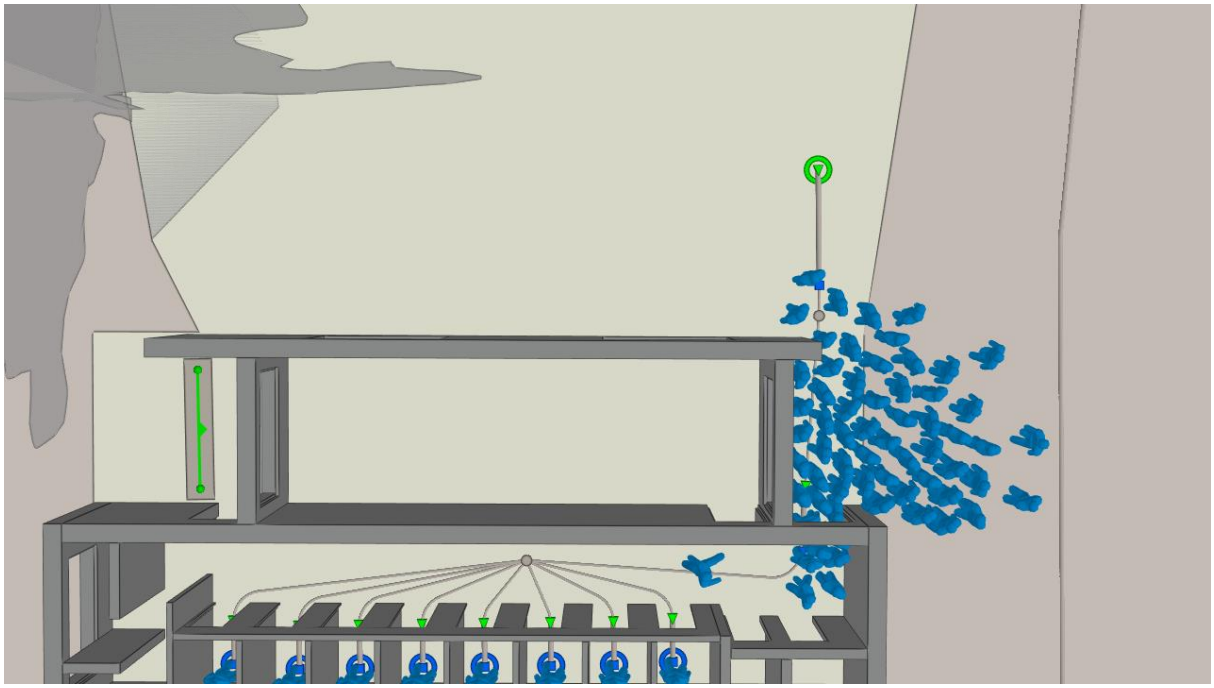


206. Vista estrapolata dalla simulazione "Balneazione estiva" in cui percepiamo come nel momento di massimo picco l'area verde sia estremamente popolata, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.

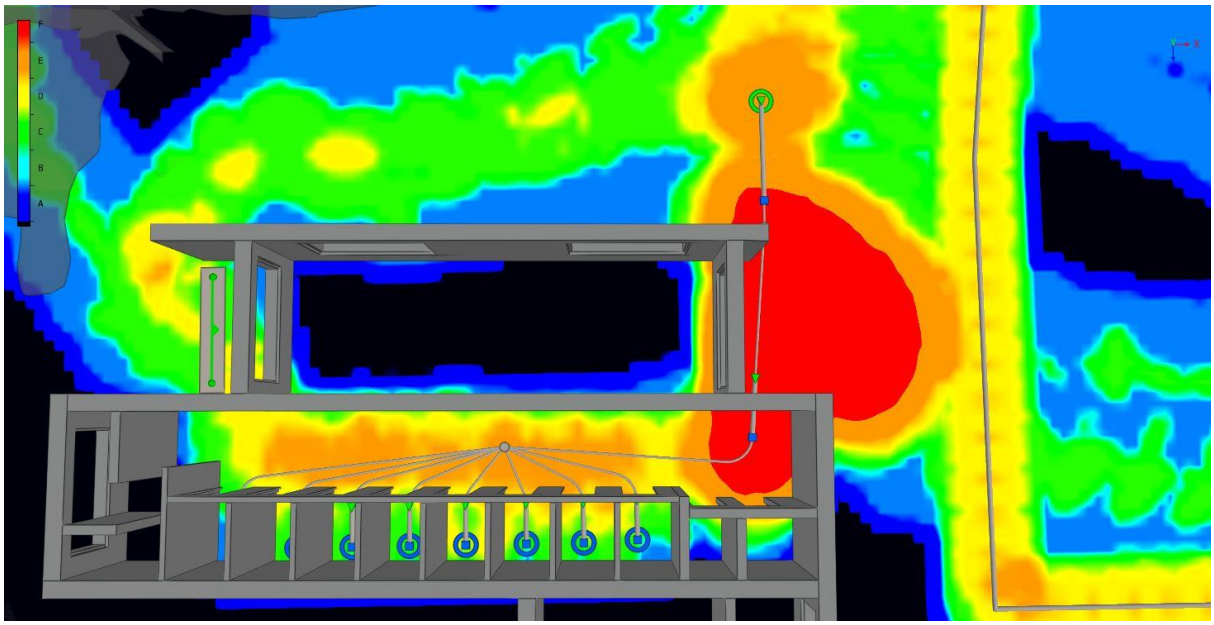
Questa mappa ci conferma un dato che avevamo riscontrato durante in nostri sopralluoghi: le persone tendono a posizionarsi in corrispondenza delle aree prossime ai fusti degli arbusti, dato che il complesso è sprovvisto di qualsiasi tipo di attrezzatura, gli utenti ricercano l'ombra alzando la densità di utilizzazione di queste aree rendendole estremamente scomode e disagevoli.

RAGGIUNTA CAPACITA' MASSIMA SPOGLIATOIO BAMBINI

La capienza dello spogliatoio bambini permette l'utilizzo dei locali a soli sette individui per volta; nonostante il tempo il tempo di permanenza all'interno di ogni singolo stanzino non sia superiore ai cinque minuti, è chiaro come per smaltire una folla di settantacinque bambini in poco tempo sia un'impresa impossibile. Il tempo necessario a far cambiare tutti i bambini è stato registrato a venti minuti, un valore che a nostro parere risulta estremamente eccessivo.

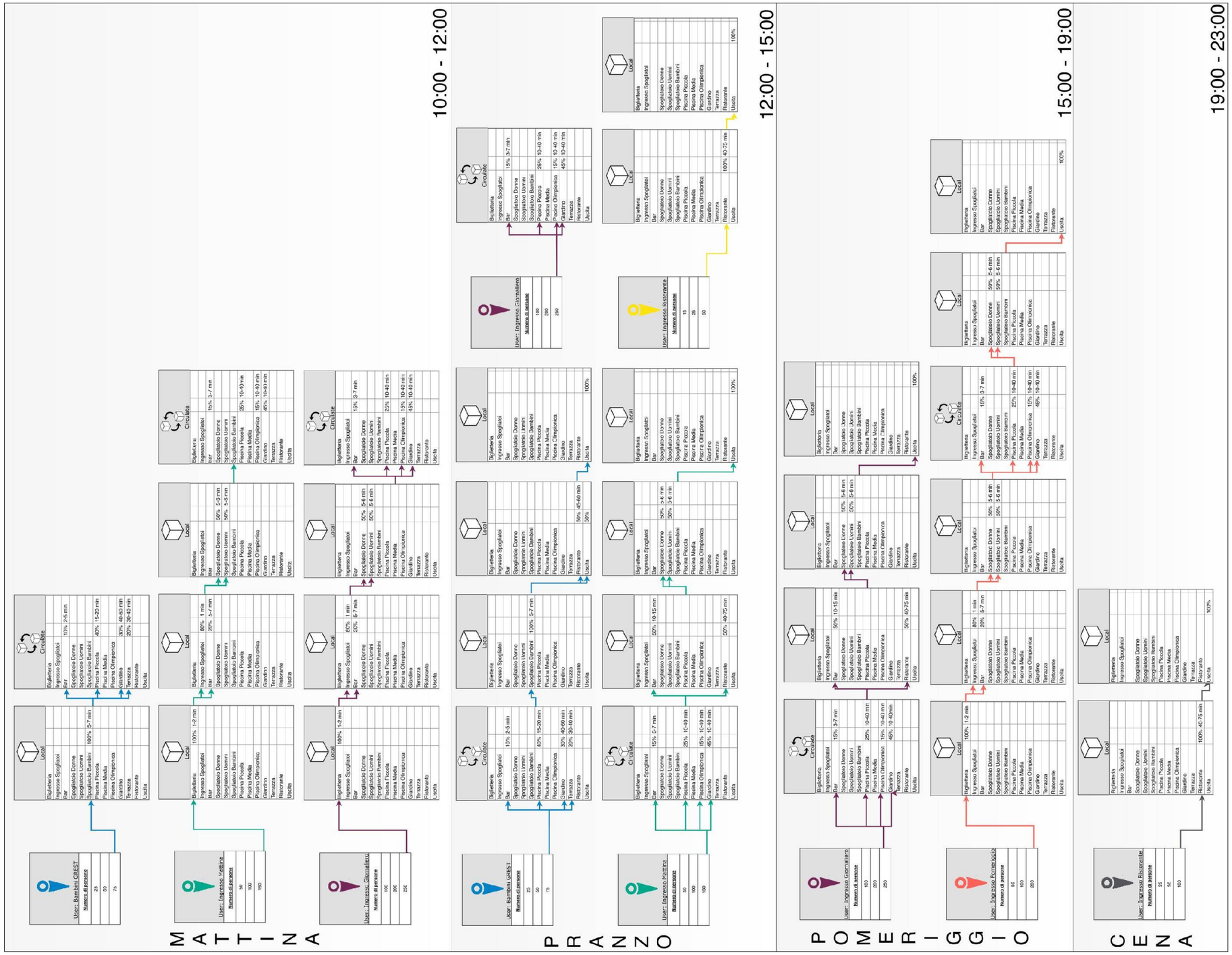


207. Vista estrapolata dai risultati della simulazione "Balneazione estiva" nel momento di massima utilizzazione dello spogliatoio bambini, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.



208. L'immagine della mappa di densità di utenti indica come nell'area in prossimità dell'entrata degli spogliatoi bambini si sia creata una folla numerosa, immagine esportata dal software MassMotion,2018.

9.5 – Simulazione 2 – Schema riassuntivo simulazione

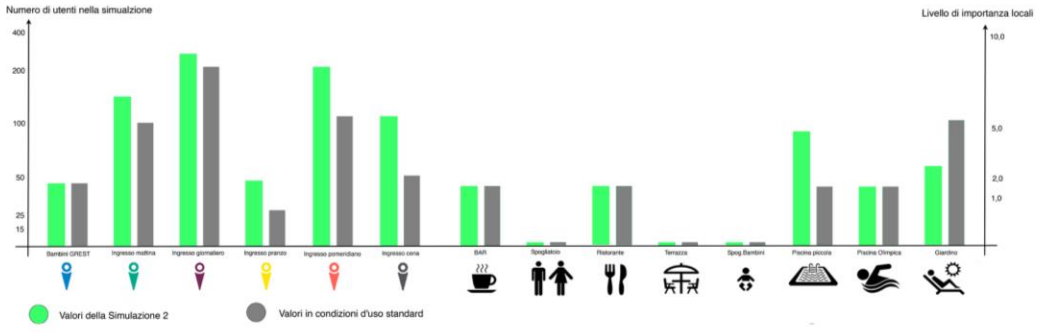


209. Rappresentazione schematica della simulazione 2 dello scenario estivo, diagramma, 2018.

9.5.1 – Simulazione 2 – Input dati e scheda report

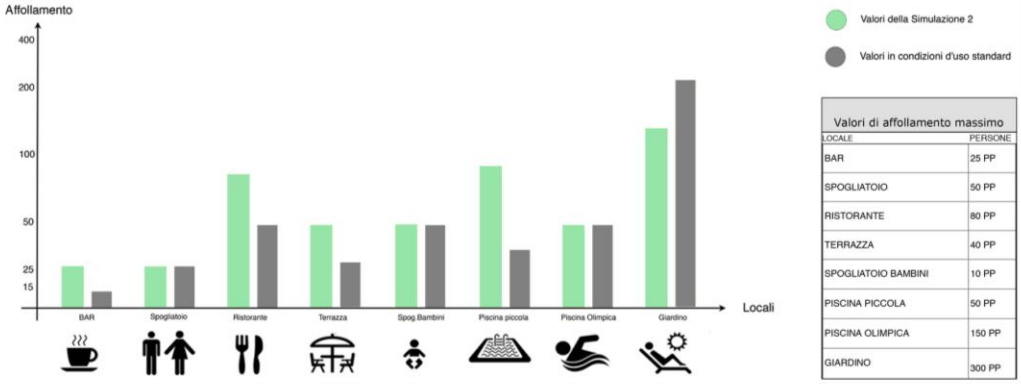
INPUT SIMULAZIONE 2

PARAMETRI VARIATI



REPORT SIMULAZIONE 2

AFFOLLAMENTO LOCALI



Valori di affollamento massimo

LOCALE	PERSONE
BAR	25 PP
SPOGLIATOIO	50 PP
RISTORANTE	80 PP
TERRAZZA	40 PP
SPOGLIATOIO BAMBINI	10 PP
PISCINA PICCOLA	50 PP
PISCINA OLIMPICA	150 PP
GIARDINO	300 PP

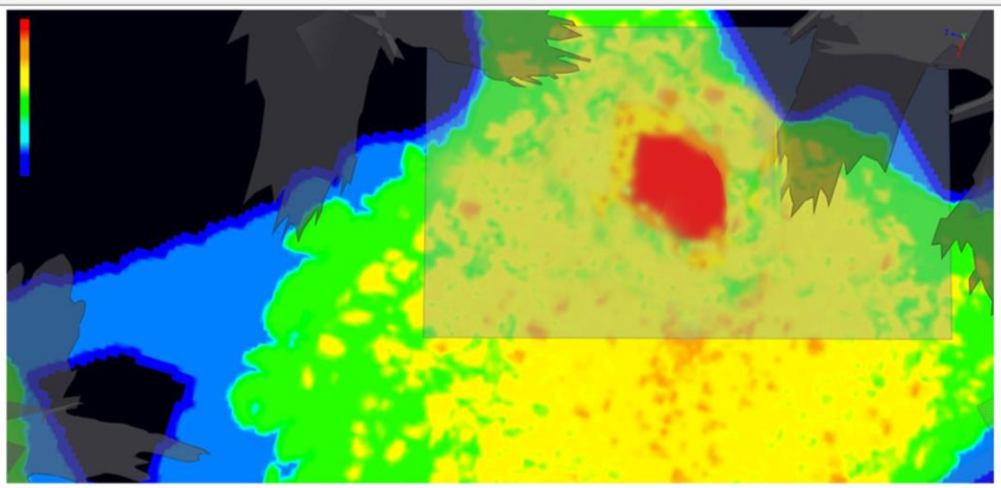
AFFOLLAMENTO LOCALI

BAR	RISTORANTE	TERRAZZA	SP. BAMBINI	SPOGLIATOIO	PISCINA PICCOLA	PISCINA OLIMPICA	AREA VERDE

CRITICITA' RISCONTRATE

PISCINA PICCOLA	SI RAGGIUNGE UNA DENSITA' DI AFFOLLAMENTO DI **1,3** PERSONE AL MQ

GRAFICI DENSITA' AFFOLLAMENTO



OBIETTIVI RIPROGETTAZIONE

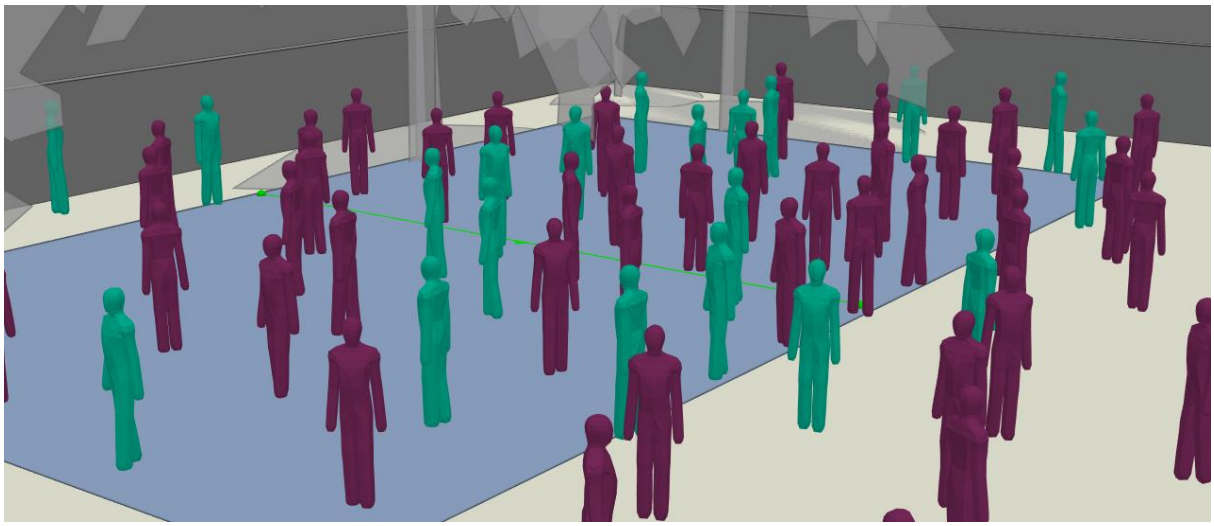
PISCINA PICCOLA	NSERIMENTO NUOVO SPAZIO GIOCHI PER DIMINUIRE DENSITA' DI AFFOLLAMENTO NELLA VASCA PICCOLA

210. Scheda riassunta dei dati di *input* e di *output* della simulazione 2, in rosso sono indicati gli ambienti sovraffollati, in arancione quelli mediamente ed in verde adeguatamente affollati, tabella, 2018.

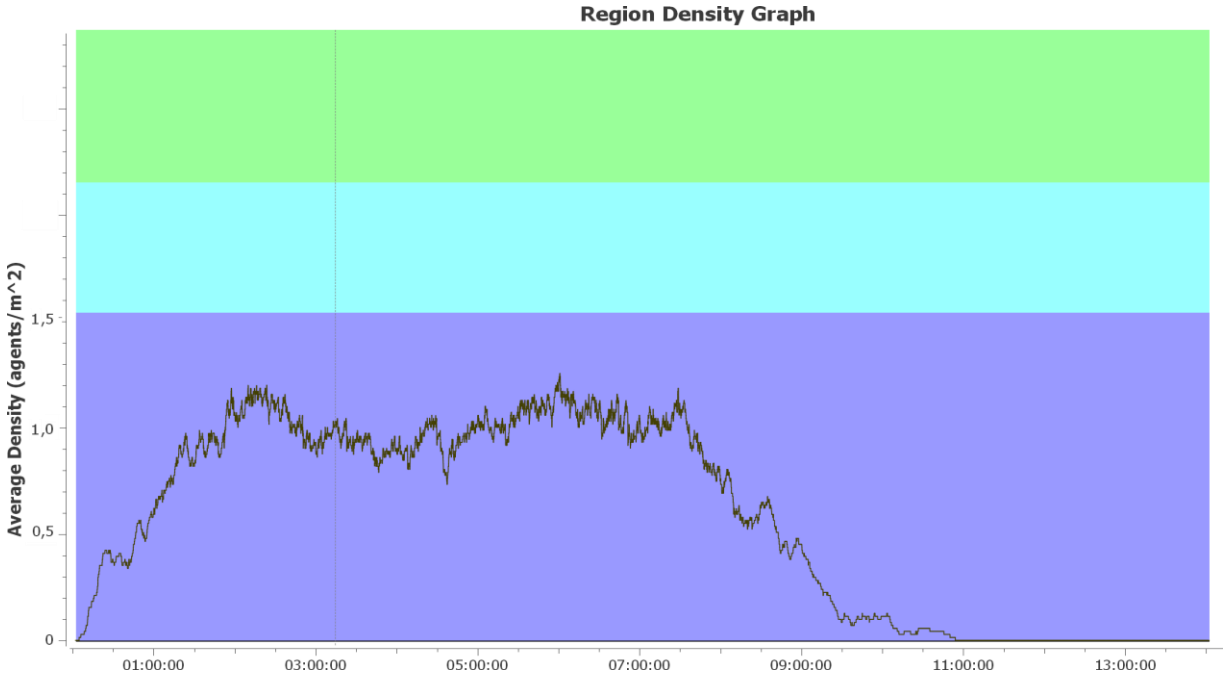
9.5.2 – Simulazione 2 - Analisi dei risultati ed individuazione delle criticità

RAGGIUNTA CAPACITA' MASSIMA PISCINA PICCOLA

Nei giorni in cui si nota un'affluenza maggiore di famiglie è indubbio come la piscina piccola, di altezza massima un metro, venga presa d'assalto. In particolar modo essendo presente una percentuale maggiore di bambini, in particolar modo nelle ore più calde, essa diventa troppo affollata inficiando il divertimento dei più piccoli. Per vagliare questa opportunità è stata aumentata la percentuale di persone che durante il circulate giornaliero, mattutino e pomeridiano scelgono di sostare nella piscina diminuendo le altre. La densità per mq raggiunta alle ore 17 è di 1,3 persone, un numero che evidenzia una criticità importante.

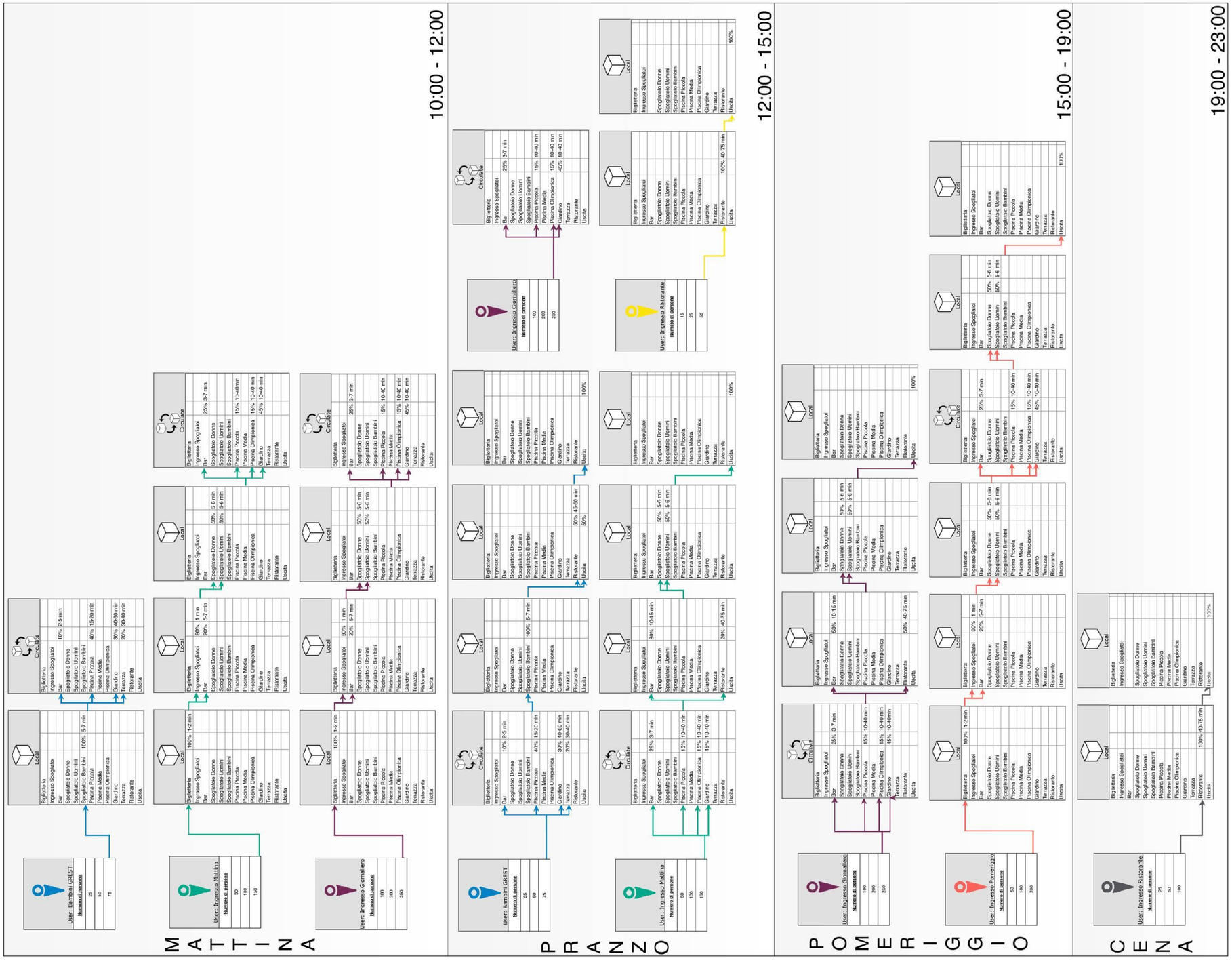


211. Vista della piscina piccola nell'ora di punta, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.



212. Grafico che indica la densità per agente nella piscina piccola, MassMotion, tabella, 2018.

9.6 – Simulazione 3 – Schema riassuntivo simulazione

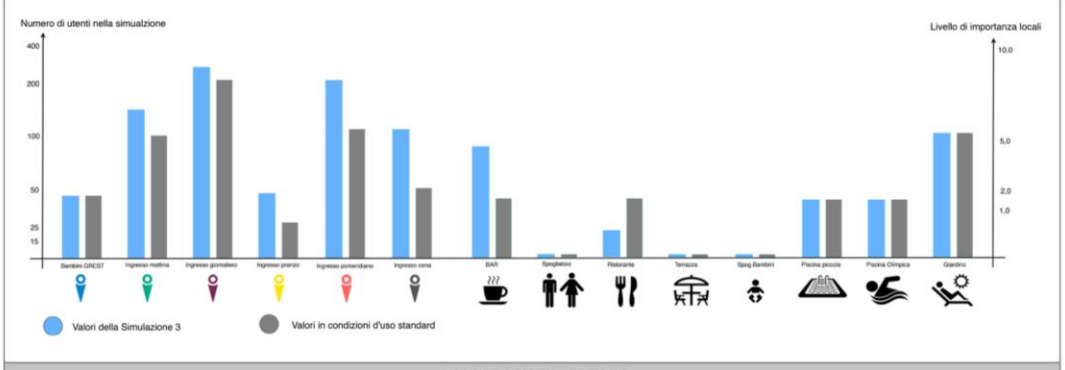


213. Rappresentazione schematica della simulazione 3 dello scenario estivo, diagramma, 2018.

9.6.1 – Simulazione 3 – Input dati e scheda report

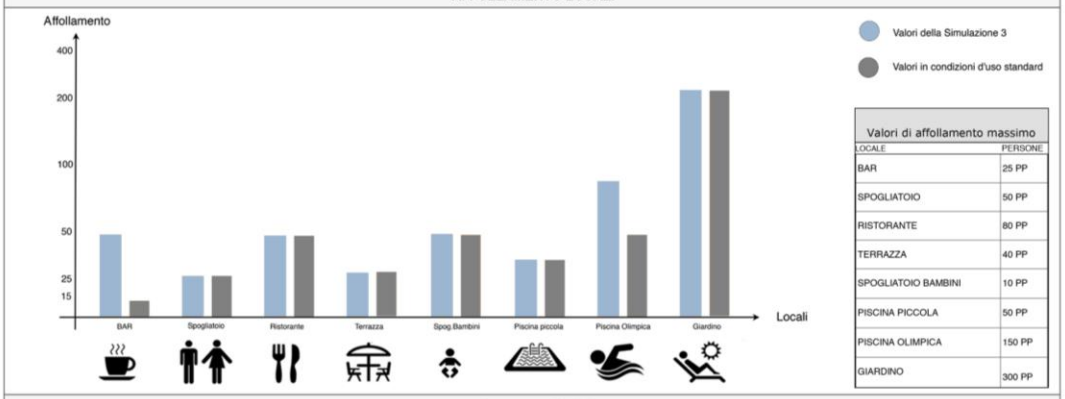
INPUT SIMULAZIONE 3

PARAMETRI VARIATI



REPORT SIMULAZIONE 3

AFFOLLAMENTO LOCALI



Valori di affollamento massimo

LOCALE	PERSONE
BAR	25 PP
SPOGLIATOIO	50 PP
RISTORANTE	80 PP
TERRAZZA	40 PP
SPOGLIATOIO BAMBINI	10 PP
PISCINA PICCOLA	50 PP
PISCINA OLIMPICA	150 PP
GIARDINO	300 PP

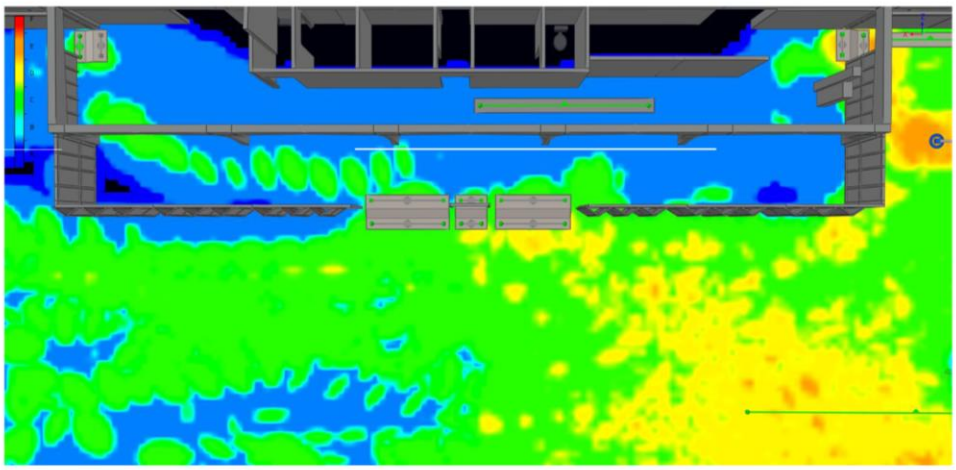
AFFOLLAMENTO LOCALI

BAR	RISTORANTE	TERRAZZA	SP. BAMBINI	SPOGLIATOIO	PISCINA PICCOLA	PISCINA OLIMPICA	AREA VERDE
☐ ☐ ■	☐ ■ ☐	■ ☐ ☐	☐ ■ ☐	■ ☐ ☐	☐ ■ ☐	■ ☐ ☐	☐ ■ ☐

CRITICITA' RISCONTRATE

BAR	IN PROSSIMITA' DEL BANCONE SI RAGGIUNGE UNA DENSITA' AFFOLLAMENTO DI **1,2** PERSONE AL MQ

GRAFICI DENSITA' AFFOLLAMENTO



OBIETTIVI RIPROGETTAZIONE

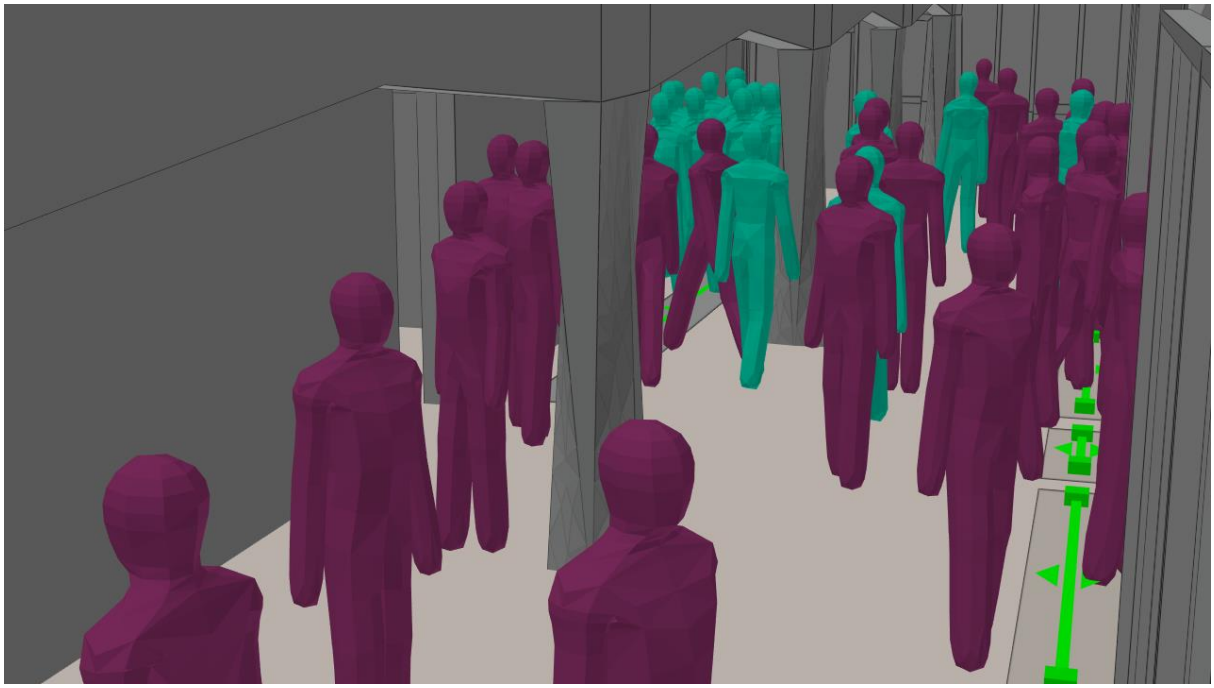
BAR	SI PREVEDE DI INSERIRE PER LA STAGIONE ESTIVA ALL'INTERNO DEL PARCO UNA NUOVA AREA RISTORO

214. Scheda riassunta dei dati di *input* e di *output* della simulazione 3, in rosso sono indicati gli ambienti sovraffollati, in arancione quelli mediamente ed in verde adeguatamente affollati, tabella, 2018.

9.6.2 – Simulazione 3 - Analisi dei risultati ed individuazione delle criticità

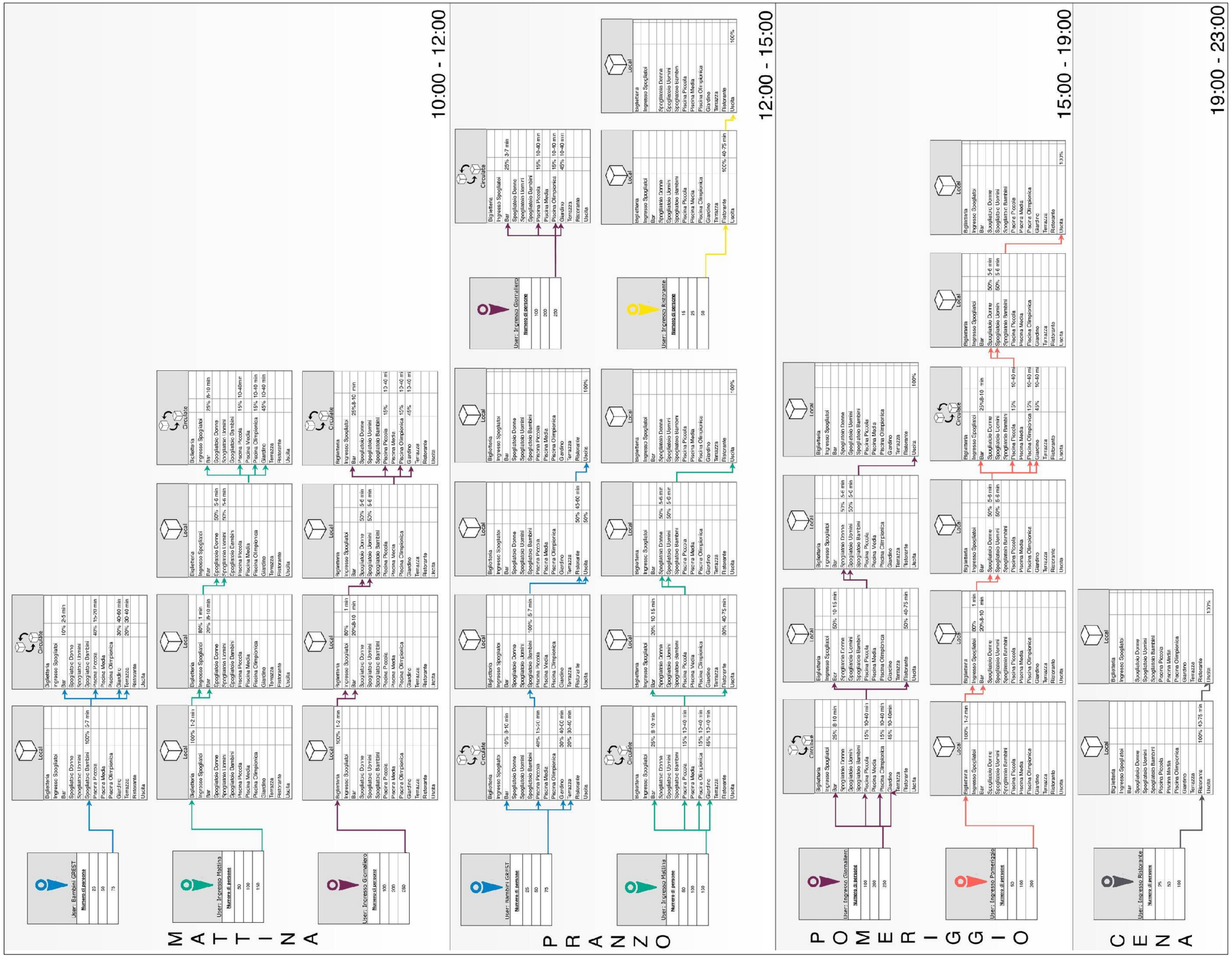
RAGGIUNTA CAPACITA' MASSIMA LOCALE BAR

Attraverso la presente simulazione è stata allungata la permanenza all'interno dei locali del bar e indirizzato la quasi totalità degli utenti che consumano il pranzo presso il complesso verso il medesimo locale (a dispetto del locale ristorante). Questa variazione della simulazione ha permesso di evidenziare come il locale del bar fosse incapace di gestire un tale flusso. In particolar modo soprattutto nei mesi più caldi, il bar fornisce la possibilità di pranzare con un pasto veloce e per questo motivo spesso è preferito al locale ristorazione che è maggiormente utilizzato da clienti esterni. La concentrazione di persone all'interno del bar è talmente elevata che è impossibile per i due addetti che usualmente gestiscono il locale, poter servire velocemente tutti i clienti, portando alla formazione di lunghe code. È importante sottolineare come il bar durante l'estate usufruisca dello spazio esterno in prossimità delle porte a soffietto per permettere la consumazione di un pasto seduti al tavolo. La concentrazione di persone nei pressi del bancone supera le due persone al metro quadro nel caso in cui sia impedito l'utilizzo dello spazio esterno, mentre scende ad una persona al metro quadro nell'altra eventualità. È evidente anche in questo caso la stringente necessità di predisporre dei cambiamenti in quanto l'eccessiva durata delle code potrebbe portare l'utenza a preferire un pranzo portato da casa, causando un'importante perdita economica per il complesso.



215. L'immagine mostra il bar durante il momento di massima affluenza, gli utenti viola rappresentano i profili giornalieri mentre i verdi i profili con ingresso mattutino, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.

9.7 – Simulazione 4 – Schema riassuntivo simulazione

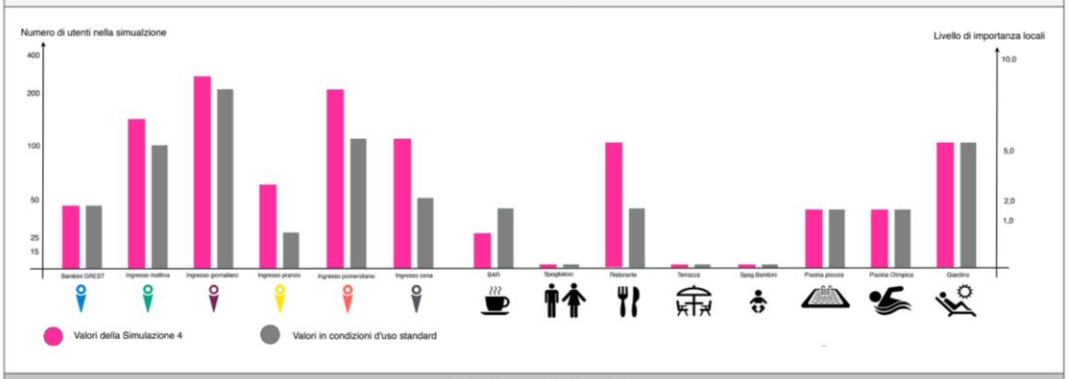


216. Rappresentazione schematica della simulazione 4 dello scenario estivo, diagramma, 2018.

9.7.1 – Simulazione 4 – Input dati e scheda report

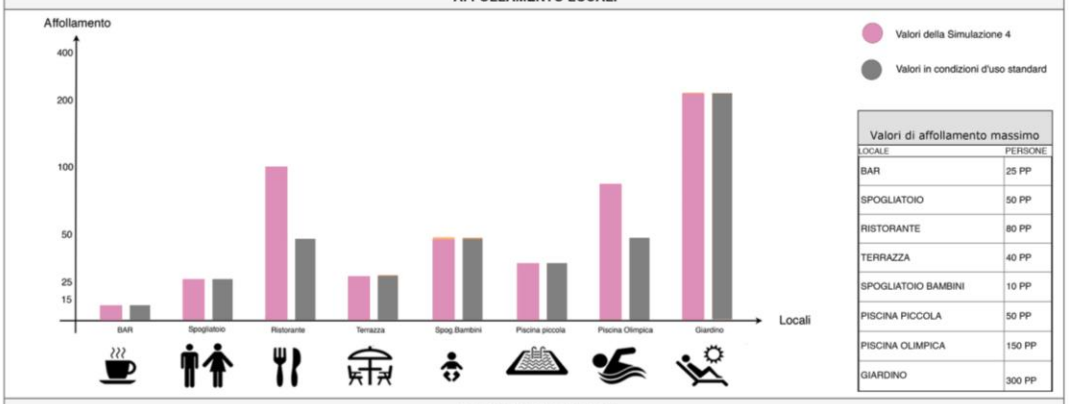
INPUT SIMULAZIONE 4

PARAMETRI VARIATI



REPORT SIMULAZIONE 4

AFFOLLAMENTO LOCALI



Valori di affollamento massimo

LOCALE	PERSONE
BAR	25 PP
SPOGLIATOIO	50 PP
RISTORANTE	80 PP
TERRAZZA	40 PP
SPOGLIATOIO BAMBINI	10 PP
PISCINA PICCOLA	50 PP
PISCINA OLIMPICA	150 PP
GIARDINO	300 PP

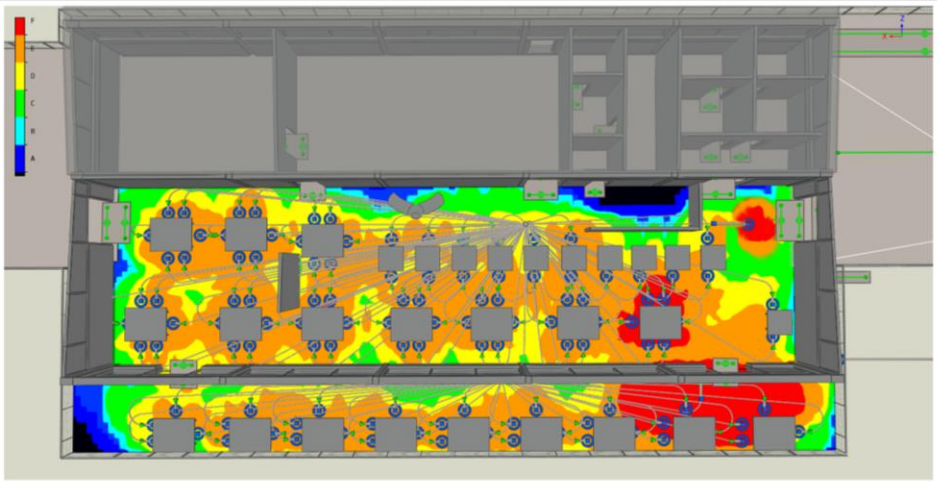
AFFOLLAMENTO LOCALI

BAR	RISTORANTE	TERRAZZA	SP. BAMBINI	SPOGLIATOIO	PISCINA PICCOLA	PISCINA OLIMPICA	AREA VERDE
☐ ■ ☐	☐ ☐ ■	■ ☐ ☐	☐ ■ ☐	■ ☐ ☐	☐ ■ ☐	■ ☐ ☐	☐ ■ ☐

CRITICITA' RISCONTRATE

RISTORANTE	IL NUMERO DEI TAVOLI NON E' SUFFICIENTE AD OSPITARE TUTTI I CLIENTI

GRAFICI DENSITA' AFFOLLAMENTO



OBIETTIVI RIPROGETTAZIONE

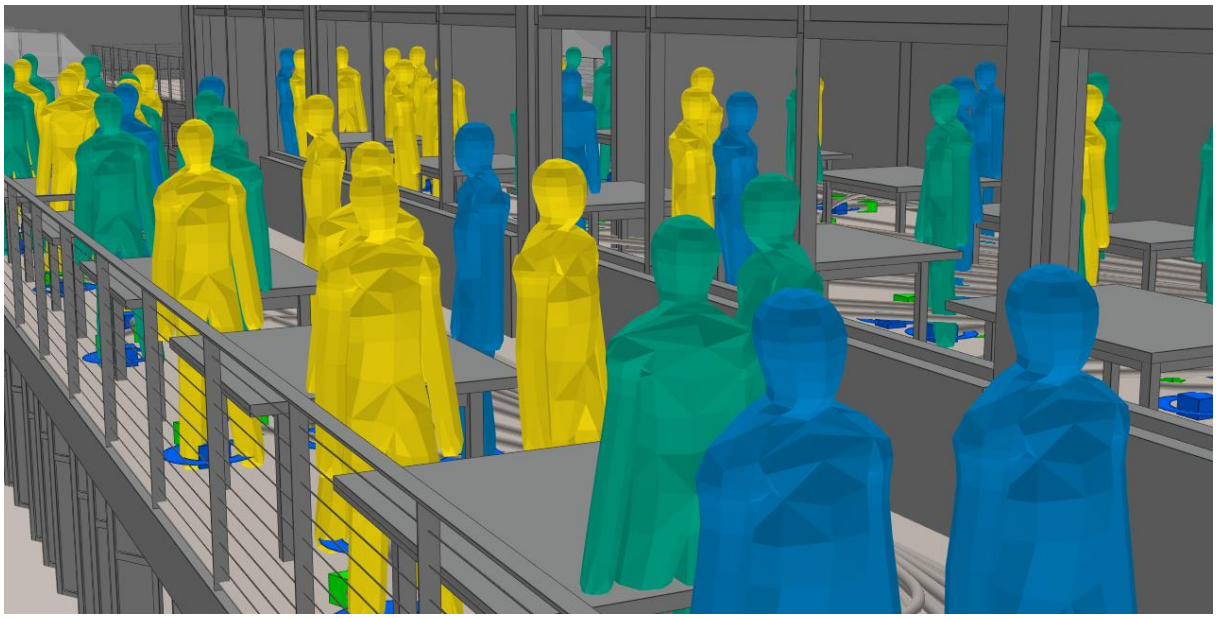
RISTORANTE	SI PREVEDE DI INSERIRE PER LA STAGIONE ESTIVA ALL'INTERNO DEL PARCO UNA NUOVA AREA RISTORO

217. Scheda riassunta dei dati di *input* e di *output* della simulazione 4, in rosso sono indicati gli ambienti sovraffollati, in arancione quelli mediamente ed in verde adeguatamente affollati, tabella, 2018.

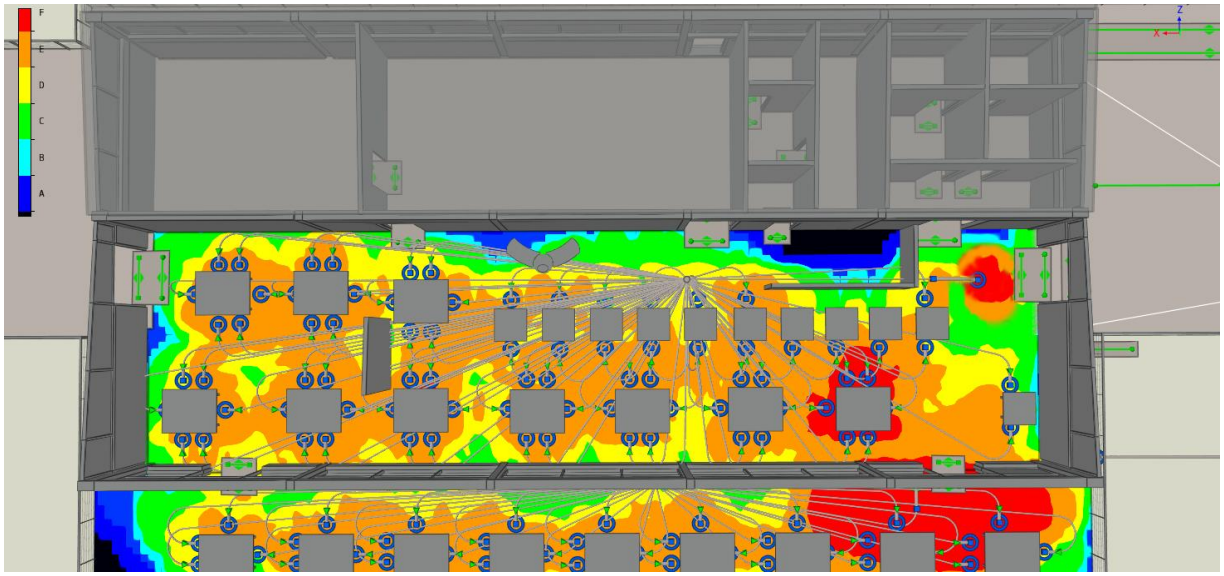
9.7.2 – Simulazione 4 - Analisi dei risultati ed individuazione delle criticità

RAGGIUNTA CAPACITA' MASSIMA LOCALE RISTORANTE

La simulazione di riferimento è stata impostata indirizzando la quasi totalità del flusso degli utenti "ingresso mattina" (profili verdi) verso i locali del ristorante. Durante le ore del pranzo, all'interno del locale troveremo (oltre ai sopracitati utenti) i ragazzi del GREST (profili azzurri) ed i nuovi vettori che si recano presso la struttura esclusivamente per consumare il pranzo presso il ristorante (profili gialli). L'enorme flusso di clienti, soprattutto nei mesi estivi in certi casi risulta essere ingestibile. Le code che si formano nei pressi dell'ingresso evidenziano come sia stata raggiunta la massima capacità di accoglienza del locale.



218. Vista del locale ristorante, immagine esportata dal software MassMotion, 2018. È evidente come sia fuori che dentro il locale sia al completo.



219. Vista del ristorante, immagine, MassMotion, 2018. In rosso si indicano le aree dove si sono formate le code.

9.8 – Proposte di intervento

Grazie ai risultati delle simulazioni che sono state realizzate per lo scenario in esame, sono state formulate delle proposte di intervento atte a risolvere le criticità riscontrate.

RIPROGETTAZIONE AREA VERDE ED INSERIMETO ATTREZZATURE

Il complesso Bellariva è dotato di un ampio spazio verde che circonda su quattro lati i fabbricati presenti al loro interno. Purtroppo però la mancanza di attrezzature come sdrai, lettini e ombrelloni, contribuiscono alla formazione di un vero e proprio caos, che sarebbe risolvibile con l'inserimento piccoli accorgimenti. Le persone spesso, per svolgere le attività di balneazione, portano da casa le attrezzature (come possiamo vedere dall'immagine). Per di più la zona pavimentata non progettata posta all'interno della zona verde impedisce in molti casi una confortevole sosta. Per migliorare il confort dei clienti ed aumentare la capacità massima del locale sarebbe auspicabile procedere con due interventi, un primo meno invasivo e a basso costo ed uno più importante ma anche più costoso: una prima strategia per migliorare le condizioni di balneazione sarebbe fornire lo spazio verde di oggetti quali ombrelloni, sdrai e sedie in maniera diffusa; questo contribuirebbe a diminuire sensibilmente il caos presente nell'area e soprattutto ad ampliare la massima capacità di accoglienza del complesso. Un secondo intervento potrebbe portare alla riprogettazione della parte pavimentata dello spazio esterno in modo da migliorare la gestione dei flussi al suo interno.

220. L'immagine mostra come l'area verde sia utilizzata in maniera caotica e come in certi casi siano gli utenti stessi a portare sdraie e sedie per migliorare il confort, fotografia, 2018.

PROGETTAZIONE AREA RISTORO TEMPORANEO ED AREA PIC-NIC

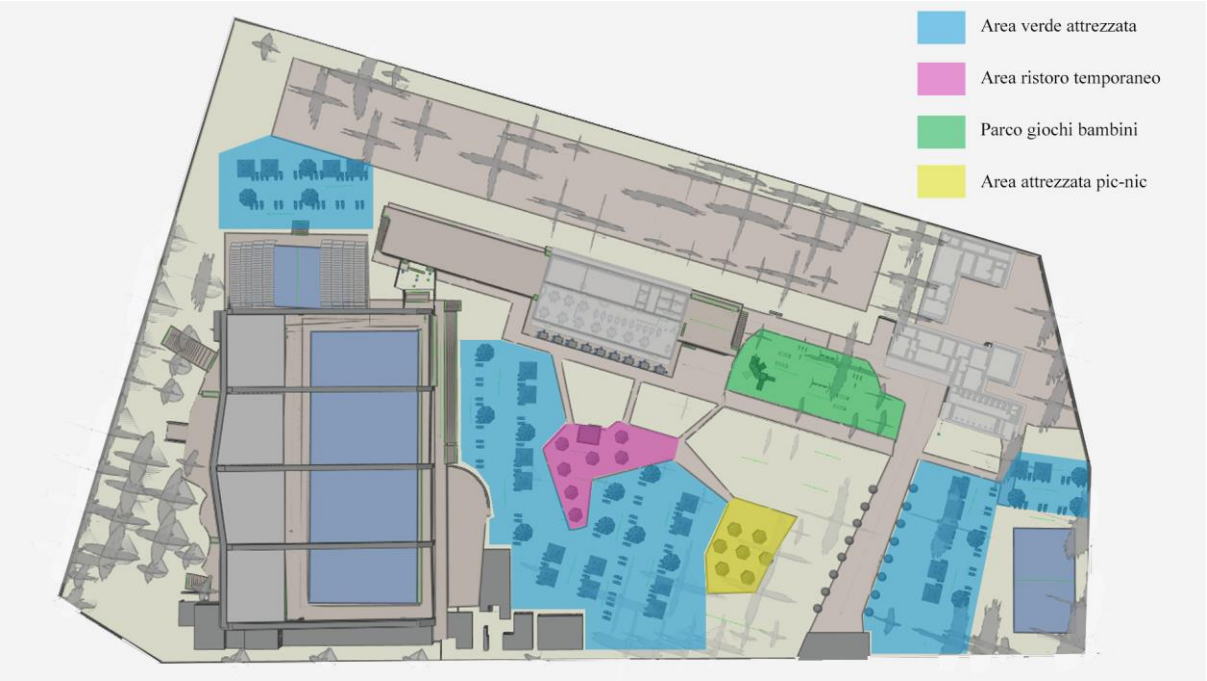
221. L'immagine mostra come l'area verde sia disseminata delle sedie e tavoli del bar, contribuendo a dare un'immagine disordinata dello spazio, fotografia, 2018.

Dalla terza e quarta simulazione, è stato osservato come sia il bar che il ristorante, durante il picco di utilizzazione estiva siano incapaci di accogliere il numero di persone che consumano il pranzo presso il complesso Bellariva. Durante i nostri sopralluoghi è stato osservato come la fila che si crea al bar e al ristorante spinga spesso gli utenti a portare da casa l'occorrente per il pranzo, diminuendo i potenziali incassi che potrebbe avere il complesso. In particolare spesso i tavoli in plastica vengono trasferiti dal bar all'area verde ed allestiti dagli stessi utilizzatori per consumare il pranzo. A tal proposito la nostra proposta prevede l'allestimento di una nuova area ristoro (come ad esempio un chiosco di panini e bibite) che possa diminuire il flusso presente negli altri due esercizi e aumentare gli incassi dello stesso complesso. Al contempo consigliamo l'allestimento di un'area pic-nic permanente che fornisca ai clienti gli strumenti necessari per consumare il pranzo preparato a casa in maniera organizzata.

INSERIMENTO GIOCHI PER BAMBINI

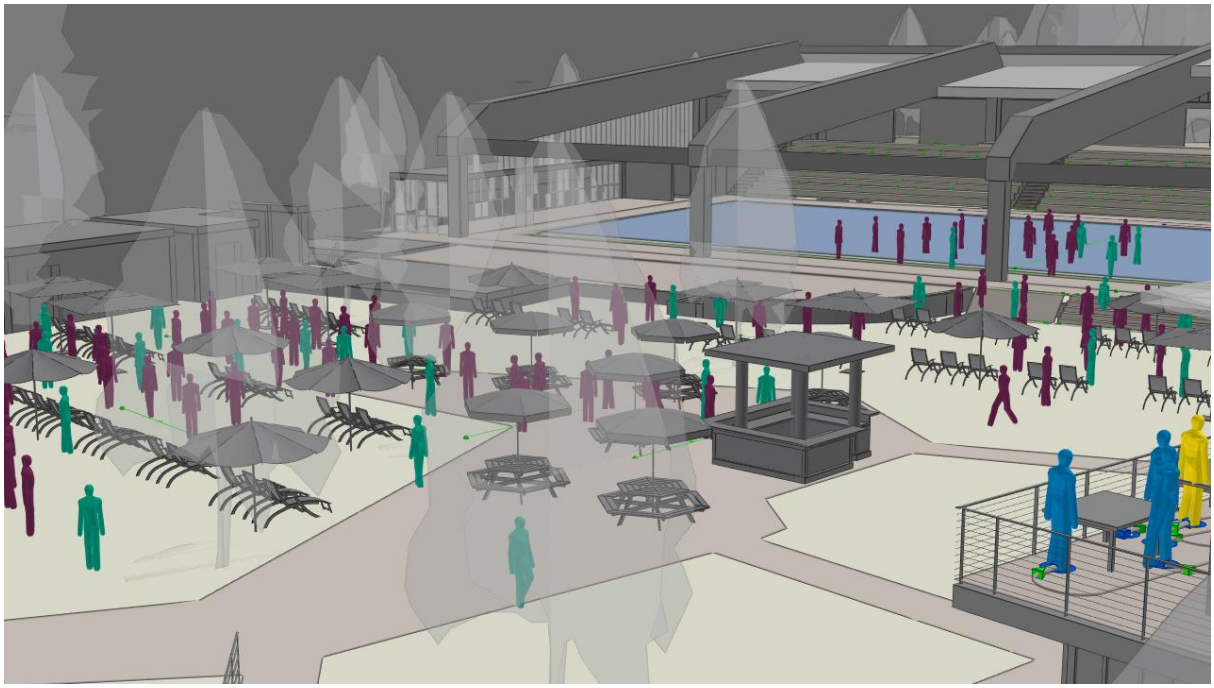
E' stato osservato che soprattutto durante il week-end il complesso si riempie di famiglie con bambini. La simulazione due ci ha evidenziato come questa eventualità possa causare non pochi disagi al complesso in quanto la piscina dei più piccoli ha una capacità di accoglienza molto ristretta. Purtroppo l'area non è dotata di altre aree gioco e questo inevitabilmente spinge la totalità dei bambini a trascorre il proprio tempo esclusivamente nei pressi della vasca. Questo flusso potrebbe essere ridistribuito con l'inserimento di giochi fissi per bambini che potrebbero essere inseriti nello spazio retrostante la piscina piccola (ad oggi l'area è inutilizzata) in modo da diminuire il numero di utenti presenti continuativamente nella vasca.

9.9 –Risultati della nuova simulazione



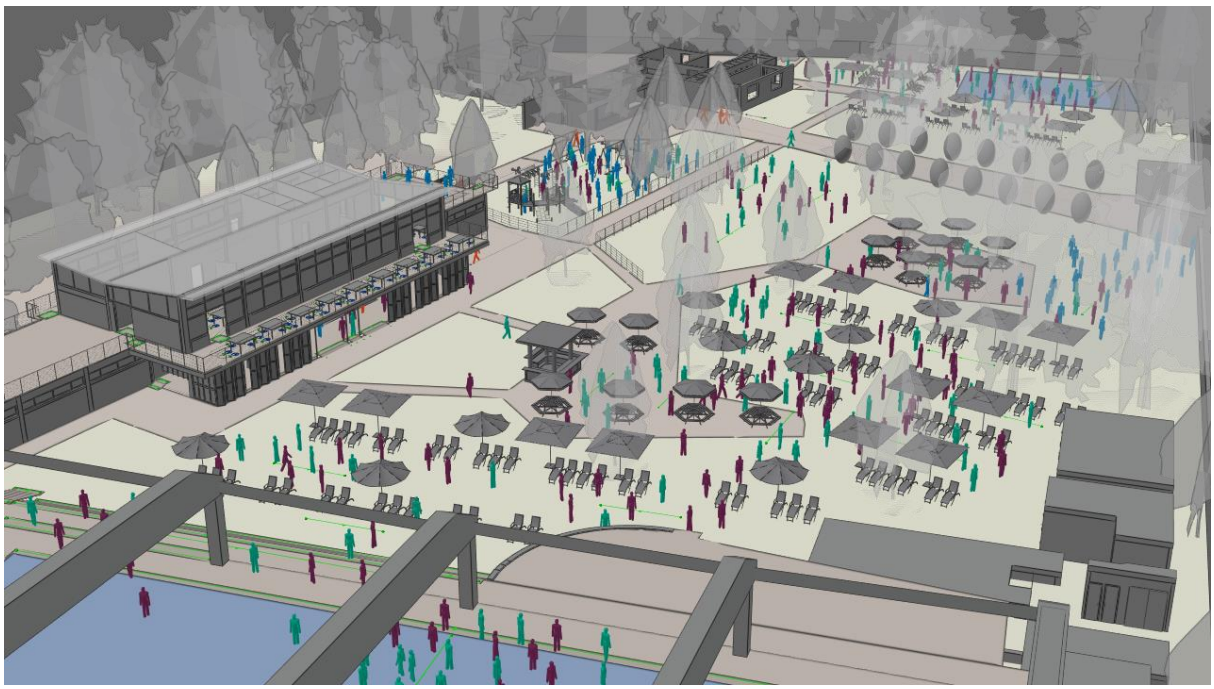
222. Descrizione breve degli interventi di miglioramento della gestione delle aree esterne del complesso di Bellariva, immagine esportata dal software MassMotion e modificata con Photoshop, 2018.

Grazie all'analisi dei risultati ottenuti dalle varie simulazioni relative allo scenario esaminato "balneazione estiva" sono state formulate delle proposte di intervento mirate al miglioramento della gestione del patrimonio esistente ed incremento dei guadagni da parte del gestore. In particolar modo, grazie alle criticità manifestate dalla prima simulazione si è reso evidente come l'enorme spazio verde potesse essere utilizzato maggiormente apportando qualche semplice modifica. Essendo l'area completamente sprovvista di attrezzature utili per svolgere l'attività di balneazione, gli utenti generalmente usano sostare nei pressi delle vasche (per abbronzarsi) o degli alberi (alla ricerca di qualche zona d'ombra). Grazie all'inserimento di attrezzature quali lettini, sdrai e ombrelloni, posizionati in corrispondenza delle aree con minor densità di affollamento, si è distribuito il flusso su tutta la superficie verde adiacente alle vasche e ad abbassare il picco di massima densità da 0,7 persone al mq a 0,3. Ad esempio gli spazi adiacenti alla piscina di riscaldamento e alla vasca piccola sono in stato di completo abbandono e non disponibili ad ospitare le utenze. Questo intervento a basso costo non solo aumenta la capacità ricettiva del complesso ma migliora anche la percezione di benessere da parte dell'utente che si troverà in uno spazio ben organizzato. A questo intervento ne potrebbe seguire un altro più invasivo e costoso che miri alla riprogettazione della pavimentazione dello spazio esterno, migliorando ancor più la gestione del flusso.

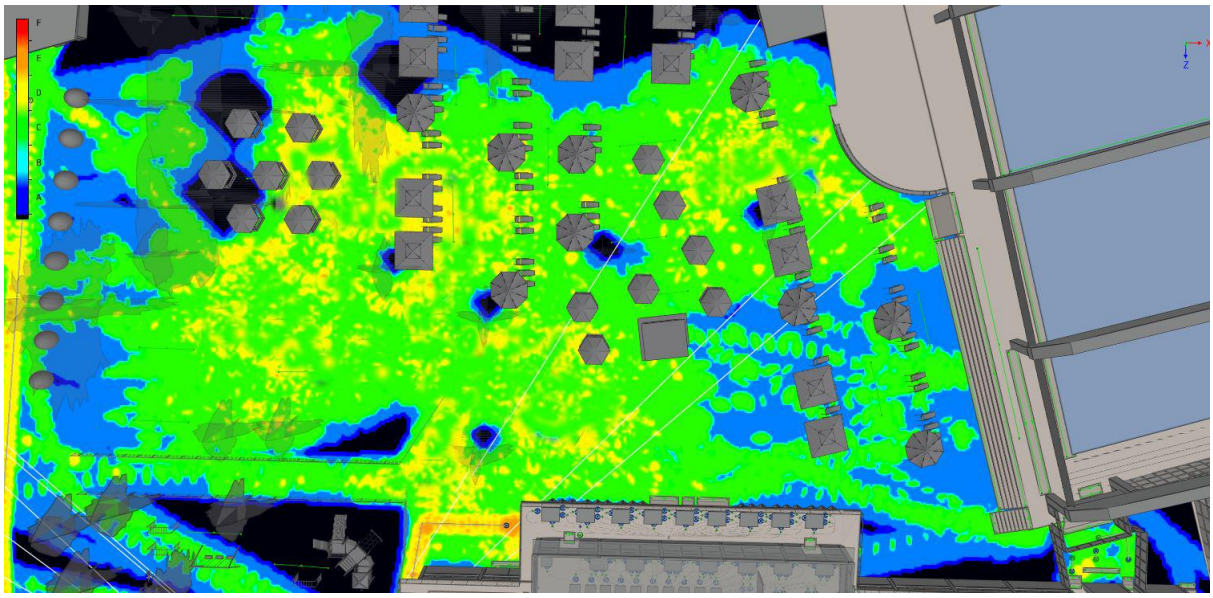


223. Nell'immagine notiamo come siano state posizionate le attrezzature (sdraio ed ombrelloni) nelle aree verdi prossime alla piscina olimpionica. Con un piccolo esborso economico si osserva come la situazione possa migliorare incredibilmente diminuendo il senso di caos ed ottimizzando la gestione degli spazi, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.

224. L'immagine mostra come l'area verde sia disseminata di sdraie ed ombrelloni, contribuendo a dare un'immagine ordinata dello spazio e aumentando la capacità ricettiva dell'intero complesso, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.



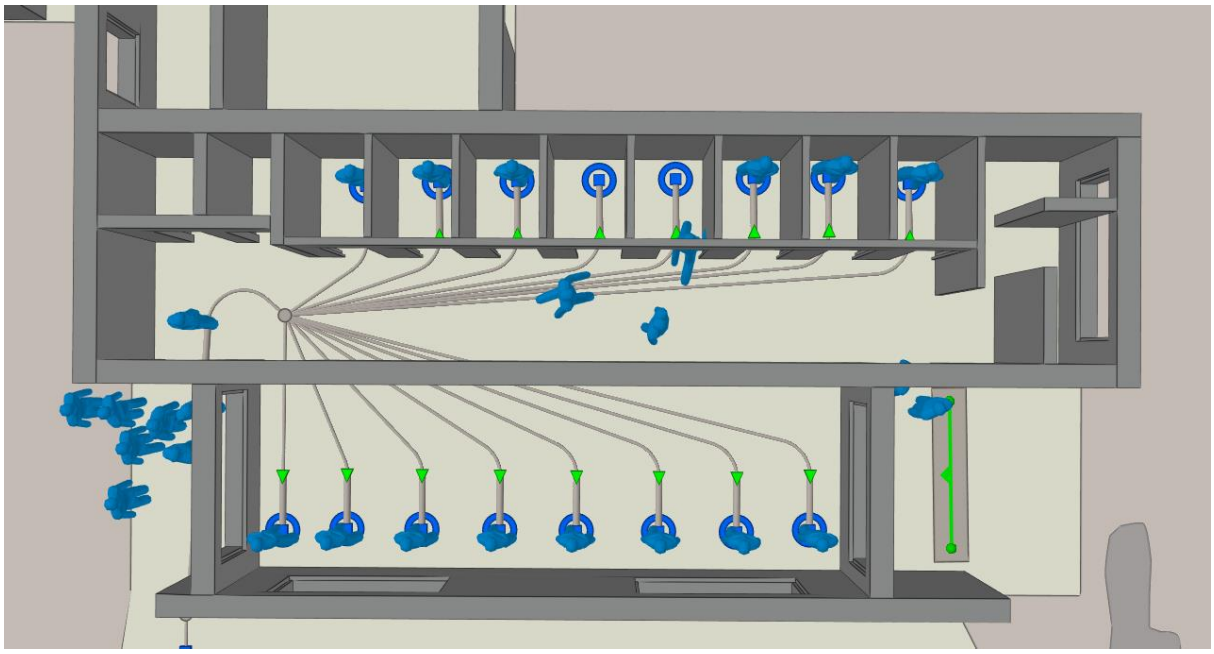
225. L'immagine evidenzia come la quasi totalità dello spazio esterno sia stato attrezzato, sfruttando maggiormente lo spazio coperto da superfice erbosa per garantire il relax agli utenti e utilizzando l'area pavimentata per espletare le altre attività. Per garantire la possibilità di usufruire di spazi aperti la zona in prossimità dell'entrata è stata volutamente lasciata senza attrezzature, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.



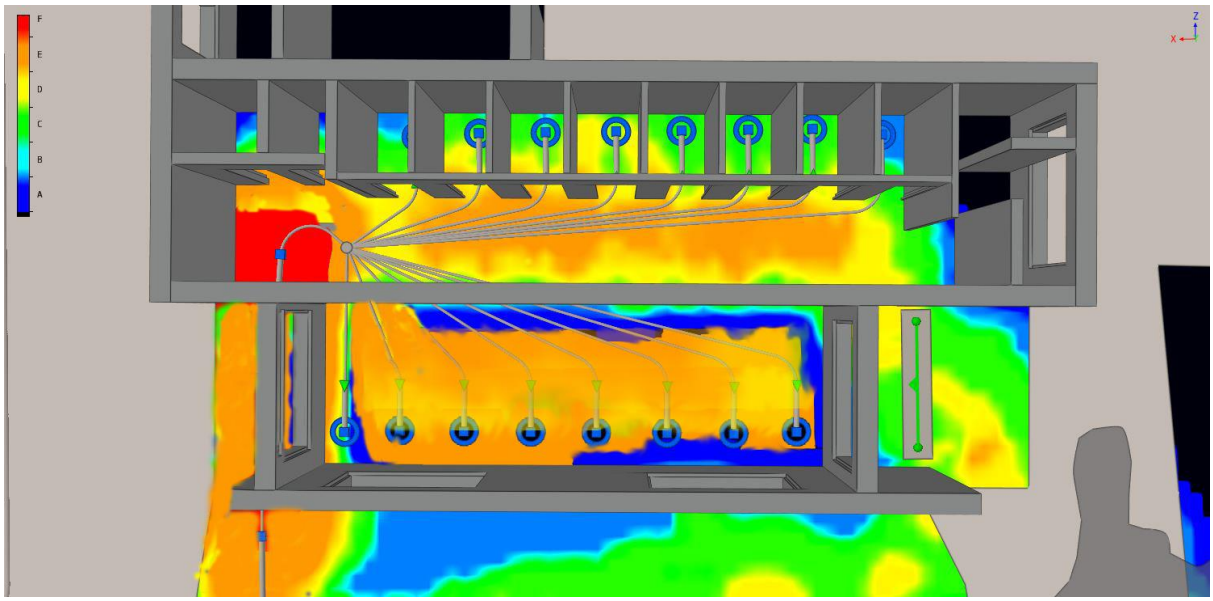
226. La mappa indica come grazie alla riprogettazione l'area verde sia stata maggiormente sfruttata, diminuendo la densità di affollamento degli utenti a favore di una ridistribuzione del flusso su tutta la superficie del parco. Gli utenti infatti possono usufruire delle nuove attrezzature fornite per potersi rilassare e abbronzarsi in ogni zona del giardino, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.

La prima simulazione ha evidenziato una seconda criticità: lo spogliatoio dei bambini è risultato essere incapace ad ospitare il numero di individui previsti nel giorno di picco estivo. Il nostro intervento è stato volto ad aumentare la capacità ricettiva del locale spogliatoi attraverso l'inserimento di otto nuovi camerini, situati nella stanza prospicente (ad oggi

inutilizzata) che hanno diminuito l'affollamento nei pressi dell'entrata e garantito un più rapido smaltimento del flusso.



227. L'aumento di camerini ha diminuito nettamente l'ingorgo in ingresso alla struttura. Aumentare eccessivamente la capienza massima dello spogliatoio sarebbe inappropriato dato che il picco massimo è raggiunto per un periodo di tempo limitato, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.

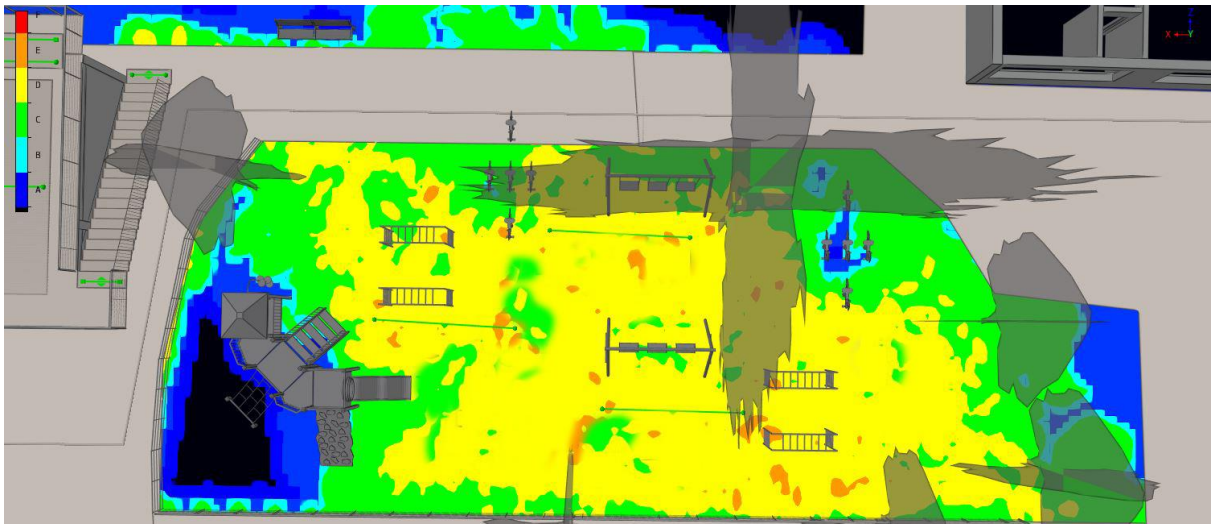


228. L'immagine evidenzia come la densità di affollamento, che comunque è alta in corrispondenza dell'ingresso, sia nettamente diminuita, immagine esportata dal software MassMotion.

Grazie alla seconda simulazione, nella quale è stato studiato lo scenario del fine settimana incrementando la presenza di famiglie con bambini, riscontrando un'ulteriore criticità. La piscina dei bambini viene presa d'assalto dai più piccoli poiché unica area gioco di tutto il complesso. La nostra proposta progettuale ha inserito nei pressi della vasca un'area giochi che potesse costituire una valida alternativa nei giorni di massima affluenza. Ad oggi la zona non

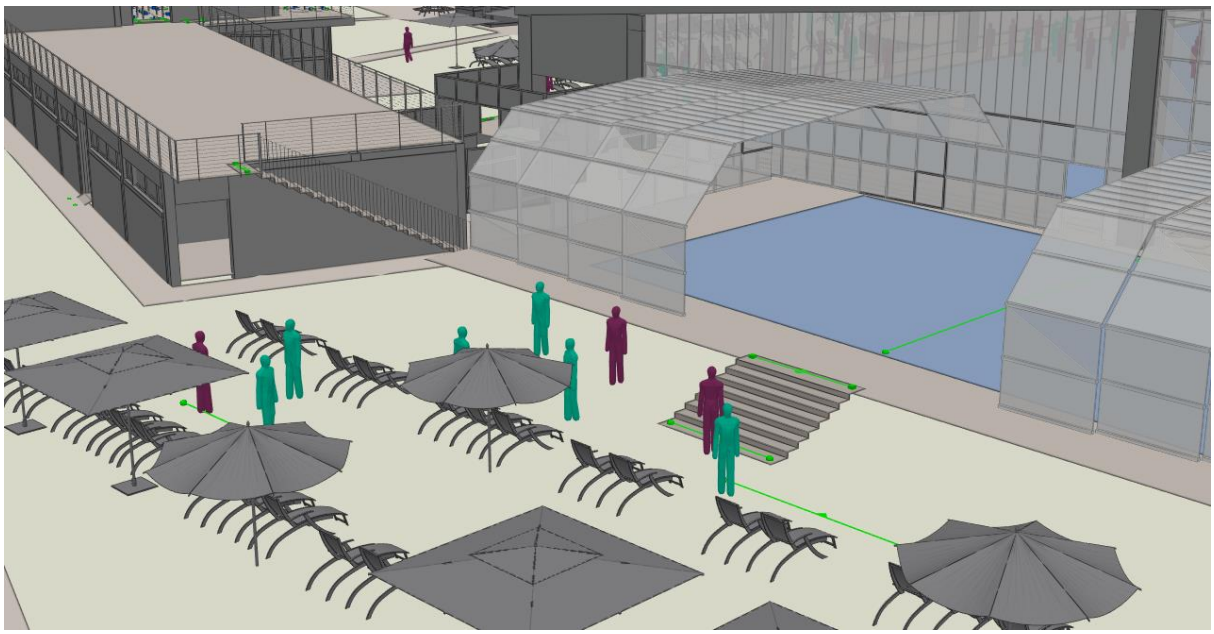
è adibita ad alcuna attività e dunque si presta ottimamente alla trasformazione descritta. In questo modo l'area in prossimità della vasca diminuisce la densità di affollamento passando da 1,3 a 0,5 persone al mq.

229. L'immagine mostra la nuova area gioco posta in prossimità della piscina piccola, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.

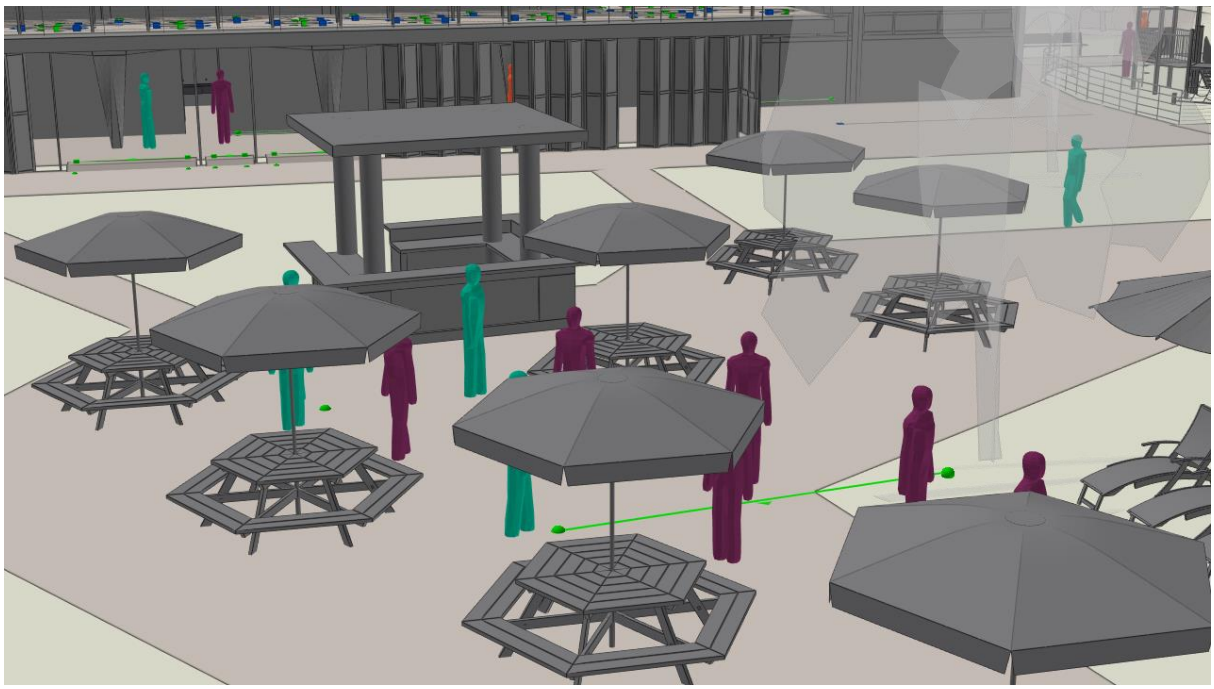


230. Densità di affollamento dopo la progettazione dello spazio giochi, immagine esportata dal software MassMotion, 2018. Si nota come il flusso sia dirottato verso quest'area diminuendo il numero di utenti nei pressi della vasca.

Le ultime due simulazioni sono state finalizzate ad analizzare i due esercizi di ristorazione, ovvero il bar ed il ristorante, nel momento di massima affluenza. Per fare ciò è stato massimizzato l'ingresso dei clienti, andando a dirottare il flusso in primo luogo verso il bar e successivamente verso il ristorante. Questo ci ha permesso di evidenziare come entrambi gli esercizi fossero incapaci di accogliere la totalità della clientela. Durante i nostri sopralluoghi è stato notato come la ridotta capacità di accoglienza induceva i clienti stessi a comprare il pranzo direttamente da casa e consumarlo seduti sul prato o addirittura usufruendo dei tavoli messi a disposizione dal bar. Per far fronte a queste esigenze, la nostra proposta progettuale prevede due interventi. In primo luogo, è stata predisposta la realizzazione di un'area di ristoro temporanea in corrispondenza della piazza pavimentata del complesso: in questo modo il flusso di persone che è alla ricerca di un pranzo veloce può usufruire del servizio messo a diposizione dal chiosco-bar e consumarlo utilizzando i tavolini posizionati nelle immediate vicinanze. Questa piccola modifica non solo porterebbe all'aumento degli incassi dell'intero complesso ma soprattutto aiuterebbe a diminuire il flusso di clienti che usualmente si recano al bar o al ristorante. La temporaneità di questa struttura garantisce la possibilità di un rapido smontaggio e rimontaggio nei giorni di pioggia e nei mesi di minor frequentazione. Il secondo intervento riguarda invece l'allestimento di una nuova area pic-nic: sfruttando anche in questo caso la pavimentazione esistente è stata realizzata un'area attrezzata con tavoli fissi per poter consumare il pranzo portato da casa seduti comodamente. Grazie a questo ulteriore intervento l'area diminuirebbe ulteriormente la sensazione di caos e di disagio avvertita durante i nostri sopralluoghi migliorando senz'altro la vivibilità dell'area.



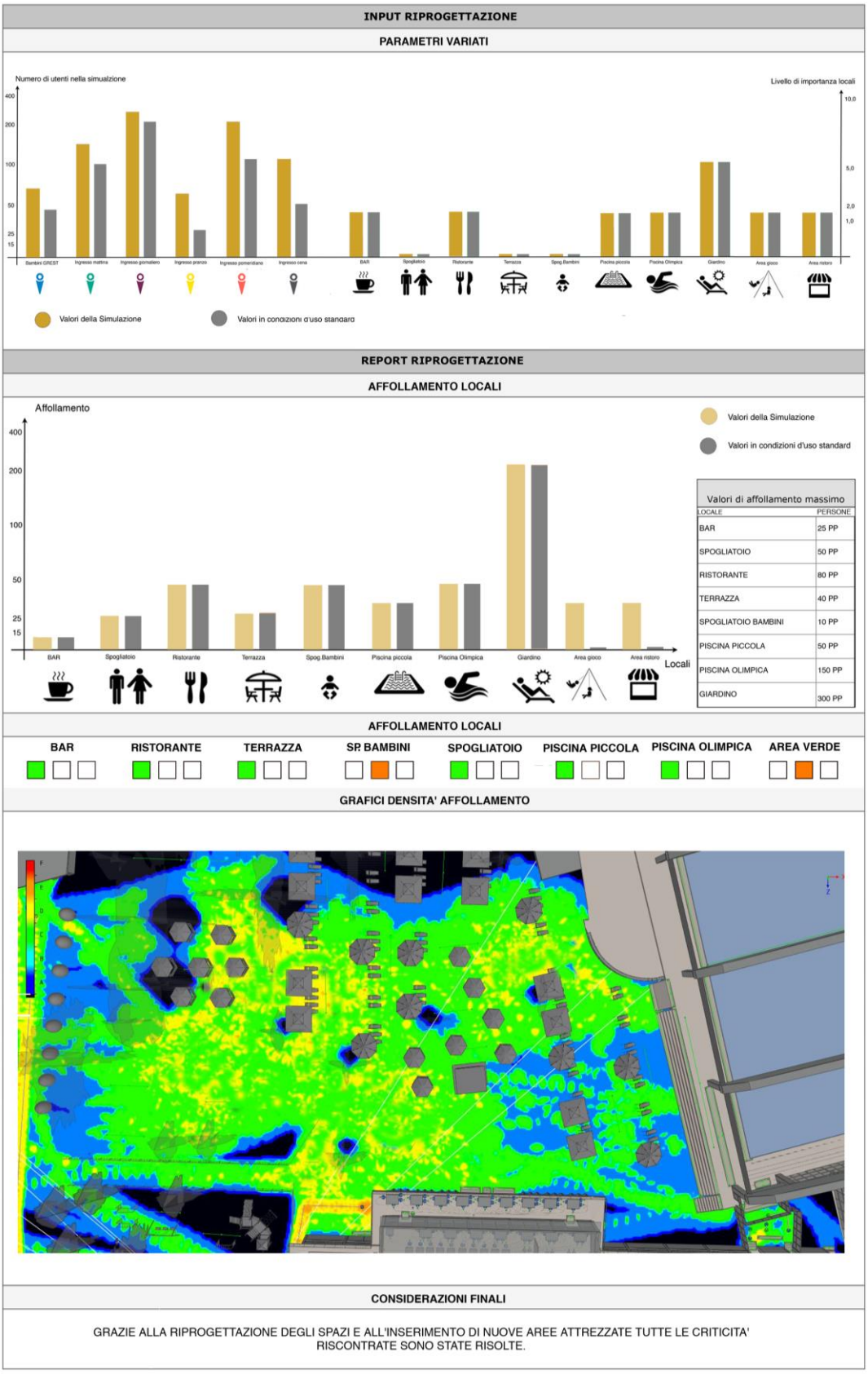
231. Vista della nuova area attrezzata ubicata in prossimità della piscina di riscaldamento, immagine esportata dal software MassMotion,2018.



232. L'immagine ritrae il chiosco di ristorazione temporanea posizionato nei pressi del bar, immagine esportata dal software MassMotion, 2018. Con in piccolo esborso economico si nota come la situazione possa migliorare incredibilemente aumentando gli incassi del complesso stesso.

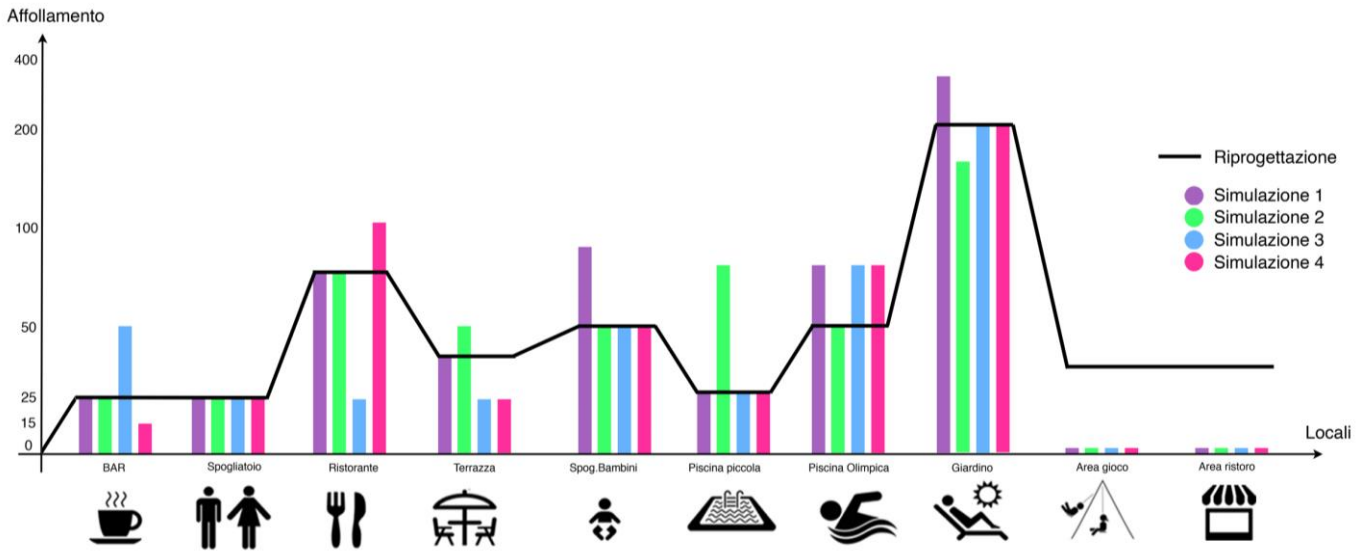
233. Vista dell'area attrezza pic-nic posta in corrispondenza dell'area pavimentata, immagine esportata dal software MassMotion, 2018. Questo intervento contrisce a dare un'immagine ordinata dello spazio e aumenta la capacità ricettiva dell'intero complesso.

9.10 – Scenario 1- Input dati e scheda report dopo la riprogettazione



234. Scheda riassunta dei dati di *input* e di *output* della riprogettazione, in rosso sono indicati gli ambienti sovraffollati, in arancione quelli mediamente ed in verde adeguatamente affollati, tabella, 2018.

9.11 – Scenario 1- Commento



235. Il grafico riporta il valore di affollamento riscontrato nei diversi locali nelle quattro simulazioni e lo stesso valore calcolato dopo la riprogettazione, grafico, 2018.

La simulazione dello scenario estivo ci ha portato ad evidenziare le importanti criticità legate al cattivo utilizzo degli spazi del complesso Bellariva ed a sottolineare le difficoltà collegate alla gestione del flusso soprattutto nelle giornate di massima affluenza. I problemi emersi sono stati attentamente analizzati e attraverso una progettazione consapevole risolti e validati, attraverso una nuova simulazione con dati di input aggiornati. Le nostre proposte progettuali ci hanno permesso senz'altro di eliminare totalmente alcune problematiche e mitigarne altre. Ad esempio, attraverso l'analisi del report della riprogettazione possiamo notare come per il bar, il ristorante, la terrazza, lo spogliatoio e la piscina olimpionica, l'affollamento calcolato dopo la riprogettazione sia notevolmente più basso rispetto a quello riscontrato nella fase di analisi, mentre per lo spogliatoio dei ragazzi e per l'area verde si osserva come nonostante l'affollamento sia diminuito, esso risulti comunque abbastanza elevato. E' inevitabile considerare come la problematica relativa all'eccessiva densità di affollamento nell'area verde e nello spogliatoio dei bambini, si verifichi esclusivamente per un numero di giorni molto limitato e questo non giustifica un intervento economicamente più importante: per il parco, una riprogettazione della pavimentazione esterna abbasserebbe ulteriormente la densità di affollamento, mentre per lo spogliatoio una ristrutturazione dei locali permetterebbe una capacità di accoglienza decisamente maggiore. Gli interventi proposti sono mirati verso la risoluzione delle criticità massimizzando i benefici e al contempo mantenendo ridotto l'esborso economico previsto, data la ristretta disponibilità finanziaria del gestore.

10 – Il secondo scenario simulato: manifestazione sportiva

10.1- Descrizione dello scenario

236. La squadra Rarinantes Florentia femminile, fotografia, sito internet rarinantesflorentia.it, 2018.

Il secondo scenario di simulazione da noi scelto è stato quello della manifestazione sportiva: all'interno del complesso Bellariva è presente una piscina olimpionica che usualmente ospita degli eventi sportivi di pallanuoto di una certa rilevanza. È evidente come in questo scenario d'uso le esigenze degli utenti e gli ambienti frequentati siano completamente diversi rispetto al caso estivo. Queste manifestazioni, arrivano persino ad ospitare più di ottocento persone, che a differenza dell'estate, stazionano stabilmente all'interno di un unico ambiente ed usufruiscono dei servizi contemporaneamente. Come sarà illustrato successivamente all'interno del capitolo sui profili utente, lo spettatore si reca nei pressi della piscina circa una mezz'ora prima dell'evento e si trattiene per una durata di circa due ore. Nonostante il numero di utenti non differisca enormemente dallo scenario estivo, infatti anche il quel caso entravano nella simulazione circa settecento persone, si nota come in questa circostanza la quasi totalità dei vettori entri contemporaneamente, creando in certi casi delle problematiche di gestione del flusso. Oltre agli spettatori che partecipano generalmente numerosi alle manifestazioni, il gruppo degli atleti e dello staff al seguito segue un percorso completamente diverso: sarà necessario infatti predisporre l'uso esclusivo degli ambienti spogliatoio e della piscina di

237. La fotografia ritrae gli istanti precedenti alla manifestazione sportiva, si nota come gli spalti siano completamente pieni arrivando ad ospitare fino a settecento persone, fotografia, 2018.

riscaldamento per ultimare le operazioni di preparazione della gara da parte degli stessi atleti. È importante evidenziare come i pallanuotisti possano usufruire anche degli ambienti sottostanti la gradinata, nei quali sono situate delle stanze dedicate alla preparazione della gara, dove palestre attrezzate aiutano il riscaldamento. Anche l'accesso al complesso avviene in maniera completamente diversa: gli atleti accedono all'area dall'entrata principale qualche ora prima dell'evento; gli spettatori, invece, entrano una mezz'ora prima dell'inizio dell'evento dal secondo ingresso posto sui Lungarni, dal quale dopo aver comprato il biglietto potranno entrare nel palazzetto attraverso le scale poste sul retro. Ciò che non cambia rispetto allo scenario precedentemente descritto è l'utilizzo de parte degli utenti del bar: in questo caso però gli spettatori si recheranno nei pressi dell'area solamente o all'inizio o alla fine dell'evento, provocando non pochi disagi.

La grande differenza di utilizzo degli ambienti di scena e l'enorme diversità delle azioni compiute dagli utenti rispetto allo scenario estivo, ci ha evidenziato la necessità di valutare la risposta della struttura durante questo scenario estremamente difficoltoso. È stato molto interessante analizzare il problema della difficile gestione del flusso sia nel momento dell'accesso, sia in quello dell'esodo, essendo il numero di spettatori usualmente presenti a queste manifestazioni così importante.

10.2- Individuazione profili, ambienti ed orari d'uso. Schema riassuntivo simulazione.

Durante le manifestazioni sportive sono molte le persone che accedono al complesso per assistere agli eventi, si passa dai duecento spettatori per le partite minori fino a ottocento per gli eventi di pallanuoto di serie A1: la Rari Nantes Florentia, che gioca le partite in casa presso la piscina Nannini di Bellariva, milita nella serie principe della pallanuoto. Gli utenti che usufruiscono dei servizi presenti a Bellariva sono diversi non solo per le attività che svolgono al loro interno, ma soprattutto per l'orario di ingresso ed uscita dal complesso.
Questa estrema variabilità nel panorama degli utenti della piscina, ci ha portato ad individuare tre diversi profili utente che elenchiamo di seguito.

Profilo utente: Spettatori Orario ingresso\uscita utente: 19\20÷22\23
Descrizione profilo: Gli spettatori accedono al complesso circa un'ora prima dell'evento accedendo dall'entrata secondaria posta sui Lungarni, si dirigono nei pressi della biglietteria e dopo essersi messi in coda, in possesso di un ticket per assistere all'evento, si dirigono verso le scale elicoidali situate sul retro della piscina Nannini. Una volta entrati all'interno della struttura si siedono sulle gradinate che corrono lungo tutta la lunghezza della piscina ed attendono l'inizio della partita. Alla conclusione della stessa una parte si indirizzerà verso l'uscita (utilizzando il medesimo accesso dell'ingresso) altri invece si dirigeranno vero il locale bar, dove dopo una breve sosta, potranno allontanarsi dal complesso utilizzando l'entrata principale.

Profilo utente: Atleti A Orario ingresso\uscita utente: 18\22÷22:30
Descrizione profilo: Gli atleti del profilo utente A sono gli sportivi della Rari Nantes che giocano in casa, arrivano per primi alla struttura entrando dall'entrata principale, si dirigono verso il locale spogliatoi e dopo una doccia iniziano il riscaldamento presso la piscina media posta nelle vicinanze della vasca olimpionica. Dopo aver completato l'allenamento aspettano l'inizio della manifestazione accedendo direttamente alla vasca di gara. Finita la partita si dirigono direttamente negli spogliatoi ed infine escono dal complesso dall'entrata principale.

Profilo utente: Atleti B Orario ingresso\uscita utente: 18:30\22÷22:30
Descrizione profilo: Atleti delle squadre ospiti; entrano nella simulazione circa 30 minuti più tardi e seguono esattamente l'ordine delle azioni descritto per gli Atleti A.

Come introdotto precedentemente i locali nei quali si sviluppa la simulazione sono numerosi e dislocati su tutta la superficie del complesso. Al loro interno gli utenti svolgono attività differenti e sostano per tempi diversi rispetto alla precedente simulazione: ad esempio la piscina olimpionica che nello scenario estivo veniva utilizzata per svolgere le attività di balneazione, in questo caso è teatro di molti eventi sportivi importanti.
I locali del complesso, teatro della simulazione per lo scenario di evento sportivo, sono:

Locale: Bar Orario apertura\chiusura: 19\23
Attività svolta: Questo locale è situato al piano terra della palazzina in ca realizzato da P.L.Nervi. Gli utenti sostano in prossimità del bar per un tempo che varia dai 3 ai 20 minuti. Rispetto allo scenario estivo, i clienti del bar si riversano in questo ambiente contemporaneamente o prima dell'inizio o dopo la fine della partita. Questo ambiente è frequentato da tutti i profili utente precedentemente indicati.

Locale: Spogliatoi Atleti A e Atleti B Orario apertura\chiusura: 19\23
Attività svolta: Anche questo locale è situato al piano terra della palazzina ed è adiacente al locale bar precedentemente descritto. Gli atleti arrivati all'interno dello spogliatoio si dirigono verso una panca libera per poter indossare il costume (impiegando un tempo che va dai 3 ai 5 minuti), dopo di che si dirigono verso il locale docce per poi uscire dallo spogliatoio. Una volta terminata la partita, gli individui ripercorrano l'iter sopra descritto al contrario per poi dirigersi verso l'uscita. La squadra A utilizza lo spogliatoio delle donne, la squadra B quello degli uomini

Locale: Piscina olimpionica Orario apertura\chiusura: 19\23
Attività svolta: La piscina olimpionica è utilizzata dagli atleti come teatro della manifestazione sportiva. La durata media di una partita di pallanuoto è di circa un'ora.

Area: Spalti Orario apertura\chiusura: 18\23
Attività svolta: Gli spalti della piscina comunale Nannini all'interno del complesso Bellariva sono costituiti da gradinate in calcestruzzo che corrono lungo tutta la lunghezza della vasca. Gli spettatori si siedono in corrispondenza delle stesse e stazionano per un tempo di circa due ore per assistere all'evento. Dopo la conclusione della partita le gradinate si svuotano immediatamente.

Locale: Piscina di riscaldamento Orario apertura\chiusura: 18\21

Attività svolta: La piscina è adiacente alla vasca olimpionica. In questo locale sia gli atleti A che gli atleti B si riscaldano prima dell'inizio della partita. La permanenza all'interno della vasca è di circa 45 minuti.

Locale: Biglietteria Orario apertura\chiusura: 18\21

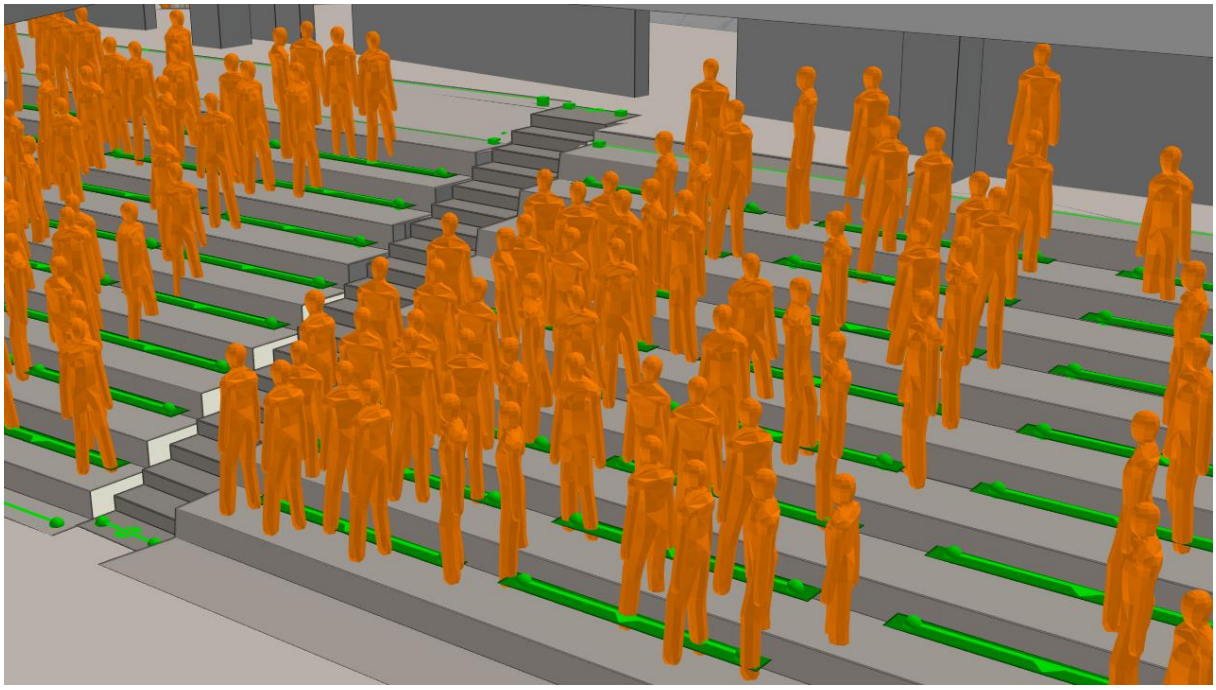
Attività svolta: La biglietteria è situata in corrispondenza dell'ingresso secondario con accesso dai Lungarni. Generalmente i biglietti vengono venduti da tre addetti della piscina fino ad un'ora e mezzo prima dall'inizio della partita. La permanenza all'interno del locale è estremamente variabile.

SCHEMA RIASSUNTIVO SIMULAZIONE

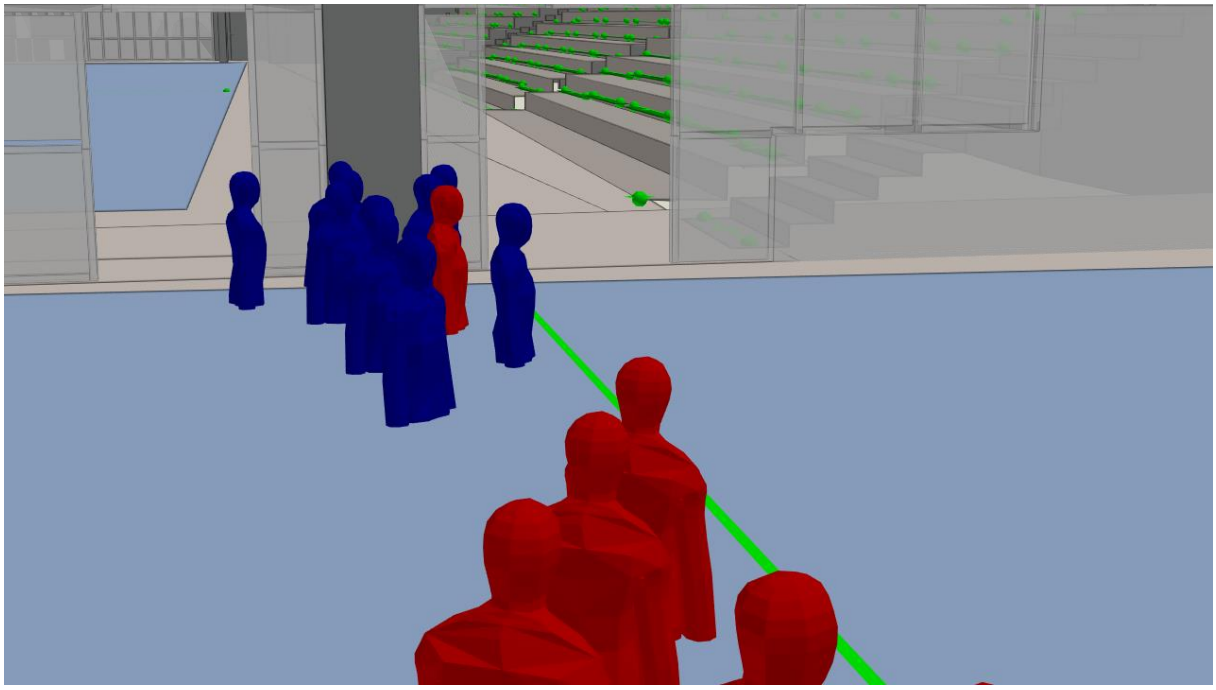
238. Rappresentazione tramite diagramma a blocchi dei luoghi frequentati dagli utenti nella simulazione dello scenario riprodotto, diagramma, 2018.

10.3 – Descrizione tecnica della simulazione e settaggio parametri fissi e mobili

Per poter utilizzare il programma di gestione delle folle MassMotion siamo partiti dall'importazione di un diverso modello BIM (convertito in formato IFC) nel quale, a differenza del precedente, la piscina era coperta e nel bar le porte a soffietto erano chiuse. Dopo aver trasformato gli elementi geometrici in oggetti di scena ed inserito gli applicativi necessari per garantire una simulazione quanto più vicina alla realtà, siamo passati alla progettazione dello scenario. In primo luogo, sono stati impostato i processi decisionali nei portali e nei server, in modo da indirizzare il flusso verso la palazzina (atleti) o verso la biglietteria (spettatori). Una volta collocati tutti gli elementi si sono realizzati tre profili utente: atleti A, atleti B e spettatori, differenziandoli per colore. Dopo aver completato questa fase, ad alcuni oggetti di scena sono state assegnate delle azioni da far svolgere ai singoli profili utente: ad esempio al *PORTALS* "biglietteria" sono stati affidati i seguenti compiti: assegnare un *TOKENS* al 20% del flusso (in modo che dopo la fine della partita una parte degli spettatori si dirigesse verso il locale bar) ed indirizzare ogni profilo utente verso l'ingresso alla piscina olimpionica. La difficoltà maggiore nella progettazione di questo scenario è stata la realizzazione degli spalti. Il programma non permette la sosta da parte dei vettori in corrispondenza di oggetti che non siano i *FLOORS*. In questo caso però i gradoni del palazzetto fungevano sia da scala sia da seduta, una eventualità non contemplata da MassMotion. Per poter simulare questa possibilità sono stati inseriti sotto ad ogni gradino della scala un elemento *FLOORS* (pavimento) che ne seguisse perfettamente l'andamento geometrico, operazione che ci ha permesso di inserire un *PORTALS* (portale) in corrispondenza del gradino. Anche in questo caso, dopo aver impostato le azioni per i *PORTALS*, *LINKS*, *SERVERS* e *STAIRS* si è passati all'inserimento dei *JOURNEYS*. Come precedentemente descritto, nessun utente può entrare nella simulazione senza essere stato creato con un *JOURNEY* e dunque anche per questo scenario ne è stato creato uno per ogni profilo utente: gli atleti entrano tutti contemporaneamente accedendo dall'ingresso principale mentre gli spettatori entrano gradualmente nel tempo attraverso l'entrata secondaria sui Lungarni. Per l'esodo è stato settato il programma affinché il vettore scegliesse la via più breve e meno affollata per allontanarsi dal complesso. Una volta conclusa questa fase, si è passati alla convalida della simulazione con il comando "*valid*" che ricontrolla tutti gli oggetti di scena e gli ordini impartiti ai profili utente e nel caso in cui non ravvisi nessun tipo errore dà la possibilità al progettista di lanciare la simulazione, con la certezza che possa essere ottenuto un risultato certo senza la nascita di errori di progettazione.



239. Vista degli spalti durante la riproduzione di un evento sportivo, immagine esportata dal software MassMotion, 2018. Si nota come gli spettatori della manifestazione siano posizionati in corrispondenza dei portali che sono stati posizionati sopra le gradinate. Gli utenti accedono al locale dalle entrate posteriori e stazionano per circa due ore seduti sugli spalti.



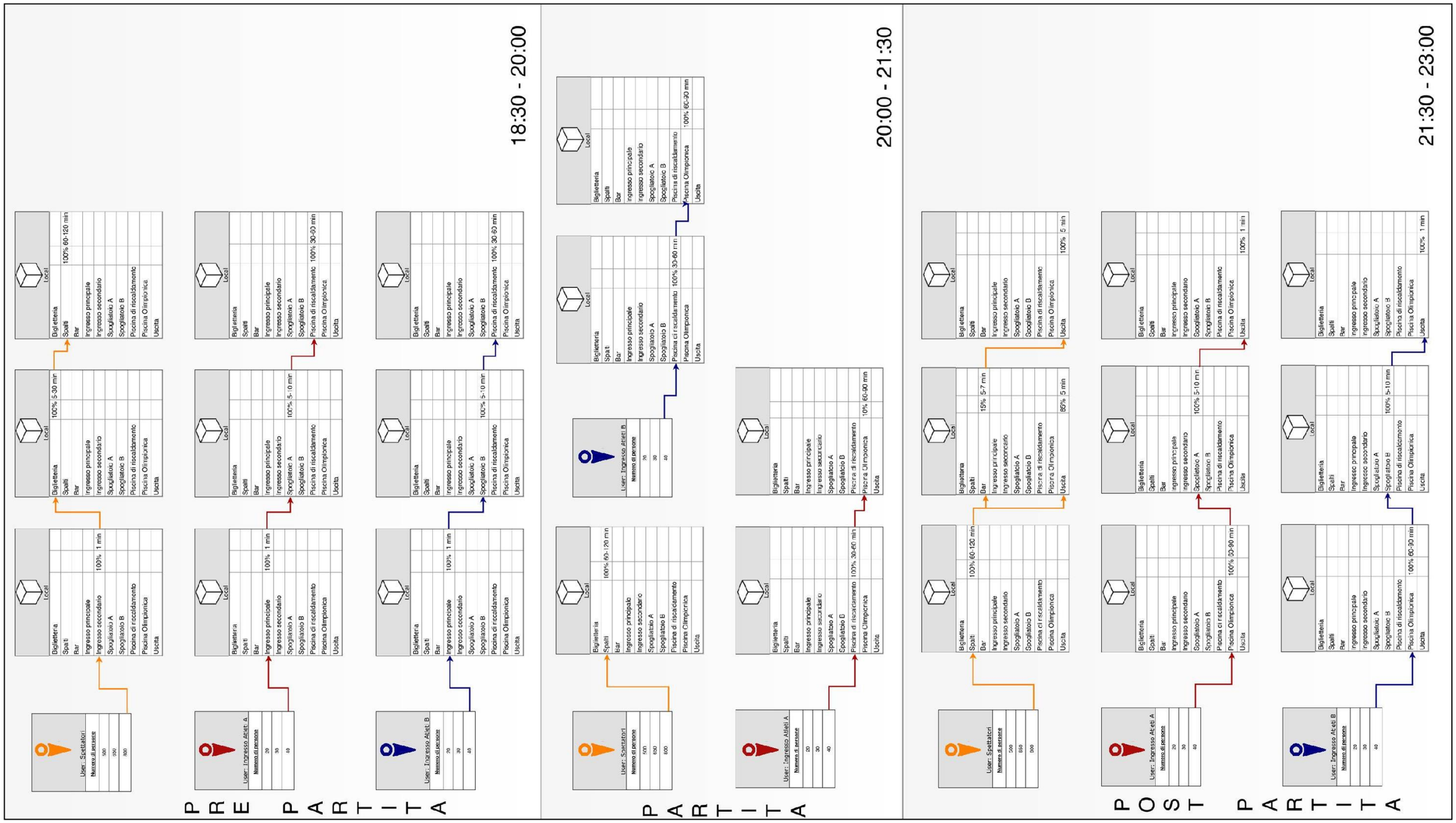
240. Veduta della piscina di riscaldamento, immagine esportata dal software MassMotion, 2018. L'immagine cattura il momento in cui gli spettatori non sono ancora entrati nel complesso, mentre gli atleti della squadra A e B si allenano nella vasca media in attesa di entrare nella piscina olimpionica per iniziare la partita. Come possiamo notare c'è un collegamento diretto tra la piscina olimpionica e la vasca di riscaldamento.

Come per lo scenario estivo, anche in questa simulazione è stato necessario inserire un numero rilevante di dati per ottenere un risultato quanto più vicino alla realtà. Anche in questa circostanza alcune informazioni erano certe, come ad esempio l'orario di apertura e chiusura del complesso, altre invece incerte, come ad esempio il numero di spettatori che entrano nella simulazione o la percentuale di persone che decide di fermarsi al bar dopo la fine della partita. È indubbio come anche in questo caso siano molte le incertezze legate ad ogni simulazione e per questo ne sono state impostate molteplici: come per il caso estivo sono stati tenuti fissi i parametri da noi ritenuti certi, e fatti variare quelli sui quali avevamo raccolto solo dati statistici dubbi.

I parametri che normalmente sono stati dichiarati come fissi sono i medesimi del caso estivo: i locali utilizzati dai vettori, la successione di azioni svolte dall'utente e gli orari di apertura e chiusura dei locali. Per questo scenario, rispetto al precedente, non è stato difficile individuare la sequenza di azioni svolte da ogni singolo utente, mentre è stato assai difficoltoso riuscire a determinare la quantità esatta di persone che accedono al complesso durante la manifestazione sportiva. Questo è stato uno dei pochi parametri che sono stati variati, insieme alla percentuale di persone che decidono di usufruire del bar. Nonostante avessimo ricavato numerosi dati statistici sull'affluenza delle persone agli eventi, ci siamo resi conto di quanto questo dato fosse estremamente variabile e dipendesse dall'importanza dell'evento sportivo stesso. La medesima variabilità riguarda purtroppo anche il tempo di sosta all'interno della biglietteria; a seconda dell'importanza dell'evento agonistico gli addetti presenti sono numericamente diversi.

Anche per lo scenario della manifestazione sportiva sono stati realizzati numerosi slot di simulazioni, cercando anche in questo caso di estrapolare dei dati oggettivi partendo dai quali individuare le più importanti criticità e risolverle attraverso delle proposte di intervento. In particolar modo per lo scenario manifestazione sportiva sono state svolte ben 15 simulazioni. Riporteremo di seguito solamente quelle che ci hanno portato ad evidenziare delle criticità importanti.

10.4 – Simulazione 1 – Schema riassuntivo simulazione

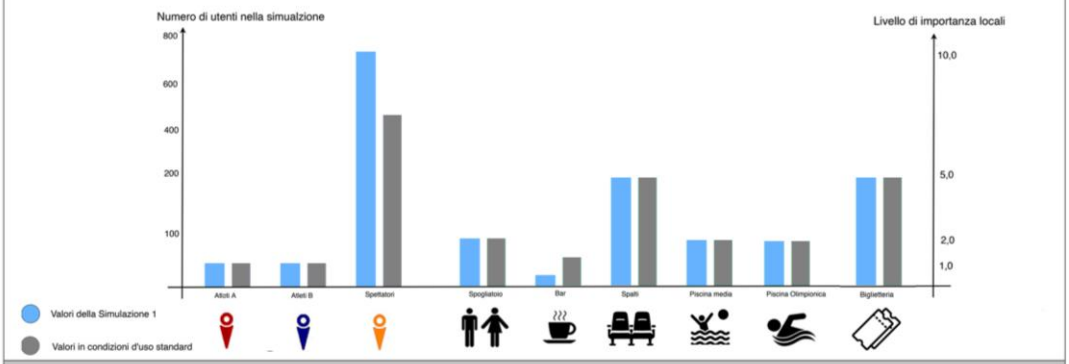


241. Rappresentazione schematica della simulazione 1 dello scenario evento sportivo, diagramma, 2018.

10.4.1 – Simulazione 1 – Input dati e scheda report

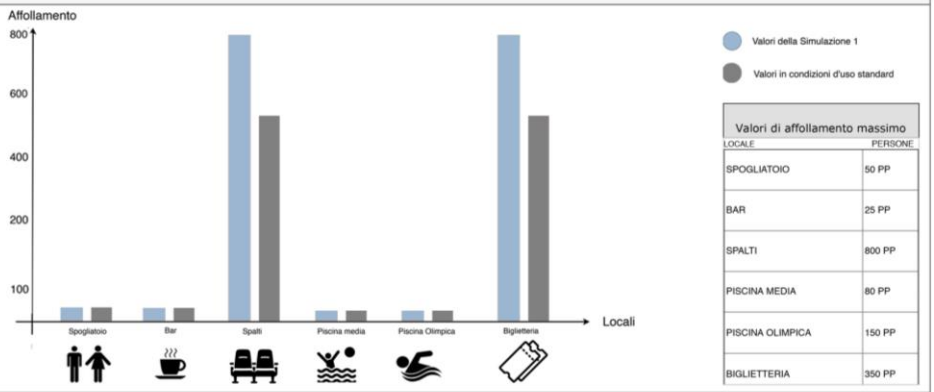
INPUT SIMULAZIONE 1

PARAMETRI VARIATI



REPORT SIMULAZIONE 1

AFFOLLAMENTO LOCALI



Valori di affollamento massimo

LOCALE	PERSONE
SPOGLIATOIO	50 PP
BAR	25 PP
SPALTI	800 PP
PISCINA MEDIA	80 PP
PISCINA OLIMPICA	150 PP
BIGLIETTERIA	350 PP

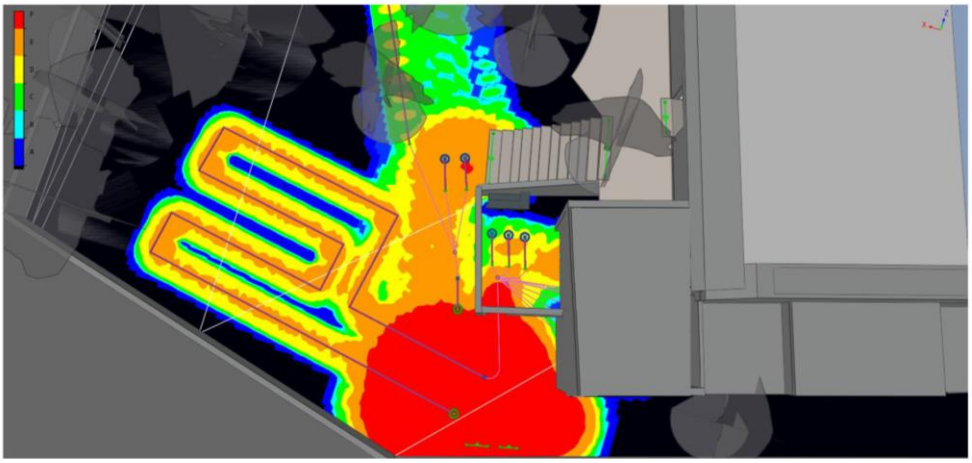
AFFOLLAMENTO LOCALI

BAR	SPALTI	PISCINA MEDIA	BIGLIETTERIA	SPOGLIATOIO	PISCINA OLIMPICA
☐ ■ ☐	☐ ■ ☐	■ ☐ ☐	☐ ☐ ■	■ ☐ ☐	■ ☐ ☐

CRITICITA' RISCONTRATE

BIGLIETTERIA	SI RAGGIUNGE UNA DENSITA' DI AFFOLLAMENTO DI **1,8** PERSONE AL MQ

GRAFICI DENSITA' AFFOLLAMENTO



OBIETTIVI RIPROGETTAZIONE

BIGLIETTERIA	RIPROGETTARE L'AREA INTRODUCENDO NUOVI SPORTELLI AUTOMATICI ED ESPANDENDO LA ZONA BIGLIETTERIA

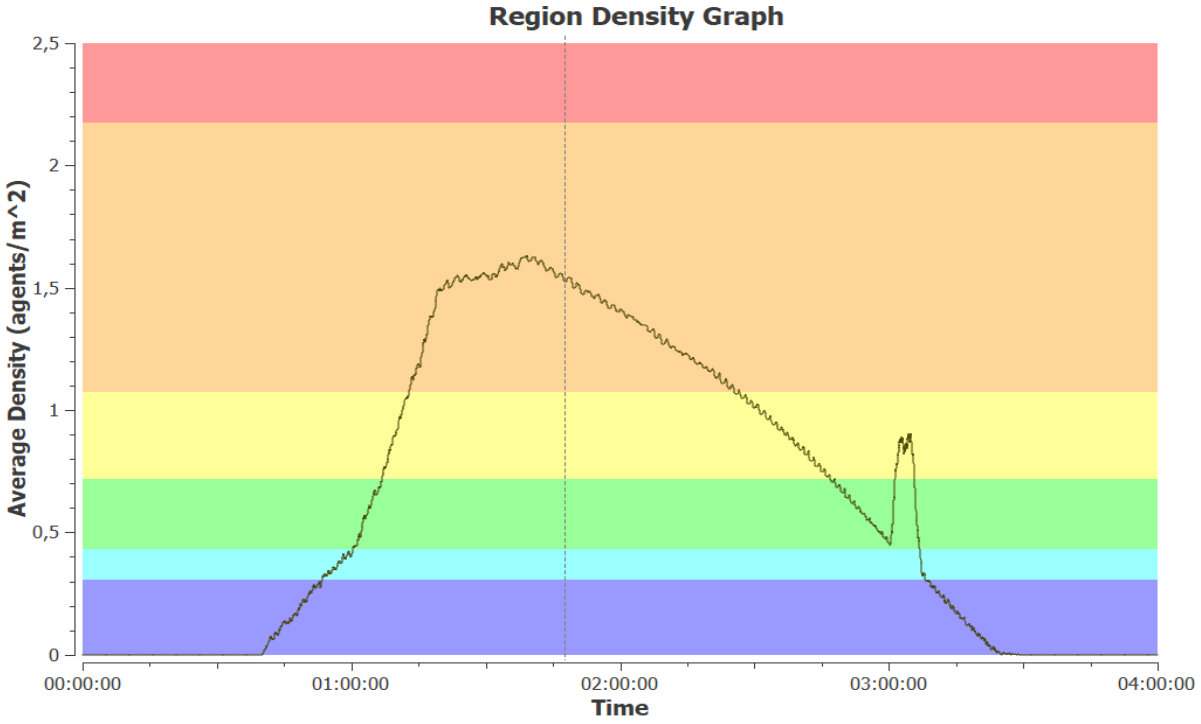
242. Scheda riassunta dei dati di *input* e di *output* della simulazione 1, in rosso sono indicati gli ambienti sovraffollati, in arancione quelli mediamente ed in verde adeguatamente affollati, tabella, 2018.

10.4.2 – Simulazione 1 - Analisi dei risultati ed individuazione delle criticità

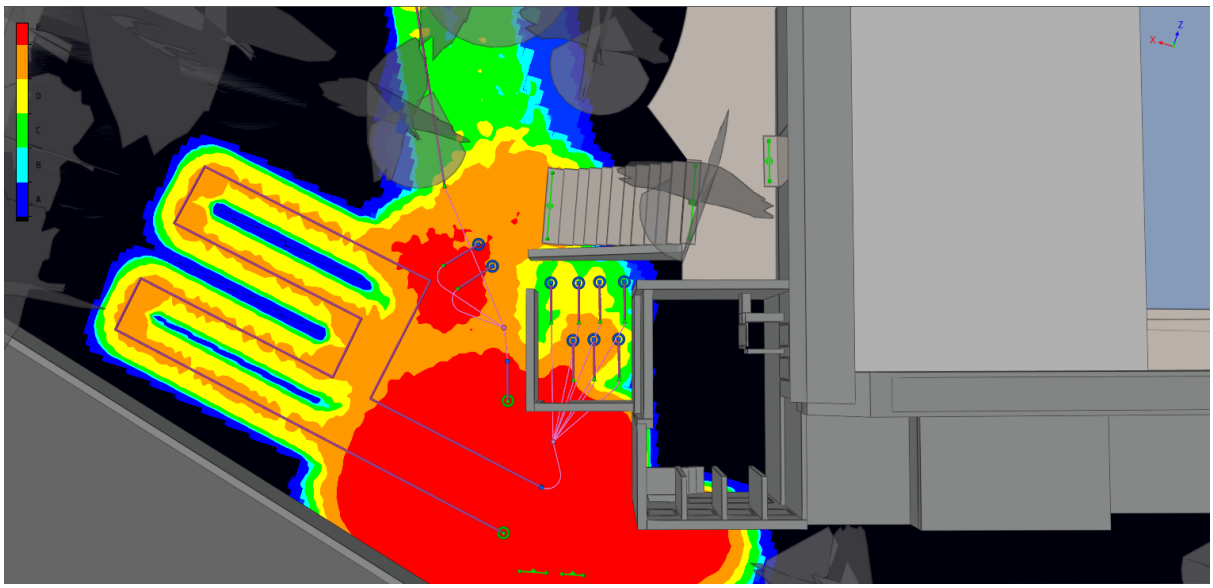
Tra tutte le simulazioni presenti all'interno dello scenario "manifestazione sportiva" è stata selezionata per prima quella che ha portato al raggiungimento del massimo affollamento del complesso ovvero ottocento persone. Durante gli eventi di maggiore importanza, si riversa all'interno del complesso un numero di persone ingente dato che la piscina comunale Nannini ospita le partite in casa della Rari Nantes Florentia che milita nella serie A1 di pallanuoto.

NUMERO DI BIGLIETTERIE INSUFFICIENTE

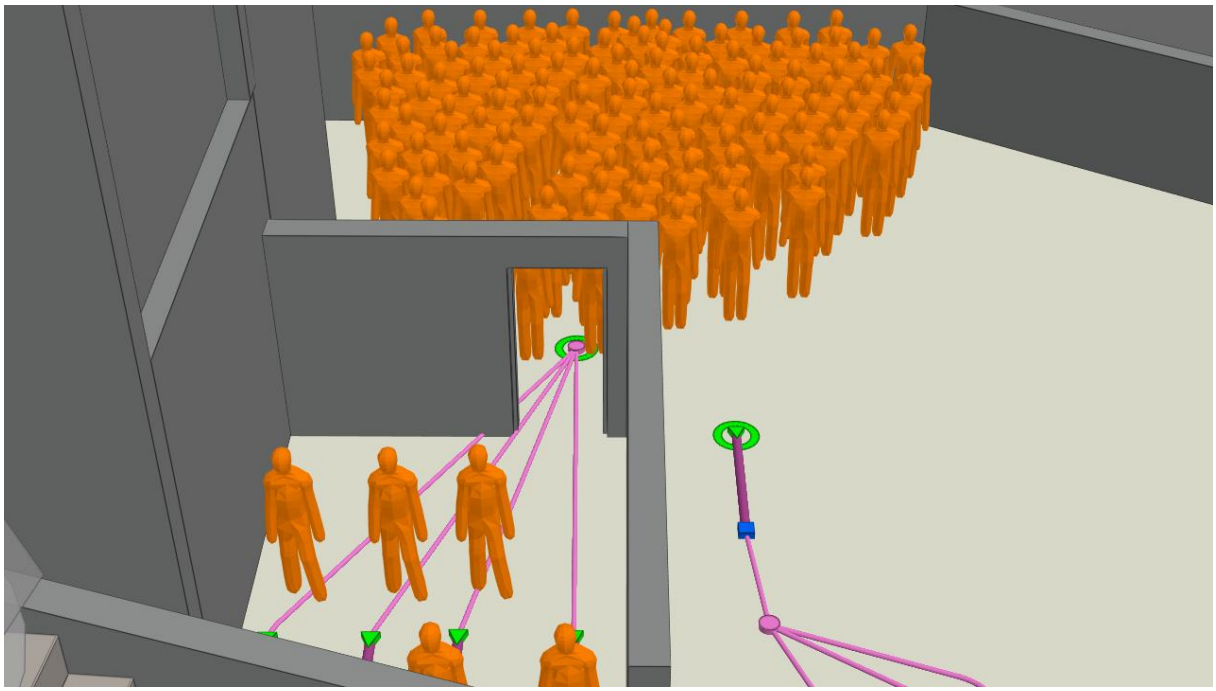
Il complesso Bellariva è dotato di un locale biglietteria posto in prossimità dell'ingresso secondario situato sui Lungarni. Purtroppo, però il numero di addetti presenti e la dimensione del locale stesso non è sufficiente ad accogliere un numero di spettatori superiori a trecento, mentre la capienza massima della palazzina è di ottocento persone. Avendo simulato lo scenario con il numero massimo di utenti, ci è parso assai evidente come la struttura fosse incapace di gestire un flusso così ingente in un tempo utile per permettere a tutti gli spettatori di essere seduti sugli spalti nel momento di inizio della partita. In particolar modo si nota come l'enorme fila che si crea in corrispondenza della biglietteria viene smaltita solamente dopo trenta minuti dall'inizio della gara, causando un disservizio evidente.



243. Grafico rappresentate la densità media di agenti per mq, immagine esportata dal software MassMotion, 2018. L'immagine rappresenta l'andamento degli utenti presenti all'interno della simulazione: verso le ore : 20,30 abbiamo il picco degli ingressi.



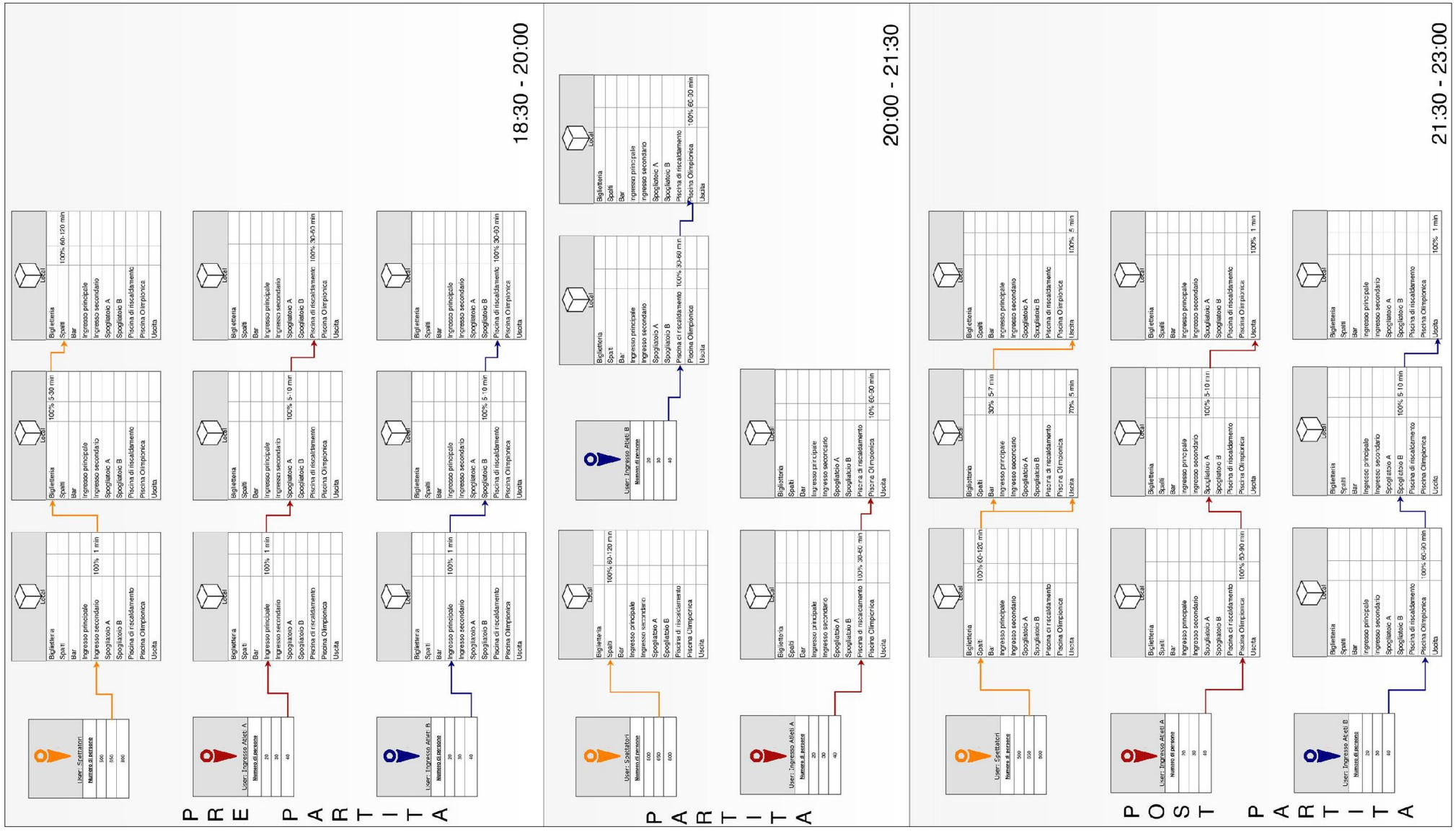
244. Immagine della mappa di densità di utenti, immagine esportata dal software MassMotion, 2018. Dal disegno si evince come l'area in corrispondenza dell'entrata sia densamente affollata data l'enorme affluenza mal gestita.



245. Vista estrapolata dai risultati della simulazione nei pressi della biglietteria, immagine esportata dal software MassMotion, 2018. Si rleva che nel momento dell'inizio dell'evento la coda non è ancora conclusa.

Questa mappa ci conferma la situazione che avevamo monitorato durante in nostri sopralluoghi: gli spettatori durante le manifestazioni più importanti non solo devono aspettare per un lungo periodo ma non hanno lo spazio sufficiente per organizzarsi in una fila ordinata e dunque si accalcano nei pressi della biglietteria evidenziando una grande disorganizzazione ed arrivando persino a raggiungere una densità di affollamento di 1,8 persone al mq.

10.5 – Simulazione 2 – Schema riassuntivo simulazione

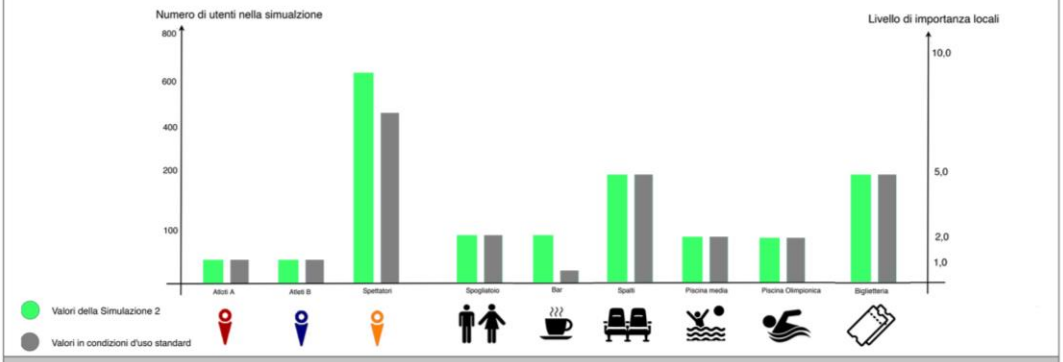


246. Rappresentazione schematica della simulazione 2 dello scenario evento sportivo, diagramma, 2018.

10.5.1 – Simulazione 2 – Input dati e scheda report

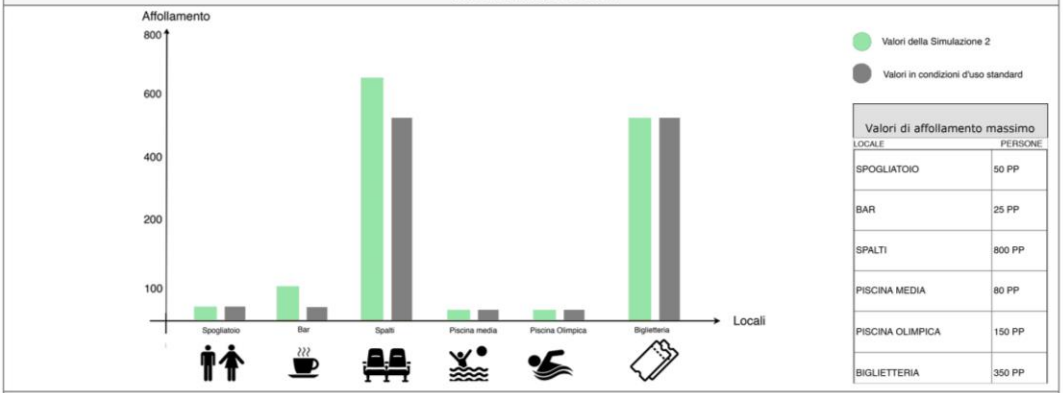
INPUT SIMULAZIONE 2

PARAMETRI VARIATI



REPORT SIMULAZIONE 2

AFFOLLAMENTO LOCALI



Valori di affollamento massimo

LOCALE	PERSONE
SPOGLIATOIO	50 PP
BAR	25 PP
SPALTI	800 PP
PISCINA MEDIA	80 PP
PISCINA OLIMPICA	150 PP
BIGLIETTERIA	350 PP

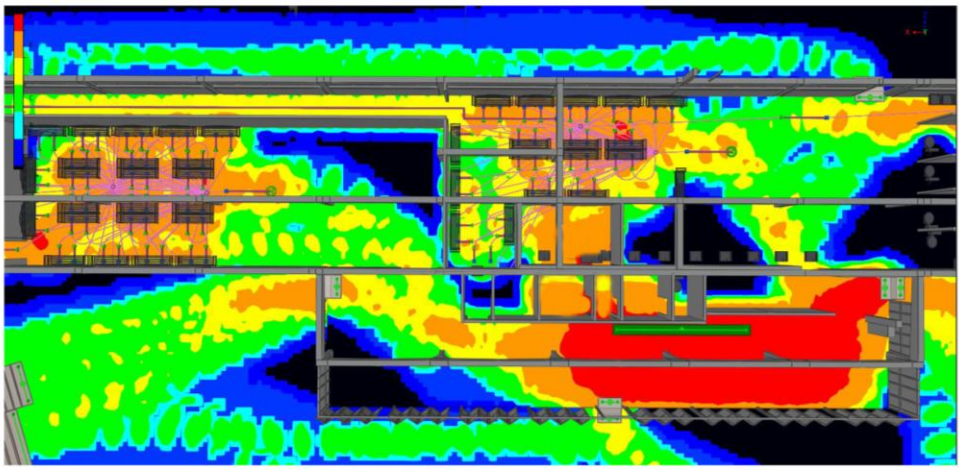
AFFOLLAMENTO LOCALI

BAR	SPALTI	PISCINA MEDIA	BIGLIETTERIA	SPOGLIATOIO	PISCINA OLIMPICA
☐ ☐ ■	■ ☐ ☐	■ ☐ ☐	☐ ☐ ■	■ ☐ ☐	■ ☐ ☐

CRITICITA' RISCONTRATE

BAR	SI RAGGIUNGE UNA DENSITA' DI AFFOLLAMENTO DI **2,5** PERSONE AL MQ

GRAFICI DENSITA' AFFOLLAMENTO



OBIETTIVI RIPROGETTAZIONE

BAR	LE MISURE ADOTTATE PREVEDONO UN INCREMENTO DEL PERSONALE NEI GIORNI DI MASSIMA AFFLUENZA E L'INSTALLAZIONE DI UN CHIOSCO NEI PRESSI DELLA VASCA

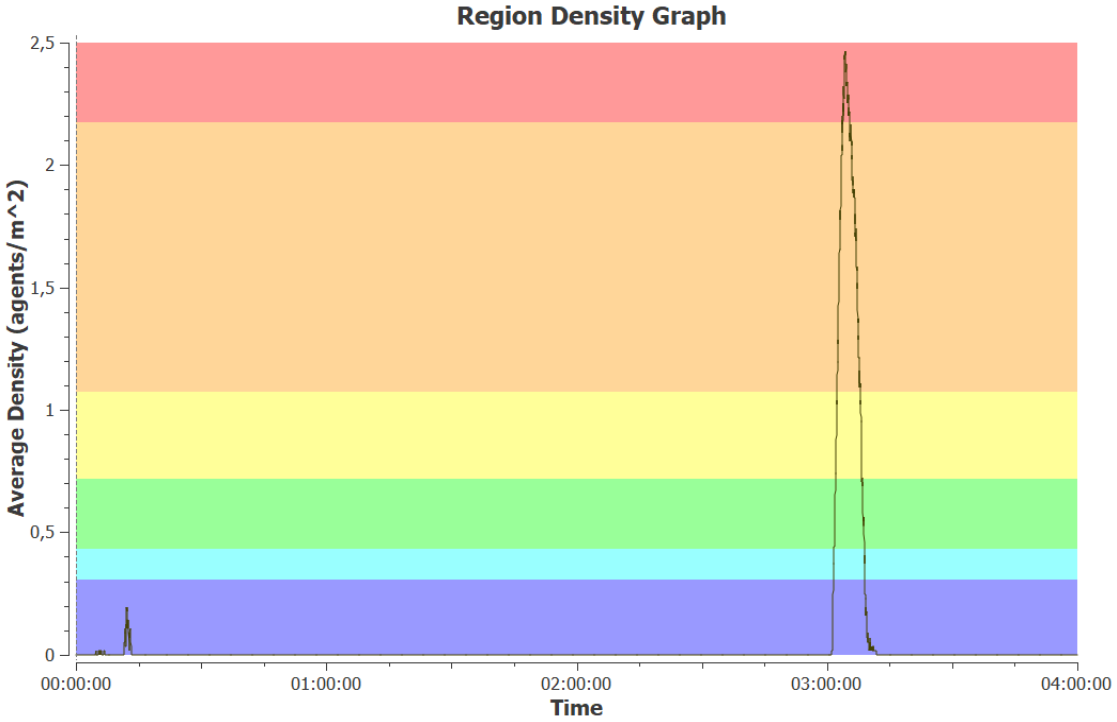
247. Scheda riassunta dei dati di *input* e di *output* della simulazione 2, in rosso sono indicati gli ambienti sovraffollati, in arancione quelli mediamente ed in verde adeguatamente affollati, tabella, 2018.

10.5.2 – Simulazione 2 - Analisi dei risultati ed individuazione delle criticità

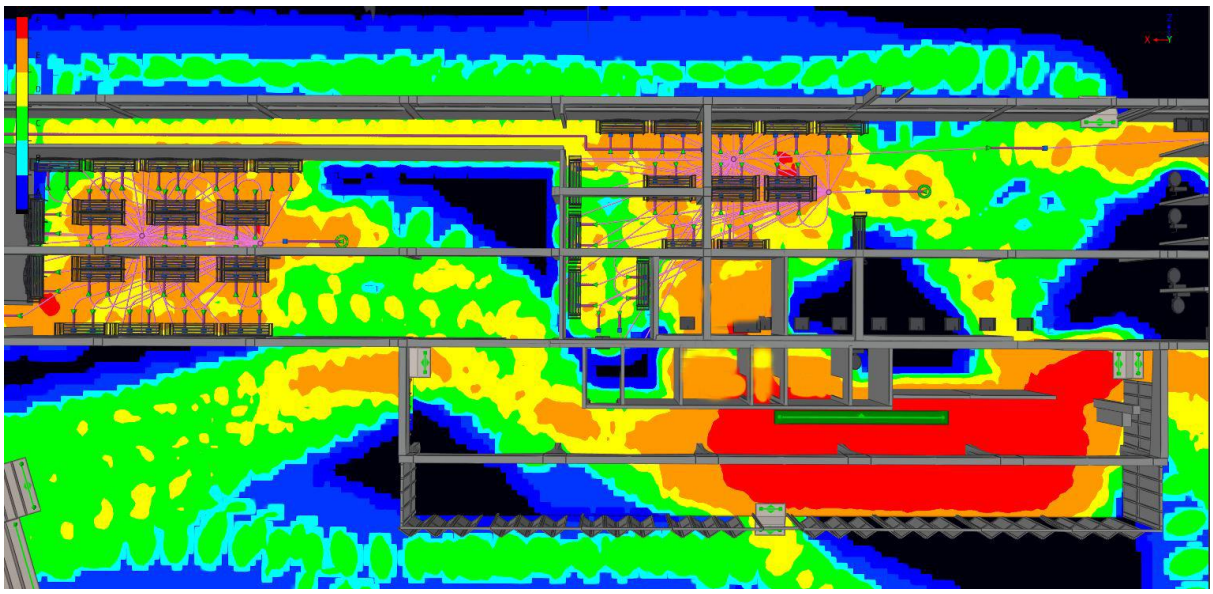
La seconda simulazione analizzata per lo scenario “manifestazione sportiva” è quella che ha evidenziato l’incapacità del bar di gestire il flusso di spettatori nel post partita. Ipotizzando un’affluenza media di seicentocinquanta persone ed incrementando la percentuale di clienti che dopo la fine dell’evento si dirigono verso il locale bar si è subito reso evidente il limite di questo spazio.

RAGGIUNTA CAPACITA’ MASSIMA BAR

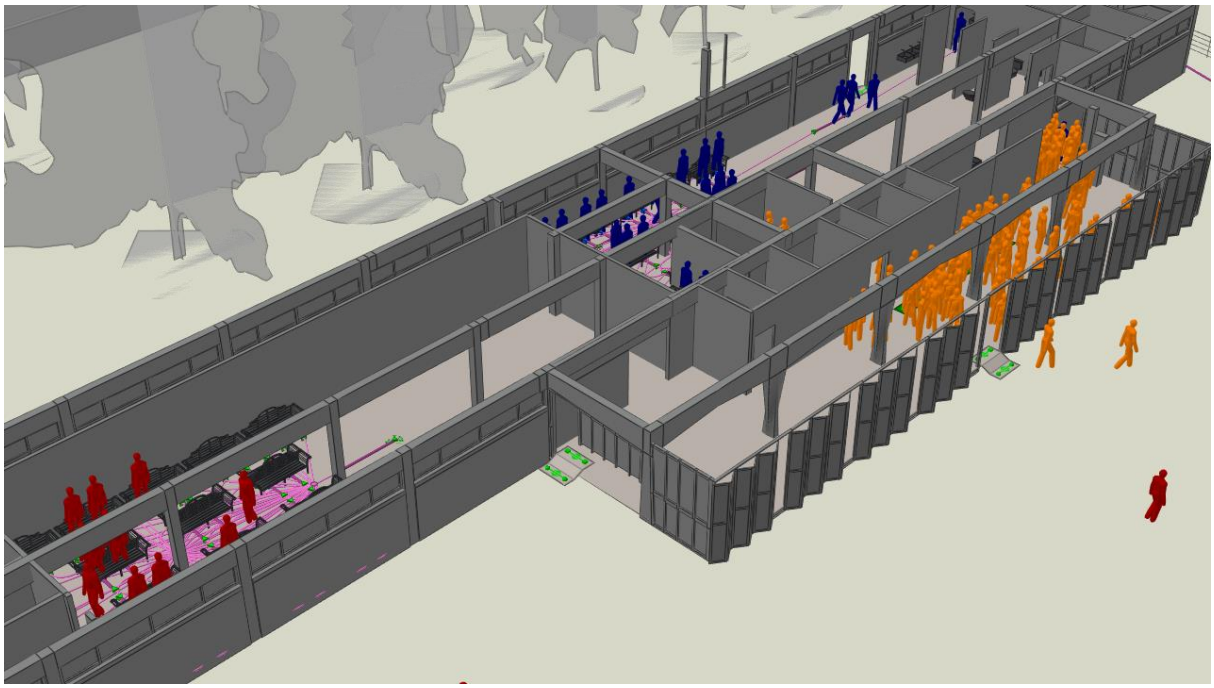
Il complesso Bellariva è dotato di un’ampia zona bar situata al piano terra della palazzina ristorante di P.L. Nervi. Questo ampio spazio utilizzato d’estate e d’inverno dai clienti della piscina, durante le manifestazioni sportive viene invaso da un numero decisamente importante di spettatori. La problematica principale risulta essere il fattore tempo: tutti gli spettatori si precipitano nel medesimo istante nei pressi del bar alla ricerca di un veloce spuntino o di un caffè dopo la conclusione della partita. Questa affluenza, come dimostra il grafico sottostante, è molto bassa nei minuti prima dello spettacolo, praticamente nulla durante lo svolgimento dell’evento e incredibilmente elevata dopo la fine della gara. Il bar, che è dimensionato adeguatamente per il flusso di clienti che riceve usualmente d’inverno, risulta essere insufficiente invece per i più grandi spettacoli sportivi.



248. L’immagine rappresenta l’andamento della densità del flusso di clienti del bar all’interno della simulazione, immagine esportata dal software MassMotion, 2018. Pria della partita il numero di clienti è molto basso mentre dopo la conclusione dell’evento abbiamo il picco di utilizzatori.



249. L'immagine della mappa di densità di affollamento degli utenti evidenzia come su tutta la superficie su cui si estende il bar l'affollamento sia molto elevato, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.



250. L'immagine rivela come l'affluenza nei pressi del bar sia decisamente importante ed ingestibile da parte degli addetti del locale. I clienti sono sparpagliati nei pressi del bancone, alcuni addirittura stanno uscendo dalla simulazione per la troppa coda formatesi, immagine esportata dal software MassMotion, 2018.

La densità di agenti per metro quadrato risulta essere pari a 2,5 nel momento di massimo affollamento, un dato che insieme al tempo medio di attesa, pari a 20 minuti, ci ha evidenziato la necessità di trovare soluzioni alternative per regalare un adeguato servizio ai clienti. Infine, alcuni vettori escono dal locale per il troppo affollamento, diminuendo gli incassi.

10.6 – Proposte di intervento

Grazie ai risultati delle simulazioni che è stato realizzato per lo scenario in esame, si sono formulate delle proposte di intervento atte a risolvere le criticità riscontrate.

RIPROGETTAZIONE E RIORGANIZZAZIONE SERVIZIO BIGLIETTERIA

Come detto precedentemente, la piscina comunale Nannini ospita numerosi eventi di pallanuoto della Florentia Rari Nantes e importanti gare di nuoto. In occasione di queste manifestazioni, l'affluenza media delle persone raggiunge i seicentocinquanta individui, dato estrapolato da indagini statistiche. La massima capienza della tribuna è di circa ottocentocinquanta persone, valore che è stato preso come valore massimo durante la simulazione. L'incapacità di gestire un numero così ingente di spettatori in tempo breve ci ha portato a formulare alcune proposte di intervento: in primo luogo consigliamo di favorire l'acquisto di biglietti direttamente dal web, diminuendo sensibilmente il numero di persone che arrivano al complesso sprovviste di biglietti. In secondo luogo, consigliamo di intervenire aumentando il personale presente (almeno durante gli eventi più importanti) o acquistando delle biglietterie elettroniche self-service, per velocizzare la pratica della vendita di biglietti. Infine, come intervento a costo più elevato consigliamo l'ampliamento della biglietteria ai locali limitrofi, dove attualmente è situata una centrale termica inutilizzata.

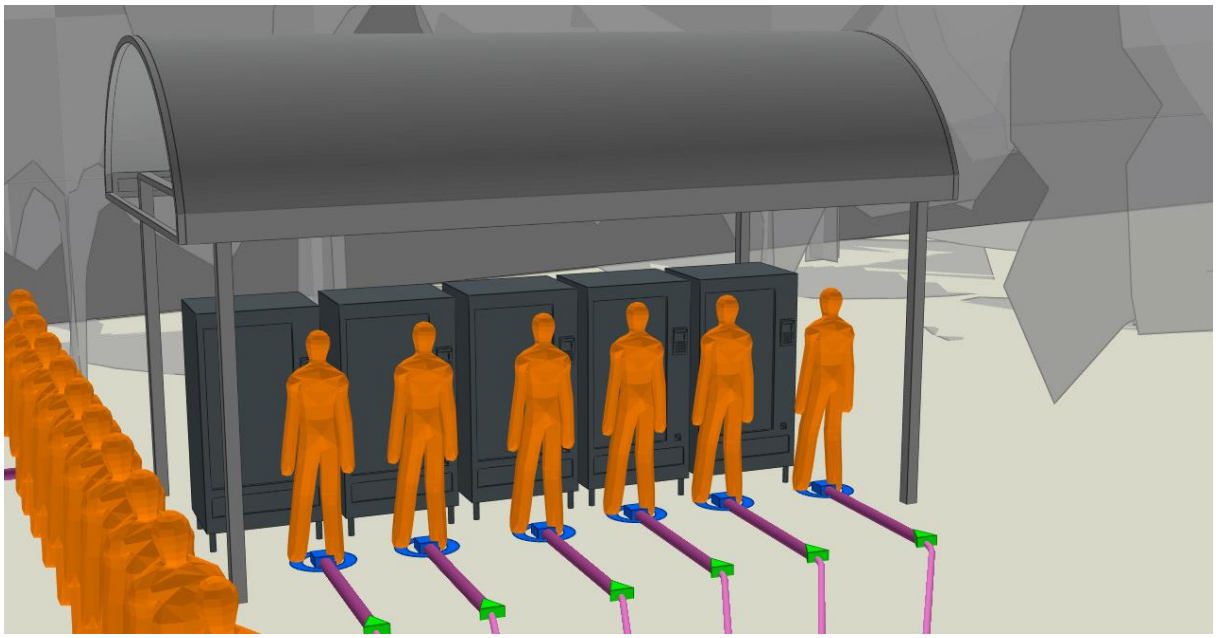
251. Immagine degli spalti gremiti in attesa dell'evento, fotografia, sito internet florentianuotoclub.it, 2018. Notiamo dalla foto come anche in occasione di una gara di nuoto dilettanti il numero di spettatori presenti sugli spalti risulti essere importante.

RIORGANIZZAZIONE DEI SERVIZI DEL BAR

252. Vista del bar della palazzina spogliatoi, fotografia, 2018. L'immagine mostra come la zona bar sia sovra dimensionata durante il periodo invernale rispetto al suo reale utilizzo. D'altro canto, la situazione cambia completamente durante il periodo estivo (come visto) o per le manifestazioni sportive.

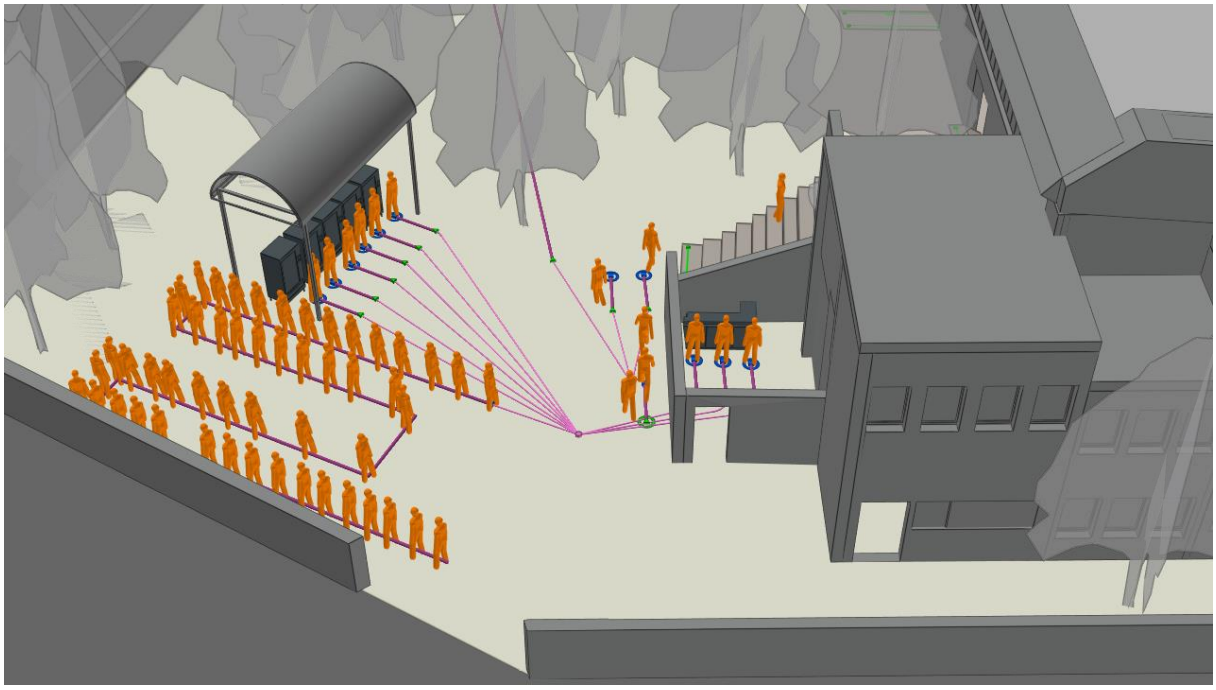
Nonostante il locale bar risulti essere uno spazio dimensionalmente adeguato a rispondere al flusso di persone che usualmente frequentano i locali della piscina, come è stato visto in precedenza, risulta essere insufficiente per gestire il flusso degli utenti che in massa si riversano in quest'area a conclusione della gara. Come per l'intervento precedente, anche per risolvere la criticità legata al disservizio del bar, è stato elaborato diverse proposte di intervento. Inizialmente consigliamo di incrementare il numero degli addetti da due a tre almeno nei giorni di massima affluenza in modo da velocizzare il servizio e aumentare l'incasso, evitando la fuga dei clienti a causa delle code eccessive. In secondo luogo, consigliamo la vendita ambulante di bibite durante lo svolgimento della partita, anche in questo caso per incrementare i guadagni e soprattutto per diluire il numero dei clienti che al termine della gara sono spinti a rivolgersi presso il locale per potersi abbeverare.

10.7 –Risultati della nuova simulazione

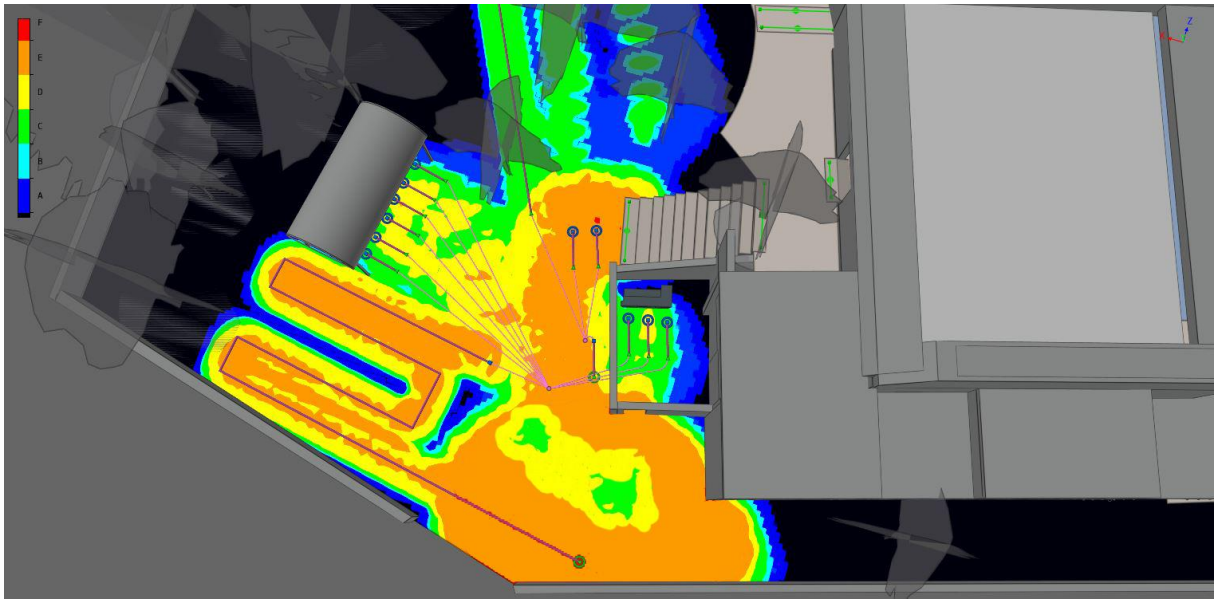


253. Vista del nuovo punto biglietteria automatica, immagine esportata dal software MassMotion, 2018. Nell'immagine possiamo vedere quattro spettatori che hanno deciso di comprare il biglietto direttamente dallo sportello automatico.

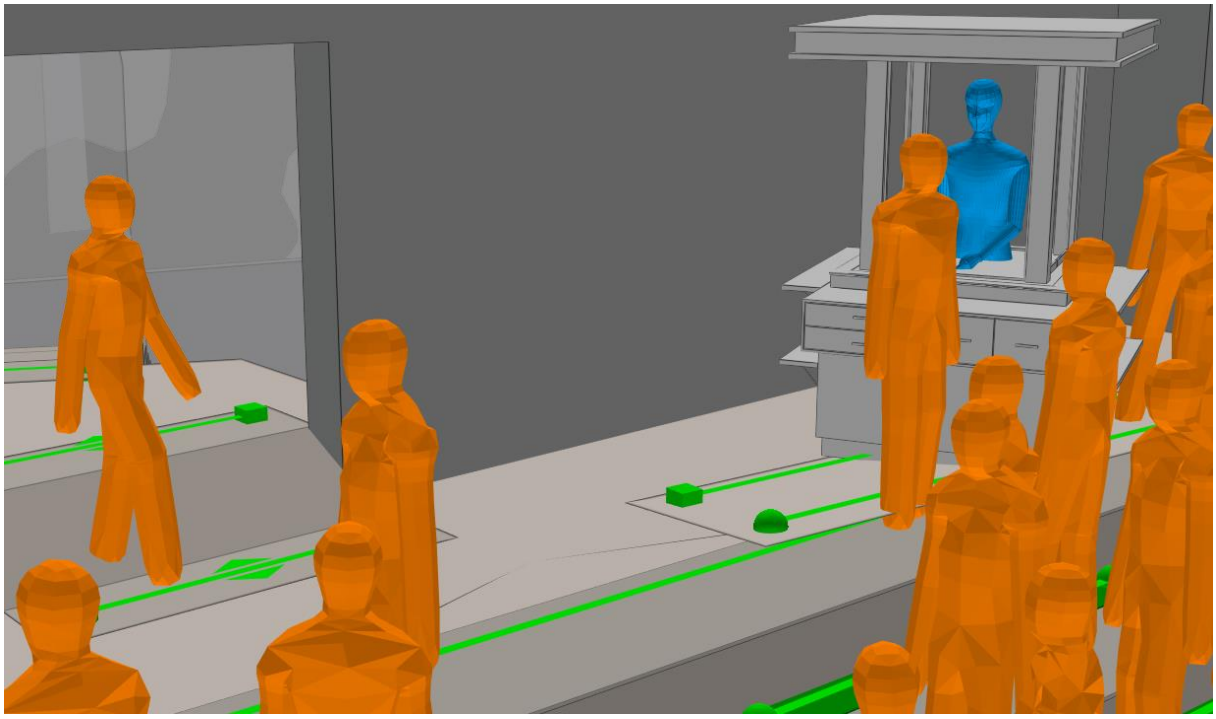
Gli interventi proposti per migliorare l'organizzazione e la gestione del complesso durante lo svolgimento delle manifestazioni sportive si sono concentrati su due aree ben distinte: la biglietteria, posta nei pressi dell'ingresso secondario sui Lungarni, e l'area bar situata al piano terra della palazzina progettata dall'ing. Nervi. Per gestire in maniera più efficiente il flusso degli ingressi al complesso, è stato inserito all'interno della simulazione cinque nuove biglietterie elettroniche self-service, per velocizzare il processo di erogazione del biglietto, e un nuovo sportello, gestito dal personale della piscina. Grazie a questo semplice intervento siamo riusciti a raggiungere l'obiettivo di completare la vendita dei biglietti prima dell'inizio dell'evento, evitando la formazione di code interminabili, come accade purtroppo usualmente. Oltre a raccomandare la promozione della vendita online dei biglietti per gli eventi, questi semplici accorgimenti hanno risolto il 100% del problema con un costo limitato. Nel caso in cui si volesse effettuare un intervento maggiormente invasivo, si consiglia di ampliare la biglietteria verso i locali adiacenti, che attualmente risultano poco utilizzati. In conclusione, possiamo osservare come grazie a queste semplici accortezze siamo passati da avere una densità di affollamento nei pressi dell'entrata di 1,6 persone al metro quadro fino ad arrivare ad appena 0,4 persone. Questo ci certifica non solo la velocità con la quale l'operazione di vendita dei biglietti sia notevolmente incrementata ma soprattutto come l'organizzazione della coda sia molto più ordinata e ben gestita.



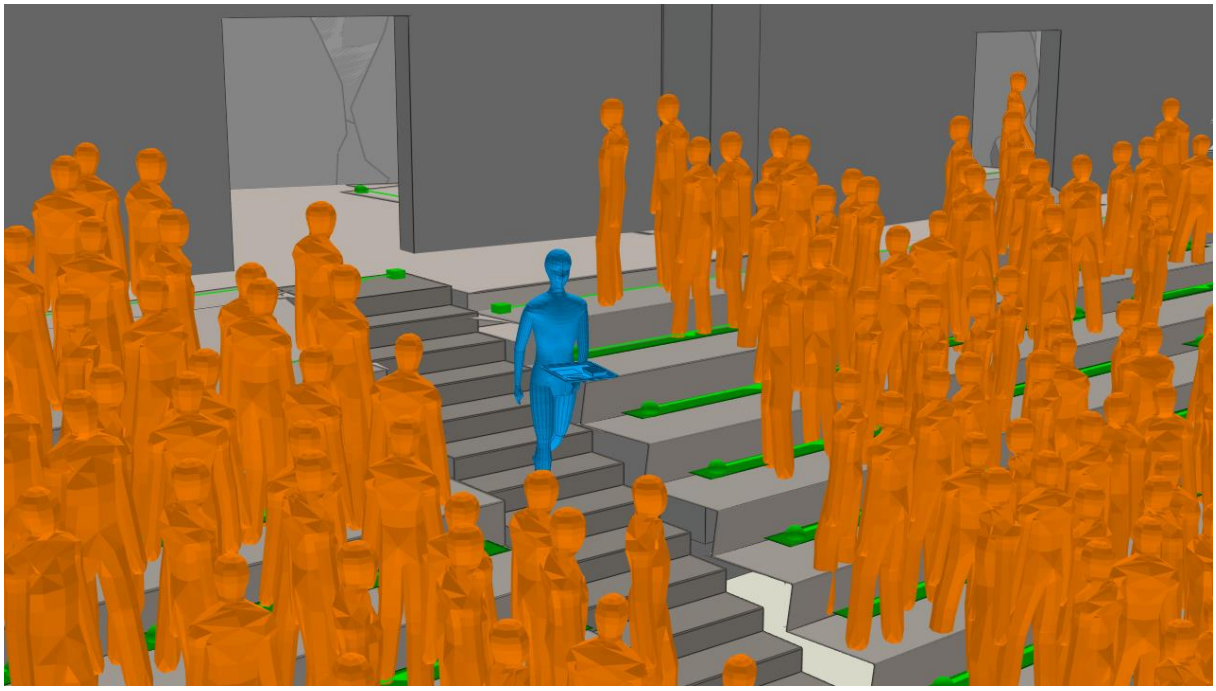
254. Vista dell'area biglietteria dopo la riprogettazione, immagine esportata dal software MassMotion, 2018. Nell'immagine notiamo come l'inserimento di nuovi sportelli e la sistemazione di biglietterie automatiche abbiano notevolmente diminuito il flusso che, dopo l'intervento, risulta essere ordinato. L'espansione ai locali adiacenti invece permetterebbe di distribuire l'affollamento su più locali, diminuendone ancor di più la densità di affollamento.



255. Mappa della densità di affollamento dopo la riprogettazione, immagine esportata dal software MassMotion, 2018. La densità di affollamento degli utenti risulta essere minore rispetto alla condizione d'uso precedentemente simulata. Si nota infatti come la zona di massimo affollamento è concentrata anche in questo caso nei pressi dell'entrata, ma non raggiunge gli stessi valori indicati per la precedente simulazione

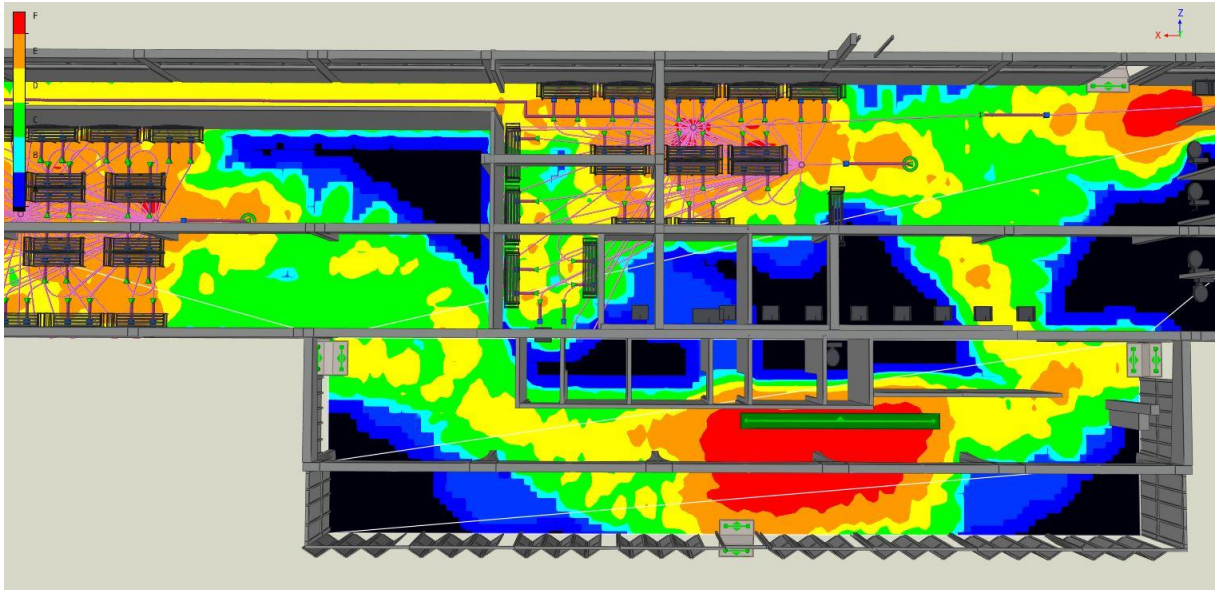


256. Vista del chiosco temporaneo all'interno della piscina olimpionica, immagine esportata dal software MassMotion, 2018. Nell'immagine notiamo come la progettazione abbia previsto l'inserimento di un chiosco per la vendita di panini e bevande situato nei pressi dell'entrata. Questa attività oltre ad incrementare gli incassi del complesso, può certamente diminuire il numero di persone che si recano al bar dopo la conclusione della partita.



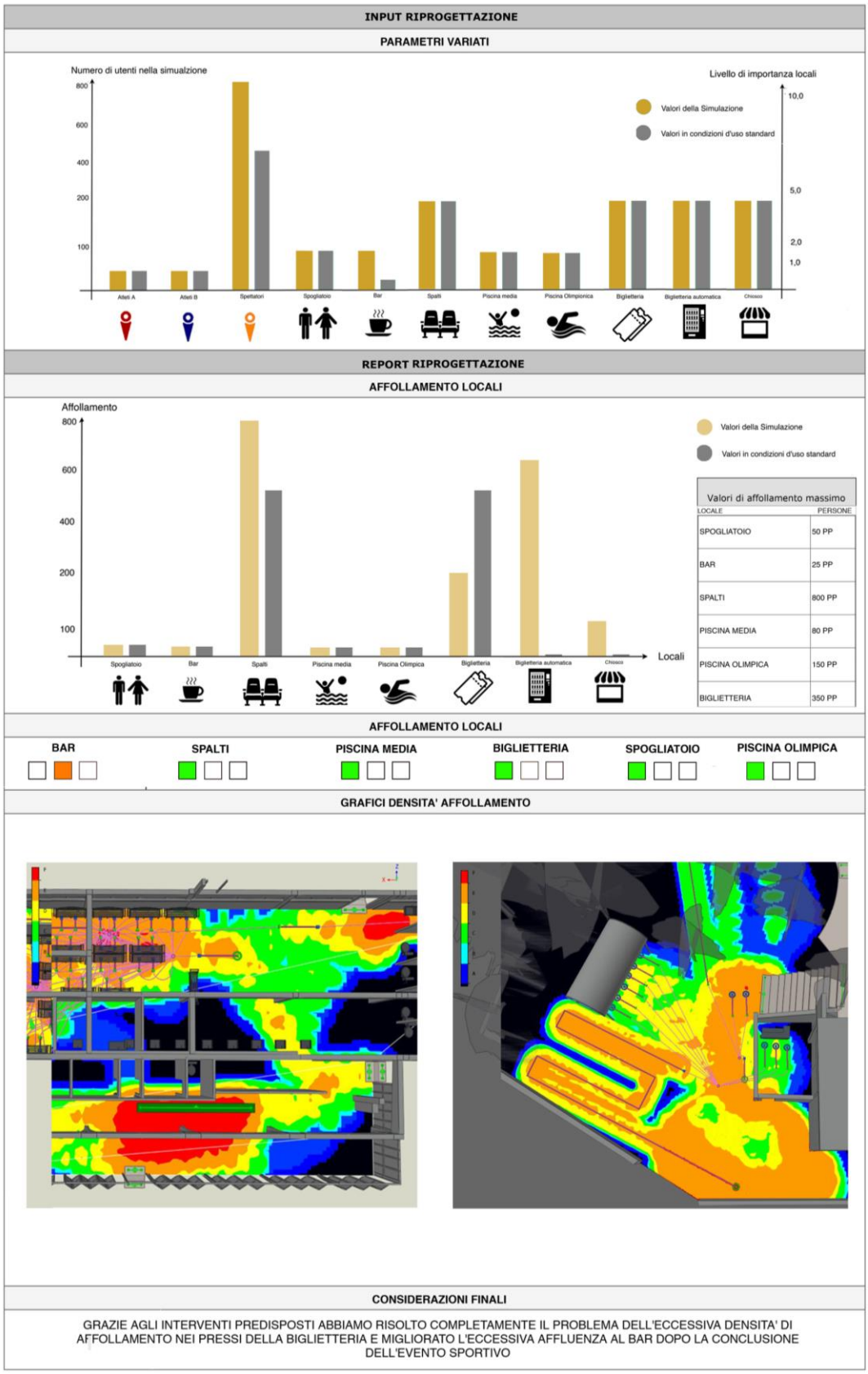
257. Immagine del venditore ambulante durante lo svolgimento della partita, immagine esportata dal software MassMotion, 2018. All'interno della simulazione abbiamo previsto che periodicamente i vettori si rechino in corrispondenza dei venditori ambulanti che sono stati distribuiti sugli spalti. Anche questa misura adottata è volta a ripartire la clientela alla ricerca di una bibita o un panino in aree diverse da quelle del bar, diminuendone ulteriormente la densità di persone.

La seconda area oggetto di riprogettazione è stata quella del bar. Anche in questo caso l'obiettivo prefissato era quello di migliorare la gestione del flusso, soprattutto durante i momenti di massima affluenza dello stesso. In particolar modo, la seconda simulazione aveva evidenziato l'incapacità di accogliere un numero di clienti importante come quello che si riversa nel bar dopo la fine della partita. A testimonianza di ciò la simulazione ha evidenziato come un gran numero di utenti, una volta esaminata la lunga fila presso il bancone, aveva rinunciato ad entrare nel locale decidendo di uscire dal complesso senza fare nessuna consumazione. Per risolvere questa criticità è stato velocizzato il servizio del bar, in quanto è stato considerato l'inserimento di un nuovo addetto, almeno durante le manifestazioni più importanti. Infine, è stato cambiato l'iter standard dello spettatore in modo tale che durante la partita si potesse recare in un angolo della vasca (dove è stato ipotizzato l'inserimento di un chiosco temporaneo) o avvicinarsi ad alcuni venditori ambulanti per favorire la vendita di bibite o snacks. In definitiva, grazie all'inserimento di questi piccoli accorgimenti siamo riusciti a diminuire sensibilmente il tempo di attesa presso i locali del bar, dato che, una parte di essi si erano già recati presso l'area di ristoro temporaneo durante lo svolgimento della gara. I nostri interventi, finalizzati al miglioramento della gestione e dei servizi offerti dal complesso Bellariva, hanno come obiettivo la volontà di incrementare gli incassi da parte del gestore stesso, che da questi piccoli interventi potrebbe sicuramente ricavarne un ricavo economico notevole.



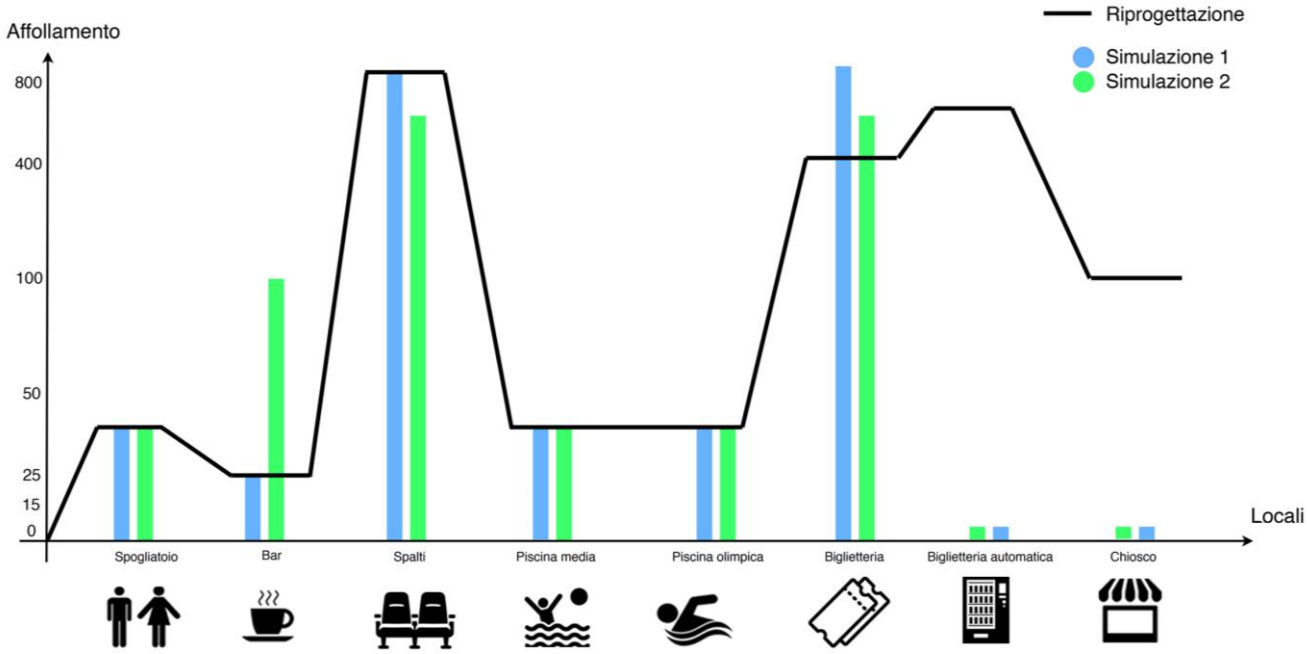
258. La mappa rappresenta la densità di affollamento massima del locale del bar, immagine esportata dal software MassMotion, 2018. Rispetto all'immagine precedente si nota come il flusso sia notevolmente diminuito, abbassando sensibilmente anche il tempo di stazionamento nei pressi del bancone

10.8 – Scenario 2- Input dati e scheda report dopo la riprogettazione



259. Scheda riassunta dei dati di *input* e di *output* della riprogettazione, in rosso sono indicati gli ambienti sovraffollati, in arancione quelli mediamente ed in verde adeguatamente affollati, tabella, 2018.

10.9 – Scenario 2- Commento

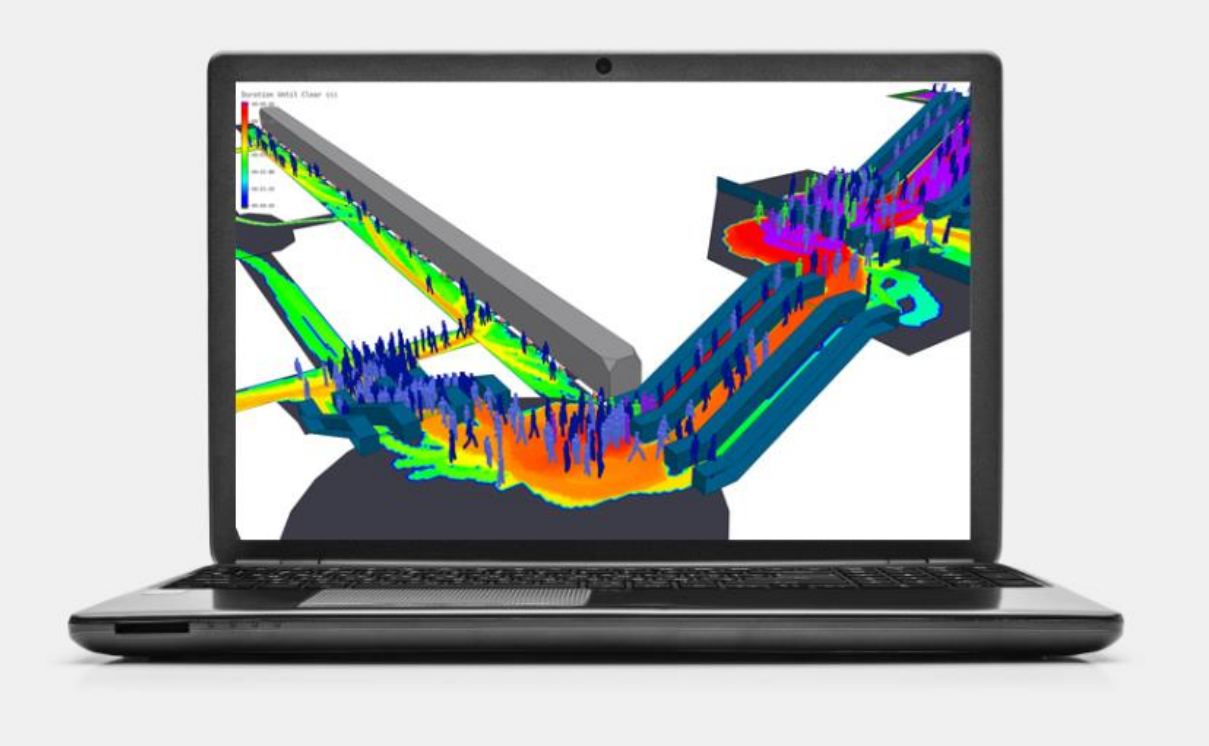


260. Il grafico riporta il valore di affollamento riscontrato nei diversi locali nelle due simulazioni e lo stesso valore calcolato dopo la riprogettazione, grafico, 2018.

Le simulazioni impostate per lo scenario della manifestazione sportiva ci hanno evidenziato due problematiche importanti: l'eccessiva densità di affollamento nei pressi dal bar e della biglietteria. Grazie all'utilizzo del programma siamo riusciti a identificare il numero massimo di persone che possono essere gestite dalla biglietteria nelle condizioni attuali e indentificato i possibili interventi da predisporre per facilitare il controllo del flusso di spettatori. Per quanto concerne l'eccessivo utilizzo del bar durante le manifestazioni sportive, è stata individuata la massima capacità ricettiva dell'ambiente nel presente e indicato possibili operazioni di miglioramento attuabili. Gli interventi predisposti hanno permesso di aumentare senza dubbio il numero di spettatori in grado di essere gestiti dal complesso e al contempo diminuito in maniera sostanziale la densità di affollamento nel bar e nella biglietteria. In nostri interventi non sono completamente risolutivi: la biglietteria, nel picco massimo di affollamento, risulta essere ancora molto affollata. Per eliminare completamente questa problematica sarebbe necessario prevedere un intervento con un costo medio alto che preveda l'ampliamento dei locali di accoglienza degli spettatori, riprogettando e cambiando la destinazione d'uso degli ambienti limitrofi alla biglietteria. La stessa considerazione può essere fatta per il bar: per diminuire drasticamente la densità di affollamento, sarebbe necessaria una riprogettazione del layout degli spazi di pertinenza del bar, aumentando senza dubbio il costo dell'intervento.

E’ evidente come anche per lo scenario la problematica relativa all’eccessiva densità di affollamento nella biglietteria e nel bar si raggiunga valori di picco per un numero di giorni molto limitato e questo non giustifica un intervento economicamente più importante; le operazioni predisposte, anche in questo caso, sono mirate verso la risoluzione delle criticità massimizzando i guadagni in termini economici e di benessere e, al contempo, mantenendo ridotto l’esborso economico, data la ristretta disponibilità finanziaria del gestore.

11 - La crowd simulation per migliorare la gestione degli spazi e delle risorse



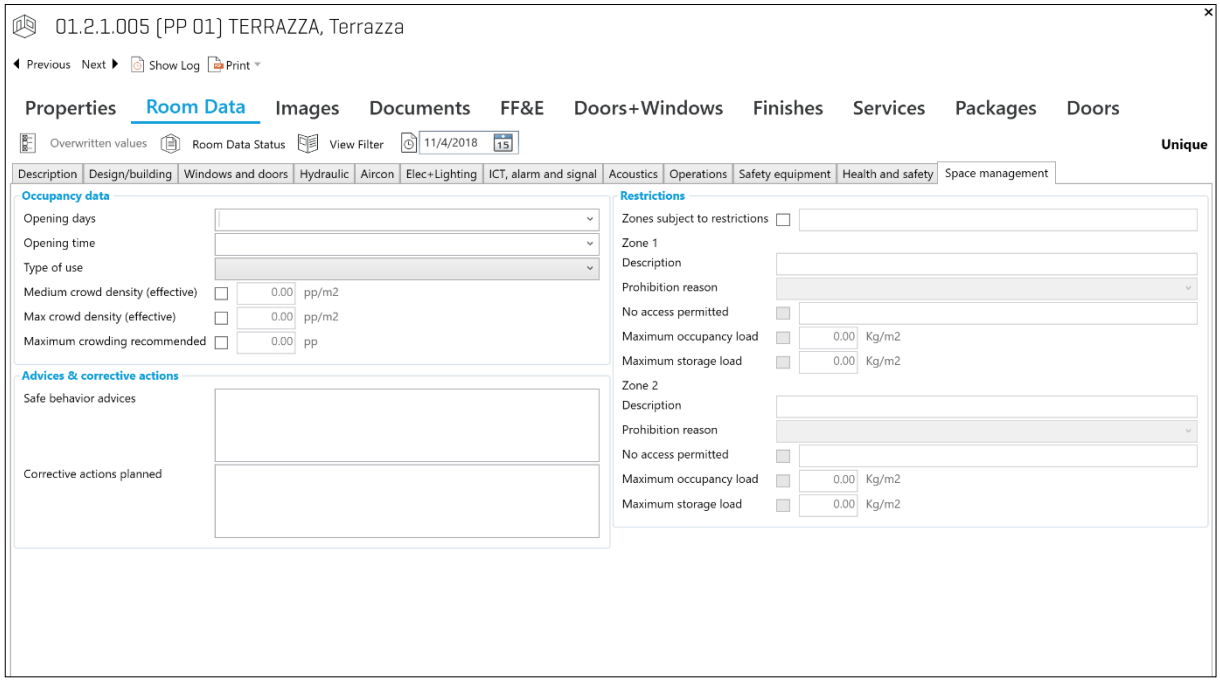
261. Immagine del software di gestione delle folle MassMotion, illustrazione, 2018, sito internet oasys-software.com.

Come è stato più volte ripetuto all’interno della nostra tesi, la gestione del patrimonio edilizio esistente nasconde una vasta moltitudine di insidie. Una di queste è senza dubbio la gestione delle folle: la grande estensione del complesso di Bellariva e l’estrema variabilità delle funzioni che vengono espletate all’interno degli ambienti, rendeva sicuramente difficile, senza l’ausilio di un software, la valutazione oggettiva di questa problematica. Tramite simulazioni finalizzate a ricreare le condizioni d’utilizzo del complesso siamo riusciti a individuare le maggiori difficoltà quotidiane legate alla gestione della struttura. Successivamente sono stati inseriti nuovi valori di input per simulare condizioni straordinarie di utilizzo del complesso e così facendo individuare i valori di affollamento massimi dei locali. Una volta predisposti gli

interventi atti a risolvere le criticità evidenziate, è stato nuovamente utilizzato il software per validare tali proposte. Grazie alla crowd simulation, è stata risolta la quasi totalità delle problematiche relative alla gestione delle folle e aumentato senz'altro la conoscenza globale della risposta in termini ricettivi del complesso.

È importante sottolineare come l'utilità della simulazione di uno scenario d'uso con MassMotion non si esaurisce con l'individuazione delle criticità e la validazione della riprogettazione, bensì i risultati ottenuti vanno ad arricchire il database delle informazioni di uso e manutenzione presente in Drofus, contribuendo ad una più efficace e razionale pianificazione delle operazioni di facility management. In particolare: la capienza massima dei locali, la densità di affollamento degli spazi (massima e minima) e gli interventi previsti per gli ambienti sono stati inseriti nella scheda di Drofus "*Room data*". Questa operazione permetterà ai futuri progettisti di ponderare al meglio le scelte progettuali avendo a disposizione in maniera semplice e sintetica tutte considerazioni prodotte dall'analisi della gestione delle folle.

Un altro aspetto sicuramente altrettanto interessante riguarda la progettazione degli interventi: l'operazione di modellazione degli elementi necessari a risolvere le criticità riscontrate è stata svolta utilizzando il programma Revit. Questo ha permesso non solo di importare direttamente gli oggetti modellati nel software MassMotion (dopo averli trasformati in formato IFC) ma soprattutto, tramite una semplice sincronizzazione, di inserire all'interno del

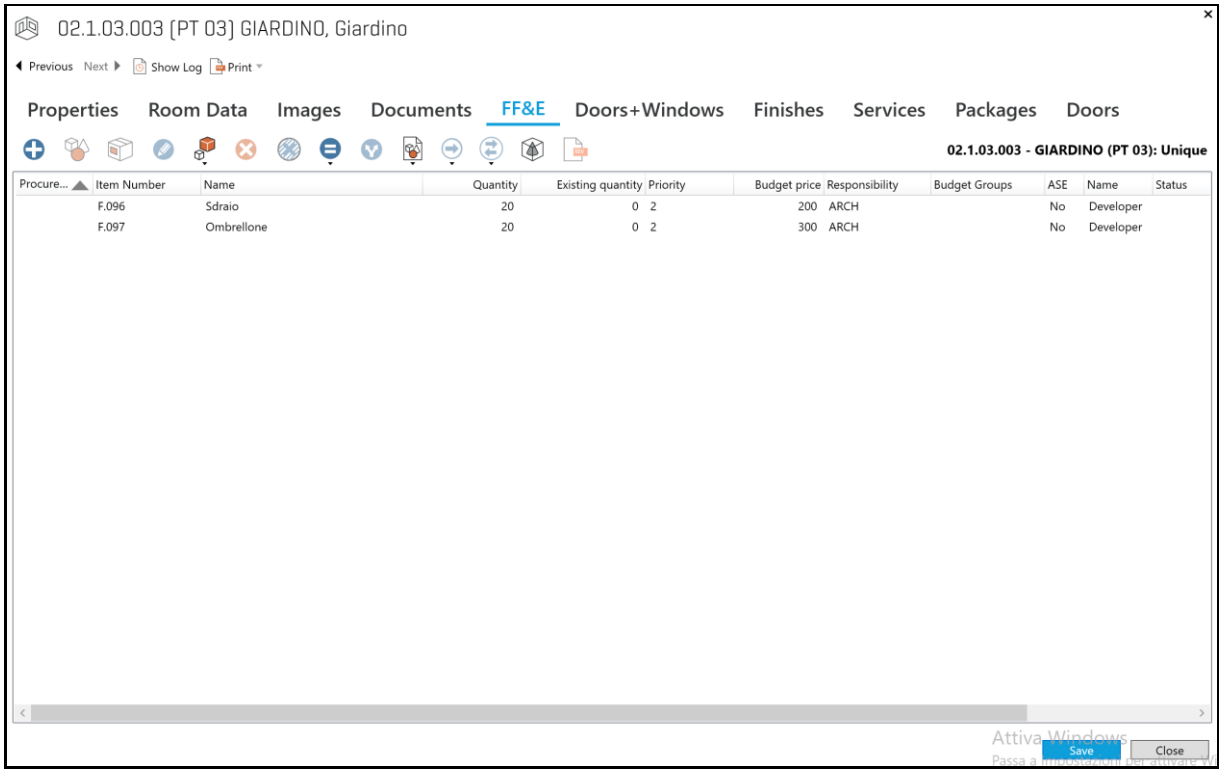


262. Scheda dei dati di affollamento, *screenshot* dal database su dRofus, 2018. Si può notare come siano stati inseriti nella scheda di gestione i dati relativi al massima e media densità di affollamento effettiva e il numero massimo di persone contenibili nel relativo ambiente.

del database di Drofus tutti gli oggetti previsti nella riprogettazione. Questo utilizzo

sincronico dei tre software (Revit, MassMotion e Drofus) velocizza senza dubbio il processo di gestione della commessa riducendo in modo significativo il numero di errori o incongruenze tra la fase di idealizzazione e realizzazione del progetto. Ad esempio, nel caso dell'area verde avevamo riscontrato in fase di analisi una chiara mancanza di attrezzature per svolgere l'attività di balneazione. Tramite Revit sono stati modellati tali elementi e validati attraverso la riprogettazione rilanciando la simulazione della folla. Una volta ottenuta una risposta positiva dalla crowd simulation che evidenziasse un sostanziale miglioramento, sincronizzando il modello Revit con Drofus e ottenendo immediatamente il numero di sdraie, ombrelloni e sedie necessarie per completare l'intervento e, eventualmente, per procederne all'acquisto.

In conclusione vogliamo ribadire come l'analisi della gestione dei flussi abbia portato alla formulazione di semplici interventi a basso costo che possono migliorare enormemente l'organizzazione del complesso e allo stesso tempo individuato accuratamente la capienza massima di ogni singolo locale, informazioni sicuramente utili per migliorare il benessere degli utenti.



263. Visualizzazione della commessa nell'ottica di facility management, *screenshot* dal database su dRofus, 2018. Si può notare come gli *item* modellati su Revit siano stati immediatamente inseriti tra gli oggetti da commissionare attraverso una semplice sincronizzazione dei dati.

Conclusioni

In conclusione, avendo trattato numerosi aspetti riguardanti la gestione del patrimonio edilizio esistente utilizzando un approccio BIM, possiamo affermare come tale metodologia, a fronte di un ragionevole investimento iniziale per l'acquisto dei programmi, possa portare ad una serie importanti di vantaggi a livello economico, di gestione e di servizi offerti che ne giustificano l'utilizzo.

È chiaro che il principale scoglio probabilmente è rappresentato dalla poca conoscenza delle potenzialità che può avere tale approccio: sicuramente una maggiore informazione garantirebbe un più largo uso nell'ambito della gestione dell'esistente, per adesso invece limitato alle nuove realizzazioni. In particolare ci sentiamo di proporre una maggiore sensibilizzazione nei confronti dell'uso della modellazione BIM finalizzata alla gestione della sicurezza, non sono in ambito strutturale, ma anche di facility management e space programming.

Note

[1]PAS 1194-3, 2014, p.7.
[2] M.P.Gallaher, A.C.O' Conno, J.L.Dettbarn, L.T. Gilday, *Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry,* U.S. Department of Commerce Technology Administration (NIST GCR 04-867), 2004, in G.M.Di Giuda, S.Maltese, F.Re Cecconi, V.Villa, *Il BIM per la gestione dei patrimoni immobiliari*, Hoepli Editore, Torino, 2017, p.6.
[3]G.M.Di Giuda, S.Maltese, F.Re Cecconi, V.Villa, *op.cit.*, p.7.
[4]C. Eastman, P. Teicholz, R.Sacks e K. Liston, *A BIM handbook, a guide to Building Information Modeling. Second edition*, Hoboken, Jonh Wiley & Sons Inc., 2011, p. 556.
[5]*Un progetto per la sistemazione della zona di Bellariva*, in "Il Mattino", 17 Marzo 1959.
[6]*I tecnici che hanno progettato il funzionale Palazzetto di Bellariva non sono riusciti a risolvere il solito problema della burocrazia*, in "Nazione Sera", 9 Marzo 1959.
[7]*Oggi si inaugura la piscina di Bellariva*, in "La Nazione", 18 giugno 1960.
[8]Il progetto è stato realizzato dall'Arch. Rinaldo Nencini tra il 1985 e il 1986.
[9]Anche in questo caso il progetto fu affidato all'Arch. Rinaldo Nencini.
[10] *I tecnici che hanno progettato il funzionale Palazzetto…, op. cit.*
[11]Il progetto, sempre ad opera di Rinaldo Nencini, ha reso la piscina accessibile anche ai disabili.
[12]Si è occupato del progetto l'Arch, Monica Fantappié referente della Direzione dei Servizi Tecnici del Comune di Firenze.
[13]Il collaudo risale al 9 dicembre 1967.
[14]B.Succar, *BIM data sharing methologies*, bimthinkspace.com, 2006.
[15]L.van Berlo, J.Beetz, P.Bos, H.Hendricks e R.C.J. von Tongeren, *Collaborative engineering with IFC: new insights and technology,*
2012.
[16]Prof. Arto Kiviniemi, *The true meaning of open BIM*, conferenza, 2015.
[17]drofus.no
[18]R.Jerving, *BIM for an intelligent building maintenance – An example from Oslo International Airport*, BIM European Summit 2018, 2018.
[19]L'Archivio storico comunale di Firenze, posto in via dell'Oriuolo 33, è il deposito delle carte e degli archivi di proprietà comunale.
[20]L'Archivio di Stato di Firenze è il deposito delle carte e degli archivi documentali di proprietà pubblica nella città di Firenze. Si trova in un'isola tra piazza Beccaria, il viale della Giovine Italia, il viale Amendola e il viale Duca d'Abruzzo.
[21]Del progetto originale firmato Nervi e Bartoli abbiamo acquisito solamente 34 tavole, possedute dall'architetto Rinaldo Nencini, colui che si è occupato della ristrutturazione dell'impianto negli anni '90. La maggior parte dei disegni riguarda la progettazione strutturale della palazzina degli spogliatoi, bar e ristorante.
[22]Tesi di Laurea di Vittoria Grifagni e Sara Paladini, P.L. *Nervi e la "Cittadella dello sport" a Bellariva Storia e Struttura*, Firenze, 2013.
[23]Regio Decreto 16/11/1939 n. 2229. Norme per la esecuzione delle opere in conglomerato cementizio semplice od armato.
[24]Il Regio Decreto riporta come percentuali geometriche minime di armature per elementi compressi o presso inflessi in funzione dell'area di calcestruzzo. Minore di 2000 cmq è 0,8%, tra 2000 e 8000 fra 0,8% e 0,5% mentre sopra 8000 pari a 0,5%.
[25]La tipologia di solaio indicato, il Cirex era realizzato delle "Fornaci Valdadige".
[26]La NTC 2018 al paragrafo 4.1.1.1 recita: "Per le sole verifiche agli stati limite ultimi, i risultati dell'analisi elastica possono essere modificati con una ridistribuzione dei momenti, nel rispetto dell'equilibrio e delle capacità di rotazione plastica delle sezioni dove si localizza la ridistribuzione. In particolare la ridistribuzione non è ammessa per i pilastri e per i nodi dei telai, è consentita per le travi continue, le travi di telai in cui possono essere trascurati gli effetti del secondo ordine e le solette, a condizione che le sollecitazioni di flessione siano prevalenti ed i rapporti tra le luci di campate contigue siano compresi nell'intervallo 0,5-2,0. Per le travi e le solette che soddisfano le condizioni dette, la ridistribuzione dei momenti flettenti può effettuarsi senza esplicite verifiche in merito alla duttilità delle membrature, purché il rapporto γ tra il momento dopo la ridistribuzione ed il momento prima della ridistribuzione risulti $1 \geq \gamma \geq 0{,}70$."
[27]Per la simulazione delle folle abbiamo utilizzato il software commerciale MassMotion nella sua versione di prova a 30 giorni.

[28]Il software MassMotion, che fa parte del gruppo dei programmi Oasys, è stato sviluppato dalla società Arup.
[29]D. Thalmann e S. R. Musse, *Crowd Simulation*, Spinger, Losanna, 2013.
[30]N. Pelachano, J. M. Allbeck, M. Kapadia, N. I. Badler, *Simulation Heterogeneus Crowds with interactive Behaviors*, CRC Press, Boca Raton, 2017.
[31]IFC 2x3: si tratta della versione di esportazione certificata di default, ovvero la versione più recente generalmente supportata da altri sistemi, basata sul formato IFC 2x3 e sulla definizione del modello Coordination View.
[32] Il ristorante Settebello è situato al piano primo della palazzina spogliatoio in Lungarno Aldo Moro, 6, 50136 Firenze (FI).

Sommario

Introduzione **I**

1. Analisi e gestione del patrimonio edilizio esistente mediante l'approccio BIM. **1**

1.1. PAS 1192: definizione degli standard per l'uso del BIM con il patrimonio esistente. 4

2. Il complesso sportivo di Bellariva. **7**

2.1. Descrizione e cenni storici. 7

2.2. Modellazione BIM. 16

3. Un sistema di *data management* per il complesso di Bellariva. **51**

3.1. Evoluzione del concetto di *data sharing* nel Building Information Modeling. 51

3.2. Digitalizzazione del database dell'edificio. 55

3.3. Un software dedicato al *data management*: dRofus. 57

3.3.1. Applicazione del software dRofus al caso studio. 59

3.3.2. Organizzazione dell'architettura del database di *data management*. 62

3.3.3. Informazioni presenti ai vari livelli del database. 65

4. dRofus nella gestione del complesso di Bellariva. **72**

4.1. dRofus nella gestione della manutenzione. 72

4.2. dRofus nella gestione della salute e sicurezza. 76

4.3. dRofus nella pianificazione degli spazi, ristrutturazioni e gestione delle risorse. 84

5. Calcolo strutturale, analisi e verifica sismica dell'edificio spogliatoi di P. L. Nervi. **88**

5.1. La necessaria digitalizzazione dei dati progettuali strutturali. 88

5.2. La descrizione degli elementi strutturali. 89

5.3. Riferimenti normativi. 110

5.4. Caratteristiche dei materiali. 110

5.5. Sopralluoghi, prove distruttive e non distruttive. 114

5.6. Analisi dei carichi e delle azioni. 124

5.7. Combinazione delle azioni. 128

5.8. Modellazione agli elementi finiti. 129

5.9. Analisi ai carichi verticali. 132

5.10. Verifiche ai carichi verticali. 132

5.11. Verifica degli spostamenti degli impalcati di piano e di copertura. 143

5.12. Verifiche sismiche di resistenza (azioni con P_{VR} 10% / V_R). 144

5.13. Considerazioni finali. 157

5.14. Calcolo dell'indice di vulnerabilità sismica. 157

6. Implementazione dei risultati strutturali nel database e ipotesi di miglioramento della gestione in termini

di sicurezza strutturale. 159
7. La gestione delle folle: utilizzo del software commerciale Mass Motion 169
7.1. Il Work-Flow di lavoro. 170
7.1.1. Istruzioni per la modellazione 3D finalizzata a ottimizzare il funzionamento del programma . 171
7.2. Dati da raccogliere per impostare una corretta simulazione. 174
8. Indicazioni sul funzionamento del programma di simulazione MassMotion. 180
8.1. Gli strumenti di MassMotion – Come funziona il software. 180
8.2. L'interfaccia utente. 183
8.3. Gli obiettivi della simulazione. 189
8.4. Le due fasi di utilizzo di MassMotion. 190
9. Il primo scenario simulato: la balneazione estiva. 192
9.1. Descrizione dello scenario. 192
9.2. Individuazione profili, ambienti ed orari d'uso. Schema riassuntivo simulazione. 194
9.3. Descrizione tecnica della simulazione e settaggio parametri fissi e mobili. 199
9.4. Simulazione 1 – Schema riassuntivo simulazione. 202
9.4.1. Simulazione 1 – Input dati e scheda report. 203
9.4.2. Simulazione 1 - Analisi dei risultati ed individuazione delle criticità. 204
9.5. Simulazione 2 – Schema riassuntivo simulazione. 207
9.5.1. Simulazione 2 – Input dati e scheda report. 208
9.5.2. Simulazione 2 - Analisi dei risultati ed individuazione delle criticità. 209
9.6. Simulazione 3 – Schema riassuntivo simulazione. 210
9.6.1. Simulazione 3 – Input dati e scheda report. 211
9.6.2. Simulazione 3 - Analisi dei risultati ed individuazione delle criticità. 212
9.7. Simulazione 4 – Schema riassuntivo simulazione. 213
9.7.1. Simulazione 4 – Input dati e scheda report. 214
9.7.2. Simulazione 4 - Analisi dei risultati ed individuazione delle criticità. 215
9.8. Proposte di intervento. 216
9.9. Risultati della nuova simulazione. 218
9.10. Scenario 1- Input dati e scheda report dopo la riprogettazione. 225
9.11. Scenario 1- Commento. 226
10. Il secondo scenario simulato: manifestazione sportiva. 227
10.1. Descrizione dello scenario. 227
10.2. Individuazione profili, ambienti ed orari d'uso. Schema riassuntivo simulazione. 229
10.3. Descrizione tecnica della simulazione e settaggio parametri fissi e mobili. 232
10.4. Simulazione 1 – Schema riassuntivo simulazione. 235
10.4.1. Simulazione 1 – Input dati e scheda report. 236
10.4.2. Simulazione 1 - Analisi dei risultati ed individuazione delle criticità. 237
10.5. Simulazione 2 – Schema riassuntivo simulazione. 239

10.5.1. Simulazione 2 – Input dati e scheda report. 240
10.5.2. Simulazione 2 - Analisi dei risultati ed individuazione delle criticità. 241
10.6. Proposte di intervento. 243
10.7. Risultati della nuova simulazione. 245
10.8. Scenario 1- Input dati e scheda report dopo la riprogettazione. 249
10.9. Scenario 1- Commento. 250
11. La crowd simulation per migliorare la gestione degli spazi e delle risorse. 251
Conclusioni 254

Bibliografia

[1] Tesi di Laurea di V. Grifagni e S. Paladini, P.L. Nervi e la ”Cittadella dello sport” a Bellariva Storia e Struttura, Firenze, 2013.

[2] G. Colorio, Le opere in cemento armato, S.Lattes editori, 1954

[3] D. Thalmann e S. R. Musse, Crowd Simulation, Spinger, Losanna, 2013.

[4] N. Pelachano, J. M. Allbeck, M. Kapadia, N. I. Badler, Simulation Heterogeneus Crowds with interactive Behaviors, CRC Press, Boca Raton, 2017.

[5] G.M.Di Giuda, S.Maltese, F.Re Cecconi, V.Villa, *Il BIM per la gestione dei patrimoni immobiliari*, Hoepli Editore, Torino, 2017.

[6] C. Eastman, P. Teicholz, R.Sacks e K. Liston, *A BIM handbook, a guide to Building Information Modeling. Second edition*, Hoboken, Jonh Wiley & Sons Inc., 2011.

Sitografia

[1] bimthinkspace.com

[2] oasys-software.com

[3] europeanbimsummit.com

[4] drofus.no

Guido e Chiara ringraziano:

Il prof. Ing. Pietro Capone, la prof. Ing. Gloria Terenzi, l'Ing. Vito Getuli e l'ing. Iacopo Costoli per la grande disponibilità e professionalità che hanno avuto nei nostri confronti.

Guido ringrazia:

Ringrazio la mia famiglia che mi ha sopportato e supportato durante il mio percorso senza mai farmi pesare nulla, nonostante sia stato lungo e ci abbia messo spesso alla prova.
Ringrazio Emma, perché la amo.
Ringrazio i miei amici che hanno accettato il mio andare a letto alle 11 il sabato sera "perché la domenica mattina devo studiare", non facendomi sentire un folle.
Ringrazio Chiara, perché, pur essendo invecchiati, siamo sempre rimasti gli spietati.

Chiara ringrazia:

Un ringraziamento speciale alla mia famiglia e ai miei amici, in particolare a mio fratello Andrea: è anche grazie a loro sostegno e al loro incoraggiamento se oggi sono riuscita a raggiungere questo traguardo.
Ringrazio Matteo per essere riuscito a farmi sorridere anche negli istanti di tensione prima di ogni esame.
Ringrazio Guido, perché per quanto fosse difficile la battaglia, insieme siamo stati invincibili.