



POLITECNICO DI MILANO

Scuola di Architettura Urbanistica Ingegneria delle Costruzioni  
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile - Architettura  
A.A. 2016/2017

## Green Loop

Progettazione di un nuovo sistema ciclopedonale di mobilità lenta  
e centro educativo - documentale a Brugherio

Relatore: Prof. Arch. Carlo Peraboni

Co-relatore: Prof. Arch. Paola Marzorati

Tesi di Laurea di:

Mara Aioldi      matr. 780767



INDICE

|   |               |
|---|---------------|
| <b>ABSTRACT</b>   | <b>pag 9</b>  |
| ABSTRACT_italiano   | pag 10        |
| ABSTRACT_english  | pag 11        |
| <br>  |               |
| <b>PARTE I_ANALISI PRELIMINARI</b>                            | <b>pag 13</b> |
| 1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE                                | pag 14        |
| 1.1.1 INQUADRAMENTO GENERALE                                  | pag 14        |
| 1.1.2 BRUGHERIO NEL SISTEMA DEI TRASPORTI MILANESE E LOMBARDO | pag 14        |
| 1.2 INQUADRAMENTO STORICO                                     | pag 15        |
| 1.2.1 INQUADRAMENTO GENERALE                                  | pag 15        |
| 1.2.2 ACCRESCIMENTO URBANO DAL DOPOGUERRA                     | pag 15        |
| 1.3 INQUADRAMENTO PAESAGGISTICO                               | pag 17        |
| 1.3.1 I PLIS  | pag 17        |
| 1.3.2 PARCO EST DELLE CAVE                                    | pag 17        |
| 1.3.3 PARCO DELLA MEDIA VALLE DEL LAMBRO                      | pag 17        |
| 1.4 INQUADRAMENTO LEGISLATIVO                                 | pag 19        |
| 1.4.1 PGT   | pag 19        |
| 1.4.2 PIANO DEI SERVIZI                                       | pag 19        |
| 1.5 ANALISI TERRITORIALI                                      | pag 26        |
| 1.5.1 IL SISTEMA DEGLI SPAZI PUBBLICI                         | pag 26        |
| 1.5.2 LA PERCEZIONE DELLE VISUALI                             | pag 26        |
| <br>  |               |
| <b>PARTE II_STRATEGIE URBANE</b>                              | <b>pag 31</b> |
| 2.1 FARE URBANISTICA OGGI                                     | pag 32        |
| 2.1.1 TACTICAL URBANISM                                       | pag 32        |
| 2.1.2 IL DESIGN THINKING IN RELAZIONE AL TACTICAL URBANISM    | pag 33        |
| 2.1.3 LA CITTÀ RESILIENTE                                     | pag 33        |
| 2.1.4 IBRIDAZIONE ED APPLICAZIONE                             | pag 33        |
| 2.2 ESEMPI PROGETTUALI  | pag 34        |

|  |            |           |
|--|------------|-----------|
| 2.3 ESEMPI APPLICATIVI DI CARATTERIZZAZIONE  | pag        | 38        |
| 2.4 BRUGHERIO E L'APPLICABILITÀ DEL TACTICAL URBANISM                                    | pag        | 46        |
| <b>PARTE III_PROGETTO PAESAGGISTICO</b>  | <b>pag</b> | <b>49</b> |
| 3.1 ANALISI DELL'AREA E CONCEPT DEL SISTEMA CICLOPEDONALE                                | pag        | 50        |
| 3.1.1 INQUADRAMENTO FOTOGRAFICO  | pag        | 50        |
| 3.1.2 ANALISI SWOT GLOBALE   | pag        | 52        |
| 3.1.3 ANALISI SWOT DEL MARGINE EST DELL'ANELLO   | pag        | 53        |
| 3.1.4 L'ANELLO CICLOPEDONALE, I COLLEGAMENTI TRASVERSALI E LE PORTE DI ACCESSO AI PARCHI | pag        | 55        |
| 3.2 ORGANIZZAZIONE FUNZIONALE E DISTRIBUZIONE DEI SERVIZI                                | pag        | 57        |
| 3.4 SEZIONI TIPOLOGICHE DELL'ANELLO CICLOPEDONALE  | pag        | 60        |
| 3.5 MARGINE EST  | pag        | 64        |
| 3.6 IL SISTEMA DI ILLUMINAZIONE "LIGHT ON DEMAND"  | pag        | 69        |
| <b>PARTE IV_PROGETTO ARCHITETTONICO</b>  | <b>pag</b> | <b>71</b> |
| 4.1 ANALISI DEL LOTTO  | pag        | 72        |
| 4.1.1 STATO DI FATTO DEL LOTTO   | pag        | 72        |
| 4.1.2 INQUADRAMENTO FOTOGRAFICO  | pag        | 73        |
| 4.1.3 ANALISI SWOT   | pag        | 74        |
| 4.2 FLESSIBILITÀ TEMPORALE   | pag        | 74        |
| 4.3 ORGANIZZAZIONE FUNZIONALE E FLESSIBILITÀ SPAZIALE                                    | pag        | 76        |
| 4.4 PLANIMETRIE E PIANTE ARCHITETTONICHE   | pag        | 78        |
| 4.5 SEZIONI TERRITORIALI   | pag        | 80        |
| 4.6 PROSPETTI E SEZIONI  | pag        | 80        |
| 4.7 RIFERIMENTI PROGETTUALI  | pag        | 91        |
| <b>PARTE V_PROGETTO TECNOLOGICO</b>  | <b>pag</b> | <b>93</b> |
| 5.1 INVOLUCRO  | pag        | 94        |
| 5.1.1 SISTEMA STRUTTURA / RIVESTIMENTO   | pag        | 94        |

|  |            |            |
|--|------------|------------|
| 5.1.2 PACCHETTI TECNOLOGICI                            | pag        | 94         |
| 5.1.3 NODI TECNOLOGICI                                 | pag        | 94         |
| 5.2 SCHEMATIC DESIGN                                   | pag        | 106        |
| <b>PARTE VI_PROGETTO STRUTTURALE</b>                   | <b>pag</b> | <b>109</b> |
| 6.1 ANALISI DEI CARICHI                                | pag        | 110        |
| 6.1.1 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI               | pag        | 110        |
| 6.1.2 CARICHI VARIABILI: AFFOLLAMENTO                  | pag        | 111        |
| 6.1.3 CARICHI VARIABILI: AZIONE DEL VENTO              | pag        | 112        |
| 6.1.4 CARICHI VARIABILI: NEVE                          | pag        | 113        |
| 6.2 SOLAI  | pag        | 114        |
| 6.3 COMBINAZIONE DELLE AZIONI                          | pag        | 115        |
| 6.4 PREDIMENSIONAMENTO E VERIFICA TRAVI                | pag        | 115        |
| 6.4.1 TRAVI SECONDARIE                                 | pag        | 115        |
| 6.4.2 TRAVI PRINCIPALI                                 | pag        | 121        |
| 6.5 PREDIMENSIONAMENTO E VERIFICA PILASTRI             | pag        | 125        |
| 6.6 VERIFICA DELLE CLASSI                              | pag        | 127        |
| 6.7 PREDIMENSIONAMENTO E VERIFICA PLINTO DI FONDAZIONE | pag        | 128        |
| 6.8 VERIFICA DEI CONTROVENTI                           | pag        | 130        |
| 6.9 ESEMPIO E VERIFICA DI UNIONE                       | pag        | 131        |
| <b>BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA</b>                       | <b>pag</b> | <b>139</b> |
| <b>INDICE DELLE FIGURE</b>                             | <b>pag</b> | <b>143</b> |







ABSTRACT

## ABSTRACT\_italiano

La tesi qui presentata ha come oggetto di analisi e di progetto il Comune di Brugherio.

L'approccio adottato è quello multidisciplinare, con lo scopo di prendere in considerazione tutti gli aspetti rilevanti e caratterizzanti del luogo per arrivare alla definizione di un progetto completo da un punto di vista territoriale, paesaggistico, architettonico e tecnologico.

Partendo dalla normativa vigente, e in particolare dal Piano dei Servizi del PGT del 2012, è stato ripensato il sistema della mobilità lenta attualmente presente sul territorio comunale. Questo è stato implementato tramite la creazione di un anello ciclopedonale continuo che circonda il centro abitato e collega i principali luoghi di interesse e le aree di nuova urbanizzazione a carattere prevalentemente residenziale sviluppatesi negli ultimi anni. Dall'anello si diramano inoltre dei percorsi con la funzione di collegare trasversalmente i due PLIS presenti ai due margini est e ovest del territorio comunale. In corrispondenza dell'immissione di questi percorsi nei parchi sono previste delle porte di accesso, elementi architettonici integrati nel paesaggio con la funzione di ospitare servizi. Al fine di progettare questo sistema, sono state fatte delle analisi del territorio e delle sezioni stradali esistenti in modo da individuarne il tracciato ottimale.

Successivamente sono state eseguite delle ricerche dal punto di vista delle ambientazioni e della resa architettonica degli elementi costituenti i percorsi ciclopedonali e i relativi servizi ad esso collegati. La relativa applicazione è stata rappresentata in sezioni tipologiche che mostrano anche l'inserimento del percorso ciclopedonale nel contesto.

In un secondo momento, il progetto si è focalizzato sulla definizione del margine est dell'anello, in corrispondenza della transizione tra ambiente urbano consolidato e ambiente naturale e agricolo. In particolare, è stato approfondito il progetto di implementazione della pista ciclabile esistente, l'inserimento di nuovi servizi lungo il percorso dell'anello, la definizione della porta di accesso al parco e la progettazione di un centro educativo e documentale legato alla tematica ambientale.

L'edificio del centro studi, data la possibilità di integrazione con un futuro progetto di scuola superiore, è caratterizzato dalla flessibilità temporale e funzionale, ed è stato studiato approfonditamente da un punto di vista architettonico, tecnologico e strutturale.

## ABSTRACT\_english

This thesis focuses on the analysis and redesign of the municipality of Brugherio.

A multi-disciplinary approach was adopted, not only to account for all the relevant and characterizing aspects of the location, but also to enable the development of a comprehensive project that included the territorial, landscaping, architectonic and technological aspect of the design.

The project initially focused on the redesign of the entire municipal low-speed mobility system by following the 2012 PGT standard for the Piano dei Servizi. Such redesign was developed through the creation of a circular path for cyclists and pedestrians that surrounds the town and connects the main points of interests with the residential areas of recent development. Trails branch out from the cyclist and pedestrian path with the main purpose to link the two PLIS parks located at the eastern and western ends of the municipal territory. These trails can be accessed through entrance doors that are fully integrated with the landscape and are specifically designed to provide an ideal space for service areas or public events. The design of this entire system was the result of a comprehensive analysis of the territory and existent roads with the main purpose of determining the optimal path.

Successively, the project continued with an investigation on the architectural expression and ambience for the cyclists and pedestrian path and all the connected services. The result and application of this research can be seen in the typological sections that illustrate how the cyclist and pedestrian path matches with the context.

Finally, the project moved the focus on the eastern side of the cyclist and pedestrian path, at border between the consolidated urban environment and the natural and agricultural ones. In particular, the project dived into the implementation of the cyclist trail, the introduction of new spaces for services of various types along the path, the creation of the park entrance door and the design of an education center and archive dedicated to environmental themes. Given the opportunity to integrate the educational center with the future construction of a high school complex, the building is characterized by a time and functional flexibility, and it was studied and developed with great attention to all architectural, technical and structural details.



PARTE I\_ANALISI PRELIMINARI

## 1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

### 1.1.1 INQUADRAMENTO GENERALE

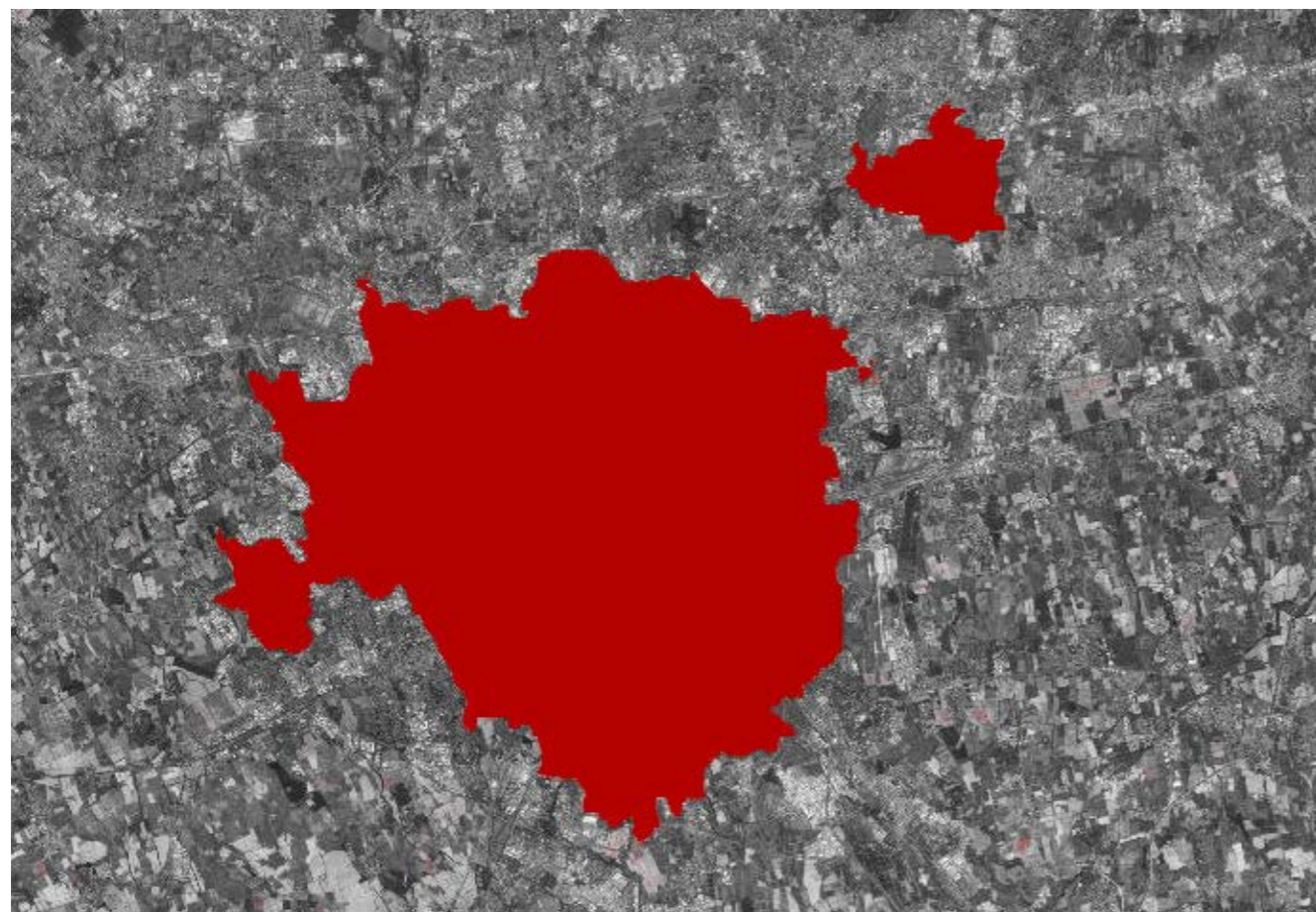
Il comune di Brugherio è situato nella parte meridionale della Provincia di Monza e della Brianza, ha un'estensione territoriale di circa 10 kmq ed è localizzato a soli 13 km di distanza da Milano.

Il territorio non presenta variazioni altimetriche significative e, come gli altri comuni della zona a nord di Milano, è caratterizzato dalla commistione di paesaggio urbanizzato e paesaggio agricolo.

La parte urbanizzata, concentrata maggiormente nella fascia centrale della superficie comunale, è caratterizzata da una buona distribuzione funzionale e dei servizi. Il centro storico è prevalentemente destinato a residenza e servizi, mentre l'industria è localizzata principalmente lungo l'asse dell'autostrada A4 e nella zona sud lungo il confine con Cologno Monzese.

La parte agricola è disposta ai margini est ed ovest del comune ed è parte integrante di due Parchi Locali di Interesse Sovracomunale.

Da sottolineare è la presenza di una centrale elettrica di circa 200.000 mq nella zona nord-ovest. La sua presenza comporta un forte impatto visivo da parte delle strutture e degli elettrodotti ad essa collegati.



### 1.1.2 BRUGHERIO NEL SISTEMA DEI TRASPORTI MILANESE E LOMBARDO

Brugherio, trovandosi non lontano dal capoluogo lombardo, è parte integrante del sistema viabilistico e della mobilità di Milano e della Lombardia.

Il territorio comunale è caratterizzato dalla presenza di importanti infrastrutture come l'autostrada A4 Milano-Venezia, la tangenziale est A51 e la tangenziale nord A52. La disposizione di questi assi viari, che circondano la quasi totalità della superficie comunale, determina la presenza di barriere fisiche, visive ed ecologiche importanti.

La vicinanza con Monza ha invece influito per la presenza del Viale delle Industrie, mentre, a livello locale, lo sviluppo urbanistico è avvenuto lungo la direttrice Milano-Vimercate, rappresentata da viale Lombardia.

Al momento il territorio di Brugherio non è toccato da infrastrutture su ferro, ma è già previsto il prolungamento della linea M2 della Metropolitana Milanese, che attualmente ha come capolinea la fermata di Cologno Nord. Il progetto di espansione completo prevede il prolungamento della linea fino a Vimercate, ma, per questioni legate alla sostenibilità economica dell'intero progetto, al momento si prevede l'aggiunta della sola fermata di Brugherio. Il nuovo tracciato ferroviario sarà in trincea e la stazione è prevista nella parte est del territorio comunale, come da Piano dei Servizi.

Il progetto di prolungamento rappresenterebbe sicuramente una buona occasione per il comune per quanto riguarda la mobilità e la connessione diretta con il capoluogo lombardo, ma comporterebbe anche una serie di questioni legate al nuovo nodo intermodale che si andrebbe a creare.

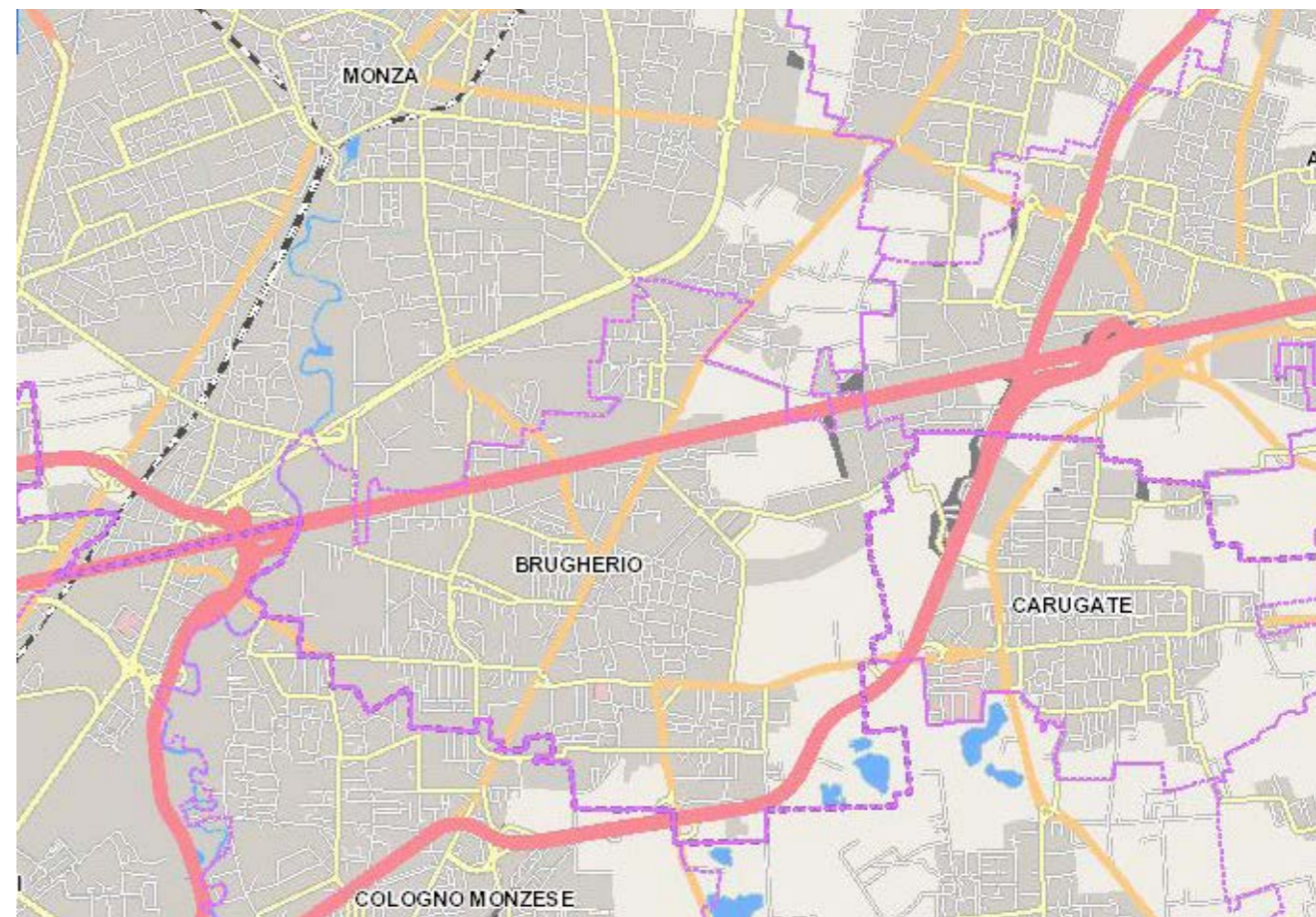
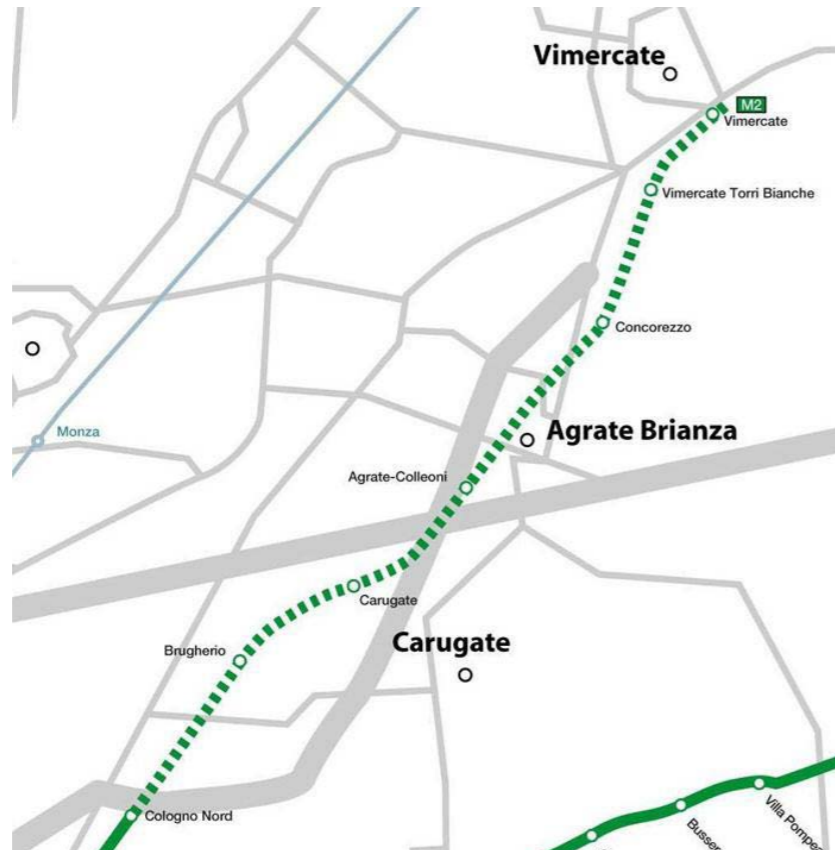


Fig. 01 Inquadramento territoriale: il Comune di Brugherio in relazione con il Comune di Milano

Fig. 02 Sistema dei trasporti



## 1.2 INQUADRAMENTO STORICO

### 1.2.1 INQUADRAMENTO GENERALE

Il Comune di Brugherio fu istituito solamente nel 1866 dall'accorpamento dei comuni di Casina Baraggia, San Damiano e parte di Moncucco. In un secondo momento furono inglobate anche le frazioni di Occhiate e Increa.

Il tessuto urbano attuale risente ancora dell'influenza degli insediamenti antecedenti alla istituzione del comune. Il centro storico è costituito principalmente da quella che un tempo era la parrocchia di San Bartolomeo, mentre sono tutt'oggi presenti molte delle ville di delizia delle famiglie aristocratiche milanesi costruite durante il 1700. Alcune di quest'ultime attualmente sono sedi di istituzioni e servizi comunali come il municipio (Villa Fiorita) e la biblioteca civica (Palazzo Ghirlanda).

Altro elemento rilevante nello sviluppo dell'assetto urbano è viale Lombardia e l'adiacente sedime della tranvia Milano-Vimercate, attiva dal 1880 al 1981 e oggi sostituita da un percorso ciclopedonale. Questa direttrice ha determinato uno degli assi preferenziali di sviluppo del tessuto urbano consolidato e rappresenta inoltre una delle maggiori vie di comunicazione che attraversa l'intero territorio comunale (SP3 Milano-Imbersago).

### 1.2.2 ACCRESCIMENTO URBANO DAL DOPOGUERRA

Fino alla metà degli anni '50, il tessuto urbano del Comune di Brugherio era ancora caratterizzato dalla presenza di insediamenti isolati, corrispondenti ai comuni e alle frazioni unificate nel 1866.

Osservando i dati ISTAT relativi alla popolazione in relazione all'espansione urbana, si nota come vi sia stato un notevole incremento demografico e accrescimento urbano durante gli anni del boom economico. In particolare, si passa dai 15.263 abitanti del 1961 ai 25.369 del 1971. Questo è dovuto alle politiche immobiliari attuate in quegli anni per far fronte all'ondata migratoria proveniente dal sud Italia e all'apertura di nuovi complessi industriali.

Per questi motivi, come si può vedere negli schemi di accrescimento, il territorio di Brugherio vede mutare in maniera drastica il suo aspetto nell'arco di trent'anni, attraverso un'espansione urbana e un consumo di suolo notevole.

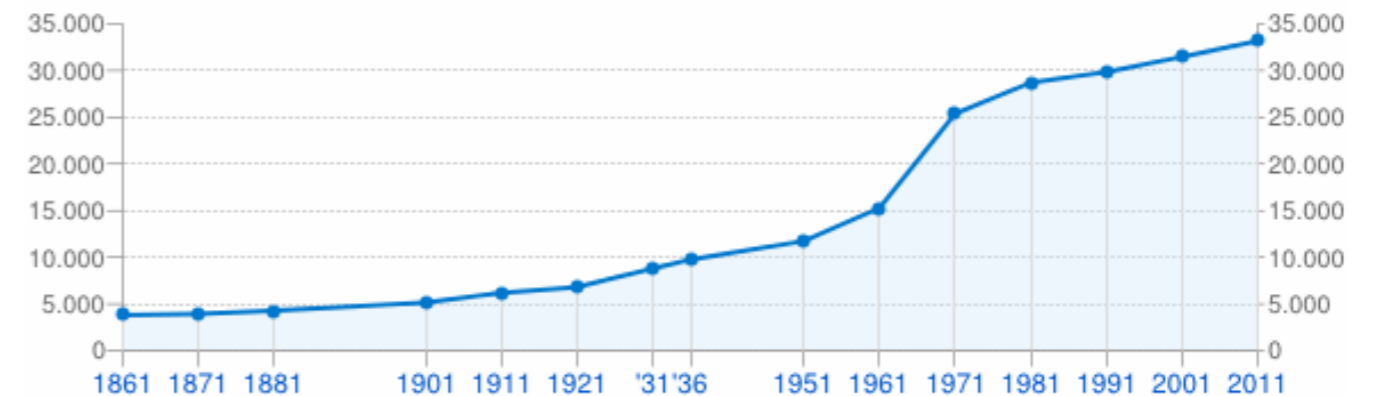
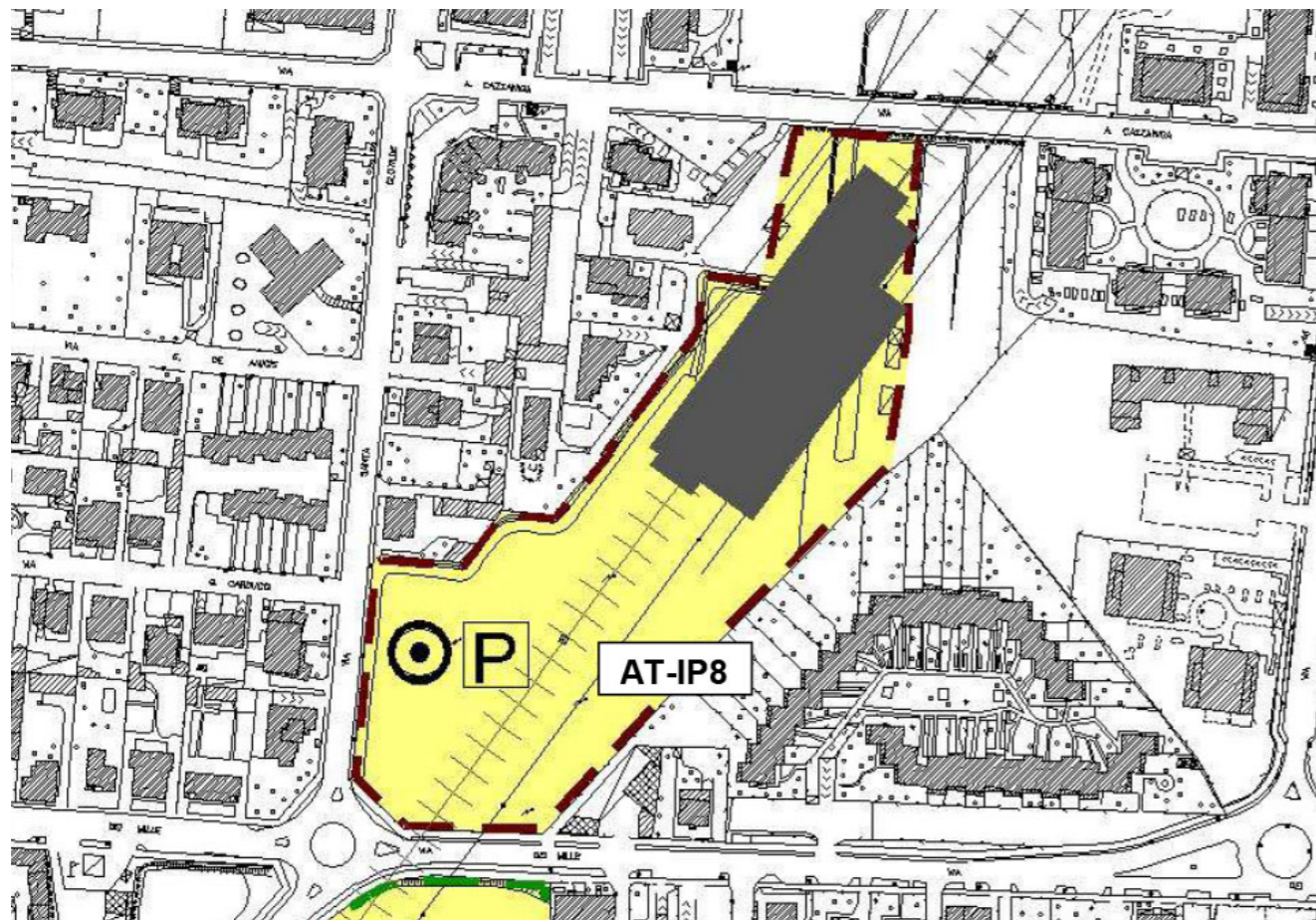
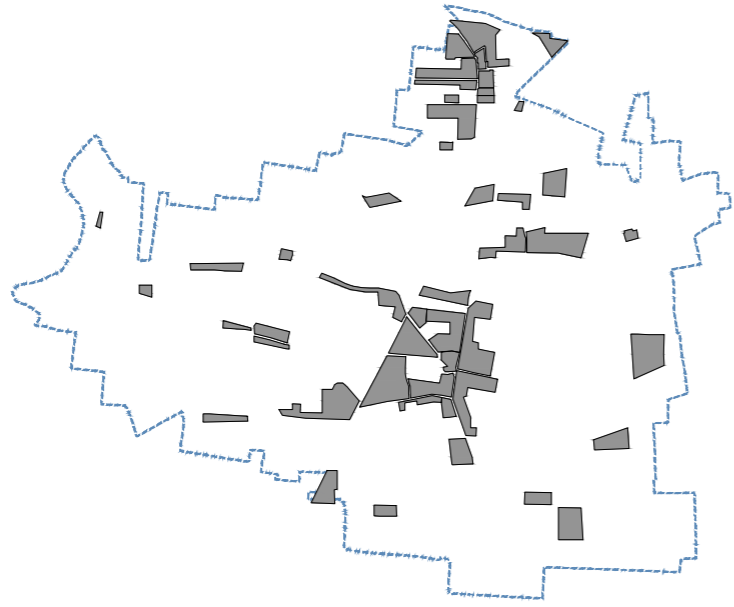


Fig. 03 Progetto di estensione della linea M2

Fig. 04 PGT 2012: ambito di trasformazione della stazione della metropolitana

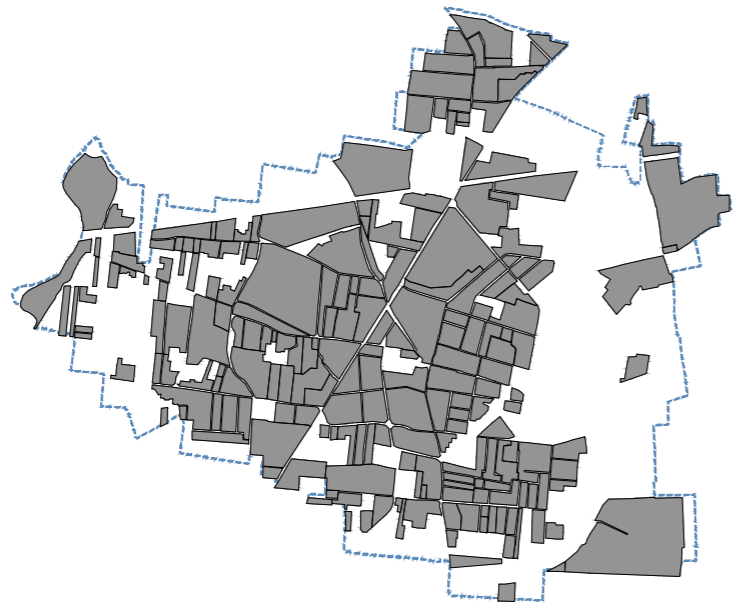
Fig. 05 Grafico popolazione residente ai censimenti (dati ISTAT)



TESSUTO URBANO NEL 1955



TESSUTO URBANO NEL 1988



TESSUTO URBANO NEL 1997



TESSUTO URBANO NEL 2012



## 1.3 INQUADRAMENTO PAESAGGISTICO

### 1.3.1 I PLIS

Il territorio di Brugherio è caratterizzato dalla presenza di due Parchi Locali di Interesse Sovra-comunale (PLIS).

Si tratta di parchi che solitamente hanno dimensioni più ridotte rispetto ai parchi regionali, ma che svolgono comunque un ruolo fondamentale nella salvaguardia e nella tutela dell'ambiente e di sistemi omogenei che combinano valori naturalistici, paesaggistici e culturali.

Vengono istituiti da parte di singoli comuni o tramite accordi tra più comuni attraverso decisioni autonome e permettono la tutela di aree a vocazione prevalentemente agricola e la valorizzazione del paesaggio tradizionale locale, il recupero di aree marginali degradate urbane e la conservazione della biodiversità grazie alla creazione di corridoi ecologici.

Uno dei ruoli fondamentali svolti dai PLIS è quello di fare da elementi di connessione e integrazione tra sistemi del verde a differenti scale territoriali, ovvero tra il verde urbano e quello delle aree protette di interesse regionale.

### 1.3.2 PARCO EST DELLE CAVE

Il PLIS del Parco Est delle Cave è stato istituito nel 2009, ha un'estensione di circa 799 ettari e comprende i Comuni di Brugherio, Carugate, Cernusco sul Naviglio, Cologno Monzese e Vimodrone.

Si inserisce nel contesto dell'alta pianura irrigua ed è caratterizzato da un elevato tasso di urbanizzazione e infrastrutturazione per la presenza dei centri abitati, gli insediamenti industriali e soprattutto la Tangenziale Est che lo attraversa diagonalmente.

Nonostante i processi di edificazione a cui il territorio è stato sottoposto negli ultimi cinquant'anni, sono stati conservati alcuni aspetti tipici del paesaggio agrario, quali siepi e alberature di confine tra gli appezzamenti agricoli, filari di ripa e piccole aree boschive diffuse.

Altri elementi caratterizzanti sono i sei specchi d'acqua, alcuni dei quali in ambiti di cava tuttora attivi, alcune cascine con presenze architettoniche religiose di interesse e i due ambiti di rilevanza paesaggistica.

Il parco, assieme al Parco delle Cascine, garantisce la continuità ecologica nell'area est di Milano, collegando lungo l'asse nord-sud il Parco Agricolo Sud con la zona di Monza e il Parco del Molgora, coinvolgendo il canale Villoresi e il naviglio della Martesana.

Il carattere agricolo del parco è per lo più relazionato all'allevamento bovino da latte, motivo per cui la coltura principale è quella delle foraggere.

Gli scopi principali del parco sono quelli della tutela e riqualificazione paesaggistica tramite anche l'incremento delle connessioni ecologiche a livello locale e a scala territoriale vasta, la tutela del patrimonio e del paesaggio agricolo tipico di queste zone e la conservazione dei beni storici ad esso collegati.

Si sottolinea inoltre la funzione sportiva e ricreativa sostenibile, destinazione funzionale ben applicata nella zona degli specchi d'acqua di Increa, dove le funzioni ludiche hanno al contempo un risvolto di promozione e sensibilizzazione alle tematiche del recupero naturalistico e forestale. Il coinvolgimento della popolazione resta uno degli aspetti alla base della salvaguardia del territorio.

Fig. 07 Il Parco Est delle Cave: lo specchio d'acqua di Increa



### 1.3.3 PARCO DELLA MEDIA VALLE DEL LAMBRO

Il PLIS del Parco della Media Valle del Lambro è stato istituito nel 2002 e nei suoi 660 ettari sono compresi i territori dei comuni di Brugherio, Cologno Monzese, Milano, Sesto San Giovanni e Monza.

Come per il Parco Est delle Cave, l'area del Parco della Media Valle del Lambro è caratterizzata dalla forte presenza antropica e dall'elevato tasso di edificazione. In particolare, questo parco, oltre che svilupparsi lungo il percorso del fiume Lambro, si compone delle aree marginali presenti lungo la Tangenziale Nord, dalla zona di Brugherio fino a viale Forlanini.

Oltre alla presenza infrastrutturale, nell'area si trovano numerose attività industriali e i relativi capannoni e depositi. Nella zona centrale del parco vi è anche una discarica legata alle attività della ditta Falk, all'interno della quale il Comune di Cologno Monzese ha presentato un progetto di recupero e riqualificazione dell'area attraverso la creazione del Parco di San Maurizio al Lambro.

Si tratta quindi di un territorio particolarmente problematico e degradato da anni d'incuria, in cui le criticità legate al consumo di suolo e all'elevata urbanizzazione si intrecciano a quelle dell'inquinamento e della gestione idrogeologica del corso d'acqua, con i relativi rischi di esondazione ed erosione degli argini.

Nella zona compresa nel Comune di Brugherio, si sottolinea la presenza del depuratore a ridosso del confine comunale con Monza.

Per quanto riguarda la componente agricola del parco, invece, si tratta principalmente di terreni seminativi.

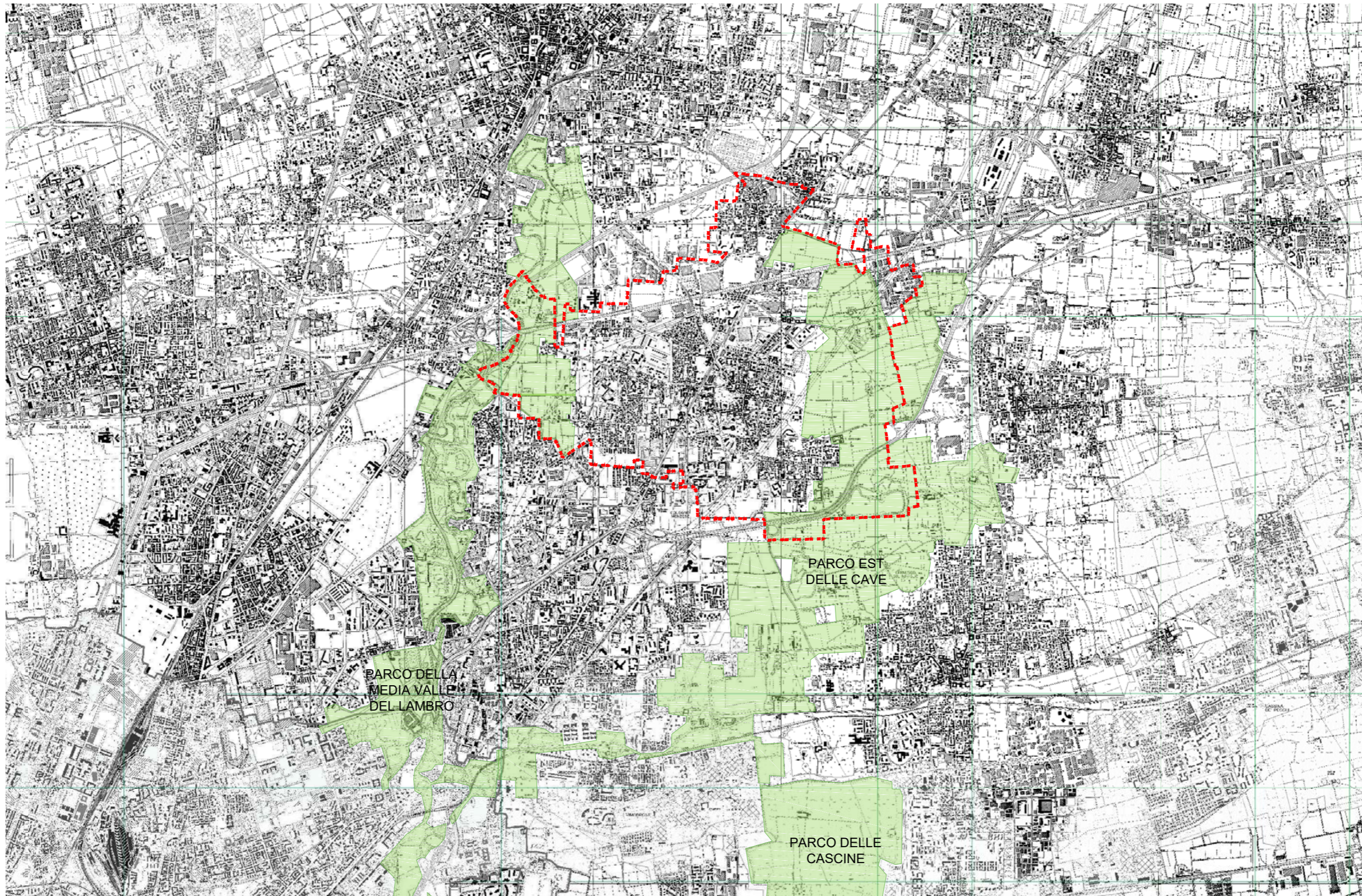


Fig. 08 Il sistema dei parchi nel territorio di Brugherio



## 1.4 INQUADRAMENTO LEGISLATIVO

### 1.4.1 PGT

Lo strumento legislativo vigente nel Comune di Brugherio è il Piano di Governo del Territorio del 2012, redatto dall'architetto Carlo Luigi Gerosa, e le successive varianti.

A livello urbanistico, interessanti sono le tavole del Documento di Piano relative alla mobilità e agli ambiti strategici, in cui viene mostrata la volontà da parte del comune di rafforzare il sistema di mobilità lenta già esistente e l'individuazione di ambiti e aree di futuro sviluppo, sia di interesse pubblico che residenziale e produttivo.

Un ruolo importante è dato agli ambiti di trasformazione di interesse pubblico di notevole estensione, come l'area destinata alla futura stazione della metropolitana nella zona sud-est del territorio comunale, l'area dell'attuale centrale elettrica e la zona adiacente a quest'ultima, oggi trattata a vivaio, nella porzione nord-ovest.

Per quanto riguarda l'area attualmente occupata dal cantiere della scuola superiore di via Rodari, si tratta di un ambito di trasformazione già individuato dal PRG del 2010, e per questo viene definito come ambito di trasformazione in fase di attuazione in tutti gli elaborati grafici del PGT del 2012. Seppur trovandosi a ridosso del PLIS del Parco Est delle Cave, non è soggetto a vincoli di tipo paesaggistico, ma è considerato come tessuto urbano consolidato. Gli unici vincoli sono quelli dati da infrastrutture di tipo elettrico, una linea aerea lungo via Rodari, una stazione radio nel lato meridionale del lotto.

Fig. 09 Il Parco della Media Valle del Lambro

### 1.4.2 PIANO DEI SERVIZI

Il Piano dei Servizi presente nel PGT redatto nel 2012 e la sua variante del giugno 2016, realizzata dall'Ufficio Tecnico in collaborazione con il Dipartimento di Architettura e Studi Urbani del Politecnico di Milano, presentano al loro interno un valido strumento per l'implementazione e la progettazione della mobilità lenta su tutto il territorio comunale di Brugherio.

In particolare, risulta fondamentale la tavola PS 05 dei Servizi di Progetto. In essa viene riportata la strategia globale che mette in relazione viabilità e ambiti di trasformazione e riqualificazione.

Alla base di questa strategia vi è l'idea di creare un anello ciclopedonale continuo di circa 7 km che racchiude al suo interno una buona parte dell'edificato presente sul territorio comunale. L'idea è che questo elemento non sia esclusivamente una via di comunicazione e spostamento all'interno del territorio comunale, ma che si configuri come spazio attrezzato caratterizzante che la cittadinanza può vivere ed usufruire.

Non si tratta quindi semplicemente di uno spazio lineare limitato al sedime della pista ciclabile e del percorso pedonale, ma si compone di spazi differenziati destinati ad accogliere servizi e strutture complementari per la sosta e lo svago. Infatti, lungo lo sviluppo dell'anello, sono previsti aree a verde e parchi pubblici, oltre che ad una rete di nuovi servizi e funzioni di interesse collettivo che includono spazi urbani a libero accesso.

A questo primo layer si va a sovrapporre quello dei collegamenti trasversali est-ovest che hanno come scopo principale il mettere in relazione il Parco Est delle Cave e il Parco della Media Valle del Lambro tra di loro, ma anche con l'anello e in conseguenza con il centro storico di Brugherio. Una relazione tra ambiente urbano e ambiente naturale che vuole essere sottolineata e caratterizzata da un linguaggio progettuale proprio.

Nei punti in cui questi percorsi trasversali incontrano i parchi, sono previste le cosiddette porte di accesso, elementi architettonici e non che accolgono servizi, svolgono funzioni informative, divulgative e di supporto alla visita degli spazi naturali dei PLIS. Si configurano, infatti, come punti di accesso e di vista sul paesaggio rurale ed agrario che caratterizza l'area a nord di Milano.

A questi due layer principali, si aggiunge quello dei percorsi ciclopedonali del centro storico e della porzione di edificato interna all'anello. Questo sistema, più fitto ed articolato, ma al tempo stesso di configurazione più lineare e semplificata, risulta molto importante per l'attraversamento radiale e il collegamento con i servizi e le funzioni di interesse pubblico concentrate attorno al nucleo storico.

La strategia illustrata nel Piano dei Servizi si presenta come connubio ed equilibrio tra esigenze e interessi differenti, riuscendo a dare un indirizzo chiaro e preciso su come andare a intervenire.

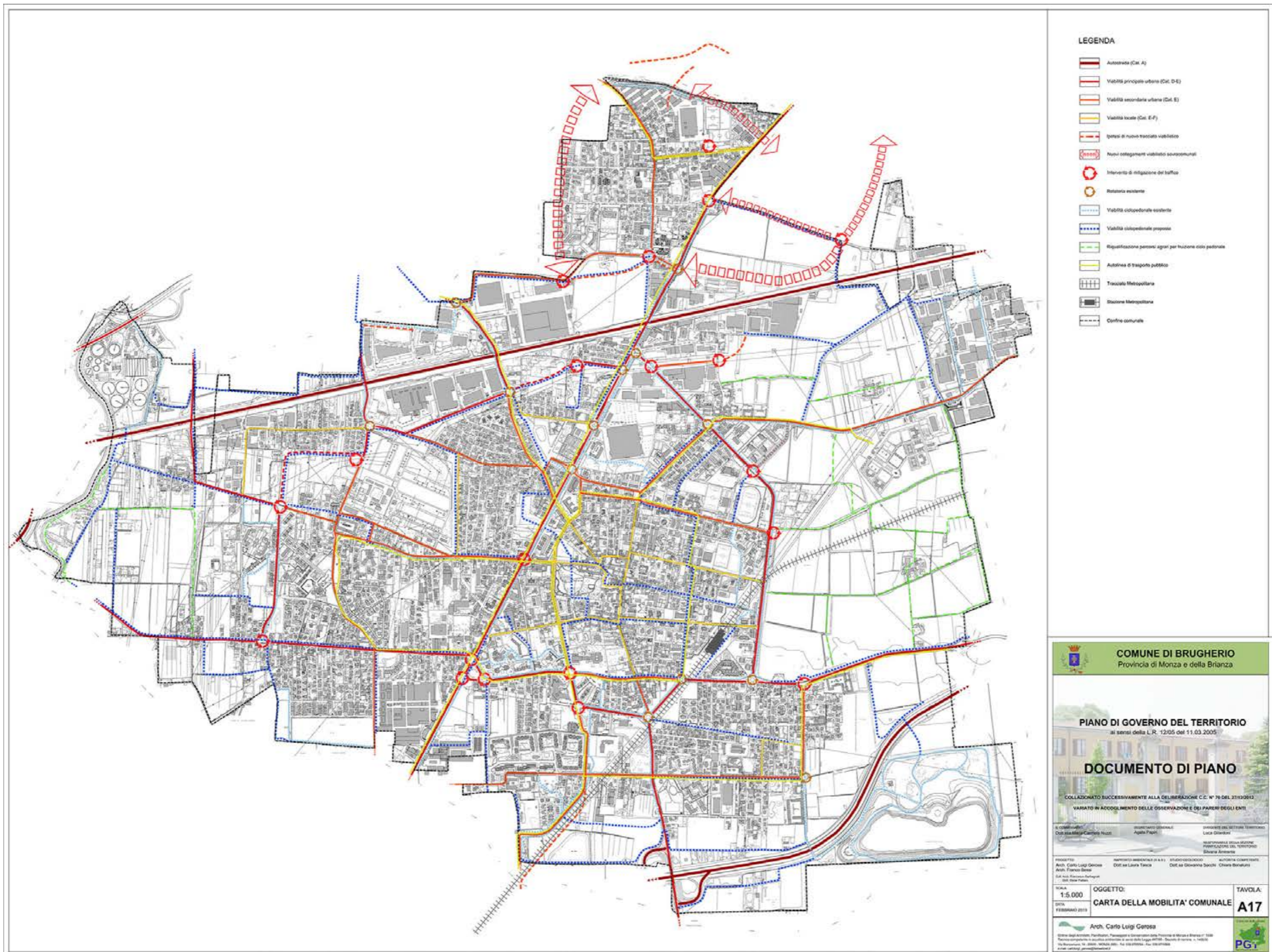


Fig. 10 PGT 2012: Documento di Piano TAV. A17: Carta della mobilità



Fig. 11 PGT 2012: Documento di Piano TAV. A25: Ambiti strategici

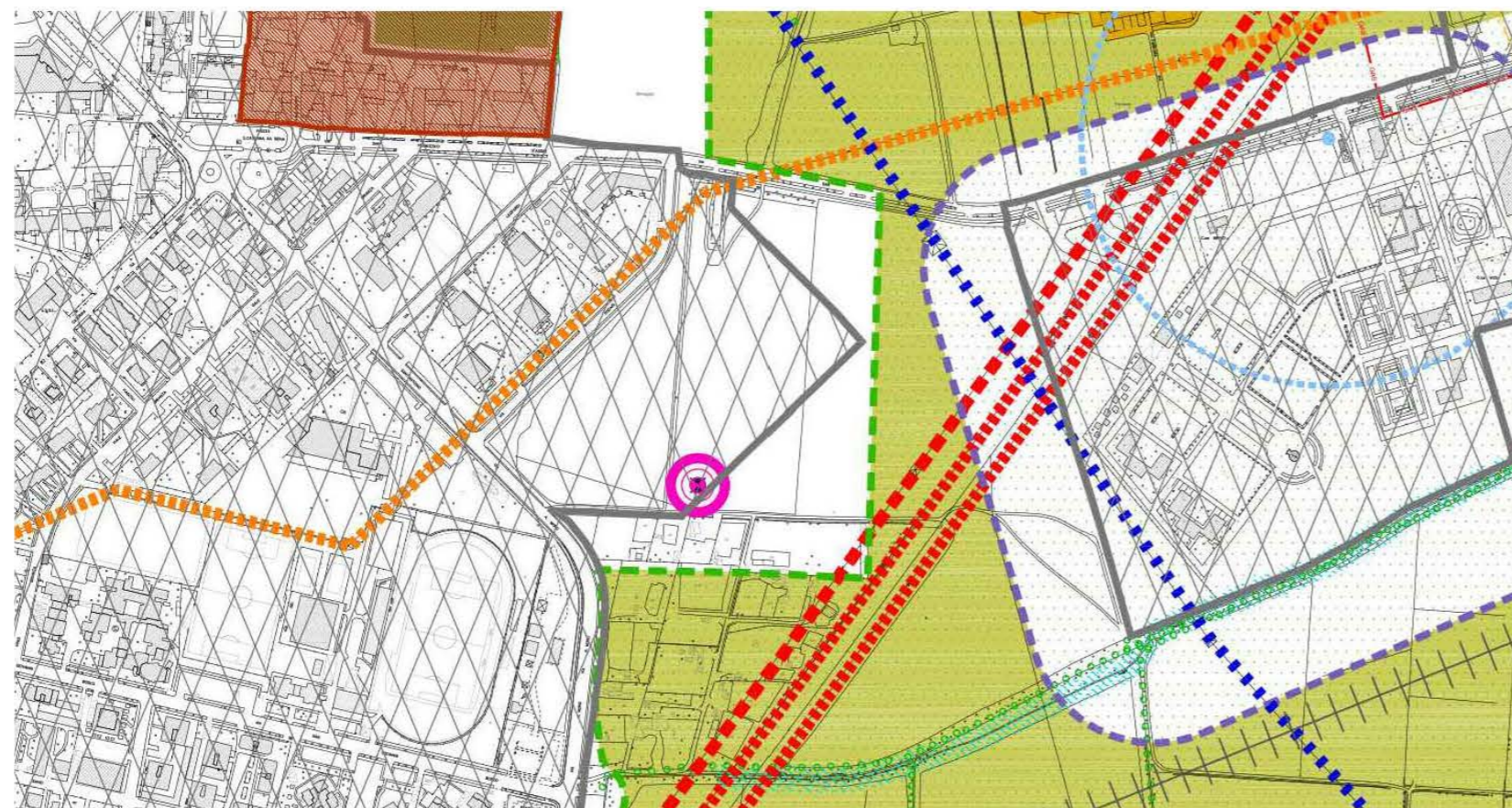
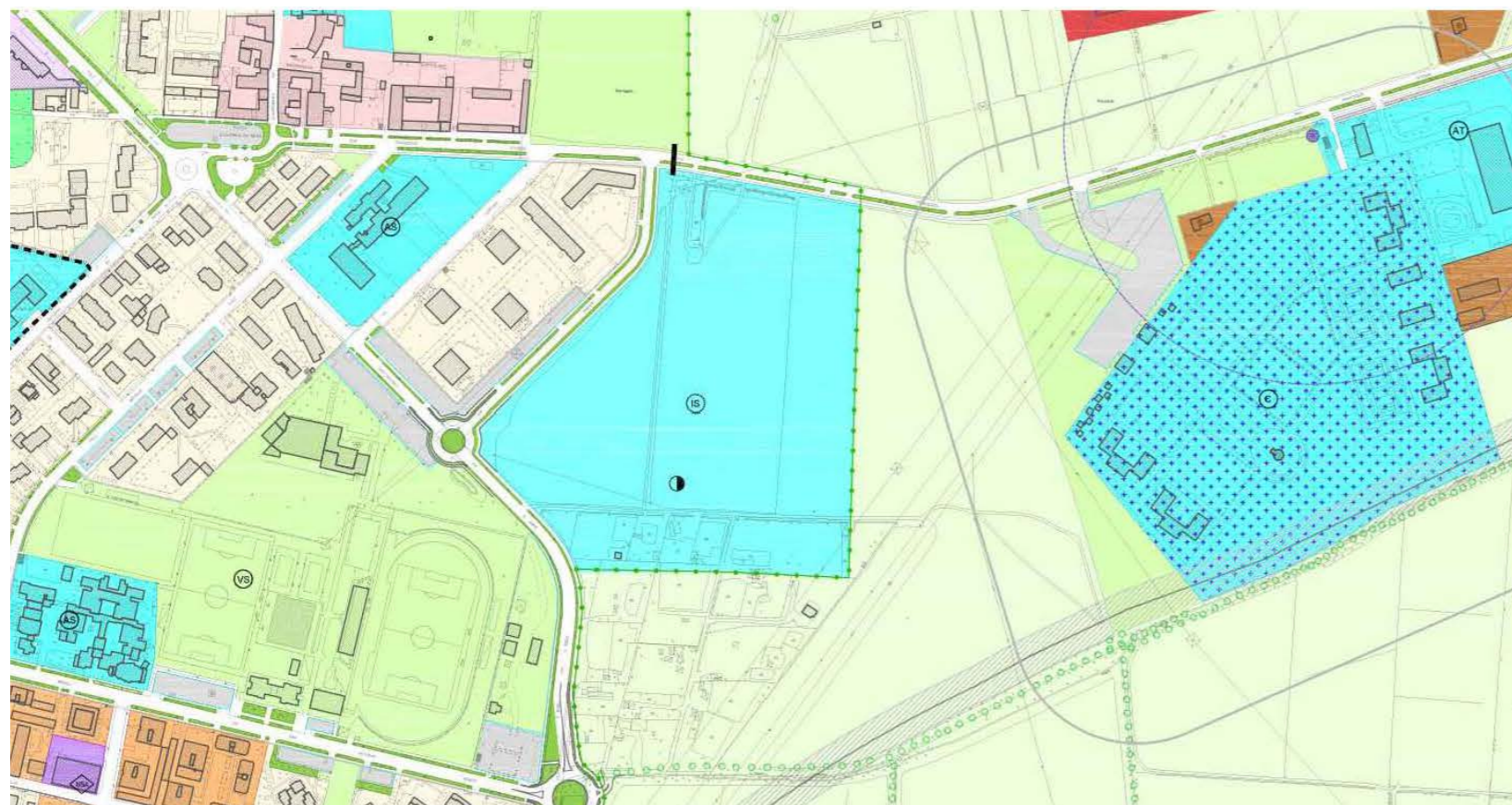


Fig. 12 PGT 2012: Documento di Piano TAV. A11: Repertorio dei vincoli  
Fig. 13 PGT 2012: Documento di Piano TAV. A20: Carta delle classi di sensibilità paesaggistica



**SISTEMA DEI SERVIZI**

- Area per servizi ed attrezzature di livello comunale - Zona F1 - art. 44 - art. 55
- Impianto osteopedico (OS) - art. 44.2
- Attrezzatura di interesse comune (AC) - Attrezzature religiose (AR) - art. 44.3
- Parco e verde attrezzato - art. 44.4 - Verde sportivo (VS) - art. 44.5
- Parcheggi pubblici o di uso pubblico - art. 44.5
- Attrezzatura sportiva (AT) - art. 44.7
- Attrezzature culturali (AM) - art. 44.8
- Servizi pubblici essenziali (SPE) - art. 44.9
- Servizi pubblici generali (SPG) - art. 44.10
- Servizi pubblici speciali (SPS) - art. 44.11
- Servizi pubblici speciali (SPS) - art. 44.12

- Area per servizi ed attrezzature di livello sovacomunale - Zona F2 - art. 45 - art. 55
- Impianto sportivo o ricreativo (IS) - art. 45.1
- Attrezzatura sportiva (AT) - art. 45.2
- Parco, verde ambientale e attrezzato - art. 45.3
- Area sportiva di base (ASB) - art. 45.4

- Area per servizi ed attrezzature private di uso pubblico - Zona AP - art. 46 - art. 55
- Servizi ed attrezzature private di uso pubblico

**SISTEMA DELLA MOBILITÀ - art. 48**

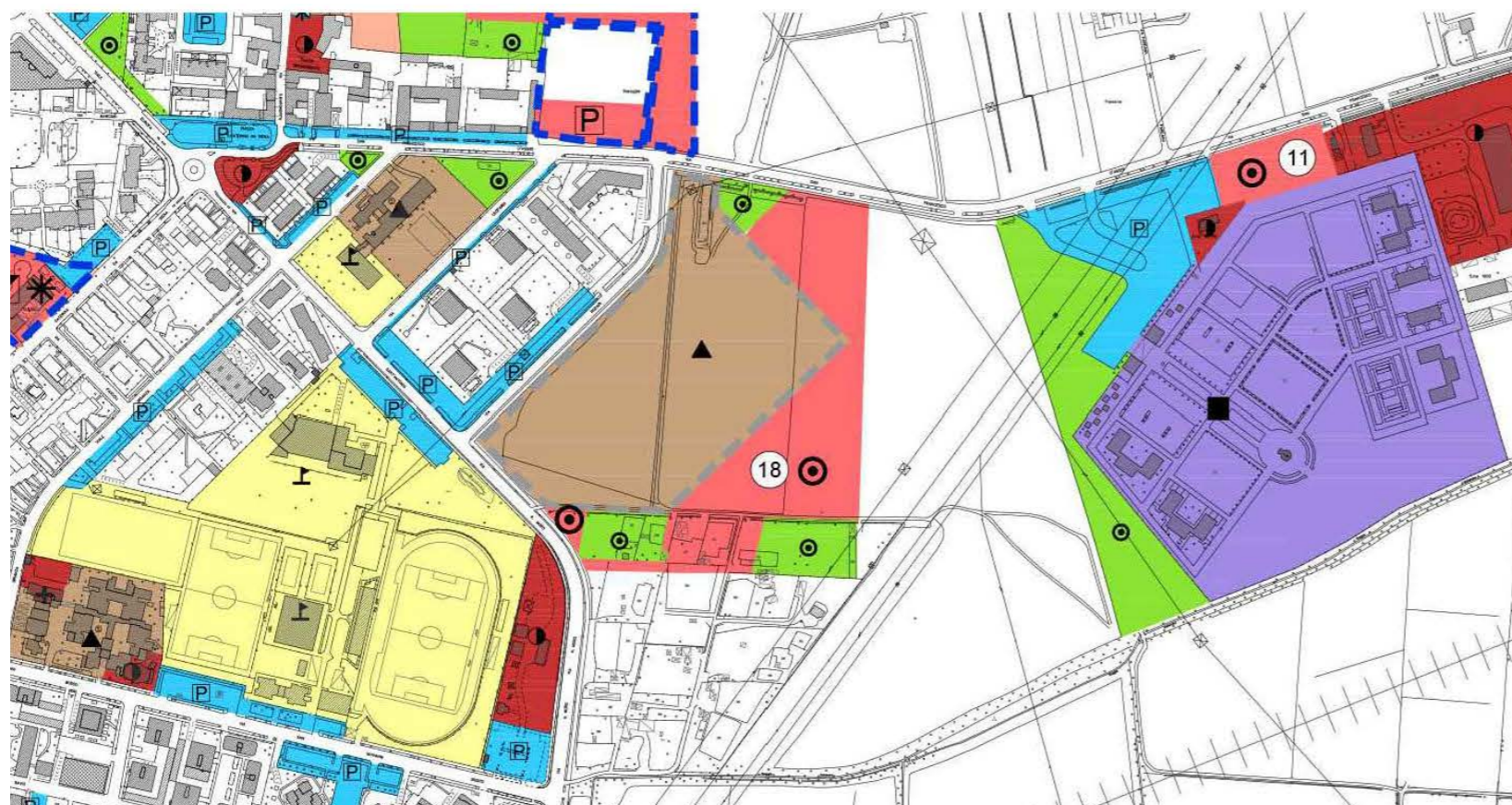
- Area per le viabilità - Stazioni di rifornimento e servizio carburante - art. 48
- Navili e servizi navali
- Orto di progetto
- Manufatti di progetto o di riutilizzo
- Verde di mitigazione o ammortizzazione infrastrutturale - art. 48.1
- Fascia di rispetto stradale - art. 48.3
- Centri per la manutenzione di impianti su binari - art. 48.2 - art. 50.2
- Stazioni della metropolitana - art. 48.2 - art. 48.3
- Delimitazione Cerchio Abitato

**SISTEMA AGRICOLO-AMBIENTALE**

- Area agricola - Zona E - art. 59
- Zona E1: Colture in piena agricoltura
- Zona E2: Aree o parti di aree di vocazione agricola
- Altre vocazioni in zona agricola
- Zona di tutela e progetto ambientale - art. 61
- Zona o verde ambientale tutelato di interesse ambientale - art. 60
- Zona S1: Zona soggetta a vincolo di paesaggio e di tutela ambientale - art. 61.1
- Confini di tutela - art. 61.1
- Zona S2: Zona di tutela dei boschi - art. 61.2
- Non di abitar - art. 61.3
- Albera di interesse ambientale - art. 61.5
- Parco Locale di Interesse Sovacomunale della Valle del Lario - art. 62
- Parco Locale di Interesse Sovacomunale del Lago Corno - art. 62

- Fascia di rispetto e area a destinazione speciale
- Limite tra le fasce A e la fascia B - art. 30 - art. 33
- Limite tra le fasce B e la fascia C - art. 30 - art. 33
- Unità di progetto tra la Fascia B e la Fascia C - art. 29 - art. 33
- Unità esterne della Fascia C - art. 33 - art. 33

- Fascia di rispetto ferroviario - art. 47
- Unità di riferimento di piazza o piazza pubblica - art. 31 - art. 32
- Fascia di rispetto piazza - art. 31 - art. 32
- Fascia di rispetto spaziale - art. 19.2
- Fascia di tutela ambientale
- Impianti per la produzione e la distribuzione - art. 26.2
- Esistenti - art. 26.2
- Da realizzare - art. 26.2
- Previdi - art. 26.2
- Ambito di individuazione - art. 26.2



**SERVIZI ESISTENTI**

- Attrezzatura di interesse comune
- Attrezzatura scolastica
- Attrezzatura religiosa
- Attrezzatura sanitaria
- Verde pubblico
- Attrezzatura sportiva
- Cimitero
- Impianto tecnologico
- Parcheggio pubblico

**AREE DI TRASFORMAZIONE**

- Area di trasformazione individuata dal D.d.P.
- Area in attuazione o attuale
- Area soggetta a P.C.C.

**SERVIZI DI PROGETTO**

- Attrezzatura di interesse comune
- Attrezzatura scolastica
- Attrezzatura religiosa
- Attrezzatura ricettiva/sanitaria
- Verde pubblico
- Attrezzatura sportiva
- Parcheggio pubblico
- Assistenziale
- Sociale
- Ricreativo
- Culturale
- Ambito di trasformazione con realizzazione di servizi non ancora definiti nella tipologia o localizzazione
- Parco, verde ambientale e attrezzato: Attrezzature pubbliche e di uso pubblico
- Parco, verde ambientale e attrezzato: Parco territoriale
- Tracciato o stazione Metropolitana
- Confine comunale

Fig. 14 PGT 2012: Documento di Piano TAV. A21: Azzonamento PRG vigente  
 Fig. 15 PGT 2012: Piano dei Servizi TAV. C2: Azzonamento

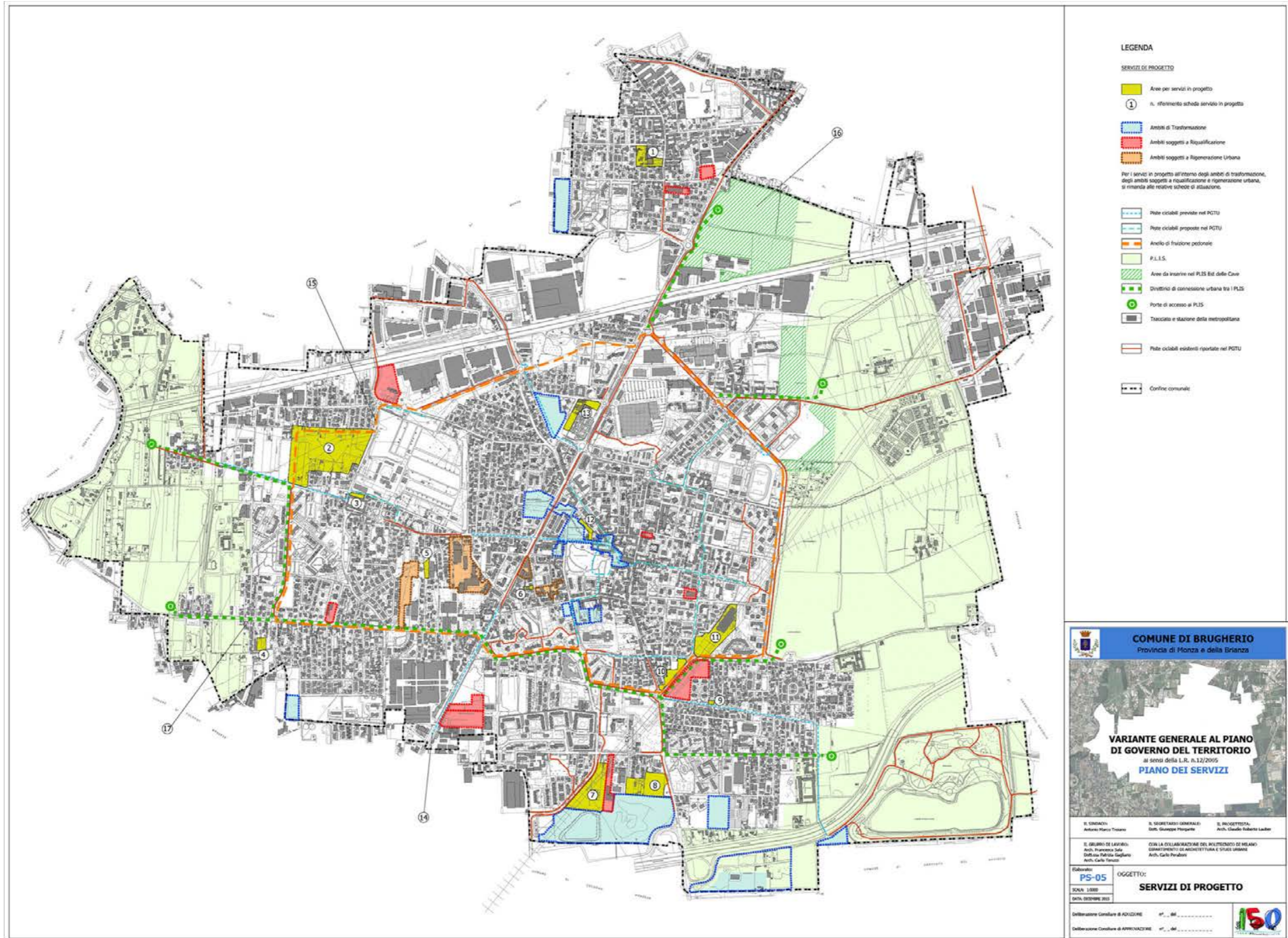
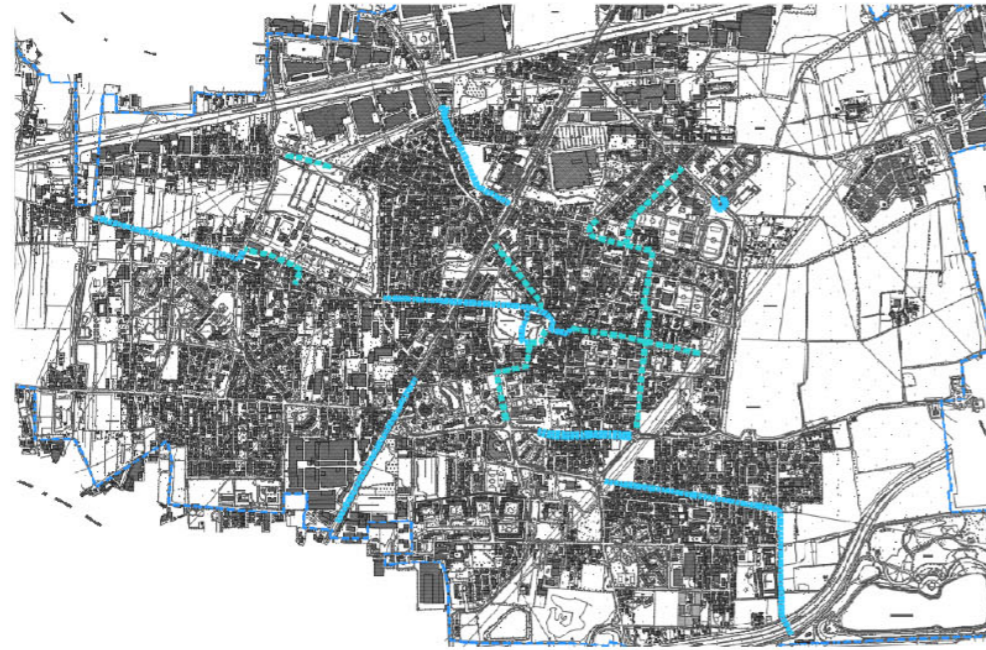


Fig. 16 Variante PGT 2012: PS 05: Servizi di progetto



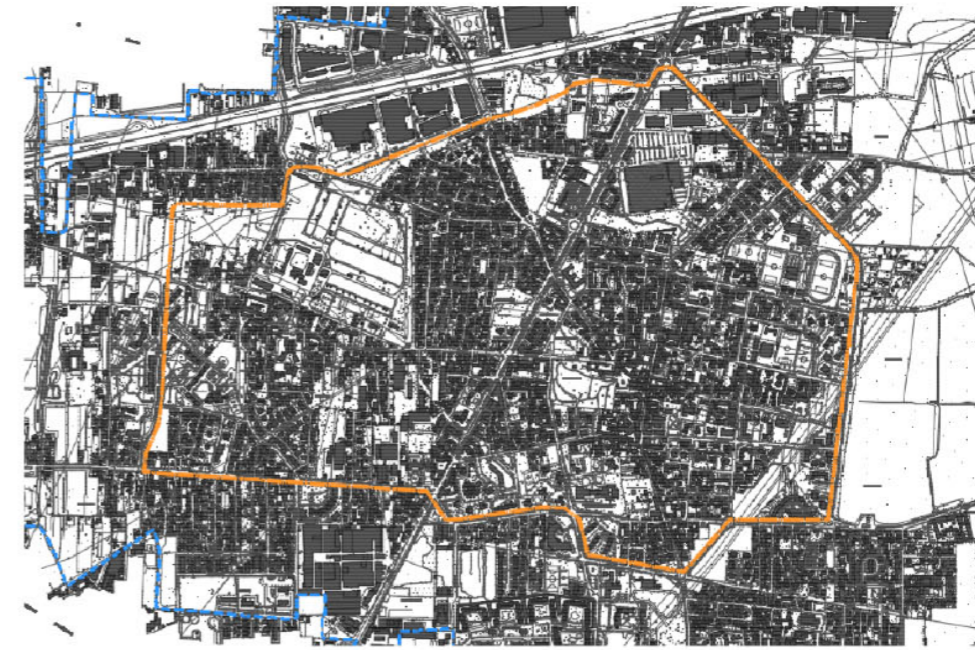
SCHEDA DI PROGETTO N. 14



Stralcio Tav. PS-05 Servizi di progetto

|   |   |
|---|---|
| Tipologia del servizio:                 | SERVIZI ALLA MOBILITA'  |
| Tipologia specifica del servizio:       | Piste ciclabili previste e proposte nel PGTU  |
| Descrizione del servizio da realizzare: | Potenziamento del servizio esistente finalizzato alla realizzazione di un sistema di percorsi di fruizione che permei la città, integrando le funzioni ricreative con lo sviluppo di un sistema di mobilità alternativa funzionale al collegamento dei principali nodi urbani |
| Tipologia utenti                        | Collettività  |
| Provenienza utenti                      | Sovracomunale   |

SCHEDA DI PROGETTO N. 15



Stralcio Tav. PS-05 Servizi di progetto

|   |   |
|---|---|
| Tipologia del servizio:                 | SERVIZI ALLA PERSONA  |
| Tipologia specifica del servizio:       | Anello di fruizione pedonale  |
| Descrizione del servizio da realizzare: | Realizzazione di un nuovo servizio di interesse collettivo mediante l'attuazione di un anello di fruizione pedonale completo e connesso (6,7 km di sviluppo) che consenta di caratterizzare la città. |
| Tipologia utenti                        | Collettività  |
| Provenienza utenti                      | Locale  |

SCHEDA DI PROGETTO N. 17



Stralcio Tav. PS-05 Servizi di progetto

|   |   |
|---|---|
| Tipologia del servizio:                 | SERVIZI AL VERDE – SERVIZI ALLA MOBILITA'   |
| Tipologia specifica del servizio:       | Direttrici di connessione urbana tra i PLIS   |
| Descrizione del servizio da realizzare: | Realizzazione di direttrici di connessione urbana tra i PLIS. L'infrastruttura verde, funzionale al loro collegamento, dovrà essere riconoscibile come dorsale attrezzata per portare "dentro" il centro del nucleo urbano comunale i valori fruitivi dei PLIS. Il sistema degli spazi pubblici attraversati dalla connessione dovrà riconoscere l'appartenenza a questa infrastruttura tematica. |
| Tipologia utenti                        | Collettività  |
| Provenienza utenti                      | Sovracomunale   |

## 1.5 ANALISI TERRITORIALI

A livello del territorio comunale, sono state seguite due analisi territoriali con lo scopo di comprendere in maniera più approfondita gli spazi che caratterizzano l'anello ciclopedonale di progetto e il suo ambito.

### 1.5.1 IL SISTEMA DEGLI SPAZI PUBBLICI

La prima analisi territoriale riguarda il sistema degli spazi pubblici che si trovano lungo il percorso dell'anello.

Nello schema sono individuate quattro fasce di influenza e di percorrenza, rispettivamente di 50m, 100m, 150m e 200m. La gradazione che si viene così a creare indica lo spazio liberamente accessibile e raggiungibile dall'utente a partire dall'anello ciclopedonale.

Lo scopo di tale schema è quello di mostrare la potenziale capacità di espansione e influenza che il nuovo sistema di mobilità lenta ha all'interno dello spazio urbano e, in conseguenza, la potenziale capacità di innescare processi di rigenerazione e riqualificazione urbana, sociale ed economica.

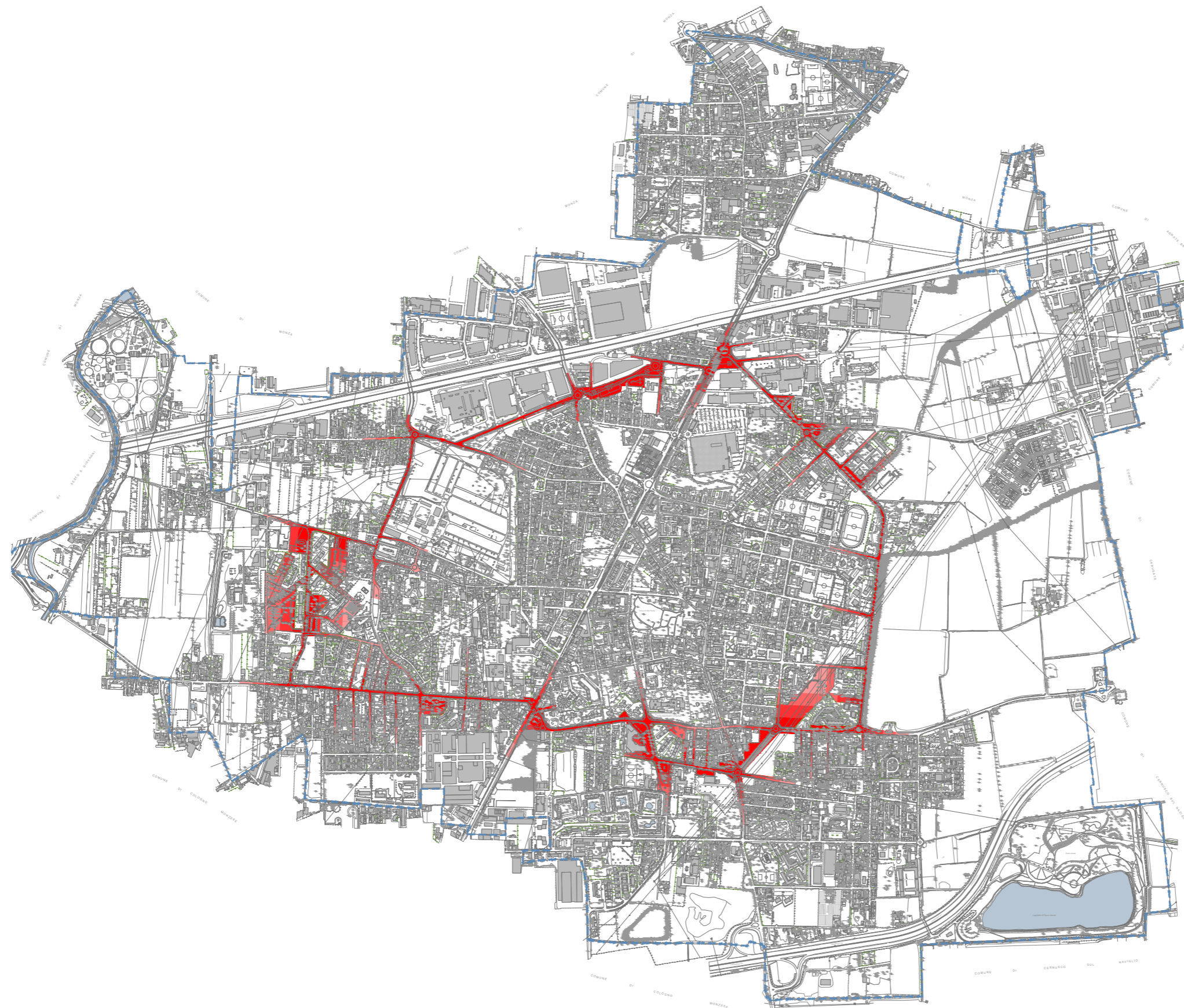
### 1.5.2 LA PERCEZIONE DELLE VISUALI

La seconda analisi territoriale, invece, si focalizza sulla percezione delle visuali e la relazione visiva tra l'anello ciclopedonale e il paesaggio.

Le fasce individuate sono quelle dei 50m, 100m, 150m, 200m e oltre 200m. La profondità di campo raggiunta dallo sguardo dell'utente è strettamente correlata agli elementi, architettonici e vegetazionali, disposti lungo il percorso, sia che essi si trovino in aree di ambito pubblico, sia che facciano parte di strutture e proprietà private.

Lo scopo di questo schema è comprendere come la percezione e la qualità dello spazio urbano collettivo è determinata non solo dagli elementi appartenenti al sistema stesso, ma anche da fattori esterni.

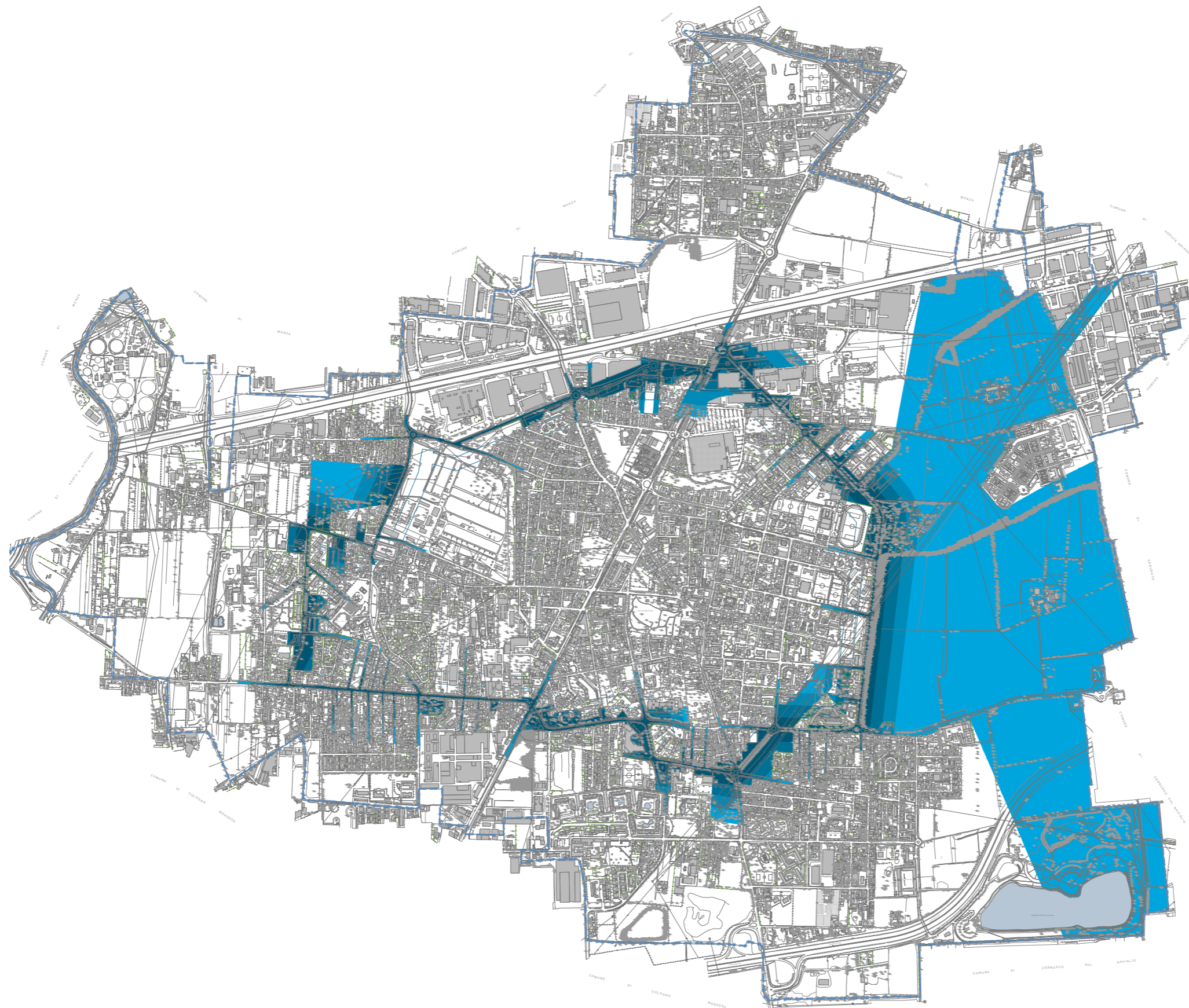
Allo stesso tempo, questa analisi permette di capire i luoghi di potenziale apertura visiva sul paesaggio esistenti lungo il percorso ciclopedonale, in modo da poterli salvaguardare e valorizzare attraverso il progetto stesso.



SISTEMA DEGLI SPAZI PUBBLICI

- espansione fino a 50m
- espansione fino a 100m
- espansione fino a 150m
- espansione fino a 200m
- confine comunale

Fig. 20 Analisi territoriale: il sistema degli spazi pubblici



ANALISI DELLA PERCEZIONE DELLE VISUALI

- visuale fino a 50m
- visuale fino a 100m
- visuale fino a 150m
- visuale fino a 200m
- confine comunale





PARTE II\_STRATEGIE URBANE

## 2.1 FARE URBANISTICA OGGI

"If there is to be a "new urbanism" it will not be based on the twin fantasies of order and omnipotence; it will be the staging of uncertainty; it will no longer be concerned with the arrangement of more or less permanent objects but with the irrigation of territories with potential; it will no longer aim for stable configurations but for the creation of enabling fields that accommodate processes that refuse to be crystallized into definitive form; it will no longer be about meticulous definition, the imposition of limits, but about expanding notions, denying boundaries, not about separating and identifying entities, but about discovering unnameable hybrids; it will no longer be obsessed with the city but with the manipulation of infrastructure for endless intensifications and diversifications, shortcuts and redistributions – the reinvention of psychological space."

Rem Koolhaas

Già nel 1995 Rem Koolhaas parlò di urbanistica come di un processo in divenire, il cui scopo è quello di creare potenziale e non di inserire nel territorio elementi permanenti e cristallizzati incapaci di modificazioni nel tempo.

Nell'ultimo decennio questo pensiero si è evoluto, portando allo sviluppo di nuovi concetti e teorie sulla città e sul territorio, differenti approcci di progettazione urbana ognuno focalizzato sulle differenti tematiche che caratterizzano il mondo dell'architettura di oggi.

### 2.1.1 TACTICAL URBANISM

tac-ti-cal    \tak-ti-kal\  
*adjective*

- (1): of or relating to small-scale actions serving a larger purpose
- (2): adroit in planning or maneuvering to accomplish a purpose

L'aggettivo 'tattico' viene utilizzato in ambito di progettazione urbana per indicare un insieme di azioni su piccola scala in grado di ottenere impatti e risultati su una scala maggiore, come la sicurezza e la qualità dello spazio pubblico.

Si tratta di una prospettiva che ha preso piede nella ultima decade ed è stata approfondita da Mike Lydon e Anthony Garcia e dal loro gruppo di lavoro The Street Plans Collaborative.

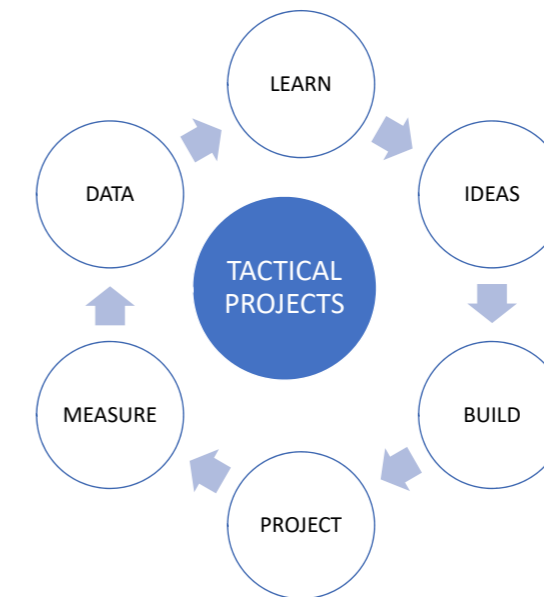
Gli interventi e le politiche che compongono il tactical urbanism si prefiggono come obiettivi la creazione della città e l'innescare di processi rigenerativi attraverso azioni immediate ed applicabili su differenti scale, spesso caratterizzate da budget ridotto e attuate direttamente dagli utenti finali. Non si esclude però che questo tipo di approccio possa essere utilizzato e promosso anche da enti, amministrazioni pubbliche ed organizzazioni. Infatti, la sua connotazione sociale ed inclusiva rende il tactical urbanism una strategia di sviluppo condivisibile che agevola l'accettazione di progetti e proposte da parte delle comunità interessate.

Altro aspetto fondamentale è la mancanza di un'unica soluzione applicabile ad interi sistemi, dando spazio a risposte flessibili che facilmente si adattano ai meccanismi dinamici che regolano la città contemporanea.

Questa flessibilità si traduce anche in termini temporali: la strategia e il progetto devono potersi

adattare e riconfigurare nel tempo a seguito delle mutate condizioni al contorno del progetto stesso, senza però perdere di vista gli obiettivi a lungo termine e su vasta scala prefissati in fase iniziale.

Parte di questo processo è possibile anche grazie a metodologie solitamente utilizzate in altri ambiti, come il ciclo build - measure - learn tipico della produzione di prodotti, permettendo di testare le idee quasi in tempo reale e quindi comprenderne l'impatto.



Il tactical urbanism è quindi un approccio alla progettazione urbana altamente flessibile, estremamente mirato per target e ambito di azione, sia in termini temporali che spaziali, attuato in tempi brevi e in grado di ottenere feedback al fine di migliorare l'efficacia.

Per queste sue caratteristiche, è spesso utilizzato come input e test al fine di valutare la risposta sociale ed economica ad un intervento di natura architettonica e urbana. La ridefinizione di uno spazio, l'inserimento di una nuova funzione o l'organizzazione di un evento, infatti, influenzano le città sotto molteplici aspetti.

Vi è un vasto range di esempi applicativi, da happening e conversioni temporanee di porzioni dello spazio pubblico a interventi di maggiore durata e permanenza, tutti finalizzati alla migliore fruizione e connessione dei diversi elementi di cui è composta la città.

Le componenti su cui si focalizza il tactical urbanism sono quelle che permettono la creazione di una forte identità di luogo, la connessione visiva e fisica e l'utilizzo dello spazio. Tra di esse vi sono l'inserimento di funzioni, il trattamento delle superfici a fini artistici o informativi, la presenza di opere di landscape inteso come elemento verde, predisposizione di arredo urbano e barriere di protezione.

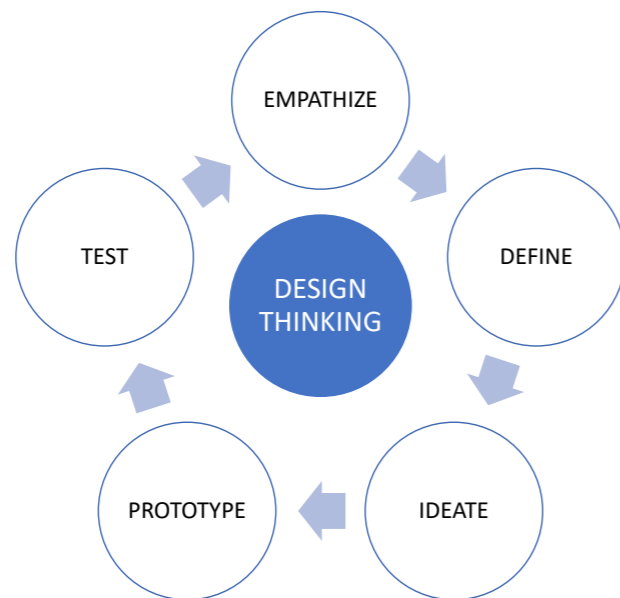


## 2.1.2 IL DESIGN THINKING IN RELAZIONE AL TACTICAL URBANISM

Il design thinking è una metodologia di sviluppo che unisce l'attenzione verso il contesto di un problema con la creatività nell'ideare soluzioni e la razionalità nell'analizzare ed applicare le soluzioni al problema stesso.

Gli steps di questo processo, molto utilizzati nelle startups, risultano analoghi a quelli del tactical urbanism. Entrambi, infatti, concepiscono il processo di design come senza fine, come una continua alternanza di individuazione dei problemi e risposte di progetto che inevitabilmente non può portare a soluzioni assolute e immutabili.

Si tratta di un processo iterativo, in cui le fasi possono sovrapporsi e susseguirsi in maniere differenti.



Empathize: comprensione del destinatario finale

Define: identificazione del sito di progetto con maggiore potenziale e individuazione delle cause dei problemi che devono essere risolti

Ideate: ricerca e sviluppo delle soluzioni

Prototype: pianificazione e produzione di una soluzione

Test: osservazione e raccolta di feedback della soluzione

## 2.1.3 LA CITTÀ RESILIENTE

La resilienza è quella proprietà dei sistemi complessi di reagire ai fenomeni di stress, attivando strategie di risposta e di adattamento al fine di ripristinare i meccanismi di funzionamento. I sistemi resilienti, a fronte di uno stress, reagiscono rinnovandosi ma mantenendo la funzionalità e la riconoscibilità dei sistemi stessi. Quanto più il sistema sarà flessibile tanto più sarà rapida la ripresa alle normali attività in un'ottica di miglioramento e consapevolezza.

La resilienza non implica quindi il ripristino ad uno stato iniziale, ma il ripristino della funzionalità attraverso il mutamento e l'adattamento.

Le città resilienti sono dunque quelle città che hanno sviluppato le capacità per assorbire gli shock e gli stress legati alle componenti sociali, economiche, dei sistemi tecnologici e infrastrutturali attraverso processi di evoluzione/adattamento mantenendo riconoscibili le sue funzioni, strutture e identità.

I processi che le caratterizzano si distinguono per:

- riflessività: usando le esperienze passate per prendere le decisioni future;
- intraprendenza: riconoscendo strade alternative nell'utilizzo delle risorse;
- resistenza: ben concepito, strutturato e gestito;
- ridondanza: in grado di superare malfunzionamenti;
- flessibilità: in grado di adattarsi alle cambiamenti delle circostanze;
- inclusività: ricerca del consenso, senso di scelte condivise;
- integrazione: collaborazione tra differenti istituzioni.

Gli stress a cui sono sottoposte le città possono essere di nature differenti, da questioni socio-economiche all'ecologia, dalla sicurezza ad eventi climatici, fino a tematiche viabilistiche e di trasporto pubblico.

L'urbanistica e l'architettura possono contribuire alla creazione e progettazione di città resilienti, inserendo nell'approccio progettuali tematiche come la flessibilità, la modularità e ripetibilità delle soluzioni.

## 2.1.4 IBRIDAZIONE ED APPLICAZIONE

Gli approcci presentati, sul piano pratico, non sono mai univoci ed applicati singolarmente in maniera pura: i diversi processi concorrono all'attuazione di obiettivi comuni con modalità complementari tra loro.

Il tactical urbanism funge spesso da elemento catalizzatore, attivante ed unificatore di progetti sviluppati seguendo strategie e principi differenti, valorizzando e permettendo l'accettazione e sperimentazione da parte degli utenti finali.

Nel capitolo successivo vengono presentati alcuni esempi di progetti di rigenerazione urbana che hanno come tematiche principali quella della creazione di connessioni di mobilità lenta come elementi di valorizzazione e di rimessa a sistema di frammenti di città.

## 2.2 ESEMPI PROGETTUALI

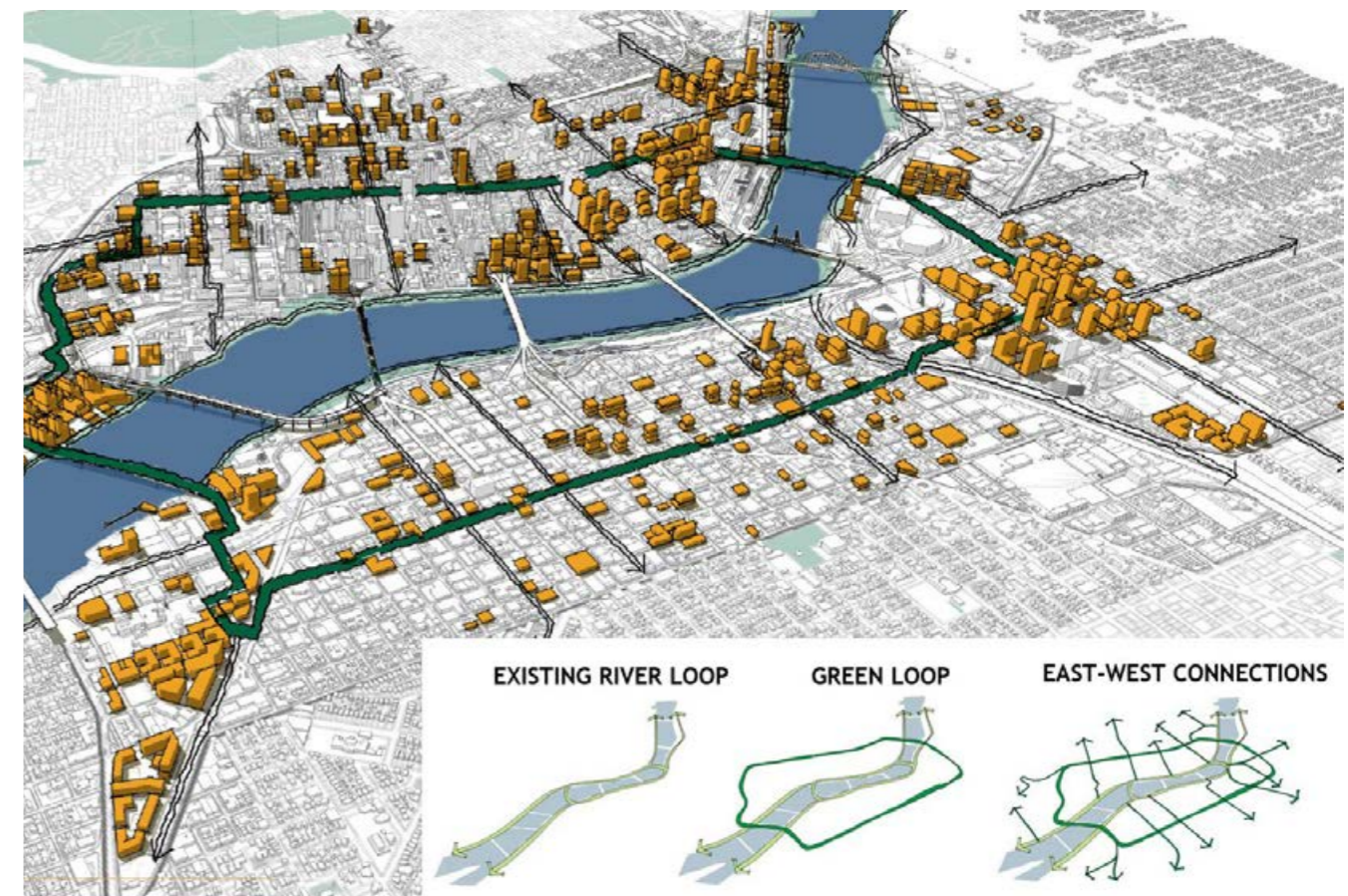
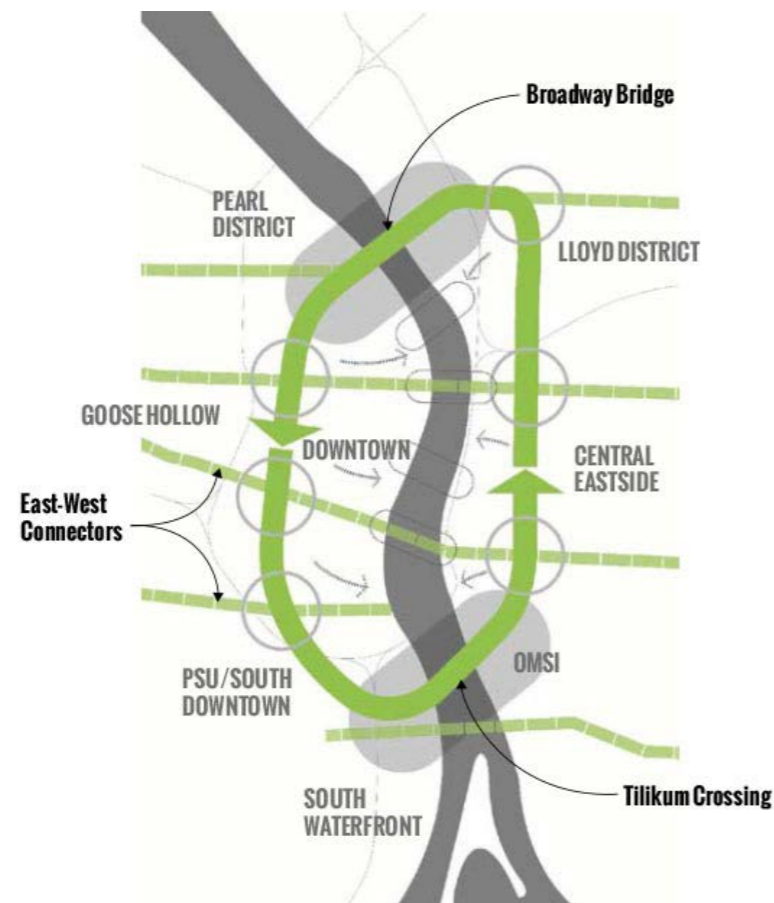
GREEN LOOP, PORTLAND  
Urban Design Studio  
Untitled Studio

Progetto di rigenerazione urbana attraverso la creazione di un percorso ciclopedonale nella città di Portland.

Deriva dagli studi effettuati sullo sviluppo futuro della città Central City 2035 e dall'individuazione dei vuoti urbani presenti attualmente e quelli che si potranno creare nei prossimi anni. Viene quindi individuata una strategia che non coinvolge solamente lo spazio pubblico, ma anche proprietà private di cui si incentiva la riqualificazione.

Si caratterizza per la volontà di creare una successione di spazi verdi e luoghi di aggregazione, ponendo attenzione sui risvolti sociali e il benessere dei cittadini.

Nello sviluppo del concept da parte di Untitled Studio, si ha una differenziazione di percorsi a seconda della modalità di concepire e vivere la città. A seconda della porzione considerata, Block, Neighborhood, District o City as a whole, si hanno combinazioni di funzioni e spazi differenti rispondenti a specifiche esigenze.



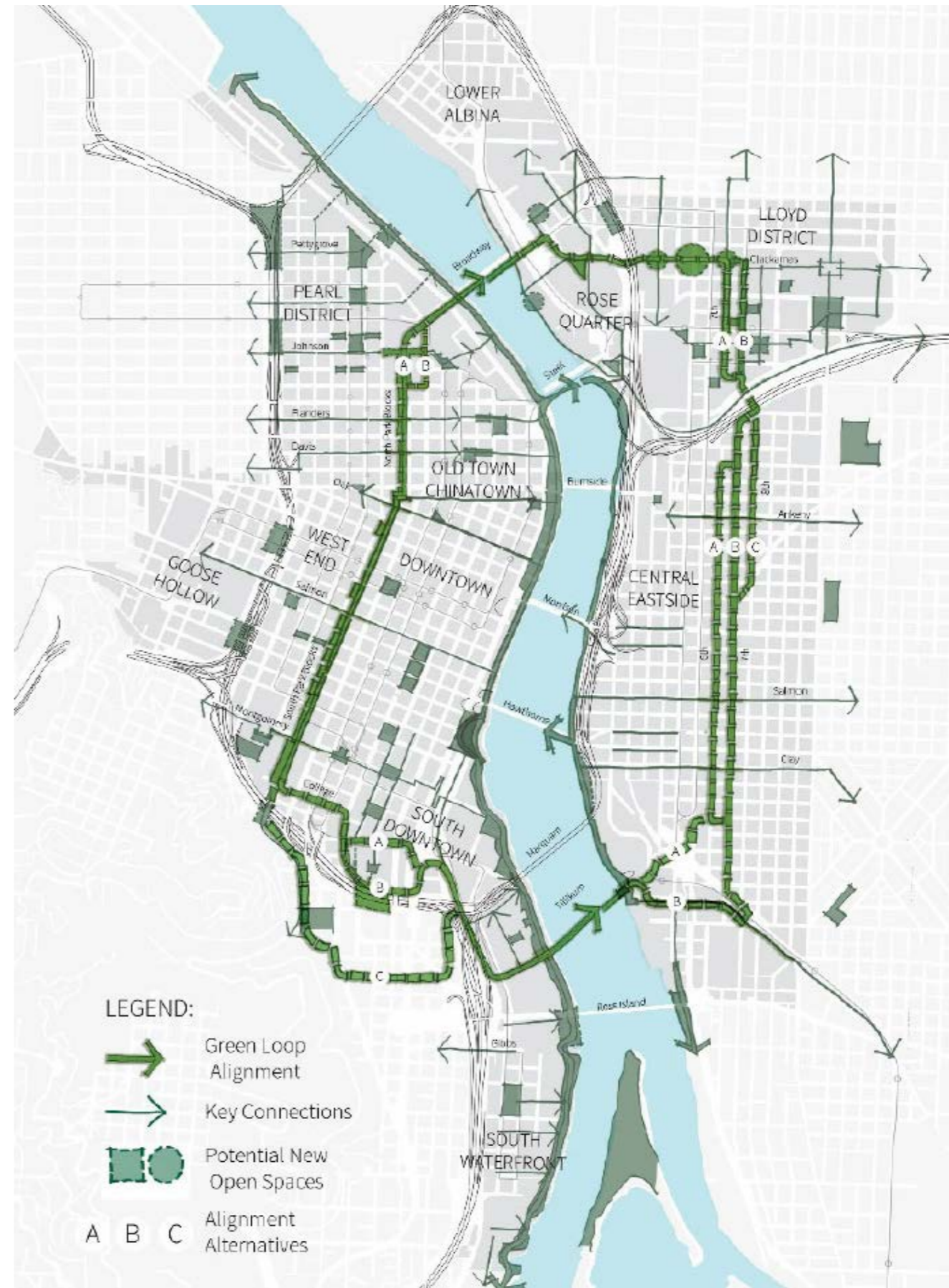


Fig. 24 Render del percorso ciclopeditone

Fig. 25 Inserimento fotografico del percorso nella planimetria della città

Fig. 26 Il tracciato del progetto e le aree di sviluppo



CULTURAL TRAIL, INDIANAPOLIS  
Rundell Ernstberger Associates

Percorso ciclopedonale in ambiente urbano caratterizzato dalla differenziazione dei flussi e dalla forte componente artistica presente anche sotto forma di arredo urbano.



THE HIGH LINE, NEW YORK  
James Corner Field Operations

Percorso pedonale sopraelevato creato riqualificando la linea ferroviaria dismessa della West Side Line.  
Ricca di elementi architettonici e opere d'arte. Interessante il progetto del verde.



#### GREEN WAY, BOSTON

Utile Design

Carol R. Johnson Associates e Turenscape

Gustafson Guthrie Nichol e Crosby | Schlessinger | Smallridge

Copley Wolff Design Group

Parco lineare localizzato in Downtown Boston creato a seguito della demolizione di un tratto autostradale.

Caratterizzato dal susseguirsi di spazi differenti, ognuno con una propria caratterizzazione e funzione specifica in relazione al contesto in cui sono inseriti.

Finanziamento misto tra pubblico e privato.



#### THE 606, CHICAGO

Michael Van Valkenburgh Associates

Percorso ciclopedonale che attraversa quattro quartieri di Chicago e coinvolge parte della tratta ferroviaria dismessa Bloomingdale Line.

Fig. 29 Green Way, Boston

Fig. 30 The 606, Chicago

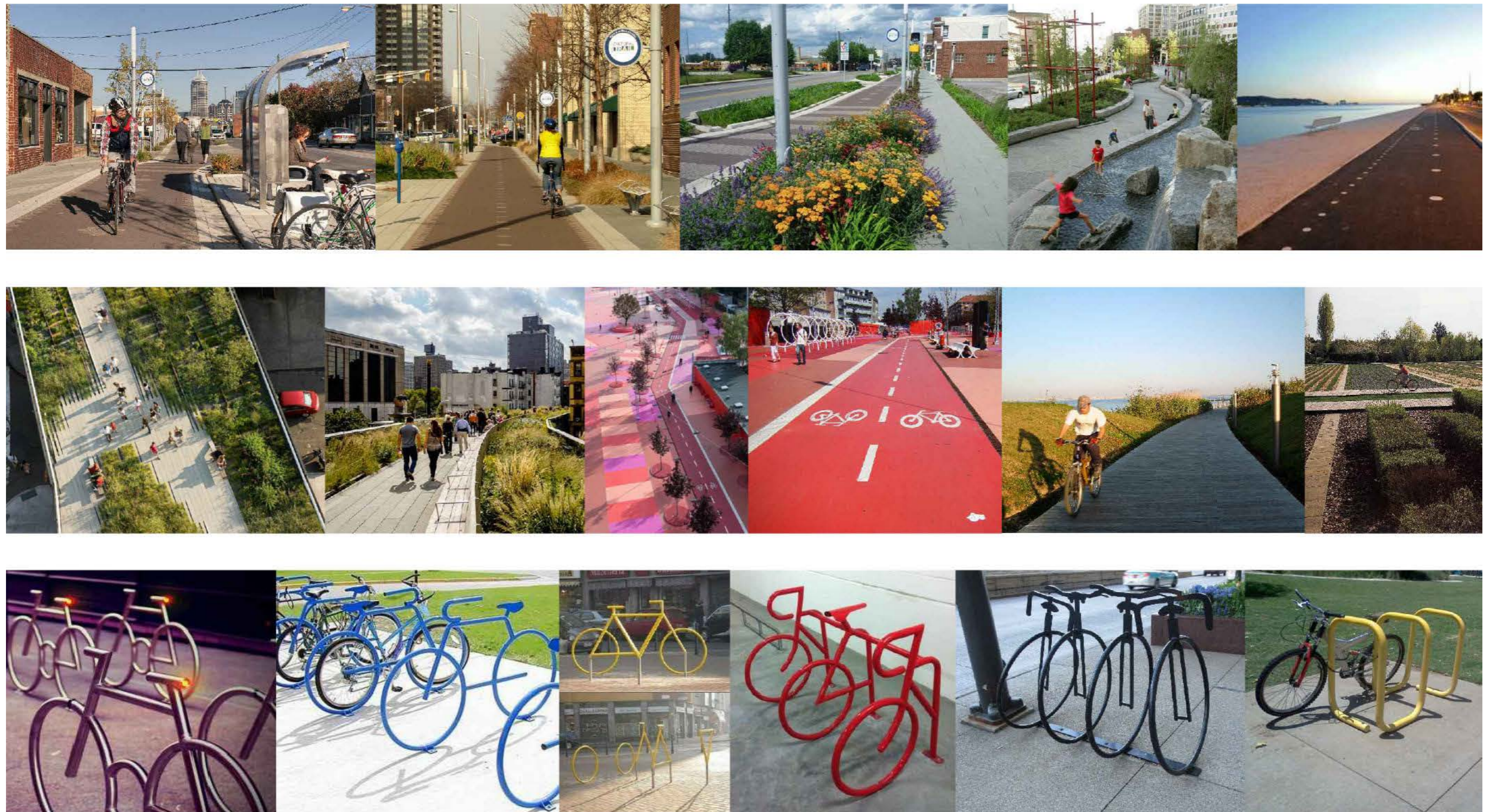
## 2.3 ESEMPI APPLICATIVI DI CARATTERIZZAZIONE

Di seguito sono riportati degli esempi di caratterizzazione per i servizi e le attività di progetto associate a sistemi di mobilità lenta, che rimandano inoltre agli elementi su cui viene normalmente applicata la strategia del tactical urbanism.

In particolare, sono stati selezionati una serie di riferimenti eterogenei tra loro per quanto riguarda percorsi ciclopeditoni, segnaletica orizzontale e verticale, aree per la sosta, installazioni artistiche, punti panoramici, padiglioni, aree fitness e gioco.

Vengono riportati anche esempi alternativi ai classici elettrodotti, componente attualmente rilevante ed impattante nel territorio comunale di Brugherio.

PERCORSO CICLOPEDONALE





SEGNALETICA ORIZZONTALE



Fig. 32 Esempi caratterizzazione 2

SEGNALETICA VERTICALE



AREE PER LA SOSTA



Fig. 33 Esempi caratterizzazione 3





Fig. 34 Esempi caratterizzazione 4

INSTALLAZIONI ARTISTICHE



PUNTO PANORAMICO



PADIGLIONI



FITNESS



Fig. 36 Esempi caratterizzazione 6

GIOCO



ATTIVITA' RICREATIVE E SPORTIVE





ELETTRODOTTI



Fig. 38 Esempi caratterizzazione 8

## 2.4 BRUGHERIO E L'APPLICABILITÀ DEL TACTICAL URBANISM

Brugherio, data la conformazione e le prescrizioni normative in atto, risulta un territorio in cui la strategia del tactical urbanism risulta appropriata.

Come mostrato nel capitolo precedente, il comune presenta un tessuto urbano consolidato costellato da lotti individuati dal Piano di Governo del Territorio come ambiti di trasformazione. Alcuni di questi risultano come in atto, seppur in alcuni casi bloccati per mancanza di fondi come nel caso della scuola superiore, mentre altri sono previsti da attuarsi nei prossimi anni senza però precise indicazioni temporali, come per la stazione della metropolitana.

Per questi motivi, il territorio comunale si trova in una fase di transizione e per alcuni aspetti di stallo: lotti di grandi dimensioni, in alcuni casi posti all'interno dell'abitato, risultano al momento inutilizzabili e costituiscono dei vuoti urbani rilevanti di difficile gestione.

A questi elementi si sovrappone il sistema dei PLIS di grande rilevanza paesaggistica ed ambientale che però non è adeguatamente valorizzato e connesso con la zona centrale del territorio comunale costituito dal centro storico. Inoltre, i due parchi risultano di difficile individuazione, così come risulta impossibile percepirne i confini.

La visione che se ne estrapola, è quella di un territorio ricco di potenziale ma frammentato e mancante di un'identità e riconoscibilità.

In questo frangente, l'applicazione di strategie puntuali, finalizzate a inserire un sistema di welfare urbano sottoforma di nuovi servizi e funzioni, correlate da una serie interventi flessibili ed adattabili al contesto, che però mantengono connotati ben riconoscibili, permette la creazione di un nuovo sistema di fruizione della città.

La componente fisica di questa strategia è percepibile nel nuovo sistema di mobilità lenta, l'anello ciclopedonale continuo che circonda l'abitato e i collegamenti trasversali, al quale viene attribuito anche una componente più immateriale: la sua valenza come elemento connettore di frammenti urbani.

Nel capitolo successivo viene approfondita la proposta progettuale a livello territoriale, oltre che all'individuazione di uno degli ambiti di trasformazione attualmente bloccati e l'applicazione di processi di rivitalizzazione e sviluppo flessibili sia dal punto di vista temporale che spaziale.

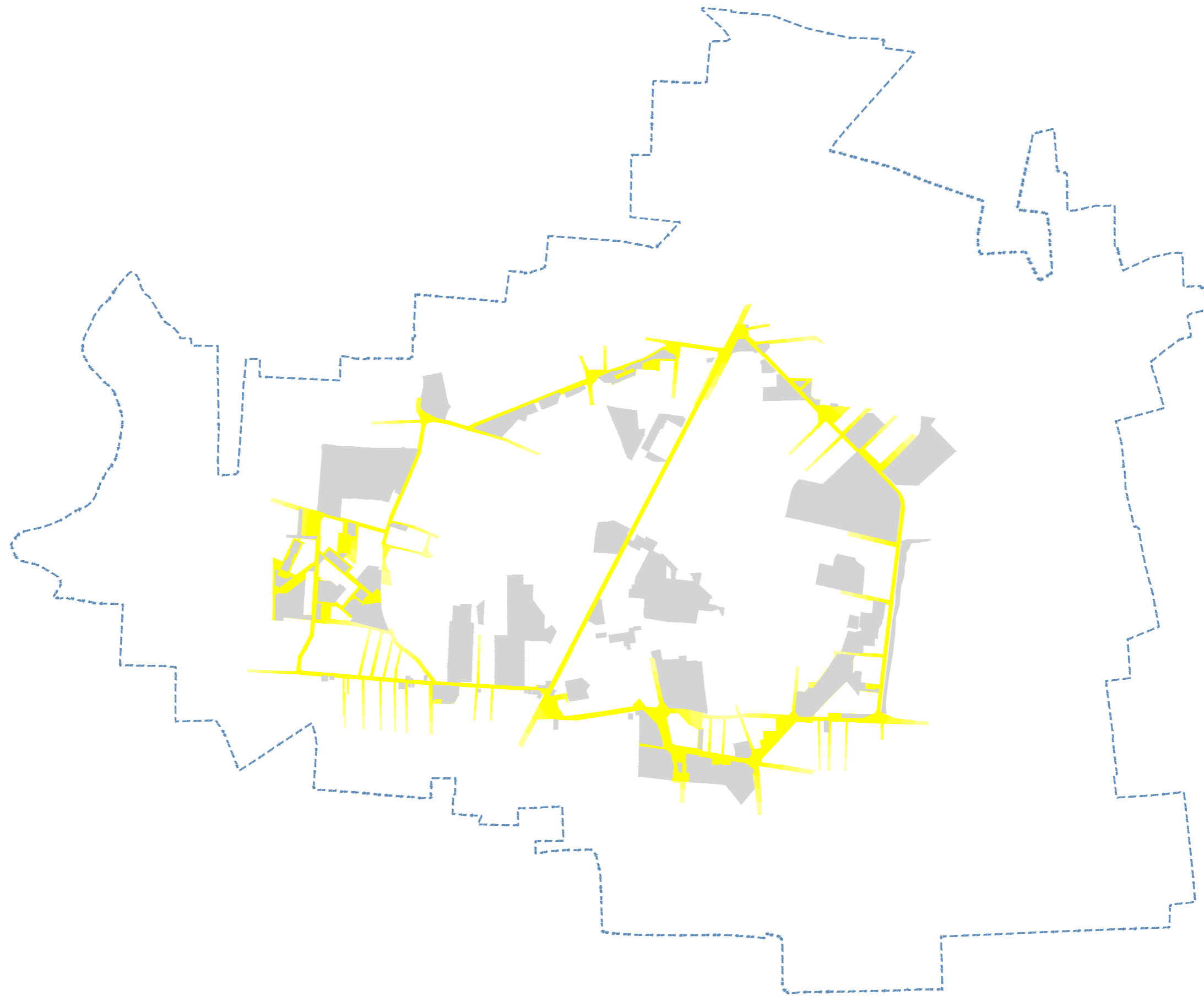


Fig. 39 L'anello ciclopedonale come elemento connettore





PARTE III\_PROGETTO PAESAGGISTICO

## 3.1 ANALISI DELL'AREA E CONCEPT DEL SISTEMA CICLOPEDONALE

### 3.1.1 INQUADRAMENTO FOTOGRAFICO

L'area di progetto dell'anello è caratterizzato dalla presenza di zone disomogenee tra loro, dovuto principalmente alle differenti fasi di sviluppo e accrescimento urbano del Comune di Brugherio.

Infatti, seppur sia già presente un buon sistema di piste ciclabili, si tratta di percorsi a volte discontinui, con caratteristiche dimensionali e architettoniche differenti, senza un progetto di segnaletica, arredo urbano e funzionale comune.

La zona del margine est dell'anello è dotata di un percorso ciclopedonale in sede propria lungo tutta via Moro, con una larghezza di circa 2,5m e separata dalla carreggiata stradale da una fascia verde piantumata. Questa porzione dell'anello, seppur dotato di buone caratteristiche dimensionali, risulta quasi interamente sprovvisto di attrezzature e arredo urbano a supporto degli utenti. Da sottolineare inoltre la scarsa qualità della segnaletica e la conformazione degli attraversamenti pedonali.

Situazione analoga si riscontra nelle zone residenziali poste sul lato ovest e sud dell'anello, in particolare lungo via Andreani, via Marsala e via dei Mille. Anche qui il percorso ciclopedonale è ben dimensionato e in sede propria, con elemento separatore verde alberato o piantumato ad arbusti.

Per quanto riguarda l'area prossima alla centrale elettrica, i percorsi di mobilità lenta sono costituiti da ampi marciapiedi privi di segnaletica, dissuasori e protezioni. Si sottolinea anche la natura del confine dell'impianto, costituito da un muro in blocchi di cls di altezza di 2,5m in molte porzioni ricoperto da graffiti.

Anche lungo via San Maurizio al Lambro il percorso ciclopedonale è coincide con il marciapiede, che però risulta di dimensioni più contenute rispetto a quello che costeggia la centrale elettrica.

Nel lato nord dell'anello, in località Bindellera, si trova una porzione di nuova urbanizzazione che sarà parte integrante del nuovo sistema di mobilità.

Per quanto riguarda le aree interessate da altri percorsi ciclabili, questi coincidono sostanzialmente con i marciapiedi esistenti, a volte risultando però di dimensioni non adeguate. Inoltre, vi sono tratti in cui la larghezza libera del passaggio è ridotta ulteriormente dalla presenza dell'illuminazione stradale pubblica, posizionata nello spazio destinato ai pedoni, a circa 50cm dal cordolo.

Si sottolinea inoltre il forte impatto visivo dovuto agli elettrodotti.

AREA VIA ALDO MORO - TRANSIZIONE TRA ZONA EDIFICATA E ZONA AGRICOLA



AREA PORTA DI ACCESSO AL PARCO



AREA RESIDENZIALE - VIA ANDREANI E VIA BERNINA



AREA CENTRALE ENEL - VIA LODIGIANA



SEGNALETICA E SERVIZI



Fig. 41 Rilievo fotografico: area residenziale, centrale elettrica e segnaletica esistente

### 3.1.2 ANALISI SWOT GLOBALE

In ambito architettonico, l'analisi SWOT è uno strumento di pianificazione strategica usato per valutare i punti di forza (Strengths), debolezza (Weaknesses), le opportunità (Opportunities) e le minacce (Threats) di un progetto. S e W riguardano quindi l'ambiente interno, O e T quello esterno.

Per la parte del progetto paesaggistico sono state eseguite due differenti analisi SWOT, la prima riguardante l'intero sistema ciclopedonale dell'anello, mentre la seconda si focalizza sul margine est di quest'ultimo.

| MOBILITÀ  |   |   |  |
|---|---|---|--|
| Strengths   | Weaknesses  | Opportunities   | Threats  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- sistema ciclopedonale esistente ben impostato e caratterizzato da continuità</li> <li>- volontà da parte dell'amministrazione di espandere il sistema ciclopedonale</li> <li>- presenza del servizio di trasporto pubblico</li> <li>- previsione del prolungamento della linea M2</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- presenza di tratti stradali pericolosi per ciclisti e pedoni, in cui il percorso ciclopedonale non è in sede propria o non presenta dimensioni adeguate, con problemi di accessibilità</li> <li>- parcheggi appositi per biciclette scarsi</li> <li>- segnaletica orizzontale e verticale scarsa e non caratterizzante</li> <li>- presenza di incroci viabilistici problematici</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- incremento ed estensione del sistema ciclopedonale esistente</li> <li>- buona accessibilità alle aree di riqualificazione individuate dal Piano dei Servizi</li> <li>- disponibilità di spazi per implementare il sistema</li> <li>- possibilità di separazione dei flussi e implementazione della circolazione</li> <li>- introduzione di soluzioni innovative e creative</li> <li>- risoluzione dei nodi viabilistici problematici come spunti di riqualificazione urbana</li> <li>- stazione intermodale: metro, bus, biciclette</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- presenza di alcune sezioni stradali di dimensioni ridotte che possono influire sulla introduzione dei miglioramenti previsti</li> <li>- necessità di suddividere il processo in fasi temporali e la conseguente complessa gestione dell'intero processo</li> <li>- traffico e tematica dei parcheggi in relazione alla futura stazione della linea M2</li> <li>- complessità della gestione degli stakeholders</li> </ul> |

| ARCHITETTURA E PAESAGGIO  |   |   |   |
|---|---|---|---|
| Strengths   | Weaknesses  | Opportunities   | Threats   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- presenza di una buona componente verde</li> <li>- presenza dei PLIS</li> <li>- presenza di aree agricole</li> <li>- presenza di aree di sosta</li> <li>- varietà di destinazioni d'uso nelle varie aree lungo il percorso ciclopedonale</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- mancanza di caratterizzazione e di una destinazione d'uso specifica di alcune delle aree a verde</li> <li>- mancanza di aree di sosta attrezzate con ombreggiature e servizi per la fruizione degli spazi pubblici</li> <li>- mancanza di cartellonistica informativa</li> <li>- mancanza di offerta differenziata nelle aree sportive attrezzate</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- eliminazione delle barriere ed introduzione di elementi progettuali nuovi</li> <li>- miglioramento estetico e della percezione degli spazi</li> <li>- introduzione di soluzioni ecosostenibili per l'illuminazione</li> <li>- introduzione di nuove funzioni e destinazioni d'uso</li> <li>- differenziazione dell'offerta degli spazi pubblici</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- impatto consistente sulla gestione delle nuove aree</li> <li>- rischio di scarsa manutenzione e conseguente degrado e abbandono delle aree meno utilizzate</li> <li>- percezione dei nuovi spazi come non sicuri</li> <li>- complessità della gestione degli stakeholders</li> </ul> |

| ASPETTI ECONOMICI  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| Strengths  | Weaknesses   | Opportunities  | Threats  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- presenza di attività lungo il sistema ciclopedonale</li> <li>- previsione di ambiti di intervento e riqualificazione nel Piano dei Servizi lungo il sistema ciclopedonale</li> <li>- buona accessibilità dell'area</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- concentrazione di attività e funzioni diverse che portano a traffico e difficoltà nel trovare parcheggio in particolari orari della giornata danneggiando gli esercizi commerciali</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- rivitalizzazione e incremento della componente commerciale del tessuto urbano</li> <li>- miglioramento dell'equilibrio residenza/commercio</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- il protrarsi della crisi economica potrebbe scoraggiare e limitare gli investimenti da parte di nuovi esercenti</li> <li>- complessità della gestione degli stakeholders</li> </ul> |

| IDENTITÀ  |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Strengths   | Weaknesses   | Opportunities  | Threats   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- volontà da parte dell'amministrazione di creare di un'identità ed un'immagine comune sul territorio</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- mancanza di un linguaggio comune negli interventi esistenti</li> <li>- percezione di scarsa sicurezza in alcune aree</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- creazione di una identità, linguaggio comune ed immagine unitaria dei sistemi su cui si interviene</li> <li>- introduzione di landmark ed elementi riconoscibili caratterizzanti</li> <li>- coinvolgimento di artisti e esperti di altri ambiti disciplinari</li> <li>- coinvolgimento della popolazione tramite un processo partecipato</li> <li>- creazione di un modello ripetibile</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- difficoltà di accettazione da parte della popolazione</li> </ul> |

| AMBIENTE   |   |  |   |
|--|---|--|---|
| Strengths  | Weaknesses  | Opportunities  | Threats   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- incentivo all'uso di alternative ecosostenibili di trasporto</li> <li>- integrazione con l'esistente</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- uso intenso degli automezzi per gli spostamenti</li> <li>- inquinamento dell'aria</li> <li>- forte impatto visivo e ambientale da parte della centrale ENEL e i relativi elettrodotti</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- progettazione integrata ed energeticamente ecosostenibile</li> <li>- uso di soluzioni alternative e sperimentali per l'integrazione paesaggistica degli elettrodotti</li> <li>- creazione di un modello ripetibile</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- complessità della gestione degli stakeholders</li> <li>- complessità amministrativa e legislativa per la presenza dei PLIS</li> <li>- difficoltà nel miglioramento della qualità dell'aria dovuta al traffico</li> </ul> |

### 3.1.3 ANALISI SWOT DEL MARGINE EST DELL'ANELLO

Come anticipato, la seconda analisi SWOT riguarda il margine est dell'anello ciclopedonale, area di interfaccia tra l'ambiente urbano e ambiente naturale-agricolo.

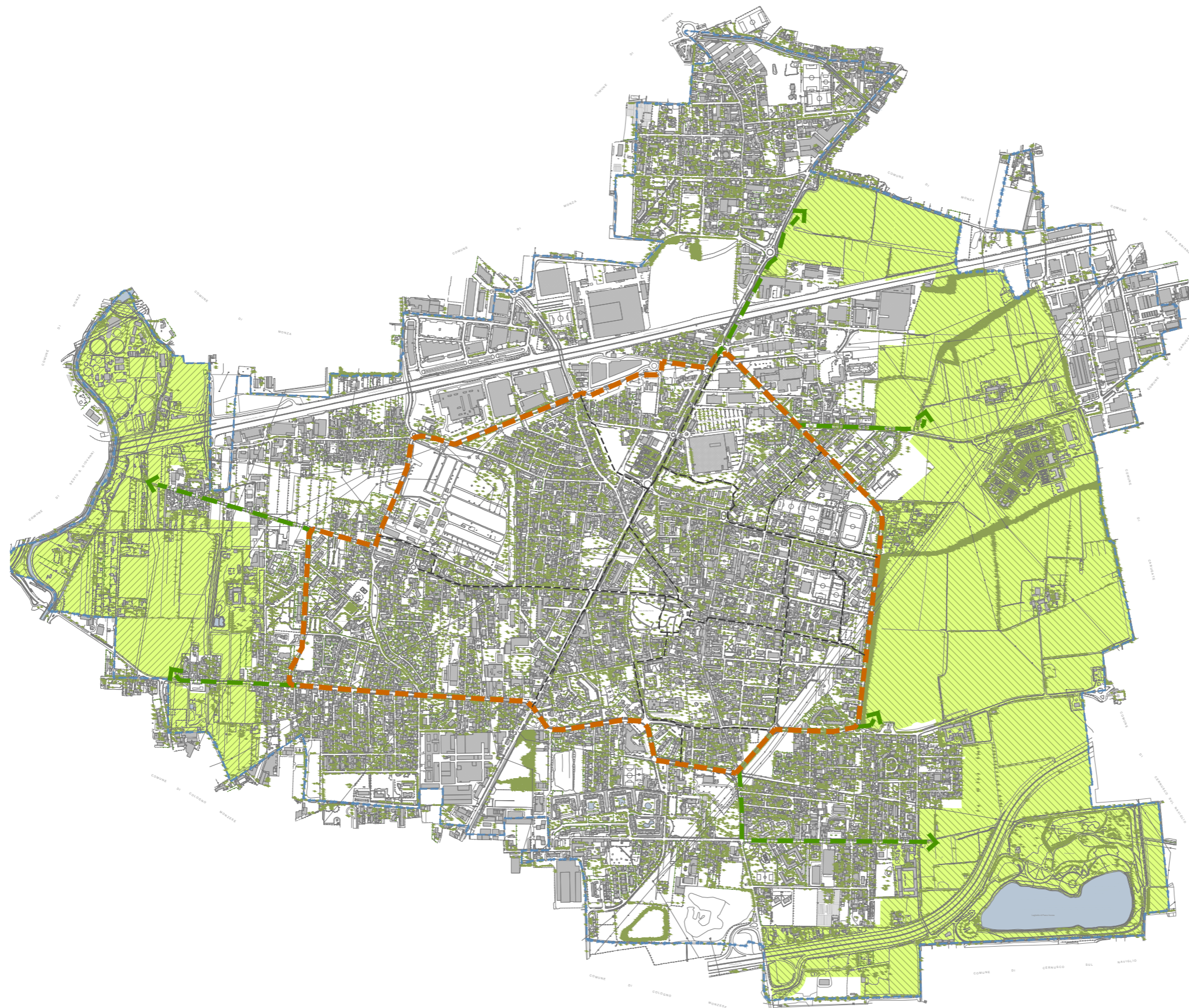
| MOBILITÀ   |  |  |  |
|--|--|--|--|
| Strengths  | Weaknesses   | Opportunities  | Threats  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- sistema ciclopedonale esistente ben impostato e caratterizzato da continuità</li> <li>- presenza di parcheggi liberi</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- parcheggi appositi per biciclette scarsi</li> <li>- segnaletica orizzontale e verticale scarsa e non caratterizzante</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- buona accessibilità alle aree di riqualificazione individuate dal Piano dei Servizi</li> <li>- disponibilità di spazi per implementare il sistema</li> <li>- introduzione di soluzioni innovative e creative</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- traffico e tematica dei parcheggi in relazione alla futura stazione della linea M2</li> </ul> |

| ARCHITETTURA E PAESAGGIO  |   |   |  |
|---|---|---|--|
| Strengths   | Weaknesses  | Opportunities   | Threats  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- presenza di una buona componente verde</li> <li>- presenza del PLIS</li> <li>- presenza di aree agricole</li> <li>- visione ampia e profonda sul paesaggio agricolo</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- mancanza di caratterizzazione di alcune delle aree a verde</li> <li>- mancanza di aree di sosta attrezzate con ombreggiature e servizi per la fruizione degli spazi pubblici</li> <li>- mancanza di cartellonistica informativa</li> <li>- mancanza di manutenzione del verde</li> <li>- presenza di barriere architettoniche</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- eliminazione delle barriere ed introduzione di elementi progettuali nuovi</li> <li>- miglioramento estetico e della percezione degli spazi</li> <li>- introduzione di soluzioni ecosostenibili per l'illuminazione</li> <li>- introduzione di nuove funzioni e destinazioni d'uso</li> <li>- differenziazione dell'offerta degli spazi pubblici</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- impatto consistente sulla gestione delle nuove aree</li> <li>- rischio di scarsa manutenzione e conseguente degrado e abbandono delle aree meno utilizzate</li> <li>- percezione dei nuovi spazi come non sicuri</li> </ul> |

| ASPETTI ECONOMICI   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| Strengths   | Weaknesses  | Opportunities  | Threats  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- presenza di attività lungo il sistema ciclopedonale</li> <li>- previsione di ambiti di intervento e riqualificazione nel Piano dei Servizi nell'area</li> <li>- buona accessibilità dell'area</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- separazione netta tra la zona nord caratterizzata da attività sportive e ricreative, e la zona residenziale a sud</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- inserimento di nuove attività di interesse comunale e sovracomunale</li> <li>- miglioramento dell'equilibrio residenza/commercio</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- il protrarsi della crisi economica potrebbe scoraggiare e limitare gli investimenti da parte di nuovi esercenti</li> <li>- complessità della gestione degli stakeholders</li> </ul> |

| IDENTITÀ  |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Strengths   | Weaknesses   | Opportunities  | Threats   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- volontà da parte dell'amministrazione di creare di un'identità ed un'immagine comune sul territorio</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- mancanza di un linguaggio comune negli interventi esistenti</li> <li>- percezione di scarsa sicurezza in alcune aree</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- creazione di una identità, linguaggio comune ed immagine unitaria dei sistemi su cui si interviene</li> <li>- introduzione di landmark ed elementi riconoscibili caratterizzanti</li> <li>- coinvolgimento di artisti e esperti di altri ambiti disciplinari</li> <li>- coinvolgimento della popolazione tramite un processo partecipato</li> <li>- creazione di un modello ripetibile</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- difficoltà di accettazione da parte della popolazione</li> </ul> |

| AMBIENTE   |  |  |   |
|--|--|--|---|
| Strengths  | Weaknesses   | Opportunities  | Threats   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- incentivo all'uso di alternative ecosostenibili di trasporto</li> <li>- integrazione con l'esistente</li> <li>- buona componente ecologica</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- inquinamento dell'aria</li> <li>- forte impatto visivo e ambientale degli elettrodotti</li> <li>- impatto visivo di attività</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- progettazione integrata ed energeticamente ecosostenibile</li> <li>- uso di soluzioni alternative e sperimentali per l'integrazione paesaggistica degli elettrodotti</li> <li>- creazione di un modello ripetibile</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- complessità della gestione degli stakeholders</li> <li>- complessità amministrativa e legislativa per la presenza dei PLIS</li> <li>- difficoltà nel miglioramento della qualità dell'aria dovuta al traffico</li> </ul> |



CONCEPT DI PROGETTO

- - - anello ciclopedonale
- - - collegamenti trasversali
- accessi al PLIS
- - - sistema ciclopedonale interno
- PLIS Media Valle del Lambro
- PLIS Est delle Cave
- - - confine comunale

### 3.1.4 L'ANELLO CICLOPEDONALE, I COLLEGAMENTI TRASVERSALI E LE PORTE DI ACCESSO AI PARCHI

Il progetto paesaggistico sviluppato nella tesi parte dalle premesse e proposte presenti nel PGT in vigore.

Lo scopo principale è quello di andare a creare un sistema di mobilità lenta strutturato su più livelli a partire dalla proposta presentata nella variante del Piano dei Servizi del giugno 2016, ponendola in relazione alle analisi territoriali effettuate sullo spazio pubblico e la percezione delle visuali.

In primo luogo, è stata effettuata un'analisi critica della proposta presente nella normativa vigente al fine di verificarne la validità e fattibilità, con particolare riferimento ai tracciati individuati negli elaborati grafici.

Tenendo in considerazione la verifica fatta e gli incontri con i tecnici comunali, è stato deciso di modificare il tracciato dell'anello ciclopedonale nella porzione nord-ovest vicino alla centrale elettrica. Invece di addentrarsi nel lotto classificato come 'area per servizi in progetto' di proprietà privata ed oggi utilizzato come vivaio, il tracciato dell'anello è posizionato lungo via Lodigiana e via San Cristoforo.

Altra modifica rispetto alla proposta del Piano dei Servizi è quella riguardante i collegamenti trasversali tra i PLIS. Questi sono concepiti come sistema di espansione dell'anello e di collegamento tra l'anello e i parchi. Non vi sono punti in cui i due layer si sovrappongono andando a creare un sistema duale che funziona in parallelo.

Sono state confermate le porte di accesso ai PLIS, considerate come punto di testa dei percorsi trasversali e snodi tra il sistema di mobilità lenta di carattere urbano e quello interno alle aree naturali.

Inoltre, sono stati individuati nuovi percorsi ciclabili secondari nella porzione di territorio comunale racchiuso dall'anello, in modo da facilitare l'attraversamento radiale del centro storico e il collegamento con i servizi esistenti e in progetto.

Successivamente è stato redatto lo schema che illustra la strategia di progetto.

In esso sono stati riportati i tracciati ciclabili esistenti e di progetto appartenenti all'intero sistema. Lungo l'anello ciclopedonale, sono state evidenziate le aree a verde urbano e naturale, le aree urbane di interesse esistenti, previste e potenziali, e infine gli esercizi commerciali esistenti e potenziali. Questi elementi puntuali sono messi a sistema tra loro attraverso i percorsi di mobilità lenta, ma soprattutto attraverso l'individuazione dell'area di influenza derivante dall'analisi dello spazio pubblico.

Si può notare come l'anello del concept non risulta più una linea che attraversa l'edificato urbano, ma essa acquisisce spessore e si trasforma in una concatenazione di spazi continui con funzioni e caratteristiche differenti.

L'idea che si vuole trasmettere è quella che la riqualificazione e la progettazione dello spazio pubblico non è un semplice miglioramento estetico dei luoghi all'interno della città e fine a se stesso, ma può andare ad innescare processi di rigenerazione urbana con risvolti culturali, sociali ed economici. La maggiore attrattiva e l'inserimento di nuovi servizi portano ad un miglioramento della percezione che si ha dello spazio urbano ed a una volontà di vivere la città in maniera differente.

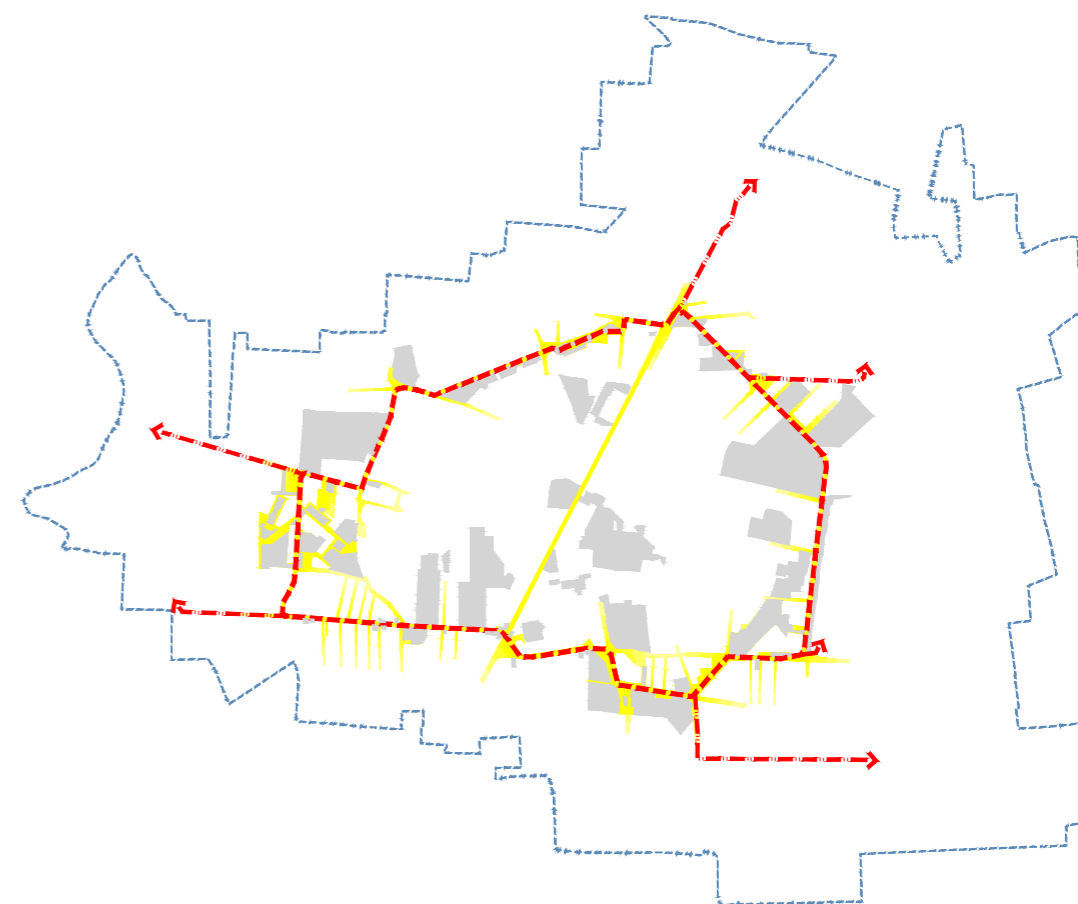
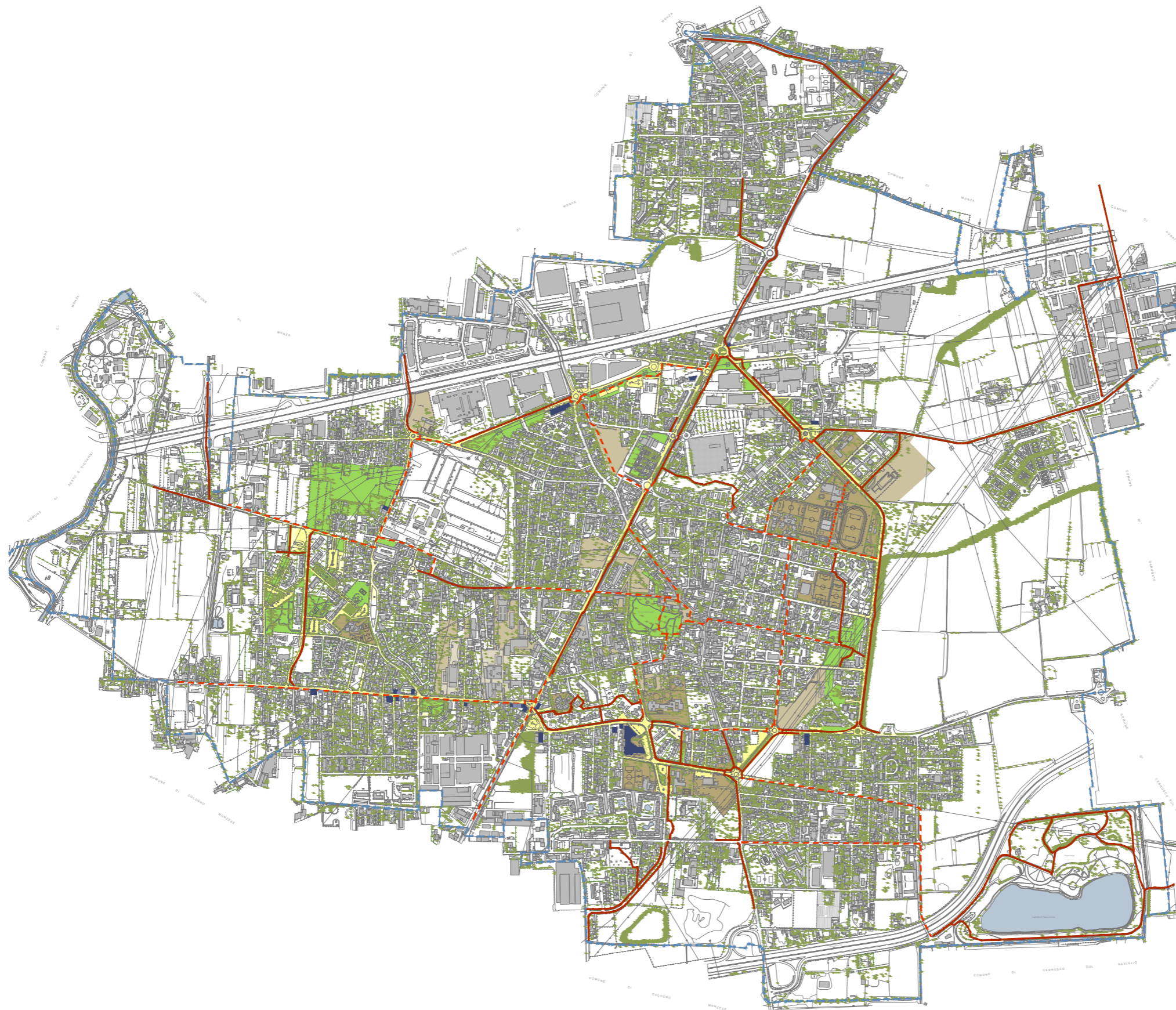


Fig. 43 L'anello e la sua area di influenza



STRATEGIA DI PROGETTO

- percorso ciclopedonale esistente da implementare
- - - percorso ciclopedonale di progetto
- - - percorso ciclopedonale di progetto su proprietà privata
  
- aree verdi naturali
- aree verdi urbane
  
- aree urbane di interesse esistenti
- aree urbane di interesse previste
- aree urbane di interesse potenziali
  
- esercizi commerciali esistenti
- esercizi commerciali potenziali
  
- aree di influenza del sistema
  
- - - confine comunale



## 3.2 ORGANIZZAZIONE FUNZIONALE E DISTRIBUZIONE DEI SERVIZI

Dopo aver determinato la strategia e le aree di espansione dell'anello, sono stati selezionati una serie di servizi ed attività di interesse collettivo da inserire nel progetto.

La differente frequenza con cui sono stati posizionati dipende dalle necessità, dal tipo di utenza previsto, dagli spazi a disposizione già di proprietà pubblica e dagli elementi già esistenti sul territorio comunale.

Aree per la sosta, cartelli informativi, cestini per la raccolta rifiuti e fontanelle sono pensati per essere posizionati ad intervalli regolari lungo tutto il percorso ciclopedonale dell'anello, in modo da avere una buona copertura. Inoltre, il continuo posizionamento di un elemento riconducibile al sistema permette la creazione e il rafforzamento di una caratterizzazione attraverso un linguaggio architettonico comune e riconoscibile, portando alla determinazione di un'identità tangibile del sistema stesso.

Meno frequenti ma altrettanto importanti sono i restanti servizi di progetto, pensati per lo più raggruppati sinergicamente tra loro. In questo modo info point, bar e bagni pubblici danno vita a punti di aggregazione in concomitanza con aree verdi, servizi alla cittadinanza e luoghi di interesse.

Elementi architettonici, conformazioni spaziali e arredi urbani specifici caratterizzano ciascuna delle attività pensate per l'area di influenza del sistema. Ognuna di esse è caratterizzata da

elementi distintivi e ben definiti, ma che rimandano sempre al linguaggio comune dell'anello ciclopedonale.

Gli elementi costituenti le varie attività sono anche pensati per poter essere accostati e combinati insieme per poter creare spazi ibridi che riescano ad accogliere utenti con necessità e interessi differenti tra loro.

Lungo lo sviluppo dell'anello ciclopedonale sono state individuate delle aree che per posizione, contesto, dimensione e potenziale sono adatte ad accogliere una maggior concentrazione di attività.

Nel lato nord sono presenti zone derivanti da oneri di urbanizzazione, una esistente e una inserita nel progetto dell'area Bindellera, in cui è previsto il potenziamento del bosco urbano già presente e la creazione di un'area ricreativa-sportiva a servizio della zona residenziale adiacente.

Nell'area a vivaio accanto alla centrale elettrica sono previsti degli orti urbani a disposizione della cittadinanza, mentre nella zona residenziale di via Andreani saranno installati elementi dedicati al gioco e allo sport.

Nel lato sud sono state individuate due aree: un parco che necessita un potenziamento e un incrocio viario problematico, in corrispondenza di una delle chiese di Brugherio il cui affaccio risulta sacrificato, che il comune ha già in programma di sistemare attraverso l'introduzione di una rotonda.

Per quanto riguarda il lato est del sistema, dove si focalizzerà la seconda parte del progetto, sono presenti tre aree destinate a centro documentale ed educazione ambientale, porta di accesso al parco e margine di transizione tra città e PLIS.

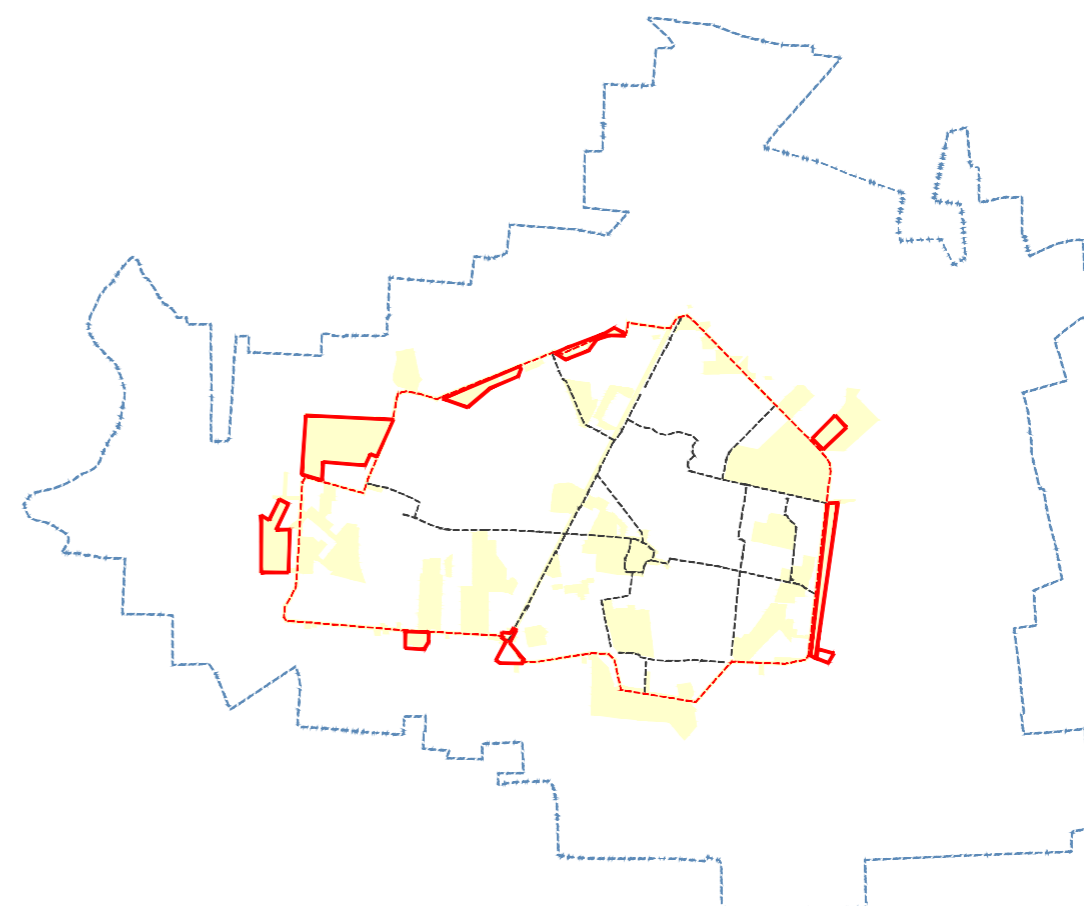


Fig. 45 Elenco dei servizi e delle attività di progetto

Fig. 46 L'anello ciclopedonale e le aree di concentrazione di servizi e attività di progetto



Fig. 47 Servizi e attività di progetto

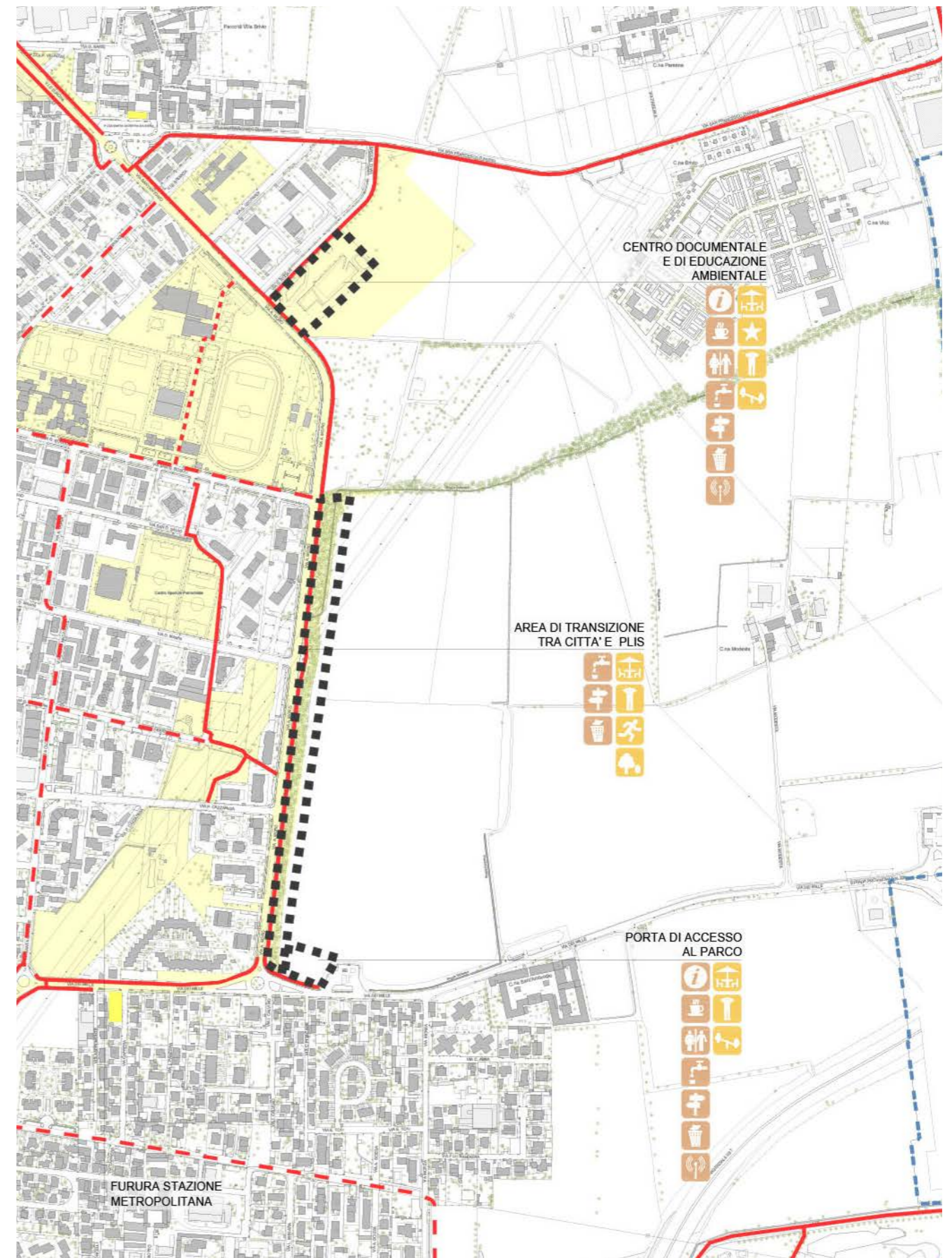
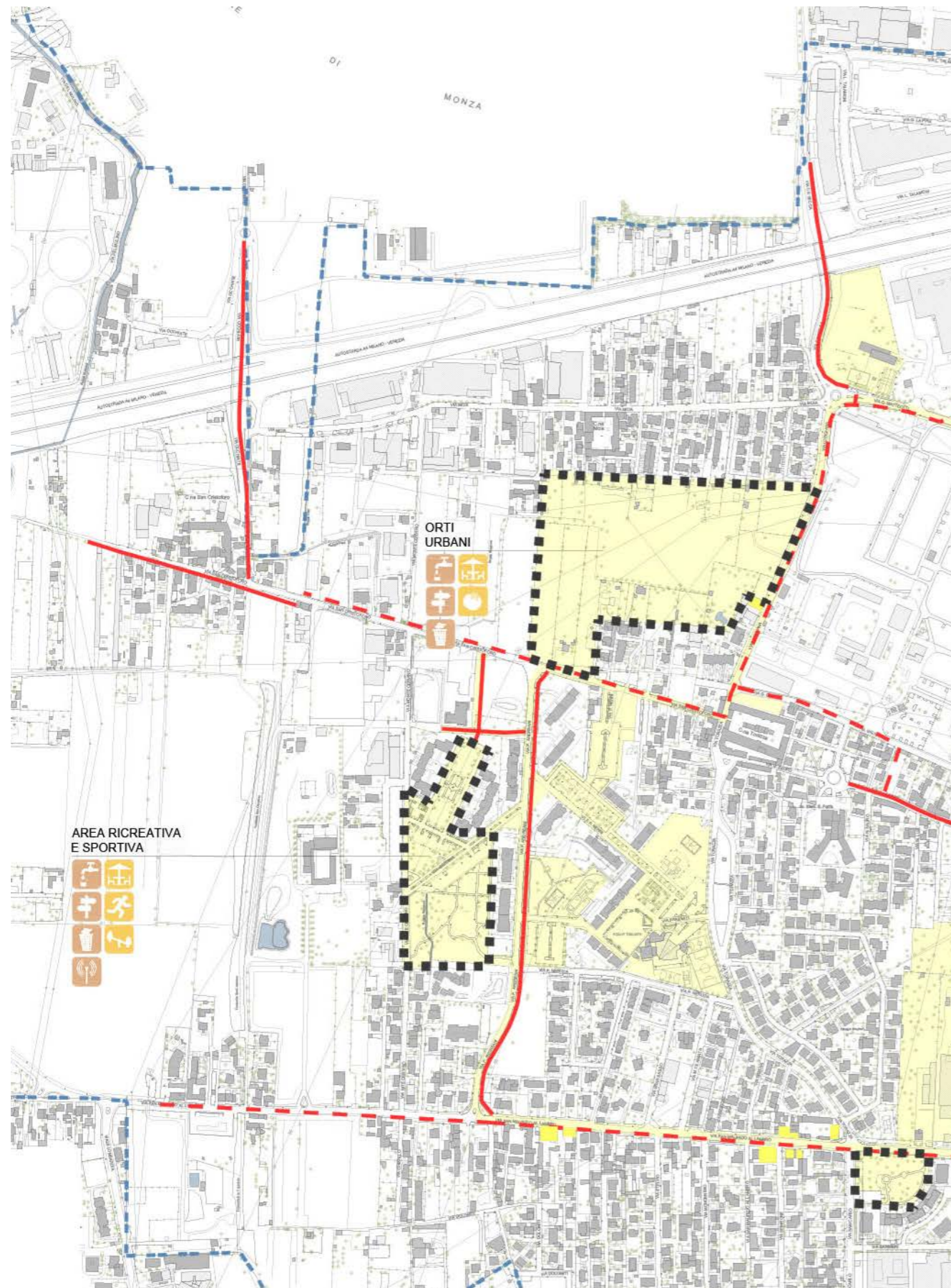


Fig. 48 Servizi e attività di progetto: area via Andreani e area via Lodigiana  
 Fig. 49 Servizi e attività di progetto: margine est dell'anello

### 3.4 SEZIONI TIPOLOGICHE DELL'ANELLO CICLOPEDONALE

L'anello ciclopedonale è caratterizzato dalla presenza del percorso di mobilità lenta, con una larghezza minima di 2,50 m, da un buffer vegetale di separazione dalla carreggiata stradale e l'inserimento di servizi e funzioni nelle aree adiacenti.

Questa conformazione è presentata nella sezione tipo sottostante, in cui sono evidenziate anche le scelte progettuali riguardanti i materiali.

Di seguito vengono riportate le sezioni tipologiche nei tre casi riscontrabili lungo lo sviluppo dell'anello: di adeguamento del percorso esistente, prevedendo l'allargamento della sezione della pista ciclopedonale e l'inserimento di elementi di arredo urbano per la sosta; di implementazione del percorso, con l'introduzione di nuove funzioni e servizi, e di creazione di un nuovo percorso per le aree di nuova urbanizzazione o in cui il sistema di mobilità lenta non è attualmente presente.

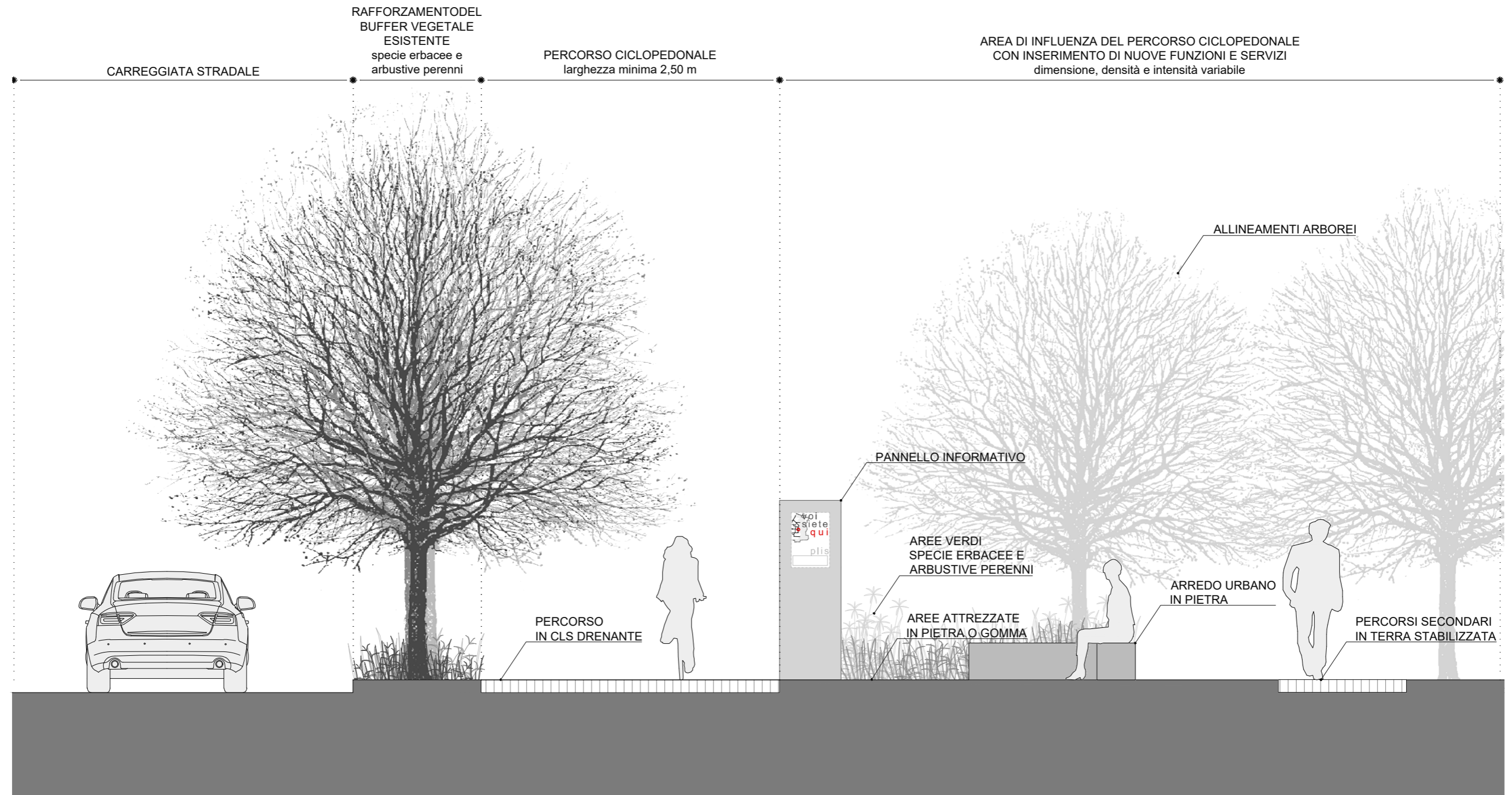
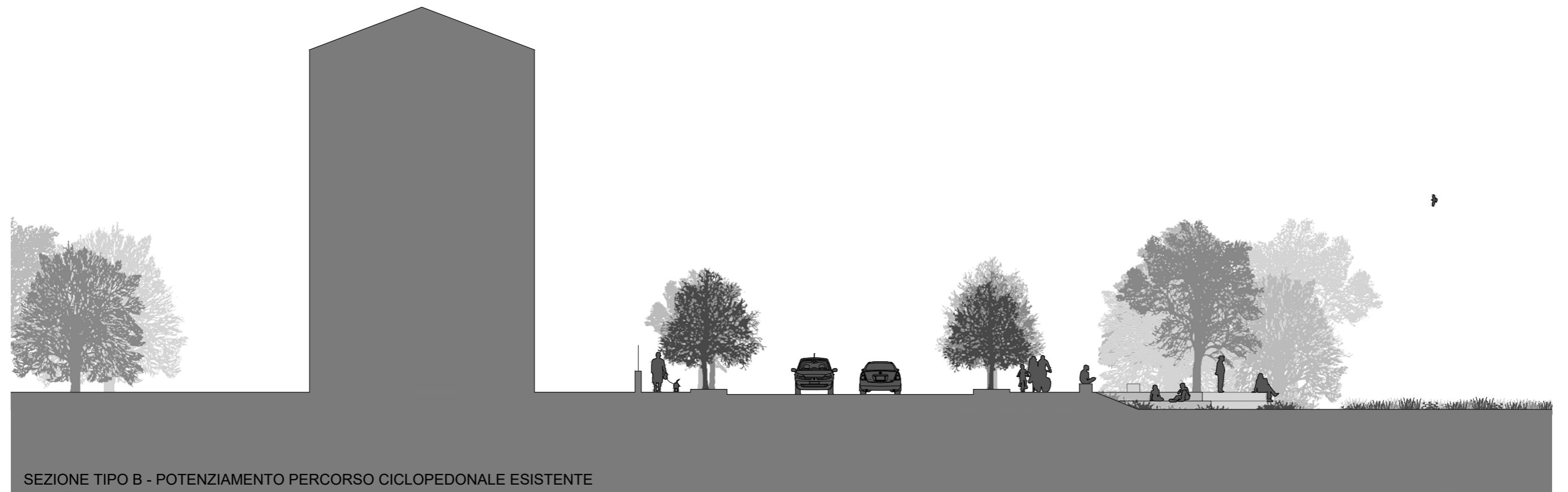


Fig. 50 Sezione tipo



Fig. 51 Sezione tipologica A



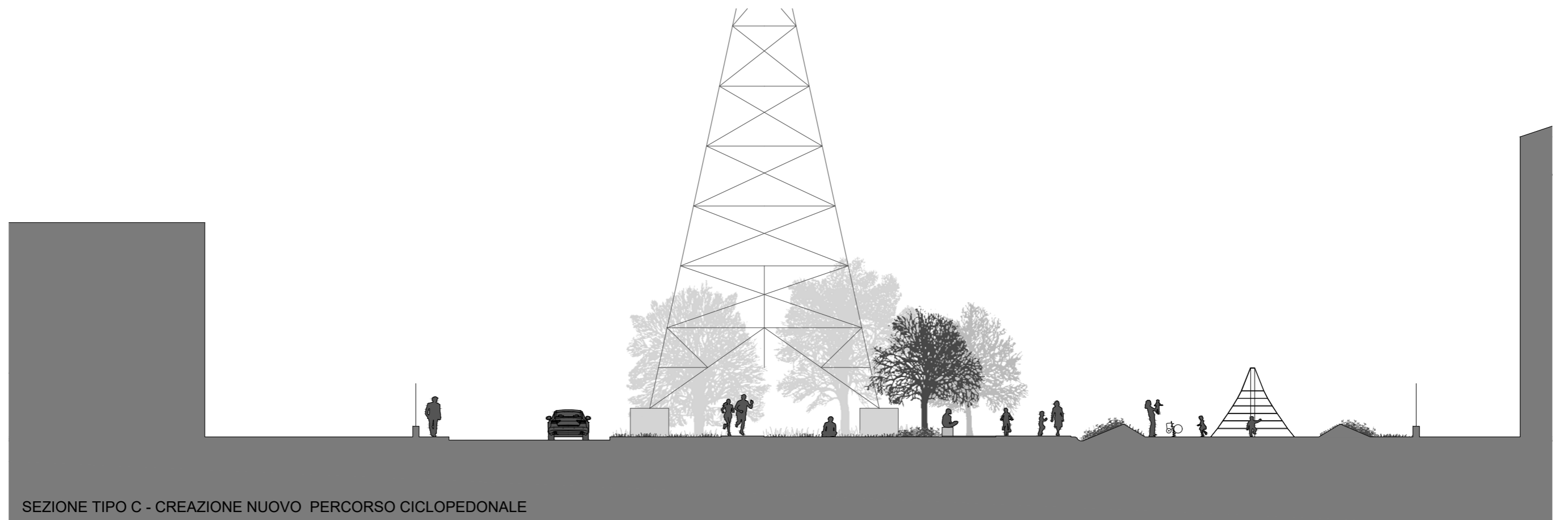
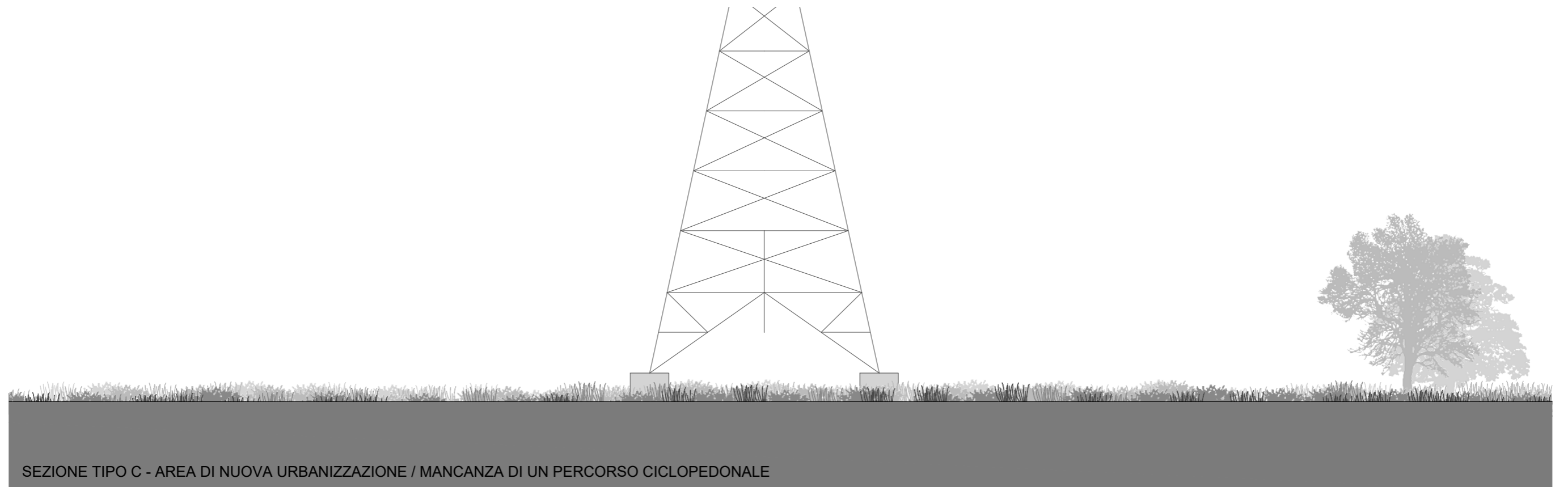


Fig. 53 Sezione tipologica C

Per quanto riguarda le scelte dei materiali, si è optato per l'introduzione di elementi durevoli e modularmente ripetibili che permettano di caratterizzare in maniera univoca l'intervento, e che al contempo possano essere declinati ed adattati alle esigenze specifiche dei singoli tratti di percorso ciclopedonale.

Per le pavimentazioni si è scelto di privilegiare l'aspetto ecologico optando per stratigrafie drenanti: cls permeabile per le grandi superfici come il percorso ciclopedonale, lastre in pietra o cls posate a secco per le aree di sosta e terra stabilizzata per i percorsi secondari. Per le aree gioco e sportive sono previste invece pavimentazioni in gomma antiurto.

Gli arredi sono pensati in cls prefabbricato, con eventuale rivestimento in pietra, per le sedute, mentre per elementi informativi, cestini portarifiuti e fontanelle è stato scelto l'acciaio zincato verniciato.



### 3.5 MARGINE EST

Il margine est dell'anello è caratterizzato dalla continuità del percorso ciclopedonale, ma soprattutto dalla particolare collocazione tra l'ambiente urbanizzato della città e quello più naturale rappresentato dai campi agricoli e dal PLIS.

Per questo motivo si è voluto declinare il percorso come una zona filtro tra queste due realtà, che, seppur caratterizzata da un'accessibilità agevole, permette la creazione di spazi raccolti a stretto contatto con la natura che ne valorizzino e ne permettano la fruizione.

La pista ciclopedonale mantiene quindi uno sviluppo longitudinale lungo tutto il margine città-campagna, permettendo il collegamento tra la porta di accesso al parco, posizionata all'incrocio tra via Aldo Moro e via dei Mille, e il centro di educazione ambientale previsto all'incrocio tra via Aldo Moro e via Gianni Rodari.

Oltre alle due polarità rappresentate dalla porta e dal centro studi, nella zona intermedia sono pensate una serie di spazi attrezzati e di aggregazione posti a diretto contatto con la pista ciclopedonale o leggermente discostati da essa e maggiormente integrati nell'area naturale. Questi ultimi sono serviti da un sistema di percorsi secondari che costituiscono un metodo alternativo di percorrenza dell'asse nord-sud.

Le funzioni e i servizi introdotti sono principalmente legati all'uso dell'area durante il tempo libero e il relax. Sono quindi previsti spazi di sosta attrezzati con sedute e fontanelle, aree gioco e fitness.

Sfruttando la pendenza esistente di circa 0,80 m, alcune delle aree attrezzate sono pensate aggettanti nella parte naturale ed agricola, andando a creare così delle gradonate con affaccio sul verde.

Gli interventi di natura inerte vengono sempre affiancati dall'inserimento di filari di alberi monospecie e da aree geometriche piantumate ad arbusti ed erbacee perenni, agevolando anche l'individuazione del progetto sul fronte stradale e creando dei coni ottici e viste inusuali sul paesaggio.



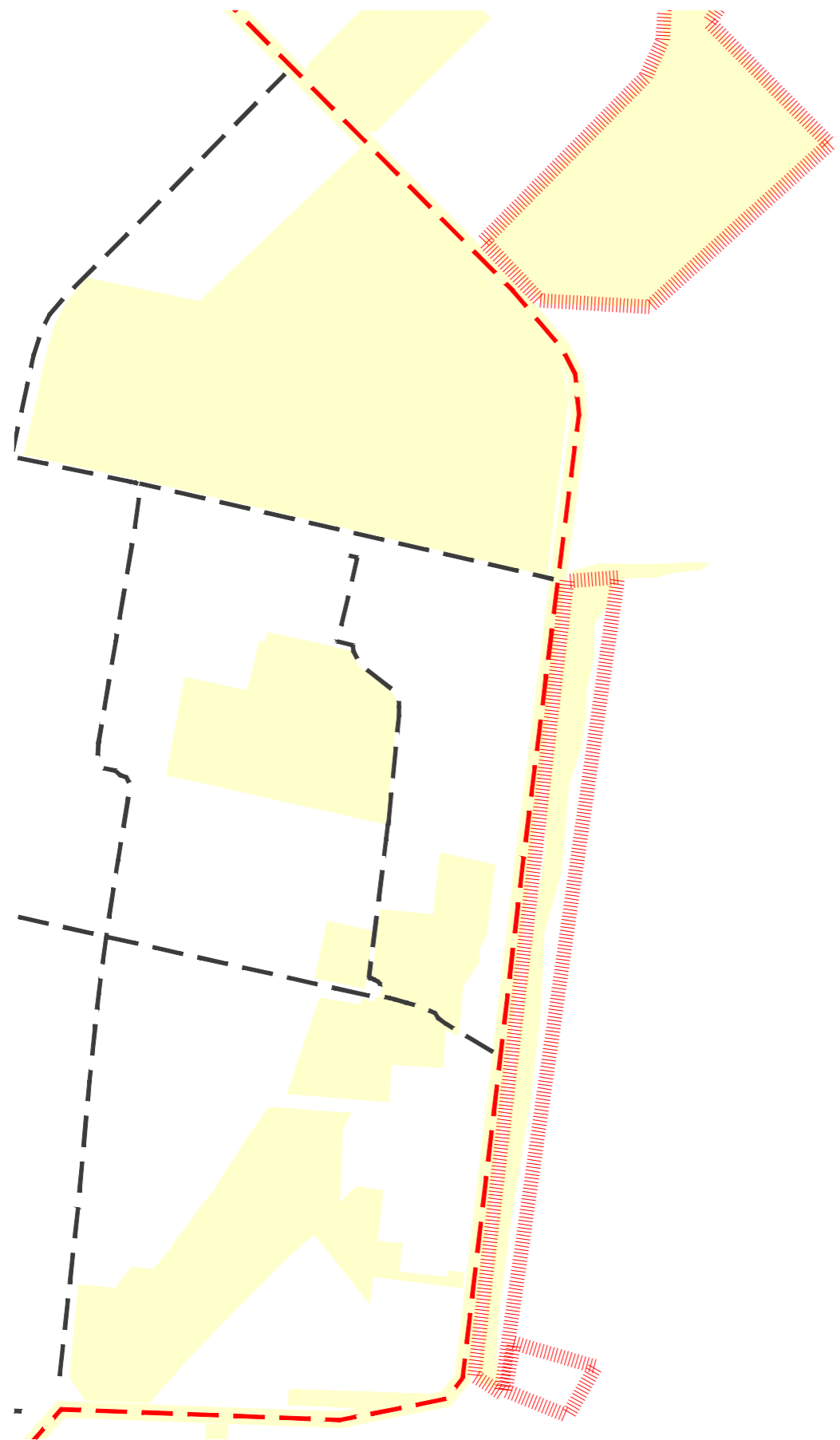
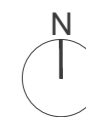


Fig. 55 Schema margine est: le aree a maggiore intensità di funzioni e servizi  
 Fig. 56 Schema margine est: l'area del centro studi, la porta del parco e il sistema diffuso di connessione





COMPONENTE INERTE



COMPONENTE VEGETALE



Fig. 57 Schemi margine est: componenti inerti e vegetali



Fig. 58 Planimetria margine est



Fig. 59 Zoom planimetrico

### 3.6 IL SISTEMA DI ILLUMINAZIONE “LIGHT ON DEMAND”

All'interno del progetto di paesaggio viene proposto un sistema di illuminazione basato su tecnologie che mirano alla salvaguardia dell'ambiente attraverso il risparmio energetico e la riduzione dell'inquinamento luminoso.

La soluzione proposta prevede corpi illuminanti alimentati con energia solare per mezzo di pannelli fotovoltaici e con l'integrazione della tecnologia “light on-demand”, ovvero l'accensione della lampada solo quando serve al passaggio degli utenti.

Nello specifico si tratta di un sistema che si basa su sensori di movimento applicati ad una distanza regolare, integrati o meno negli apparecchi illuminanti, che quando captano il transito di veicoli e persone aumentano il livello di luminosità dei lampioni progressivamente e in anticipo sul transito, garantendo così ampia visibilità e sicurezza.

Questo significa che nei tratti di strada in cui non avviene alcun transito, la luminosità dei lampioni può essere mantenuta al livello minimo prescelto, eventualmente con intensità maggiore nei punti critici come incroci o attraversamenti pedonali, attivando la massima luminosità solo quando è effettivamente necessaria.

La tecnologia “light on-demand” può portare a un risparmio energetico fino al 90%.

L'adattabilità del sistema permette di applicarlo a qualsiasi tipo di apparecchio: su palo per l'illuminazione stradale e della pista ciclabile, a terra e dal basso per piazze, ambienti urbani ed elementi vegetali.

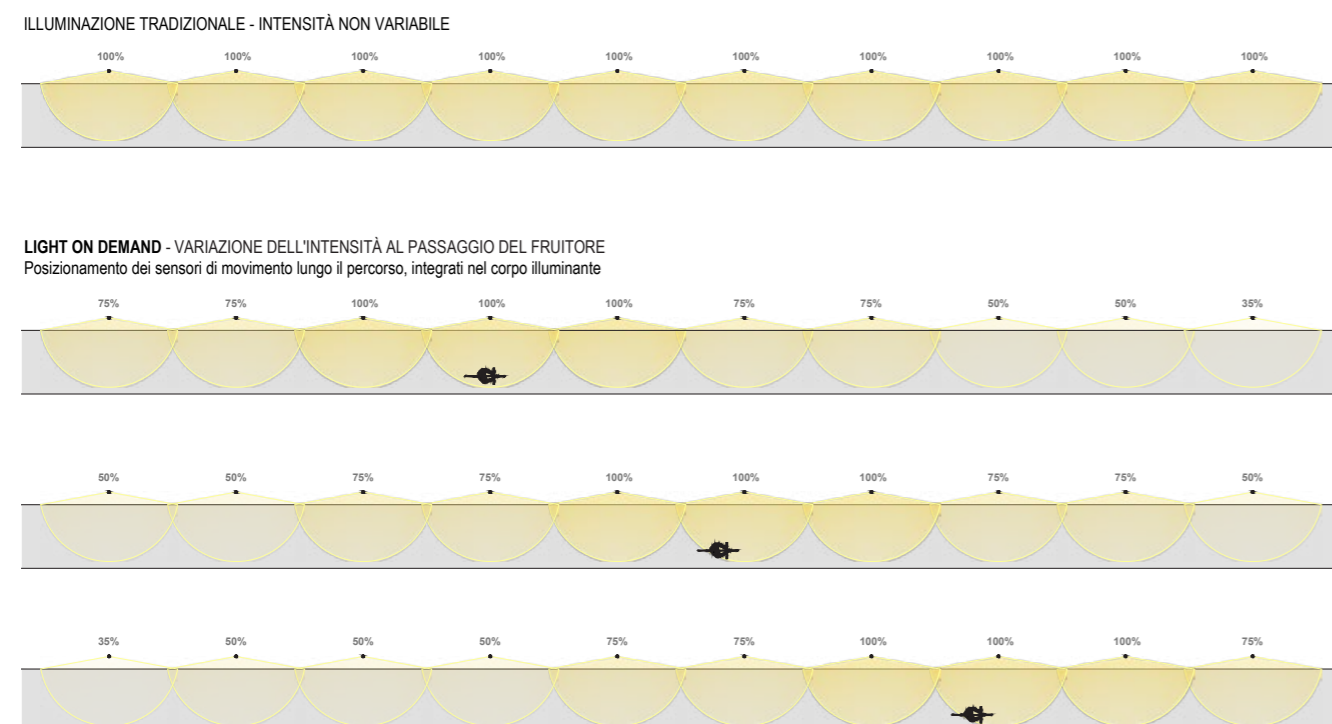


Fig. 60 Schema esplicativo del sistema “light on demand”



PARTE IV\_PROGETTO ARCHITETTONICO

## 4.1 ANALISI DEL LOTTO

### 4.1.1 STATO DI FATTO DEL LOTTO

Il lotto situato in via Rodari, ed indicato nella normativa vigente come area di trasformazione in fase di attuazione, è situato nella parte nord-est del territorio comunale.

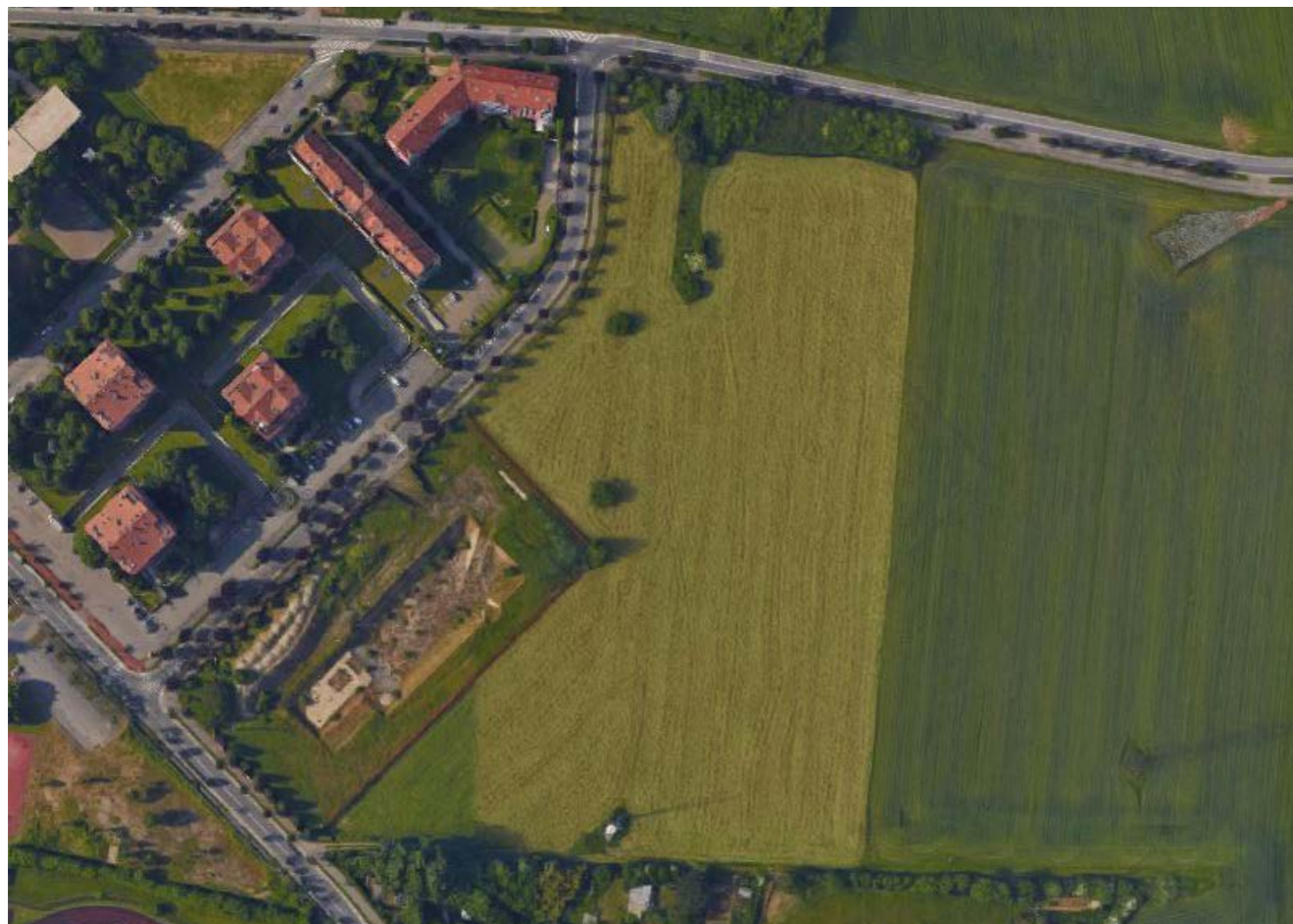
Si tratta di una zona di recente edificazione, caratterizzata da residenza e dalla presenza dell'area sportiva comprensiva di piscina, campi da calcio, pista di atletica. Due lati del lotto, invece, confinano con il PLIS del Parco Est delle Cave.

L'intero lotto ha un'estensione di circa 37.100 mq, mentre la zona attualmente interessata dal cantiere della scuola superiore incompiuta è di 10.000 mq. Quest'ultima risulta essere di forma rettangolare con lati di 143m e 69m ed è posizionata all'angolo tra via Rodari e via Moro.

Il terreno si presenta pressoché orizzontale, essendo la quota massima e minima rispettivamente 147,8 e 146 mslm.

Sono presenti un pilone della linea elettrica nell'angolo settentrionale del lotto e una Stazione Radio Base nel lato sud.

Eccetto i filari lungo i bordi del lotto adiacenti alla pista ciclabile, l'area è caratterizzata per la maggior parte dalla presenza di vegetazione spontanea erbacea e arbustiva, e da raggruppamenti arborei nel lato nord.





#### 4.1.2 INQUADRAMENTO FOTOGRAFICO

Il lotto di progetto attualmente si presenta come una zona di cantiere abbandonata, caratterizzata da recinzioni temporanee, opache verso via Rodari e via Moro e di rete leggera verso il Parco Est delle Cave.

All'interno è presente lo scavo effettuato per la realizzazione delle fondazioni della scuola superiore, messo in sicurezza attraverso un parapetto in legno.

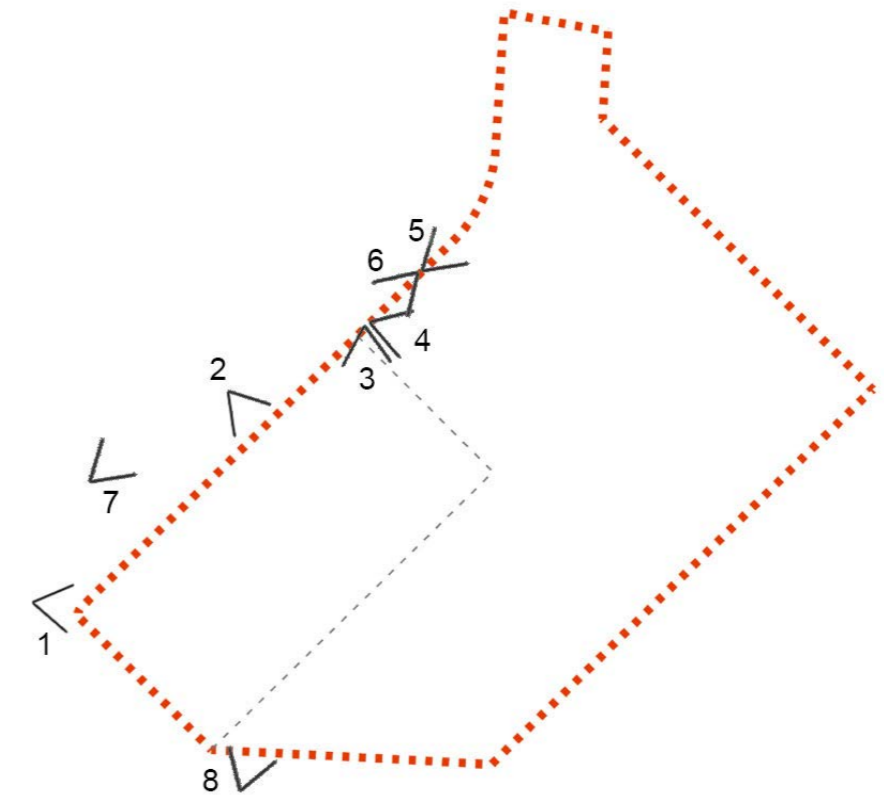


Fig. 63 Inquadramento fotografico del lotto di via Rodari

### 4.1.3 ANALISI SWOT

Come per la parte di progetto paesaggistico, è stata effettuata l'analisi SWOT del lotto di progetto del centro educativo-documentale al fine di stabilirne forze, debolezze, opportunità e minacce.

| MOBILITÀ   |  |  |  |
|--|--|--|--|
| Strengths  | Weaknesses   | Opportunities  | Threats  |
| - accesso diretto al sistema ciclopedonale esistente, ben impostato e caratterizzato da continuità<br>- presenza di parcheggi liberi lungo via Aldo Moro<br>- accesso alla zona agricola | - parcheggi appositi per biciclette scarsi<br>- segnaletica orizzontale e verticale scarsa e non caratterizzante | - disponibilità di spazi per integrare il sistema ciclopedonale e il lotto di intervento<br>- possibilità di separazione dei flussi<br>- introduzione di soluzioni innovative e creative | - necessità di suddividere il processo in fasi temporali e la conseguente complessa gestione dell'intero processo<br>- complessità della gestione degli stakeholders |

| ARCHITETTURA E PAESAGGIO  |  |   |  |
|---|--|---|--|
| Strengths   | Weaknesses   | Opportunities   | Threats  |
| - presenza di una buona componente verde<br>- presenza dei PLIS<br>- presenza di aree agricole<br>- visione ampia e profonda sul paesaggio agricolo | - presenza dell'area di cantiere abbandonata potenzialmente pericolosa | - eliminazione del cantiere<br>- miglioramento estetico e della percezione degli spazi<br>- introduzione di soluzioni ecosostenibili<br>- introduzione di nuove funzioni e destinazioni d'uso<br>- differenziazione dell'offerta degli spazi pubblici | - rischio di impatto visivo elevato del nuovo intervento<br>- necessità di suddividere il processo in fasi temporali e la conseguente complessa gestione dell'intero processo<br>- complessità della gestione degli stakeholders |

| ASPETTI ECONOMICI  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| Strengths  | Weaknesses  | Opportunities  | Threats   |
| - presenza di attività sportive e ricreative nella zona<br>- buona accessibilità dell'area | - presenza di attività che possono portare a problematiche legate al traffico in occasione di eventi sportivi e fiere | - introduzione di nuove funzioni e creazione di un punto di attrazione<br>- possibilità di innesco a cascata di altri processi di rivitalizzazione | - complessità della gestione degli stakeholders |

| IDENTITÀ  |  |   |   |
|---|--|---|---|
| Strengths   | Weaknesses   | Opportunities   | Threats   |
| - volontà da parte dell'amministrazione di creare di un'identità ed un'immagine comune sul territorio | - mancanza di un linguaggio comune negli interventi esistenti<br>- percezione di scarsa sicurezza in alcune aree | - creazione di una identità, linguaggio comune ed immagine unitaria<br>- introduzione di landmark ed elementi riconoscibili caratterizzanti<br>- coinvolgimento di artisti e esperti di altri ambiti disciplinari<br>- coinvolgimento della popolazione tramite un processo partecipato | - difficoltà di accettazione da parte della popolazione |

| AMBIENTE                     |   |   |  |
|------------------------------|---|---|--|
| Strengths                    | Weaknesses  | Opportunities   | Threats  |
| - buona componente ecologica | - presenza degli elettrodotti<br>- cantiere esistente | - progettazione integrata ed energeticamente ecosostenibile<br>- creazione di un modello ripetibile | - complessità della gestione degli stakeholders<br>- complessità amministrativa e legislativa per la presenza dei PLIS |

## 4.2 FLESSIBILITÀ TEMPORALE

Per lo sviluppo del progetto e del masterplan si è tenuta conto della destinazione originaria del lotto inquadrato dalla normativa come ambito di trasformazione.

Dato che non si esclude la necessità e futura possibilità che parte del lotto venga destinato alla costruzione di una scuola superiore, si è voluto incentrare il progetto del centro documentale in chiave di flessibilità temporale.

Infatti, è stato sviluppato un doppio masterplan che prevede un tempo T1, corrispondente all'entrata in funzione del centro documentale, e un tempo T2 in cui il progetto viene implementato e integrato dalla costruzione della scuola.

In particolare, al tempo T1 l'edificio del centro studi risulta costituito da un corpo principale a cui è collegato il volume dell'auditorium.

Al tempo T2, si prevede l'integrazione e l'espansione dell'auditorium all'interno di un edificio di maggiori dimensioni, capace di ospitare eventi legati all'attività scolastica che necessitano di un centro di aggregazione di notevole capacità. Il volume destinato alla didattica risulta, in termini di flussi e accessi, indipendente rispetto al resto del complesso, così come il volume della palestra. L'edificio della scuola, inoltre, è pensato per poter essere ulteriormente flessibile in termini temporali, permettendo grazie alla sua conformazione future espansioni lungo il corpo principale a stecca.

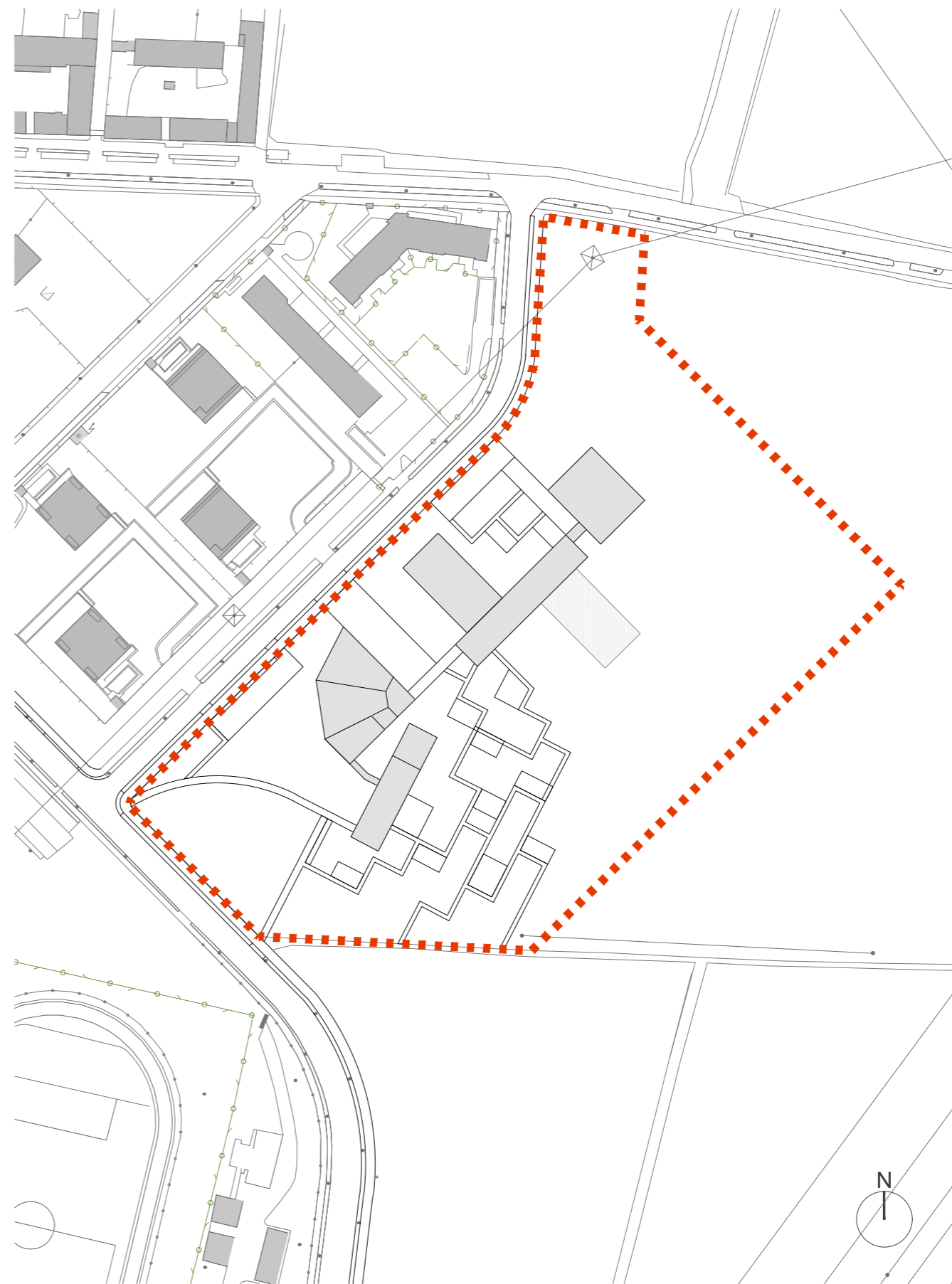
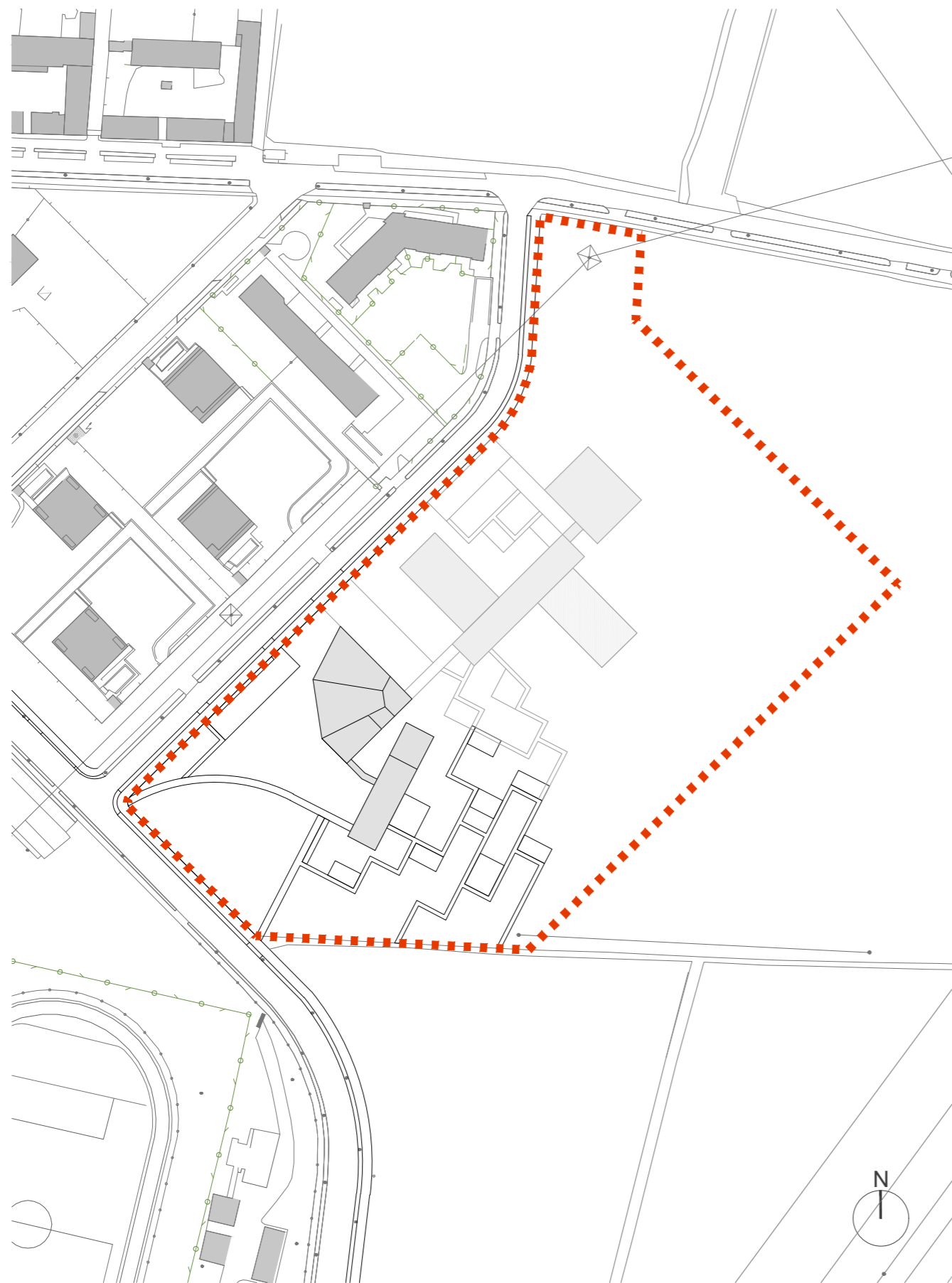


Fig. 64 Flessibilità temporale: confronto tra il tempo T1 e il tempo T2



## 4.3 ORGANIZZAZIONE FUNZIONALE E FLESSIBILITÀ SPAZIALE

Di seguito viene presentato lo schema funzionale dell'edificio.

Vista la stretta correlazione tra il concetto di flessibilità temporale e flessibilità funzionale, si è deciso di presentare la distribuzione interna degli edifici al tempo T2, in modo da evidenziare l'integrazione delle due fasi temporali e progettuali.

Per quanto riguarda il centro documentale ed educazione ambientale, questo si presenta come un edificio polifunzionale su due piani che raccoglie al suo interno degli spazi differenziati e flessibili. Alcuni sono strettamente legati alla funzione di centro studi, come la biblioteca e le aule didattiche, mentre altri sono destinati ad accogliere funzioni complementari e di interesse pubblico, come auditorium e uffici destinati ad accogliere enti ed associazioni che operano in campo ambientale.

Al piano terra del centro studi è inoltre previsto un info point e un bar come parte integrante del sistema dei servizi connesso con l'anello ciclopedonale e a supporto dello spazio retrostante il centro destinato a parco urbano.

Il sistema distributivo del centro è dimensionato in modo tale da configurarsi come una serie di aree di sosta e lettura che all'occorrenza sono in grado di accogliere eventi temporanei come mostre e workshop.

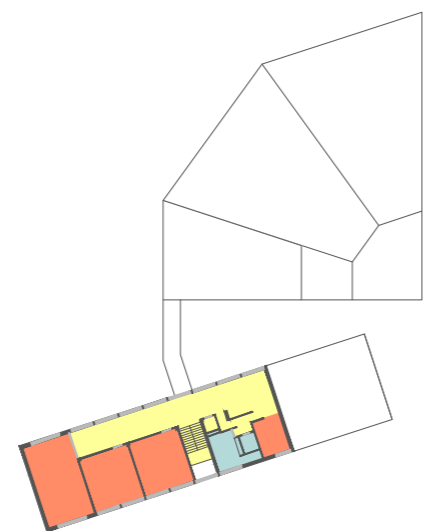
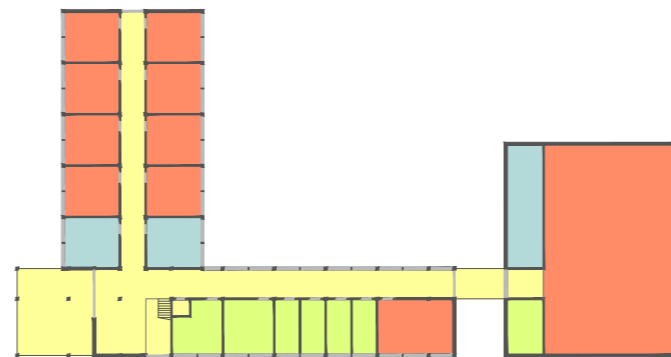
L'auditorium, come anticipato, è configurato in modo da essere integrato e inglobato al tempo T2 dal progetto di un auditorium di maggiori dimensioni. La sala al tempo T1 è dimensionata per circa 70 posti ed è configurata con due pareti completamente apribili costituite da ante vetrate. Al tempo T2, lo spazio potrà essere utilizzato in maniera indipendente mantenendo la configurazione in due sale distinte, grazie ai due accessi separati e all'utilizzo di tende a rotolo con proprietà acustiche, o in maniera congiunta aprendo le due pareti mobili.

La scuola superiore è dimensionata per accogliere 400 studenti ed è composta dal corpo principale su due piani che accoglie gli uffici amministrativi, le aule speciali e i laboratori, dal blocco aule e dalla palestra. Quest'ultima risulta indipendente in modo da poter essere utilizzata al di fuori degli orari scolastici, ma al contempo è collegata al corpo principale da un passaggio coperto.

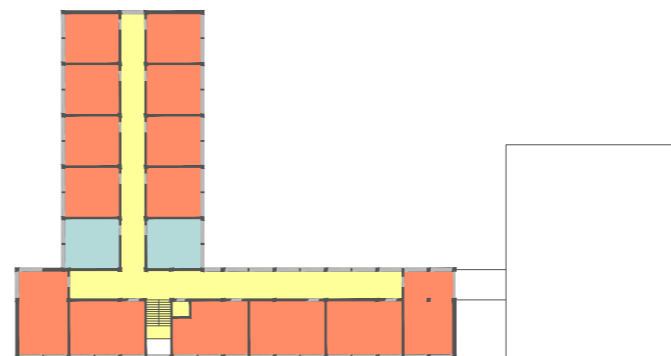
Data la conformazione, la capienza della scuola può essere aumentata inserendo un secondo blocco aule sul lato est del corpo principale, arrivando quindi a 800 studenti.



PIANO TERRA



PIANO PRIMO



SCHEMA FUNZIONALE

- aule
- uffici
- servizi
- circolazione e spazi comuni



Fig. 66 Schema funzionale della proposta progettuale al tempo T2

## 4.4 PLANIMETRIE E PIANTE ARCHITETTONICHE

La sistemazione delle aree esterne prevede un sistema di percorsi che dall'anello ciclopodone portano all'interno del lotto e alla zona di ingresso del centro studi.

La parte tra l'anello e l'edificio è pensata come un piano verde interrotto solamente dalla presenza di filari monospecifici che creano una serie di quinte e coni prospettici sul paesaggio percepibili dalla pista ciclopodone.

La parte a verde retrostante l'edificio è basata su una maglia regolare, scandita anche qui da filari alberati, al cui interno sono posizionati i percorsi secondari, le aree di sosta attrezzate ed aree verdi piantumate con specie arbustive ed erbacee.

Come per l'intero sistema ciclopodone, per i percorsi vengono privilegiati materiali permeabili: quelli principali sono pensati in cls drenante, le aree di sosta in lastre di pietra posate a secco o gomma antiurto e i percorsi secondari in terra stabilizzata.

L'ingresso del centro studi è costituito da una piazza coperta determinata volumetricamente dallo slittamento dei due piani dell'edificio. Essa rappresenta l'elemento cerniera tra i flussi interni ed esterni ed è direttamente collegata con la zona pavimentata retrostante l'edificio del bar all'aperto.

Nella hall al piano terra sono posizionati i servizi di maggior interesse pubblico come l'info point, il bar e l'accesso all'auditorium attraverso un passaggio vetrato. La restante parte del piano terra è destinata ad uffici e servizi.

Il secondo piano ospita una serie di spazi per la lettura, due aule didattiche e la biblioteca.

Su entrambi i piani il sistema distributivo è posizionato nell'affaccio nord-ovest dell'edificio, mentre gli spazi destinati a aule e uffici si affacciano verso il PLIS a sud-est. La biblioteca è caratterizzata dal fatto di avere entrambi gli affacci e vetrate a tutta altezza.

La copertura dell'edificio è piana e trattata a verde.





Fig. 68 Planimetria di progetto

## 4.5 SEZIONI TERRITORIALI

Le sezioni territoriali presentate, che attraversano l'intero lotto nelle due direzioni principali, mostrano la relazione tra il volume dell'edificio del centro studi ambientali e il territorio che lo circonda.

Viene messo in evidenza di come il terreno si presenta pressochè pianeggiante lungo tutta la superficie del lotto di progetto, e l'edificio si integra ed enfatizza l'orizzontalità già presente nel paesaggio.

In particolare, vengono mostrati anche gli interventi di architettura del paesaggio correlati con la sistemazione esterna, i cui volumi arborei contribuiscono alla composizione e bilanciamento degli elementi introdotti.

Dalle sezioni si comprende in parte la percezione che si ha dall'esterno dell'area di progetto: la sequenza data dai filari monospecifici crea un ritmo visibile percorrendo la strada e il percorso ciclopedonale che lambisce il lotto, oltre che incanalare lo sguardo verso una porzione ben definita di paesaggio, accentuandone la profondità.

## 4.6 PROSPETTI E SEZIONI

Nei prospetti vengono mostrate le scelte effettuate riguardo l'involucro dell'edificio.

In particolare viene mostrata la facciata ventilata in fibrocemento con fissaggio invisibile delle lastre, facendo riferimento alla finitura Tectiva di Equitone, posato in maniera da enfatizzare ulteriormente l'orizzontalità dell'edificio. La disposizione dei giunti orizzontali è determinata dallo schema delle aperture e dalle altezze di interpiano, mentre i giunti verticali sfalsati sono dati dall'ottimizzazione del dimensionamento dei moduli multipli di 40 cm, rispettivamente di 40, 80, 120 e 160 cm.

Dai prospetti si percepisce inoltre parte delle strategie energetiche adottate: nei prospetti SE e SO è presente un sistema di schermature fisse orizzontali opportunamente dimensionate e distanziate in modo da garantire l'ombreggiamento durante la stagione estiva e un guadagno termico nella stagione invernale.

La sezione permette anche di chiarire meglio alcuni degli aspetti di cui si è già parlato nei capitoli precedenti, quali la distribuzione degli ambienti lungo l'affaccio NO dell'edificio e la presenza della piazza coperta antistante l'ingresso.

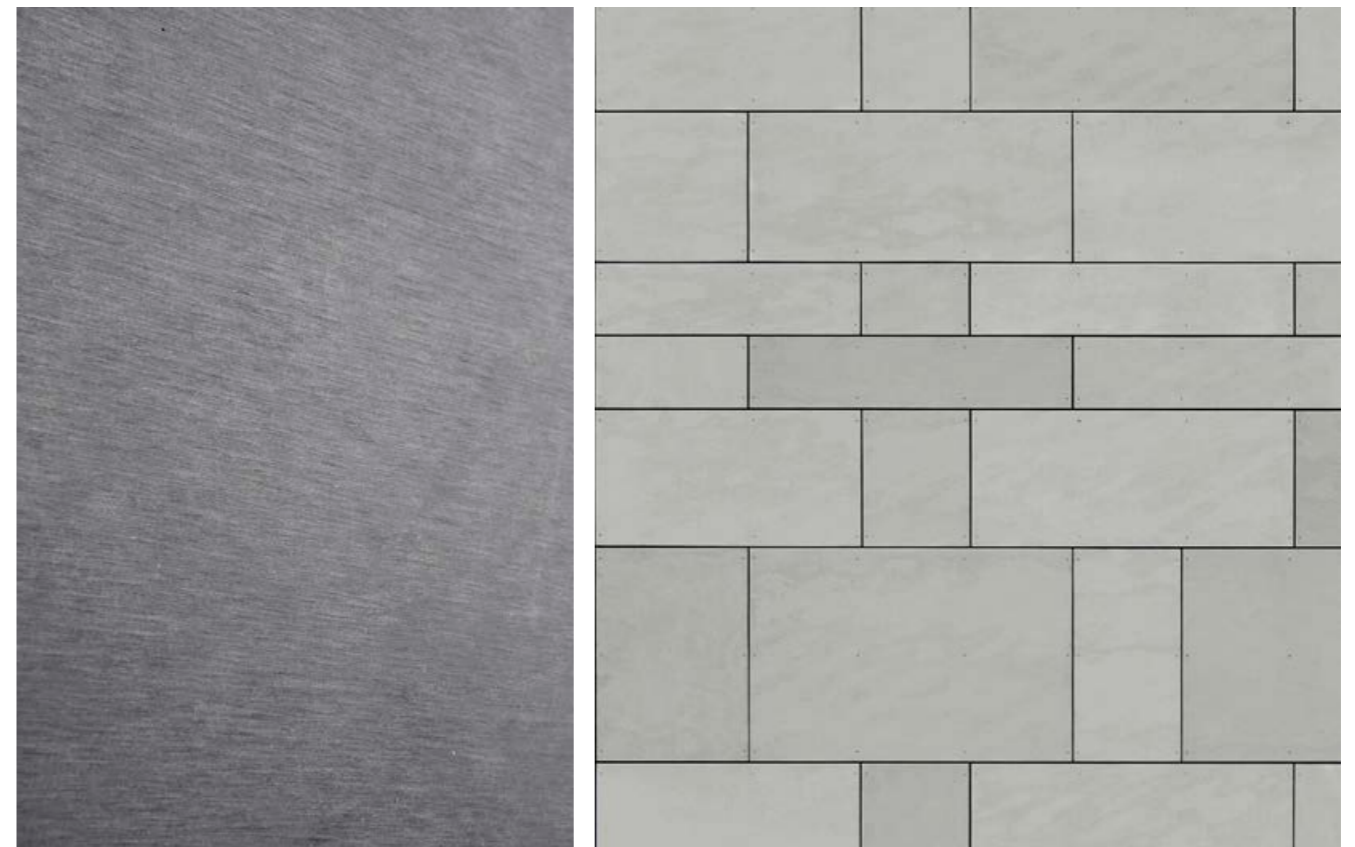






Fig. 71 Planimetria di progetto

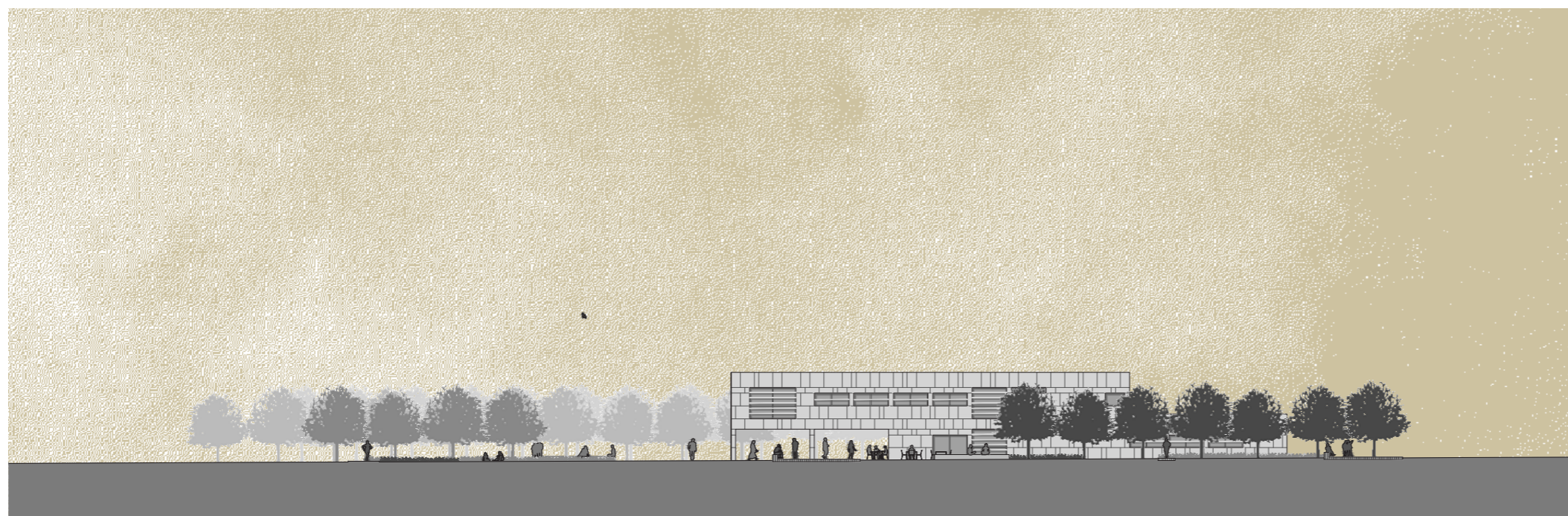
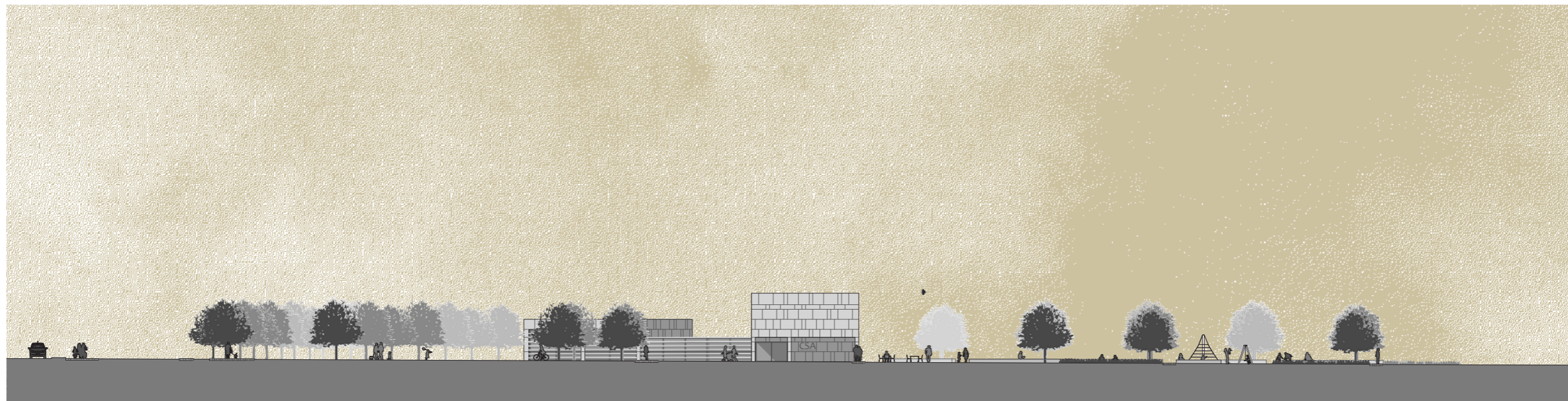
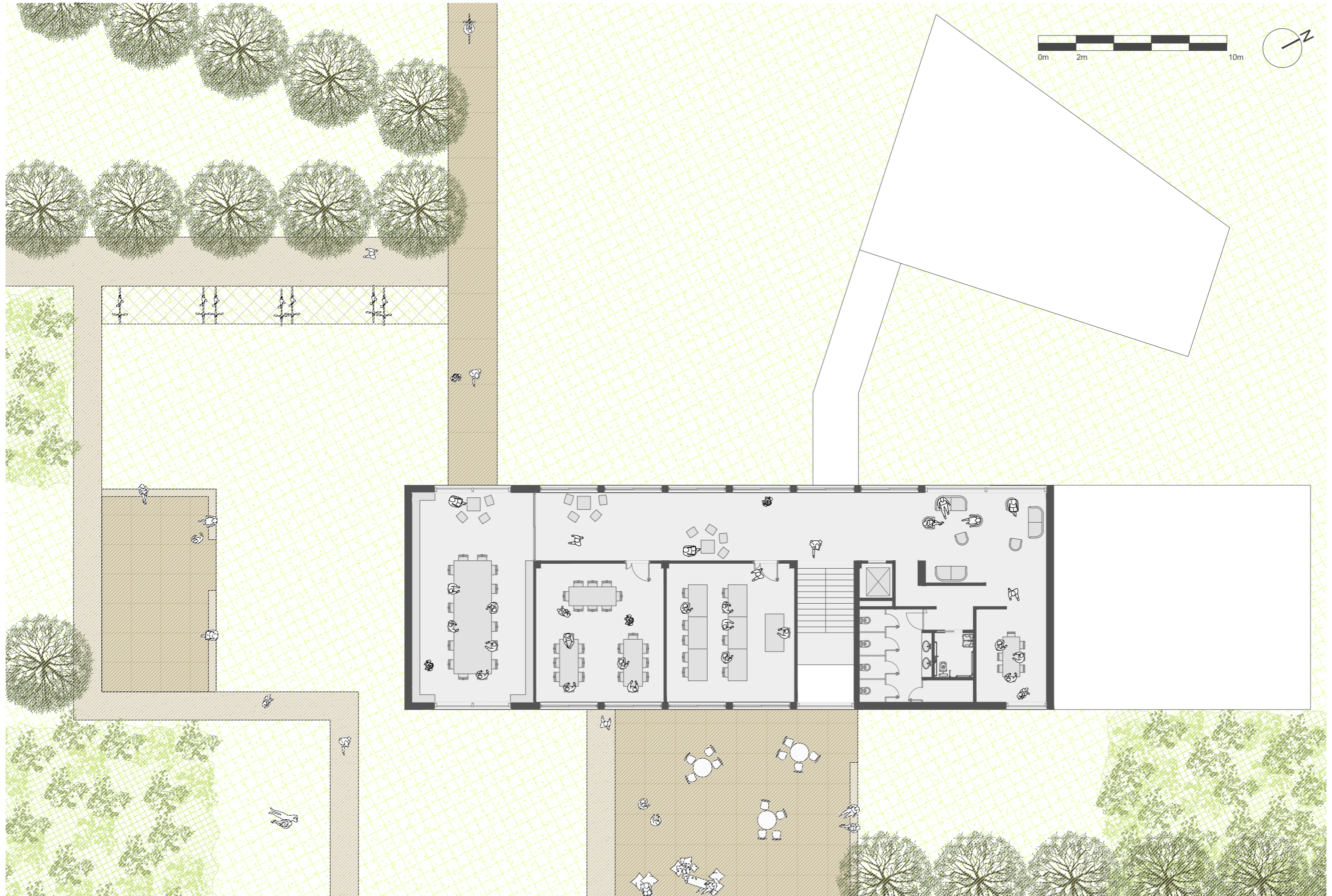




Fig. 74 Pianta Piano Terra



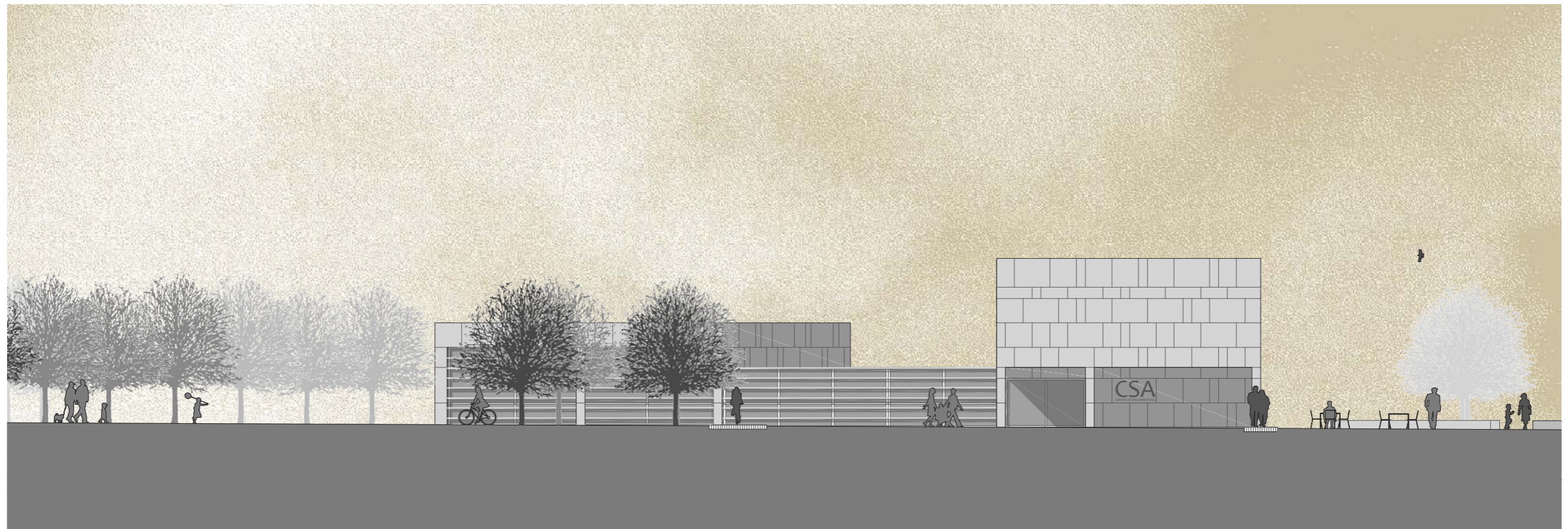
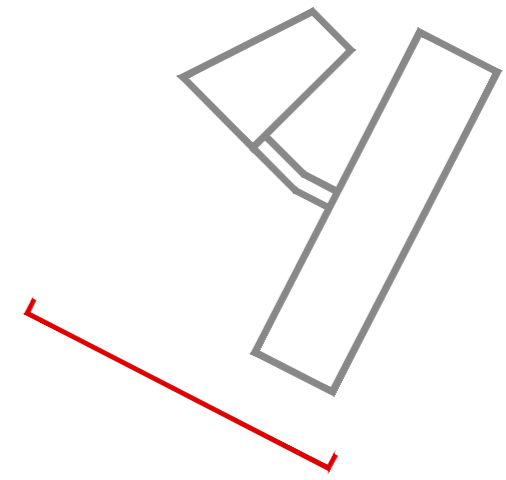
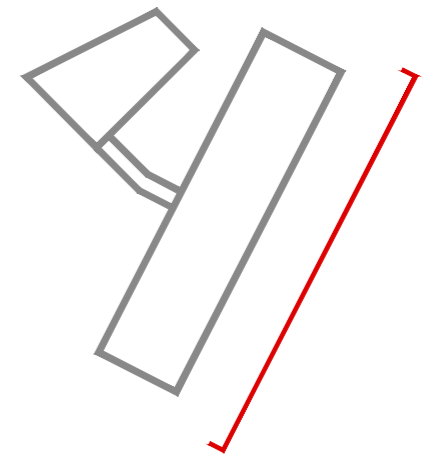


Fig. 76 Prospetto contestualizzato SO



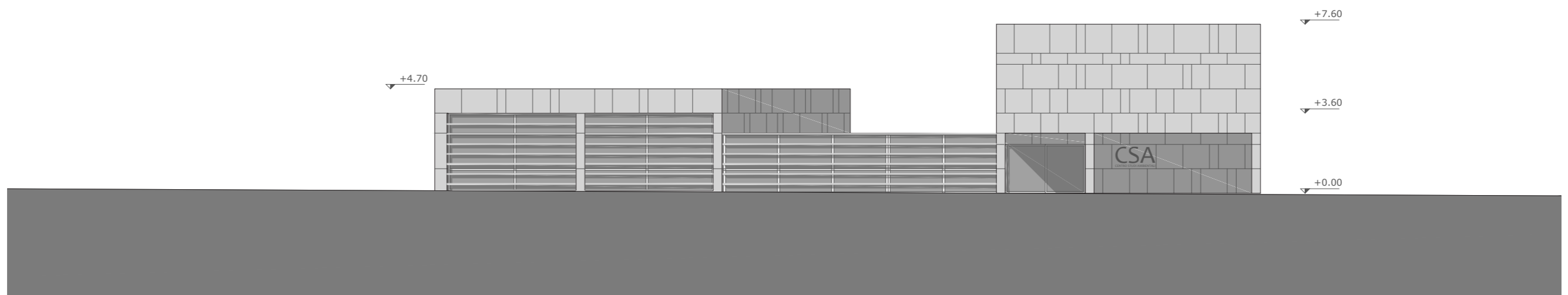
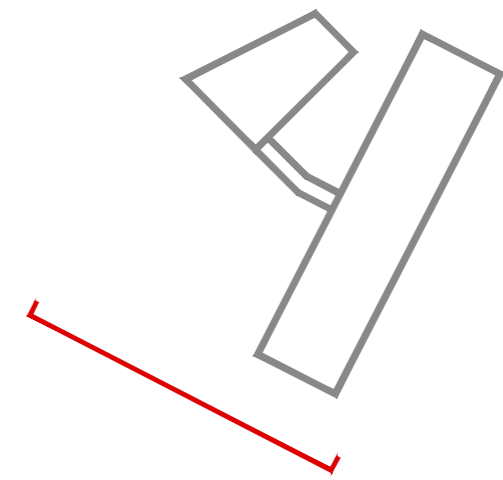
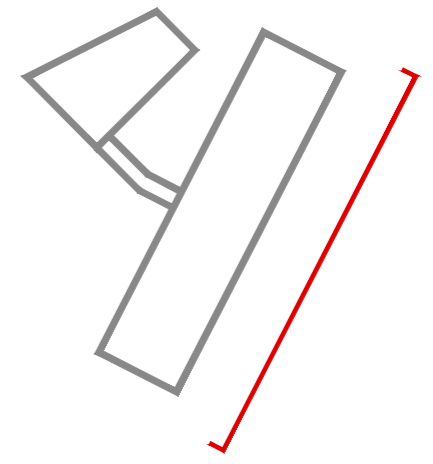


Fig. 78 Prospetto SO





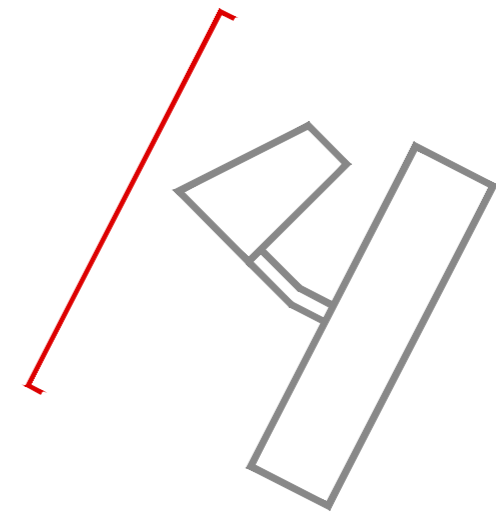
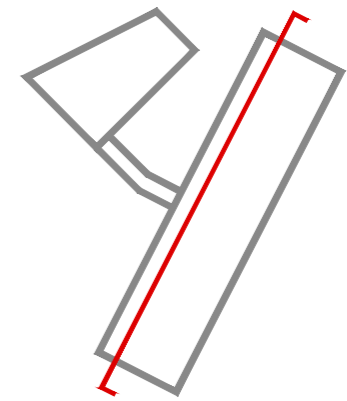


Fig. 80 Prospetto NO

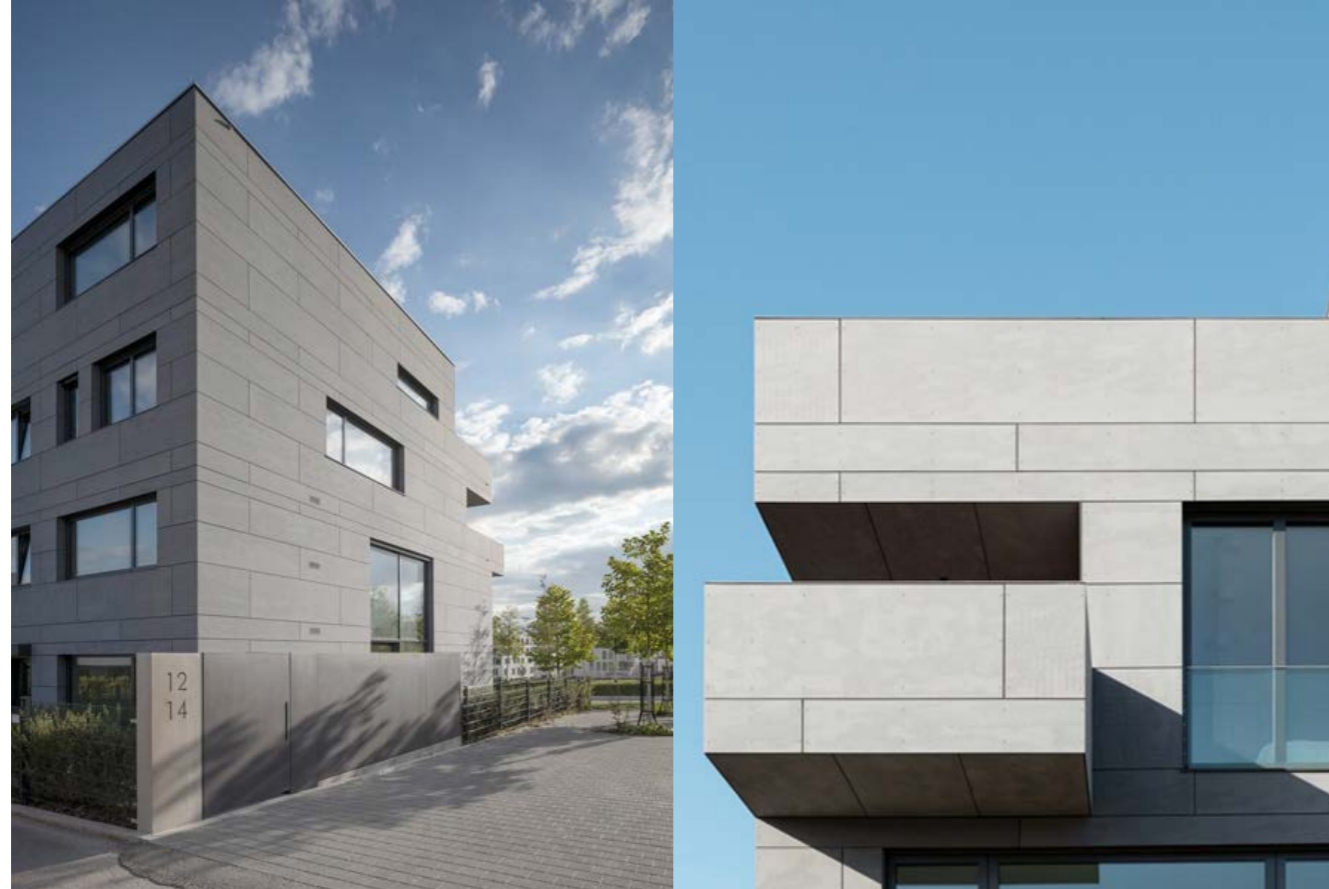




## 4.7 RIFERIMENTI PROGETTUALI

AUDITORIUM CANTINE MEZZACORONA, MEZZOCORONA (TN)  
Studio Cecchetto

Auditorium flessibile: permette l'utilizzo separato o congiunto delle quattro sale di cui si compone. Facciata vetrata completamente apribile verso lo spazio esterno utilizzabile come anfiteatro.



EDIFICIO PER APPARTAMENTI, STUTTGART  
Bottega + Ehrhardt Architekten

Facciata ventilata con rivestimento in fibrocemento.

Fig. 82 Cantine Mezzacorona, Mezzacorona (TN)  
Fig. 83 Edificio per appartamenti, Stuttgart



PARTE V\_PROGETTO TECNOLOGICO

## 5.1 INVOLUCRO

### 5.1.1 SISTEMA STRUTTURA / RIVESTIMENTO

La tecnologia adottata per l'involucro dell'edificio in progetto è quella del sistema struttura/rivestimento (S/R), basata dunque su tecnologie stratificate a secco.

La caratteristica principale di questo sistema consiste nell'assemblaggio di elementi diversi attraverso collegamenti meccanici, senza l'impiego di materiali di connessione destinati a consolidarsi dopo la posa come malte.

I vantaggi di questo sistema costruttivo sono dati dalla grande flessibilità, oltre alla possibilità di ottenere standard qualitativi e prestazionali in grado di rispondere alle normative tecniche in termini di qualità funzionale ed operativa.

Tra gli aspetti positivi vi è anche lo spostamento di molte lavorazioni dal cantiere all'officina, permettendo una migliore operatività costruttiva e gestionale del processo. Questo comporta economicità, che abbinata alle alte prestazioni dei materiali, rendono il sistema S/R molto competitivo.

Il sistema stratificato a secco si compone principalmente delle seguenti tre componenti:

- l'involucro esterno che ha la funzione di controllare lo scambio di flussi tra l'ambiente interno ed esterno, sottoforma di scambio termico, protezione agli agenti atmosferici ed isolamento acustico;
- la struttura portante, il cui scopo è quello di reggere il carico proprio, i carichi dei rivestimenti e di servizio. Deve inoltre rispondere alle sollecitazioni orizzontali generate da sisma e vento;
- il rivestimento interno deve rispondere alle prescrizioni di comfort visivo e tattile, alle prescrizioni di protezione al fuoco e limitare le dispersioni acustiche tra gli ambienti interni.

Per quanto riguardagli isolanti, sono stati preferiti pannelli in fibre di legno, tipo Celenit, che alla elevata resistenza termica associano una adeguata massa volumica che risulta vantaggiosa nel calcolo dello sfasamento termico.

Per la finitura esterna è stata scelta una facciata ventilata con pannelli in fibrocemento che, oltre a comportare vantaggi energetici, permette ampia flessibilità progettuale.

La tipologia dei pannelli scelta è quella Tectiva di Equitone, caratterizzata dalla superficie sabbiata e sfumata, con lastre applicate attraverso un sistema di fissaggio invisibile.

### 5.1.2 PACCHETTI TECNOLOGICI

Di seguito vengono riportate le stratigrafie dei pacchetti tecnologici utilizzati nel progetto dell'edificio.

Tramite software di analisi climatica, sulle chiusure verticali ed orizzontali sono state effettuate le analisi relative a trasmittanza e sfasamento, e quelle finalizzate a individuare l'eventuale presenza di condensa interstiziale.

Da queste indagini, risulta che le stratigrafie scelte soddisfano i parametri di legge riguardanti gli indici di trasmittanza U, espressa in W/m<sup>2</sup>K, per la zona termica E, estrapolati dal D.M. del 26/06/2015, riportati in tabella.

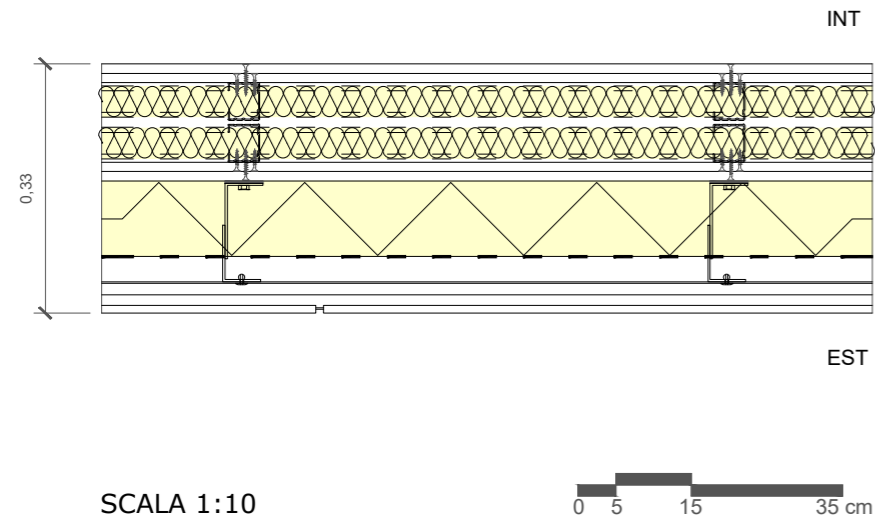
| Elemento                                     | U [W/m <sup>2</sup> K] |
|--|------------------------|
| Strutture opache verticali                   | 0,30                   |
| Coperture                                    | 0,25                   |
| Strutture opache orizzontali su spazi aperti | 0,25                   |
| Pavimento contro terra                       | 0,30                   |
| Serramento completo di vetro e infisso       | 1,8                    |

### 5.1.3 NODI TECNOLOGICI

Sono stati sviluppati quattro nodi relativi a differenti conformazioni e combinazioni delle stratigrafie utilizzate nell'edificio.

In particolare, ci si è soffermati su sezioni verticali riguardanti le connessioni tra chiusure verticali ed orizzontali.

C.V. 1 - CHIUSURA VERTICALE



1. FINITURA: Lastra in gesso rivestito con elevata resistenza meccanica e sicurezza agli urti, 12.5 mm, tipo Diamant di Knauf.
2. CONTENIMENTO/IRRIGIDIMENTO E TENUTA AL VAPORE: Lastra in gesso rivestito accoppiata con micro lamina in alluminio, sp. 12.5 mm, tipo GKB+B.V. di Knauf.
3. SUPPORTO: Orditura metallica composta da profili a U 40/50/40, sp. 0.6 mm, tipo Knauf.
4. SUPPORTO: Orditura metallica composta da profili a C 50/50/50, sp. 0.6 mm, tipo Knauf.
5. ISOLANTE TERMICO E ACUSTICO: Pannello in lana di roccia, densità medio bassa, sp. 4 cm, tipo ISORoccia70 di Knauf.
6. SUPPORTO: Doppia lastra in gesso rivestito, 12.5 mm, tipo GKB di Knauf.
7. ISOLANTE TERMICO: Pannello isolante in fibra di legno, densità 160 kg/m<sup>3</sup>, sp. 10 cm, tipo FL/150 di Celenit.
8. TENUTA ALL'ACQUA E ALL'ARIA: membrana in fibre di polietilene e strato in polipropilene, 0.6 mm, tipo Tyvec UV Facade di DuPont.
9. ANCORAGGIO: Sottostruttura in alluminio.
10. FINITURA: Pannello in fibrocemento, sp. 8 mm, tipo Equitone.

Trasmittanza termica: 0,179 W/(m<sup>2</sup>K)  
Sfasamento: 12.7 h

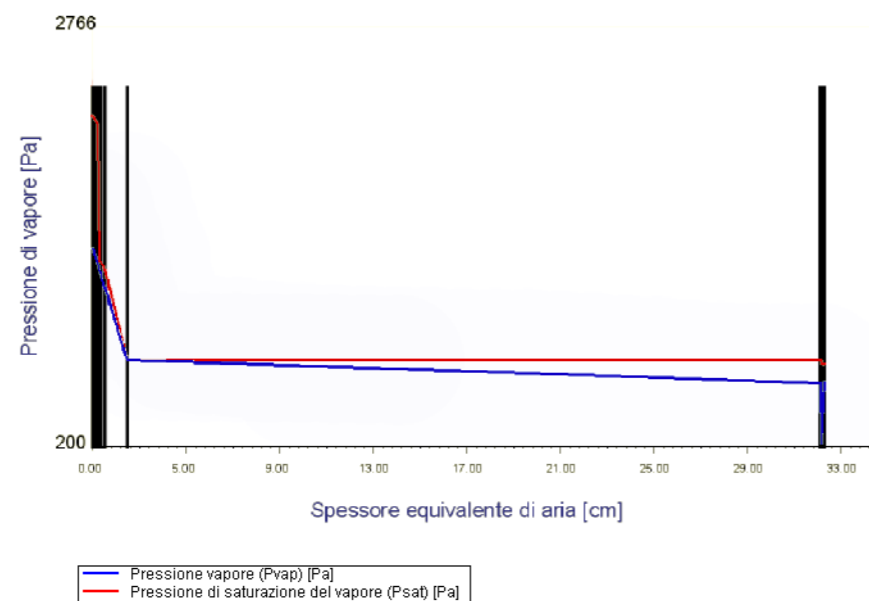
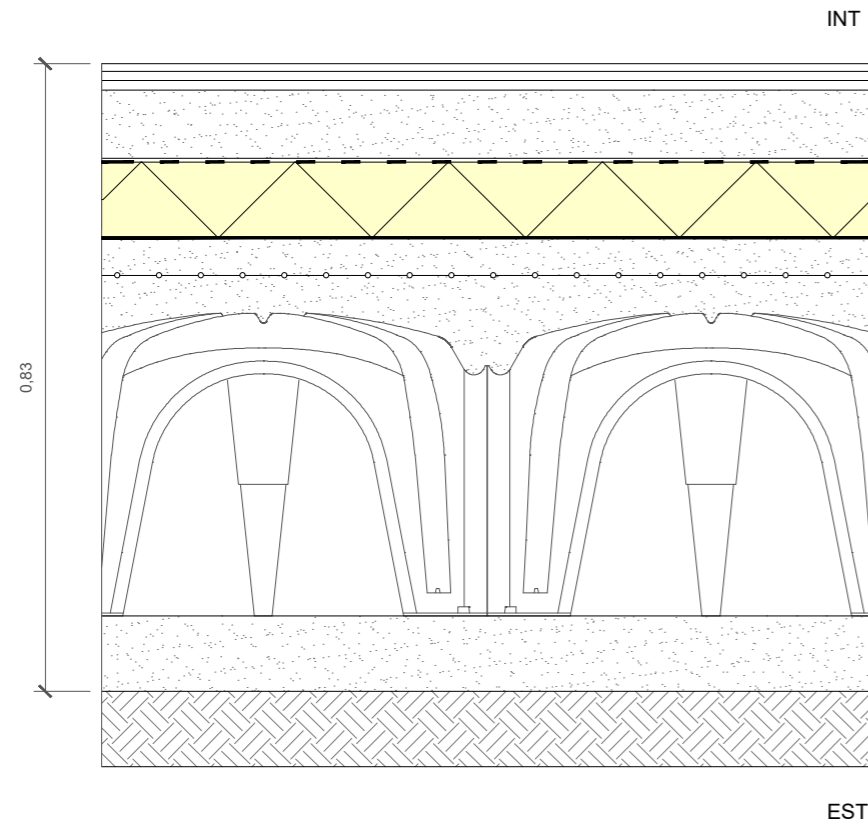


Fig. 84 Stratigrafia C.V. 1

Fig. 85 Diagramma di Glaser relativo alla stratigrafia C.V. 1

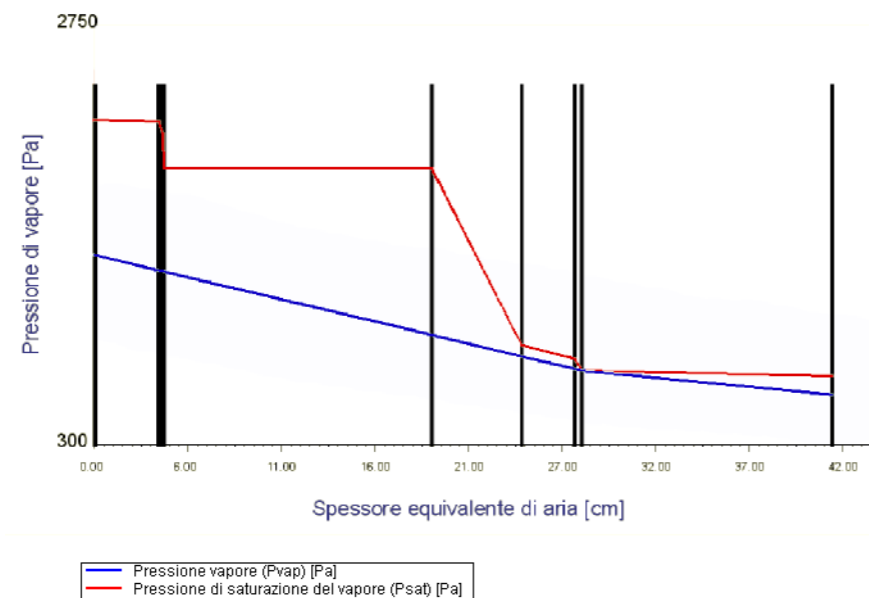
C.O. 1 - CHIUSURA CONTROTERRA



1. FINITURA: Pavimentazione in gress porcellanato, sp. totale 1.8 mm.
2. IRRIGIDIMENTO: Doppia lastra in gessofibra, sp. 2x12.5 mm, tipo Pavilastra di Knauf.
3. RIEMPIMENTO: Granulare a base di perlite per sottofondi a secco, sp. 90 mm, tipo Trockenschuttung PA di Knauf.
4. ISOLANTE ACUSTICO: Strato di isolante acustico organico, sp. 0.5 cm, dimensione rotolo 1x20 m, tipo BioMK di Isolmant.
5. TENUTA AL VAPORE: Barriera al vapore in alluminio, sp. 0.31 mm, tipo Miofol 125 AV.
6. ISOLANTE TERMICO: Pannello isolante in polistirene espanso estruso, sp. 10 cm, tipo Styrodur 3035 CS
7. STRATO DI SCORRIMENTO: Telo in polietilene
8. STRUTTURA: strato di cls con rete zincata elettrosaldada, maglia 50x50 cm, diametro filo 1.8 mm, tipo Armedil, sp. 10 cm.
9. SUPPORTO: elementi in propilene rigenerato per la realizzazione di vespai areati, h. 40 cm, tipo Cupplex di Pontarolo Engineering.
10. STRATO LIVELLANTE: strato di magrone, sp. 10 cm.

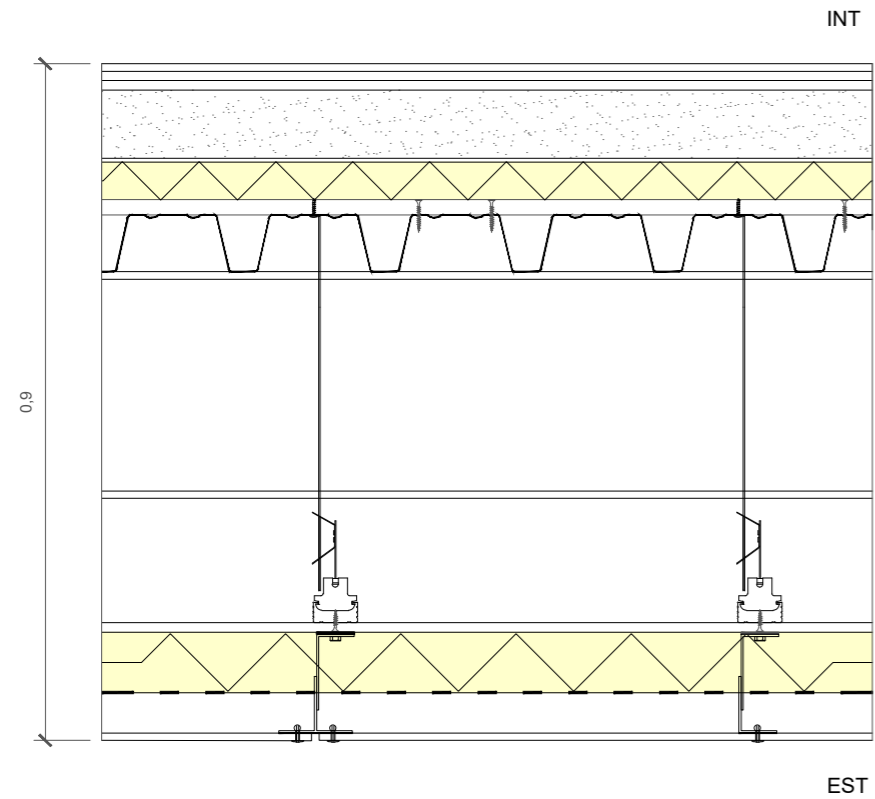
Trasmittanza termica: 0,227 W/(m<sup>2</sup>K)  
Sfasamento: 7 h

SCALA 1:10





C.O. 2 - SOLAIO SU SPAZI APERTI



SCALA 1:10



1. FINITURA: Pavimentazione in gress porcellanato, sp. totale 1.8 mm.
2. IRRIGIDIMENTO: Doppia lastra in gessofibra, sp. 2x12.5 mm, tipo Pavilastra di Knauf.
3. RIEMPIMENTO: Granulare a base di perlite per sottofondi a secco, sp. 90 mm, tipo Trockenschuttung PA di Knauf.
4. ISOLANTE ACUSTICO: Strato di isolante acustico organico, sp. 0.5 cm, dimensione rotolo 1x20 m, tipo BioMK di Isolmant.
5. ISOLANTE TERMICO: Pannello isolante termico e acustico in lana di legno, sp. 5 cm, 2400x600 m, tipo N di Celenit.
6. SUPPORTO: Pannelli tipo OSB, sp. 2 cm.
7. STRUTTURA SOLAIO: Elementi grecati in acciaio, sp. 0.8 mm, h. 7.5 cm, tipo EGB 1200 di Marcegaglia.
8. SRUTTURA PORTANTE: Trave in acciaio, tipo IPE
9. SUPPORTO: Orditura metallica a sospensione.
6. SUPPORTO: Lastra in gesso rivestito, 12.5 mm, tipo GKB di Knauf.
7. ISOLANTE TERMICO: Pannello isolante in fibra di legno, densità 160 kg/m<sup>3</sup>, sp. 8 cm, tipo FL/150 di Celenit.
8. TENUTA ALL'ACQUA E ALL'ARIA: membrana in fibre di polietilene e strato in polipropilene, 0.6 mm, tipo Tyvec UV Facade di DuPont.
9. ANCORAGGIO: Sottostruttura in alluminio e rivetti.
10. FINITURA: Pannello in fibrocemento, sp. 8 mm, tipo Equitone.

Trasmittanza termica: 0,227 W/(m<sup>2</sup>K)  
Sfasamento: 13.4 h

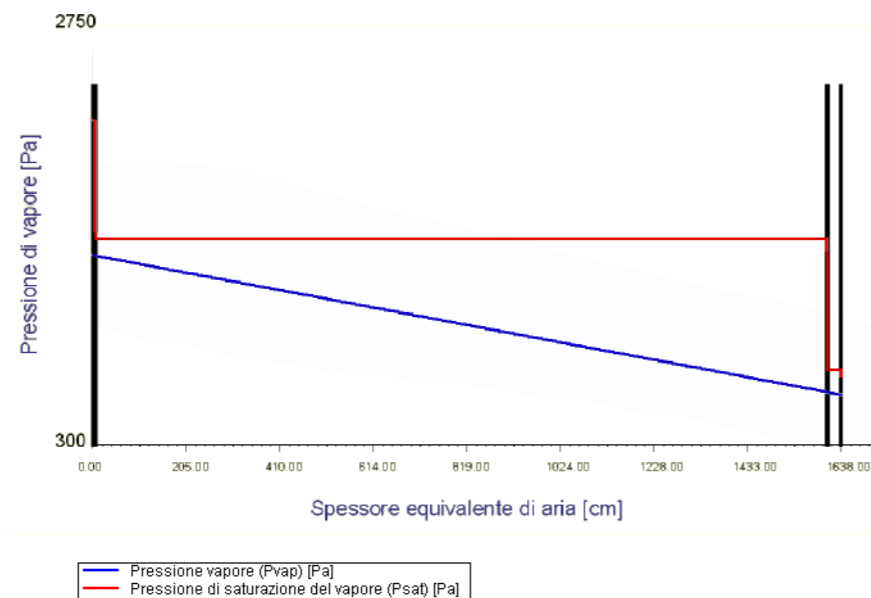
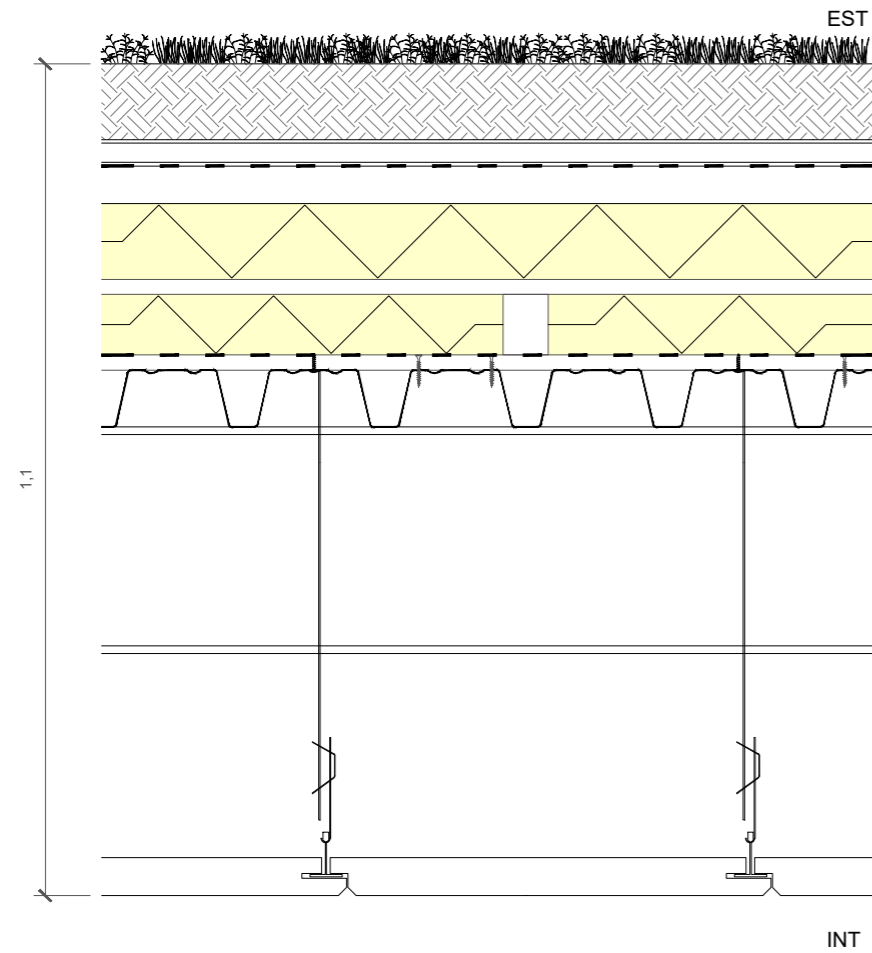


Fig. 88 Stratigrafia C.O. 2

Fig. 89 Diagramma di Glaser relativo alla stratigrafia C.O. 2

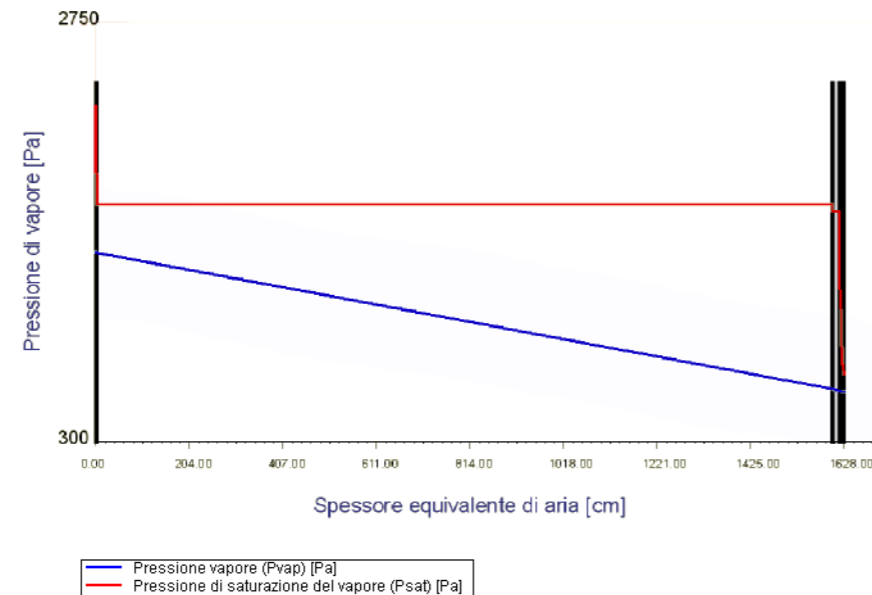
C.O. 3 - COPERTURA VERDE



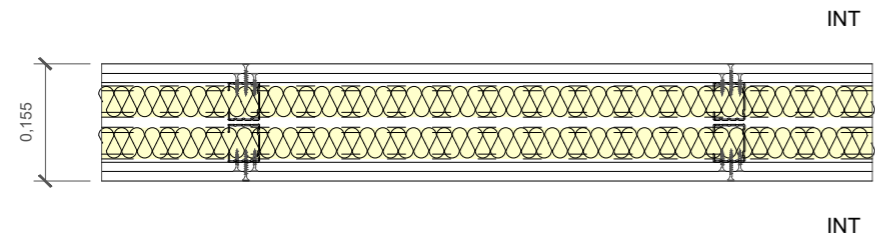
1. FINITURA: Vegetazione estensiva a sedum.
2. SUBSTRATO: Terreno di coltivo sp. 8 cm, tipo Harpo per inverdimenti estensivi.
3. FILTRO: Telo filtrante tipo MediFilter MF 1 di Harpo.
4. ACCUMULO, DRENAGGIO E AERAZIONE: Strato sp. 2.5 cm, tipo MediDrain MD 25 di Harpo.
5. PROTEZIONE E ACCUMULO: Feltro tipo MediPro MP 300 di Harpo.
6. TENUTA ALL'ACQUA: Membrana impermeabilizzante sintetica antiradice tipo HarpoPlan ZD UV di Harpo.
7. PENDENZA/SUPPORTO: Massetto di pendenza, sp. variabile.
8. ISOLANTE TERMICO: Pannello isolante in polistirene espanso estruso, sp. 10 cm, tipo Styrodur 3035 CS.
9. SUPPORTO: Pannelli tipo OSB, sp. 2 cm.
10. SUPPORTO: Travetti in legno, dimensione 6x8 cm.
11. ISOLANTE TERMICO: Pannello isolante in fibra di legno, densità 160 kg/m<sup>3</sup>, sp. 8 cm, tipo FL/150 di Celenit.
12. TENUTA AL VAPORE: Barriera al vapore in alluminio, sp. 0.31 mm, tipo Miofol 125 AV.
13. SUPPORTO: Pannelli tipo OSB, sp. 2 cm.
14. STRUTTURA SOLAIO: Elementi grecati in acciaio, sp. 0.8 mm, h. 7.5 cm, tipo EGB 1200 di Marcegaglia.
15. SRUTTURA PORTANTE: Trave in acciaio, tipo IPE
16. SUPPORTO: Orditura metallica a sospensione.
17. FINITURA: Pannello isolante termico e acustico in lana di legno, sp. 5 cm, 1200x600 m, tipo AB di Celenit.

Trasmittanza termica: 0,126 W/(m<sup>2</sup>K)  
Sfasamento: 10.9 h

SCALA 1:10



P.V. 1 - PARTIZIONE INTERNA

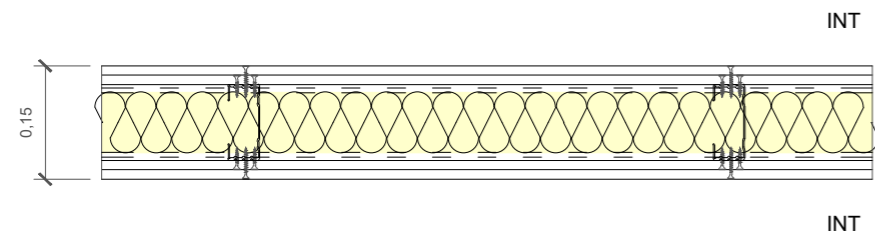


SCALA 1:10



1. FINITURA: Lastra in gesso rivestito con elevata resistenza meccanica e sicurezza agli urti, 12.5 mm, tipo Diamant di Knauf.
2. CONTENIMENTO/IRRIGIDIMENTO: Lastra in gesso rivestito con elevato potere fonoisolante, 12.5 mm, tipo SilentBoard di Knauf.
3. SUPPORTO: Orditura metallica composta da profili a U 40/50/40, sp. 0.6 mm, tipo Knauf.
4. SUPPORTO: Orditura metallica composta da profili a C 50/50/50, sp. 0.6 mm, tipo Knauf.
5. ISOLANTE TERMICO E ACUSTICO: Pannello in lana di roccia, densità medio bassa, sp. 4 cm, tipo ISORoccia70 di Knauf.

P.V. 2 - PARTIZIONE INTERNA BAGNI



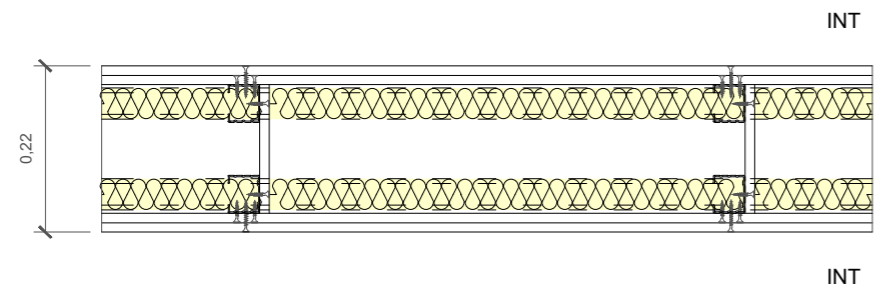
SCALA 1:10



1. FINITURA: Lastra in gesso rivestito con elevata resistenza meccanica e sicurezza agli urti, 12.5 mm, tipo Diamant di Knauf.
2. CONTENIMENTO/IRRIGIDIMENTO: Lastra in gesso rivestito con elevato potere fonoisolante, 12.5 mm, tipo SilentBoard di Knauf.
3. SUPPORTO: Orditura metallica composta da profili a U 40/100/40, sp. 0.6 mm, tipo Knauf.
4. SUPPORTO: Orditura metallica composta da profili a C 50/100/50, sp. 0.6 mm, tipo Knauf.
5. ISOLANTE TERMICO E ACUSTICO: Pannello in lana di roccia, densità medio bassa, sp. 8 cm, tipo ISORoccia70 di Knauf.

Fig. 92 Stratigrafia P.V. 1  
Fig. 93 Stratigrafia P.V. 2

P.V. 3 - PARTIZIONE INTERNA CON CAVEDIO IMPIANTISTICO

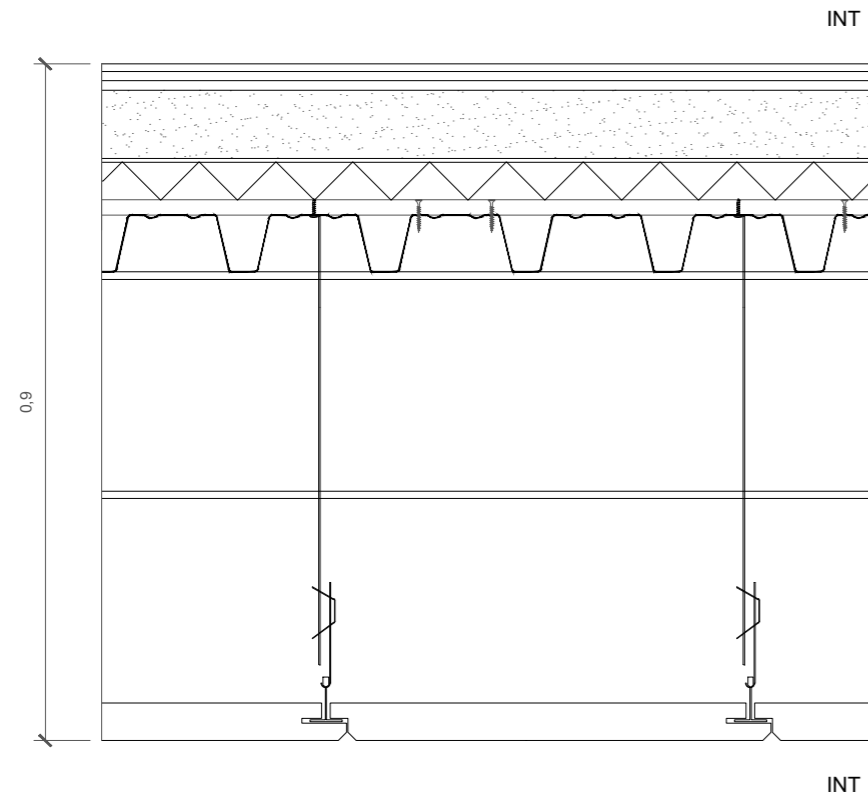


SCALA 1:10



1. FINITURA: Lastra in gesso rivestito con elevata resistenza meccanica e sicurezza agli urti, 12.5 mm, tipo Diamant di Knauf.
2. CONTENIMENTO/IRRIGIDIMENTO: Lastra in gesso rivestito con elevato potere fonoisolante, 12.5 mm, tipo SilentBoard di Knauf.
3. SUPPORTO: Orditura metallica composta da profili a U 40/50/40, sp. 0.6 mm, tipo Knauf.
4. SUPPORTO: Orditura metallica composta da profili a C 50/50/50, sp. 0.6 mm, tipo Knauf.
5. ISOLANTE TERMICO E ACUSTICO: Pannello in lana di roccia, densità medio bassa, sp. 4 cm, tipo ISORoccia70 di Knauf.
6. INTERCAPEDINE IMPIANTISTICA: Cavedio per il passaggio degli impianti, sp. 7 cm.

P.O. 1 - PARTIZIONE INTERNA ORIZZONTALE

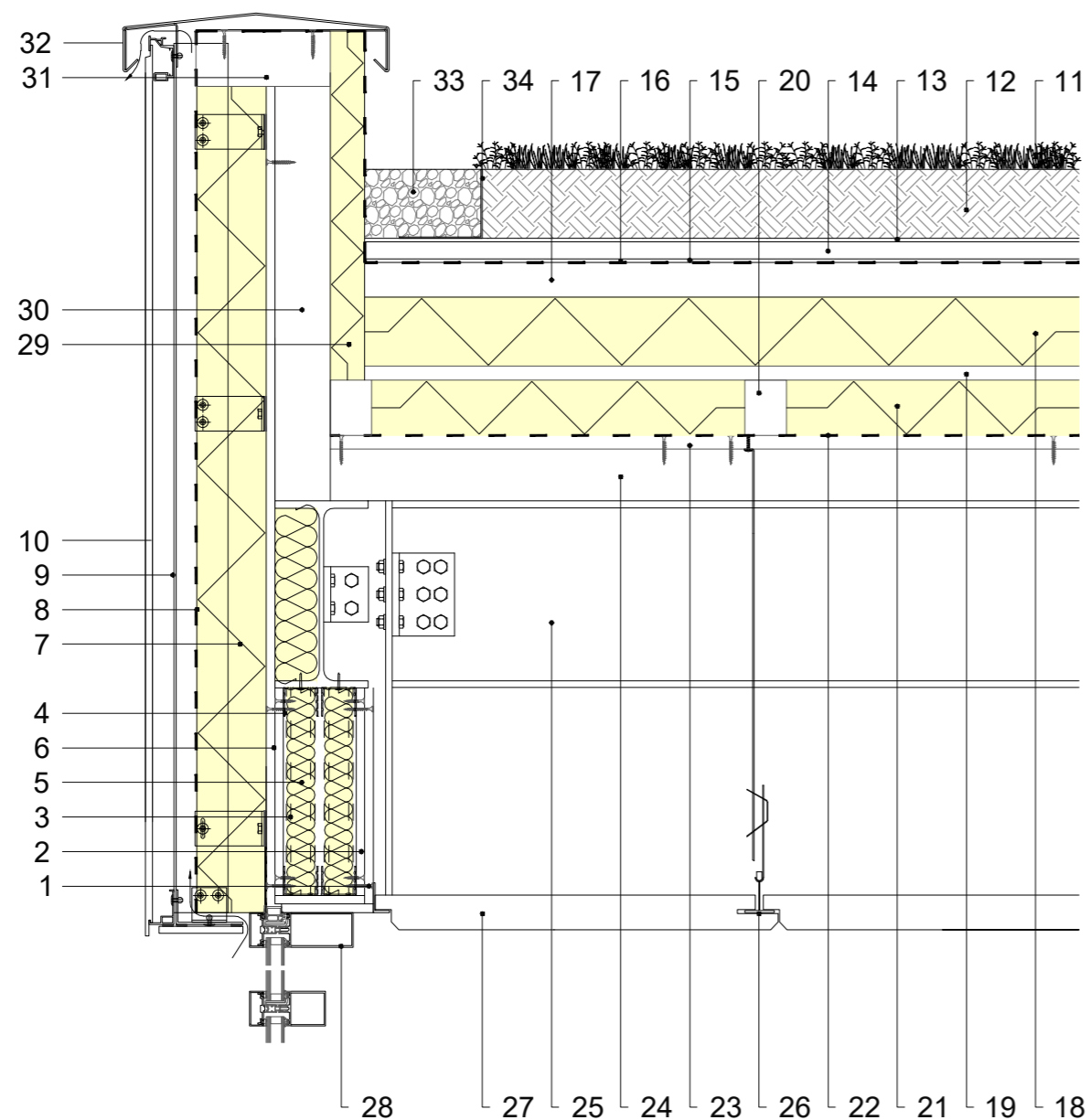


SCALA 1:10



1. FINITURA: Pavimentazione in gress porcellanato, sp. totale 1.8 mm.
2. IRRIGIDIMENTO: Doppia lastra in gessofibra, sp. 2x12.5 mm, tipo Pavilastra di Knauf.
3. RIEMPIMENTO: Granulare a base di perlite per sottofondi a secco, sp. 90 mm, tipo Trockenschuttung PA di Knauf.
4. ISOLANTE ACUSTICO: Strato di isolante acustico organico, sp. 0.5 cm, dimensione rotolo 1x20 m, tipo BioMK di Isolmant.
5. ISOLANTE TERMICO: Pannello isolante termico e acustico in lana di legno, sp. 5 cm, 2400x600 m, tipo N di Celenit.
6. SUPPORTO: Pannelli tipo OSB, sp. 2 cm.
7. STRUTTURA SOLAIO: Elementi grecati in acciaio, sp. 0.8 mm, h. 7.5 cm, tipo EGB 1200 di Marcegaglia.
8. SRUTTURA PORTANTE: Trave in acciaio, tipo IPE
9. SUPPORTO: Orditura metallica a sospensione.
10. FINITURA: Pannello isolante termico e acustico in lana di legno, sp. 5 cm, 1200x600 m, tipo AB di Celenit.

NODO 1

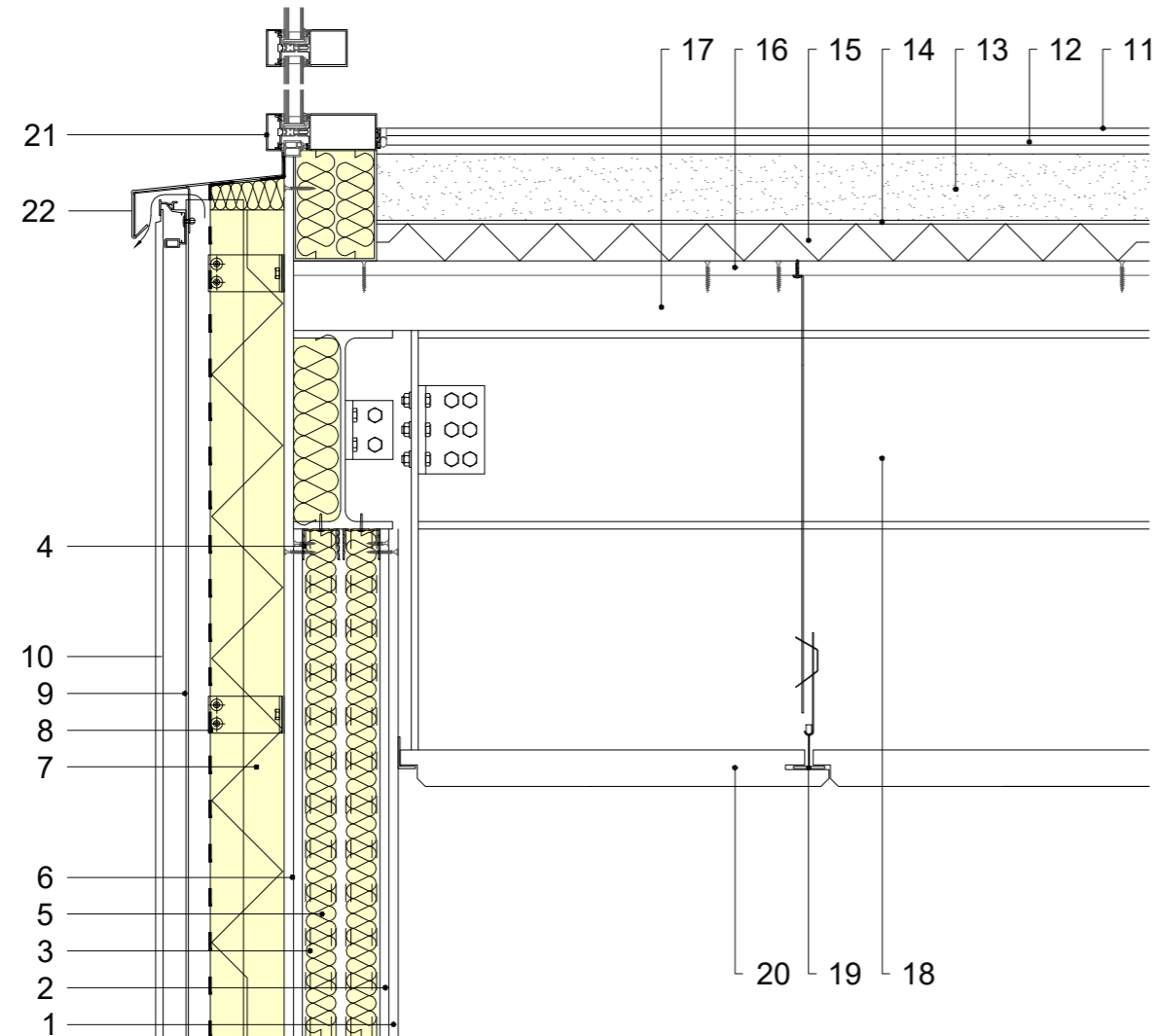
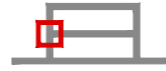


SCALA 1:10



1. FINITURA: Lastra in gesso rivestito con elevata resistenza meccanica e sicurezza agli urti, 12.5 mm, tipo Diamant di Knauf.
2. CONTENIMENTO/IRRIGIDIMENTO E TENUTA AL VAPORE: Lastra in gesso rivestito accoppiata con micro lamina in alluminio, sp. 12.5 mm, tipo GKB+B.V. di Knauf.
3. SUPPORTO: Orditura metallica composta da profili a U 40/50/40, sp. 0.6 mm, tipo Knauf.
4. SUPPORTO: Orditura metallica composta da profili a C 50/50/50, sp. 0.6 mm, tipo Knauf.
5. ISOLANTE TERMICO E ACUSTICO: Pannello in lana di roccia, densità medio bassa, sp. 4 cm, tipo ISORoccia70 di Knauf.
6. SUPPORTO: Doppia lastra in gesso rivestito, 12.5 mm, tipo GKB di Knauf.
7. ISOLANTE TERMICO: Pannello isolante in fibra di legno, densità 160 kg/m<sup>3</sup>, sp. 10 cm, tipo FL/150 di Celenit.
8. TENUTA ALL'ACQUA E ALL'ARIA: membrana in fibre di polietilene e strato in polipropilene, 0.6 mm, tipo Tyvec UV Facade di DuPont.
9. ANCORAGGIO: Sottostruttura in alluminio.
10. FINITURA: Pannello in fibrocemento, sp. 8 mm, tipo Equitone.
11. FINITURA: Vegetazione estensiva a sedum.
12. SUBSTRATO: Terreno di coltivo sp. 8 cm, tipo Harpo per inverdimenti estensivi.
13. FILTRO: Telo filtrante tipo MediFilter MF 1 di Harpo.
14. ACCUMULO, DRENAGGIO E AERAZIONE: Strato sp. 2.5 cm, tipo MediDrain MD 25 di Harpo.
15. PROTEZIONE E ACCUMULO: Feltro tipo MediPro MP 300 di Harpo.
16. TENUTA ALL'ACQUA: Membrana impermeabilizzante sintetica antiradice tipo HarpoPlan ZD UV di Harpo.
17. PENDENZA/SUPPORTO: Massetto di pendenza, sp. variabile.
18. ISOLANTE TERMICO: Pannello isolante in polistirene espanso estruso, sp. 10 cm, tipo Styrodur 3035 CS.
19. SUPPORTO: Pannelli tipo OSB, sp. 2 cm.
20. SUPPORTO: Travetti in legno, dimensione 6x8 cm.
21. ISOLANTE TERMICO: Pannello isolante in fibra di legno, densità 160 kg/m<sup>3</sup>, sp. 8 cm, tipo FL/150 di Celenit.
22. TENUTA AL VAPORE: Barriera al vapore in alluminio, sp. 0.31 mm, tipo Miofol 125 AV.
23. SUPPORTO: Pannelli tipo OSB, sp. 2 cm.
24. STRUTTURA SOLAIO: Elementi grecati in acciaio, sp. 0.8 mm, h. 7.5 cm, tipo EGB 1200 di Marcegaglia.
25. SRUTTURA PORTANTE: Trave in acciaio, tipo IPE
26. SUPPORTO: Orditura metallica a sospensione.
27. FINITURA: Pannello isolante termico e acustico in lana di legno, sp. 5 cm, 1200x600 m, tipo AB di Celenit.
28. ELEMENTO DI CHIUSURA TRASPARENTE: Serramento fisso in acciaio
29. ISOLANTE TERMICO: Pannello isolante in fibra di legno, densità 160 kg/m<sup>3</sup>, sp. 5 cm, tipo FL/150 di Celenit.
30. ELEMENTO PORTANTE: Tubolare in acciaio presaldato alla trave di bordo, dimensione 8x8 cm, sp. 5 mm.
31. SUPPORTO: Blocco in legno, dimensione 8x19 cm.
32. ELEMENTO PROTETTIVO: lamiera di protezione dagli agenti atmosferici.
33. RIEMPIMENTO: ghiaia.
34. ELEMENTO DRENANTE DI SEPARAZIONE: profilo lineare di contenimento, dimensione 8x12 cm.

NODO 2



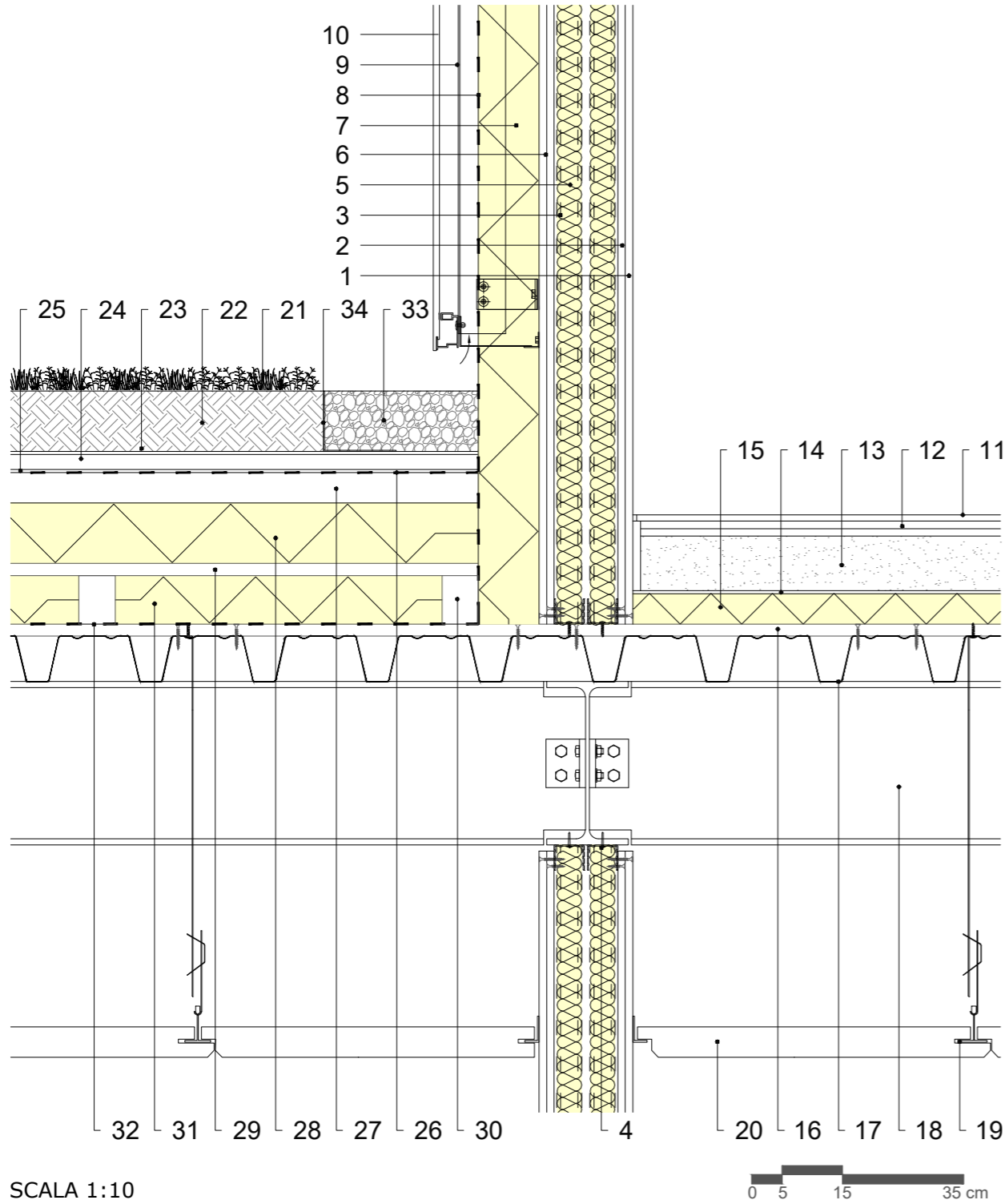
1. FINITURA: Lastra in gesso rivestito con elevata resistenza meccanica e sicurezza agli urti, 12.5 mm, tipo Diamant di Knauf.
2. CONTENIMENTO/IRRIGIDIMENTO E TENUTA AL VAPORE: Lastra in gesso rivestito accoppiata con micro lamina in alluminio, sp. 12.5 mm, tipo GKB+B.V. di Knauf.
3. SUPPORTO: Orditura metallica composta da profili a U 40/50/40, sp. 0.6 mm, tipo Knauf.
4. SUPPORTO: Orditura metallica composta da profili a C 50/50/50, sp. 0.6 mm, tipo Knauf.
5. ISOLANTE TERMICO E ACUSTICO: Pannello in lana di roccia, densità medio bassa, sp. 4 cm, tipo ISORoccia70 di Knauf.
6. SUPPORTO: Doppia lastra in gesso rivestito, 12.5 mm, tipo GKB di Knauf.
7. ISOLANTE TERMICO: Pannello isolante in fibra di legno, densità 160 kg/m<sup>3</sup>, sp. 10 cm, tipo FL/150 di Celenit.
8. TENUTA ALL'ACQUA E ALL'ARIA: membrana in fibre di polietilene e strato in polipropilene, 0.6 mm, tipo Tyvec UV Facade di DuPont.
9. ANCORAGGIO: Sottostruttura in alluminio.
10. FINITURA: Pannello in fibrocemento, sp. 8 mm, tipo Equitone.
11. FINITURA: Pavimentazione in gress porcellanato, sp. totale 1.8 mm.
12. IRRIGIDIMENTO: Doppia lastra in gessofibra, sp. 2x12.5 mm, tipo Pavilastra di Knauf.
13. RIEMPIMENTO: Granulare a base di perlite per sottofondi a secco, sp. 90 mm, tipo Trockenschuttung PA di Knauf.
14. ISOLANTE ACUSTICO: Strato di isolante acustico organico, sp. 0.5 cm, dimensione rotolo 1x20 m, tipo BioMK di Isolmant.
15. ISOLANTE TERMICO: Pannello isolante termico e acustico in lana di legno, sp. 5 cm, 2400x600 m, tipo N di Celenit.
16. SUPPORTO: Pannelli tipo OSB, sp. 2 cm.
17. STRUTTURA SOLAIO: Elementi grecati in acciaio, sp. 0.8 mm, h. 7.5 cm, tipo EGB 1200 di Marcegaglia.
18. SRUTTURA PORTANTE: Trave in acciaio, tipo IPE
19. SUPPORTO: Orditura metallica a sospensione.
20. FINITURA: Pannello isolante termico e acustico in lana di legno, sp. 5 cm, 1200x600 m, tipo AB di Celenit.
21. ELEMENTO DI CHIUSURA TRASPARENTE: Serramento fisso in acciaio
22. ELEMENTO PROTETTIVO: lamiera di protezione dagli agenti atmosferici.

SCALA 1:10



Fig. 97 Nodo tecnologico 2

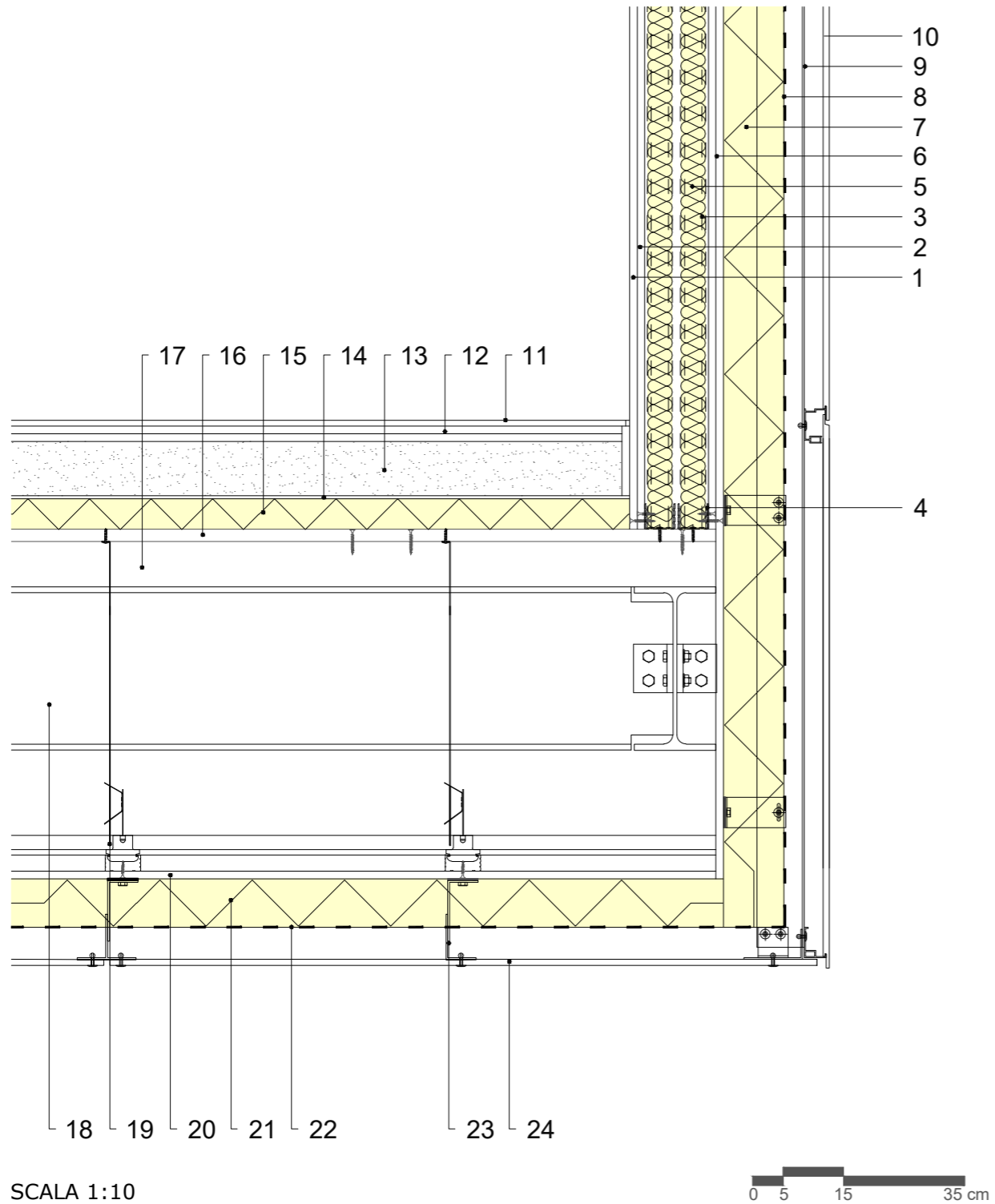
NODO 3



1. FINITURA: Lastra in gesso rivestito con elevata resistenza meccanica e sicurezza agli urti, 12.5 mm, tipo Diamant di Knauf.
2. CONTENIMENTO/IRRIGIDIMENTO E TENUTA AL VAPORE: Lastra in gesso rivestito accoppiata con micro lamina in alluminio, sp. 12.5 mm, tipo GKB+B.V. di Knauf.
3. SUPPORTO: Orditura metallica composta da profili a U 40/50/40, sp. 0.6 mm, tipo Knauf.
4. SUPPORTO: Orditura metallica composta da profili a C 50/50/50, sp. 0.6 mm, tipo Knauf.
5. ISOLANTE TERMICO E ACUSTICO: Pannello in lana di roccia, densità medio bassa, sp. 4 cm, tipo ISORoccia70 di Knauf.
6. SUPPORTO: Doppia lastra in gesso rivestito, 12.5 mm, tipo GKB di Knauf.
7. ISOLANTE TERMICO: Pannello isolante in fibra di legno, densità 160 kg/m<sup>3</sup>, sp. 10 cm, tipo FL/150 di Celenit.
8. TENUTA ALL'ACQUA E ALL'ARIA: membrana in fibre di polietilene e strato in polipropilene, 0.6 mm, tipo Tyvec UV Facade di DuPont.
9. ANCORAGGIO: Sottostruttura in alluminio.
10. FINITURA: Pannello in fibrocemento, sp. 8 mm, tipo Equitone.
11. FINITURA: Pavimentazione in gress porcellanato, sp. totale 1.8 mm.
12. IRRIGIDIMENTO: Doppia lastra in gessofibra, sp. 2x12.5 mm, tipo Pavilastra di Knauf.
13. RIEMPIMENTO: Granulare a base di perlite per sottofondi a secco, sp. 90 mm, tipo Trockenschuttung PA di Knauf.
14. ISOLANTE ACUSTICO: Strato di isolante acustico organico, sp. 0.5 cm, dimensione rotolo 1x20 m, tipo BioMK di Isolmant.
15. ISOLANTE TERMICO: Pannello isolante termico e acustico in lana di legno, sp. 5 cm, 2400x600 m, tipo N di Celenit.
16. SUPPORTO: Pannelli tipo OSB, sp. 2 cm.
17. STRUTTURA SOLAIO: Elementi grecati in acciaio, sp. 0.8 mm, h. 7.5 cm, tipo EGB 1200 di Marcegaglia.
18. SRUTTURA PORTANTE: Trave in acciaio, tipo IPE
19. SUPPORTO: Orditura metallica a sospensione.
20. FINITURA: Pannello isolante termico e acustico in lana di legno, sp. 5 cm, 1200x600 m, tipo AB di Celenit.
21. FINITURA: Vegetazione estensiva a sedum.
22. SUBSTRATO: Terreno di coltivo sp. 8 cm, tipo Harpo per inverdimenti estensivi.
23. FILTRO: Telo filtrante tipo MediFilter MF 1 di Harpo.
24. ACCUMULO, DRENAGGIO E AERAZIONE: Strato sp. 2.5 cm, tipo MediDrain MD 25 di Harpo.
25. PROTEZIONE E ACCUMULO: Feltro tipo MediPro MP 300 di Harpo.
26. TENUTA ALL'ACQUA: Membrana impermeabilizzante sintetica antiradice tipo HarpoPlan ZD UV di Harpo.
27. PENDENZA/SUPPORTO: Massetto di pendenza, sp. variabile.
28. ISOLANTE TERMICO: Pannello isolante in polistirene espanso estruso, sp. 10 cm, tipo Styrodur 3035 CS.
29. SUPPORTO: Pannelli tipo OSB, sp. 2 cm.
30. SUPPORTO: Travetti in legno, dimensione 6x8 cm.
31. ISOLANTE TERMICO: Pannello isolante in fibra di legno, densità 160 kg/m<sup>3</sup>, sp. 8 cm, tipo FL/150 di Celenit.
32. TENUTA AL VAPORE: Barriera al vapore in alluminio, sp. 0.31 mm, tipo Miofol 125 AV.
33. RIEMPIMENTO: ghiaia.
34. ELEMENTO DRENANTE DI SEPARAZIONE: profilo lineare di contenimento, dimensione 8x12 cm.



NODO 4



1. FINITURA: Lastra in gesso rivestito con elevata resistenza meccanica e sicurezza agli urti, 12.5 mm, tipo Diamant di Knauf.
2. CONTENIMENTO/IRRIGIDIMENTO E TENUTA AL VAPORE: Lastra in gesso rivestito accoppiata con micro lamina in alluminio, sp. 12.5 mm, tipo GKB+B.V. di Knauf.
3. SUPPORTO: Orditura metallica composta da profili a U 40/50/40, sp. 0.6 mm, tipo Knauf.
4. SUPPORTO: Orditura metallica composta da profili a C 50/50/50, sp. 0.6 mm, tipo Knauf.
5. ISOLANTE TERMICO E ACUSTICO: Pannello in lana di roccia, densità medio bassa, sp. 4 cm, tipo ISORoccia70 di Knauf.
6. SUPPORTO: Doppia lastra in gesso rivestito, 12.5 mm, tipo GKB di Knauf.
7. ISOLANTE TERMICO: Pannello isolante in fibra di legno, densità 160 kg/m<sup>3</sup>, sp. 10 cm, tipo FL/150 di Celenit.
8. TENUTA ALL'ACQUA E ALL'ARIA: membrana in fibre di polietilene e strato in polipropilene, 0.6 mm, tipo Tyvec UV Facade di DuPont.
9. ANCORAGGIO: Sottostruttura in alluminio.
10. FINITURA: Pannello in fibrocemento, sp. 8 mm, tipo Equitone.
11. FINITURA: Pavimentazione in gress porcellanato, sp. totale 1.8 mm.
12. IRRIGIDIMENTO: Doppia lastra in gessofibra, sp. 2x12.5 mm, tipo Pavilastra di Knauf.
13. RIEMPIMENTO: Granulare a base di perlite per sottofondi a secco, sp. 90 mm, tipo Trockenschuttung PA di Knauf.
14. ISOLANTE ACUSTICO: Strato di isolante acustico organico, sp. 0.5 cm, dimensione rotolo 1x20 m, tipo BioMK di Isolmant.
15. ISOLANTE TERMICO: Pannello isolante termico e acustico in lana di legno, sp. 5 cm, 2400x600 m, tipo N di Celenit.
16. SUPPORTO: Pannelli tipo OSB, sp. 2 cm.
17. STRUTTURA SOLAIO: Elementi grecati in acciaio, sp. 0.8 mm, h. 7.5 cm, tipo EGB 1200 di Marcegaglia.
18. SRUTTURA PORTANTE: Trave in acciaio, tipo IPE
19. SUPPORTO: Orditura metallica a sospensione.
20. SUPPORTO: Lastra in gesso rivestito, 12.5 mm, tipo GKB di Knauf.
21. ISOLANTE TERMICO: Pannello isolante in fibra di legno, densità 160 kg/m<sup>3</sup>, sp. 8 cm, tipo FL/150 di Celenit.
22. TENUTA ALL'ACQUA E ALL'ARIA: membrana in fibre di polietilene e strato in polipropilene, 0.6 mm, tipo Tyvec UV Facade di DuPont.
23. ANCORAGGIO: Sottostruttura in alluminio e rivetti.
24. FINITURA: Pannello in fibrocemento, sp. 8 mm, tipo Equitone.

Fig. 99 Nodo tecnologico 4

## 5.2 SCHEMATIC DESIGN

Le strategie energetiche, ipotizzate ed adottate in fase progettuale, sono riassunte negli schematic design qui riportati, e mostrano il differente comportamento dell'edificio nelle stagioni invernale ed estiva.

Nello specifico, le strategie mirano all'efficienza energetica ed alla sostenibilità economica ed ecologica nella gestione della costruzione.

Per quanto riguarda il controllo della radiazione luminosa, in termini energetici di apporti termici e di comfort illuminotecnico, la soluzione adottata è quella di schermature solari orizzontali fisse, previste nelle facciate SE e SO. La distanza e la profondità delle lamelle è calibrata sugli angoli massimi e minimi di elevazione del sole, rispettivamente  $21,27^\circ$  in inverno e  $67,8^\circ$  in estate. Questo permette di schermare la radiazione nella stagione calda e di avere un guadagno energetico in quella invernale.

Gli altri impianti previsti negli schematic design sono quelli relativi al sistema di raffrescamento/riscaldamento, pensato attraverso una pompa di calore acqua/acqua data la profondità della falda freatica, e di un sistema UTA, che prevede il recupero di calore dell'aria estratta.

Viene inoltre previsto un sistema di raccolta dell'acqua piovana, riutilizzabile per l'irrigazione delle aree a verde presenti intorno all'edificio.

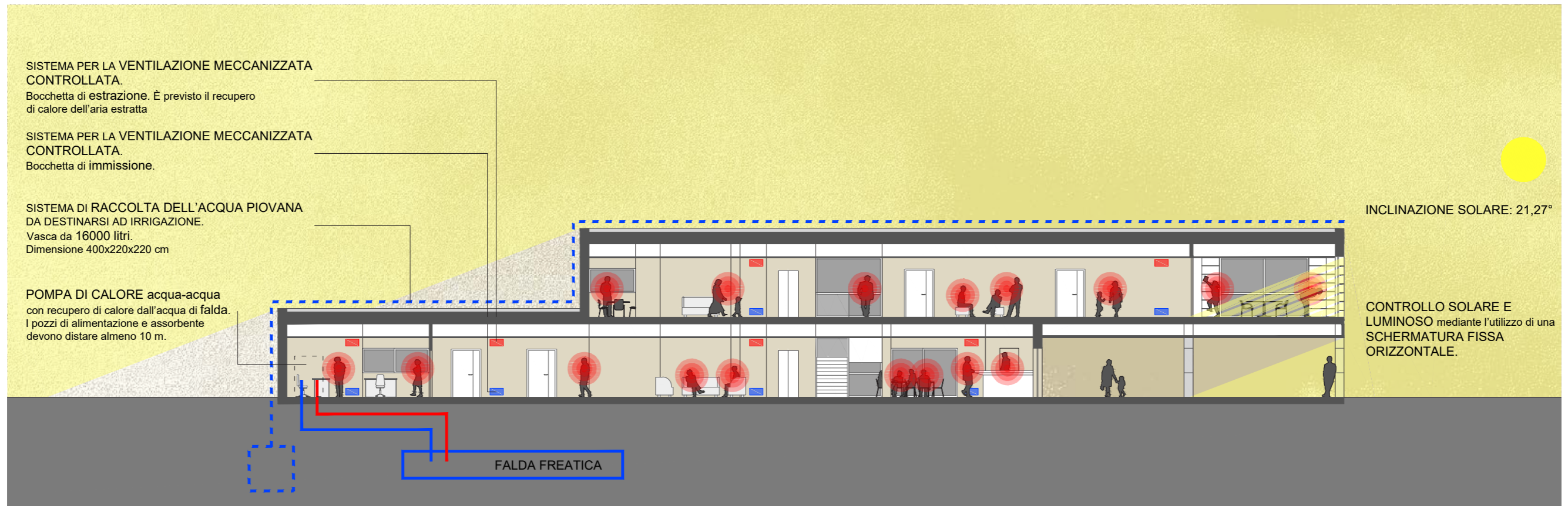


Fig. 100 Schematic design: situazione invernale  
Fig. 101 Schematic design: situazione estiva



PARTE VI\_PROGETTO STRUTTURALE

## 6.1 ANALISI DEI CARICHI

Di seguito viene riportata la progettazione e la verifica strutturale del progetto.

La struttura del centro studi ambientali e dell'auditorium è composta da travi e pilastri in acciaio, controventata con croci di Sant'Andrea costituiti da tiranti in acciaio. I solai hanno struttura portante in lamiera grecata al fine di ridurre quanto possibile i carichi agenti. Per le fondazioni, si è optato per elementi puntuali in calcestruzzo armato.

Per il predimensionamento e successiva verifica dei vari elementi ci si è ricondotti alle prescrizioni delle Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008 (NTC 2008).

### 6.1.1 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

Da normativa "sono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, quali quelli relativi a tamponature esterne, divisori interni, massetti, isolamenti, pavimenti e rivestimenti del piano di calpestio, intonaci, controsoffitti, impianti ed altro. [...]. Essi devono essere valutati sulla base delle dimensioni effettive delle opere e dei pesi dell'unità di volume dei materiali costituenti. I tramezzi e gli impianti leggeri di edifici per abitazioni e uffici possono assumersi, in genere, come carichi equivalenti distribuiti, purché i solai abbiano adeguata capacità di ripartizione trasversale". Per quanto concerne il nostro edificio questi rientrano nella categoria:

$$1,00 < G_2 < 2,00 \text{ kN/m}$$

$$g_2 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

dove:

$G_2$ : carico lineare della partizione verticale

$g_2$ : carico uniformemente distribuito delle partizioni verticali

A seguire sono tabellati i carichi delle diverse soluzioni tecnologiche adottate nel progetto.

| P.O. 1 - PARTIZIONE INTERNA ORIZZONTALE               | kg/m <sup>2</sup> | Sp. [m] | kN/m <sup>2</sup> |
|---|-------------------|---------|-------------------|
| Pavimentazione in gress porcellanato                  | 14,200            | 0,018   | 0,139             |
| Doppia lastra in gessofibra                           | 22,500            | 0,025   | 0,221             |
| Granulare a base di perlite per sottofondi a secco    | 49,500            | 0,090   | 0,485             |
| Strato di isolante acustico organico                  | 0,600             | 0,005   | 0,006             |
| Pannello isolante in fibra di legno                   | 12,800            | 0,080   | 0,125             |
| Pannelli tipo OSB                                     | 13,200            | 0,020   | 0,129             |
| Elementi grecati in acciaio                           |                   |         |                   |
| Orditura metallica a sospensione                      | 1,500             |         | 0,015             |
| Pannello isolante termico e acustico in lana di legno | 20,000            | 0,050   | 0,196             |
|   |                   | TOTALE  | 1,316             |

| P.V. 1 - PARTIZIONE INTERNA               | kg/m <sup>2</sup> | Sp. [m]     | kN/m <sup>2</sup> |
|---|-------------------|-------------|-------------------|
| Doppia lastra in cartongesso              | 22,500            | 0,025       | 0,221             |
| Struttura metallica in acciaio zincato    | 1,500             |             | 0,015             |
| Strato isolante interno in lana di roccia | 0,720             | 0,040       | 0,007             |
| Struttura metallica in acciaio zincato    | 1,500             |             | 0,015             |
| Strato isolante interno in lana di roccia | 0,720             | 0,040       | 0,007             |
| Doppia lastra in cartongesso              | 22,500            | 0,025       | 0,221             |
|   |                   | TOTALE      | 0,485             |
|   |                   | da NTC 2008 | 0,800             |

| P.V. 2 - PARTIZIONE INTERNA               | kg/m <sup>2</sup> | Sp. [m]     | kN/m <sup>2</sup> |
|---|-------------------|-------------|-------------------|
| Doppia lastra in cartongesso              | 22,500            | 0,025       | 0,221             |
| Struttura metallica in acciaio zincato    | 2,500             |             | 0,025             |
| Strato isolante interno in lana di roccia | 1,440             | 0,080       | 0,014             |
| Doppia lastra in cartongesso              | 22,500            | 0,025       | 0,221             |
|   |                   | TOTALE      | 0,480             |
|   |                   | da NTC 2008 | 0,800             |

| C.O. 2 - SOLAIO SU SPAZI APERTI                            | kg/m <sup>2</sup> | Sp. [m] | kN/m <sup>2</sup> |
|--|-------------------|---------|-------------------|
| Pavimentazione in gress porcellanato                       | 14,200            | 0,018   | 0,139             |
| Doppia lastra in gessofibra                                | 22,500            | 0,025   | 0,221             |
| Granulare a base di perlite per sottofondi a secco         | 49,500            | 0,090   | 0,485             |
| Strato di isolante acustico organico                       | 0,600             | 0,005   | 0,006             |
| Pannello isolante in fibra di legno                        | 12,800            | 0,080   | 0,125             |
| Pannelli tipo OSB  | 13,200            | 0,020   | 0,129             |
| Elementi grecati in acciaio                                |                   |         | G1                |
| Orditura metallica a sospensione                           | 1,500             |         | 0,015             |
| Lastra in cartongesso                                      | 11,250            | 0,0125  | 0,110             |
| Pannello isolante in fibra di legno                        | 12,800            | 0,080   | 0,125             |
| membrana in fibre di polietilene e strato in polipropilene |                   |         |                   |
| Orditura metallica   | 1,500             |         | 0,015             |
| Lastra in fibrocemento                                     | 10,800            | 0,008   | 0,106             |
|  |                   | TOTALE  | 1,476             |

| C.O. 3 - COPERTURA VERDE  | kg/m2  | Sp. [m]       | kN/m2        |
|---|--------|---------------|--------------|
| Terreno di coltivo (saturo)                                     | 72,000 | 0,060         | 0,706        |
| Telo filtrante tipo MediFilter                                  |        |               |              |
| Strato tipo MediDrain (saturo)                                  | 17,100 | 0,025         | 0,168        |
| Feltro tipo MediPro   |        |               |              |
| Membrana impermeabilizzante sintetica antiradice tipo HarpoPlan | 1,900  | 0,0015        | 0,019        |
| Massetto di pendenza  | 60,000 | 0,060         | 0,588        |
| Pannello isolante in polistirene espanso estruso                | 4,400  | 0,100         | 0,043        |
| Pannelli tipo OSB   | 13,200 | 0,020         | 0,129        |
| Pannello isolante in fibra di legno                             | 12,800 | 0,080         | 0,125        |
| Barriera al vapore in alluminio                                 |        |               |              |
| Pannelli tipo OSB   | 13,200 | 0,020         | 0,129        |
| Elementi grecati in acciaio                                     |        |               | G1           |
| Orditura metallica a sospensione                                | 1,500  |               | 0,015        |
| Pannello isolante termico e acustico in lana di legno           | 20,000 | 0,050         | 0,196        |
|   |        | <b>TOTALE</b> | <b>2,118</b> |

| C.V. 1 - CHIUSURA VERTICALE                                | kg/m2  | Sp. [m]       | kN/m2        |
|--|--------|---------------|--------------|
| Doppia lastra in cartongesso                               | 22,500 | 0,025         | 0,221        |
| Struttura metallica in acciaio zincato                     | 1,500  |               | 0,015        |
| Strato isolante interno in lana di roccia                  | 0,720  | 0,040         | 0,007        |
| Struttura metallica in acciaio zincato                     | 1,500  |               | 0,015        |
| Strato isolante interno in lana di roccia                  | 0,720  | 0,040         | 0,007        |
| Doppia lastra in cartongesso                               | 22,500 | 0,025         | 0,221        |
| Pannello isolante in fibra di legno                        | 16,000 | 0,100         | 0,157        |
| membrana in fibre di polietilene e strato in polipropilene |        |               |              |
| Orditura metallica   | 1,500  |               | 0,015        |
| Lastra in fibrocemento                                     | 10,800 | 0,008         | 0,106        |
|  |        | <b>TOTALE</b> | <b>0,762</b> |

## 6.1.2 CARICHI VARIABILI: AFFOLLAMENTO

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera, ovvero relativi all'affollamento. I modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti  $q_k$  [kN/m<sup>2</sup>]
- carichi verticali concentrati  $Q_k$  [kN]
- carichi orizzontali lineari  $H_k$  [kN/m]

I valori nominali e/o caratteristici  $q$ ,  $Q$  ed  $H$  sono riportati nella Tab. 3.1.II delle NTC08 di cui riportiamo vengono riportati gli stralci inerenti al caso del centro studi ambientali. Questi valori comprendono gli effetti dinamici ordinari, purché non vi sia rischio di risonanza delle strutture.

Nello specifico, l'edificio qui presentato ricade nelle categorie C1 i solai interpiano, H1 per il solaio di copertura.

| C | <b>Ambienti suscettibili di affollamento</b>  |      |      |      |
|---|---|------|------|------|
|   | Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole   | 3,00 | 2,00 | 1,00 |
|   | Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi  | 4,00 | 4,00 | 2,00 |
|   | Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune | 5,00 | 5,00 | 3,00 |

| H | <b>Coperture e sottotetti</b>   |                                   |      |      |
|---|---|-----------------------------------|------|------|
|   | Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione                  | 0,50                              | 1,20 | 1,00 |
|   | Cat. H2 Coperture praticabili   | secondo categoria di appartenenza |      |      |
|   | Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso | —                                 | —    | —    |

### 6.1.3 CARICHI VARIABILI: AZIONE DEL VENTO

#### VELOCITÀ DI RIFERIMENTO

La velocità di riferimento  $v_b$  è il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni.

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche  $v_b$  è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

$a_s$  è l'altitudine sul livello del mare del sito

$v_{b,0}$ ,  $k_a$ ,  $a_0$  sono forniti dalla tabella 3.3.I delle NTC08.

Tabella 3.3.I - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_a$

| Zona | Descrizione   | $v_{b,0}$ [m/s] | $a_0$ [m] | $k_a$ [1/s] |
|------|---|-----------------|-----------|-------------|
| 1    | Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste) | 25              | 1000      | 0,010       |
| 2    | Emilia Romagna  | 25              | 750       | 0,015       |
| 3    | Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)   | 27              | 500       | 0,020       |
| 4    | Sicilia e provincia di Reggio Calabria  | 28              | 500       | 0,020       |
| 5    | Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)  | 28              | 750       | 0,015       |
| 6    | Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)  | 28              | 500       | 0,020       |
| 7    | Liguria   | 28              | 1000      | 0,015       |
| 8    | Provincia di Trieste  | 30              | 1500      | 0,010       |
| 9    | Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto   | 31              | 500       | 0,020       |

Essendo nel nostro caso a Brugherio, la cui altitudine sul livello del mare è 144 m, la velocità di riferimento è:

$$v_b = 25 \text{ m/s}$$

#### PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO

La pressione cinetica di riferimento  $q_b$  è data dall'espressione:

$$q_b = 1/2 \rho v_b^2 = 390,625 \text{ N/m}^2$$

dove:

$\rho$  indica la densità dell'aria pari a 1,25 kg/m<sup>3</sup>.

#### COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE

Il coefficiente di esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo

non maggiori di  $z = 200 \text{ m}$ , esso è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

dove:

$c_t$  è il coefficiente di topografia assunto generalmente pari a 1

$k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{\min}$  sono assegnati nella tabella 3.3.II e sono in funzione della categoria di esposizione del sito; quest'ultima si trova prima determinando la classe di rugosità da tabella 3.3.III (B nel nostro caso) e poi entrando nei grafici sottostanti nota anche la zona (1 nel nostro caso). Così facendo si trova un coefficiente di esposizione IV.

Tabella 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

| Categoria di esposizione del sito | $k_r$ | $z_0$ [m] | $z_{\min}$ [m] |
|-----------------------------------|-------|-----------|----------------|
| I                                 | 0,17  | 0,01      | 2              |
| II                                | 0,19  | 0,05      | 4              |
| III                               | 0,20  | 0,10      | 5              |
| IV                                | 0,22  | 0,30      | 8              |
| V                                 | 0,23  | 0,70      | 12             |

Tabella 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

| Classe di rugosità del terreno | Descrizione   |
|--------------------------------|---|
| A                              | Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m  |
| B                              | Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive  |
| C                              | Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D                                 |
| D                              | Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...) |

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

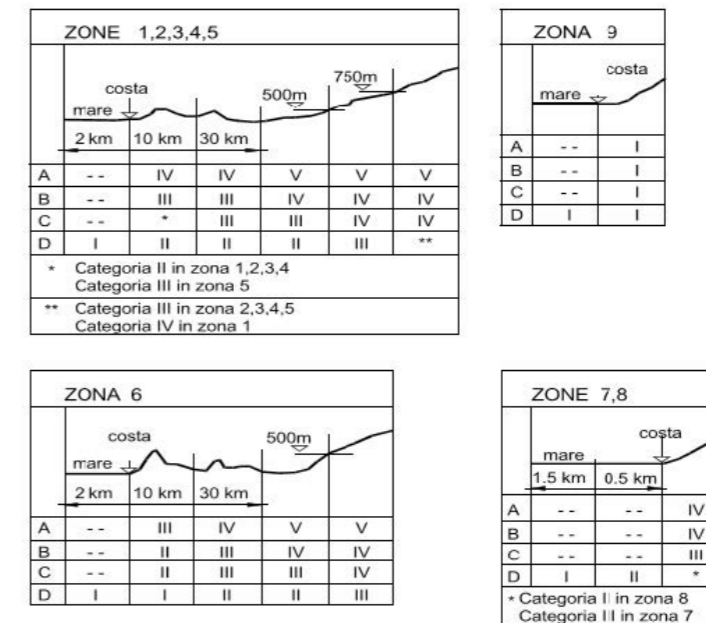


Figura 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione



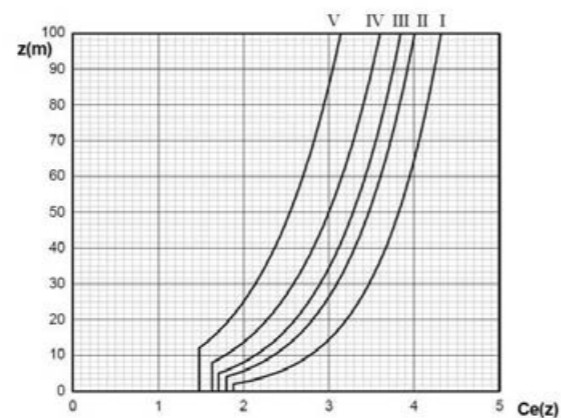


Figura 3.3.3 - Andamento del coefficiente di esposizione  $c_e$  con la quota (per  $c_s = 1$ )

Nel nostro caso, essendo la sempre  $z < z_{\min} = 8$  m, il coefficiente di esposizione risulta:

$$c_e = 1,634$$

#### COEFFICIENTE DINAMICO

Il coefficiente dinamico  $c_d$  tiene in conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura.

Esso può essere assunto cautelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza.

#### COEFFICIENTE DI FORMA

Nella normativa si ricava il coefficiente di forma è definito “in funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento”.

Il vento viene deviato dall’ostacolo che trova sul percorso; i vortici che si generano producono su alcune facce uno stato di depressione. Tipicamente, la faccia “sopravvento” è soggetta a pressione mentre quella “sottovento” a depressione.

Il valore del coefficiente di forma varia a seconda di:

Sopravvento

- se  $\alpha \geq 60^\circ$  si considera un  $c_{pe} = + 0,8$
- se  $20^\circ < \alpha < 60^\circ$  si considera un  $c_{pe} = + 0,03 \alpha - 1$
- se  $0^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$  si considera un  $c_{pe} = - 0,4$

Nel nostro caso, avendo la copertura piana, si considera  $c_{pe} = - 0,4$

Sottovento

si considera un  $c_{pe} = - 0,4$

A questi valori va sommato il coefficiente dovuto alle pressioni e depressioni interne, considerato pari a  $C_{pi} = \pm 0.2$  perché le pareti hanno aperture minori di 1/3 della superficie totale.

Quindi il coefficiente di forma è:

| COPERTURA | Sopravvento con pressione interna | Sopravvento con depressione interna | Sottovento con pressione interna | Sottovento con depressione interna |
|-----------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
|           | -0,200                            | -0,600                              | -0,400                           | -0,400                             |

| PARETE | Sopravvento | Sottovento |
|--------|-------------|------------|
|        | 0,800       | -0,400     |

#### PRESSIONE DEL VENTO

Calcolati tutti i coefficienti necessari e la pressione cinetica di riferimento, è possibile trovare il valore della pressione del vento data dalla formula:

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

|  | Sopravvento | Sottovento | PRESSIONE TOTALE |
|--|-------------|------------|------------------|
| PRESSIONE COPERTURA [kN/m <sup>2</sup> ] | -0,128      | -0,383     | 0,255            |
| PRESSIONE PARETE [kN/m <sup>2</sup> ]    | 0,511       | -0,255     | 0,766            |

#### 6.1.4 CARICHI VARIABILI: NEVE

Per il calcolo del carico della neve si fa riferimento alle NTC08.

L’azione della neve si ottiene con la formula:

$$q_s = \mu_i q_{sk} C_E C_t$$

dove:

$\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura

$q_{sk}$  è il valore caratteristico del carico di neve al suolo con un periodo di ritorno di 50 anni

$C_E$  è il coefficiente di esposizione

$C_t$  è il coefficiente termico

Nella tabella 3.4.II della norma è riportato il valore del coefficiente di forma in relazione all’inclinazione della/e falda/e. Il nostro edificio, come già visto per il calcolo dell’azione del vento, ha copertura piana.

Tabella 3.4.II - Valori del coefficiente di forma

| Coefficiente di forma | $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ | $30^\circ < \alpha < 60^\circ$       | $\alpha \geq 60^\circ$ |
|-----------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| $\mu_i$               | 0,8                                 | $0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$ | 0,0                    |

Il valore caratteristico del carico di neve al suolo invece dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona. In mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, che tengano conto sia dell'altezza del manto nevoso che della sua densità, il carico di riferimento neve al suolo, per località poste a quota inferiore a 1500 m sul livello del mare, non dovrà essere assunto minore di quello calcolato in base alle espressioni riportate nel seguito, cui corrispondono valori associati ad un periodo di ritorno pari a 50 anni.

Brugherio è collocata in Zona I Mediterranea, quindi il valore caratteristico è così calcolato:

$$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \quad \text{se } a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 1,35 [1 + (a_s/602)^2] \text{ kN/m}^2 \quad \text{se } a_s > 200 \text{ m}$$

L'altitudine  $a_s$ , come abbiamo già visto, è 144 m. Avremo quindi:

$$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$$

Nella Tabella 3.4.I si ricava invece il valore del coefficiente di esposizione  $C_E = 1$

Tabella 3.4.I – Valori di  $C_E$  per diverse classi di topografia

| Topografia        | Descrizione   | $C_E$ |
|-------------------|---|-------|
| Battuta dai venti | Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.  | 0,9   |
| Normale           | Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi. | 1,0   |
| Riparata          | Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti                | 1,1   |

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato  $C_t = 1$ .

Noti tutti i fattori che entrano nel calcolo del carico della neve avremo:

$$q_s = 1,20 \text{ kN/m}^2$$

## 6.2 SOLAI

La scelta del solaio è ricaduta su una soluzione a secco con lamiera grecata priva di getto collaborante. Analizzando i carichi dovuti ad affollamento, neve, stratigrafia e partizioni verticali, il solaio maggiormente caricato risulta essere quello su spazi aperti:

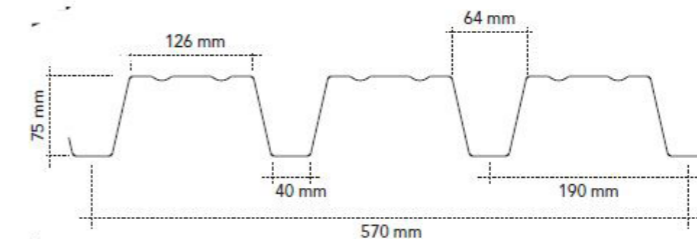
$$q = 3 \text{ kN/m}^2 + 1,476 \text{ kN/m}^2 + 0,8 \text{ kN/m}^2 = 5,276 \text{ kN/m}^2$$

La luce massima che la lamiera grecata dovrà coprire è di 2 m, singola multipla.

La scelta è ricaduta sulla lamiera EGB 1200 GL, sp. 0,8 mm, di Marcegaglia, studiata per grandi luci, di cui vengono riportate le caratteristiche principali. L'acciaio che costituisce la lamiera è di tipo S250GD e l'approccio di calcolo utilizzato è quello dell'Eurocodice 3, parte 1-3 "Regole supplementari per elementi sottili formati a freddo".

| EGB 1200                                       |             |                        |
|--|-------------|------------------------|
| Caratteristiche del profilo Section properties |             |                        |
| Spessore Thickness                             | Peso Weight |                        |
|  | mm          | kg/m <sup>2</sup> kg/m |
| 0,6  | 8,26        | 4,71                   |
| 0,7  | 9,64        | 5,50                   |
| 0,8  | 11,02       | 6,28                   |
| 1,0  | 13,77       | 7,85                   |
| 1,2  | 16,53       | 9,42                   |

| Spessore Thickness | Distanza fra gli appoggi in m - Supports spacing (m)  |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |             |             |             |
|--------------------|---|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                    | 1,50  | 1,75  | 2,00  | 2,25 | 2,50 | 2,75 | 3,00 | 3,25 | 3,50 | 3,75 | 4,00 | 4,25 | 4,50 | 4,75 | 5,00 | 5,25        | 5,50        | 5,75        | 6,00        |
| mm                 | Carico massimo uniformemente distribuito in kN/m <sup>2</sup> - Max load capacity kN/m <sup>2</sup> |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |             |             |             |             |
| 0,6                | 6,84  | 5,06  | 3,88  | 3,07 | 2,48 | 2,04 | 1,70 | 1,44 | 1,23 | 1,06 | 0,92 | 0,81 | 0,71 | 0,63 | 0,56 | 0,50        | 0,45        | 0,40        | 0,36        |
| 0,7                | 8,77  | 6,47  | 4,96  | 3,91 | 3,16 | 2,60 | 2,17 | 1,84 | 1,57 | 1,36 | 1,18 | 1,03 | 0,91 | 0,81 | 0,72 | 0,64        | 0,58        | 0,52        | 0,47        |
| 0,8                | 11,12   | 8,20  | 6,29  | 4,96 | 4,01 | 3,30 | 2,76 | 2,33 | 2,00 | 1,73 | 1,50 | 1,32 | 1,16 | 1,03 | 0,92 | 0,82        | 0,74        | 0,66        | 0,56        |
| 1,0                | 16,30   | 12,02 | 9,22  | 7,27 | 5,88 | 4,84 | 4,05 | 3,43 | 2,94 | 2,54 | 2,22 | 1,95 | 1,72 | 1,53 | 1,37 | 1,22        | 1,04        | 0,89        | 0,76        |
| 1,2                | 20,08   | 14,81 | 11,34 | 8,95 | 7,23 | 5,96 | 4,98 | 4,22 | 3,62 | 3,13 | 2,73 | 2,40 | 2,12 | 1,89 | 1,69 | 1,47        | 1,25        | 1,07        | 0,92        |
|                    |   |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | <b>1,51</b> | <b>1,36</b> | <b>1,23</b> | <b>1,12</b> |



## 6.3 COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Dalla normativa NTC 2008:

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

dove:

$G_1$ : peso proprio degli elementi strutturali

$G_2$ : peso proprio degli elementi non strutturali

$P$ : riferito alla pretensione e precompressione dell'elemento strutturale

$Q_{k1}$ : riferito all'azione variabile considerata come principale

$Q_{ik}$ : riferito alle altre azioni variabili che insistono sulla struttura e che sono considerate nella combinazione in esame come non principali

$\gamma_{G1}$ : coefficiente di amplificazione dei pesi propri degli elementi strutturali

$\gamma_{G2}$ : coefficiente di amplificazione dei pesi propri degli elementi non strutturali

$\gamma_P$ : coefficiente di amplificazione delle azioni di pretensione e precompressione

$\gamma_Q$ : coefficiente di amplificazione di tutte le azioni variabili

$\psi_{0i}$ : coefficiente di combinazione delle azioni variabili che sono considerate nella combinazione in esame come non principali

I coefficienti di combinazioni utilizzati sono:

| COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE                 | $\psi_{0i}$ | $\psi_{1j}$ | $\psi_{2i}$ | $\gamma_{G1}$ | $\gamma_{G2}$ | $\gamma_Q$ |
|--|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|------------|
| Cat. C Ambienti suscettibili di affollamento | 0,700       | 0,700       | 0,600       | 1,300         | 1,500         | 1,500      |

E si ottengono le seguenti combinazioni di azioni:

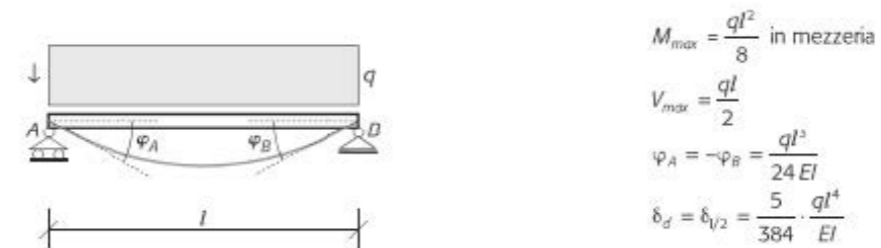
| Combinazioni delle azioni agenti sulle strutture orizzontali [kN/m <sup>2</sup> ] |                   |                        |           |
|---|-------------------|------------------------|-----------|
| combinazione  | solaio interpiano | solaio su spazi aperti | copertura |
| Fondamentale (SLU)  | 6,315             | 6,555                  | 6,377     |
| Caratteristica "rara" (SLE)   | 4,224             | 4,384                  | 4,266     |
| Frequente (SLE)   | 3,624             | 3,784                  | 3,786     |
| Quasi permanente (SLE)  | 3,624             | 3,784                  | 3,786     |

## 6.4 PREDIMENSIONAMENTO E VERIFICA TRAVI

Per il dimensionamento delle travi in acciaio dell'edificio del centro studi è stato considerato il primo impalcato nel caso del solaio su spazi aperti, in quanto quello con combinazione delle azioni maggiori. Per l'edificio dell'auditorium, è stato considerato l'impalcato della copertura. Essendo la struttura completamente irregolare è stata effettuato predimensionamento e successiva verifica di un numero consistente di travi, soprattutto nel caso delle travi secondarie. Sia il predimensionamento sia la verifica seguono le formulazioni e le direttive delle NTC08.

### 6.4.1 TRAVI SECONDARIE

Il predimensionamento e la verifica seguono uno schema statico appoggio-appoggio con carico uniformemente distribuito.



Il carico distribuito è costituito dalla somma dei contributi dei carichi agenti e del peso strutturale della soletta stessa. Il peso di superficie agente sulla trave, è stato moltiplicato per la larghezza di influenza, ottenendo così il carico lineare necessario per i calcoli.

Per la fase di predimensionamento ci si è riferiti al calcolo con metodo elastico. Con riferimento al paragrafo 4.2.4.1.2 della NTC08 si ha che:

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

Per lo schema statico considerato:

$$M_{c,Rd} = p l^2 / 8$$

Invertendo la formula da normativa si è calcolato il valore di W, relativo a questa specifica condizione di carico.

$$W = M_{Ed} / f_{yk}$$

Confrontandolo con i valori forniti dalle tabelle contenenti i valori caratteristici delle sezioni IPE si è scelto il profilo che soddisfacesse tale valore di W calcolato.

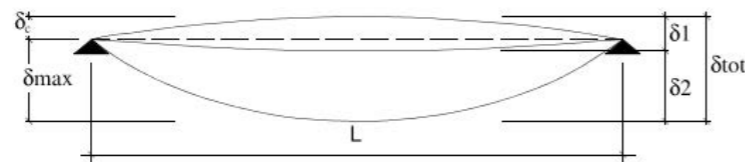
Per quanto riguarda il coefficiente  $\gamma_{M0}$  si è fatto riferimento alla relativa tabella delle NTC08 riportata qui di seguito, ipotizzando, in via preliminare, di utilizzare esclusivamente profili in classe 1 o 2.

**Tabella 4.2.V** Coefficienti di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità

|   |                      |
|---|----------------------|
| Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4  | $\gamma_{M0} = 1,05$ |
| Resistenza all'instabilità delle membrature                                       | $\gamma_{M1} = 1,05$ |
| Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari        | $\gamma_{M1} = 1,10$ |
| Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori) | $\gamma_{M2} = 1,25$ |

Effettuato il predimensionamento le travi vanno verificate allo stato limite di esercizio e allo stato limite ultimo.

Per quanto riguarda le verifiche allo SLE bisogna controllare la freccia massima a cui è soggetta la trave e controllare che questa non superi il valore limite fornito dalla normativa.



**Figura 4.2.1** - Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio

essendo:

- $\delta_c$  la monta iniziale della trave,
- $\delta_1$  lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti,
- $\delta_2$  lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili,
- $\delta_{max}$  lo spostamento nello stato finale, depurato della monta iniziale =  $\delta_{tot} - \delta_c$ .

**Tabella 4.2.X** Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

| Elementi strutturali   | Limiti superiori per gli spostamenti verticali |                      |
|--|--|----------------------|
|  | $\frac{\delta_{max}}{L}$                       | $\frac{\delta_s}{L}$ |
| Coperture in generale  | $\frac{1}{200}$                                | $\frac{1}{250}$      |
| Coperture praticabili  | $\frac{1}{250}$                                | $\frac{1}{300}$      |
| Solai in generale  | $\frac{1}{250}$                                | $\frac{1}{300}$      |
| Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili | $\frac{1}{250}$                                | $\frac{1}{350}$      |
| Solai che supportano colonne   | $\frac{1}{400}$                                | $\frac{1}{500}$      |
| Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio                               | $\frac{1}{250}$                                |                      |

*In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.*

Per lo schema statico adottato la freccia sarà:

$$\delta_{max} = (5 / 384) * ((g_t + g + q) L^4) / E I$$

dove:

- $g_t$  carico proprio della trave
- $g$  carichi permanenti
- $q$  carichi variabili

Se la verifica non dovesse essere soddisfatta con la IPE scelta nella fase di predimensionamento, si varia il profilo IPE fino al raggiungimento della freccia consentita da normativa.

Le verifiche allo SLU sono due: verifica a flessione retta e verifica a taglio.

Per soddisfare la verifica a flessione retta deve risultare:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

Poiché lo SLU si riferisce ad una condizione di collasso della struttura, ci si riferisce per l'acciaio al limite di plasticizzazione dello stesso, quindi:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

Per poter invece essere verificata a taglio la trave, deve verificarsi che:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

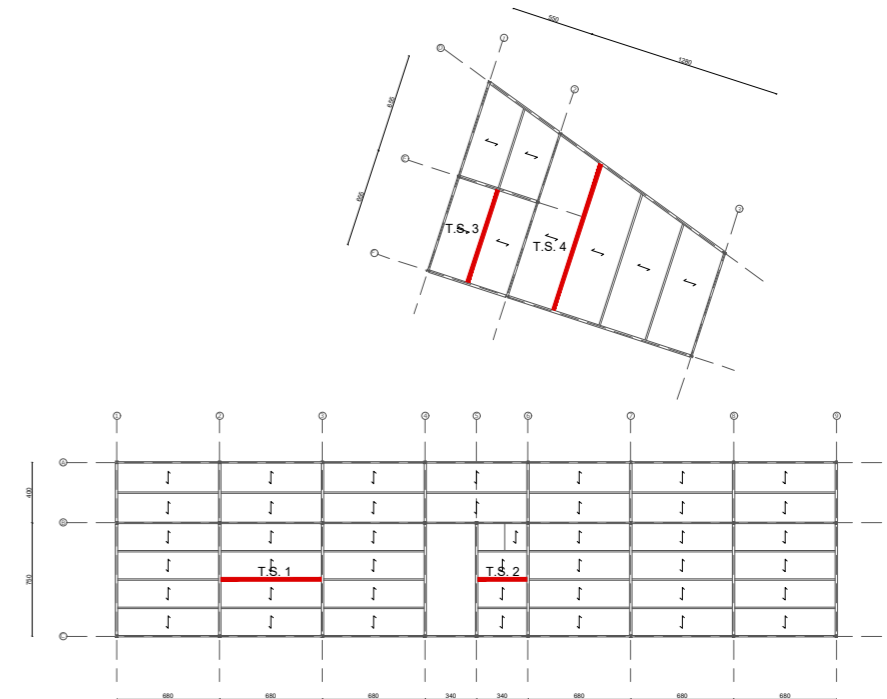
La resistenza a taglio in assenza di torsione è data dalla formula:

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

Per profili I e H caricati nel piano dell'anima di può assumere:

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f$$

Le travi secondarie analizzate sono due per l'edificio del centro studi, e due per l'auditorium.



TRAVE T.S.1 IPE 270

PREDIMENSIONAMENTO

| Carico<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Influenza<br>[m] | p<br>[kN/m] | l<br>[m] | M<br>[kNm] | $f_{yk}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $Y_{M0}$ | $W_{pl}$<br>[m <sup>3</sup> ] |
|--------------------------------|------------------|-------------|----------|------------|----------------------------------|----------|-------------------------------|
| 6,555                          | 1,875            | 12,291      | 6,800    | 71,039     | 275.000                          | 1,050    | 0,0002712                     |

VERIFICA SLE

| $g_t$<br>[kN/m] | q<br>[kN/m] | E<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | I<br>[m <sup>4</sup> ] | $d_{max}$<br>[m] | L/250   |
|-----------------|-------------|---------------------------|------------------------|------------------|---------|
| 0,361           | 8,221       | 210.000.000               | 0,0000579              | 0,0188228        | 0,02720 |

VERIFICA SLU flessione retta

| $M_{ed}$<br>[kNm] | $W_{pl}$<br>[m <sup>3</sup> ] | $f_{yk}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $Y_{M0}$ | $M_{c,rd}$<br>[kNm] |
|-------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|
| 71,039            | 0,000484                      | 275.000                          | 1,050    | 126,762             |

VERIFICA SLU taglio

| $V_{ed}$<br>[kN] | A<br>[m <sup>2</sup> ] | $V_{c,rd}$<br>[kN] |
|------------------|------------------------|--------------------|
| 41,788           | 0,00220932             | 334,073            |

TRAVE T.S.2 IPE 180

PREDIMENSIONAMENTO

| Carico<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Influenza<br>[m] | p<br>[kN/m] | l<br>[m] | M<br>[kNm] | f <sub>yk</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Y <sub>M0</sub> | W <sub>pl</sub><br>[m <sup>3</sup> ] |
|--------------------------------|------------------|-------------|----------|------------|---|-----------------|--------------------------------------|
| 6,315                          | 1,875            | 11,840      | 3,400    | 17,109     | 275.000                                 | 1,050           | 0,0000653                            |

VERIFICA SLE

| g <sub>t</sub><br>[kN/m] | q<br>[kN/m] | E<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | I<br>[m <sup>4</sup> ] | d <sub>max</sub><br>[m] | L/250   |
|--------------------------|-------------|---------------------------|------------------------|-------------------------|---------|
| 0,188                    | 7,920       | 210.000.000               | 0,0000132              | 0,0049831               | 0,01360 |

VERIFICA SLU flessione retta

| M <sub>ed</sub><br>[kNm] | W <sub>pl</sub><br>[m <sup>3</sup> ] | f <sub>yk</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Y <sub>M0</sub> | M <sub>c,rd</sub><br>[kNm] |
|--------------------------|--------------------------------------|---|-----------------|----------------------------|
| 17,109                   | 0,000166                             | 275.000                                 | 1,050           | 43,585                     |

VERIFICA SLU taglio

| V <sub>ed</sub><br>[kN] | A<br>[m <sup>2</sup> ] | V <sub>c,rd</sub><br>[kN] |
|-------------------------|------------------------|---------------------------|
| 20,128                  | 0,001125               | 170,173                   |

TRAVE T.S.3 IPE 270

PREDIMENSIONAMENTO

| Carico<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Influenza<br>[m] | p<br>[kN/m] | l<br>[m] | M<br>[kNm] | f <sub>yk</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Y <sub>M0</sub> | W <sub>pl</sub><br>[m <sup>3</sup> ] |
|--------------------------------|------------------|-------------|----------|------------|---|-----------------|--------------------------------------|
| 6,377                          | 2,65             | 16,899      | 6,550    | 90,627     | 275.000                                 | 1,050           | 0,0003460                            |

VERIFICA SLE

| g <sub>t</sub><br>[kN/m] | q<br>[kN/m] | E<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | I<br>[m <sup>4</sup> ] | d <sub>max</sub><br>[m] | L/250   |
|--------------------------|-------------|---------------------------|------------------------|-------------------------|---------|
| 0,361                    | 11,304      | 210.000.000               | 0,0000579              | 0,0222818               | 0,02620 |

VERIFICA SLU flessione retta

| M <sub>ed</sub><br>[kNm] | W <sub>pl</sub><br>[m <sup>3</sup> ] | f <sub>yk</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Y <sub>M0</sub> | M <sub>c,rd</sub><br>[kNm] |
|--------------------------|--------------------------------------|---|-----------------|----------------------------|
| 90,627                   | 0,000484                             | 275.000                                 | 1,050           | 126,762                    |

VERIFICA SLU taglio

| V <sub>ed</sub><br>[kN] | A<br>[m <sup>2</sup> ] | V <sub>c,rd</sub><br>[kN] |
|-------------------------|------------------------|---------------------------|
| 55,345                  | 0,00220932             | 334,073                   |

TRAVE T.S.4 IPE 400

PREDIMENSIONAMENTO

| Carico<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Influenza<br>[m] | p<br>[kN/m] | l<br>[m] | M<br>[kNm] | f <sub>yk</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Y <sub>M0</sub> | W <sub>pl</sub><br>[m <sup>3</sup> ] |
|--------------------------------|------------------|-------------|----------|------------|---|-----------------|--------------------------------------|
| 6,377                          | 3,00             | 16,899      | 10,300   | 262,160    | 275.000                                 | 1,050           | 0,0010010                            |

VERIFICA SLE

| g <sub>t</sub><br>[kN/m] | q<br>[kN/m] | E<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | I<br>[m <sup>4</sup> ] | d <sub>max</sub><br>[m] | L/250   |
|--------------------------|-------------|---------------------------|------------------------|-------------------------|---------|
| 0,663                    | 11,304      | 210.000.000               | 0,0002313              | 0,0398981               | 0,04120 |

VERIFICA SLU flessione retta

| M <sub>ed</sub><br>[kNm] | W <sub>pl</sub><br>[m <sup>3</sup> ] | f <sub>yk</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Y <sub>M0</sub> | M <sub>c,rd</sub><br>[kNm] |
|--------------------------|--------------------------------------|---|-----------------|----------------------------|
| 262,160                  | 0,001308                             | 275.000                                 | 1,050           | 342,571                    |

VERIFICA SLU taglio

| V <sub>ed</sub><br>[kN] | A<br>[m <sup>2</sup> ] | V <sub>c,rd</sub><br>[kN] |
|-------------------------|------------------------|---------------------------|
| 101,810                 | 0,004273               | 646,139                   |



## 6.4.2 TRAVI PRINCIPALI

Per il predimensionamento e la verifica delle travi primarie vale quanto già detto per quelle secondarie. Varia però lo schema statico, il valore del momento e quello della freccia massima. Si è adottato uno schema statico di tipo appoggio-appoggio con carico concentrato in mezzera equivalente al taglio trasferito dalla secondaria nel caso di un'unica trave secondaria gravante sulla primaria, e con tre carichi concentrati equidistanti nel caso di tre travi secondarie gravanti sulla primaria.

Nel primo caso il valore del momento è pari a:

$$M_{c,Rd} = p l / 4$$

Nel secondo caso:

$$M_{c,Rd} = (3/4 P l) - (P l / 4) = P l / 2$$

Il carico da considerare è uguale a quello per le travi secondarie con l'aggiunta del peso della secondaria stessa.

Anche in questo caso le travi analizzate sono due per l'edificio del centro studi, e due per l'auditorium.

TRAVE T.P.1 IPE 400

### PREDIMENSIONAMENTO

| Carico [kN/m] | Influenza [m] | P [kN] | l [m] | M [kNm] | $f_{yk}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $Y_{M0}$ | $W_{pl}$ [m <sup>3</sup> ] |
|---------------|---------------|--------|-------|---------|-------------------------------|----------|----------------------------|
| 12,291        | 6,80          | 86,030 | 7,50  | 322,614 | 275.000                       | 1,050    | 0,0012318                  |

### VERIFICA SLE

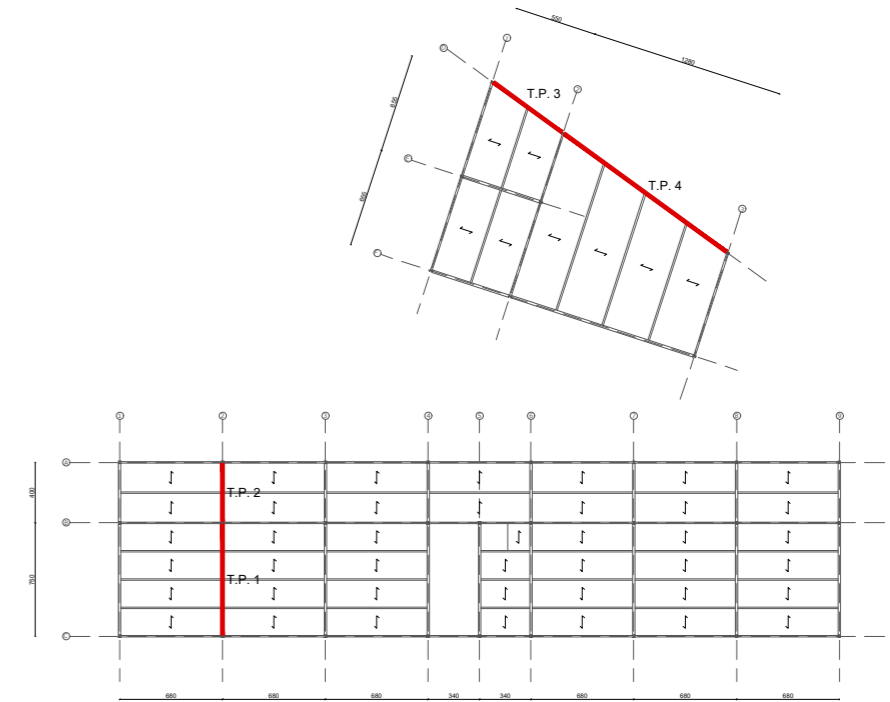
| $g_t$ [kN/m] | Q [kN/m] | E [kN/m <sup>2</sup> ] | I [m <sup>4</sup> ] | $d_{max}$ [m] | L/250   |
|--------------|----------|------------------------|---------------------|---------------|---------|
| 0,663        | 58,355   | 210.000.000            | 0,0002313           | 0,0105592     | 0,02143 |

### VERIFICA SLU flessione retta

| $M_{ed}$ [kNm] | $W_{pl}$ [m <sup>3</sup> ] | $f_{yk}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $Y_{M0}$ | $M_{c,Rd}$ [kNm] |
|----------------|----------------------------|-------------------------------|----------|------------------|
| 322,614        | 0,001308                   | 275.000                       | 1,050    | 342,571          |

### VERIFICA SLU taglio

| $V_{ed}$ [kN] | A [m <sup>2</sup> ] | $V_{c,Rd}$ [kN] |
|---------------|---------------------|-----------------|
| 129,046       | 0,004273            | 646,139         |



TRAVE T.P.2 IPE 270

PREDIMENSIONAMENTO

| Carico<br>[kN/m] | Influenza<br>[m] | P<br>[kN] | l<br>[m] | M<br>[kNm] | $f_{yk}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $Y_{M0}$ | $W_{pl}$<br>[m <sup>3</sup> ] |
|------------------|------------------|-----------|----------|------------|----------------------------------|----------|-------------------------------|
| 12,291           | 6,80             | 86,030    | 4,00     | 86,030     | 275.000                          | 1,050    | 0,0003285                     |

VERIFICA SLE

| $g_t$<br>[kN/m] | Q<br>[kN] | E<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | I<br>[m <sup>4</sup> ] | $d_{max}$<br>[m] | L/250   |
|-----------------|-----------|---------------------------|------------------------|------------------|---------|
| 0,361           | 58,355    | 210.000.000               | 0,0000579              | 0,0063992        | 0,01143 |

VERIFICA SLU flessione retta

| $M_{ed}$<br>[kNm] | $W_{pl}$<br>[m <sup>3</sup> ] | $f_{yk}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $Y_{M0}$ | $M_{c,rd}$<br>[kNm] |
|-------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|
| 86,030            | 0,000484                      | 275.000                          | 1,050    | 126,762             |

VERIFICA SLU taglio

| $V_{ed}$<br>[kN] | A<br>[m <sup>2</sup> ] | $V_{c,rd}$<br>[kN] |
|------------------|------------------------|--------------------|
| 43,015           | 0,00220932             | 334,073            |

TRAVE T.P.3 IPE 330

PREDIMENSIONAMENTO

| Carico<br>[kN/m] | Influenza<br>[m] | P<br>[kN] | l<br>[m] | M<br>[kNm] | $f_{yk}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $Y_{M0}$ | $W_{pl}$<br>[m <sup>3</sup> ] |
|------------------|------------------|-----------|----------|------------|----------------------------------|----------|-------------------------------|
| 16,899           | 6,55             | 113,054   | 5,70     | 161,103    | 275.000                          | 1,050    | 0,0006151                     |

VERIFICA SLE

| $g_t$<br>[kN/m] | Q<br>[kN] | E<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | I<br>[m <sup>4</sup> ] | $d_{max}$<br>[m] | L/250   |
|-----------------|-----------|---------------------------|------------------------|------------------|---------|
| 0,491           | 76,408    | 210.000.000               | 0,0001177              | 0,0119268        | 0,01629 |

VERIFICA SLU flessione retta

| $M_{ed}$<br>[kNm] | $W_{pl}$<br>[m <sup>3</sup> ] | $f_{yk}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $Y_{M0}$ | $M_{c,rd}$<br>[kNm] |
|-------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|
| 161,103           | 0,000804                      | 275.000                          | 1,050    | 210,571             |

VERIFICA SLU taglio

| $V_{ed}$<br>[kN] | A<br>[m <sup>2</sup> ] | $V_{c,rd}$<br>[kN] |
|------------------|------------------------|--------------------|
| 56,527           | 0,003080               | 465,767            |

## TRAVE T.P.4 ACB UC 356

Per quanto concerne la quarta trave principale analizzata, data l'elevata luce e l'impossibilità di utilizzare un profilo standard IPE, si è optato per una trave del tipo ACB della ArcelorMittal. Per la verifica è stato utilizzato il software distribuito dal produttore, andando ad analizzare la resistenza al momento flessionale, al taglio, alla azione assiale e la necessaria stabilità flesso-torsionale.

### DIMENSIONAMENTO

Il processo di dimensionamento è stato un processo iterativo. La struttura è stata caricata con i carichi derivanti dalle verifiche delle travi secondarie e, in base al valore dei criteri di dimensionamento, la trave è stata modificata per incrementare la resistenza dove era necessario. A priori, si è deciso di utilizzare una trave ACB con sezione simmetrica e alleggerimenti circolari.

Per dimensionare la trave, si sono considerati i seguenti aspetti della geometria della sezione e degli alveoli circolari.

Selezione della tipologia della sezione – Durante le prime iterazioni è stata scelta una sezione di tipo HE. Tuttavia, è risultato che il momento di flessione non era il criterio maggiormente vincolante, ma al contrario lo erano la resistenza a taglio e l'instabilità flesso-torsionale. Di conseguenza si è inizialmente incrementato lo spessore della sezione HE. Tale soluzione, comunque, incrementava la resistenza al taglio, ma non la stabilità flesso-torsionale. Conseguentemente, si è deciso di cambiare la sezione di partenza, ed utilizzare una trave UC, che al contrario della HE presenta flange più large a parità di spessore dell'anima e della flangia. In questo modo si è ottenuto come risultato l'aumento della stabilità flesso-torsionale.

Altezza sezione – L'altezza della sezione è stata selezionata dopo aver individuato la tipologia UC come la migliore per la struttura sotto analisi. L'altezza è stata scelta in modo tale da avere abbastanza rigidità flessionale per resistere al momento dei carichi esterni.

Spessore sezione – Come menzionato in precedenza, lo spessore è stato l'ultimo parametro che si è scelto per la sezione della trave. Dopo aver risolto il problema della rigidità alla flessione e l'instabilità flesso-torsionale, si è aggiustato lo spessore per garantire una adeguata resistenza al taglio.

Dimensione e numero degli alveoli – Come diametro, si è scelto il valore di default selezionato dal programma. Per quando riguarda il numero degli alveoli lungo la lunghezza della trave, esso è stato determinato riducendo il numero degli alveoli fino a quando la larghezza dei montanti era sufficientemente larga da soddisfare i corrispondenti criteri di verifica del programma utilizzato.

### VINCOLO PER IL DIMENSIONAMENTO

Durante il dimensionamento si sono posti dei vincoli che sono legati alle dimensioni della trave (lunghezza di 13.2m) e alla presenza dei vincoli geometrici dettati dal resto della struttura. In particolare si è considerata la trave da dimensionare con vincolo geometrico di appoggio-appoggio caricata puntualmente in corrispondenza dell'appoggio delle tre travi secondarie.

## SCELTA DEL MATERIALE

Il materiale scelto, acciaio, era in realtà dipendente dalla geometria UC precedentemente selezionata. L'acciaio selezionato è il S355 M/ML, caratterizzato da  $f_{yk} = 345.000$  [kN/m<sup>2</sup>].

## DIMENSIONI DELLA TRAVE

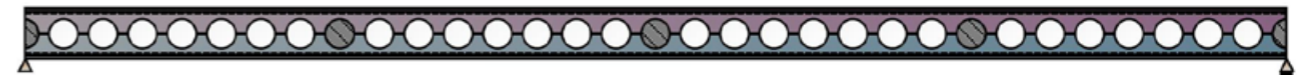
Al termine del dimensionamento, la trave presenta una sezione alveolare alta 524,6 mm e con correnti con i seguenti profili:

La trave è lunga 13.2 m, con una massa di 3743 kg.

|              | Corrente superiore | Corrente inferiore |
|--------------|--------------------|--------------------|
| Profilo base | UC 356 x 406 x 287 | UC 356 x 406 x 287 |
| Qualità      | S355               | S355               |
| $h_t$ (mm)   | 393.6              | 393.6              |
| $b_f$ (mm)   | 399.0              | 399.0              |
| $t_f$ (mm)   | 36.5               | 36.5               |
| $t_w$ (mm)   | 22.6               | 22.6               |
| $r_c$ (mm)   | 15.2               | 15.2               |

Gli alveoli hanno forma circolare, con diametro di 301 mm. La distanza tra gli alveoli è di 413 mm con una larghezza di ciascun montante di 112 mm. La larghezza dei montanti di estremità è di 254,5 mm.

Alcuni degli alveoli sono stati chiusi in corrispondenza dei montanti dove sono applicati i carichi concentrati, ottenendo la seguente geometria.



Considerando i vincoli e carichi precedentemente illustrati e i coefficienti di verifica secondo la normativa NTC 2008, la trave alveolare dimensionata soddisfa tutti i criteri di verifica. I risultati della analisi sono riportati di seguito.

Verifiche per le sezioni nette all'asse alveoli:

|   |                    |         |     |    |
|---|--------------------|---------|-----|----|
| Resistenza al momento flessionale (Alv. n° 25 - Comb. U1) : | $\Gamma_{M,max}$   | = 0.345 | < 1 | SI |
| Resistenza alla forza assiale (Alv. n° 15 - Comb. U1) :     | $\Gamma_{N,max}$   | = 0.836 | < 1 | SI |
| Resistenza alla forza di taglio (Alv. n° 17 - Comb. U1) :   | $\Gamma_{V,max}$   | = 0.735 | < 1 | SI |
| Resistenza all'interazione M+N (Alv. n° 15 - Comb. U1) :    | $\Gamma_{MN,max}$  | = 0.857 | < 1 | SI |
| Resistenza all'interazione N+V (Alv. n° 15 - Comb. U1) :    | $\Gamma_{NV,max}$  | = 0.836 | < 1 | SI |
| Resistenza all'interazione M+V (Alv. n° 7 - Comb. U1) :     | $\Gamma_{MV,max}$  | = 0.372 | < 1 | SI |
| Resistenza all'interazione M+N+V (Alv. n° 15 - Comb. U1) :  | $\Gamma_{MNV,max}$ | = 0.857 | < 1 | SI |

Verifiche per i montanti:

|   |                   |           |     |    |
|---|-------------------|-----------|-----|----|
| Resistenza al taglio (Mont. n° 1 - Comb. U1) :  | $\Gamma_{Vh,max}$ | = 0.954   | < 1 | SI |
| Resistenza all'instabilità (Mont. n° 1 - Comb. U1) :  | $\Gamma_{b,max}$  | = 0.833   | < 1 | SI |
| Spessore minimo gola saldatura (Mont. n° 1 - Comb. U1) :  | $a_{min}$         | = 8.90 mm |     |    |
| Attenzione: l'altezza di gola è calcolata assumendo 2 cordoni di saldatura<br>Lo spessore totale della saldatura deve essere minimo di 17.81 mm |                   |           |     |    |

Verifiche per le sezioni lorde (piene):

|   |                   |                    |     |    |
|---|-------------------|--------------------|-----|----|
| Resistenza alla flessione (Alveolo 16 - Comb. U1) : | $\Gamma_{Mg,max}$ | = 0.803 (Classe 1) | < 1 | SI |
| Resistenza al taglio (Estremità sx - Comb. U1) :    | $\Gamma_{Vg,max}$ | = 0.233            | < 1 | SI |

Altre verifiche:

|  |                   |         |     |    |
|--|-------------------|---------|-----|----|
| Resistenza all'instabilità flesso-torsionale (LTB) | $\Gamma_{LT,max}$ | = 0.916 | < 1 | SI |
|--|-------------------|---------|-----|----|

## 6.5 PREDIMENSIONAMENTO E VERIFICA PILASTRI

Gli elementi verticali della struttura sono sollecitati da azioni di compressione.

Un elemento è considerato compresso se è soggetto ad azione assiale centrata oppure se è pressoinflesso e l'eccentricità è comunque estremamente modesta.

Il predimensionamento e la successiva verifica seguono le direttive delle NTC08.

Nel nostro caso è stato considerato il pilastro centrale del centro studi ambientali.

Il predimensionamento della sezione del profilo si ottiene mediante l'utilizzo della seguente formula:

$$N_{Ed} = f_{yk} A / \gamma_{M0}$$

dove:

$f_{yk}$  è la resistenza caratteristica dell'acciaio

Ribaltando la formula si trova A. Dalla tabella dei profili in HEA si seleziona il profilo con area pari almeno a quella calcolata.

Si procede quindi la verifica del profilo, più precisamente si verifica la stabilità delle aste compresse come indicato nel paragrafo 4.2.4.1.3.1 delle NTC08, per cui si deve avere:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

La resistenza all'instabilità dell'asta compressa si calcola come:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_{yk}}{\gamma_{M1}}$$

Il coefficiente  $\chi$  dipende dal tipo di sezione e dal tipo di acciaio impiegato; essi si desumono, in funzione di appropriati valori della snellezza adimensionale, dalla seguente formula:

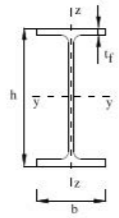
$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1.0$$

$$\Phi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$$

dove:

$\alpha$  è il fattore di imperfezione che si deduce dalla tabella 4.2.VI delle NTC08 di cui si riporta un estratto relativo alla nostra situazione.

Tabella 4.2.VI Curve d'instabilità per varie tipologie di sezioni e classi d'acciaio, per elementi compressi.

| Sezione trasversale   | Limiti    | Inflessione intorno all'asse | Curva di instabilità   |                |
|---|-----------|------------------------------|------------------------|----------------|
|   |           |                              | S235, S275, S355, S420 | S460           |
|  | h/b > 1,2 | y-y                          | a                      | a <sub>0</sub> |
|   |           | z-z                          | b                      | a <sub>0</sub> |
|   | h/b ≤ 1,2 | y-y                          | b                      | a              |
|   |           | z-z                          | c                      | a              |

La snellezza adimensionale è data invece da:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}}$$

dove:

$N_{cr}$  è il carico critico elastico basato sulle proprietà della sezione lorda e sulla lunghezza di libera inflessione  $l_0$  dell'asta, calcolata per la modalità di collasso per instabilità appropriata.

Questo valore deve essere scelto in base alla seguente formula:

$$N_{cr} = \pi^2 I E / l_0^2$$

$$l_0 = \lambda / i$$

dove:

$\lambda$  è la snellezza di un'asta nel piano di verifica considerato

$i$  è il raggio giratore di inerzia relativo del profilo considerato

Il valore di  $l$ , secondo le NTC08, va limitato a 200 per le membrature principali.

Vengono ora riportate le tabelle di calcolo contenenti carichi agenti, predimensionamento, e verifica della stabilità, ovvero:

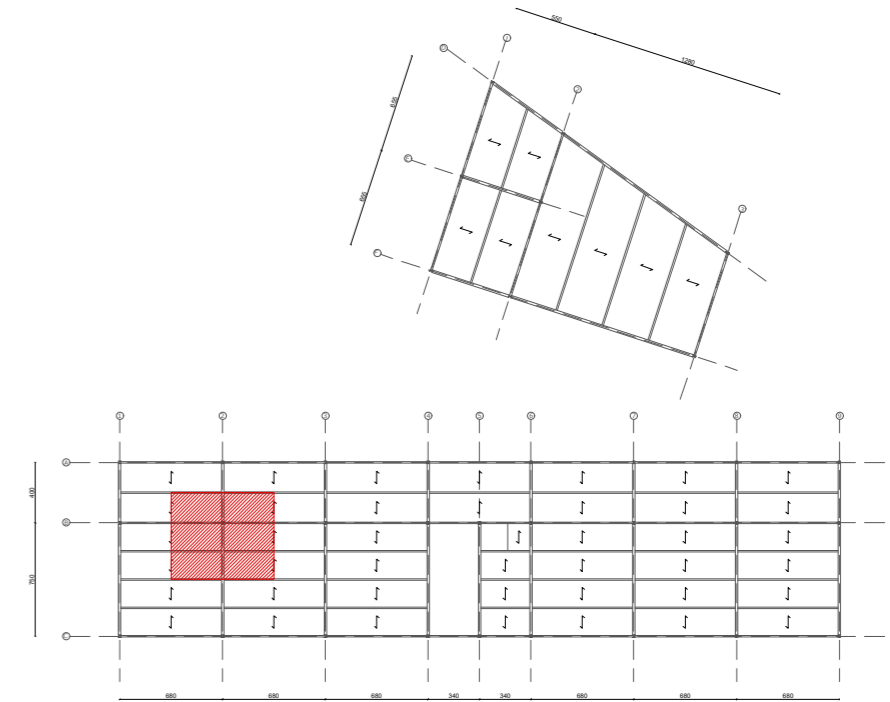
$$N_{ed} < N_{b,Rd}$$

CALCOLO SFORZO AGENTE con pp pilastro

| $N_{copertura}$<br>[kN] | $N_{solaio\ spazi\ aperti}$<br>[kN] | $N_{ed}$<br>[kN] | $f_{yk}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $Y_{M0}$ | A<br>[m <sup>2</sup> ] | E<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | L/300<br>[m] |
|-------------------------|-------------------------------------|------------------|----------------------------------|----------|------------------------|---------------------------|--------------|
| 254,495                 | 261,299                             | 517,717          | 275.000                          | 1,050    | 0,0019694              | 210.000.000               | 0,0002712    |

VERIFICHE STABILITÀ HE 180 AA

| $N_{cRr}$<br>[kN] | $N_{bRd}$<br>[kN] | $l_0$<br>[m] | $\lambda$   |
|-------------------|-------------------|--------------|-------------|
| 955,952           | 714,180           | 3,60         | 80,53691275 |



## 6.6 VERIFICA DELLE CLASSI

Le verifiche allo SLE e allo SLU dei diversi profili usati per travi e pilastri sono state condotte sotto l'ipotesi che i profili scelti fossero in classe 1 o 2.

A posteriori si è quindi verificato se questa ipotesi fosse in realtà la condizione reale, rifacendosi a quanto indicato nelle NTC 08, paragrafo 4.2.3.1. Gli elementi strutturali si classificano in funzione della loro capacità rotazionale  $C\vartheta$  definita come:

$$C\vartheta = \vartheta_r / \vartheta_y - 1$$

essendo  $\vartheta_r$  e  $\vartheta_y$  le curvature corrispondenti rispettivamente al raggiungimento della deformazione ultima ed allo snervamento.

La normativa distingue le seguenti classi di sezioni:

- Classe 1 quando la sezione è in grado di sviluppare una cerniera plastica avente la capacità rotazionale richiesta per l'analisi strutturale condotta con il metodo plastico di cui al 4.2.3.2 senza subire riduzioni della resistenza. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale  $C\vartheta > 3$  ;
- Classe 2 quando la sezione è in grado di sviluppare il proprio momento resistente plastico, ma con capacità rotazionale limitata. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale  $C\vartheta > 1,5$  ;
- Classe 3 quando nella sezione le tensioni calcolate nelle fibre estreme compresse possono raggiungere la tensione di snervamento, ma l'instabilità locale impedisce lo sviluppo del momento resistente plastico;
- Classe 4 quando, per determinarne la resistenza flettente, tagliante o normale, è necessario tener conto degli effetti dell'instabilità locale in fase elastica nelle parti compresse che compongono la sezione. In tal caso nel calcolo della resistenza la sezione geometrica effettiva può sostituirsi con una sezione efficace.

Le tabelle 4.2.I e 4.2.II del medesimo paragrafo indicano il procedimento di calcolo della classe. Qui sotto si riportano invece compattati i valori limite, sia per le parti soggette a compressione (ali) sia per quelle soggette a flessione (anima).

|          | Anima  | Ali   |
|----------|--------|-------|
| CLASSE 1 | 66,24  | 8,28  |
| CLASSE 2 | 76,36  | 9,2   |
| CLASSE 3 | 114,08 | 12,88 |

Tabella 4.2.I - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

| Classe | Parti interne compresse    |                               |   |
|--------|----------------------------|-------------------------------|---|
|        | Parte soggetta a flessione | Parte soggetta a compressione | Parte soggetta a flessione e a compressione |
| 1      |                            |                               |   |
| 2      |                            |                               |   |
| 3      |                            |                               |   |

\*  $\psi \leq -1$  si applica se la tensione di compressione  $\sigma \leq f_{yk}$  o la deformazione a trazione  $\epsilon_s \geq f_{yk}/E$

Tabella 4.2.II - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

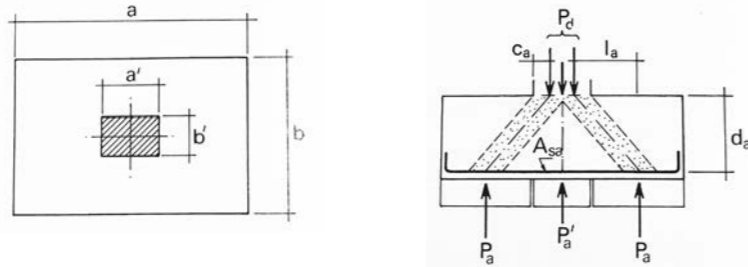
| Classe | Piastrabande esterne                         |  |                           |
|--------|--|--|---------------------------|
|        | Piastrabande esterne soggette a compressione | Piastrabande esterne soggette a flessione e a compressione | Con estremità in trazione |
| 1      |  |  |                           |
| 2      |  |  |                           |
| 3      |  |  |                           |

Effettuando i calcoli con i profili verificati in precedenza risulta:

| Profilo   | Anima c/t   | Classe | Ali c/e     | Classe |
|-----------|-------------|--------|-------------|--------|
| IPE 180   | 30,56603774 | 1      | 3,4375      | 1      |
| IPE 270   | 36,36363636 | 1      | 3,676470588 | 1      |
| IPE 330   | 39,2        | 1      | 3,826086957 | 1      |
| IPE 400   | 41,62790698 | 1      | 3,555555556 | 1      |
| HE 180 AA | 24,4        | 1      | 4,6857142   | 1      |

## 6.7 PREDIMENSIONAMENTO E VERIFICA PLINTO DI FONDAZIONE

Per quanto concerne le fondazioni, si è optato per dei plinti simmetrici in c.a.



Una volta ipotizzata la dimensione del plinto, viene effettuata la verifica, valutando quindi che la forza resistente sia maggiore di quella agente di progetto, ovvero maggiore della forza che gli viene trasmessa dal pilastro, comprensiva del peso proprio del pilastro:

$$\begin{aligned} P_{rs} &> P_d \\ P_{rc} &> P_d \end{aligned}$$

Di seguire vengono riportate tutte le formule necessarie alla verifica dimensionale. Nel nostro caso specifico, essendo il plinto simmetrico, sarà  $a = b$  e  $A_{sa} = A_{sb}$ .

Per il lato acciaio:

$$c_a = \min(0,2d_a, a'/4)$$

$$2P_a = \frac{a - a'}{a} P_d$$

$$P_a' = \frac{a'}{a} P_d$$

$$l_a \cong \frac{a - a'}{4} + c_a$$

$$\lambda_a = \frac{l_a}{d_a}$$

$$P_{rs} = P_a' + 2A_{sa} f_{yd} \frac{1}{\lambda_a}$$

$$A_{sa \min} = \frac{P_a \lambda_a \gamma_F}{f_{yd}}$$

Per il lato calcestruzzo:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,15} 0,6$$

$$P_{rc} \cong P_0 + 4 * 0,4 d_a b' f_{cd} \frac{1}{1 + \lambda_a^2}$$

$$P_0 \cong \frac{a'^2}{a^2} P_d$$

È stata effettuata anche la verifica al punzonamento, necessaria nel caso di plinti di spessori non elevati, valutando la resistenza sul perimetro critico ed una entro il perimetro del pilastro.

$$P_r' = 0,25 u d f_{ctd} \kappa (1 + 50\rho_s)$$

$$\kappa = 1,6 - d \geq 1$$

$$\rho_s = \frac{A_s}{a d_a} \leq 0,20$$

$$P_r'' = 0,4 u_0 d f_{cd} \frac{1}{(1 + \lambda^2)}$$

Per la verifica viene utilizzato

$$P_r = \min(P_r', P_r'')$$

e risulta soddisfatta per:

$$P_r > P_d - P_0$$



PLINTO

| $P_d$<br>[kN] | $f_{ck}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $f_{cd}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $f_{yk}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $f_{yd}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $Y_F$ | $c_a$<br>[m] | $a$<br>[m] | $d_a$<br>[m] | $a'$<br>[m] |
|---------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------|--------------|------------|--------------|-------------|
| 517,72        | 25.000                           | 14.170                           | 450.000                          | 391.304                          | 1,42  | 0,05         | 0,5        | 0,31         | 0,2         |

DIMENSIONAMENTO

| $l_a$<br>[m] | $\lambda_a$ | $P_a$<br>[kN] | $P'_a$<br>[kN] | $A_{sa\ min}$<br>[m <sup>2</sup> ] | $A_{sa} (7 \Phi 10)$<br>[m <sup>2</sup> ] | $P_0$<br>[kN] | $P_{rs}$<br>[kN] | $P_{rc}$<br>[kN] |
|--------------|-------------|---------------|----------------|------------------------------------|---|---------------|------------------|------------------|
| 0,125        | 0,40        | 155,32        | 207,09         | 0,00049                            | 0,000549                                  | 82,83         | 1.274,135        | 1.049,870        |

VERIFICA PUNZONAMENTO

| $u$<br>[m] | $f_{ctd}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $k$  | $r$    | $u_0$<br>[m] | $l$      | $P'_r$<br>[kN] | $P''_r$<br>[kN] | $P_r$<br>[kN] | $P_d - P_0$<br>[kN] |
|------------|-----------------------------------|------|--------|--------------|----------|----------------|-----------------|---------------|---------------------|
| 3,721      | 0,40                              | 1,29 | 0,0008 | 0,8          | 0,000549 | 462,346        | 4.795,820       | 462,346       | 434,882             |

## 6.8 VERIFICA DEI CONTROVENTI

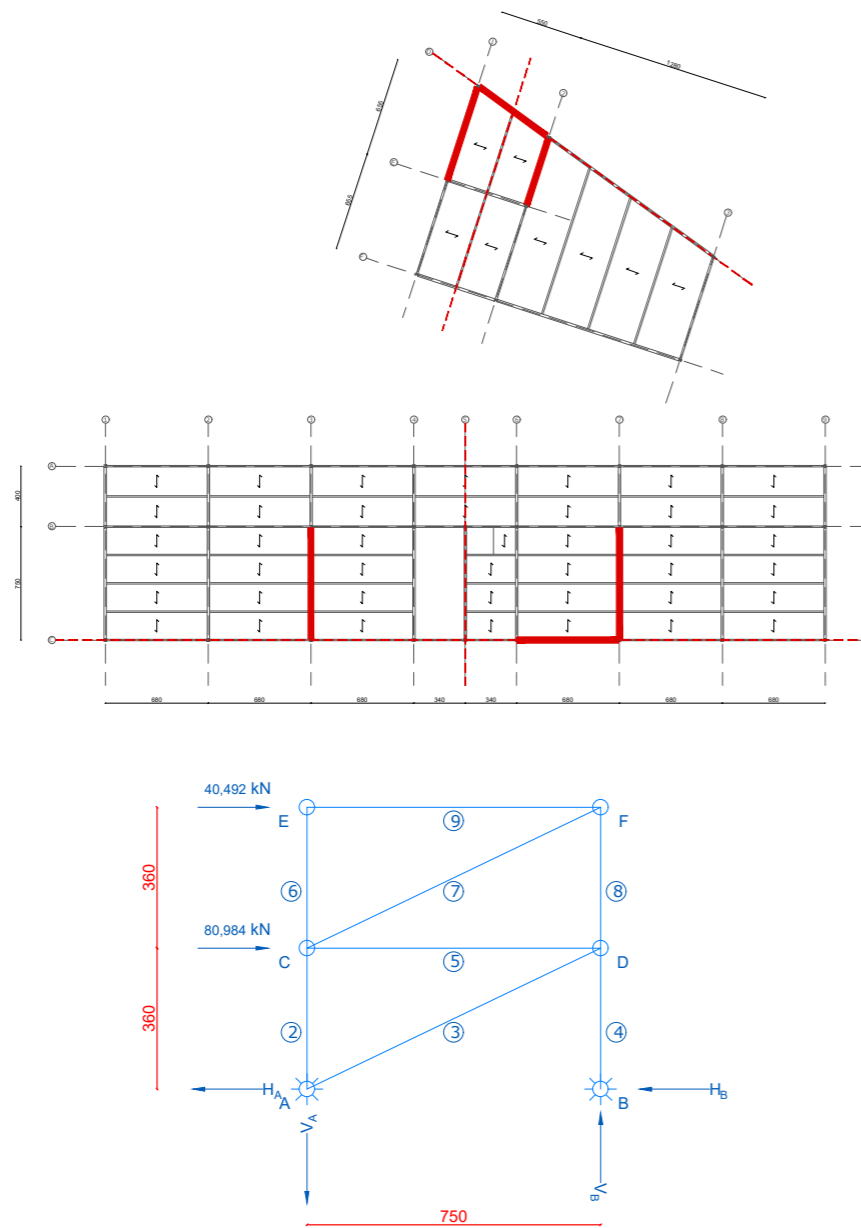
Il controvento di parete ha la funzione di assorbire le azioni dovute al vento di trascinamento laterale e quelle d'instabilizzazione delle colonne laterali.

La forza del vento è diretta lungo la verticale e passa per il baricentro delle rigidezze.

La posizione del controvento è stata scelta in modo da avere per quanto possibile una configurazione simmetrica, per tutti gli impalcati del nostro edificio. Esso sarà rappresentato da elementi snelli diagonali in acciaio i quali costituiranno una struttura reticolare.

Le diagonali hanno essenzialmente funzione portante anche nei confronti delle azioni sismiche e, a tal fine, devono essere considerate le sole diagonali tese.

Qui viene riportato il dimensionamento del controvento più caricato, collocato nell'edificio del centro studi, posizionato lungo l'asse 7 della maglia strutturale.



Effettuando l'equilibrio dell'intera struttura si sono ottenute le seguenti reazioni vincolari:

|       | Reazione vincolare |
|-------|--------------------|
| $H_A$ | 121,476 kN         |
| $V_A$ | 77,745 kN          |
| $H_B$ | 0 kN               |
| $V_B$ | 77,745 kN          |

Attraverso l'equilibrio ai nodi, sono state calcolate le azioni assiali nelle singole aste:

|        | Azione assiale |
|--------|----------------|
| Asta 2 | 19,436 kN      |
| Asta 3 | 134,745 kN     |
| Asta 4 | -77,745 kN     |
| Asta 5 | -121,476 kN    |
| Asta 6 | 0 kN           |
| Asta 7 | 44,915 kN      |
| Asta 8 | -19,436 kN     |
| Asta 9 | -40,492 kN     |

Le aste che costituiscono i controventi sottoposti a trazione sono la numero 3 e 7. La verifica, effettuata su quella più caricata, con  $N_{Ed} = 134,745$  kN ed è soddisfatta nel caso in cui:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

dove la resistenza di calcolo a trazione  $N_{t,Rd}$  di membrature con sezioni indebolite da fori per collegamenti bullonati o chiodati deve essere assunta pari al minore del seguente valore:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

Nel caso in esame utilizziamo come elementi diagonali cavi in acciaio S460  $\Phi$  24 mm  
 $A = 0,000336$  m<sup>2</sup> ;  $f_{yk} = 460.000$  kN/ m<sup>2</sup>

$$N_{pl,Rd} = 147,2$$
 kN/m<sup>2</sup>

Quindi:

$$N_{Ed} / N_{t,Rd} \leq 1$$

## 6.9 ESEMPIO E VERIFICA DI UNIONE

Per quanto riguarda le unioni, è stata scelta la tipologia imbullonata, le cui verifiche devono quindi essere condotte nei confronti sia dei bulloni sia degli elementi di collegamento. Secondo quanto indicato nel NTC 2008, per il calcolo della resistenza a taglio e per il rifollamento delle piastre collegate si adottano i fattori parziali  $\gamma_M$ :

Tabella 4.2. XII Coefficienti di sicurezza per la verifica delle unioni.

|   |                         |
|---|-------------------------|
| Resistenza dei bulloni  | $\gamma_{M2} = 1,25$    |
| Resistenza dei chiodi   |                         |
| Resistenza delle connessioni a perno                                    |                         |
| Resistenza delle saldature a parziale penetrazione e a cordone d'angolo |                         |
| Resistenza dei piatti a contatto  | $\gamma_{M3} = 1,25$    |
| Resistenza a scorrimento per SLU  |                         |
| Resistenza a scorrimento per SLE  | $\gamma_{M3} = 1,10$    |
| Resistenza delle connessioni a perno allo stato limite di esercizio     | $\gamma_{M6,ser} = 1,0$ |
| Prearico di bulloni ad alta resistenza                                  | $\gamma_{M7} = 1,10$    |

La posizione dei fori per le unioni bullonate deve rispettare le limitazioni presentate nella Tab. 4.2.XIII, che fa riferimento agli schemi di unione riportati.

Tabella 4.2.XIII Posizione dei fori per unioni bullonate e chiodate.

| Distanze e interassi (Fig. 4.2.3) | Minimo    | Massimo  |  |   |
|-----------------------------------|-----------|--|--|---|
|                                   |           | Unioni esposte a fenomeni corrosivi o ambientali | Unioni non esposte a fenomeni corrosivi o ambientali | Unioni di elementi in acciaio resistente alla corrosione (EN 10025-5) |
| $e_1$                             | $1,2 d_0$ | $4t+40\text{mm}$                                 | -  | $\max(8t; 125\text{mm})$  |
| $e_2$                             | $1,2 d_0$ | $4t+40\text{mm}$                                 | -  | $\max(8t; 125\text{mm})$  |
| $p_1$                             | $2,2 d_0$ | $\min(14t; 200\text{mm})$                        | $\min(14t; 200\text{mm})$                            | $\min(14t; 175\text{mm})$   |
| $p_{1,0}$                         | -         | $\min(14t; 200\text{mm})$                        | -  | -   |
| $p_{1,i}$                         | -         | $\min(28t; 400\text{mm})$                        | -  | -   |
| $p_2$                             | $2,4 d_0$ | $\min(14t; 200\text{mm})$                        | $\min(14t; 200\text{mm})$                            | $\min(14t; 175\text{mm})$   |

L'instabilità locale del piatto posto tra i bulloni/chiodi non deve essere considerata se  $(p_1/t) < [9(235/f_y)^{0,5}]$ : in caso contrario si assumerà una lunghezza di libera inflessione pari a  $0,6 \cdot p_1$ .  
t è lo spessore minimo degli elementi esterni collegati.

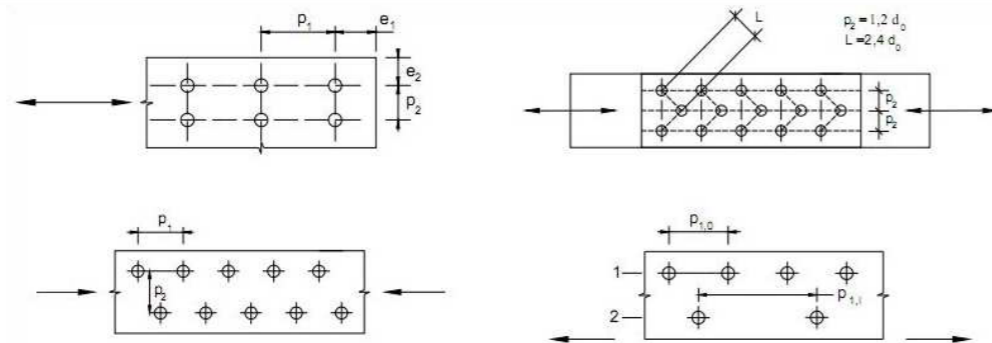


Figura 4.2.3 - Disposizione dei fori per le realizzazioni di unioni bullonate o chiodate

La verifica allo stato limite ultimo delle unioni bullonate va eseguita in base a:

- 1) Resistenza di progetto a taglio di ciascun bullone,  $F_{v,Ed} = F/n$
- 2) Resistenza di calcolo a taglio dei bulloni,  $F_{v,Rd}$
- 3) Resistenza di calcolo a rifollamento della lamiera (piastra di collegamento),  $F_{b,Rd}$

### VERIFICA A TAGLIO

Dalle NTC 2008, la resistenza di calcolo a taglio dei bulloni  $F_{v,Rd}$ , per ogni piano di taglio che interessa il gambo dell'elemento di connessione, può essere assunta pari a:

- per bulloni di classe 4.6, 5.6 e 8.8:

$$F_{v,Rd} = 0,6 * f_{tb} * \frac{A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

- per bulloni di classe 6.8 e 10.9:

$$F_{v,Rd} = 0,5 * f_{tb} * \frac{A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

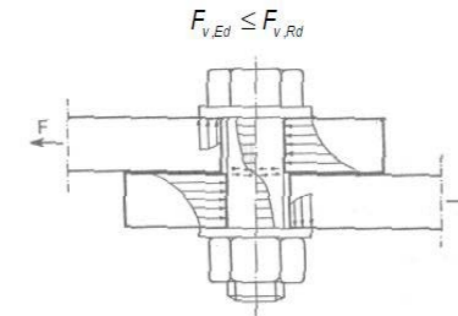
dove:

$A_{res}$  indica l'area resistente della vite e si adotta quando il piano di taglio interessa la parte filettata della vite;

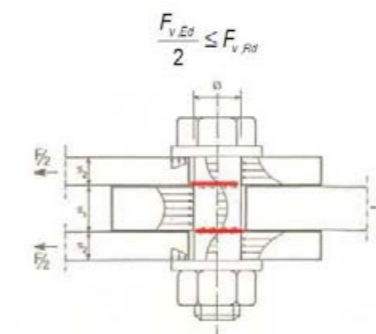
$f_{tb}$  è la tensione di rottura della vite adottata;

$\gamma_{M2}$  è il coefficiente di sicurezza assunto pari a 1,25

Nel caso in cui si ha una sola sezione di taglio per la verifica a taglio dovrà risultare:

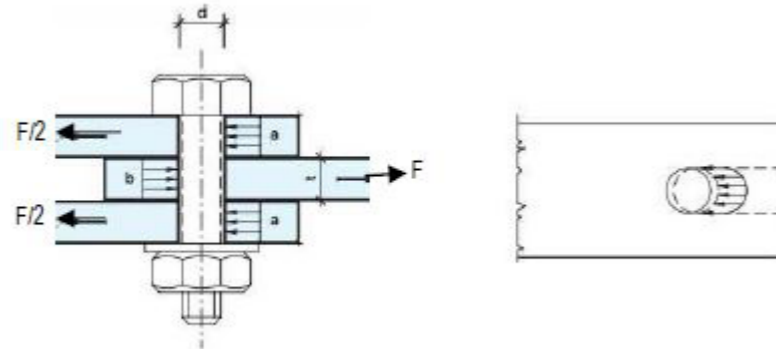


Nel caso in cui si hanno due sezioni di taglio per la verifica dovrà risultare:



## VERIFICA A RIFOLLAMENTO DELLE PIASTRE

Per effetto della forza  $F$  il gambo del bullone esercita una pressione, detta pressione di rifollamento, sulla parete del foro; gli sforzi di rifollamento agenti sulla lamiera sono ottenuti dall'espressione:



$$\sigma_{\text{rif}} = \frac{F}{d \cdot t}$$

dove

$d$  diametro nominale del gambo

$t$  spessore della piastra collegata

Dalle NTC 2008 la resistenza di calcolo a rifollamento  $F_{b,Rd}$  del piatto dell'unione bullonata può essere assunta pari a:

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{yk} \cdot d \cdot \frac{t}{\gamma_{M2}}$$

dove:

$d$  è il diametro nominale del gambo del bullone;

$t$  è lo spessore della piastra collegata;

$f_{tk}$  è la resistenza a rottura del materiale della piastra collegata;

$$\alpha = \min\left\{\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{tb}}{f_{tk}}; 1\right\} \quad \text{per bulloni di bordo nella direzione del carico applicato;}$$

$$\alpha = \min\left\{\frac{p_1}{3d_0}; \frac{f_{tb}}{f_{tk}}; 1\right\} \quad \text{per bulloni interni nella direzione del carico applicato;}$$

$$k = \min\left\{\frac{2,8 \cdot e_2}{d_0 - 1,7}; 2,5\right\} \quad \text{per bulloni di bordo nella direzione perpendicolare al carico applicato;}$$

$$k = \min\left\{\frac{1,4 \cdot p_2}{d_0 - 1,7}; 2,5\right\} \quad \text{per bulloni interni nella direzione perpendicolare al carico applicato;}$$

Essendo  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $p_1$  e  $p_2$  indicati in Fig. 4.2.3 e  $d_0$  il diametro nominale del foro di alloggiamento del bullone.

$\gamma_{M2} = 1,25$

Per la verifica a rifollamento della lamiera dovrà risultare:  $F_{y,Ed} \leq F_{b,Rd}$

Si riportano i risultati della verifica dell'unione bullonata trave principale - pilastro.

UNIONE TRAVE PRINCIPALE - PILASTRO

BULLONE

| d [mm] | d <sub>0</sub> [mm]<br>(diametro foro) | A <sub>res</sub> [mm <sup>2</sup> ] | Classe | f <sub>yb</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] | f <sub>tb</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] |
|--------|--|-------------------------------------|--------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 10     | 11                                     | 58                                  | 8,8    | 649                                  | 800                                  |

PIASTRE

| Acciaio | f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] | f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] | t <sub>min</sub> [mm] (spessore) |
|---------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| S 275   | 275                                  | 430                                  | 10                               |

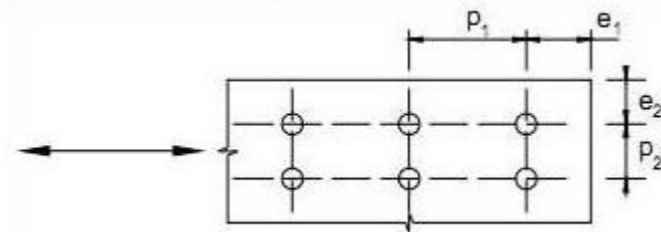
SOLLECITAZIONE AGENTE

| q [kN/m] | Pp trave [kN/m] | l [m] | F <sub>Ed</sub> [kN] | n bulloni | F <sub>v,Ed</sub> [kN] |
|----------|-----------------|-------|----------------------|-----------|------------------------|
| 83,762   | 0,663           | 7,5   | 128,13               | 6         | 21,355                 |

VERIFICA A TAGLIO

| F <sub>v,Rd</sub> [kN] |
|------------------------|
| 22,27                  |

INTERASSE DAI BORDI



|                |    |
|----------------|----|
| p <sub>1</sub> | 40 |
| p <sub>2</sub> | 25 |
| e <sub>1</sub> | 20 |
| e <sub>2</sub> | 20 |

|     |                    |    |
|-----|--------------------|----|
| 140 | ≥ p <sub>1</sub> ≥ | 24 |
| 140 | ≥ p <sub>2</sub> ≥ | 24 |
| 125 | ≥ e <sub>1</sub> ≥ | 13 |
| 125 | ≥ e <sub>2</sub> ≥ | 13 |

VERIFICA A RIFOLLAMENTO

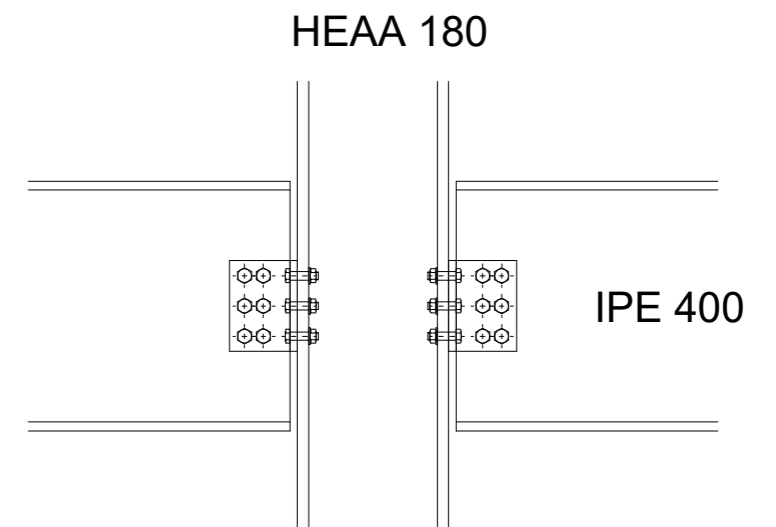
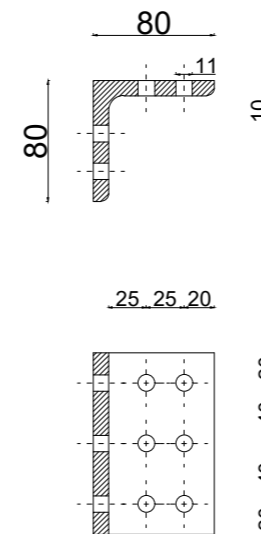
| α    | k   | γ <sub>M2</sub> |
|------|-----|-----------------|
| 0,61 | 2,5 | 1,25            |

BULLONI DI BORDO

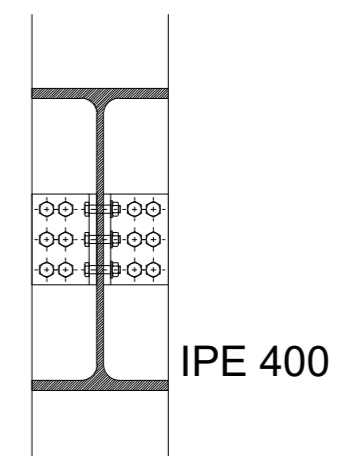
| F <sub>b,Rd</sub> [kN] |
|------------------------|
| 52,12                  |

BULLONI INTERNI

| F <sub>b,Rd</sub> [kN] |
|------------------------|
| 49,04                  |



HEAA 180



IPE 400



FONDAZIONI

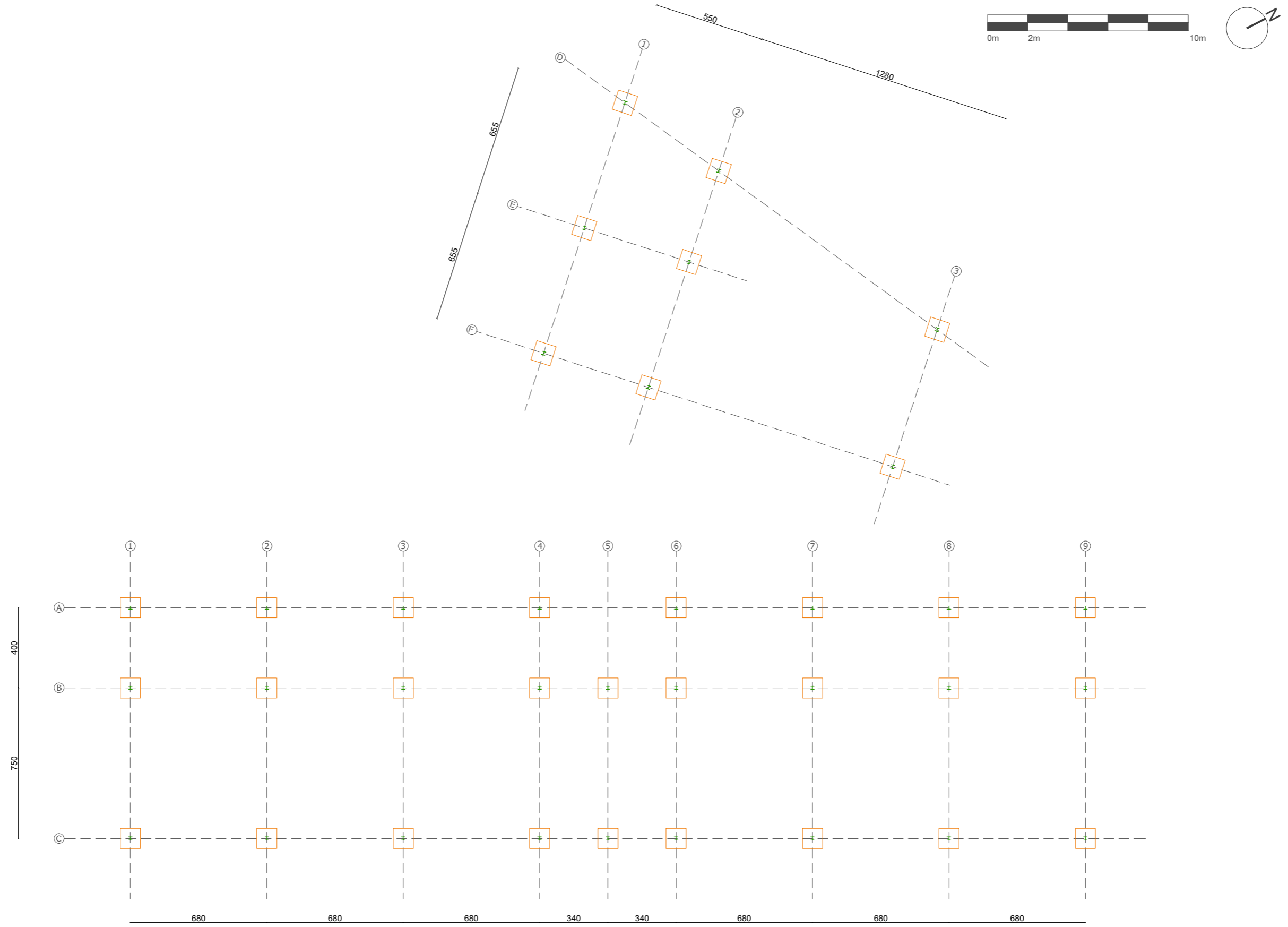


Fig. 102 Planimetria strutturale: fondazioni

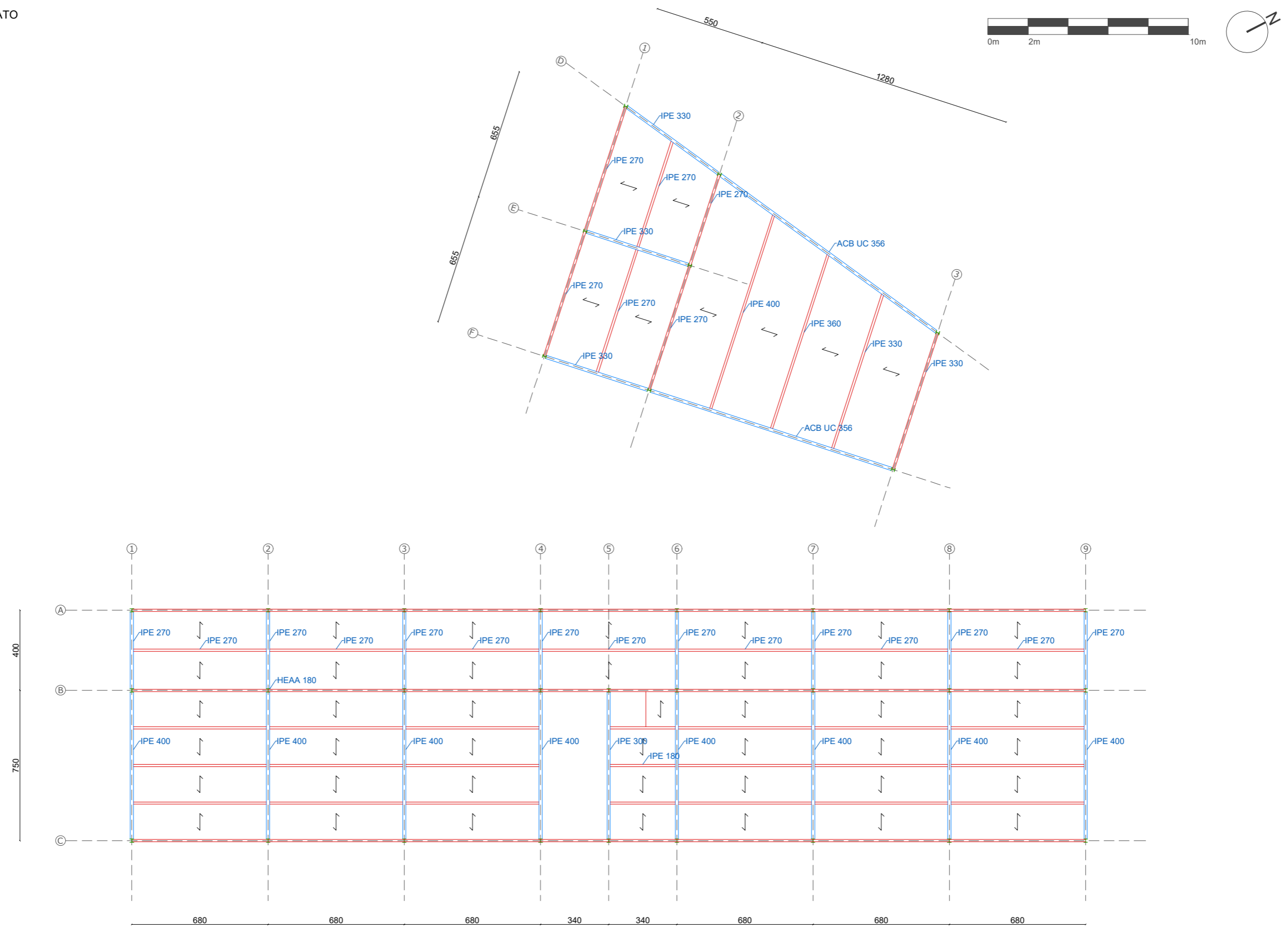


Fig. 103 Planimetria strutturale: primo impalcato



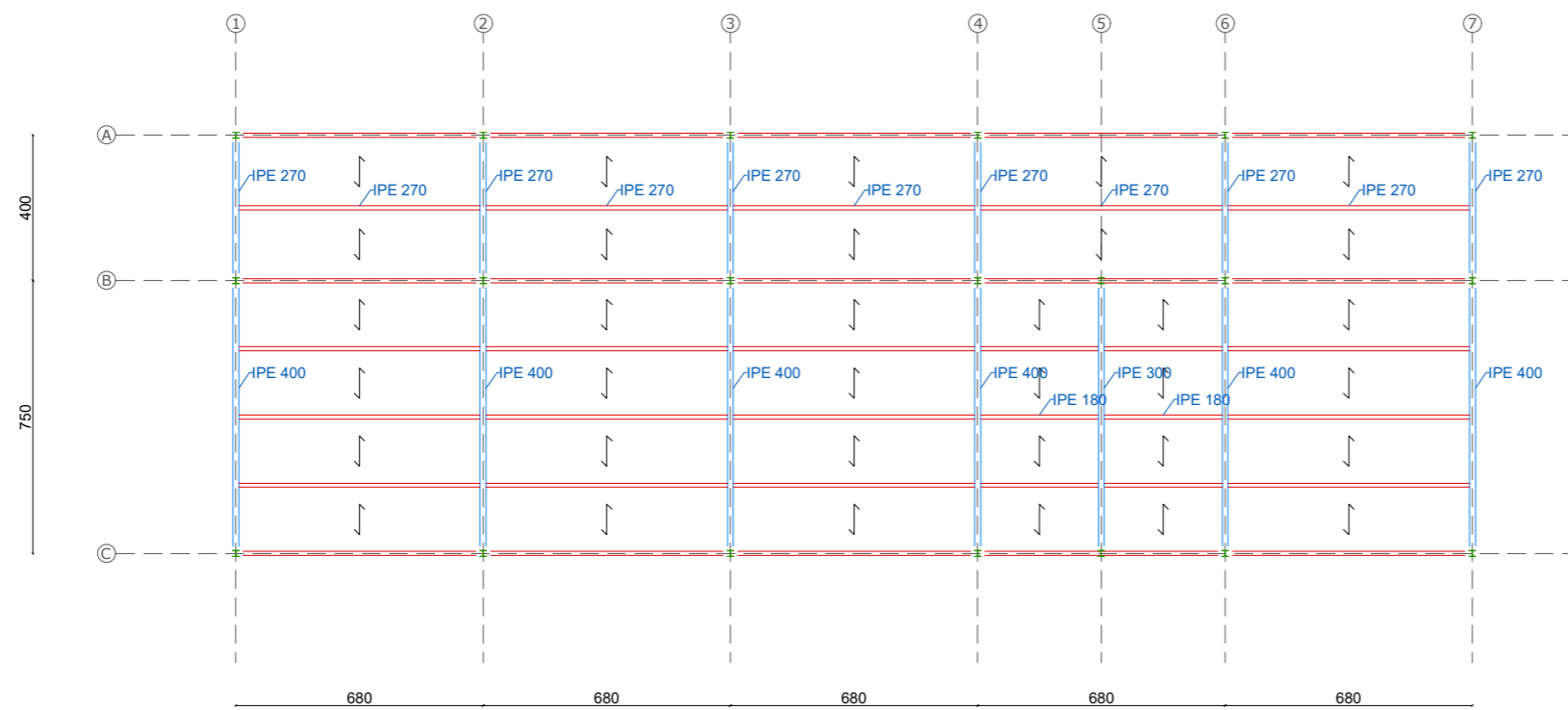


Fig. 104 Planimetria strutturale: secondo impalcato



BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA GENERALE

Comune di Brugherio  
[www.comune.brugherio.mb.it](http://www.comune.brugherio.mb.it)

Città Metropolitana  
[www.cittametropolitana.mi.it](http://www.cittametropolitana.mi.it)

ISTAT  
[www.dati.istat.it](http://www.dati.istat.it)

## ARCHITETTURA DEL PAESAGGIO E URBANISTICA

GEHL J., SVARRE B., How to Study Public Life, Island Press, Washington DC, 2013

KOOLHAAS R., MAU B., S, M, L, XL, The Monacelli Press, New York, 1995

LYDON M., GARCIA A., Tactical urbanism. Short-term action for long-term change, Island Press, Washington DC, 2015

IMM Methodology  
[www.immdesignlab.com](http://www.immdesignlab.com)

## RIFERIMENTI PROGETTUALI DI ARCHITETTURA DEL PAESAGGIO

DI MAMBRO A., Parco San Giuliano, Mestre  
[www.dimambro.com](http://www.dimambro.com)

TSCHUMI B., Parc de la Villette, Parigi  
[www.tschumi.com](http://www.tschumi.com)

Atlanta Beltline, Atlanta, GA  
[www.beltline.org](http://www.beltline.org)

Indianapolis Cultural Trail, Indianapolis, IN  
[www.indyculturaltrail.org](http://www.indyculturaltrail.org)

Radbahn, Berlino  
[www.radbahn.berlin](http://www.radbahn.berlin)

The 606 e Bloomingdale Trail, Chicago, IL  
[www.the606.org](http://www.the606.org)

The Green Loop, Portland, OR  
[www.portlandoregon.gov](http://www.portlandoregon.gov)

The Green Way, Boston, MA

140

[www.rosekennedygreenway.org](http://www.rosekennedygreenway.org)

The High Line, New York, NY  
[www.thehighline.org](http://www.thehighline.org)

The Underline, Miami, FL  
[www.theunderline.org](http://www.theunderline.org)

## CONCETTO DI FLESSIBILITÀ IN ARCHITETTURA

BAHAMON A., PreFab – Adaptable, modular, dismountable, light, mobile architecture, Loft Publications S.L. e HBI, New York, 2002

FARROW R.J., LABRADOR A.C., CREWS J.D., The Road to Flexibility, HKS Inc. Insight, 2012  
[www.hksinc.com/insight/the-road-to-flexibility/](http://www.hksinc.com/insight/the-road-to-flexibility/)

GREDEN L.V., Flexibility in building design: a real options approach and valuation methodology to address risk, Massachusetts Institute of Technology, Boston 2005  
<http://hdl.handle.net/1721.1/30366>

JODIDIO P., Architecture Now3, Taschen GMB, Colonia, 2004

KRONENBURG R., Flexible Architecture, conferenza presso The Building Centre a Londra, 5 Marzo 2011  
<https://vimeo.com/21803296>

SCHWARTZ-CLAUSS M., Living in motion: design and architecture for flexible dwelling, Vitra Design Museum, Weil am Rhein, 2002

SCHNEIDER T., TILL J., Flexible housing: opportunities and limits, in Cambridge Journals, p.157-165, no.2, 2005  
[www.journals.cambridge.org](http://www.journals.cambridge.org)

## RIFERIMENTI PROGETTUALI DI ARCHITETTURE FLESSIBILI

HERZOG & DE MEURON, Schaulager - Laurenz Foundation, Basilea  
[www.herzogdemeuron.com](http://www.herzogdemeuron.com)

FOSTER N., Apple Park, Cupertino, CA  
[www.fosterandpartners.com](http://www.fosterandpartners.com)

STUDIO CECCHETTO, Cantine Mezzacorona, Mezzacorona  
[www.studiocecchetto.com](http://www.studiocecchetto.com)

OMA, Seattle Public Library, Seattle, WA  
[www.oma.eu](http://www.oma.eu)

## DATI CLIMATICI

Arpa Lombardia  
[www2.arpalombardia.it](http://www2.arpalombardia.it)

Istat  
[www3.istat.it](http://www3.istat.it)

Joint Research Center (European Commission)  
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>



## INDICE DELLE FIGURE

|   |     |    |  |     |    |
|---|-----|----|--|-----|----|
| Fig. 01 Inquadramento territoriale: il Comune di Brugherio in relazione con il Comune di Milano       | pag | 14 | Fig. 24 Render del percorso ciclopedonale  | pag | 35 |
| Fig. 02 Sistema dei trasporti   | pag | 14 | Fig. 25 Inserimento fotografico del percorso nella planimetria della città                   | pag | 35 |
| Fig. 03 Progetto di estensione della linea M2   | pag | 15 | Fig. 26 Il tracciato del progetto e le aree di sviluppo                                      | pag | 35 |
| Fig. 04 PGT 2012: ambito di trasformazione della stazione della metropolitana                         | pag | 15 | Fig. 27 Cultural Trail, Indianapolis   | pag | 36 |
| Fig. 05 Grafico popolazione residente ai censimenti (dati ISTAT)                                      | pag | 15 | Fig. 28 The High Line, New York  | pag | 36 |
| Fig. 06 Accrescimento urbano dal dopoguerra   | pag | 16 | Fig. 29 Green Way, Boston  | pag | 37 |
| Fig. 07 Il Parco Est delle Cave: lo specchio d'acqua di Increa  | pag | 17 | Fig. 30 The 606, Chicago   | pag | 37 |
| Fig. 08 Il sistema dei parchi nel territorio di Brugherio   | pag | 18 | Fig. 31 Esempi caratterizzazione 1   | pag | 38 |
| Fig. 09 Il Parco della Media Valle del Lambro   | pag | 19 | Fig. 32 Esempi caratterizzazione 2   | pag | 39 |
| Fig. 10 PGT 2012: Documento di Piano TAV. A17: Carta della mobilità                                   | pag | 20 | Fig. 33 Esempi caratterizzazione 3   | pag | 40 |
| Fig. 11 PGT 2012: Documento di Piano TAV. A25: Ambiti strategici                                      | pag | 21 | Fig. 34 Esempi caratterizzazione 4   | pag | 41 |
| Fig. 12 PGT 2012: Documento di Piano TAV. A11: Repertorio dei vincoli                                 | pag | 22 | Fig. 35 Esempi caratterizzazione 5   | pag | 42 |
| Fig. 13 PGT 2012: Documento di Piano TAV. A20: Carta delle classi di sensibilità paesaggistica        | pag | 22 | Fig. 36 Esempi caratterizzazione 6   | pag | 43 |
| Fig. 14 PGT 2012: Documento di Piano TAV. A21: Azzonamento PRG vigente                                | pag | 23 | Fig. 37 Esempi caratterizzazione 7   | pag | 44 |
| Fig. 15 PGT 2012: Piano dei Servizi TAV. C2: Azzonamento  | pag | 23 | Fig. 38 Esempi caratterizzazione 8   | pag | 45 |
| Fig. 16 Variante PGT 2012: PS 05: Servizi di progetto   | pag | 24 | Fig. 39 L'anello ciclopedonale come elemento connettore                                      | pag | 47 |
| Fig. 17 Variante PGT 2012: PS 02: Schede di rilievo dei servizi esistenti e di progetto. Scheda n. 14 | pag | 25 | Fig. 40 Rilievo fotografico: margine est dell'anello   | pag | 50 |
| Fig. 18 Variante PGT 2012: PS 02: Schede di rilievo dei servizi esistenti e di progetto. Scheda n. 15 | pag | 25 | Fig. 41 Rilievo fotografico: area residenziale, centrale elettrica e segnaletica esistente   | pag | 51 |
| Fig. 19 Variante PGT 2012: PS 02: Schede di rilievo dei servizi esistenti e di progetto. Scheda n. 17 | pag | 26 | Fig. 42 Concept del progetto paesaggistico   | pag | 54 |
| Fig. 20 Analisi territoriale: il sistema degli spazi pubblici   | pag | 27 | Fig. 43 L'anello e la sua area di influenza  | pag | 55 |
| Fig. 21 Analisi territoriale: percezione delle visuali  | pag | 28 | Fig. 44 Strategia del progetto paesaggistico   | pag | 56 |
| Fig. 22 Concept del progetto Green Loop di Portland   | pag | 34 | Fig. 45 Elenco dei servizi e delle attività di progetto                                      | pag | 57 |
| Fig. 23 Percorso, ramificazioni e aree coinvolte nel progetto Green Loop                              | pag | 34 | Fig. 46 L'anello ciclopedonale e le aree di concentrazione di servizi e attività di progetto | pag | 57 |
|   |     |    | Fig. 47 Servizi e attività di progetto   | pag | 58 |
|   |     |    | Fig. 48 Servizi e attività di progetto: area via Andreani e area via Lodigiana               | pag | 59 |
|   |     |    | Fig. 49 Servizi e attività di progetto: margine est dell'anello                              | pag | 59 |



|   |        |   |         |
|---|--------|---|---------|
| Fig. 50 Sezione tipo  | pag 60 | Fig. 75 Pianta Piano Primo                                    | pag 84  |
| Fig. 51 Sezione tipologica A  | pag 61 | Fig. 76 Prospetto contestualizzato SO                         | pag 85  |
| Fig. 52 Sezione tipologica B  | pag 62 | Fig. 77 Prospetto contestualizzato SE                         | pag 86  |
| Fig. 53 Sezione tipologica C  | pag 63 | Fig. 78 Prospetto SO  | pag 87  |
| Fig. 54 Esempificazione scelte materiche  | pag 64 | Fig. 79 Prospetto SE  | pag 88  |
| Fig. 55 Schema margine est: le aree a maggiore intensità di funzioni e servizi                              | pag 65 | Fig. 80 Prospetto NO  | pag 89  |
| Fig. 56 Schema margine est: l'area del centro studi, la porta del parco e il sistema diffuso di connessione | pag 65 | Fig. 81 Sezione longitudinale                                 | pag 90  |
| Fig. 57 Schemi margine est: componenti inerti e vegetali  | pag 66 | Fig. 82 Cantine Mezzacorona, Mezzacorona (TN)                 | pag 91  |
| Fig. 58 Planimetria margine est   | pag 67 | Fig. 83 Edificio per appartamenti, Stuttgart                  | pag 91  |
| Fig. 59 Zoom planimetrico   | pag 68 | Fig. 84 Stratigrafia C.V. 1                                   | pag 95  |
| Fig. 60 Schema esplicativo del sistema "light on demand"  | pag 69 | Fig. 85 Diagramma di Glaser relativo alla stratigrafia C.V. 1 | pag 95  |
| Fig. 61 Ortofoto del lotto di progetto di via Rodari  | pag 72 | Fig. 86 Stratigrafia C.O. 1                                   | pag 96  |
| Fig. 62 Planimetria del lotto di progetto di via Rodari   | pag 72 | Fig. 87 Diagramma di Glaser relativo alla stratigrafia C.O. 1 | pag 96  |
| Fig. 63 Inquadramento fotografico del lotto di via Rodari   | pag 73 | Fig. 88 Stratigrafia C.O. 2                                   | pag 97  |
| Fig. 64 Flessibilità temporale: confronto tra il tempo T1 e il tempo T2                                     | pag 75 | Fig. 89 Diagramma di Glaser relativo alla stratigrafia C.O. 2 | pag 97  |
| Fig. 65 Rappresentazione schematica della proposta al tempo T2 comprensiva della sistemazione a verde       | pag 76 | Fig. 90 Stratigrafia C.O. 3                                   | pag 98  |
| Fig. 66 Schema funzionale della proposta progettuale al tempo T2  | pag 77 | Fig. 91 Diagramma di Glaser relativo alla stratigrafia C.O. 3 | pag 98  |
| Fig. 67 Schemi della proposta progettuale: componenti inerti e vegetali                                     | pag 78 | Fig. 92 Stratigrafia P.V. 1                                   | pag 99  |
| Fig. 68 Planimetria di progetto   | pag 79 | Fig. 93 Stratigrafia P.V. 2                                   | pag 99  |
| Fig. 69 Schermature fisse orizzontali tipo Wicono   | pag 80 | Fig. 94 Stratigrafia P.V. 3                                   | pag 100 |
| Fig. 70 Finitura lastra in fibrocemento tipo Tectiva di Equitone ed esempio di schema di posa               | pag 80 | Fig. 95 Stratigrafia P.O. 1                                   | pag 101 |
| Fig. 71 Planimetria di progetto   | pag 81 | Fig. 96 Nodo tecnologico 1                                    | pag 102 |
| Fig. 72 Sezione AA  | pag 82 | Fig. 97 Nodo tecnologico 2                                    | pag 103 |
| Fig. 73 Sezione BB  | pag 82 | Fig. 98 Nodo tecnologico 3                                    | pag 104 |
| Fig. 74 Pianta Piano Terra  | pag 83 | Fig. 99 Nodo tecnologico 4                                    | pag 105 |
|   |        | Fig. 100 Schematic design: situazione invernale               | pag 107 |
|   |        | Fig. 101 Schematic design: situazione estiva                  | pag 107 |
|   |        | Fig. 102 Planimetria strutturale: fondazioni                  | pag 135 |

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| Fig. 103 Planimetria strutturale: primo impalcato   | pag | 136 |
| Fig. 104 Planimetria strutturale: secondo impalcato | pag | 137 |