



Progetto di un villaggio rurale clever-tech a Pô, in Burkina Faso

TAVOLE DI PROGETTO

INDICE

| | | | | | |
|-----------|-------------------------------------|-----------|---|-----------|---|
| | IL BURKINA FASO | | CENTRE TOURNESOL | 36 | Pianta della zona ricettiva |
| 01 | Accessibilità | 13 | Analisi funzionale | 37 | Pianta coperture della zona ricettiva |
| 02 | Demografia | 14 | Concept materico | 38 | Prospetti della zona ricettiva |
| 03 | Contesto storico | 15 | Schematic design | 39 | Vista della zona ricettiva |
| | | 16 | Planimetria quota 1,50 m | 40 | La realizzazione per fasi |
| | | 17 | Planimetria coperture | | |
| | POKO ENERGY SEEDS | 18 | Sezione complessiva | | PROGETTO STRUTTURALE |
| 04 | Obiettivi | 19 | Vista complessiva del lotto | 41 | Azioni sulle costruzioni |
| 05 | La filiera | 20 | Pianta della zona produttiva | 42 | Dimensionamento delle coperture |
| | | 21 | Pianta coperture della zona produttiva | 43 | Dimensionamento delle coperture |
| | | 22 | Prospetti della zona produttiva | 44 | Dimensionamento delle coperture |
| | L'AREA DI PROGETTO | 23 | Approfondimento zona container | 45 | Struttura di elevazione e di fondazione |
| 06 | Pô e gli insediamenti tradizionali | 24 | Approfondimento zona container | | |
| 07 | Pô | 25 | Approfondimento zona container | | IL COMFORT |
| 08 | Stato di fatto | 26 | Approfondimento zona container | 46 | Comfort luminoso |
| 09 | Un clima a due stagioni | 27 | Vista della zona produttiva | 47 | Caso base - FLD (%) |
| 10 | Rilievo della vegetazione nel lotto | 28 | Pianta della zona collettiva | 48 | Caso base - illuminamento (lux) |
| 11 | Tipologie costruttive locali | 29 | Pianta coperture della zona collettiva | 49 | Caso base - illuminamento (lux) |
| 12 | F.D.O.M. | 30 | Prospetti della zona collettiva | 50 | Caso finale - FLD (%) |
| | | 31 | Vista della zona collettiva | 51 | Caso finale - illuminamento (lux) |
| | | 32 | Pianta della zona residenziale tipo | 52 | Caso finale - illuminamento (lux) |
| | | 33 | Pianta coperture della zona residenziale tipo | | |
| | | 34 | Prospetti della zona residenziale tipo | | |
| | | 35 | Vista della zona residenziale tipo | | |

- 53 Comfort termico container
- 54 Comfort termico edifici
- 55 Comfort termico edifici
- 56 Comfort termico edifici

BIO-LATRINE E DIGESTORI ANAEROBICI

- 57 Individuazione degli apporti

IL SISTEMA IDRICO

- 58 Canali di raccolta acque piovane
- 59 Raccolta e accumulo acque piovane
- 60 Rete di distribuzione acqua potabile
- 61 Raccolta e accumulo acque grigie

VERSO LA REALIZZAZIONE

- 62 Sperimentazione con la terra cruda
- 63 Sperimentazione con la terra cruda
- 64 "Fase 1" di progetto
- 65 "Fase 1" di progetto
- 66 "Fase 1" di progetto

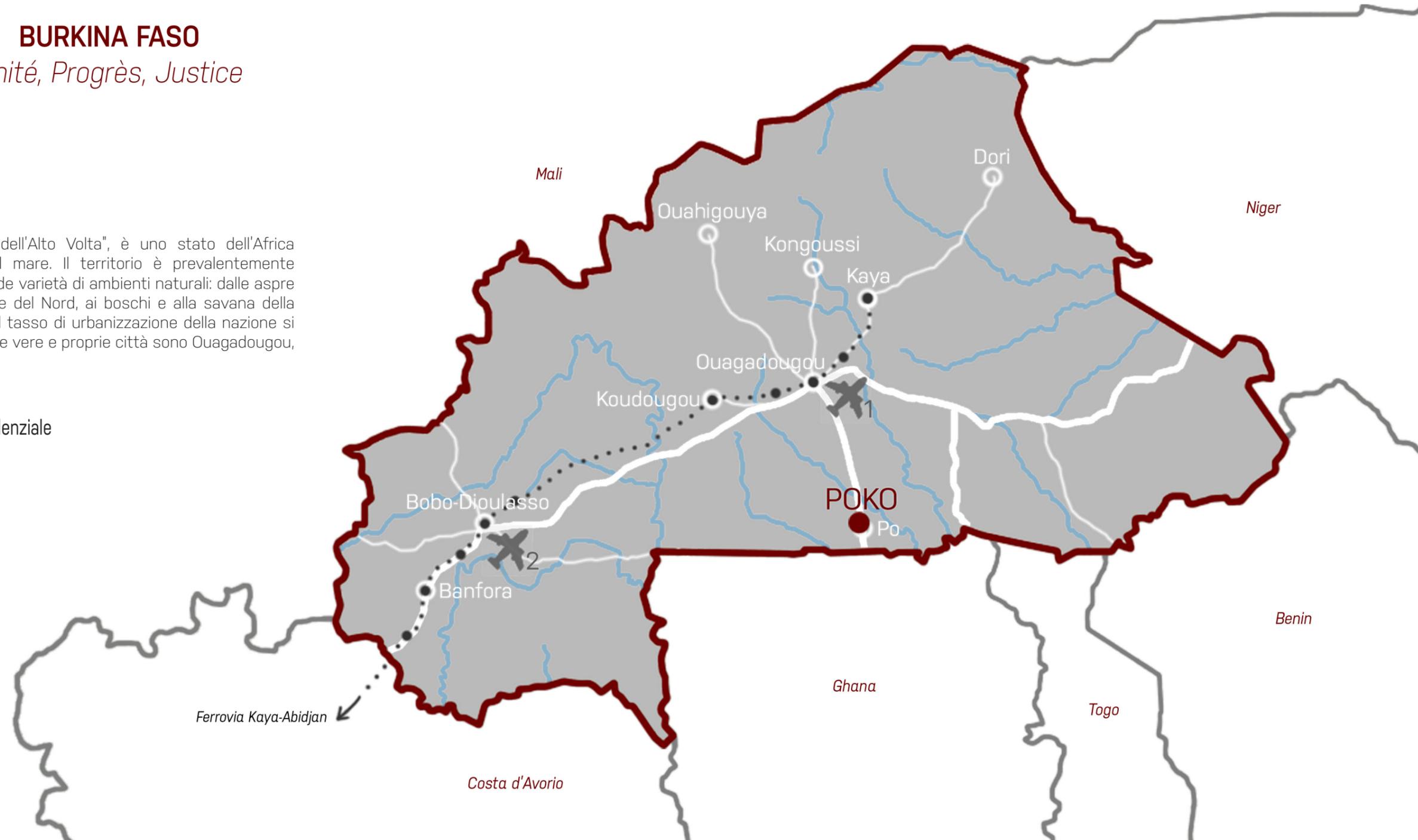


BURKINA FASO

Unité, Progrès, Justice

Il Burkina Faso, ex "Repubblica dell'Alto Volta", è uno stato dell'Africa occidentale privo di sbocchi sul mare. Il territorio è prevalentemente pianeggiante e presenta una grande varietà di ambienti naturali: dalle aspre zone desertiche e semi-desertiche del Nord, ai boschi e alla savana della verdeggiante regione Sud-Ovest. Il tasso di urbanizzazione della nazione si aggira intorno al 30%: le due uniche vere e proprie città sono Ouagadougou, la capitale, e Bobo-Dioulasso.

-  Repubblica semi-presidenziale
-  Francese
-  Ouagadougou
-  274.200 km²
-  19.751.535 ab. (2018)
-  63 abitanti/km²
-  Franco CFA



RETE FERROVIARIA

Il Paese dispone attualmente di una rete ferroviaria complessiva di 622 km, che collega Kaya a Ouagadougou, e da qui prosegue fino a raggiungere il principale porto della Costa d'Avorio: quest'ultimo tratto ha una durata indicativa di 43-48 ore.

Sono stati più volte proposti collegamenti da Ouagadougou a Pô per raggiungere il Ghana (in particolare Kumasi, il porto interno di Boankra e il porto di Takoradi), ad oggi ancora non realizzati. È invece in fase di costruzione una linea che collegherà la capitale a Tambao (circa 100 km a Nord di Dori, al confine con Mali e Niger), che si sta sviluppando in virtù dell'attività estrattiva.

RETE STRADALE

Il Burkina Faso presenta circa 15.000 km di strade, di cui solo una piccola parte è asfaltata (indicativamente 2.000 km).

Le aree portuali più facilmente raggiungibili dalla capitale si trovano in Togo e in Ghana (si fa riferimento, in particolare, al porto interno di Boankra e al porto di Takoradi). Tralasciando i rischi connessi alle tratte in oggetto (in termini di manutenzione stradale, estorsioni di denaro, nonché brigantaggio e pericolo di aggressioni da parte dei cosiddetti "coupeurs de route"), il collegamento stradale, in entrambi i casi, è di circa 1.000 km, vale a dire indicativamente 18 ore di viaggio.

INFRASTRUTTURE AEROPORTUALI

Gli aeroporti internazionali del Paese sono due: il principale si trova a Ouagadougou (Aéroport International "Thomas Sankara") e gestisce il 98% del traffico commerciale nel paese, mentre quello di Bobo-Dioulasso prevede quasi esclusivamente tratte da e per la Costa d'Avorio. Sono presenti anche numerosi aeroporti minori distribuiti sull'intero territorio, nessuno dei quali presenta però piste asfaltate: se ne contano infatti circa 22 con piste in erba e 10 in terra.

È in fase di costruzione l'aeroporto di Ouagadougou-Donsin, circa 35 km a Nord-Est della capitale, che sostituirà l'aeroporto "Thomas Sankara".





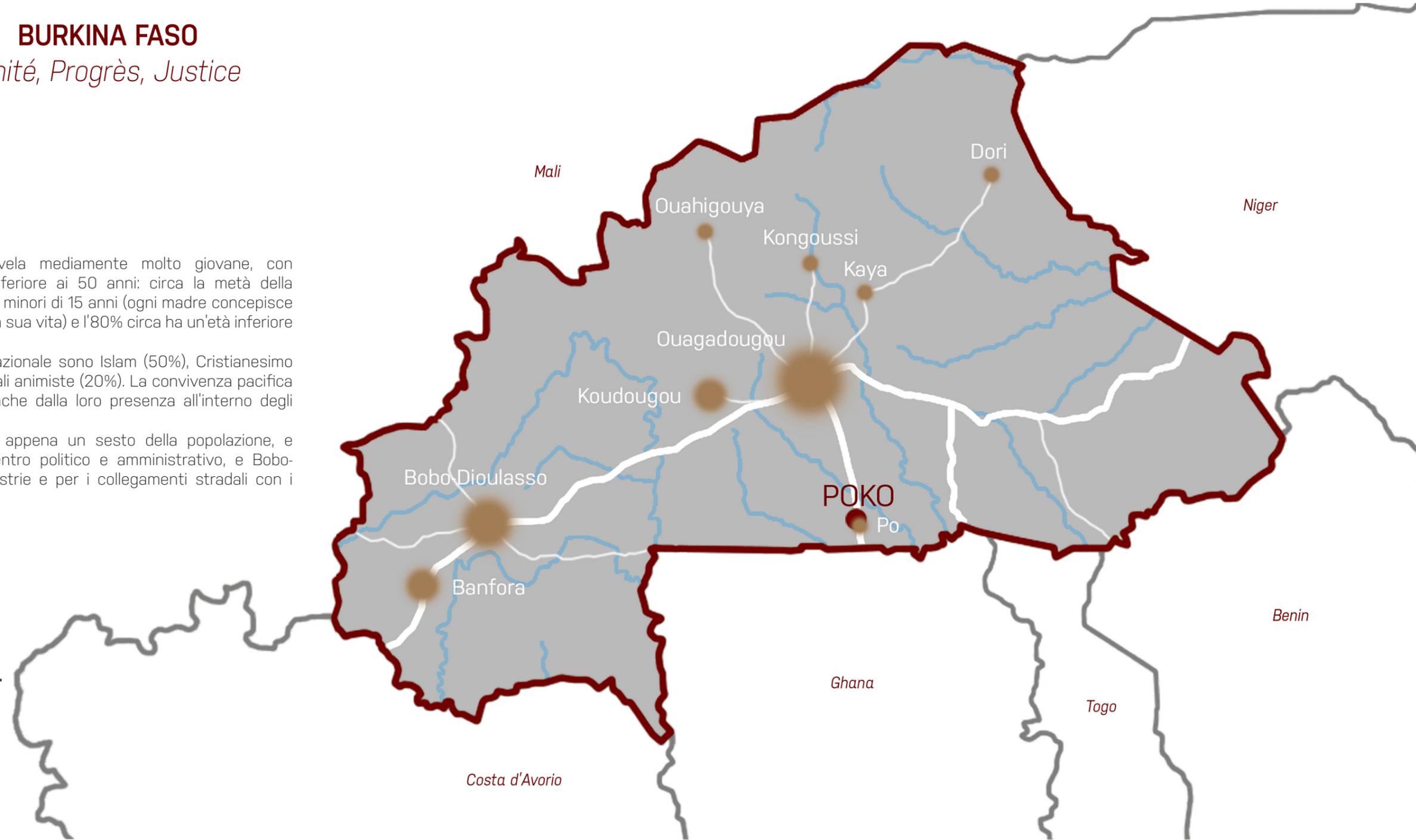
BURKINA FASO

Unité, Progrès, Justice

La popolazione burkinabé si rivela mediamente molto giovane, con un'aspettativa di vita di poco inferiore ai 50 anni: circa la metà della popolazione, infatti, è costituita da minori di 15 anni (ogni madre concepisce in media circa 6-7 figli nell'arco della sua vita) e l'80% circa ha un'età inferiore ai 40 anni.

Le religioni più seguite a livello nazionale sono Islam (50%), Cristianesimo (30%) e religioni africane tradizionali animiste (20%). La convivenza pacifica tra i diversi culti è assicurata anche dalla loro presenza all'interno degli stessi nuclei familiari.

La popolazione urbana presenta appena un sesto della popolazione, e si concentra a Ouagadougou, centro politico e amministrativo, e Bobo-Dioulasso, importante per le industrie e per i collegamenti stradali con i Paesi vicini.



ETNIE

Nel Paese si contano un centinaio di gruppi etnici, che tuttavia è possibile raggruppare in due grandi famiglie: quella voltaica e quella mande; complessivamente si calcola che siano presenti almeno 63 gruppi etnici differenti, di cui è difficile stabilire l'esatta incidenza percentuale.

Il gruppo più importante è quello dei mossi (48,6%), socialmente compatti grazie a un'antica fedeltà tribale: vivono principalmente nelle regioni centro-settentrionali del Paese e gravitano su Ouagadougou, loro antico nucleo storico. Altre etnie sono i peulh (7,8%), i gourmantche (7%), i bobo (6,8%), i

bissa (6,5%), i gourounsi (6%) e i dagara (4,3%); altri gruppi, fra cui tuareg e mandingo, costituiscono il 13% degli abitanti.

Il francese è l'unica lingua ufficiale in Burkina Faso, ma la più parlata è la lingua mooré (dell'etnia mossi); sono inoltre parlate numerose lingue locali e dialetti (si stima ne esistano ben 67), tra cui il dioula (soprattutto nell'Ovest), il gourmantché (nell'Est), il fulfuldé (lingua dei nomadi peulh) e il tamasheq (lingua dei tuareg).





BURKINA FASO

Unité, Progrès, Justice

Sino alla fine del XIX secolo, la regione fu dominata dalla cultura del regno Mossi, fondato da popolazioni di agricoltori e guerrieri migrate dal Ghana settentrionale. Nel 1896 il regno Mossi venne conquistato dai francesi e rimase protettorato francese fino all'indipendenza, ottenuta il 5 Agosto 1960. Nell'agosto 1984, l'Alto Volta cambiò denominazione in Burkina Faso ("Terra di uomini integri"), nome con il quale il rivoluzionario Thomas Sankara intendeva infondere nella popolazione un sentimento di partecipazione attiva alle sue iniziative, per un salto di qualità verso la modernità del suo paese.

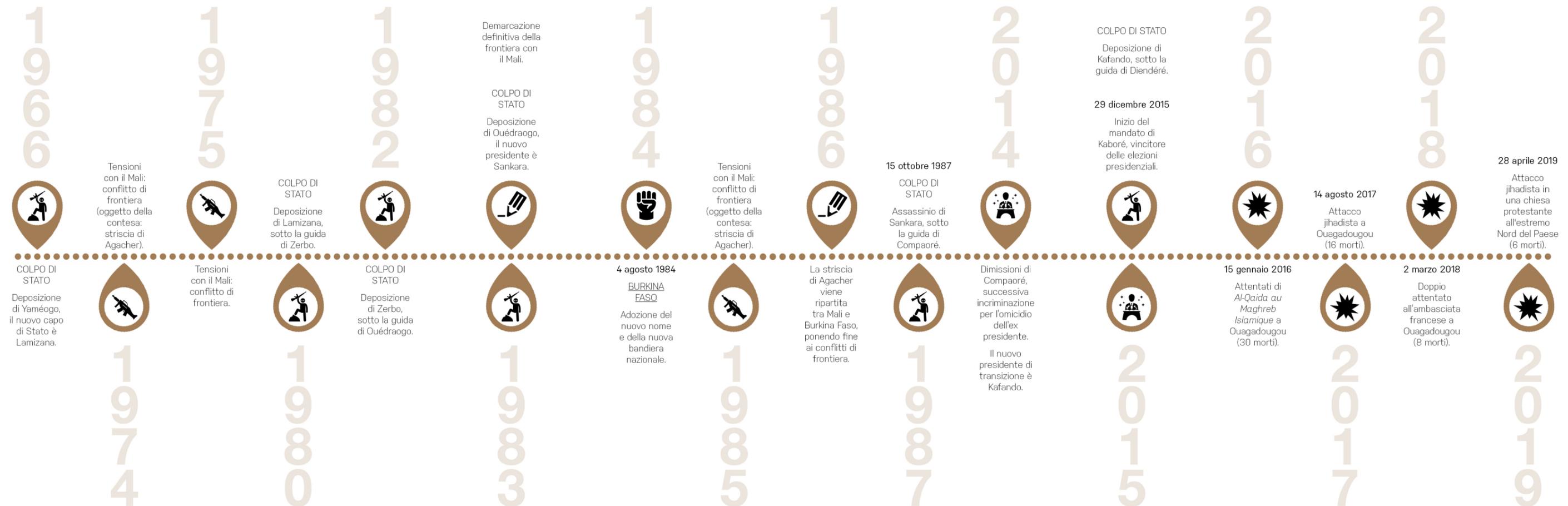
Il Burkina Faso sta affrontando ancora oggi sfide importanti, quali:

EDUCAZIONE E ISTRUZIONE - Abbandono precoce della scuola, analfabetismo, insufficienza di scuole e insegnanti

SANITÀ - Mortalità elevata, frequenti patologie di origine infettiva, situazioni igieniche estremamente precarie

DESERTIFICAZIONE - Foreste sempre più rade, terreni sempre più poveri di risorse, flora e fauna minacciate, insicurezza alimentare

TERRORISMO - Gruppi di matrice qaedista e jihadista colpiscono duramente soprattutto nel Nord





THE GLOBAL GOALS

For Sustainable Development



energy POKO seeds

13 CLIMATE ACTION



Per combattere i gravi cambiamenti climatici già in atto nel nostro pianeta, il progetto punta a ridurre al minimo ogni impatto sull'ambiente: dalla scelta dei materiali con cui verrà realizzato (prediligendo materiali naturali e locali), alla sua futura gestione.

1 NO POVERTY



Contribuire alla riduzione della povertà è uno dei fini ultimi dell'iniziativa. Il progetto cercherà inoltre di coinvolgere gli abitanti, formandoli e fornendo loro nuove competenze, in modo da apprendere e intraprendere una nuova professione.

5 GENDER EQUALITY



L'iniziativa supporta e promuove l'uguaglianza di genere, in ogni attività o situazione sociale. Il fine è quello di garantire pari opportunità sia dal punto di vista formativo che professionale, e parità di retribuzione a parità di lavoro.

9 INDUSTRY, INNOVATION AND INFRASTRUCTURE



Il progetto si pone come promotore di innovazione sostenibile, proponendo l'uso di materiali naturali locali e aspirando fin da subito a caratteristiche di modularità, per essere facilmente replicabile in altri contesti, soprattutto in ambito rurale.

14 LIFE BELOW WATER



Non potendo influire in modo diretto sullo stato e sulla conservazione degli oceani, è stato posto fin da subito l'obiettivo di fare scelte consapevoli e sostenibili (ad esempio prediligendo i materiali locali, che non richiedono trasporti navali).

2 ZERO HUNGER



Contribuire alla sicurezza alimentare e promuovere l'agricoltura sostenibile nella zona sono due degli obiettivi principali del progetto. Il tentativo è infatti quello di ridurre gli sprechi, offrendo agli agricoltori la possibilità di conservare il raccolto.

6 CLEAN WATER AND SANITATION



Il progetto prevede prima di tutto la realizzazione di un pozzo, per garantire agli utenti libero accesso all'acqua potabile. Sono poi previste strategie quali il riuso delle acque grigie, e la raccolta con successivo riutilizzo delle acque piovane.

10 REDUCED INEQUALITIES



Allo scopo di ridurre le disuguaglianze tra le nazioni, il progetto, nel suo piccolo, aspira a coinvolgere e formare il maggior numero possibile di uomini e donne locali, in modo da renderli attivi protagonisti dell'iniziativa fin dalle fasi iniziali.

15 LIFE ON LAND



L'iniziativa riconosce e crede nell'importanza di promuovere la gestione sostenibile delle foreste (non farà uso di legno da costruzione), nonché di combattere il degrado del suolo e desertificazione (promuovendo l'avvio di nuove coltivazioni).

3 GOOD HEALTH AND WELL-BEING



Uno degli obiettivi del progetto è proprio quello di realizzare ambienti sani, che siano in grado di offrire agli utenti elevati livelli di benessere, sia in termini di qualità dell'aria che dal punto di vista del comfort termico, acustico e visivo.

7 AFFORDABLE AND CLEAN ENERGY



L'intero progetto aspira a diventare un esempio di sostenibilità, prevedendo l'utilizzo di sole energie rinnovabili: la posizione geografica è favorevole all'installazione di pannelli solari, mentre i container frigo saranno alimentati sfruttando oli vegetali.

11 SUSTAINABLE CITIES AND COMMUNITIES



L'iniziativa riconosce e crede nell'importanza di rendere ogni città e ogni insediamento umano sicuro, resiliente e sostenibile. Il progetto aspira a diventare, nel suo piccolo, un esempio virtuoso di inclusività, sicurezza e sostenibilità.

16 PEACE AND JUSTICE STRONG INSTITUTIONS



Si è cercato fin da subito il positivo coinvolgimento della comunità e delle istituzioni locali: Ministeri, Amministrazioni locali e capi villaggio. L'iniziativa, nel suo piccolo, confida e sostiene il buon governo, la trasparenza e la lotta alla corruzione.

4 QUALITY EDUCATION



L'iniziativa riconosce e crede nell'importanza di formare uomini, donne e bambini, sia dal punto di vista scolastico che professionale, in modo da renderli protagonisti del loro futuro, oltre che della vera e propria fase di realizzazione.

8 DECENT WORK AND ECONOMIC GROWTH



Promuovere e favorire la crescita economica della zona è uno dei fini ultimi dell'iniziativa. Il progetto, la sua realizzazione e il suo sviluppo creeranno nuovi posti di lavoro, offrendo a uomini e donne occupazione con idonee condizioni di lavoro.

12 RESPONSIBLE CONSUMPTION AND PRODUCTION



Uno dei fini del progetto è proprio quello di mettere in atto un circolo positivo di produzione e consumo, in particolare per quanto riguarda l'uso di risorse naturali come l'acqua, o la produzione di energia da fonti "rinnovabili" come i semi vegetali.

17 PARTNERSHIPS FOR THE GOALS

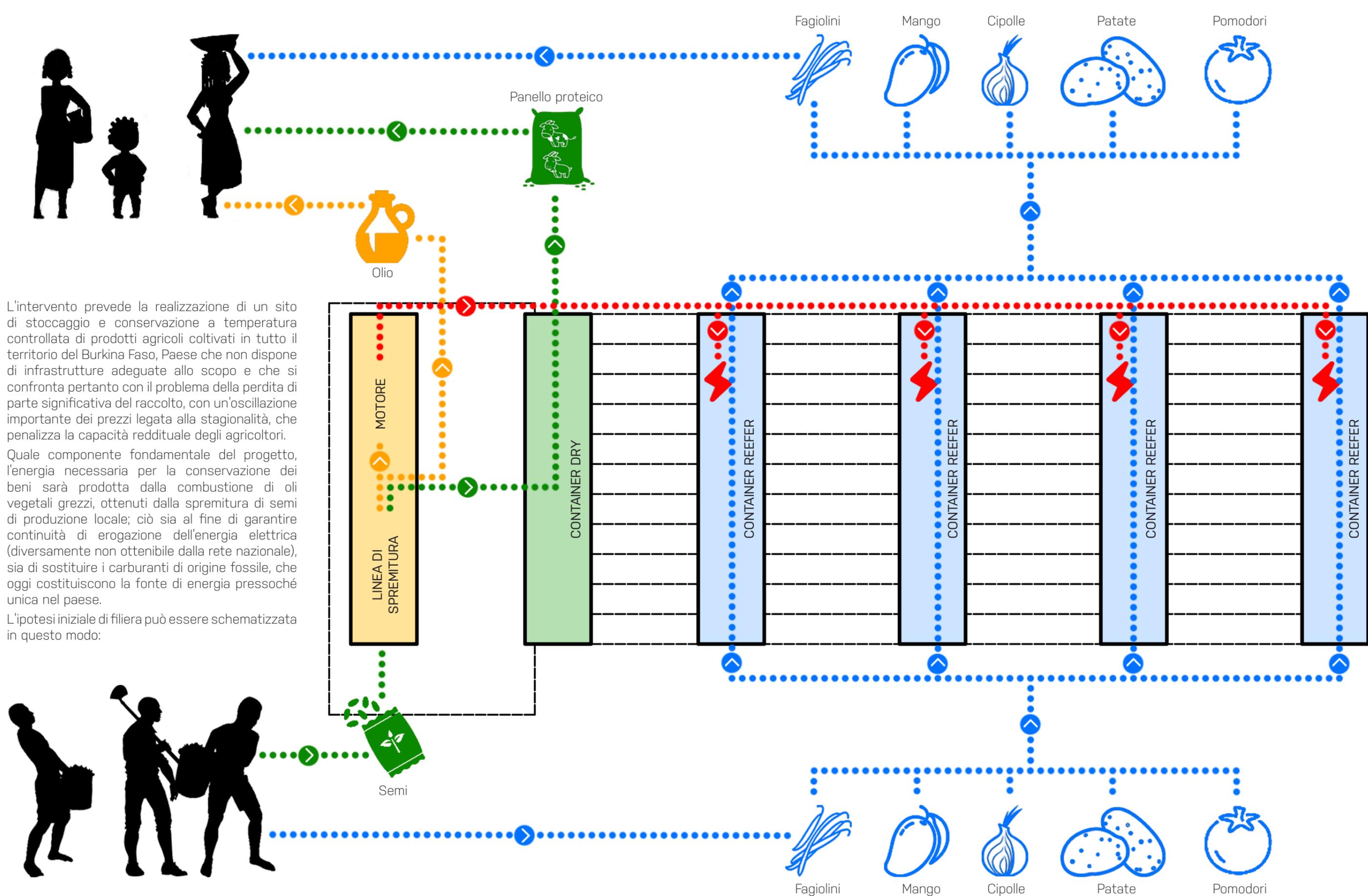


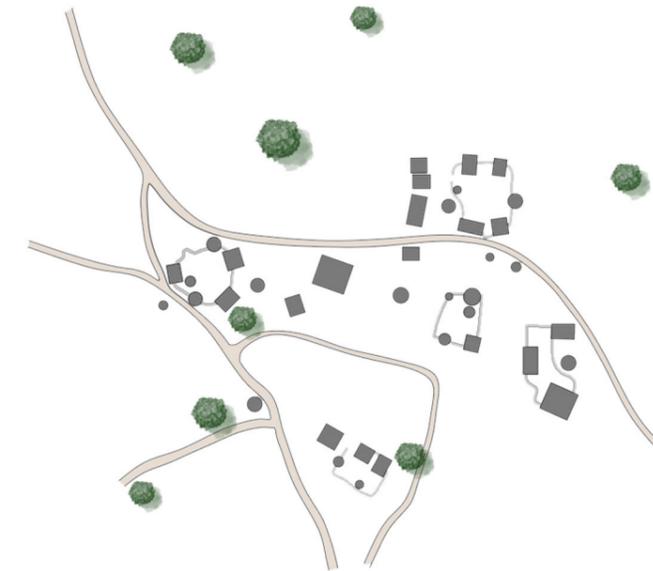
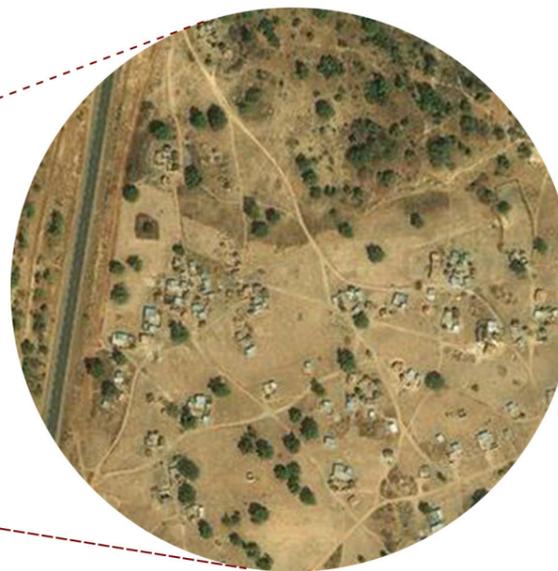
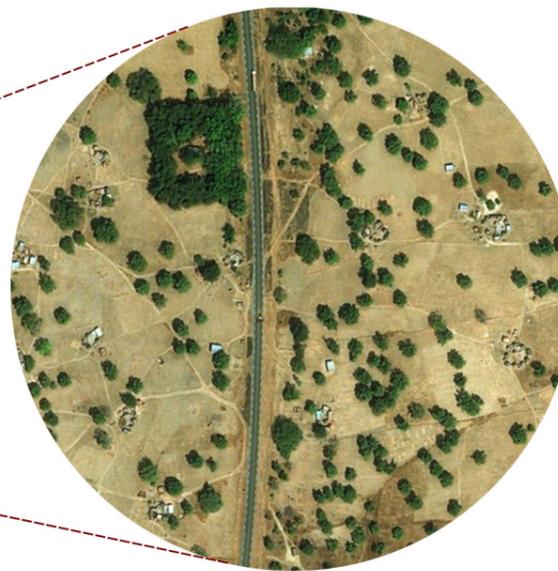
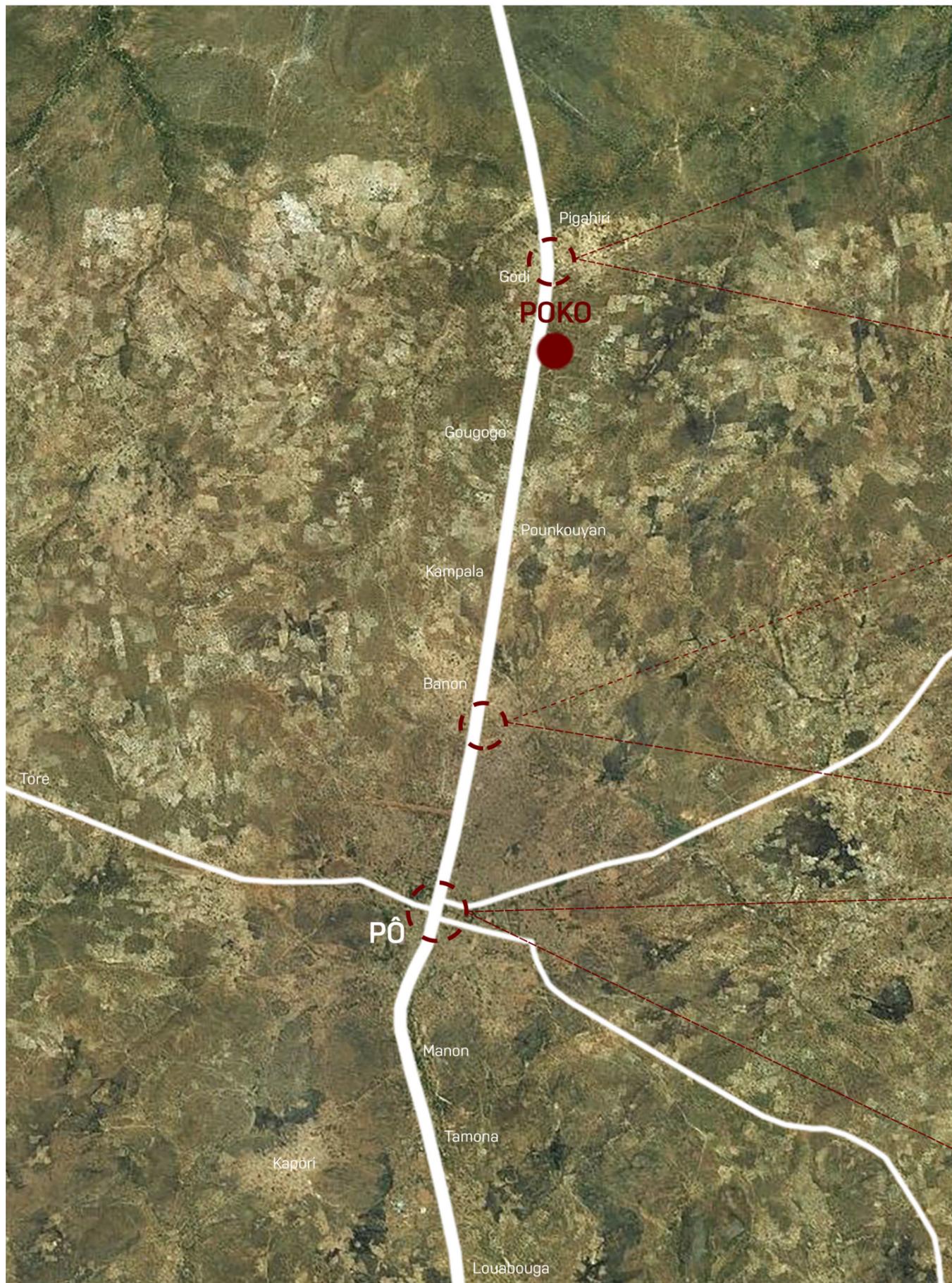
L'iniziativa si vuole porre come esempio virtuoso di sinergia tra più attori, al fine di promuovere lo sviluppo sostenibile. Fin dalle fasi iniziali del progetto si è cercata infatti la collaborazione di aziende e associazioni con obiettivi condivisi.

L'intervento prevede la realizzazione di un sito di stoccaggio e conservazione a temperatura controllata di prodotti agricoli coltivati in tutto il territorio del Burkina Faso, Paese che non dispone di infrastrutture adeguate allo scopo e che si confronta pertanto con il problema della perdita di parte significativa del raccolto, con un'oscillazione importante dei prezzi legata alla stagionalità, che penalizza la capacità reddituale degli agricoltori.

Quale componente fondamentale del progetto, l'energia necessaria per la conservazione dei beni sarà prodotta dalla combustione di oli vegetali grezzi, ottenuti dalla spremitura di semi di produzione locale; ciò sia al fine di garantire continuità di erogazione dell'energia elettrica (diversamente non ottenibile dalla rete nazionale), sia di sostituire i carburanti di origine fossile, che oggi costituiscono la fonte di energia pressoché unica nel paese.

L'ipotesi iniziale di filiera può essere schematizzata in questo modo:







01 - La realtà urbana di Pô



02 - La realtà urbana di Pô



03 - Veduta della Strada Statale N5 che conduce all'area di progetto

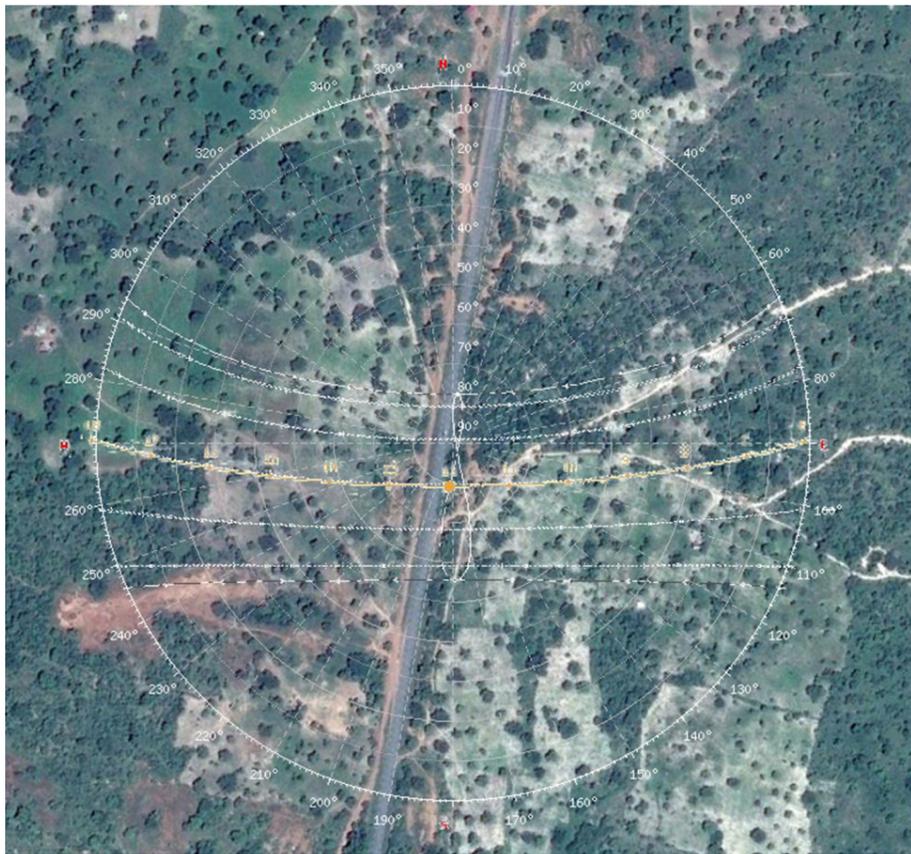


04 - La realtà urbana di Pô



05 - Veduta della Strada Statale N5 che conduce all'area di progetto





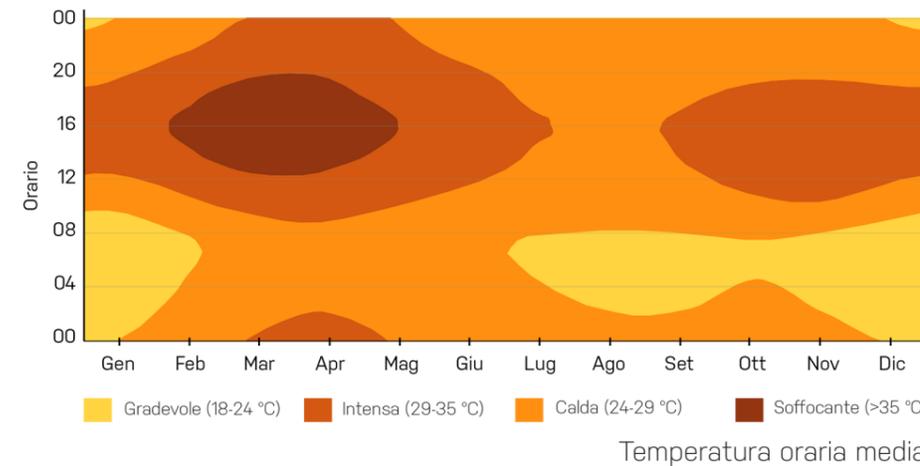
Percorso del sole nel mese di Settembre



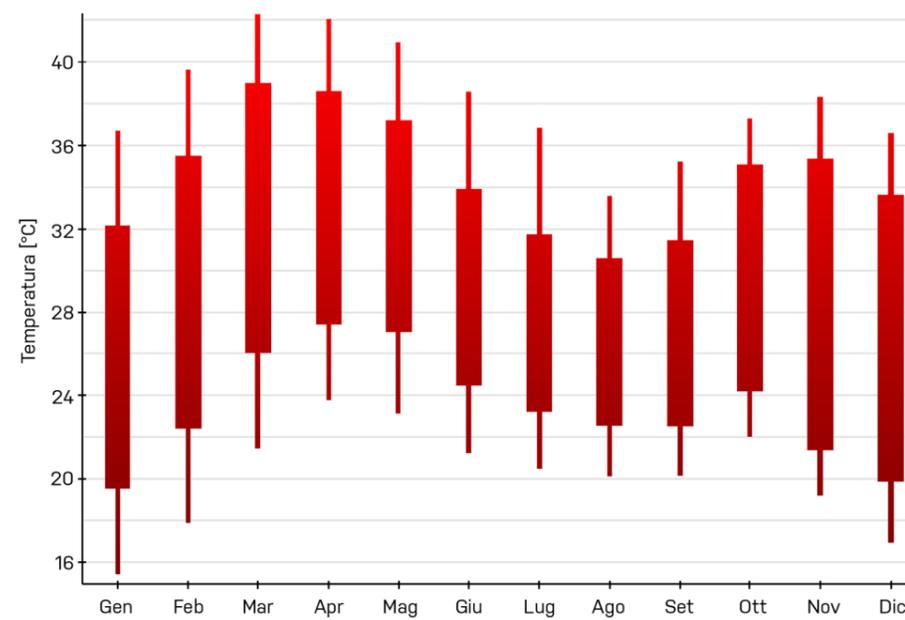
Percorso del sole nel mese di Dicembre



Zone climatiche del Burkina Faso



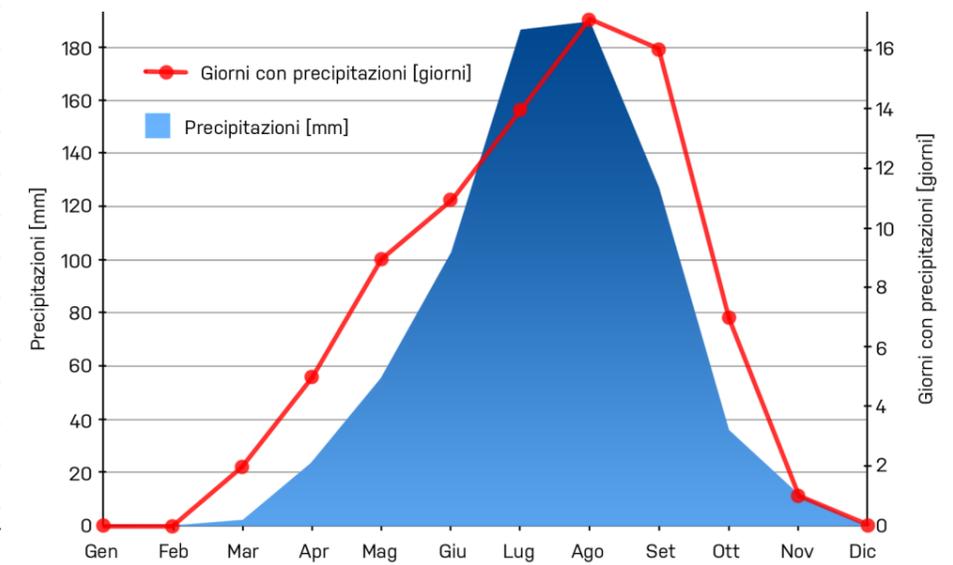
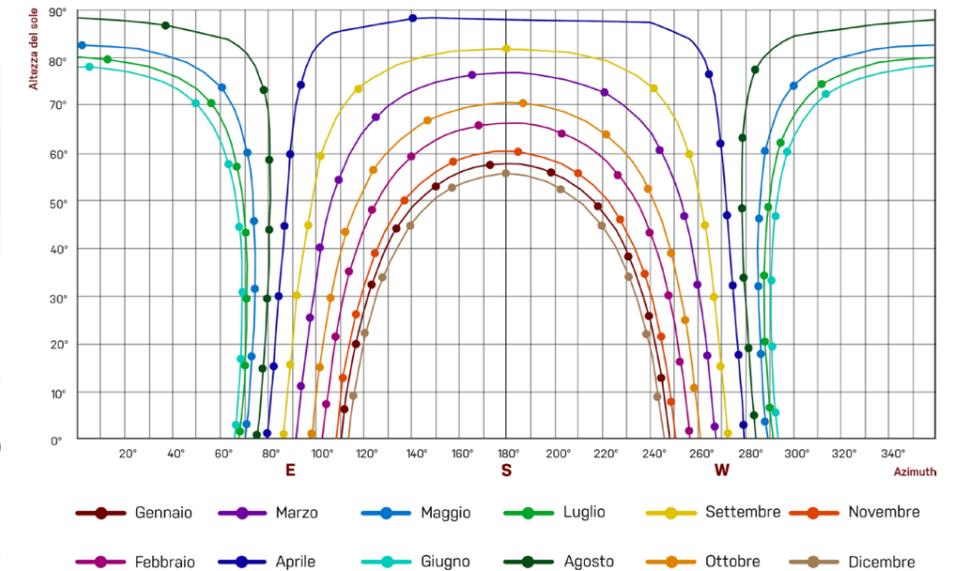
Temperatura oraria media

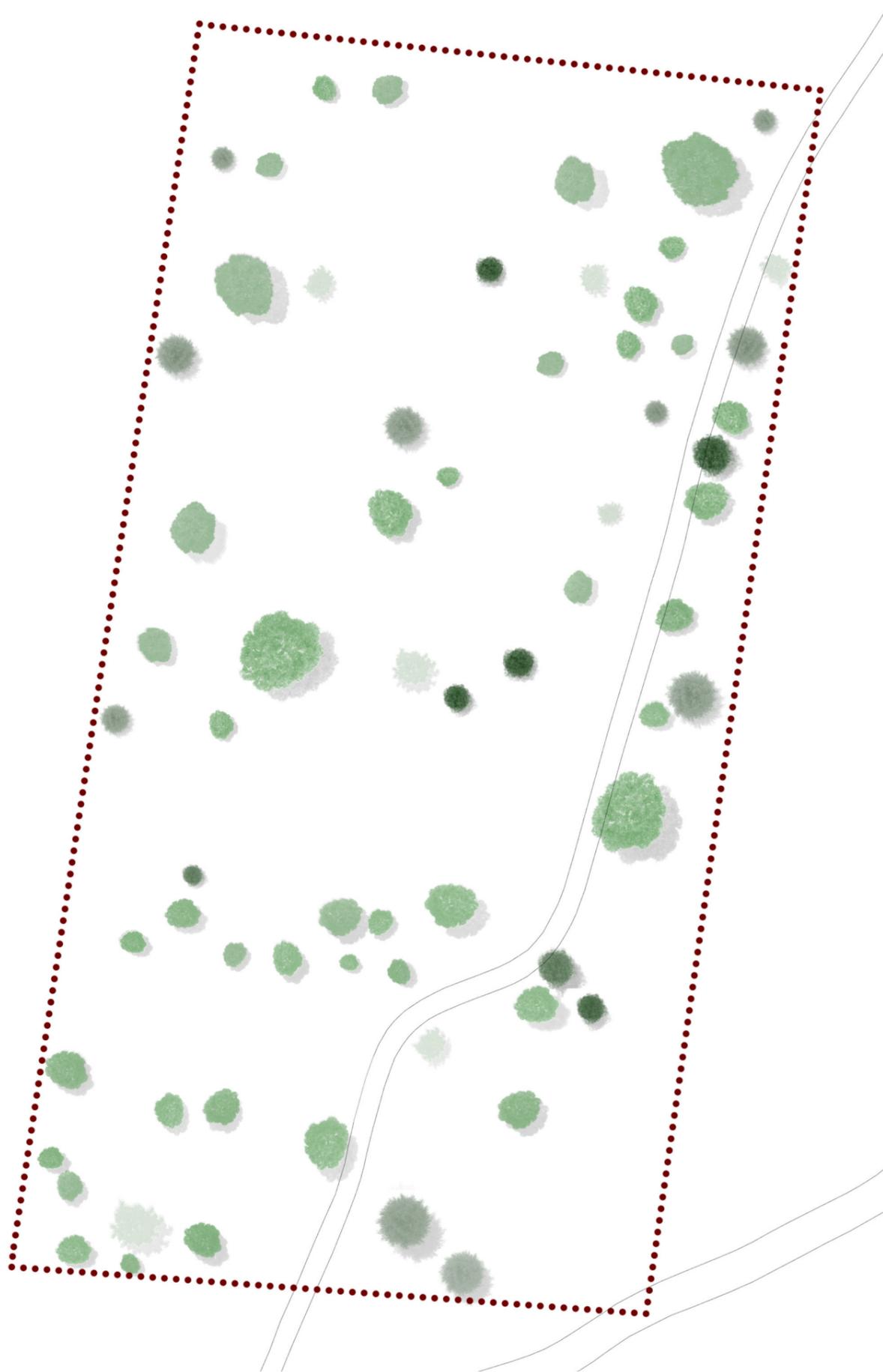


Il clima di Pô è tropicale, con due stagioni ben distinte: la stagione delle piogge, da Aprile a Ottobre, legata al monzone africano, con precipitazioni di poco superiori ai 1000 mm; la stagione secca, in cui soffia l'harmattan, un vento secco e caldo proveniente dal Sahara che può provocare anche vere e proprie tempeste di sabbia.

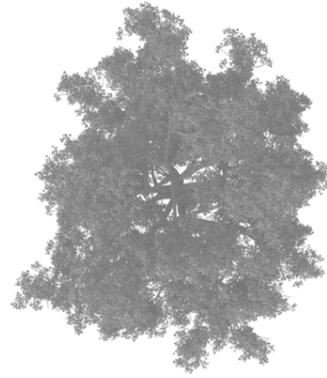
Le temperature sono elevate tutto l'anno: la temperatura media annua è di circa 28 °C. Il periodo più caldo è quello dell'inizio della stagione delle piogge (Marzo e Aprile), quando si hanno temperature medie massime che possono raggiungere i 40/42 °C; a Maggio e Giugno i primi rovesci consistenti possono essere preceduti o accompagnati da trombe d'aria e tornado, a causa dello scontro con l'aria secca preesistente. Tra Luglio e Settembre, quando il monzone manifesta i massimi effetti, il caldo si riduce e diventa tropicale, con massime sui 35 °C e aria umida che rende il caldo fastidioso.

Data la localizzazione del lotto (11°13'44.5" N, 1°08'04.8" W), vicino all'Equatore, il sole sorge a Nord-Est e tramonta a Nord-Ovest per cinque mesi all'anno: da Aprile ad Agosto. Le stagioni ritmano inoltre le tempistiche di coltura: durante la stagione secca (a Dicembre ad esempio, come mostra l'immagine in basso a sinistra) la terra è piuttosto arida, mentre poco dopo la stagione delle piogge (a Settembre ad esempio, come mostra invece l'immagine in alto a sinistra) la vegetazione è verdeggiante.



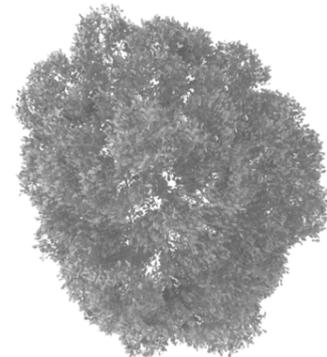


DETARIUM (*detarium senegalense*)



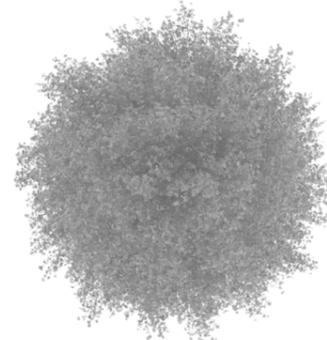
Il *detarium* è una specie leguminosa molto preziosa per le popolazioni locali, per motivi quali: produzione di frutti molto nutrienti dal punto di vista alimentare (dai semi si produce una farina per addensare le zuppe, mentre la polpa viene consumata direttamente oppure utilizzata per produrre succhi o marmellate), importanza nella medicina popolare (in particolare corteccia, radici, foglie, semi), e qualità del legno. Come indica il nome scientifico, la specie è nativa del Senegal e diffusa nei paesi confinanti in Africa Occidentale. Si tratta di un albero di media grandezza, che può crescere fino ai 40 m di altezza e 60-100 cm di diametro del tronco. Il frutto è tondo, con guscio rigido e polpa secca fibrosa.

KARITÉ (*vitellaria paradoxa*)



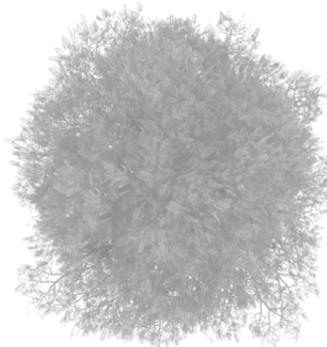
Il *karité* è una specie nativa dell'Africa, oggi considerata vulnerabile dall'organizzazione non governativa IUCN (Unione Internazionale per la Conservazione della Natura). La pianta è alta tra i 10 e i 15 m, con un tronco che può raggiungere i 100 cm di diametro; è dotata di rami tozzi, muniti di una robusta corteccia per proteggersi dalle alte temperature; le foglie, che crescono a ciuffi, sono di forma allungata. Dai suoi semi si ricava il burro di karité, utilizzato in molti prodotti cosmetici o come condimento, grazie al suo odore gradevole e leggermente dolce. In antichità, l'olio di karité era usato, mischiato con terra locale, per rivestire i muri, come fosse calce.

NEEM (*azadirachta indica*)



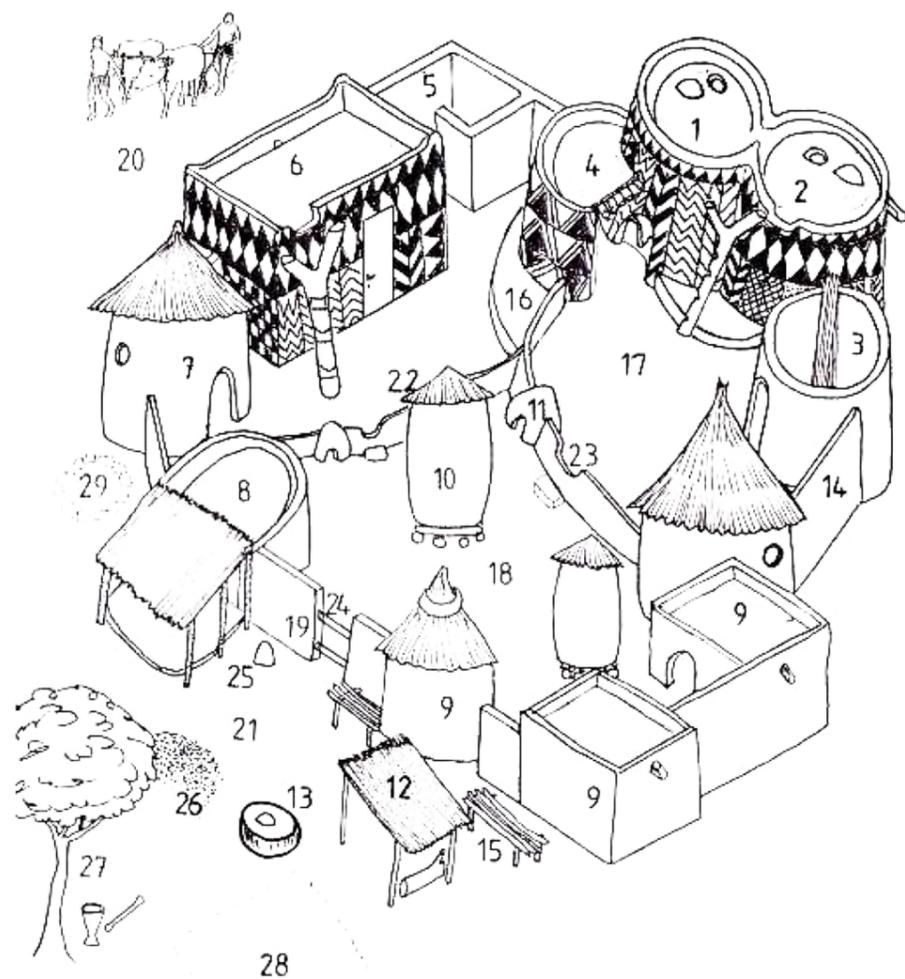
Il *neem* è una specie nativa di India e Birmania, oggi diffusa nelle regioni tropicali: fu introdotto nell'Africa Occidentale all'inizio del XX secolo per fornire ombra e impedire al deserto del Sahara di estendersi a Sud. Infatti, dato che raramente perde le foglie, è in grado di fornire ombra tutto l'anno. Raggiunge i 30 m di altezza, con diametri del tronco prossimi ai 2,5 m. Il legno di *neem* (famiglia del mogano) è inattaccabile dalle termiti, ed è utilizzato quindi in edilizia e falegnameria, oltre che come legna da ardere. Le foglie sono utili per allontanare insetti molesti. La specie vanta, inoltre, numerose proprietà medicamentose, tanto che in India è detta "la farmacia del villaggio": sarebbe in grado, infatti, di curare dolore, febbre e infezioni; i rametti sono utilizzati per pulire i denti, mentre il succo delle foglie è in grado di curare vari disturbi della pelle.

NERÉ (*parkia biglobosa*)



Il *neré* è una specie tradizionalmente assegnata alla famiglia delle Mimosaceae. Il genere ha una distribuzione pantropicale, con tre centri disgiunti di biodiversità in Sud America, Africa e nella regione Indo-Pacifica. Può raggiungere i 30 m di altezza ed è caratterizzato da foglie alterne bipennate; il frutto è un legume lineare piatto, contenente semi neri ovoidi. I semi sono commestibili, e vengono solitamente consumati bolliti o abbrustoliti; sembra inoltre che crudi siano molto efficaci sui diabetici, riducendo il livello di glucosio nel sangue. Il legname è invece utilizzato come materiale da costruzione o come combustibile.





- 1 Stanza principale
- 2 Stanza adiacente
- 3 Cucina (senza copertura)
- 4 Anticamera
- 5 Doccia
- 6 Abitazione rettangolare
- 7 Abitazione tonda
- 8 Stanza di ingresso principale
- 9 Riparo per capre e pecore
- 10 Granaio
- 11 Pollaio
- 12 Riparo
- 13 Altare degli antenati
- 14 Muro perimetrale
- 15 Sedute realizzate con tronchi
- 16 Seduta o piattaforma rialzata
- 17 Cortile interno
- 18 Cortile esterno per allevamento
- 19 Ingresso principale
- 20 Piantagioni
- 21 Cortile
- 22 Copertura a cono del granaio
- 23 Accesso alla corte interna
- 24 Chiusura in legno dell'accesso
- 25 Altare
- 26 Discarica
- 27 Albero sacro
- 28 Piantagione di famiglia
- 29 Piantagione di tabacco

Schema tipico di concessioni e villaggi tradizionali burkinabé

DALL'ARCHITETTURA VERNACOLARE ALL'ARCHITETTURA POST-COLONIALE

In Burkina Faso si possono distinguere principalmente due tipi di abitazioni e, in genere, di costruzioni, in base alla zona geografica, al contesto (urbano o rurale) e all'accessibilità dei materiali, che solitamente rispecchia il livello di benessere degli utenti.

L'insediamento tradizionale più esemplare è il villaggio di Tiébélé, circa 30 km a Est di Pô, simbolo dell'architettura vernacolare della regione, abitato da famiglie di etnia kassena e caratterizzato da edifici in terra cruda (*banco*) chiamati *sonron* o *sukhala*. Tradizionalmente gli uomini costruiscono le case durante la stagione secca, con mattoni di *adobe* e sterco; le donne si occupano invece dello strato di rivestimento e protezione delle pareti e le decorano con pitture geometriche.

Le costruzioni hanno forma arrotondata, quasi senza finestre verso l'esterno. Le pareti esterne sono invece affrescate con motivi geometrici, realizzati con argilla rossa e coloranti naturali: durante i mesi di Marzo, Aprile e Maggio, le donne decorano infatti le loro case utilizzando piume di faraona, dipingendo simboli che si ritiene siano propiziatori. I tre colori dominanti sono: nero, una sorta di grafite in polvere molto fine, oggi quasi completamente sostituita dal catrame; bianco, simbolo di purezza e bellezza, ricavato da una pietra bianca liscia locale; rosso, sinonimo di forza, ricavato da laterite.

Il problema principale delle costruzioni locali oggi è la durabilità delle stesse, nonché, data la rigidità del clima, le prestazioni dal punto di vista del comfort interno degli ambienti. Nelle zone rurali, gli edifici si mantengono piuttosto fedeli a questa tipologia costruttiva (ad esclusione dello strato protettivo e decorativo sopra citato, caratteristico del solo villaggio di Tiébélé): le abitazioni sono in genere realizzate con mattoni di terra cruda, hanno forma rettangolare o circolare e tetto in paglia.

Tuttavia nei villaggi, e ancor di più nelle città, si trovano sempre più spesso abitazioni di forma rettangolare realizzate in blocchi di terra cruda o in blocchi di calcestruzzo, coperte da tetti in lamiera: più resistenti, ma decisamente meno confortevoli durante la stagione secca. I materiali locali, infatti, sono per molti oggi simbolo di povertà e arretratezza, mentre il cemento e l'acciaio sono, al contrario, visti come metafore di modernità.



Vista della concessione di Tiébélé



Vista della città di Pô

PUNTI DI FORZA



STRADA N5

Nell'intera provincia di Nahouri sono presenti circa 50 km di strade asfaltate e 165 km di strade sterrate. L'area di progetto è situata sulla strada statale N5, asse di fondamentale importanza, che collega la capitale Ouagadougou a Pô, per una lunghezza complessiva pari a 160 km circa, fino a raggiungere il Ghana. Oltre al grande pregio di essere un tratto totalmente asfaltato, è di fondamentale importanza in quanto consente di raggiungere agevolmente l'area di progetto, sia provenendo dalla capitale (vale a dire anche dal principale aeroporto della nazione) che dai porti di Ghana e Togo.



DISPONIBILITÀ MATERIALI

La maggior parte dei materiali da costruzione è reperibile nella città di Pô (7 km a Sud dell'area di progetto), o a breve distanza. In particolare: cemento, elementi metallici e tessuti si trovano in punti vendita a Pô; ghiaia, sabbia e paglia possono essere reperite in siti specifici a breve distanza dall'area di progetto (< 10 km); granito, laterite e argilla pura sono acquistabili a distanze relativamente brevi (15-30 km).

OPPORTUNITÀ



POSSIBILE COLLABORAZIONE CON COMUNITÀ DI AGRICOLTORI E ALLEVATORI LOCALI



PROSSIMITÀ DI NUMEROSI VILLAGGI POTENZIALMENTE INTERESSATI AL CENTRO, NONCHÉ DELLA CITTÀ DI PÔ



DISPONIBILITÀ DI MANODOPERA LOCALE



POSSIBILE SFRUTTAMENTO DELLE ACQUE NELLA STAGIONE UMIDA E DEL SOLE NELLA STAGIONE SECCA



TURISMO LEGATO AI NUMEROSI SITI DI VALENZA TURISTICA DELLA REGIONE

Nell'intera regione del Centro-Sud, la provincia di Nahouri è la più ricca di siti di valenza turistica: l'*Institut National de la Statistique et de la Démographie de l'Est* ne conta per la precisione 12 (su un totale di 18 nell'intera regione). Nonostante questo, Nahouri è la provincia più povera di strutture ricettive per turisti. Proprio nelle vicinanze di Pô sono situati anche due importanti parchi nazionali: il Parco Kaboré-Tambi e la Riserva di Nazinga.

PUNTI DI DEBOLEZZA



VINCOLO DI PASSAGGIO

L'area di progetto è attraversata da una strada sterrata preesistente, che verrà mantenuta per consentire il passaggio a chiunque ne abbia necessità. Per questo motivo, bisognerà prestare particolare attenzione alla delimitazione e alla gestione degli accessi al lotto.



MANCANZA DI SBOCCHI SUL MARE

Vista la lontananza dai porti commerciali (si fa riferimento a quelli presenti in Ghana e Togo), andrà limitata per quanto possibile l'importazione di materiali non acquistabili in loco.



ASSENZA DI ACQUA POTABILE



ASSENZA DI ELETTRICITÀ



ASSENZA DI UN'ADEGUATA GESTIONE DELLE ACQUE NERE

MINACCE



ANALFABETISMO

Soprattutto nelle zone rurali, la scuola non sempre è alla portata delle famiglie (tasse elevate); molto spesso gli alunni devono percorrere molti chilometri per raggiungere la scuola e le classi sono sovraccariche. Inoltre, molti bambini contribuiscono alla conduzione e al sostentamento della casa, per effetto della crisi economica generalizzata.



ASSENZA DI ACQUA POTABILE



ASSENZA DI ELETTRICITÀ



ASSENZA DI UN'ADEGUATA GESTIONE DELLE ACQUE NERE



CLIMA DRASTICAMENTE DIVISO IN UNA STAGIONE UMIDA E UNA STAGIONE SECCA



DEFORESTAZIONE, FAUNA MINACCIATA ED ECCESSIVO SFRUTTAMENTO DELLE TERRE

ZONA PRODUTTIVA

| | | |
|----------------------|------------------------------------|---|
| P.01 | Locale tecnico | 82 m ² |
| P.02 | Magazzino | 52 m ² |
| P.03 | Container reefer | cad. 30 m ² |
| P.04 | Spogliatoi e servizi | 80 m ² |
| P.05 | Lavorazione prodotti | 150 m ² |
| P.06 | Guardiana, infermeria e uffici | 48 m ² |
| P.07 | Allevamento 01 + spazi scoperti | 68 m ² 175 m ² |
| P.08 | Allevamento 02 + spazi scoperti | 52 m ² 170 m ² |
| + Spazi da coltivare | | 5.830 m ² |

ZONA RESIDENZIALE/RICETTIVA

| | | |
|------|-------------------------|------------------------|
| R.01 | Appartamento 01 | cad. 21 m ² |
| R.02 | Appartamento 02 | cad. 50 m ² |
| R.03 | Appartamento 03 | cad. 66 m ² |
| R.04 | Cucina | cad. 21 m ² |
| R.05 | Servizi | cad. 21 m ² |
| R.06 | Camera Guest House | cad. 15 m ² |
| R.07 | Zona comune Guest House | 36 m ² |
| R.08 | Servizi Guest House | 19 m ² |

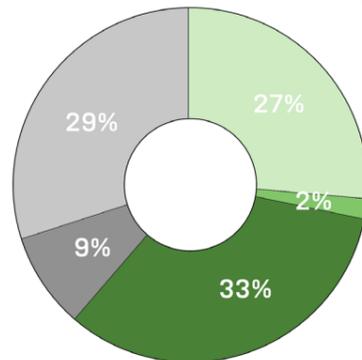
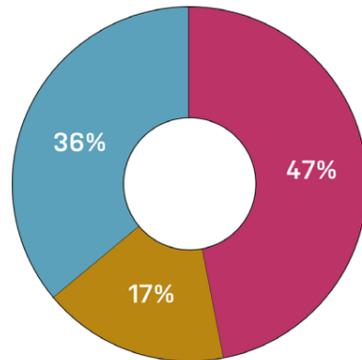
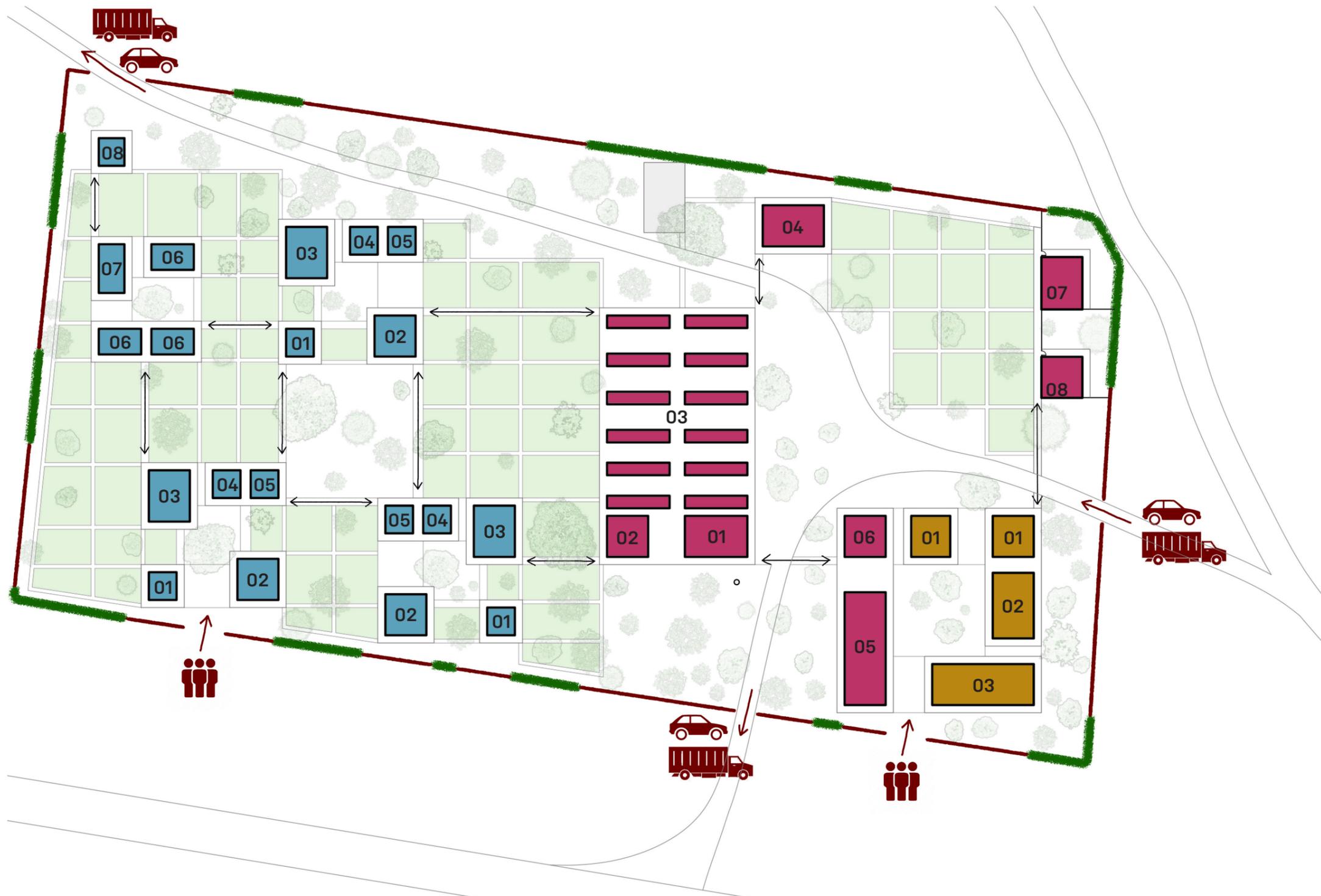
ZONA COLLETTIVA

| | | |
|------|-------------------------|------------------------|
| C.01 | Istruzione e formazione | cad. 50 m ² |
| C.02 | Ristorazione | 86 m ² |
| C.03 | Scambio e mercato | 136 m ² |

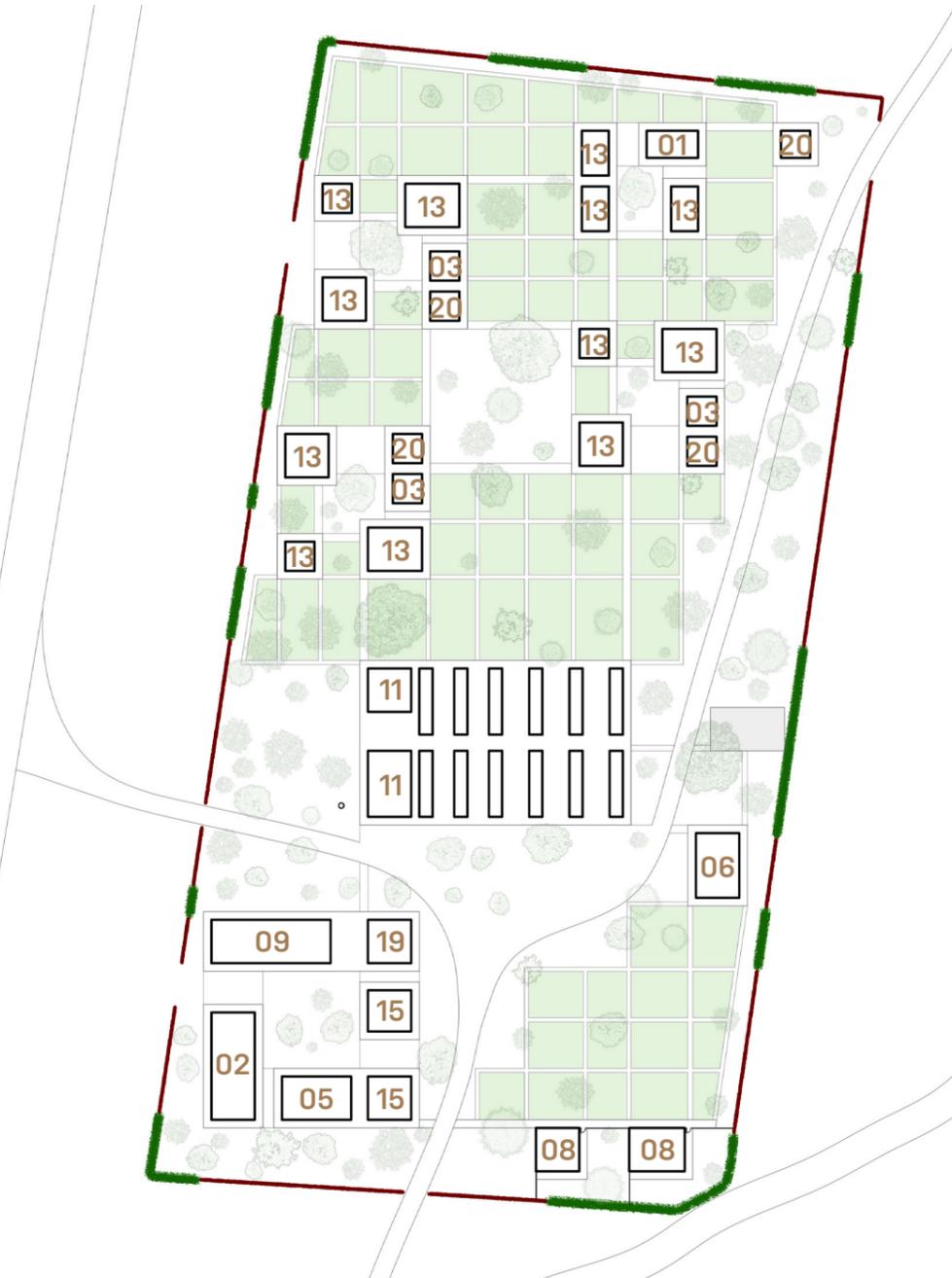
Il villaggio è sostanzialmente suddivisibile in tre porzioni: produttiva, collettiva e residenziale/ricettiva.

In perfetta sintonia con il suo significato metaforico di "cuore dell'iniziativa", la zona produttiva è posizionata nella parte centrale dell'area di progetto; sono poi previsti spazi da coltivare (in verde chiaro), la maggior parte dei quali al servizio proprio della zona produttiva, ma diffusi in tutta l'area. La zona collettiva si trova invece nelle immediate vicinanze dei principali accessi al lotto, saldamente connessa però alla parte più produttiva, mentre alla zona residenziale e ricettiva è stata riservata la porzione Nord dell'area.

Il progetto prevede che la maggior parte dell'area di progetto (che si estende per poco meno di 22.000 m²) sia mantenuta a verde (il 60% circa). Della restante percentuale, un importante 29% sarà adibito a strade, spazi di sosta per i veicoli, percorsi, nonché spazi di incontro e socializzazione tra gli edifici; solo il 9% della superficie del lotto sarà effettivamente occupato da edifici (per un totale di 1.900 m² circa): di questi, quasi il 50% è destinato a funzioni produttive, vero motore e fulcro dell'iniziativa.



- Verde - coltivazione
- Verde - allevamento
- Verde
- Edifici
- Percorsi/zone di sosta
- Zona produttiva
- Zona collettiva
- Zona residenziale/ricettiva

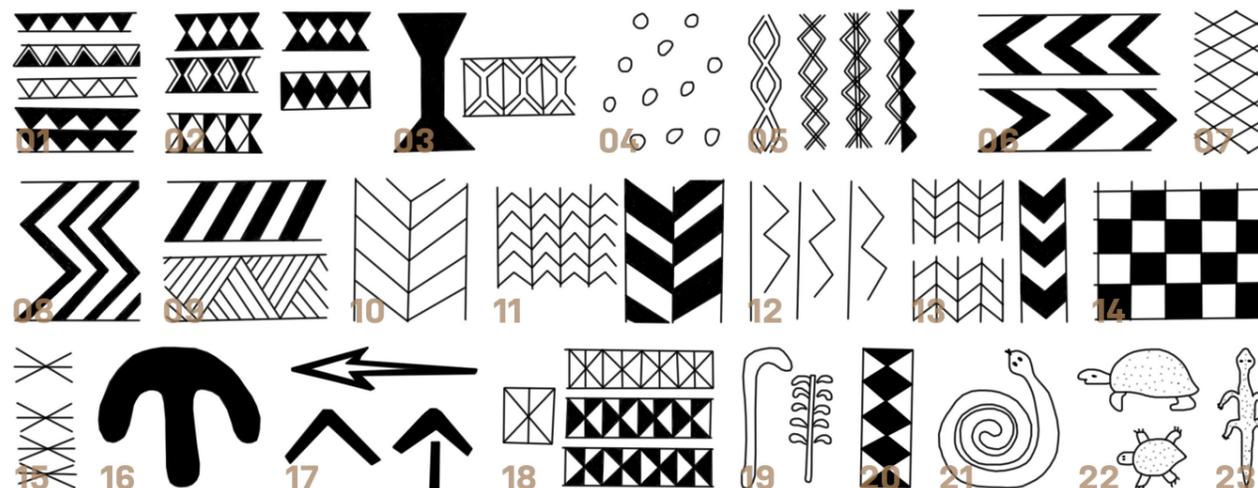


Il progetto combina due delle principali tecniche costruttive attualmente presenti nel territorio: il calcestruzzo e l'acciaio, prodotti industriali simboli dell'architettura moderna, e la terra cruda, prodotto naturale sinonimo di tradizione. Il progetto prevede di combinare queste due tecniche, realizzando strutture a telaio in calcestruzzo con tamponamenti in terra cruda; il tutto è protetto da una copertura metallica leggera sopraelevata a unica falda, che ha la tripla funzione di proteggere gli edifici dalle abbondanti piogge stagionali, schermarli efficacemente da eccessive radiazioni solari, e contribuire al comfort degli ambienti, sfruttando meccanismi di ventilazione naturale.

A questi elementi si aggiungono i container, attrezzatura specifica usata nel settore dei trasporti, che a "fine vita" - con adeguati accorgimenti - può essere convertita da prodotto di scarto a soluzione mobile, componibile, di rapida installazione e a basso costo. In particolare, i dodici container previsti nel *Centre Tournesol* avranno una funzione piuttosto innovativa per la zona, essendo adibiti a container reefer: saranno alimentati da energia prodotta con biomassa (olio vegetale prodotto in loco), al fine di garantire una corretta conservazione di prodotti agricoli quali fagiolini, mango, cipolle, patate e pomodori.

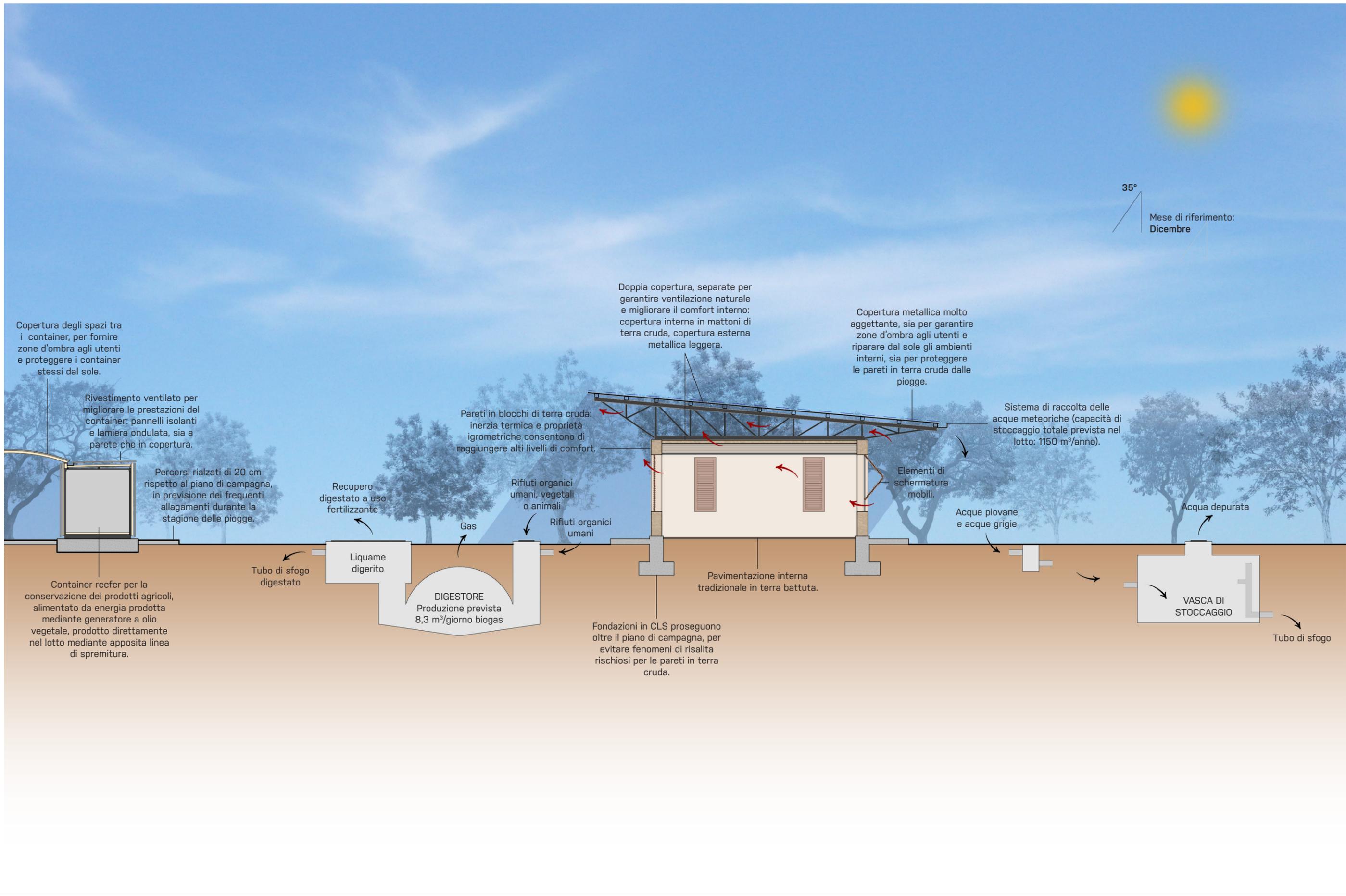
Riprendendo la tradizione kassena, tipica in particolare del villaggio di Tiébélé - mostrato nelle tre immagini sulla sinistra -, le pareti esterne degli edifici saranno decorate con motivi geometrici, resi evidenti non solo dal colore ma anche dal posizionamento sporgente di alcuni dei mattoni di *adobe*: come mostra lo schema accanto, il motivo sarà scelto in base alla funzione prevalente dell'edificio.

Nella cultura kassena, infatti, ogni motivo decorativo ha un significato ben preciso; si possono riconoscere ad esempio figure umane o animali, attrezzi di lavoro, elementi vegetali, strumenti musicali, tutte raffigurazioni ritenute propiziatorie per quanto riguarda ad esempio fortuna degli abitanti, buon raccolto o memorie degli antenati. Le più ricorrenti sono riportate nella figura sottostante, cui corrispondono i codici posizionati nello schema planimetrico.



- 1. Frammento di ciotola rotta
- 2. Tamburo a clessidra
- 3. Pestello
- 4. Macchie di leopardo
- 5. Macramé (utilizzato per riporre le ciotole)
- 6. Zappa
- 7. Rete da pesca
- 8. Zampe di gallina
- 9. Tessuto
- 10. Foglie di neré
- 11. Foglie di miglio
- 12. Ali di falco
- 13. Persone che si tengono per mano
- 14. Amuleto
- 15. Scopa in paglia
- 16. Ombrello/Parasole
- 17. Freccia
- 18. Ali di pipistrello
- 19. Bastone
- 20. Conchiglia
- 21. Serpente
- 22. Tartaruga
- 23. Rettili











Zona ricettiva

Zona residenziale

Zona produttiva

Zona collettiva



01 Locale tecnico 82 m²

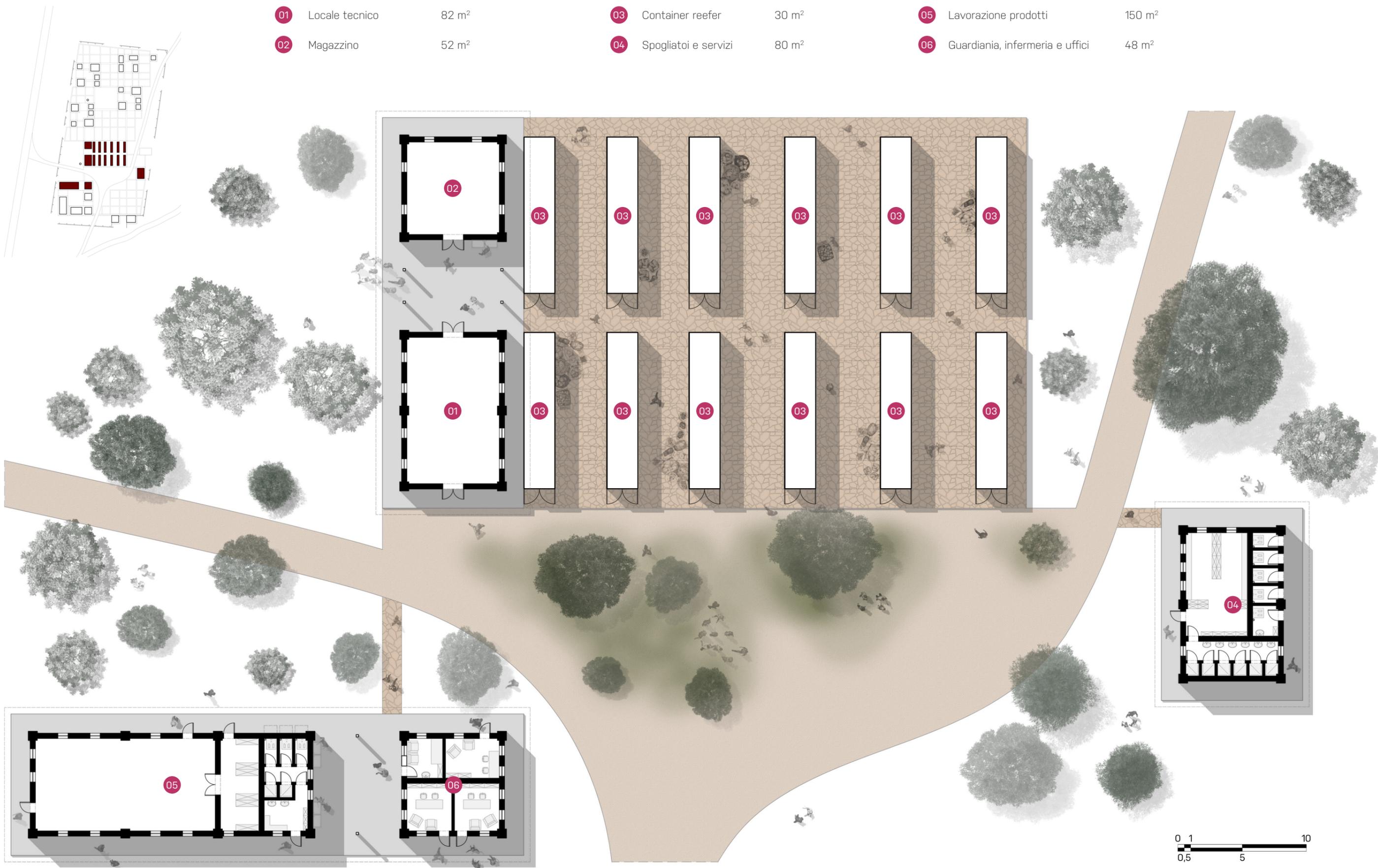
02 Magazzino 52 m²

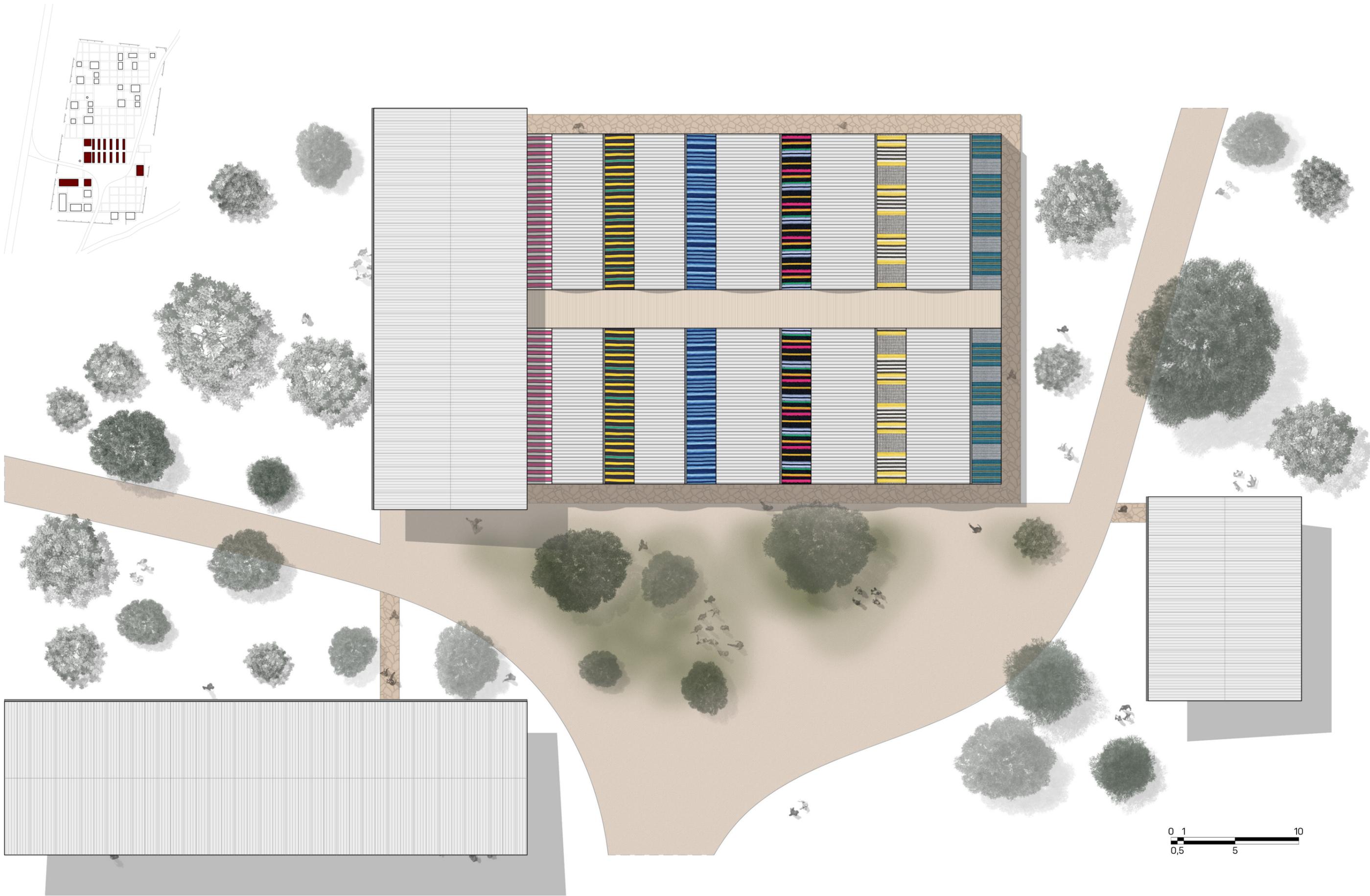
03 Container reefer 30 m²

04 Spogliatoi e servizi 80 m²

05 Lavorazione prodotti 150 m²

06 Guardiana, infermeria e uffici 48 m²



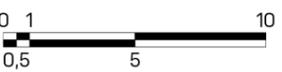


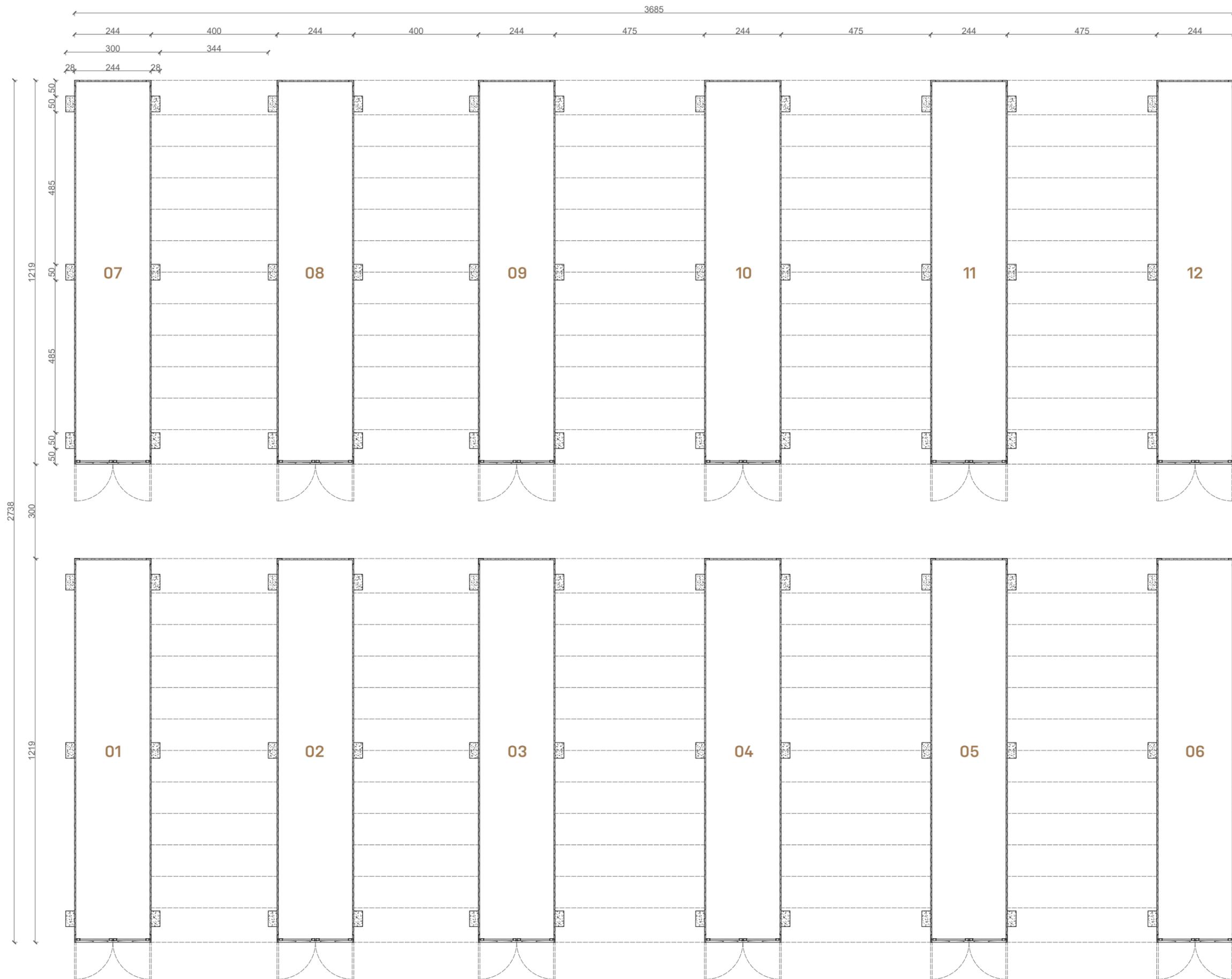


Prospetto Sud



Prospetto Ovest

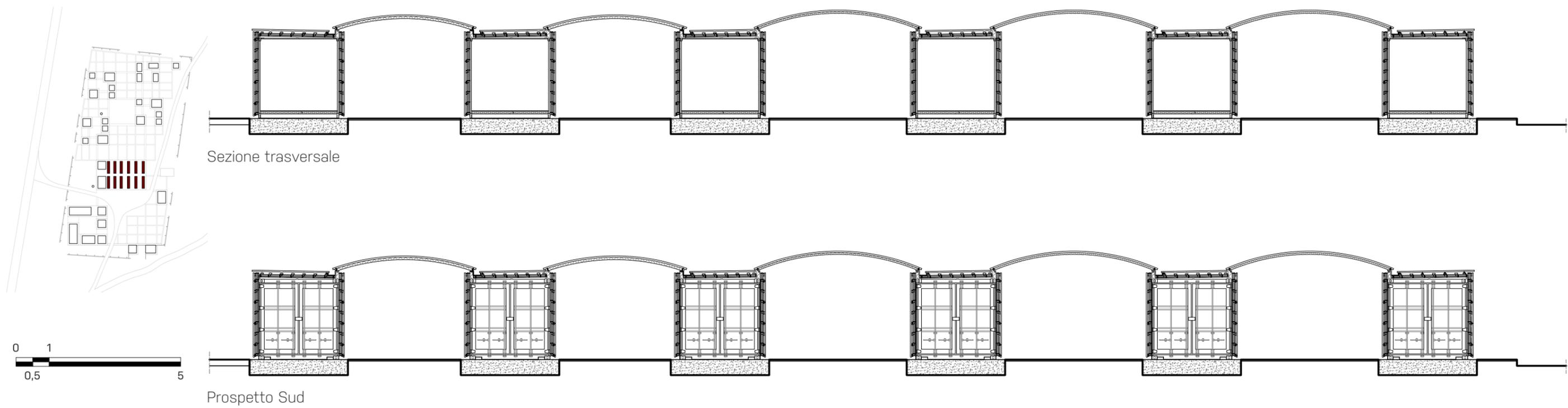




Le misure standard dei container 40 ft in oggetto sono: lunghezza 12,19 m, larghezza 2,44 m e altezza 2,59 m.

Come mostra la pianta accanto, ogni container poggia su tre cordoli di fondazione, di sezione 50x50 cm e lunghezza pari a 300 cm. Il piano di posa dei cordoli e di fondazione si trova a 25 cm di profondità rispetto al piano di campagna.





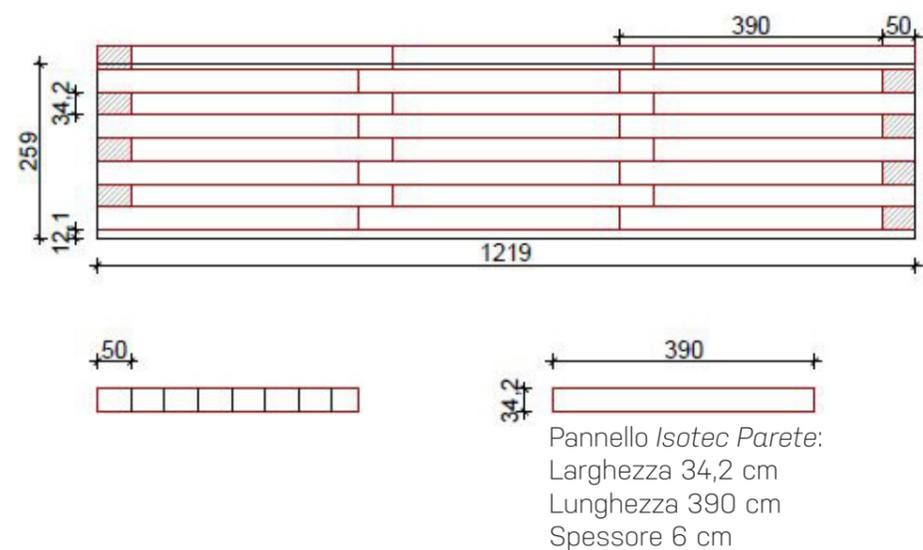
Il progetto prevede inoltre che i container vengano protetti da un sistema di facciata e copertura ventilate, costituito da pannelli isolanti e lamiera ondulata, con intercapedine ventilata di circa 4 cm. I pannelli isolanti possono essere posizionati solamente sui lati lunghi, poiché i lati corti dei container presentano porte di ingresso e motori: in queste porzioni si potrebbe ipotizzare però la posa di uno strato di isolamento interno, nel tentativo di ridurre quanto possibile gli inevitabili ponti termici che si creerebbero.

Al fine di isolare i container reefer, l'azienda *BrianzaPlastica* è disponibile a fornire pannelli *Isotec Parete* (larghezza 34,2 cm, lunghezza 390 cm e

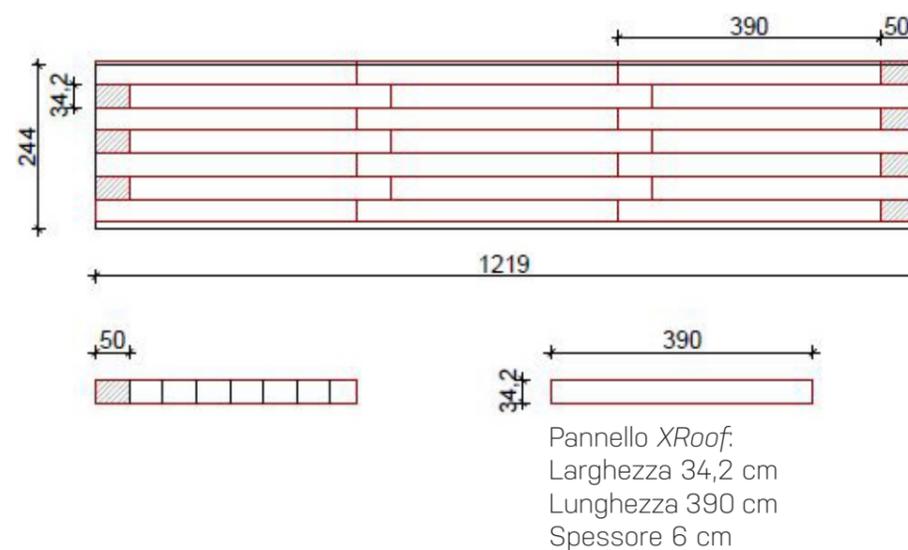
spessore 6 cm) e *XRoof* (larghezza 34,2 o 36 cm, lunghezza 390 cm e spessore 6 cm). In questa ipotesi, i pannelli andranno posizionati come negli schemi sottostanti: ogni parete lunga richiede 25 pannelli, uno dei quali suddiviso, come indicato, in porzioni di lunghezza pari a 50 cm, posati con giunti sfalsati e lasciando alla base del container uno spazio non isolato di circa 12 cm; ogni copertura richiede invece 19 o 22 pannelli, in base alla larghezza di ciascun pannello.

Per garantire adeguate zone d'ombra e ridurre le radiazioni incidenti sui container, anche gli spazi di stoccaggio, nonché di sosta e di passaggio

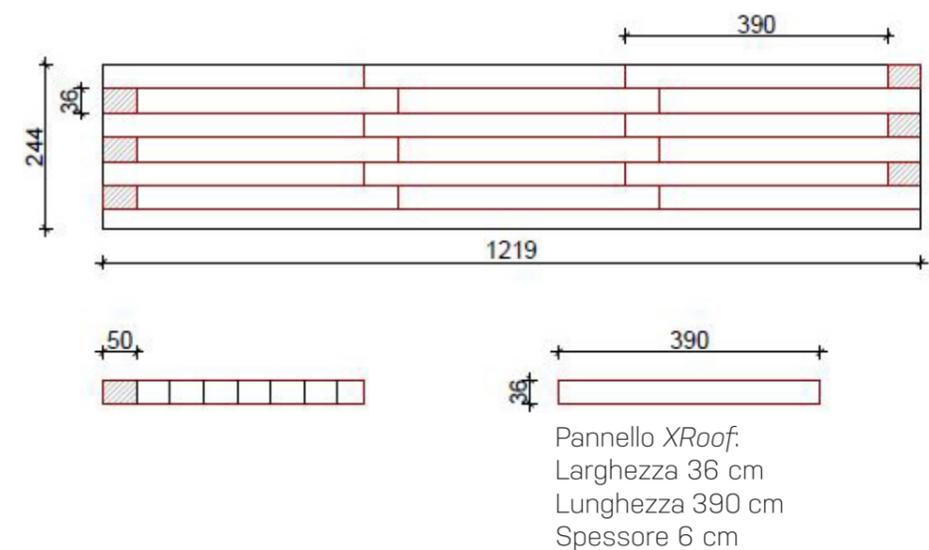
tra gli stessi saranno coperti. Facendo riferimento ancora una volta alla fornitura dell'azienda *BrianzaPlastica*, si ipotizza l'utilizzo di pannelli *Elycop* con sviluppo esterno pari a 4,52 m e 5,25 m (corrispondenti a corde pari, rispettivamente, a 4,16 m e 4,86 m); entrambi i modelli hanno un raggio di 6 m e spessore, rispettivamente di 8 cm e 6 cm. Data la lunghezza dei container, ogni intermezzo richiede l'utilizzo di 12 pannelli sandwich, posati con una sovrapposizione ai container di circa 10 cm per lato.



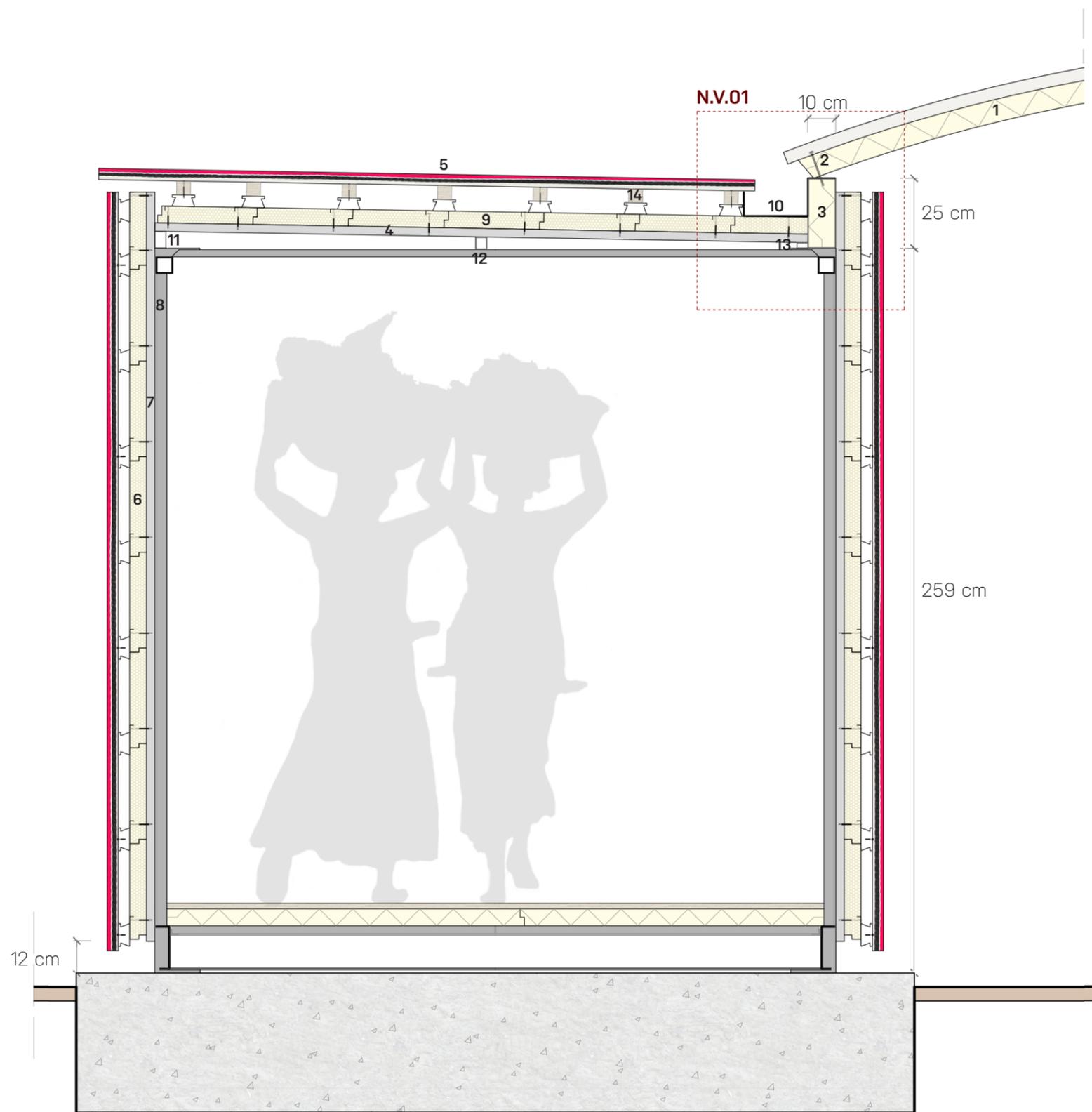
Schema di posa dei pannelli a parete



Schema di posa dei pannelli in copertura

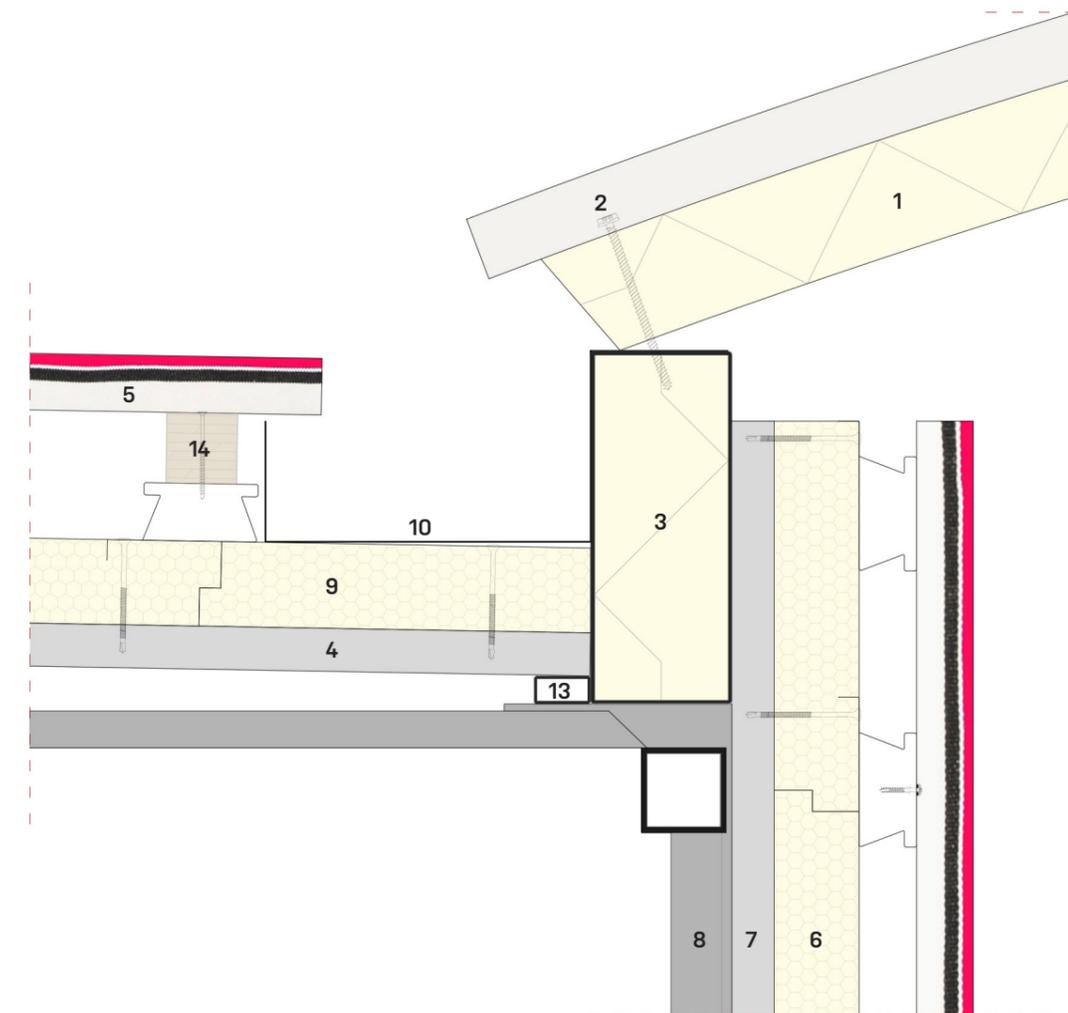


Schema di posa dei pannelli in copertura



Sezione trasversale del container 01, scala 1:20

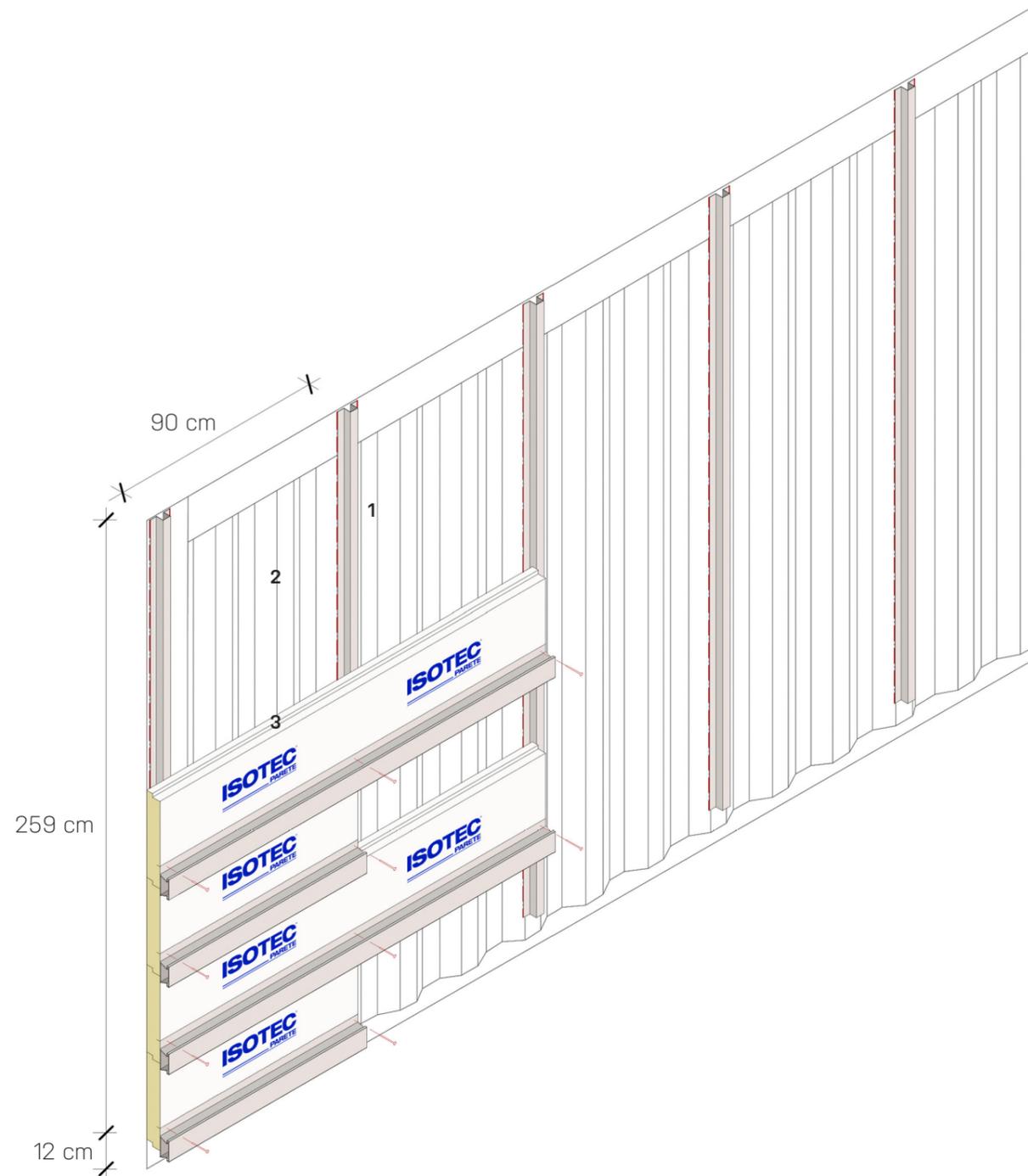
- 1 Pannello sandwich di copertura *Elycop BrianzaPlastica*, appoggiato e fissato ai lati per una lunghezza di circa 10 cm. Spessore 8 cm, corda 416 cm.
- 2 Vite autofilettante con rondella metallica completa di guarnizione in gomma. Lunghezza 10 cm.
- 3 Tubolare rettangolare in sezioni di lunghezza 70 cm, saldati distanziati l'un l'altro di 30 cm. Dimensioni 250x100x3 mm.
- 4 Tubolare quadrato di lunghezza 235 cm. Posizionati a interasse di 50 cm e saldati ortogonalmente ai tre tubolari sottostanti, posti per creare pendenza di displuvio delle acque meteoriche. Dimensioni 40x40x2 mm.
- 5 Lamiera ondulata fissata nelle valli in corrispondenza dei correnti sottostanti con autoforanti in acciaio inossidabile complete di guarnizione in gomma. Lunghezza vite 6 cm.
- 6 Pannello *Isotec BrianzaPlastica* di larghezza 34,2 cm e spessore 6 cm, fissato con viti auto perforanti di lunghezza 8 cm alle sottostanti omega.
- 7 Profili a omega di dimensioni 30x30x30x2 mm e lunghezza 240 mm.
- 8 Parete del container.
- 9 Pannelli sandwich di copertura *XRoof BrianzaPlastica* di larghezza 34,2 cm o 36 cm e spessore 6 cm, fissati con viti auto perforanti ai tubolari sottostanti.
- 10 Canale di gronda.
- 11 Tubolare di dimensioni 40x60x2 mm, saldato alla copertura del container.
- 12 Tubolare di dimensioni 40x45x2 mm, saldato alla copertura del container.
- 13 Tubolare di dimensioni 40x20x2 mm, saldato alla copertura del container.
- 14 Listelli in legno per il corretto posizionamento della lamiera ondulata rispetto al canale di gronda. Sezione 5x5 cm.



Dettaglio N.V.01, scala 1:5

- 1 Parete del container.
- 2 Profili a omega di dimensioni 30x30x30x2 mm e lunghezza 240 cm, saldati in opera con interasse di 90 cm sulla cresta della parete del container.
- 3 Pannello *Isotec Parete BrianzaPlastica* di larghezza 34,2 cm e spessore 6 cm, fissato con viti auto perforanti di lunghezza 8 cm alle omega sottostanti.

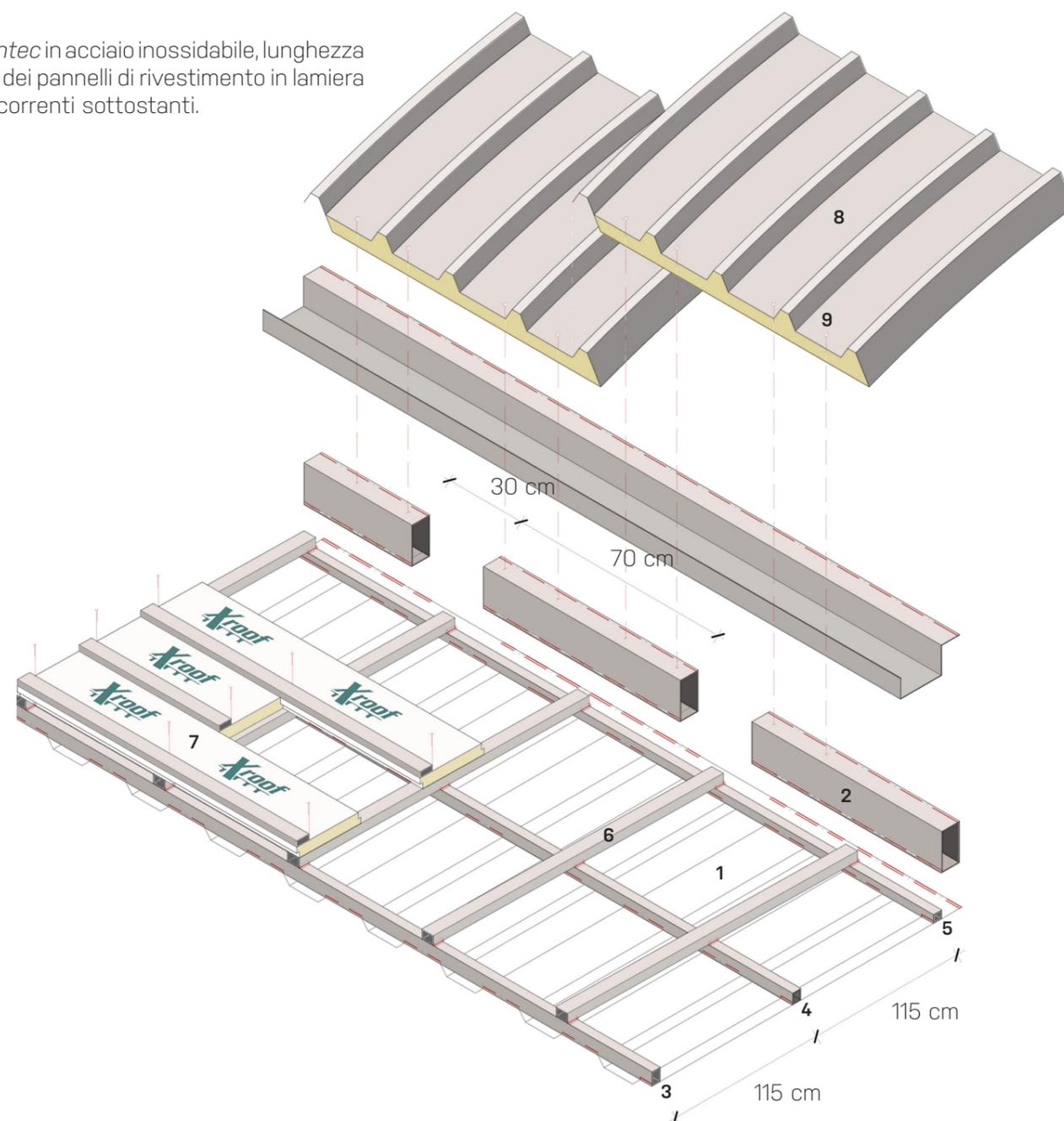
- ↑ Viti autoforanti *SFS intec* in acciaio inossidabile, lunghezza 3 cm, per il fissaggio dei pannelli di rivestimento in lamiera ondulata.
- Cordoni di saldatura.



Schema di assemblaggio, parete

- 1 Copertura del container.
- 2 Tubolare rettangolare in sezioni saldate distanziate l'un l'altra di 30 cm. Dimensioni 250x100x3 mm.
- 3 Tubolare di dimensioni 40x60x2 mm, saldato sulla copertura del container.
- 4 Tubolare di dimensioni 40x45x2 mm, saldato sulla copertura del container.
- 5 Tubolare di dimensioni 40x20x2 mm, saldato sulla copertura del container.
- 6 Tubolare quadrato di lunghezza 235 cm. Posizionati a interasse di 50 cm e saldati ortogonalmente ai tre tubolari sottostanti, posti per creare pendenza di displuvio delle acque meteoriche. Dimensioni 40x40x2 mm.
- 7 Pannelli sandwich di copertura *XRoof BrianzaPlastica* di larghezza 34,2 cm o 36 cm e spessore 6 cm, fissati con viti auto perforanti ai tubolari sottostanti.
- 8 Pannello sandwich curvo di copertura *Elycop BrianzaPlastica*, appoggiato e fissato ai lati per una lunghezza di 10 cm. Spessore 6 cm, corda 416 cm.
- 9 Vite autoforante con rondella metallica completa di guarnizione in gomma. Due viti per ogni sezione di tubolare sottostante, per un totale di quattro per lato. Lunghezza vite 10 cm.

- ↑ Viti autoforanti *SFS intec* in acciaio inossidabile, lunghezza 6 cm, per il fissaggio dei pannelli di rivestimento in lamiera ondulata ai listelli e correnti sottostanti.



Schema di assemblaggio, copertura



01 Istruzione e formazione 50 m²

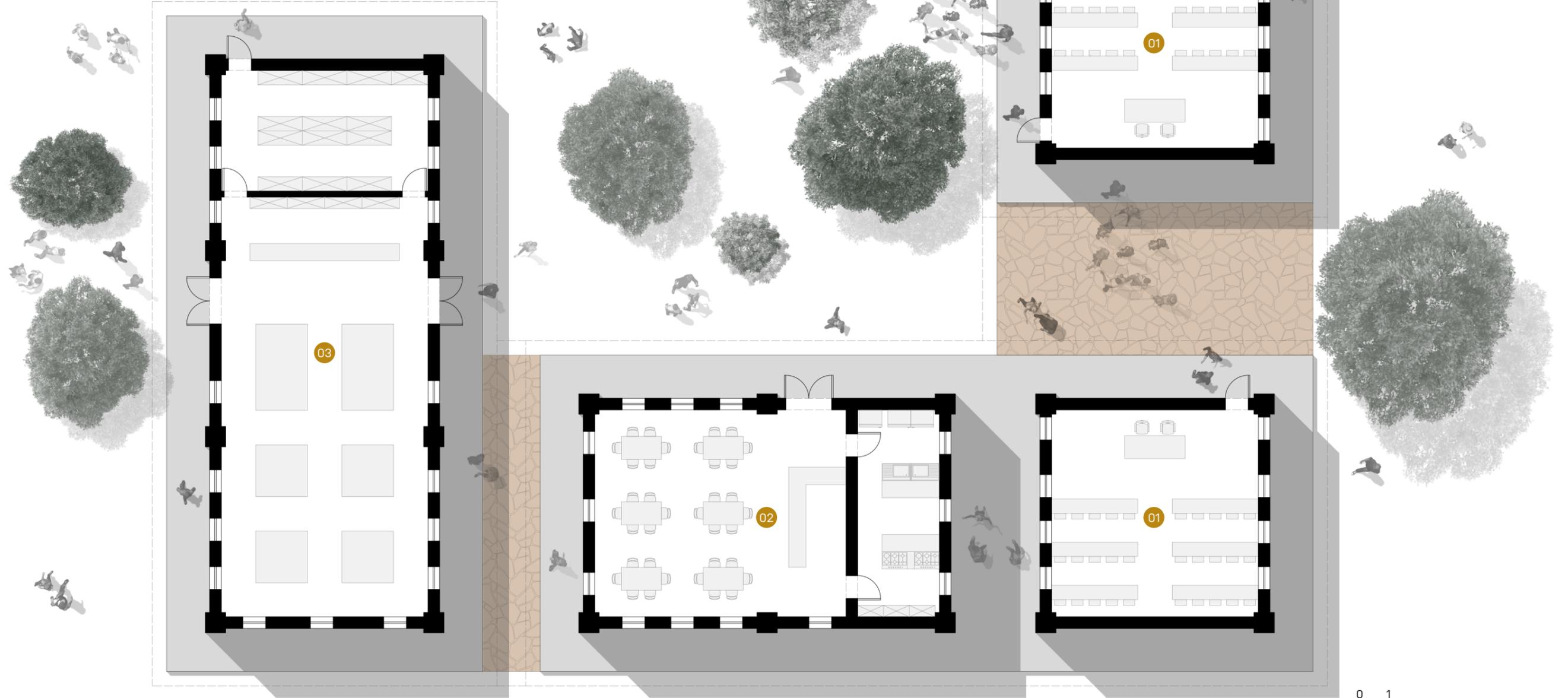
50 m²

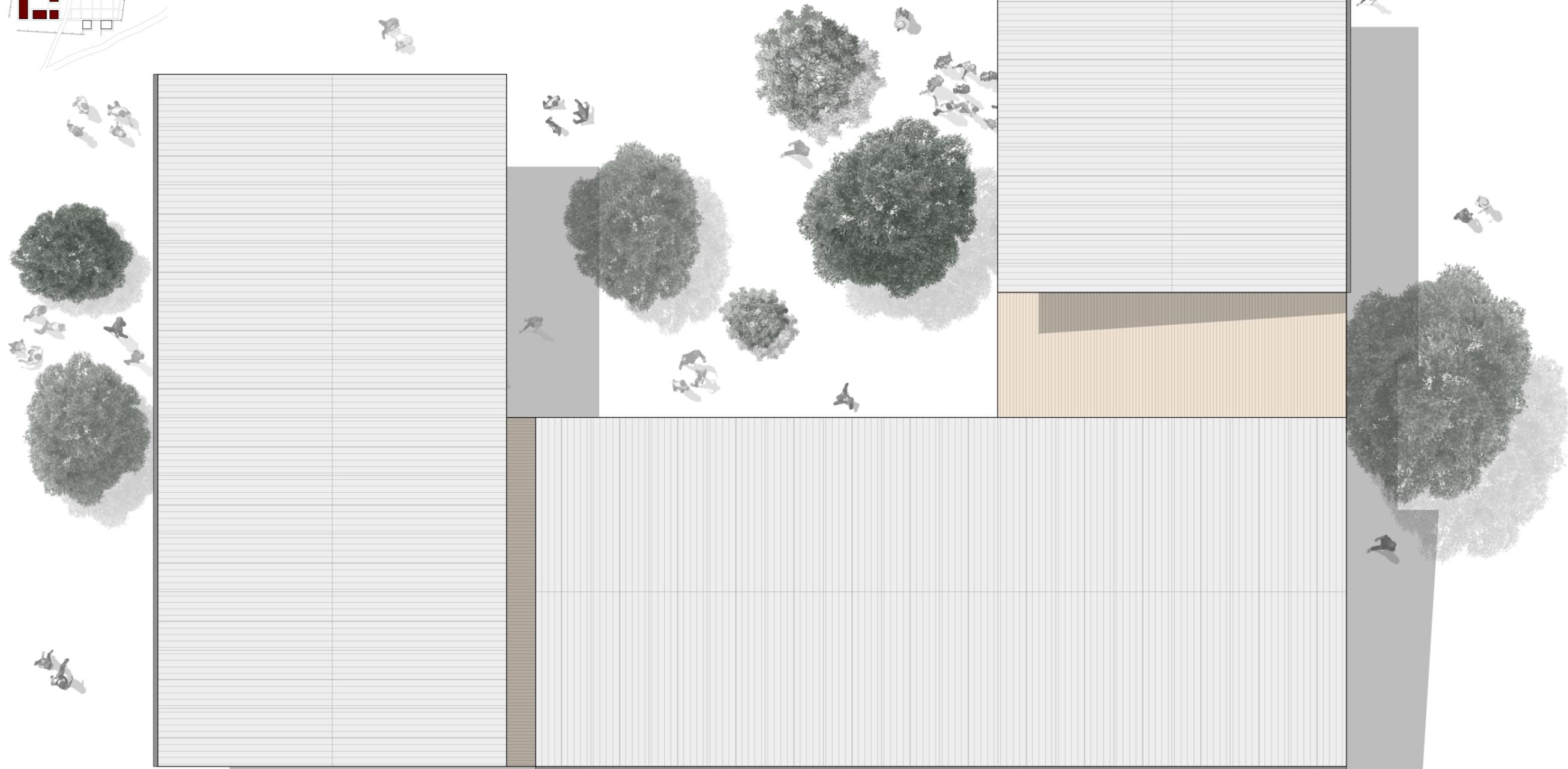
02 Ristorazione 86 m²

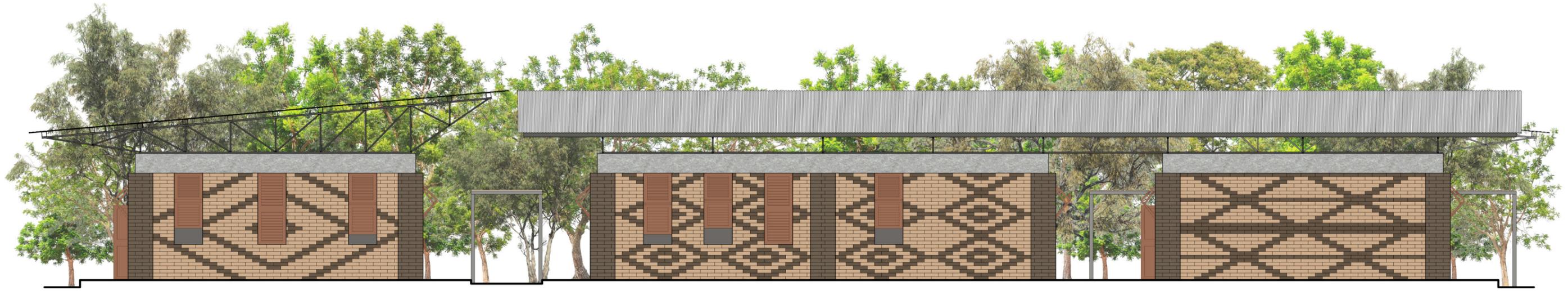
86 m²

03 Scambio e mercato 136 m²

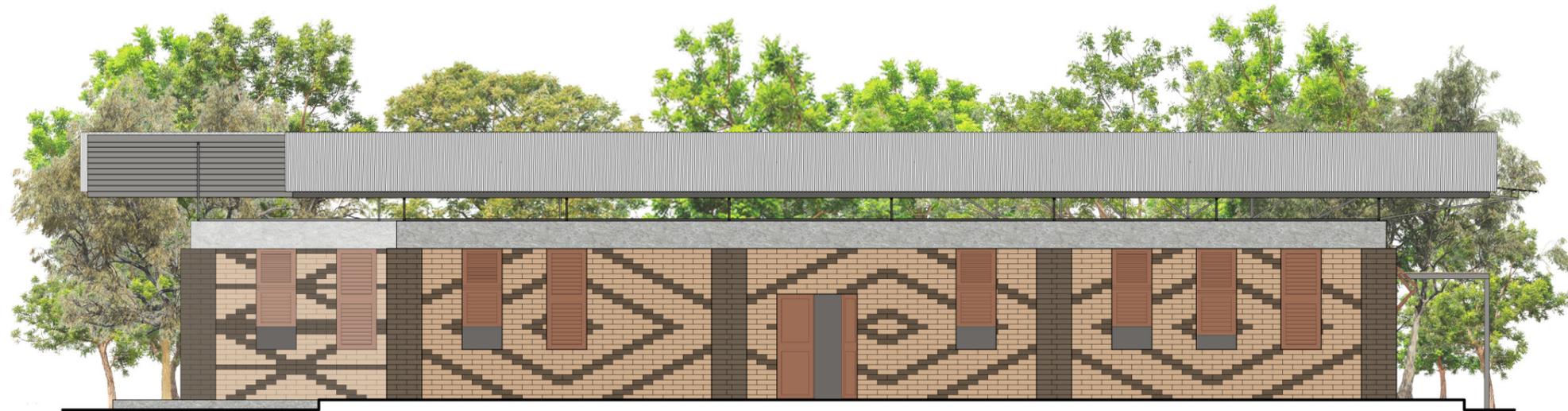
136 m²







Prospetto Sud



Prospetto Ovest



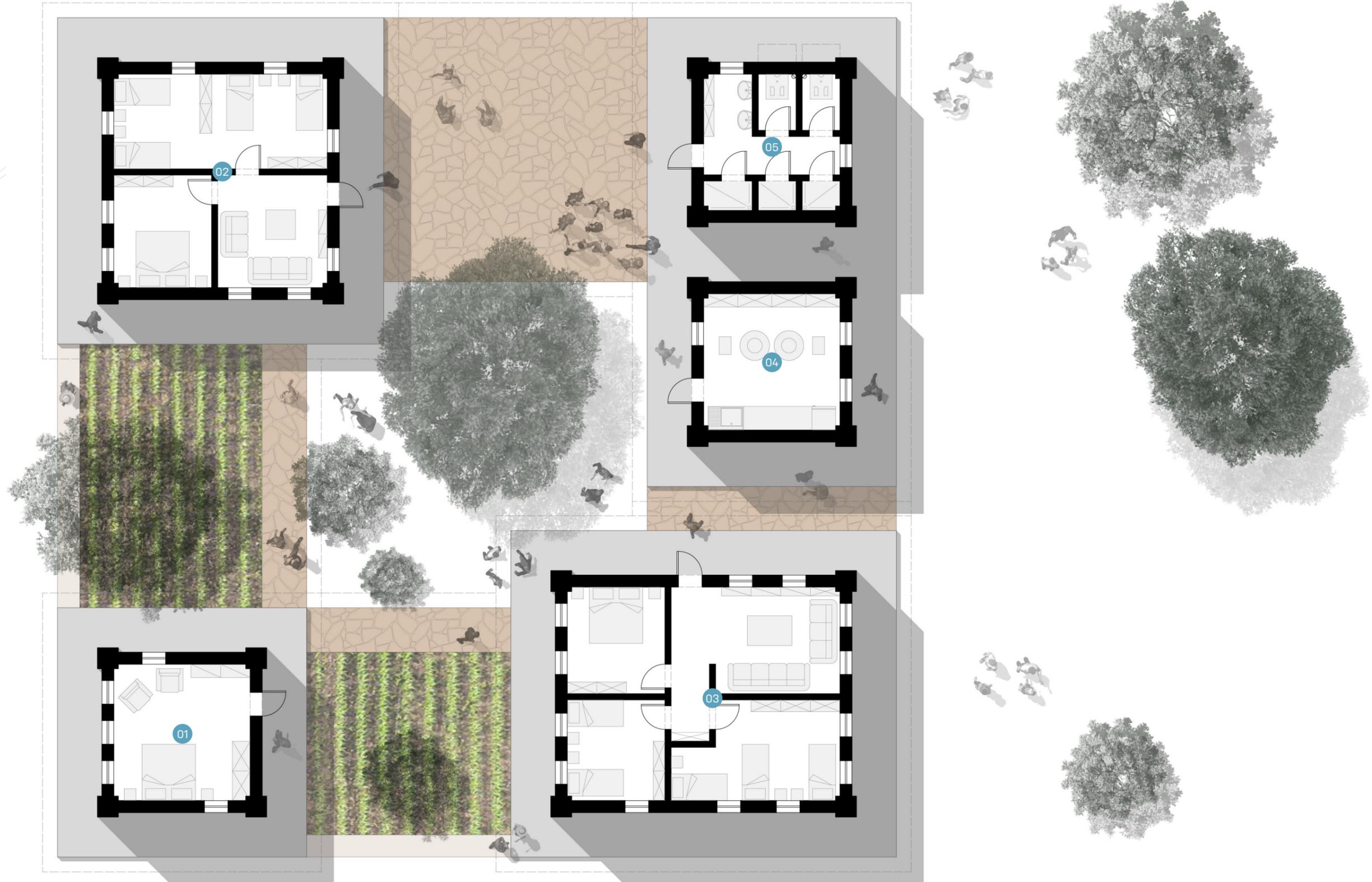


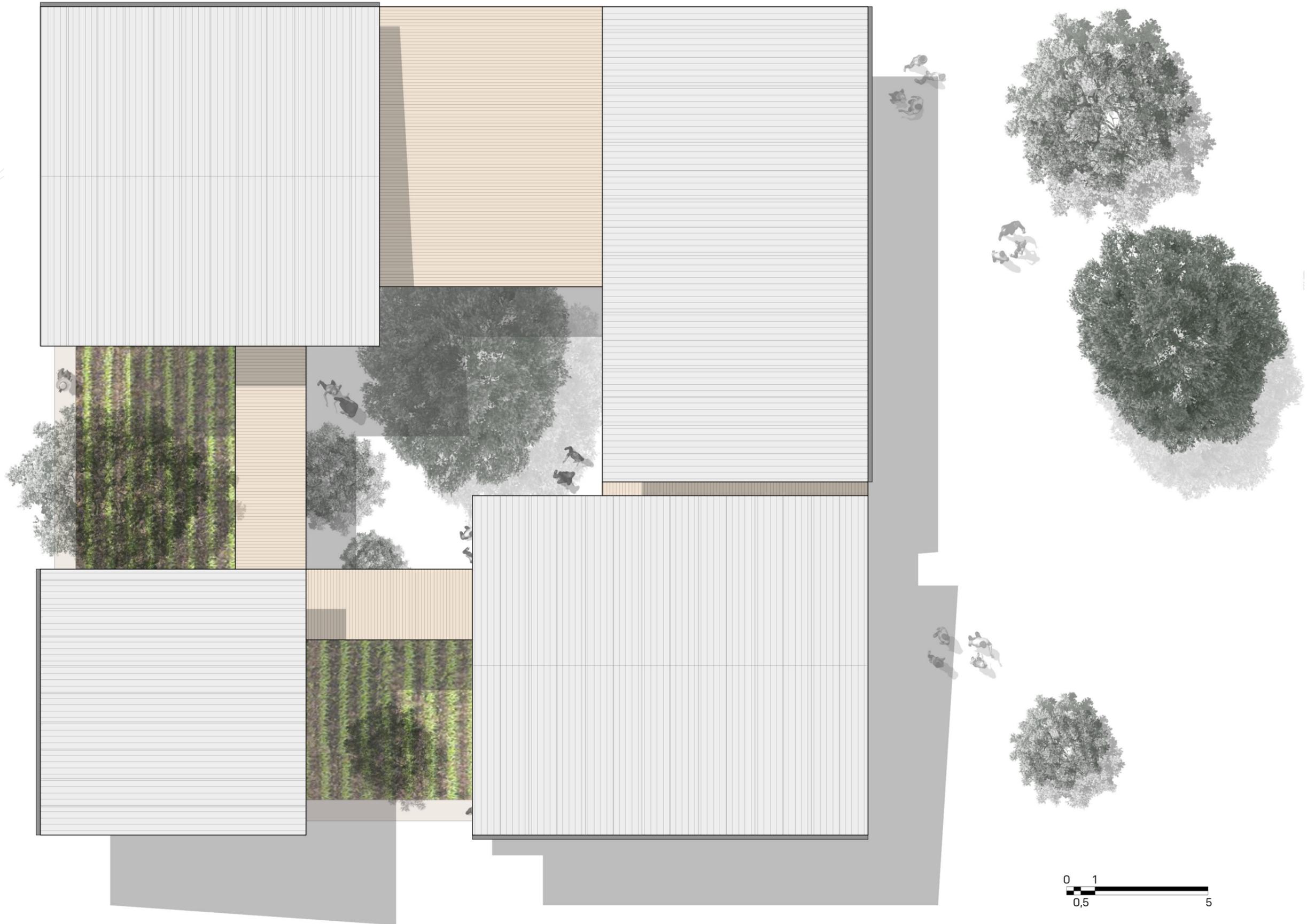


01 Appartamento 01 21 m²
02 Appartamento 02 50 m²

03 Appartamento 03 66 m²
04 Cucina 21 m²

05 Servizi 21 m²







Prospetto Sud



Prospetto Ovest





06 Camera Guest House 15 m²

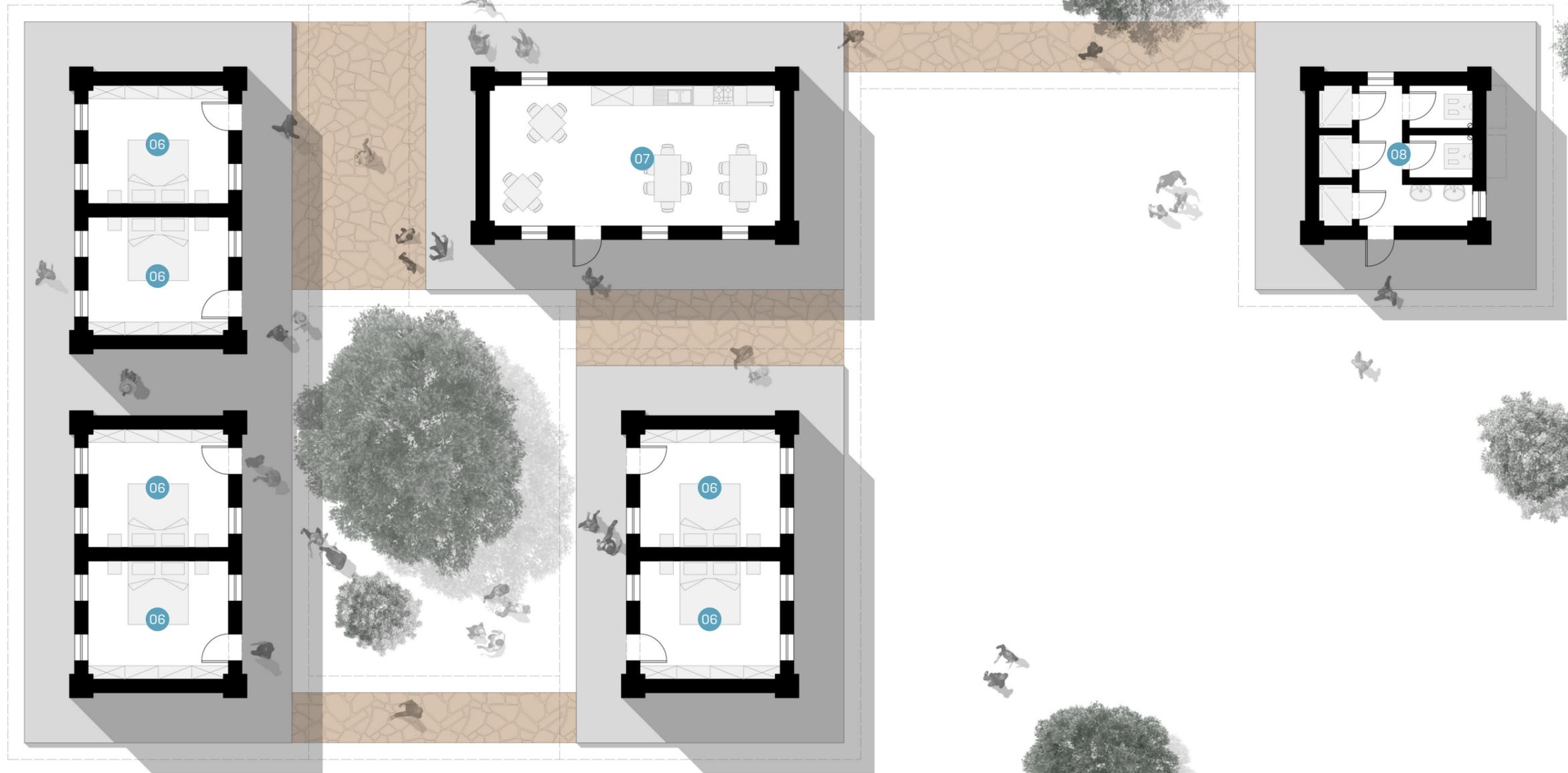
15 m²

07 Zona comune Guest House 36 m²

36 m²

08 Servizi Guest House 19 m²

19 m²





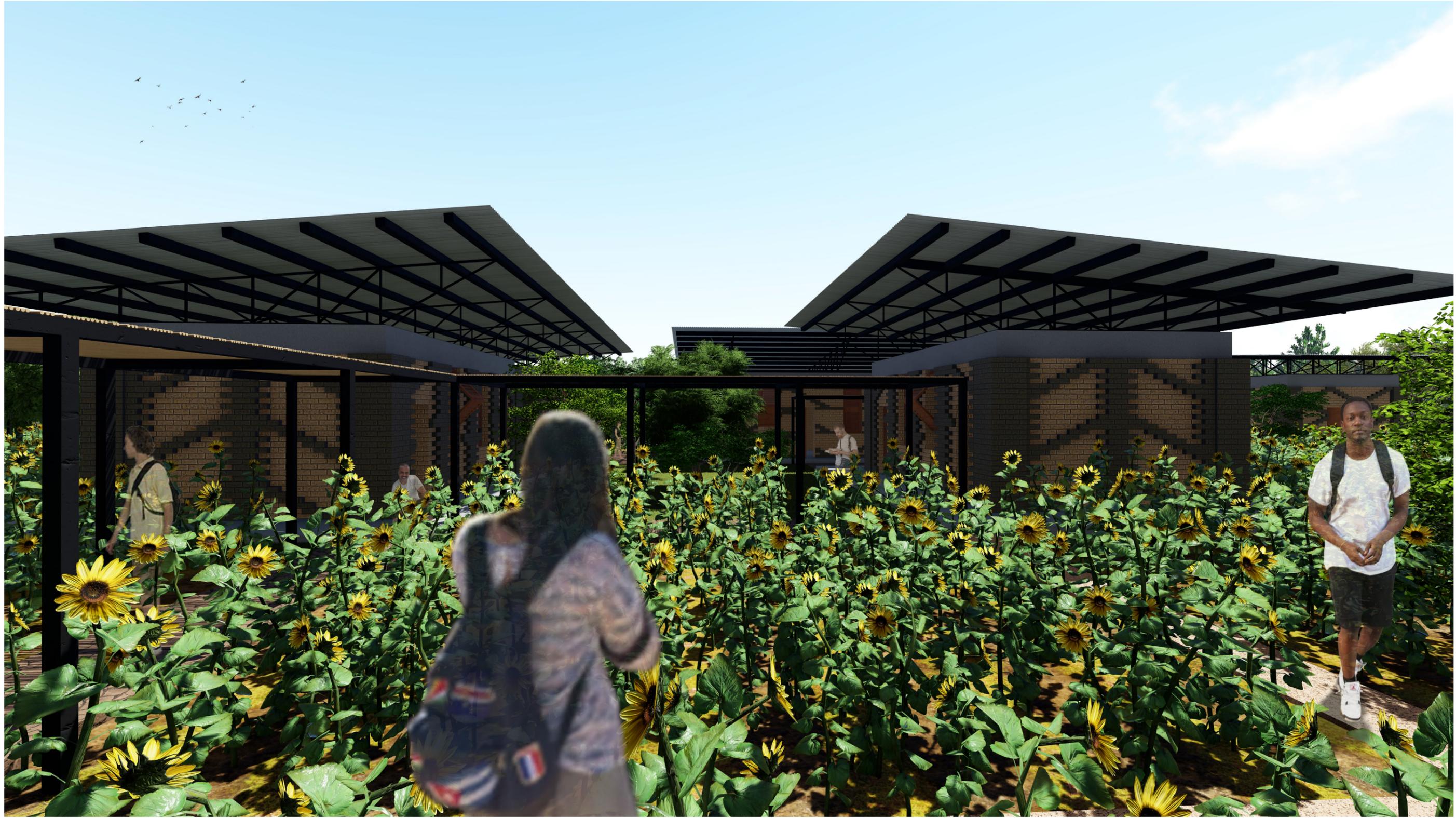


Prospetto Sud



Prospetto Ovest







Fase 1



Fase 2



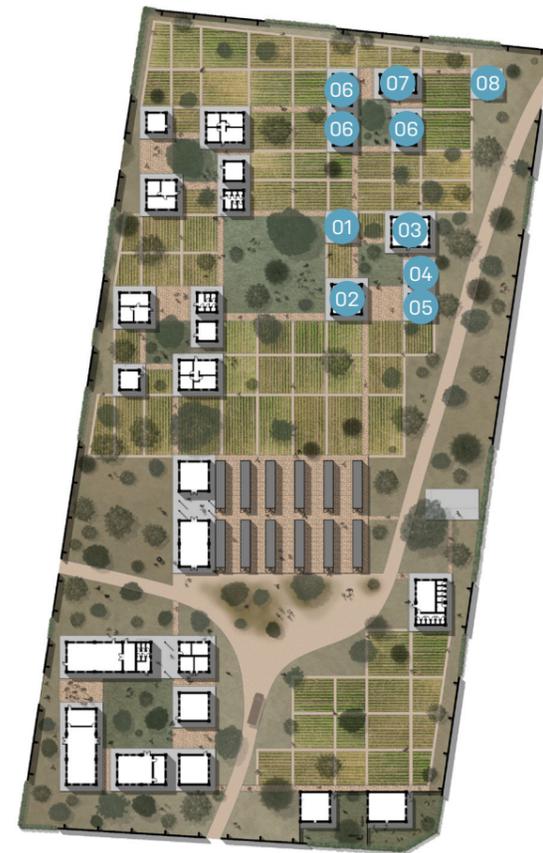
Fase 3



Fase 4



Fase 5



Fase 6

La configurazione a corti distinte garantisce grande flessibilità in fase di realizzazione, nonché adattabilità rispetto a possibili sviluppi ulteriori del *Centre Tournesol*.

In quest'ottica, considerando anche l'investimento richiesto da parte dell'associazione *POKO Energy Seeds* per la completa realizzazione del centro, sono state previste sei grandi fasi realizzative.

FASE 1

01 + 02 + 03 + 04 + Pozzo trivellato + Digestore + Vasca 1

FASE 2

05 + 06 + 07 + 08 + Recinzione + Vasca 5 + Vasca 2

FASE 3

01 + 02 + 03 + Vasca 3

FASE 4

01 + 01 + 02 + 03 + 04 + 05 + Vasca 4

FASE 5

01 + 02 + 03 + 04 + 05

FASE 6

01 + 02 + 03 + 04 + 05 + 06 + 07 + 08



CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

Voltine in terra cruda: $G_2 = 1,5 \text{ kN/m}^2$

CARICHI VARIABILI

Prevedendo coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione:
 $q_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$

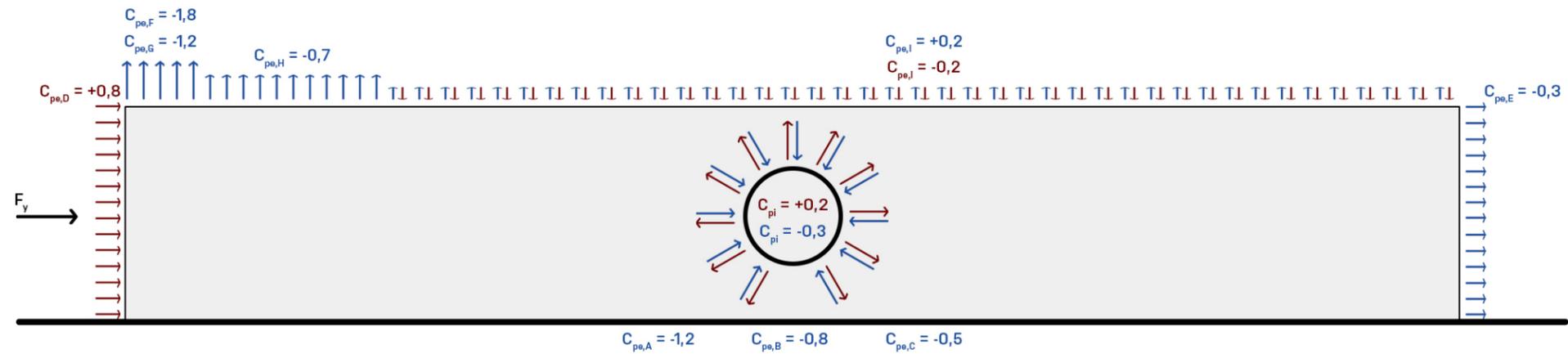
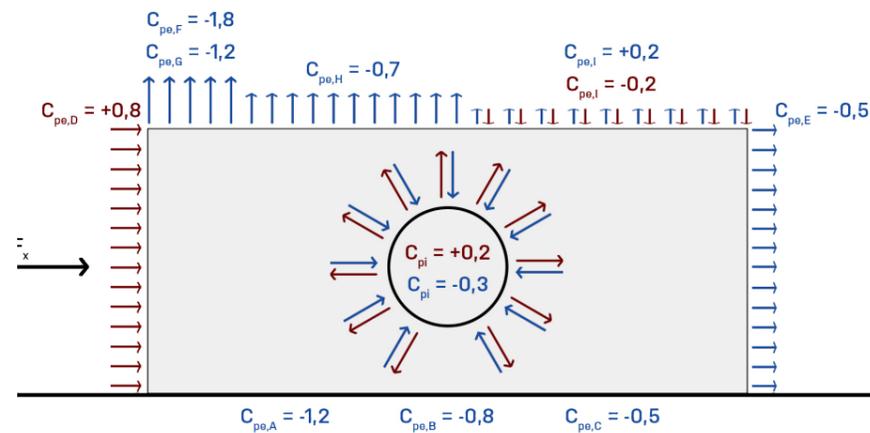
AZIONE DEL VENTO

Pressioni risultanti sulle zone a uguale pressione:

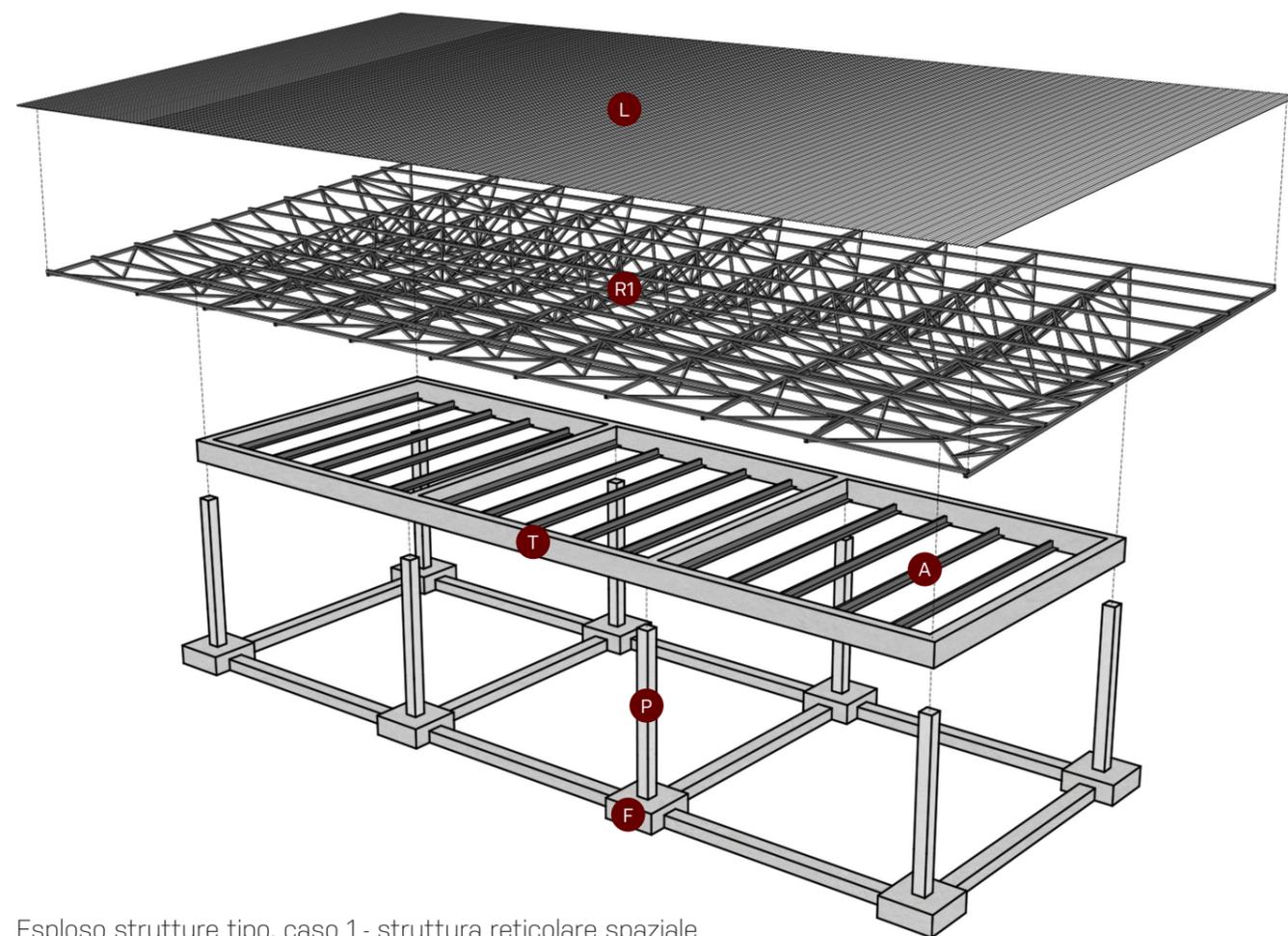
$p_{A,x} = -875,74 \text{ N/m}^2$ $p_{A,y} = -875,74 \text{ N/m}^2$
 $p_{B,x} = -642,21 \text{ N/m}^2$ $p_{B,y} = -642,21 \text{ N/m}^2$
 $p_{C,x} = -467,06 \text{ N/m}^2$ $p_{C,y} = -467,06 \text{ N/m}^2$
 $p_{D,x} = 583,83 \text{ N/m}^2$ $p_{D,y} = 583,83 \text{ N/m}^2$

$p_{E,x} = -467,06 \text{ N/m}^2$
 $p_{F,x} = -1.226,03 \text{ N/m}^2$
 $p_{G,x} = -875,74 \text{ N/m}^2$
 $p_{H,x} = -583,83 \text{ N/m}^2$
 $p_{I,x} = -291,91 \text{ N/m}^2$

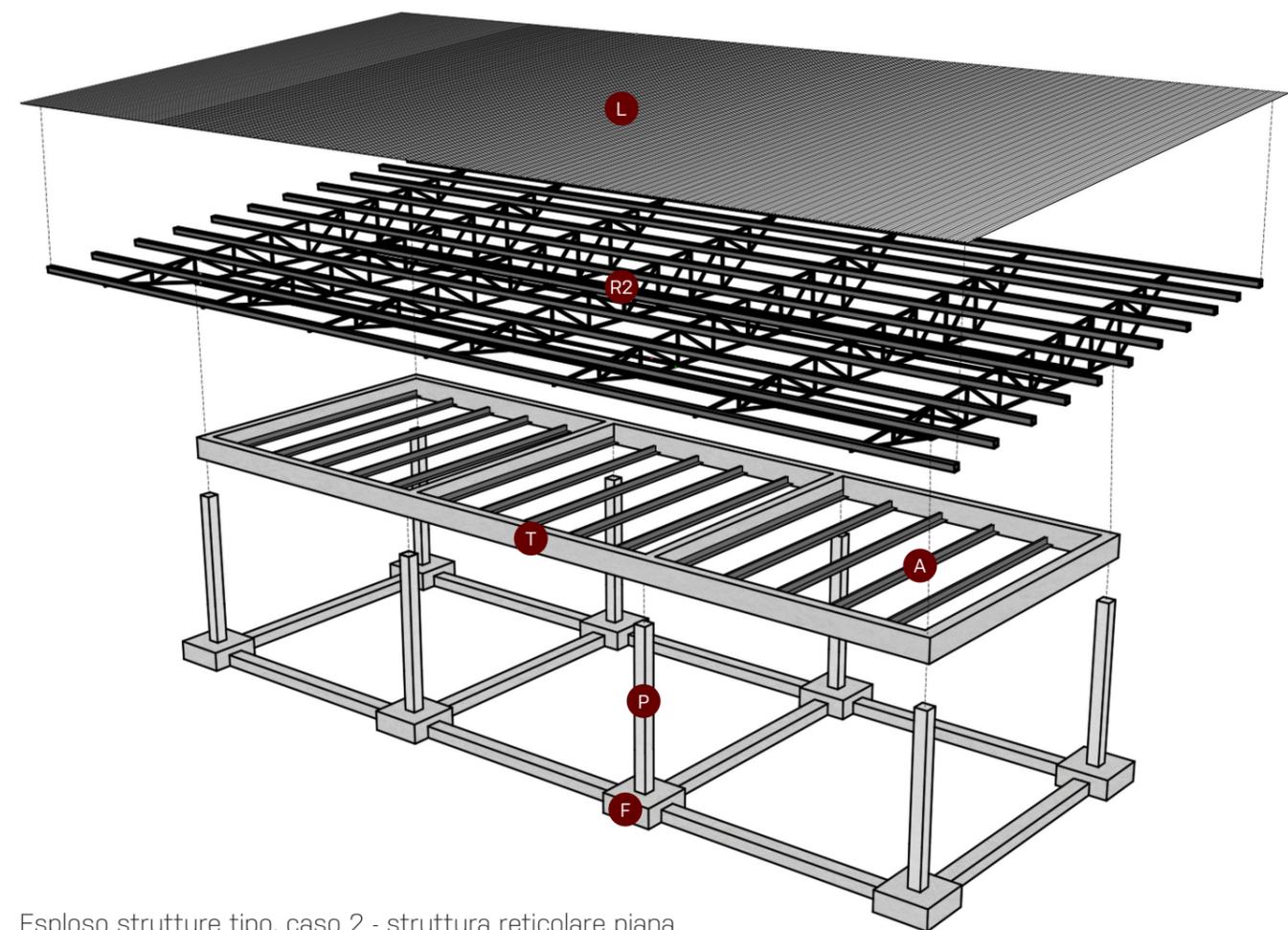
$p_{E,y} = -350,30 \text{ N/m}^2$
 $p_{F,y} = -1.226,03 \text{ N/m}^2$
 $p_{G,y} = -875,74 \text{ N/m}^2$
 $p_{H,y} = -583,83 \text{ N/m}^2$
 $p_{I,y} = -291,91 \text{ N/m}^2$



Distribuzione coefficienti di pressione, nel caso di azione agente, rispettivamente, lungo x e lungo y



Esplso strutture tipo, caso 1 - struttura reticolare spaziale



Esplso strutture tipo, caso 2 - struttura reticolare piana

L LAMIERA ONDULATA



$q_{SLE} = 0,50 \text{ kN/m}^2$

$q_{SLU} = 0,75 \text{ kN/m}^2$

$i = 1,27 \text{ m}$

$i_{max} = 1,36 \text{ m}$

Si ipotizza l'utilizzo di lamiera ondulata del tipo "Marcegaglia EOB 18.76", di cui si riporta un estratto della scheda tecnica.

| EOB 18.76 | | | | | | | |
|--|--------------------|------|------|------|------|------|------|
| Caratteristiche del profilo Section properties | | | | | | | |
| Spessore Thickness | mm | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,60 | 0,80 | 1,00 |
| Peso Weight | kg/m ² | 3,73 | 4,19 | 4,66 | 5,59 | 7,46 | 9,33 |
| J | cm ⁴ /m | - | - | 1,70 | 2,04 | 2,72 | 3,41 |
| W | cm ³ /m | - | - | 1,94 | 2,32 | 3,08 | 3,79 |

Verrà utilizzata lamiera ondulata con spessore 0,5 mm; il peso della lamiera sarà applicato come carico linearmente distribuito sui supporti sottostanti, procedendo con il dimensionamento della struttura reticolare.

Spessore: 0,50 mm
 Peso: 4,66 kg/m²
 Carico massimo: 0,65 kN/m²

| EOB 18.76 | | | | | |
|--------------------|---|------|------|------|------|
| 3 campate 3 spans | | | | | |
| Spessore Thickness | Distanza fra gli appoggi in m - Supports spacing (m) | | | | |
| | 1,00 | 1,25 | 1,50 | 1,75 | 2,00 |
| mm | Carico massimo uniformemente distribuito in kN/m ² | | | | |
| | Max load capacity kN/m ² | | | | |
| 0,5 | 2,25 | 1,10 | 0,65 | - | - |
| 0,6 | 2,65 | 1,35 | 0,75 | - | - |
| 0,8 | 3,50 | 1,80 | 1,00 | 0,55 | - |
| 1,0 | 4,45 | 2,25 | 1,25 | 0,70 | 0,50 |
| Freccia mm | 5 | 6,3 | 7,5 | 8,8 | 10 |

Il carico permanente non strutturale G_2 distribuito linearmente sui montanti superiori della struttura reticolare, dovuto al peso proprio della lamiera, sarà quindi:

$G_2 = 0,06 \text{ kN/m}$

R1 STRUTTURA RETICOLARE SPAZIALE

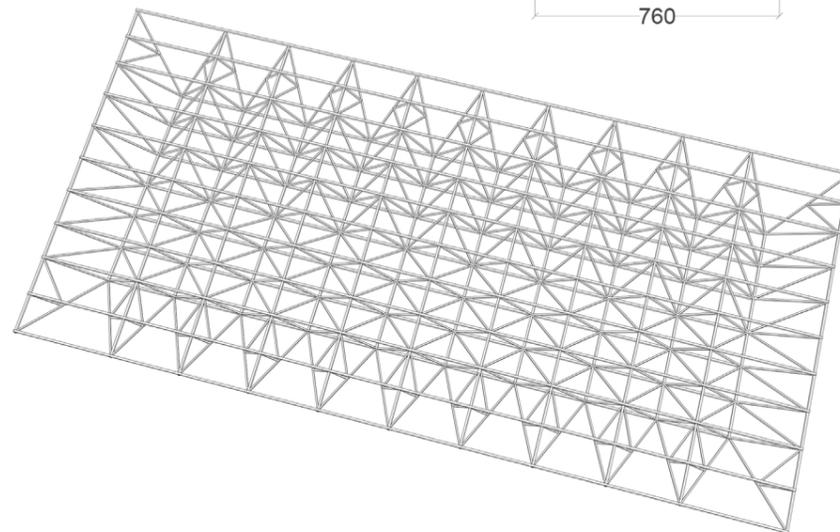
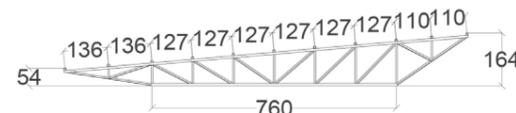
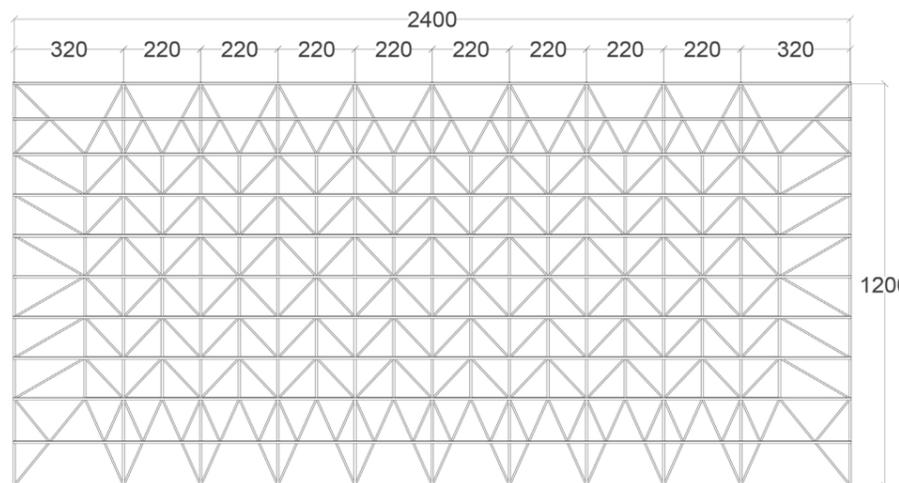
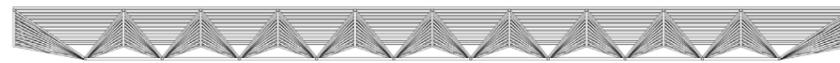
$q_{SLE} = 0,74 \text{ kN/m}$

$q_{SLU} = 1,11 \text{ kN/m}$

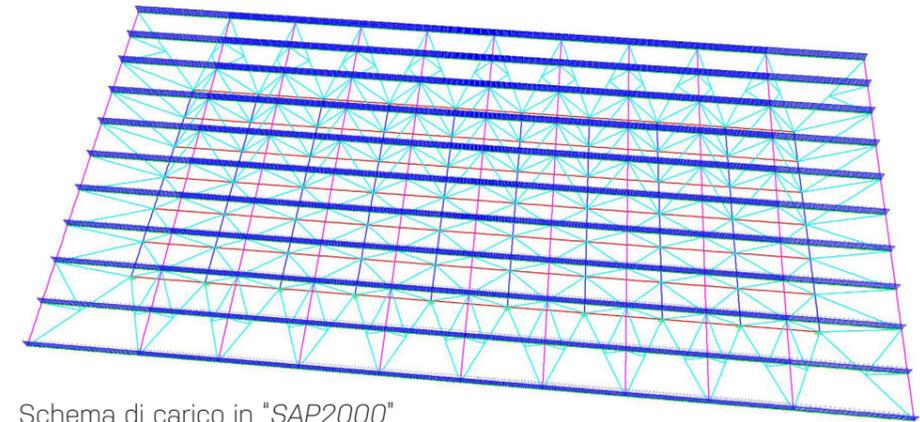
Azione del vento: $F = 121,42 \text{ kN}$

L'azione del vento agisce in direzione tale da sollevare la tettoia, a una distanza dall'estremità della tettoia pari a 1/4 della larghezza della stessa, ripartita sugli 11 nodi in cui è suddiviso il corrispondente montante superiore. In questo modo si ottiene:

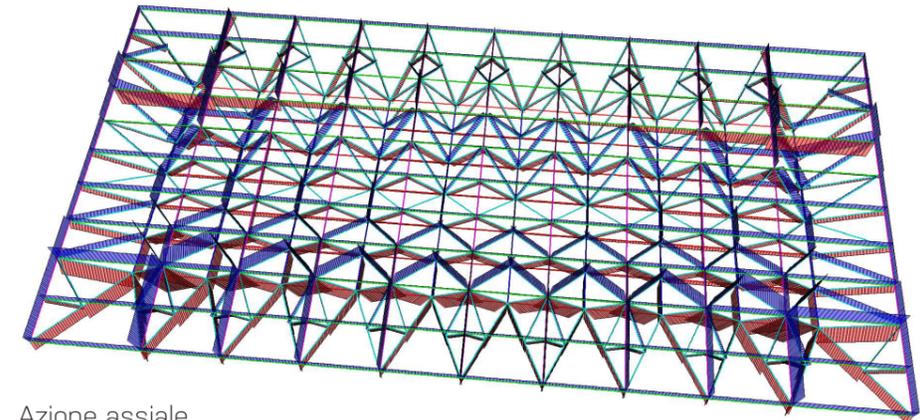
$F_i = 11,04 \text{ kN}$



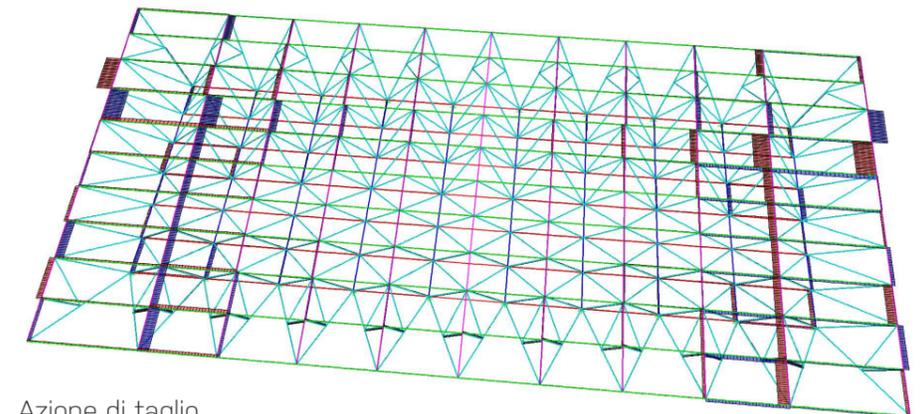
Reticolare R1 - struttura reticolare spaziale



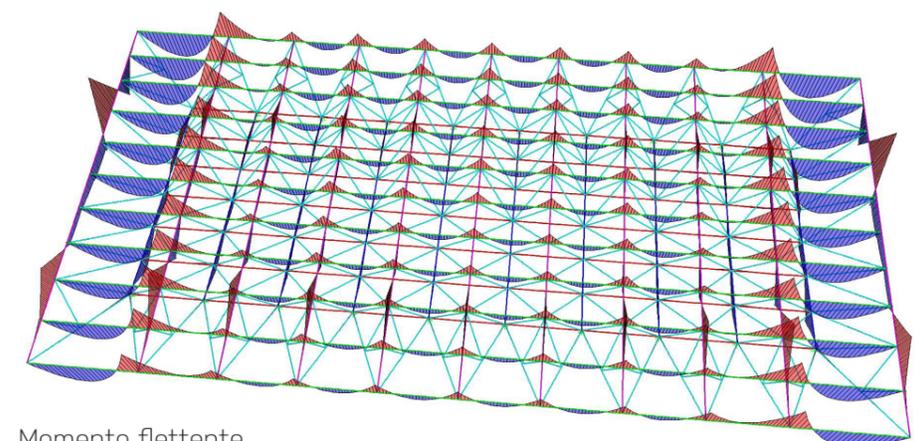
Schema di carico in "SAP2000"



Azione assiale

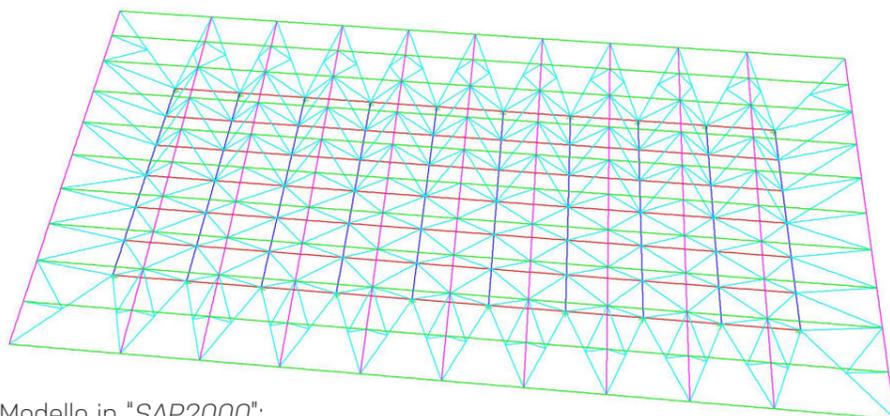


Azione di taglio



Momento flettente

R1



Modello in "SAP2000":

Rosa = correnti superiori; Verde = montanti superiori; Blu = correnti inferiori; Rosso = montanti inferiori; Azzurro = aste.

I valori massimi delle azioni assiali per ciascun elemento sono:

| Elemento | N_{max} (kN) | | V_{max} (kN) | | M_{max} (kNm) | |
|--------------------|----------------|-------|----------------|------|-----------------|------|
| Corrente superiore | 17,8 | -14,6 | 0,4 | -0,4 | 0,9 | -1,8 |
| Montante superiore | 11,9 | -13,8 | 0,1 | -0,1 | 1,2 | -1,2 |
| Corrente inferiore | 10,7 | -13,0 | 0,1 | -0,1 | 0,6 | -0,4 |
| Montante inferiore | 5,9 | -5,1 | 0,1 | -0,1 | 0,1 | -0,1 |
| Asta | 13,8 | -24,7 | 0,1 | -0,1 | ----- | -0,1 |

Il dimensionamento della sezione minima di ciascun elemento viene calcolato a partire dalle sollecitazioni massime di trazione e compressione cui è sottoposto, scegliendo di volta in volta - a favore di sicurezza - la verifica più gravosa. Si ottiene quindi:

Correnti - 30x30x2 mm
 Montanti - 60x60x3 mm
 Aste - 50x50x3 mm

Per quanto riguarda le reazioni vincolari ai nodi di appoggio (convenzione: x positive verso Ovest, y verso Sud e z verso l'alto; nodi numerati da Sud a Nord, a partire dal lato Ovest):

| Nodo | x | y | z | Nodo | x | y | z |
|------|------|------|-----|------|-------|------|------|
| 1 | 12,9 | -3,9 | 5,6 | 11 | -16,0 | -0,5 | 22,6 |
| 2 | 7,4 | 0,3 | 6,9 | 12 | -7,6 | 0,1 | 16,8 |
| 3 | 7,2 | -0,8 | 6,8 | 13 | -5,7 | -4,1 | 15,1 |
| 4 | 7,9 | 0,1 | 6,7 | 14 | -6,9 | -1,3 | 15,6 |
| 5 | 7,9 | -0,1 | 6,2 | 15 | -7,1 | -0,5 | 15,7 |
| 6 | 7,9 | 0,1 | 6,2 | 16 | -7,1 | 0,5 | 15,7 |
| 7 | 7,9 | -0,1 | 6,7 | 17 | -6,9 | 1,3 | 15,6 |
| 8 | 7,2 | 0,8 | 6,8 | 18 | -5,7 | 4,1 | 15,1 |
| 9 | 7,4 | -0,3 | 6,9 | 19 | -7,6 | -0,1 | 16,8 |
| 10 | 12,9 | 3,9 | 5,6 | 20 | -16,0 | 0,5 | 22,6 |

R2

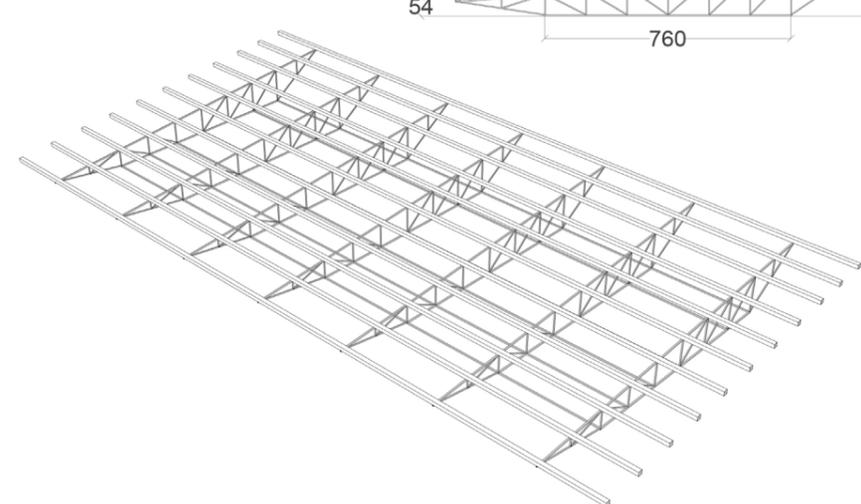
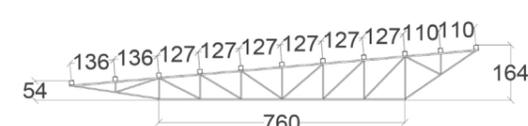
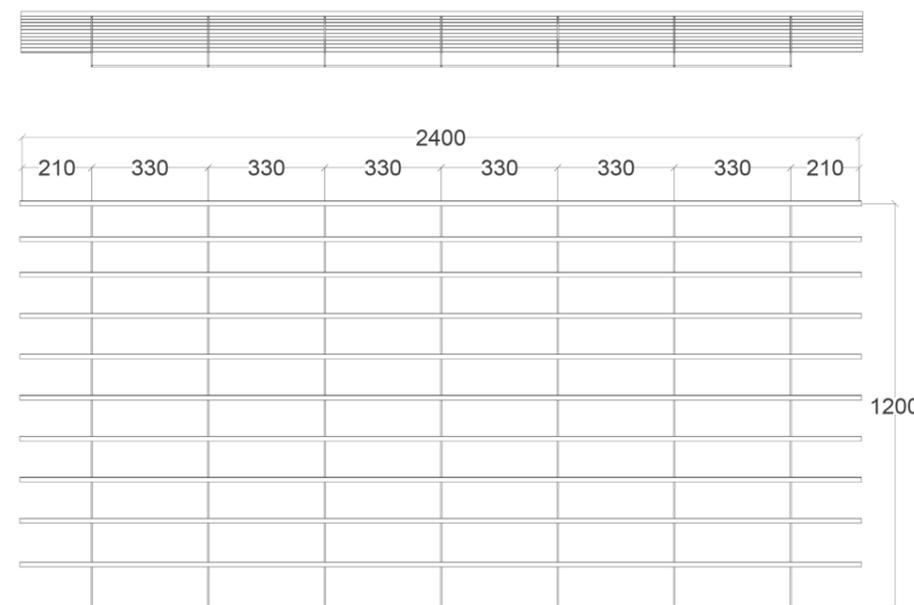
STRUTTURA RETICOLARE PIANA

$q_{SLE} = 0,74 \text{ kN/m}$ $q_{SLU} = 1,11 \text{ kN/m}$

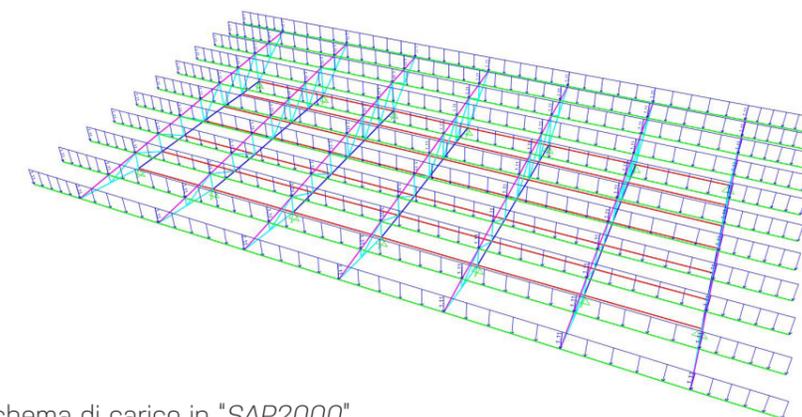
Azione del vento: $F = 121,42 \text{ kN}$

L'azione del vento agisce in direzione tale da sollevare la tettoia, a una distanza dall'estremità della tettoia pari a 1/4 della larghezza della stessa, ripartita sui 9 nodi in cui è suddiviso il corrispondente montante superiore. In questo modo si ottiene:

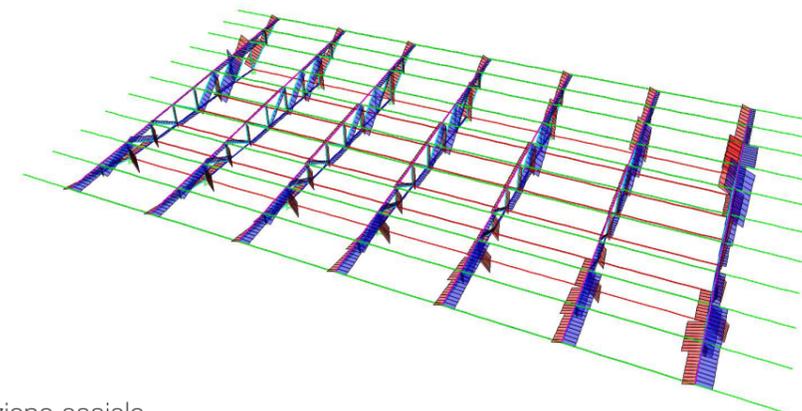
$F_i = 13,49 \text{ kN}$



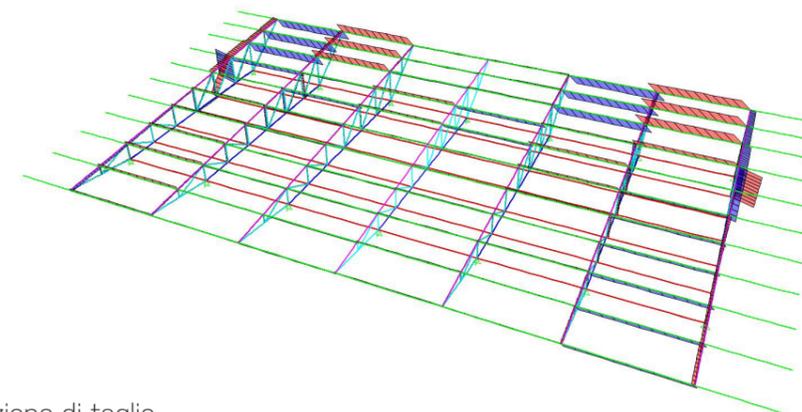
Reticolare R2 - struttura reticolare piana



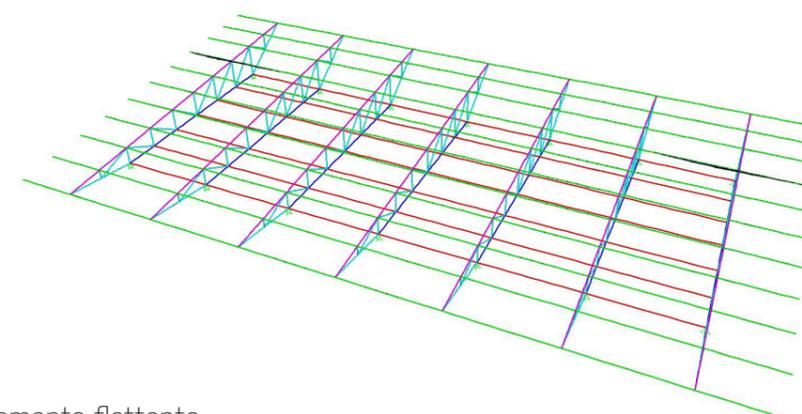
Schema di carico in "SAP2000"



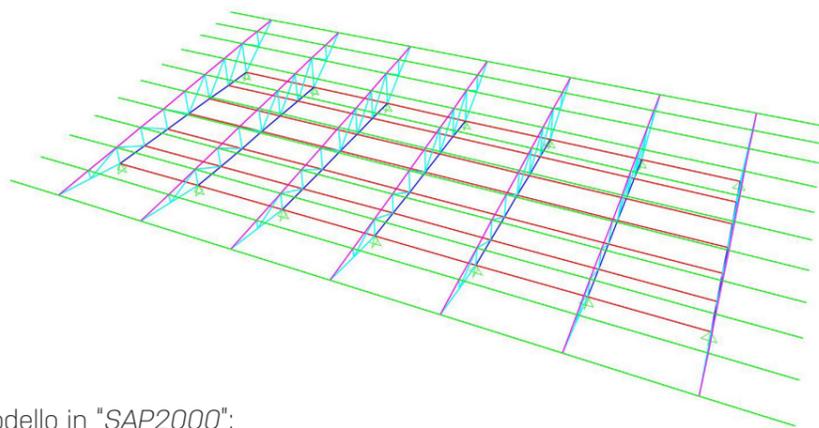
Azione assiale



Azione di taglio



Momento flettente



Modello in "SAP2000":

Rosa = correnti superiori; Verde = montanti superiori; Blu = correnti inferiori; Rosso = montanti inferiori; Azzurro = aste.

I valori massimi delle azioni assiali per ciascun elemento sono:

| Elemento | N _{max} (kN) | | V _{max} (kN) | | M _{max} (kNm) | |
|--------------------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|------------------------|-------|
| Corrente superiore | 30,3 | -6,1 | 0,16 | -0,16 | 0,29 | -0,44 |
| Montante superiore | 0,03 | -0,6 | 0,20 | -0,21 | 24,5 | -5,1 |
| Corrente inferiore | 17,3 | -23,7 | 0,05 | -0,05 | 0,15 | -0,29 |
| Montante inferiore | 0,50 | ----- | 0,01 | -0,01 | 0,02 | -0,04 |
| Asta | 22,5 | -42,3 | 0,48 | -0,48 | 0,16 | -0,29 |

Il dimensionamento della sezione minima di ciascun elemento viene calcolato a partire dalle sollecitazioni massime di trazione, compressione e flessione cui è sottoposto, scegliendo di volta in volta - a favore di sicurezza - la verifica più gravosa. Si ottiene quindi:

Correnti e montante superiore - 140x140x5 mm

Montante inferiore - 80x80x4 mm

Aste - 30x30x2 mm

Per quanto riguarda le reazioni vincolari ai nodi di appoggio (convenzione: x positive verso Ovest, y verso Sud e z verso l'alto; nodi numerati da Sud a Nord, a partire dal lato Ovest):

| Nodo | x | y | z | Nodo | x | y | z |
|------|------|------|------|------|-------|------|------|
| 1 | 20,2 | 0,1 | 9,8 | 8 | -19,8 | 0,1 | 35,1 |
| 2 | 9,3 | -0,1 | 24,3 | 9 | -10,1 | -0,1 | 27,9 |
| 3 | 10,9 | 0,1 | 20,5 | 10 | -10,5 | 0,1 | 31,0 |
| 4 | 10,8 | -0,1 | 20,6 | 11 | -10,8 | -0,1 | 30,8 |
| 5 | 10,9 | -0,1 | 20,5 | 12 | -10,5 | -0,1 | 31,0 |
| 6 | 9,3 | 0,1 | 24,3 | 13 | -10,1 | 0,1 | 27,9 |
| 7 | 20,2 | -0,1 | 9,8 | 14 | -19,8 | -0,1 | 35,1 |

Per quanto riguarda la realizzazione, si prevede che le travi reticolari piane vengano realizzate in loco o in officina mediante saldatura delle componenti, a costituire elementi trave standard in due varianti di lunghezza, corrispondenti ai due differenti passi strutturali previsti dal progetto: 7,6 m e 5,0 m.

Questi elementi trave verranno quindi portati in quota e assemblati a costituire la struttura finale, mediante collegamento agli stessi dei rispettivi montanti superiori e inferiori con giunti bullonati.

Aste e correnti saranno invece saldati a costituire la trave reticolare piana standard.



Vista assonometrica dei giunti bullonati e saldati

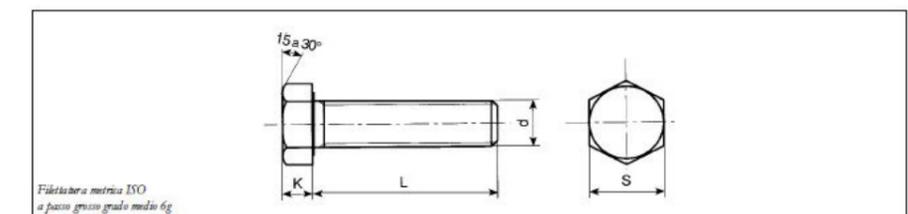
Il collegamento tra correnti e montanti inferiori, ad esempio, risulta verificato con un angolare di dimensioni (50+50)x100x6 mm e quattro bulloni M16.

La saldatura di un'asta tipo, risulta invece verificata con quattro cordoni di lunghezza 25 mm e altezza di gola pari a 2 mm.

Viti a testa esagonale con gambo interamente filettato a passo grosso
Hexagon head screws

ISO 4017
ex UNI 5739

ex DIN 933



CATEGORIA A

Dimensioni in mm

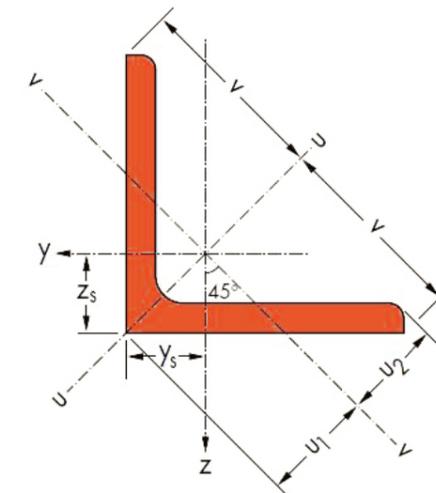
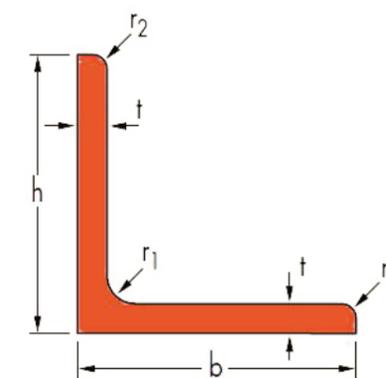
| d | M3 | M 4 | M 5 | M 6 | M 8 | M 10 | M 12 | M 14 | M 16 | M 18 | M 20 | M 22 |
|----|-----|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|
| K | 2 | 2,8 | 3,5 | 4 | 5,3 | 6,4 | 7,5 | 8,8 | 10,0 | 11,5 | 12,5 | 14 |
| S | 5,5 | 7 | 8 | 10 | 13 | 16 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 | 34 |
| L= | 6 | 0,58 | | | | | | | | | | |
| | 8 | 0,68 | 1,50 | | | | | | | | | |
| | 10 | 0,76 | 1,66 | 2,67 | | | | | | | | |
| | 12 | 0,86 | 1,82 | 2,91 | 4,51 | | | | | | | |
| | 16 | 1,05 | 2,12 | 3,39 | 5,19 | 10,80 | 20,6 | | | | | |
| | 20 | 1,25 | 2,44 | 3,87 | 5,87 | 12,20 | 22,6 | | | | | |
| | 25 | 1,50 | 2,82 | 4,46 | 6,72 | 13,80 | 25,1 | 36,0 | | | | |
| | 30 | 3,21 | 5,06 | 7,58 | 15,50 | 27,6 | 39,6 | 56,8 | 75,3 | | | |
| | 35 | 3,59 | 5,66 | 8,44 | 17,00 | 30,1 | 43,3 | 61,8 | 82,0 | 112,0 | | |
| | 40 | 3,98 | 6,14 | 9,46 | 18,80 | 32,6 | 47,0 | 66,8 | 88,7 | 120,0 | 156 | |
| | 45 | 4,36 | 6,74 | 10,30 | 20,50 | 35,1 | 50,7 | 71,8 | 95,3 | 129,0 | 166 | 204 |
| | 50 | 4,74 | 7,35 | 11,20 | 22,10 | 37,6 | 54,4 | 76,7 | 102,0 | 137,0 | 177 | 217 |
| | 55 | 7,95 | 12,00 | 23,80 | 40,1 | 58,1 | 81,7 | 109,0 | 145,0 | 187 | 230 | |
| | 60 | 8,55 | 12,40 | 25,50 | 42,6 | 61,8 | 86,7 | 115,0 | 153,0 | 198 | 242 | |
| | 65 | | 9,15 | 17,30 | 27,10 | 45,1 | 65,4 | 91,7 | 122,0 | 162,0 | 208 | 255 |

A ELEMENTI ANGOLARI DI SOSTEGNO ALLE VOLTINE

$q_{SLE} = 1,58 \text{ kN/m}$

$q_{SLU} = 2,37 \text{ kN/m}$

$i = 0,79 \text{ m}$



| Denominación Designation Designazione | Propiedades del perfil / Section properties / Proprietà geometriche del profilo* | | | | | | | | Classification EN 1993-1-1: 2005 | | | |
|---------------------------------------|--|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|----------------|----------------------------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------|------|------|
| | G | I _y =I _z | W _{pl,y} =W _{pl,z} | I _y =I _z | I _y | I _z | I _y | I _z | I _{yz} | Pure compression | | |
| | kg/m | mm ⁴ x10 ⁴ | mm ³ x10 ³ | mm x10 ⁴ | mm x10 | mm ⁴ x10 ⁴ | mm x10 | mm ⁴ x10 ⁴ | mm ⁴ x10 ⁴ | S235 | S355 | S460 |
| L 150 x 150 x 10 | 23,0 | 624,0 | 56,91 | 4,62 | 992,0 | 5,82 | 256,1 | 2,96 | -368,0 | 4 | 4 | 4 |
| L 150 x 150 x 12 | 27,3 | 736,9 | 67,75 | 4,60 | 1172 | 5,80 | 302,1 | 2,94 | -434,9 | 4 | 4 | 4 |
| L 150 x 150 x 13 | 29,5 | 791,7 | 73,07 | 4,59 | 1259 | 5,79 | 324,6 | 2,94 | -467,1 | 4 | 4 | 4 |
| L 150 x 150 x 14 | 31,6 | 845,4 | 78,33 | 4,58 | 1344 | 5,77 | 346,9 | 2,93 | -498,5 | 1 | 4 | 4 |
| L 150 x 150 x 15 | 33,8 | 898,1 | 83,52 | 4,57 | 1427 | 5,76 | 369,0 | 2,93 | -529,1 | 1 | 4 | 4 |
| L 150 x 150 x 16 | 35,9 | 949,7 | 88,65 | 4,56 | 1509 | 5,74 | 390,8 | 2,92 | -558,9 | 1 | 4 | 4 |

| Denominación Designation Designazione | Dimensiones Dimensions Dimensioni | | | Posición de los ejes Position of axes Posizione degli assi | | | | Superficie Surface Superficie | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|-----|----|--|----------------------------------|--------------------------------|--------|-------------------------------|----------------|-------------------|-------------------|
| | G | h=b | t | r ₁ | A | z ₀ =y ₀ | v | u ₁ | u ₂ | A _c | A _c |
| | kg/m | mm | mm | mm | mm ² x10 ² | mm x10 | mm x10 | mm x10 | mm x10 | m ² /m | m ² /t |
| L 150 x 150 x 10 ¹⁰ | 23,0 | 150 | 10 | 16 | 29,3 | 4,03 | 10,61 | 5,71 | 5,28 | 0,586 | 25,51 |
| L 150 x 150 x 12 ¹² | 27,3 | 150 | 12 | 16 | 34,8 | 4,12 | 10,61 | 5,83 | 5,29 | 0,586 | 21,44 |
| L 150 x 150 x 13 ¹³ | 29,5 | 150 | 13 | 16 | 37,6 | 4,17 | 10,61 | 5,89 | 5,30 | 0,586 | 19,87 |
| L 150 x 150 x 14 ¹⁴ | 31,6 | 150 | 14 | 16 | 40,3 | 4,21 | 10,61 | 5,95 | 5,32 | 0,586 | 18,53 |
| L 150 x 150 x 15 ¹⁵ | 33,8 | 150 | 15 | 16 | 43,0 | 4,25 | 10,61 | 6,01 | 5,33 | 0,586 | 17,36 |
| L 150 x 150 x 16 ¹⁶ | 35,9 | 150 | 16 | 16 | 45,7 | 4,29 | 10,61 | 6,06 | 5,34 | 0,586 | 16,34 |

Gli elementi angolari risultano verificati con dimensioni pari a 150x150x16 mm.

$P = 35,9 \text{ kN/m}$

$I = 949,7 \times 10^4 \text{ mm}^4$

$W = 88,65 \times 10^3 \text{ mm}^3$

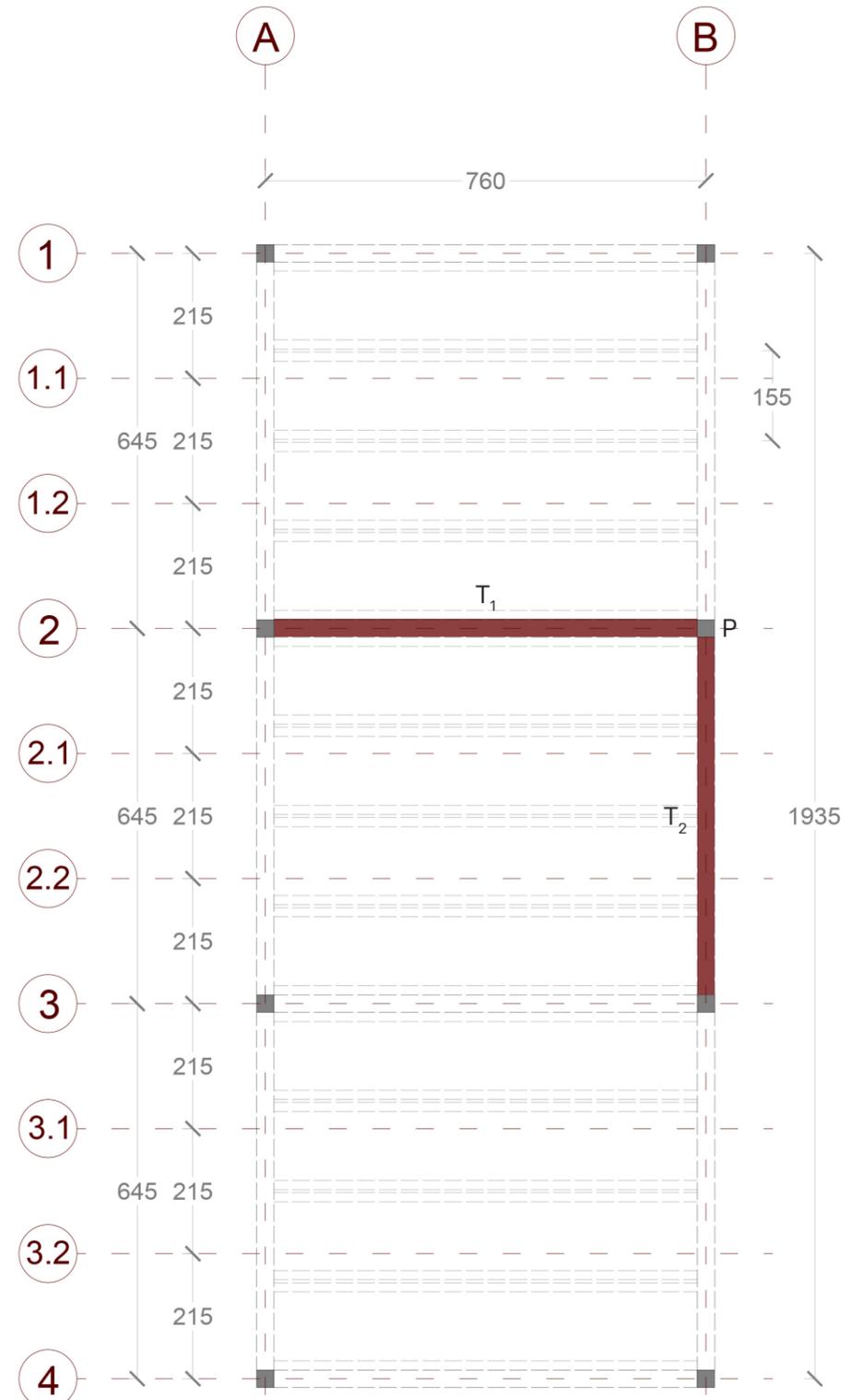
Le reazioni vincolari agli appoggi, fondamentali per il successivo dimensionamento delle travi in C.A., sono:

$R_{SLE} = 7,08 \text{ kN}$

$R_{SLU} = 10,26 \text{ kN}$

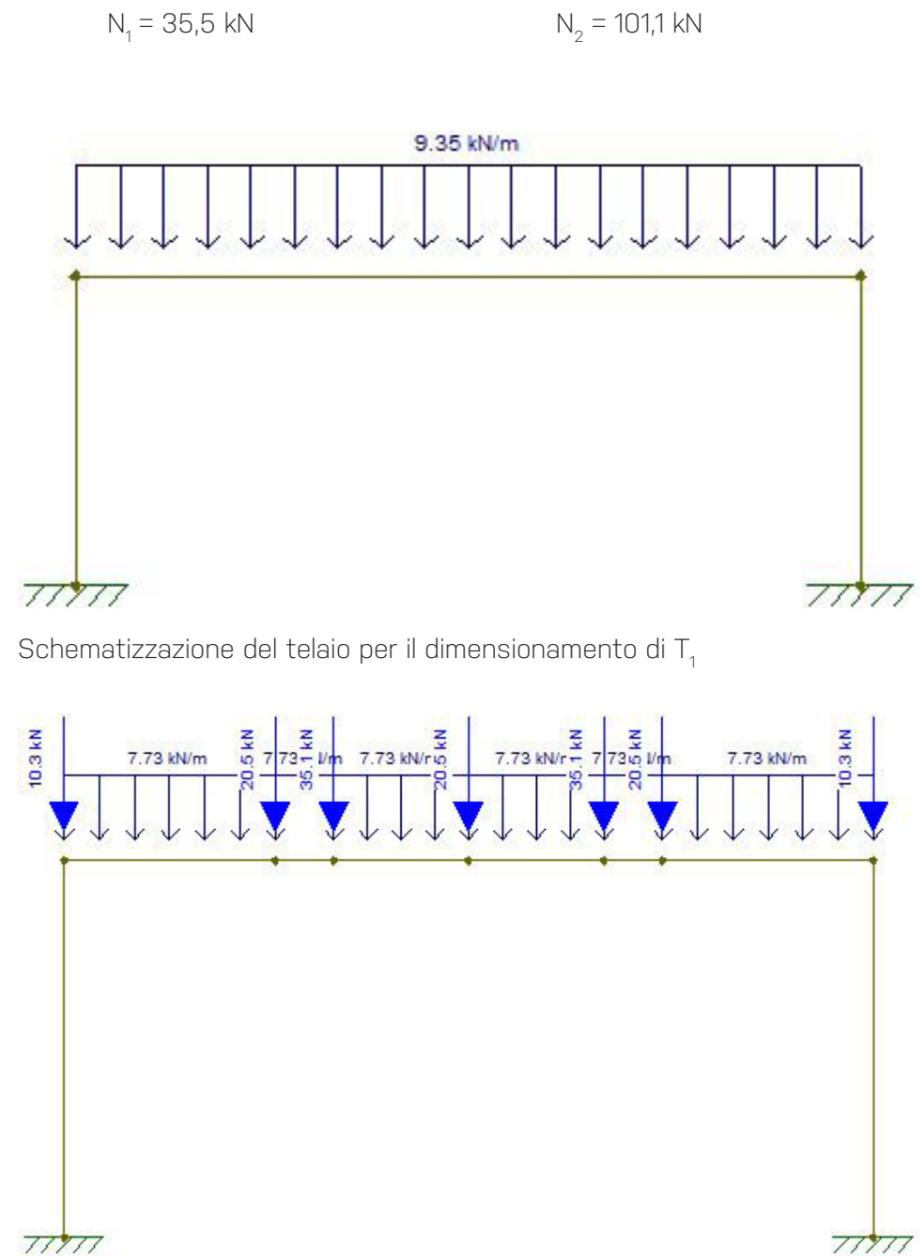
T TRAVI IN C.A.

T₁: L = 7,6 m i = 6,45 m
 q_{SLE} = 6,23 kN/m q_{SLU} = 9,35 kN/m
 La trave risulta verificata con dimensioni 300x300 mm e armatura 6Ø12.



T₂: L = 6,45 m i = 7,6 m
 q_{SLE} = 5,65 kN/m q_{SLU} = 7,73 kN/m
 R_{reticolare} = 35,10 kN R_{angolare} = 10,26 kN
 La trave risulta verificata con dimensioni 300x550 mm, armatura longitudinale 6Ø14 e staffe Ø8/15.

Le reazioni vincolari delle travi in corrispondenza dei pilastri, utili per il successivo dimensionamento degli stessi, sono:



Schematizzazione del telaio per il dimensionamento di T₂

P PILASTRI IN C.A.

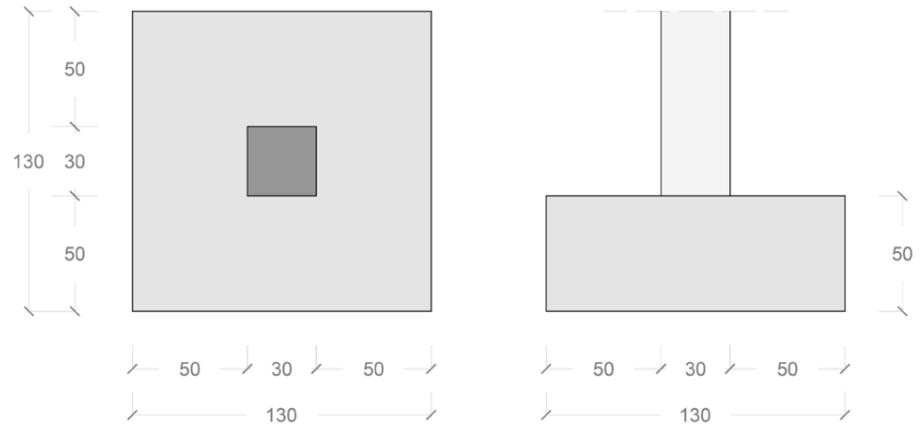
H = 3 m N₁ = 35,5 kN
 N₂ x 2 = 202,2 kN R_{reticolare} = 35,10 kN
 Di conseguenza: N_{SLU} = 282,93 kN

Il pilastro risulta verificato con dimensioni 300x300 mm e armatura 4Ø16.
 Per quanto riguarda la verifica alle azioni orizzontali, le pareti di tamponamento in terra cruda e le travi precedentemente dimensionate risultano verificate. Al pilastro andranno invece aggiunte staffe Ø8/15; per un tratto pari a 30 cm, la distanza tra le staffe sarà ridotta di 0,6 nelle sezioni del pilastro al piede e al di sotto della trave (Ø8/9).

F PLINTI DI FONDAZIONE

I carichi provenienti dalla struttura in elevazione a telaio verranno trasmessi al suolo mediante plinti di fondazione, collegati da appositi cordoli.

N_{Ed} = 304,06 kN
 Il plinto risulta verificato con dimensioni 1,3x1,3x0,5 m e armatura 4Ø10.



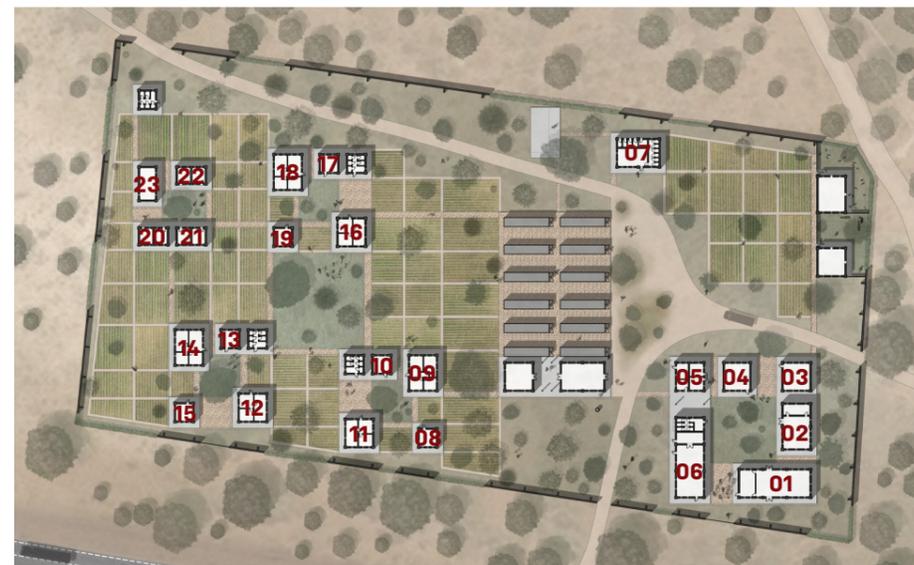
| Diametro mm | Peso kg/m | Numero barre | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | |
| 6 | 0,222 | 0,28 | 0,57 | 0,85 | 1,13 | 1,41 | 1,70 | 1,98 | 2,26 | 2,54 | 2,83 | 3,39 | |
| 8 | 0,395 | 0,50 | 1,01 | 1,51 | 2,01 | 2,51 | 3,02 | 3,52 | 4,02 | 4,52 | 5,03 | 6,03 | |
| 10 | 0,617 | 0,79 | 1,57 | 2,36 | 3,14 | 3,93 | 4,71 | 5,50 | 6,28 | 7,07 | 7,85 | 9,42 | |
| 12 | 0,888 | 1,13 | 2,26 | 3,39 | 4,52 | 5,65 | 6,79 | 7,92 | 9,05 | 10,18 | 11,31 | 13,57 | |
| 14 | 1,208 | 1,54 | 3,08 | 4,62 | 6,16 | 7,70 | 9,24 | 10,78 | 12,32 | 13,85 | 15,39 | 18,47 | |
| 16 | 1,578 | 2,01 | 4,02 | 6,03 | 8,04 | 10,05 | 12,06 | 14,07 | 16,08 | 18,10 | 20,11 | 24,13 | |
| 18 | 1,998 | 2,54 | 5,09 | 7,63 | 10,18 | 12,72 | 15,27 | 17,81 | 20,36 | 22,90 | 25,45 | 30,54 | |
| 20 | 2,466 | 3,14 | 6,28 | 9,42 | 12,57 | 15,71 | 18,85 | 21,99 | 25,13 | 28,27 | 31,42 | 37,70 | |
| 22 | 2,984 | 3,80 | 7,60 | 11,40 | 15,21 | 19,01 | 22,81 | 26,61 | 30,41 | 34,21 | 38,01 | 45,62 | |
| 24 | 3,551 | 4,52 | 9,05 | 13,57 | 18,10 | 22,62 | 27,14 | 31,67 | 36,19 | 40,72 | 45,24 | 54,29 | |
| 25 | 3,853 | 4,91 | 9,82 | 14,73 | 19,63 | 24,54 | 29,45 | 34,36 | 39,27 | 44,18 | 49,09 | 58,90 | |
| 26 | 4,168 | 5,31 | 10,62 | 15,93 | 21,24 | 26,55 | 31,86 | 37,17 | 42,47 | 47,78 | 53,09 | 63,71 | |
| 28 | 4,834 | 6,16 | 12,32 | 18,47 | 24,63 | 30,79 | 36,95 | 43,10 | 49,26 | 55,42 | 61,58 | 73,89 | |
| 30 | 5,549 | 7,07 | 14,14 | 21,21 | 28,27 | 35,34 | 42,41 | 49,48 | 56,55 | 63,62 | 70,69 | 84,82 | |
| 32 | 6,313 | 8,04 | 16,08 | 24,13 | 32,17 | 40,21 | 48,25 | 56,30 | 64,34 | 72,38 | 80,42 | 96,51 | |



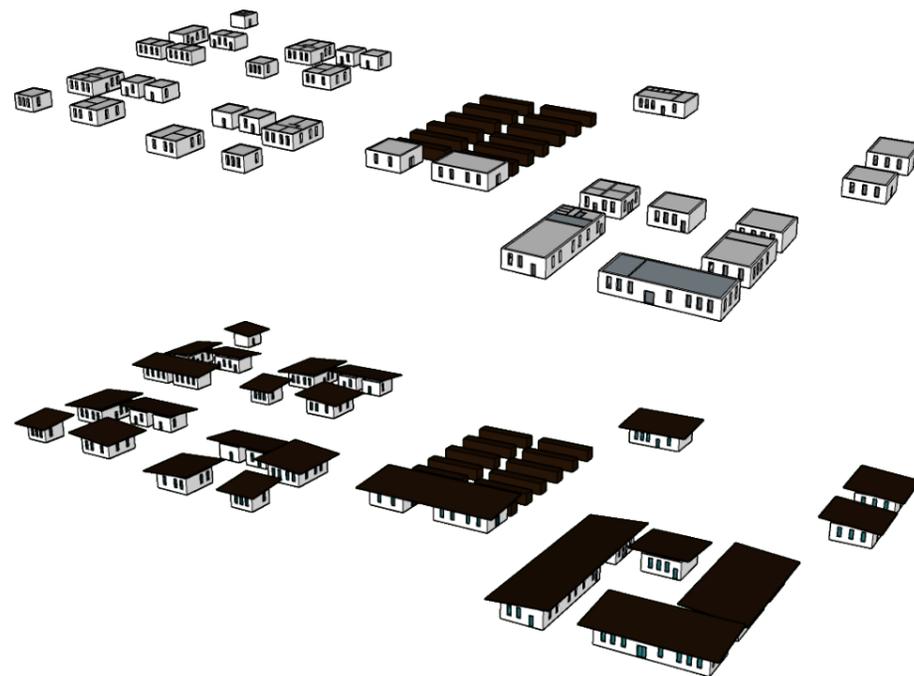
L'ANALISI DEL COMFORT LUMINOSO

L'area di progetto è ubicata nelle vicinanze della città di Pò (coordinate 11.229018, -1.134655); in questa zona, il sole è molto alto nelle ore centrali della giornata (altezza sempre al di sopra dei 50°) e proviene da Nord per quattro mesi ogni anno (discontinuità dell'azimuth).

Sono stati studiati unicamente gli edifici chiusi soggetti a requisiti illuminotecnici, escludendo volutamente gli spazi adibiti a locale tecnico, immagazzinamento di prodotti e allevamento del bestiame, nonché i servizi igienici, che devono essere bui per favorire il corretto funzionamento delle bio-latrine.



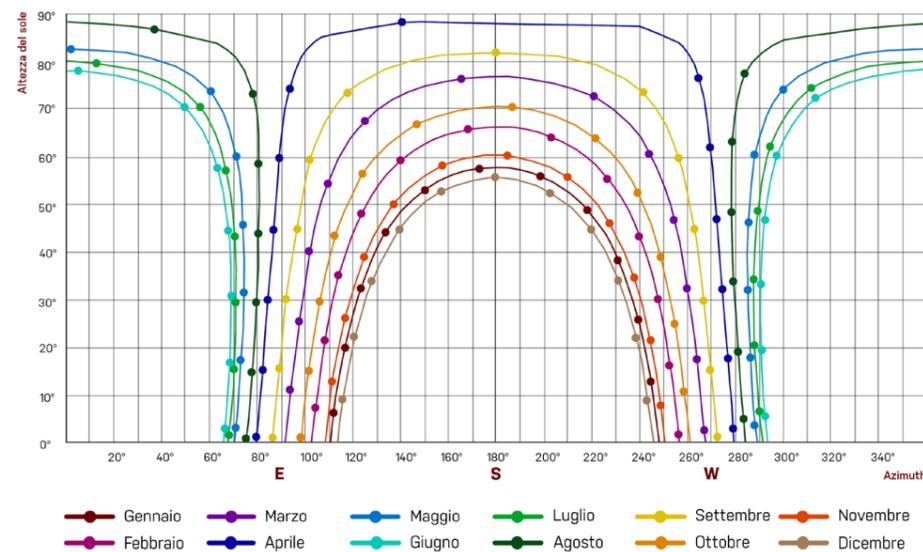
Legenda degli ambienti analizzati



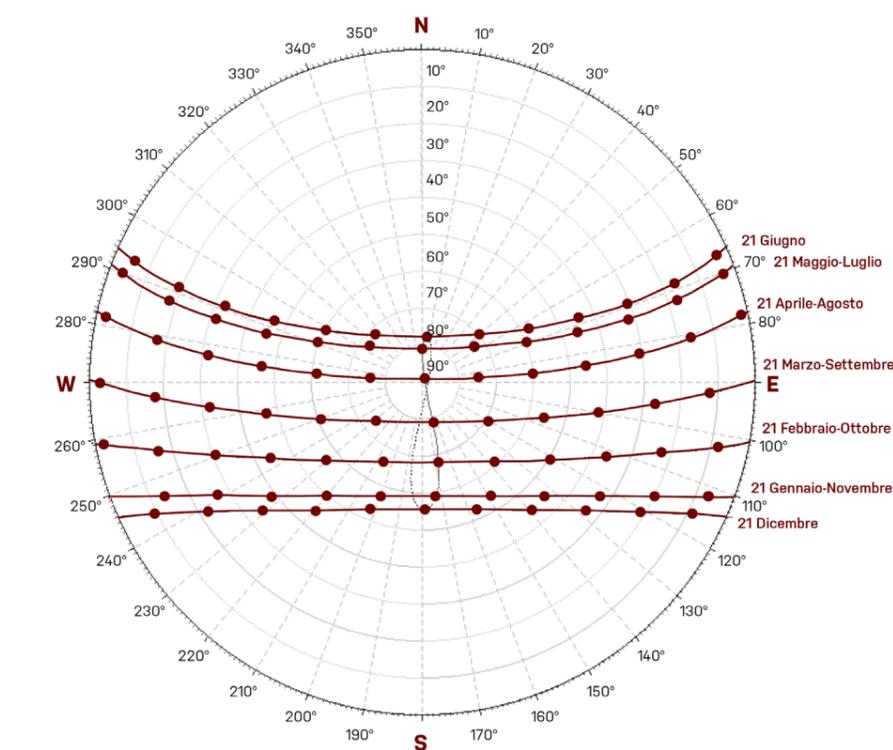
Modelli "SketchUp", rispettivamente: caso base di studio, senza copertura (sopra) e caso finale con copertura con aggetti ottimali (sotto)

Visto il percorso del sole nella località considerata, si è scelto di effettuare le simulazioni alle ore 12 del 21 Marzo (equinozio di primavera) e del 21 Giugno (solstizio d'estate), ottenendo valori e andamenti della luce naturale negli ambienti molto simili, di conseguenza assimilati per semplicità di trattazione.

Per effettuare un corretto dimensionamento degli elementi di copertura sono state condotte diverse simulazioni: dal caso base, con i soli edifici senza alcuna protezione superiore, fino a raggiungere la simulazione finale, con coperture di dimensioni ottimali (nel tentativo di bilanciare al meglio il comfort luminoso e quello termico).



Altezza del sole, Pò



Percorso del sole, Pò

Il comfort visivo dipende da numerosi parametri, che possono derivare dalla geometria dell'edificio, dalla sua collocazione geografica, dalle condizioni climatiche, dalla sua ubicazione (presenza di ostruzioni costruite o naturali) e dalle proprietà dei materiali presenti.

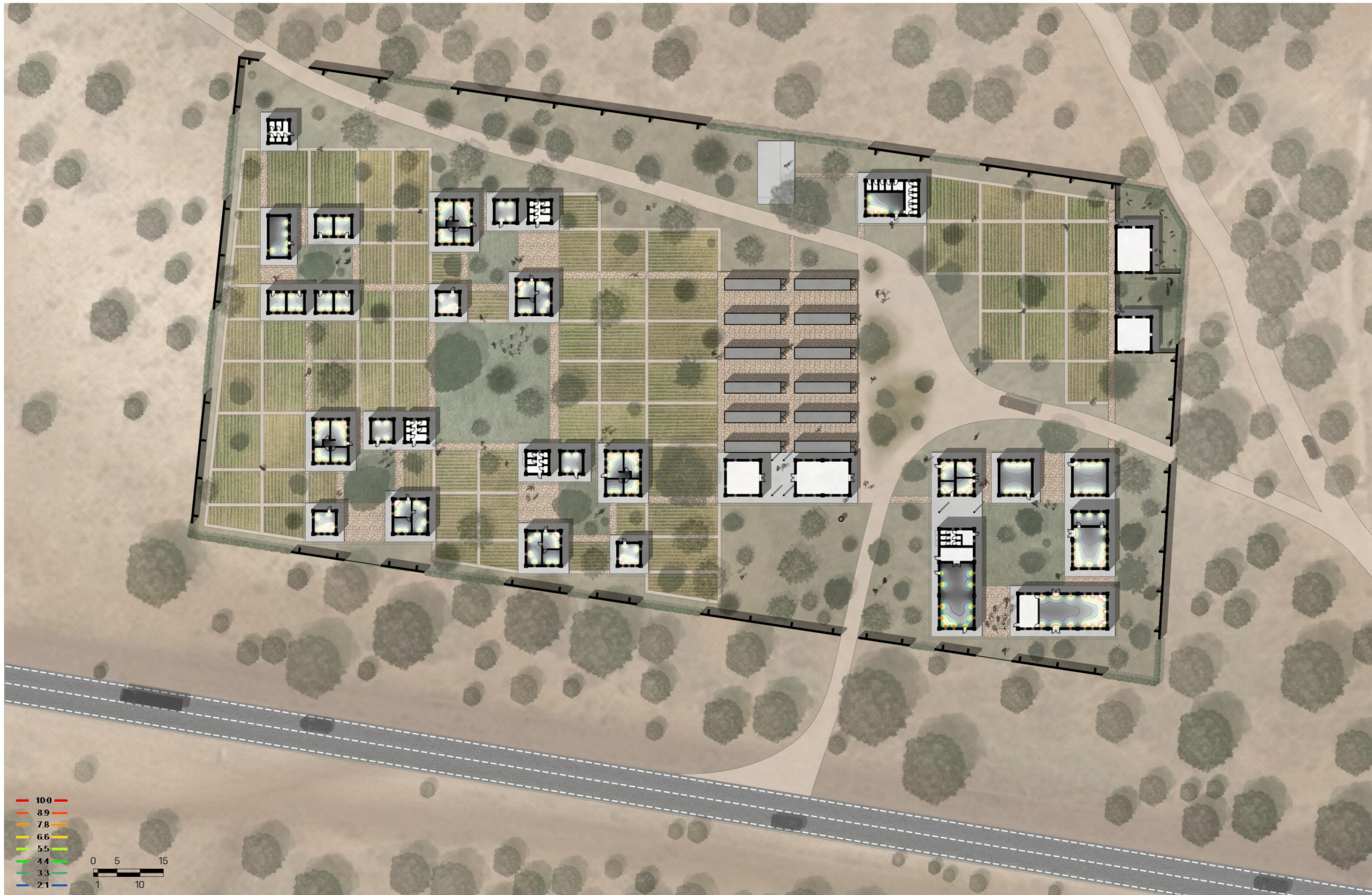
L'analisi è stata svolta realizzando un modello 3D in "SketchUp" e importandolo successivamente in "Velux Daylight Visualizer". Quest'ultimo, definendo l'ubicazione del progetto e le caratteristiche fisiche dei materiali, permette di renderizzare viste ortogonali in pianta e in sezione o viste prospettiche degli ambienti, indicando i valori di Fattore di Luce Diurna, della luminanza e dell'illuminamento.

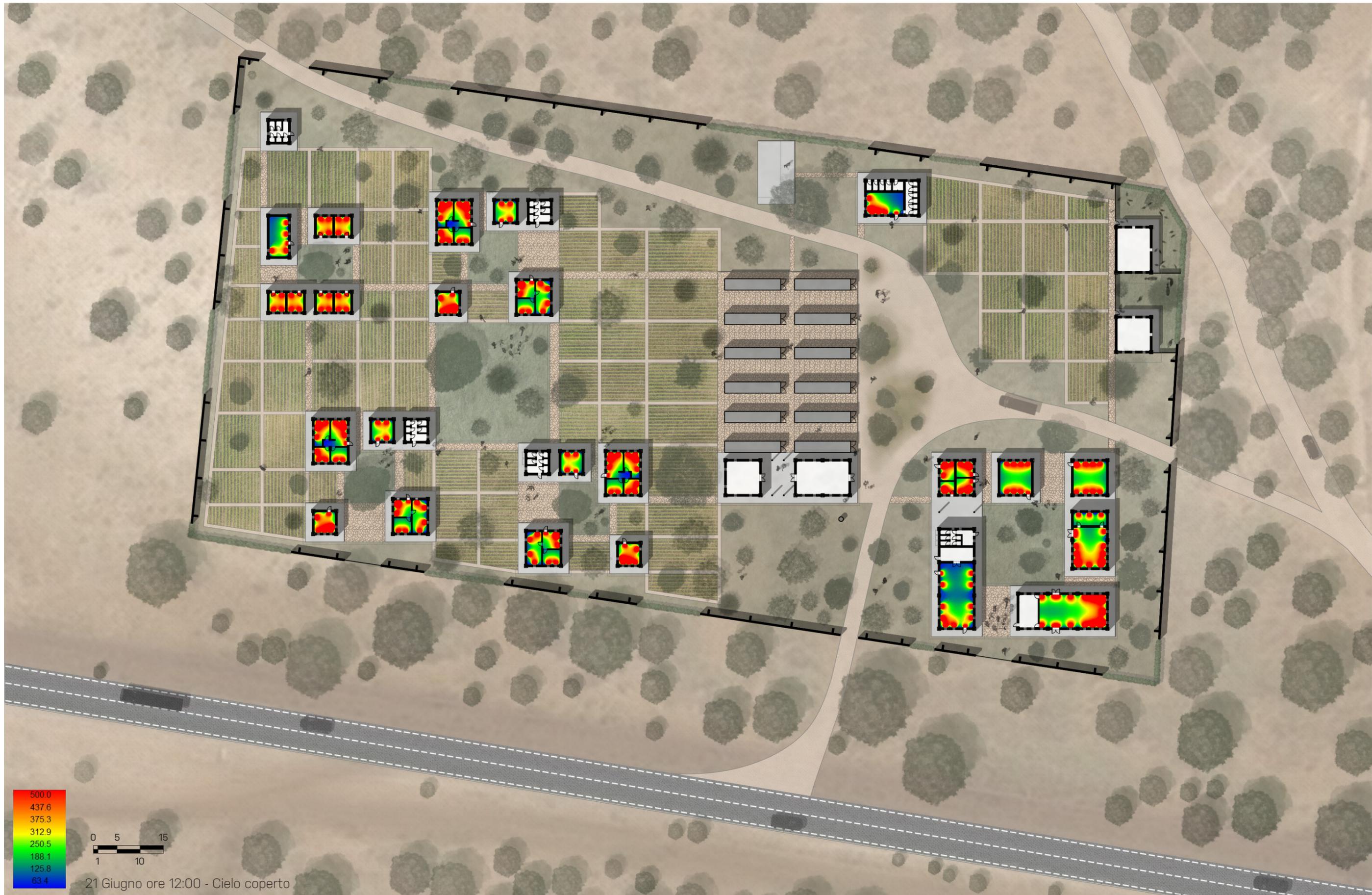
Di seguito si riportano, a titolo di esempio, i valori medi, minimi e massimi di FLD e illuminamento, relativi alla simulazione finale.

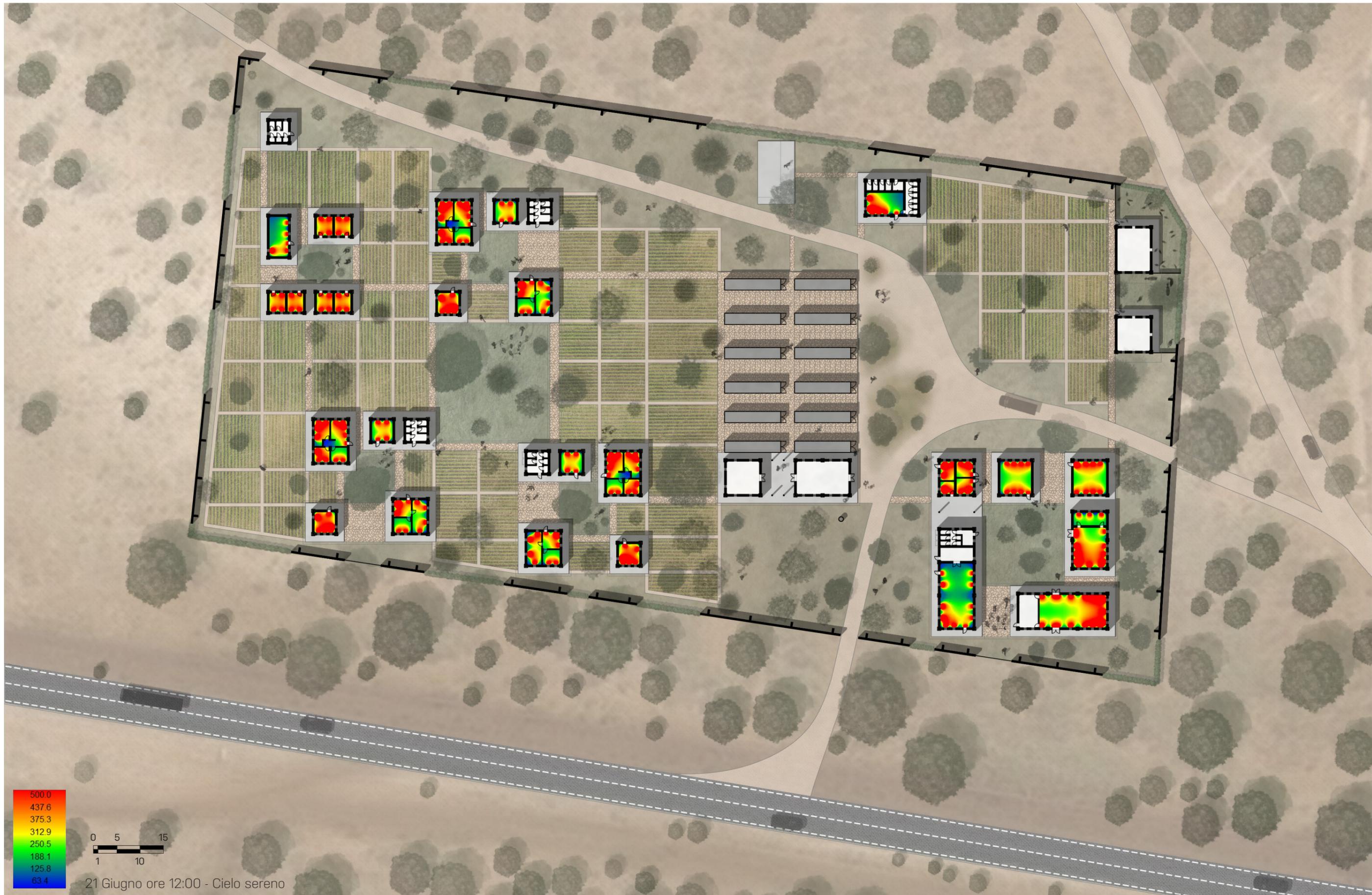
Si osserva che i requisiti minimi in termini di FLDm sono rispettati in tutti gli ambienti, garantendo ovunque un valore medio $\geq 2\%$. Dalle restituzioni planimetriche successive si nota inoltre che l'ottimizzazione delle coperture consente una maggiore uniformità luminosa negli ambienti e un'importante riduzione dei picchi di illuminamento in corrispondenza delle aperture.

| Ambiente | FLD [%] | | | Illuminamento [lux] | | | | | |
|----------|---------|-----|------|---------------------|-----|-----|---------------|-----|-----|
| | m | min | max | Cielo sereno | | | Cielo coperto | | |
| | | | | m | min | max | m | min | max |
| 01 | 2,3 | 1,3 | 9,8 | 255 | 95 | 830 | 230 | 80 | 790 |
| 02 | 2,7 | 1,1 | 9,6 | 315 | 100 | 960 | 265 | 75 | 895 |
| 03 | 2,1 | 1,2 | 10,1 | 200 | 105 | 950 | 165 | 75 | 850 |
| 04 | 2,2 | 1,1 | 9,0 | 245 | 125 | 740 | 215 | 110 | 805 |
| 05 | 2,4 | 1,1 | 6,3 | 250 | 145 | 540 | 240 | 95 | 695 |
| 06 | 2,0 | 1,2 | 4,3 | 175 | 90 | 480 | 150 | 85 | 470 |
| 07 | 2,3 | 1,0 | 7,3 | 225 | 80 | 585 | 185 | 85 | 620 |
| 08 | 3,3 | 1,4 | 8,5 | 355 | 140 | 785 | 320 | 120 | 865 |
| 09 | 2,4 | 1,0 | 8,3 | 260 | 85 | 900 | 240 | 80 | 790 |
| 10 | 2,2 | 1,1 | 8,2 | 240 | 140 | 730 | 220 | 110 | 750 |
| 11 | 2,3 | 1,2 | 8,1 | 230 | 85 | 660 | 220 | 75 | 755 |
| 12 | 2,3 | 1,1 | 8,2 | 240 | 85 | 775 | 220 | 80 | 745 |
| 13 | 2,2 | 1,3 | 8,3 | 240 | 110 | 680 | 220 | 85 | 695 |
| 14 | 2,4 | 1,0 | 8,3 | 250 | 75 | 590 | 235 | 75 | 770 |
| 15 | 3,3 | 1,5 | 9,2 | 360 | 125 | 870 | 320 | 95 | 885 |
| 16 | 2,3 | 1,3 | 8,1 | 240 | 95 | 750 | 220 | 75 | 770 |
| 17 | 2,2 | 1,2 | 8,6 | 240 | 75 | 620 | 220 | 80 | 780 |
| 18 | 2,4 | 1,0 | 8,1 | 250 | 80 | 655 | 240 | 75 | 695 |
| 19 | 3,3 | 1,4 | 9,5 | 360 | 135 | 860 | 325 | 100 | 865 |
| 20 | 2,7 | 1,2 | 7,1 | 290 | 205 | 680 | 265 | 170 | 725 |
| 21 | 2,7 | 1,2 | 7,2 | 290 | 205 | 725 | 265 | 185 | 850 |
| 22 | 2,8 | 1,7 | 8,7 | 285 | 130 | 750 | 270 | 115 | 845 |
| 23 | 2,1 | 1,1 | 7,8 | 175 | 75 | 530 | 180 | 75 | 705 |

Risultati delle simulazioni effettuate con "Velux Daylight Visualizer", caso finale (con tettoia ottimale) - 21 Giugno ore 12:00

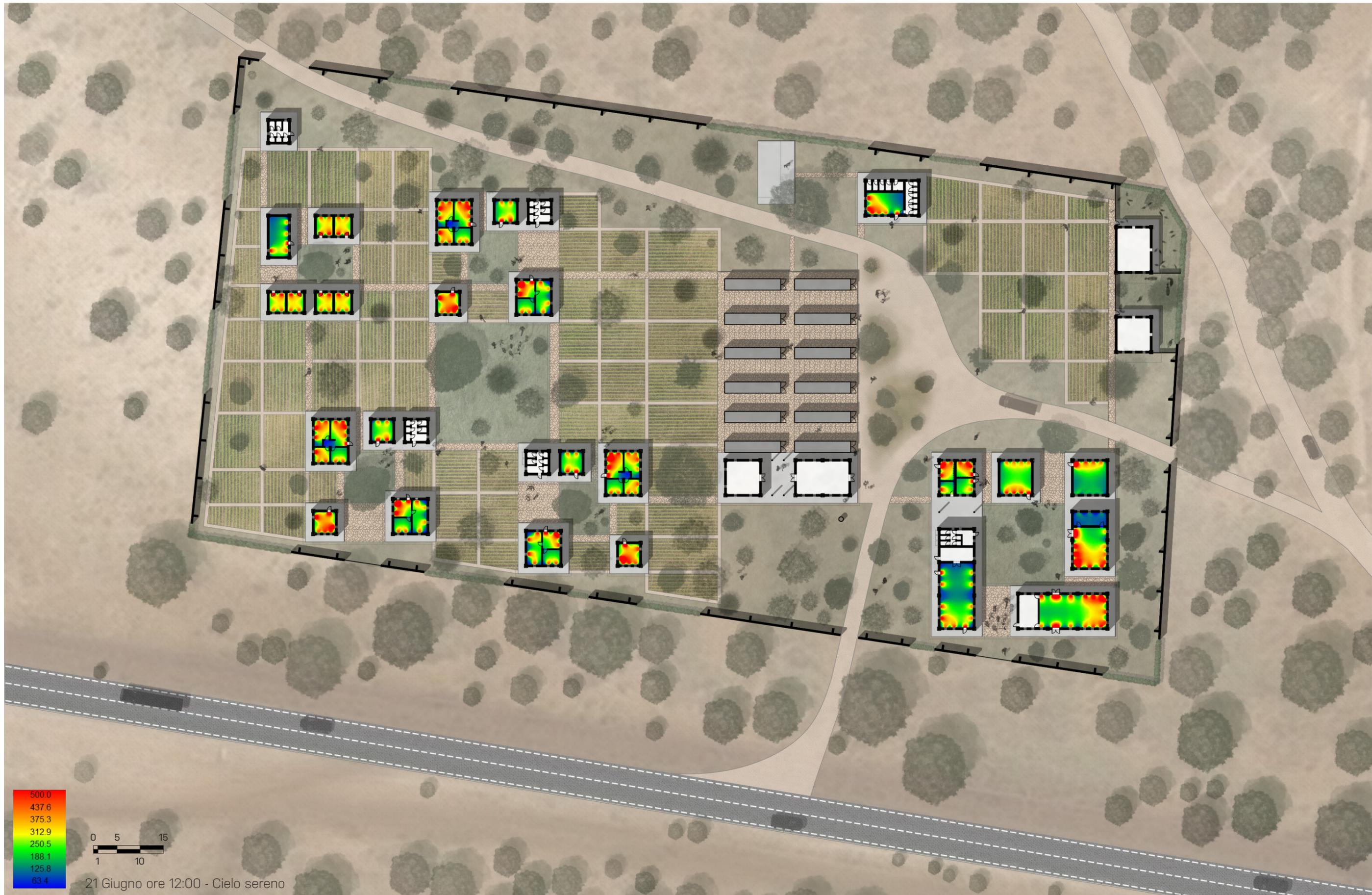


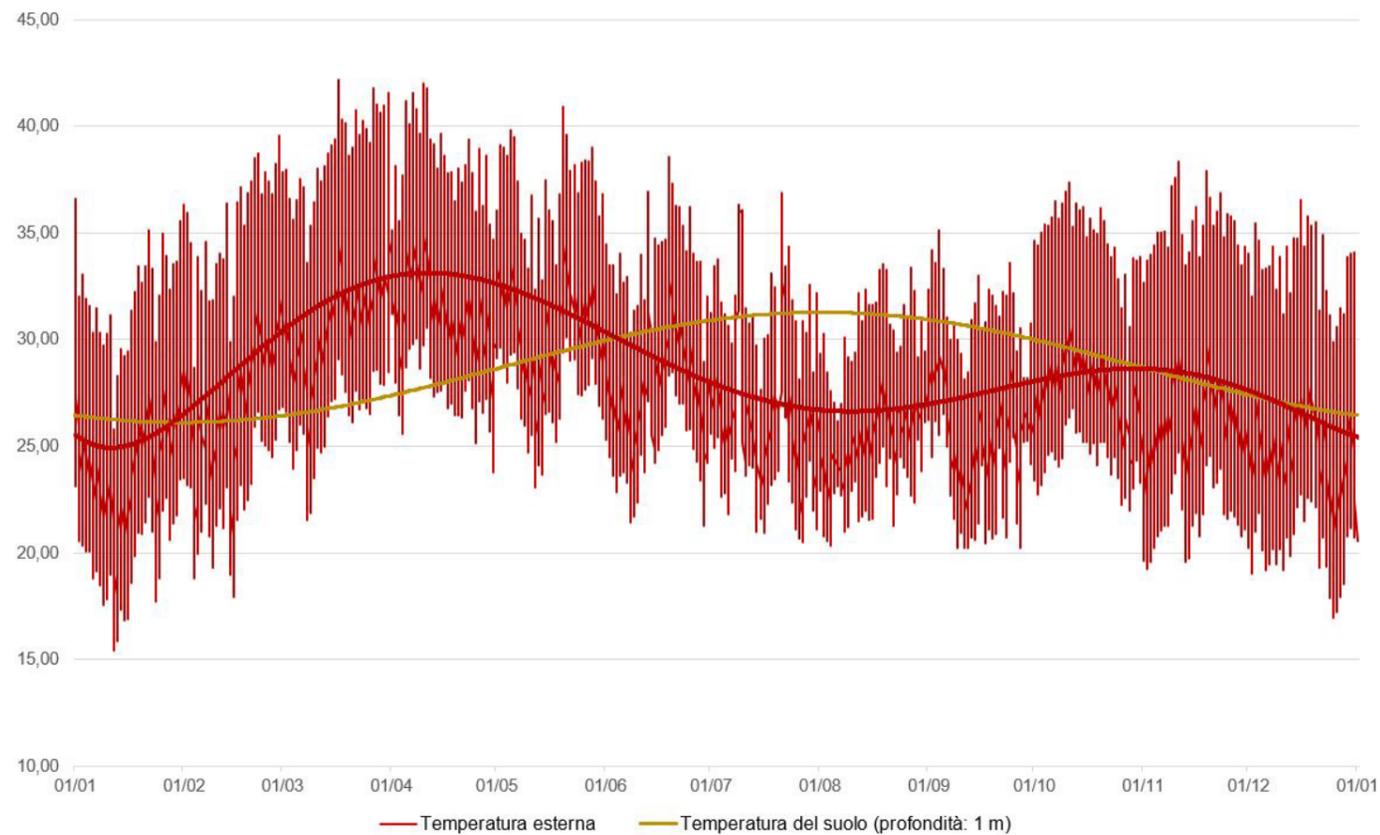




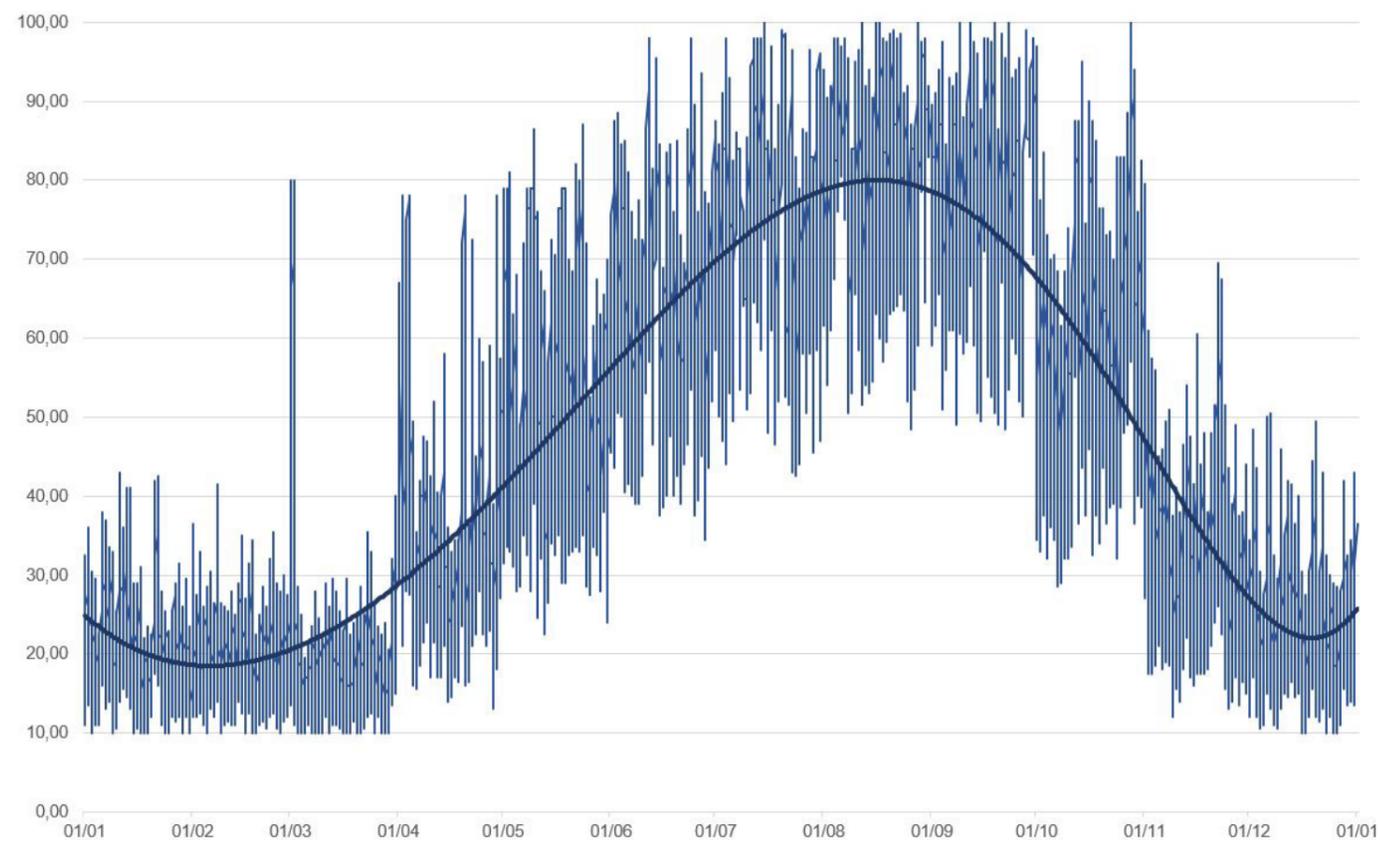








Analisi climatica: temperature orarie annuali



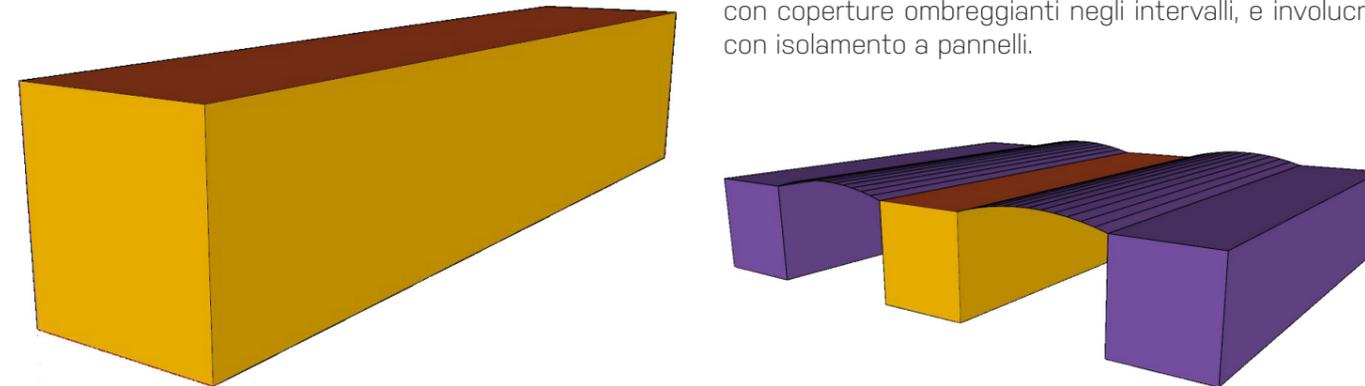
Analisi climatica: umidità relativa oraria annuale

CONTAINER REEFER

Il caso studio si compone di un'unica zona termica (30 m²), che prende in considerazione l'intero volume esterno del container (77 m³). Con il solo obiettivo di dimostrare l'efficacia della soluzione di isolamento e ombreggiamento scelta, in particolare nell'ottica di agevolare il raffrescamento e l'operatività dei container reefer, riducendo di conseguenza i consumi energetici degli stessi, si analizzano qualitativamente i risultati ottenuti nelle due simulazioni seguenti:

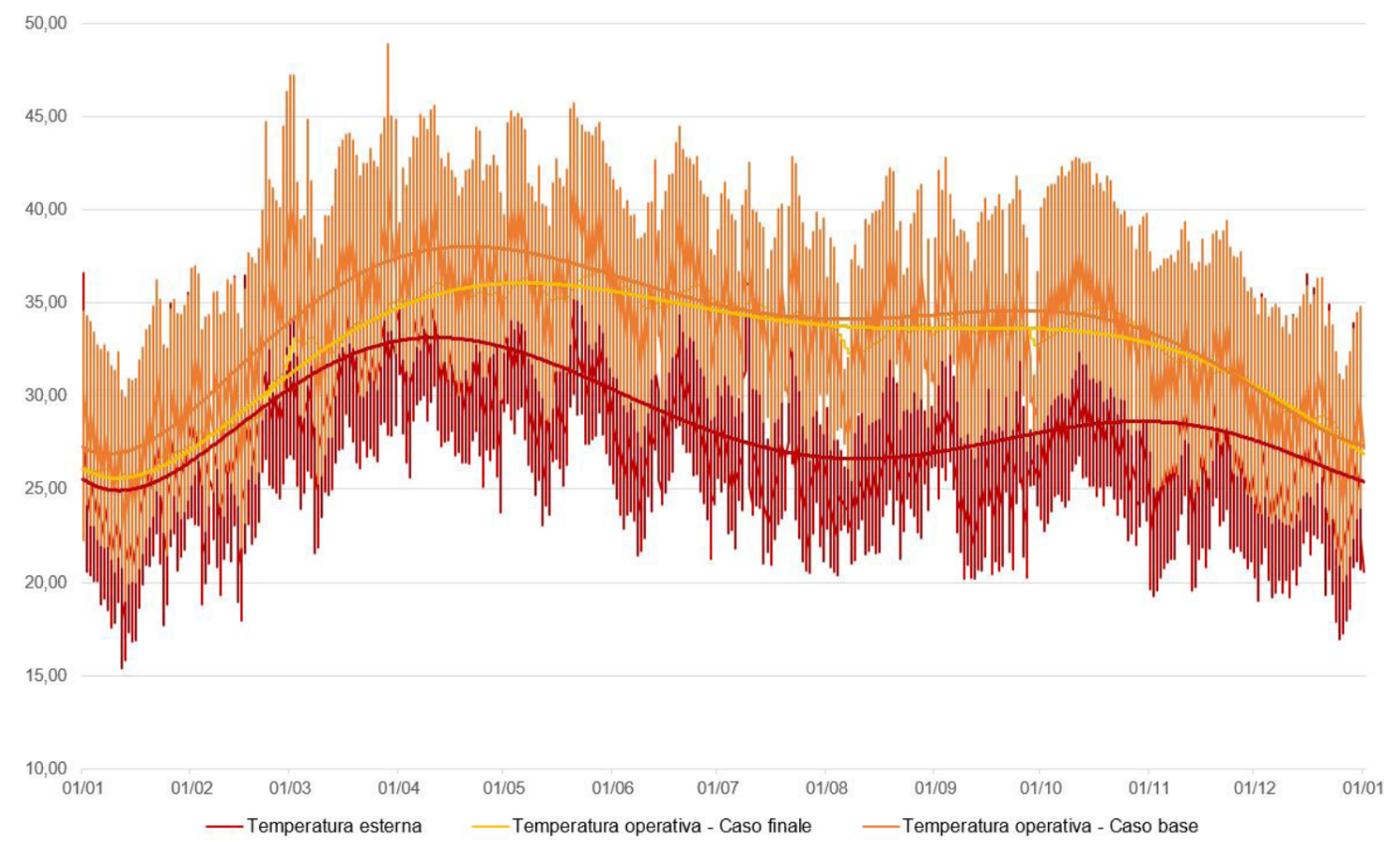
CASO BASE: Container semplicemente posizionato in modo isolato nel lotto.

CASO FINALE: Container posizionato nel lotto come previsto dal progetto, affiancato dai container accanto, con coperture ombreggianti negli intervalli, e involucro con isolamento a pannelli.



Si nota in generale un innalzamento delle temperature rispetto a quella a bulbo secco esterna (rosso), soprattutto nel caso base. In particolare, è evidente come la soluzione finale sia in grado di attutire notevolmente i picchi più alti di temperatura, come è riscontrabile ad esempio nei mesi di Marzo e Maggio.

Attivando in entrambi i casi un impianto fittizio di condizionamento dell'aria che consenta di raggiungere temperature interne stabili pari a 6 °C, come previsto e suggerito dall'associazione *POKO Energy Seeds*, si riscontra una notevole riduzione dell'energia richiesta per il funzionamento a regime del container reefer (-85% circa a parità di impianto).



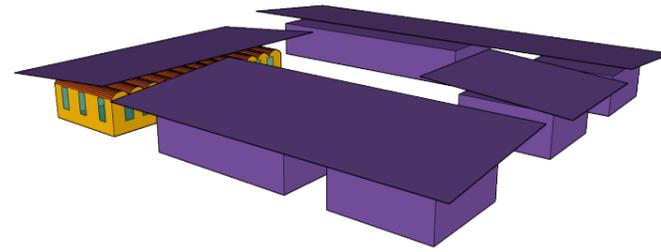
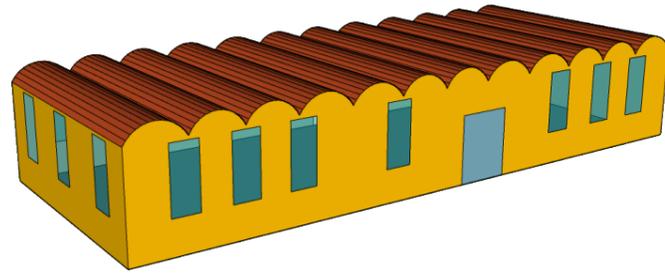
Temperature orarie annuali

EDIFICIO TIPO

Il caso studio si compone di un'unica zona termica (148 m²), che prende in considerazione l'intero volume dell'edificio fino alla mezzera delle pareti (520 m³). Si analizzano i risultati ottenuti nelle due simulazioni seguenti:

CASO BASE: Edificio semplicemente posizionato in modo isolato nel lotto.

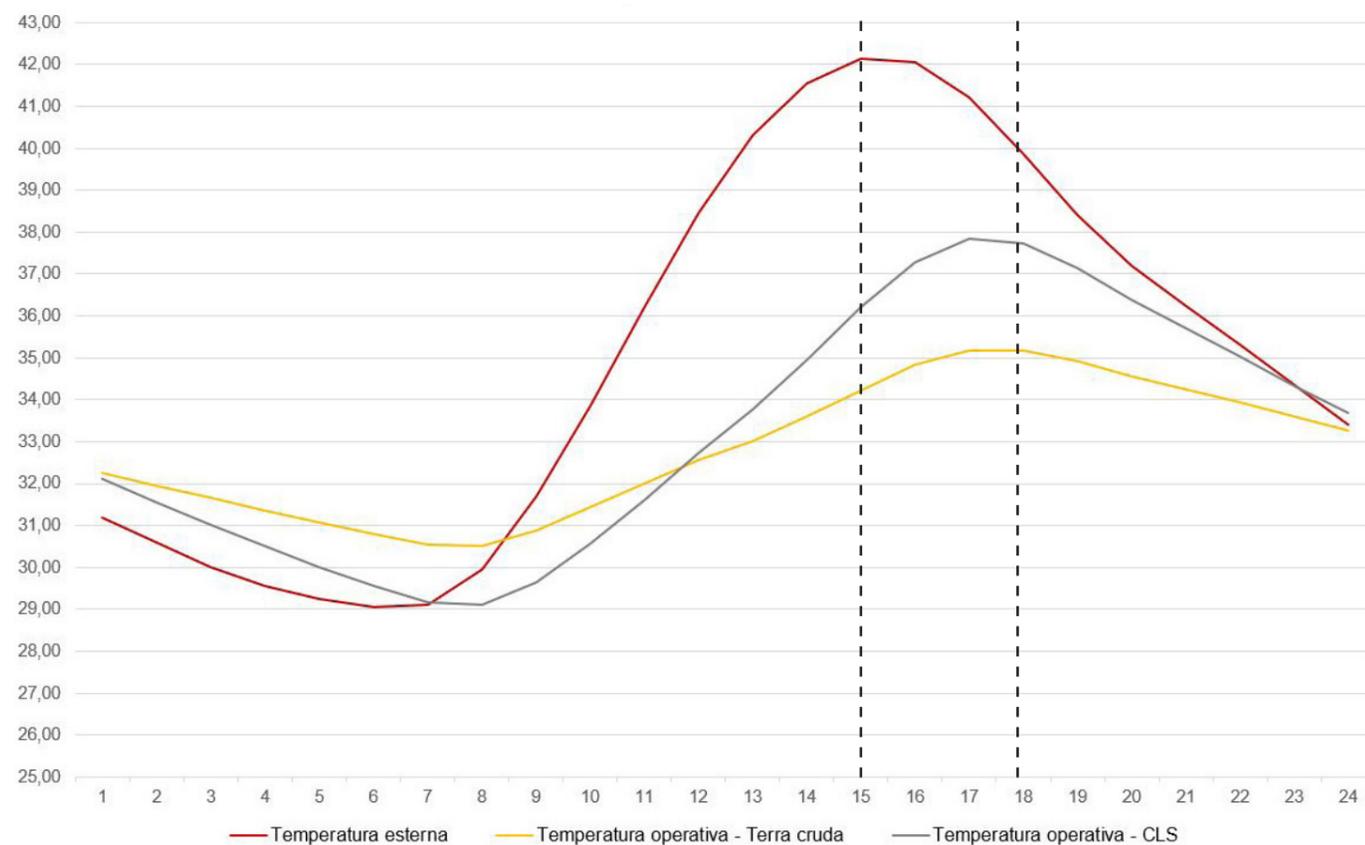
CASO FINALE: Edificio posizionato nel lotto come previsto dal progetto, affiancato dagli edifici accanto e con coperture ombreggianti.



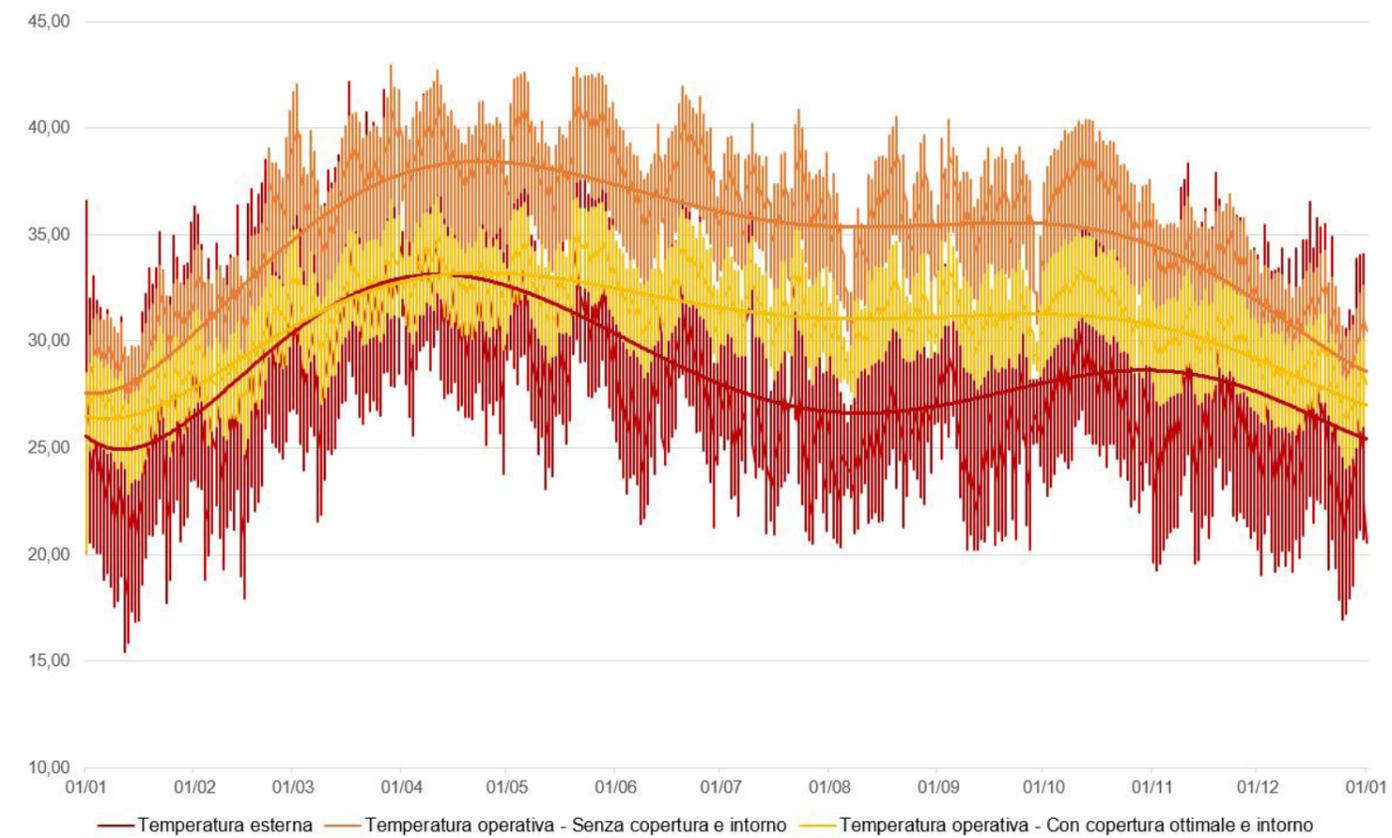
Al fine di verificare l'efficacia dell'aggetto, è stata effettuata una prima simulazione senza inserire alcuna strategia di ventilazione naturale o di schermatura delle aperture. Si nota in generale un innalzamento delle temperature rispetto a quella a bulbo secco esterna (rosso), soprattutto nel caso base con edificio privo di copertura aggettante; in particolare, è evidente come la soluzione finale sia in grado di ridurre notevolmente le temperature interne.

- INFLUENZA DELLA TECNOLOGIA DI INVOLUCRO

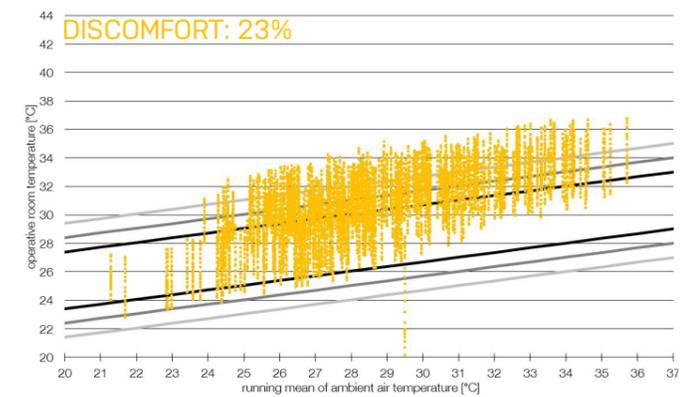
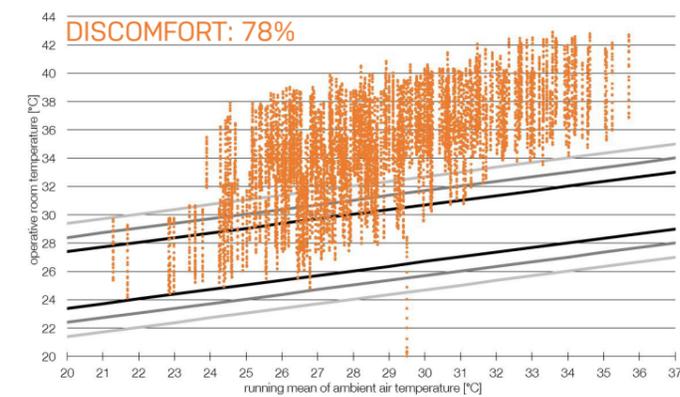
Per completezza, sull'edificio con copertura di aggetto ottimale, si confrontano due differenti strategie per l'involucro esterno: tamponamenti in terra cruda, tecnica tradizionale nonché prevista dal progetto; tamponamenti in CLS e solaio in latero-cemento, tecnica moderna che si sta ormai diffondendo rapidamente nel territorio. È evidente come l'inerzia termica dei mattoni in terra cruda sia in grado di attutire in modo più efficace i picchi maggiori di temperatura rispetto al CLS, garantendo di conseguenza anche un andamento delle temperature più regolare.



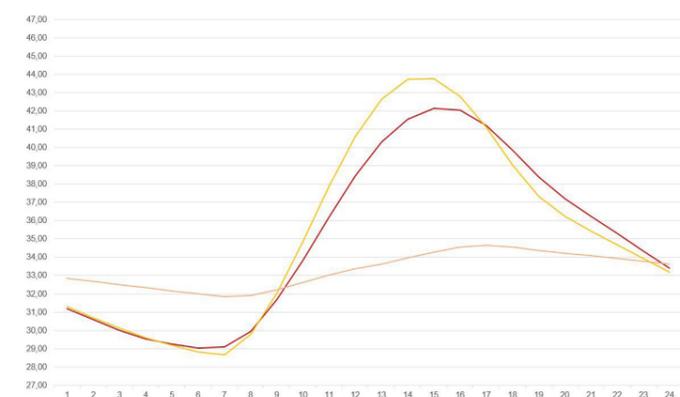
Andamento delle temperature orarie nella giornata critica, confronto tecnologie di involucro



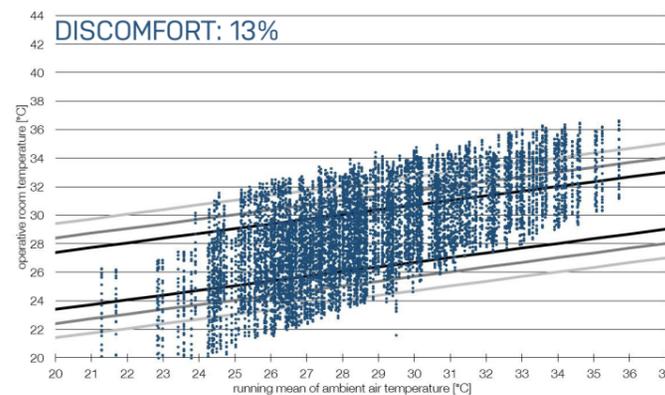
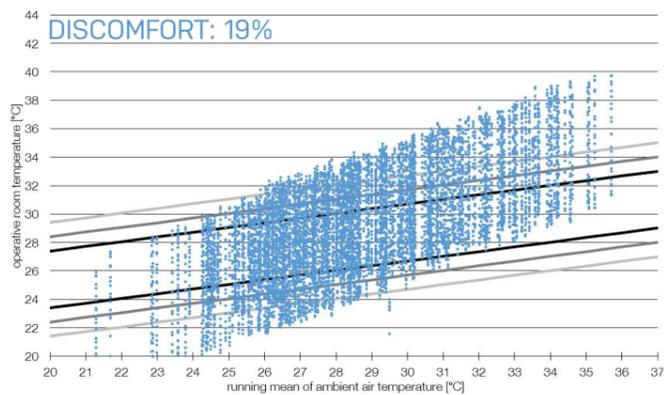
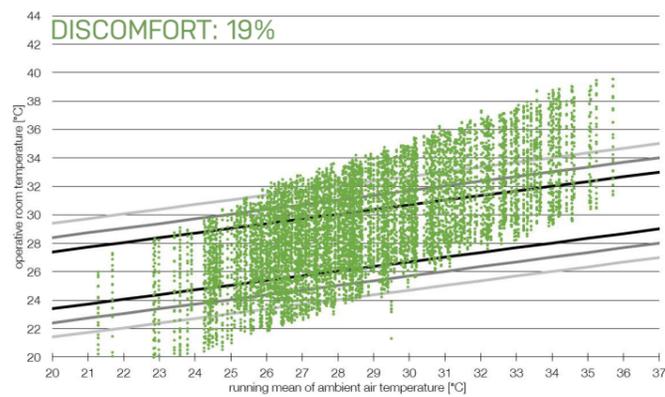
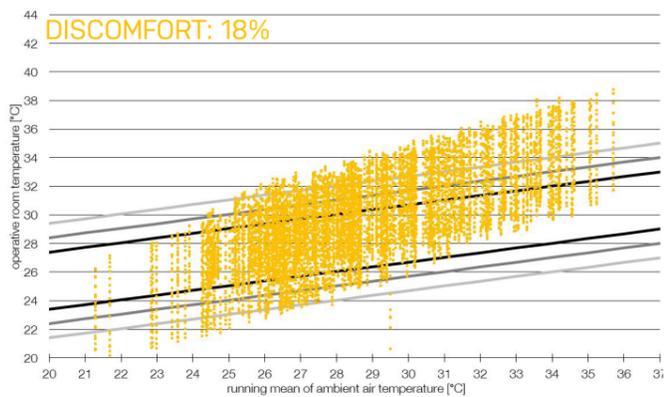
Temperature orarie annuali, confronto ombreggiamenti



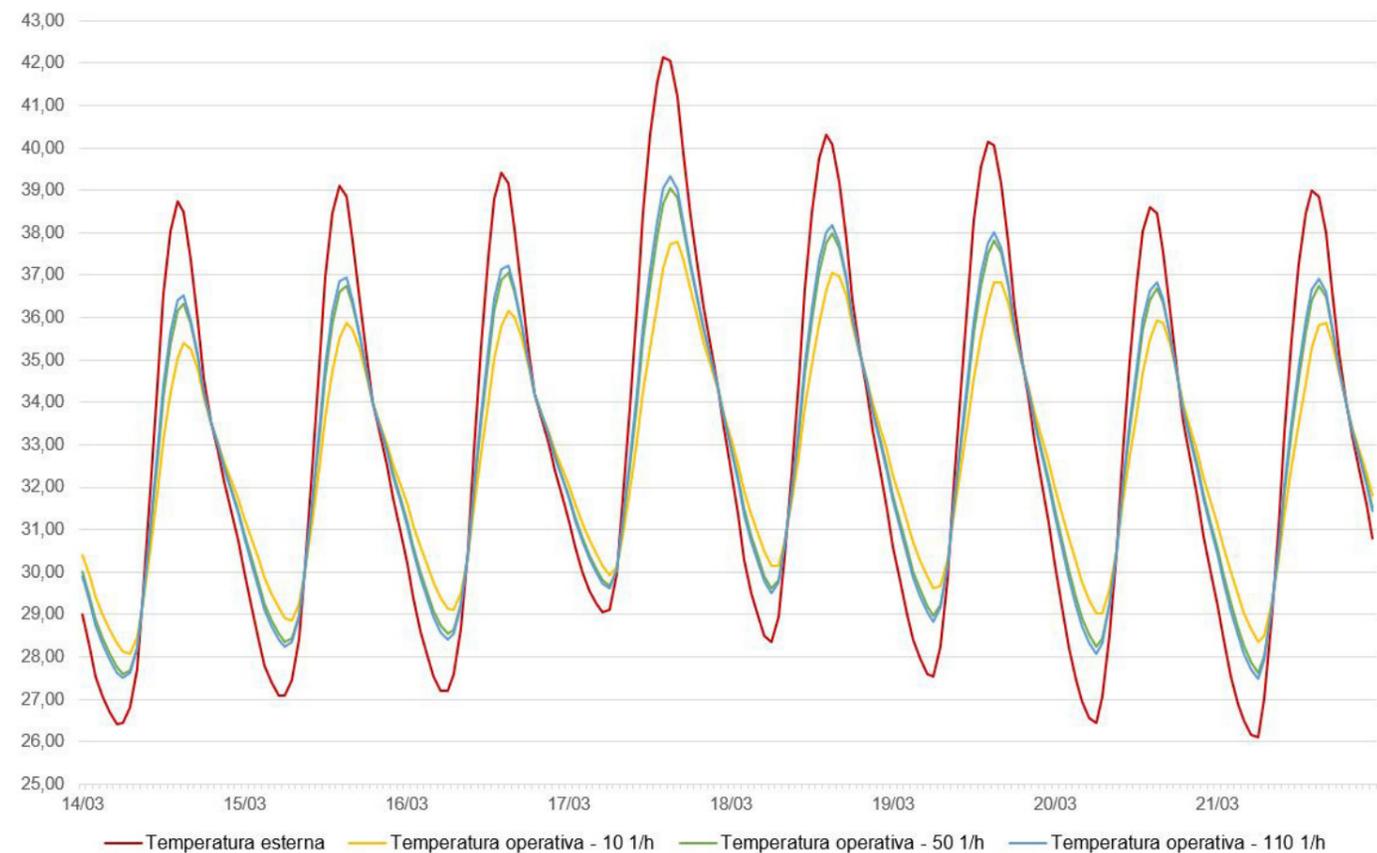
Comfort termico (EN 15251) rispettivamente nel caso base e nel caso finale, confronto ombreggiamenti



Andamento delle temperature - superficiali e esterna - orarie nella giornata critica, confronto tecnologie di involucro



Comfort termico (EN 15251), ventilazione naturale **01**, rispettivamente 10 1/h (giallo), 50 1/h (verde), 110 1/h (azzurro), e simulazione **02** con 110 1/h solo durante le ore più fresche (blu)



Andamento delle temperature orarie nella settimana critica, confronto strategie di ventilazione naturale **01**

- VENTILAZIONE NATURALE

Sono state effettuate due simulazioni distinte, in modo da trarre conclusioni utili per una successiva ottimizzazione:

01 Ventilazione naturale costante tutto il giorno (minima ipotizzata 10 1/h - giallo -, valore intermedio di prova 50 1/h - verde -, massima calcolata 110 1/h - azzurro).

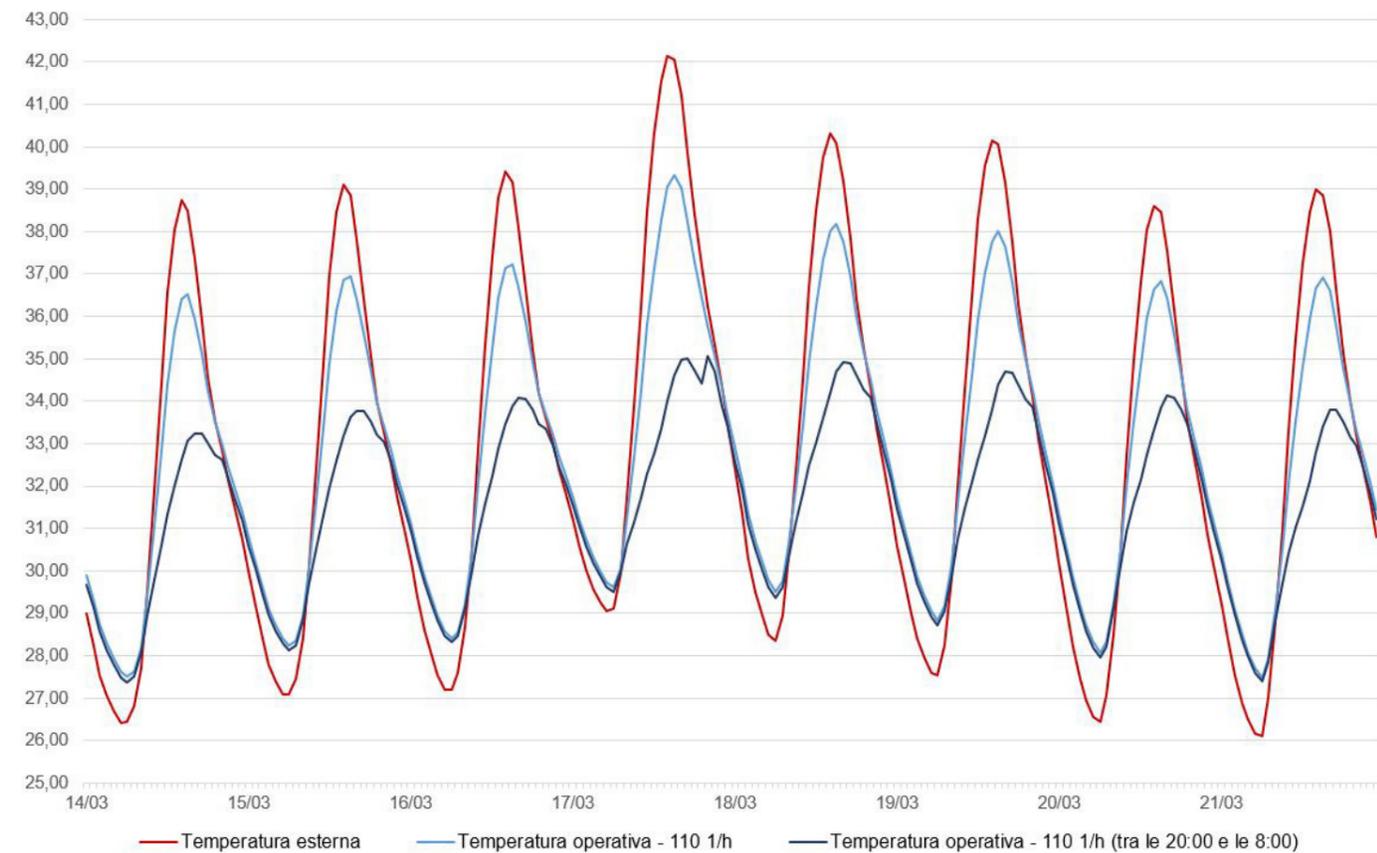
Dal grafico in basso a sinistra, è evidente l'effettiva efficacia della ventilazione naturale nell'attenuare i picchi di temperatura; questo fenomeno, prendendo in considerazione i soli picchi più caldi viste le esigenze climatiche dell'area di progetto, tende a smorzarsi con l'incremento del flusso di aria coinvolto. Infatti, essendo le temperature esterne molto elevate durante il giorno, un ricambio di aria così elevato implica sicuramente un elevato apporto di aria calda all'interno dell'ambiente.

02 Ventilazione naturale 110 1/h solo nelle ore più fresche della giornata (blu).

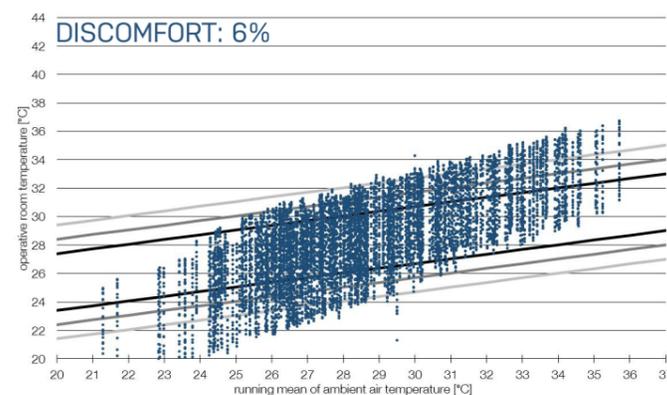
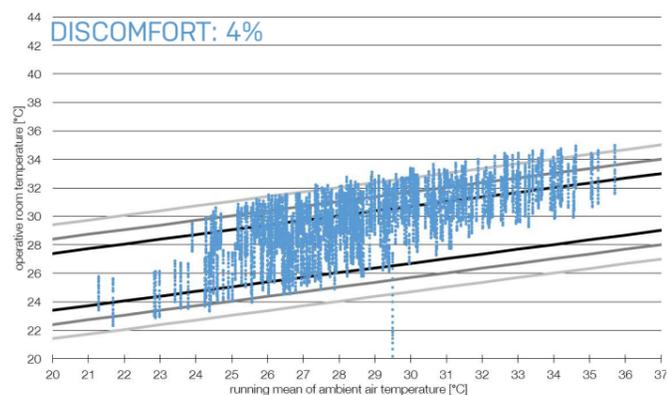
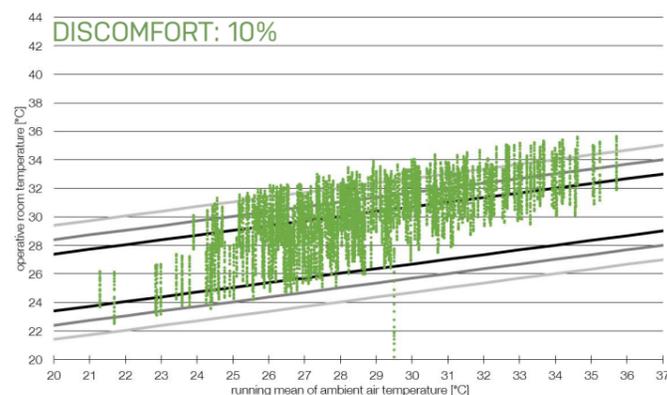
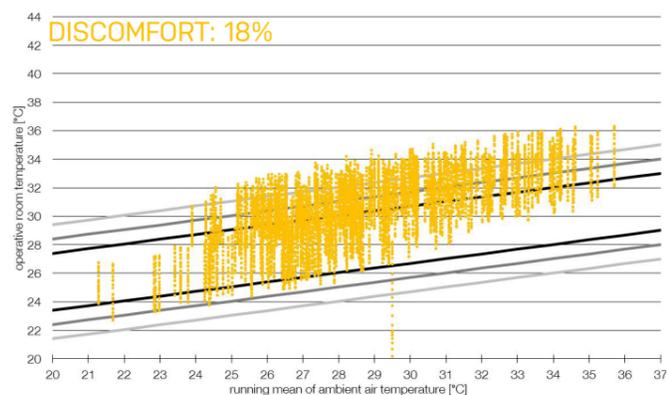
Il caso più favorevole per il clima in oggetto (benché irrealistico, vista la tipologia di aperture previste dal progetto) è quello in cui si decidesse di sfruttare la ventilazione naturale solamente nella parte di giornata che presenta temperature esterne minori (ad esempio tra le 20:00 e le 8:00). Questa strategia, in particolare in combinazione con l'involucro a elevata inerzia termica in terra cruda, può infatti condurre a livelli di comfort interno molto maggiori rispetto ai casi precedenti.

Il confronto è stato effettuato a parità di intensità di ventilazione naturale, scegliendo di mantenere il valore più elevato per avere maggiore influenza del fenomeno sul comfort interno. Il risultato (grafico sottostante) è un notevole smorzamento dei picchi di temperature più elevate, rispetto al caso con ventilazione naturale costante per tutta la giornata: se quest'ultima era in grado di ridurre di quasi 3 °C la temperatura interna rispetto a quella esterna, la ventilazione nelle sole ore più fresche della giornata consente un'ulteriore riduzione di circa 4,5 °C.

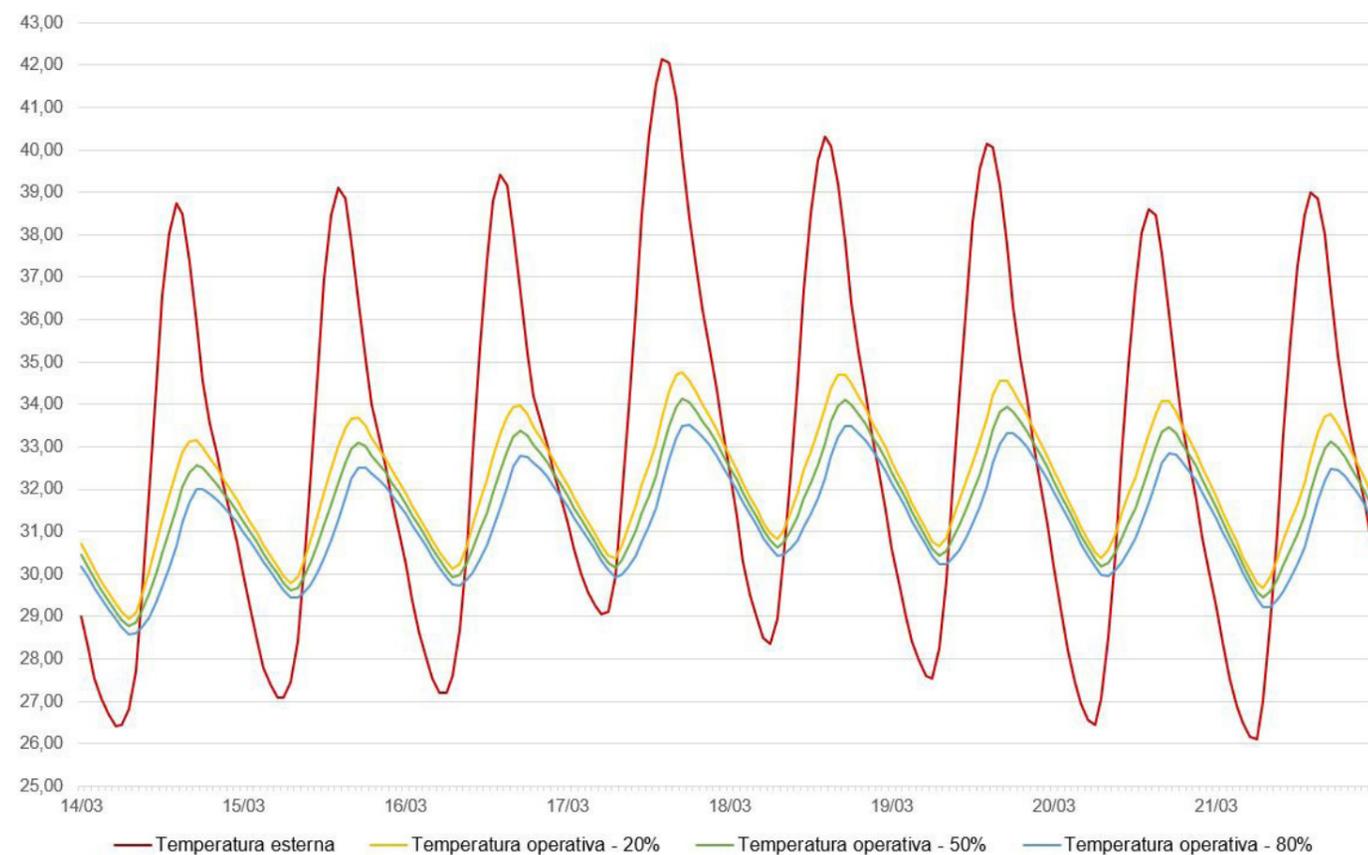
Tutti questi ragionamenti sono anche riscontrabili sui grafici relativi al comfort interno degli ambienti, presentati accanto, in cui ottimizzando la sola ventilazione naturale si potrebbe ridurre il discomfort interno ottenendo il 13% di ore in discomfort su tutta la durata dell'anno.



Andamento delle temperature orarie nella settimana critica, confronto ventilazione naturale **02**: continua/solo sera



Comfort termico (EN 15251), confronto schermature, rispettivamente 20% (giallo), 50% (verde), 80% (azzurro); ottimizzazione strategie passive con ventilazione naturale 10 1/h giorno + 50 1/h sera e schermature 80% (blu)



Andamento delle temperature orarie nella settimana critica, confronto schermature

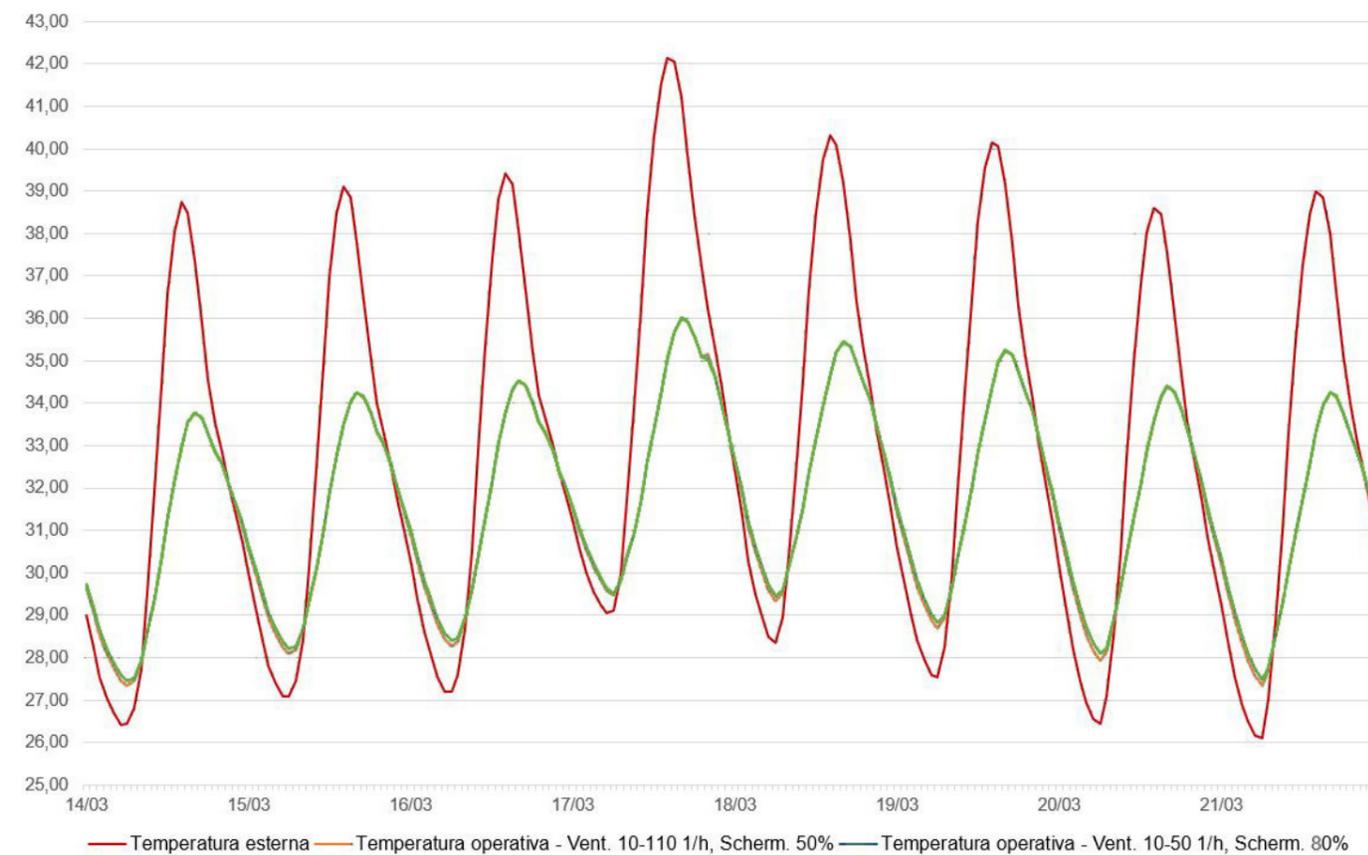
- SCHERMATURE DELLE APERTURE

Per comprendere l'incidenza delle schermature sul comfort interno, è stata effettuata una simulazione a ventilazione naturale nulla, studiando i seguenti casi: schermatura pari al 20% dell'apertura (giallo), 50% dell'apertura (verde) e 80% dell'apertura (azzurro), nonché valore massimo previsto dal progetto. Come mostra il grafico in basso a sinistra, lo smorzamento del picco è attribuibile principalmente al tipo di involucro scelto, in terra cruda quindi a elevata inerzia termica; lo spostamento in verticale delle curve di temperatura è invece effetto proprio delle differenti percentuali di schermatura solare. Chiaramente, la riduzione della temperatura interna è funzione della percentuale di schermatura ipotizzata.

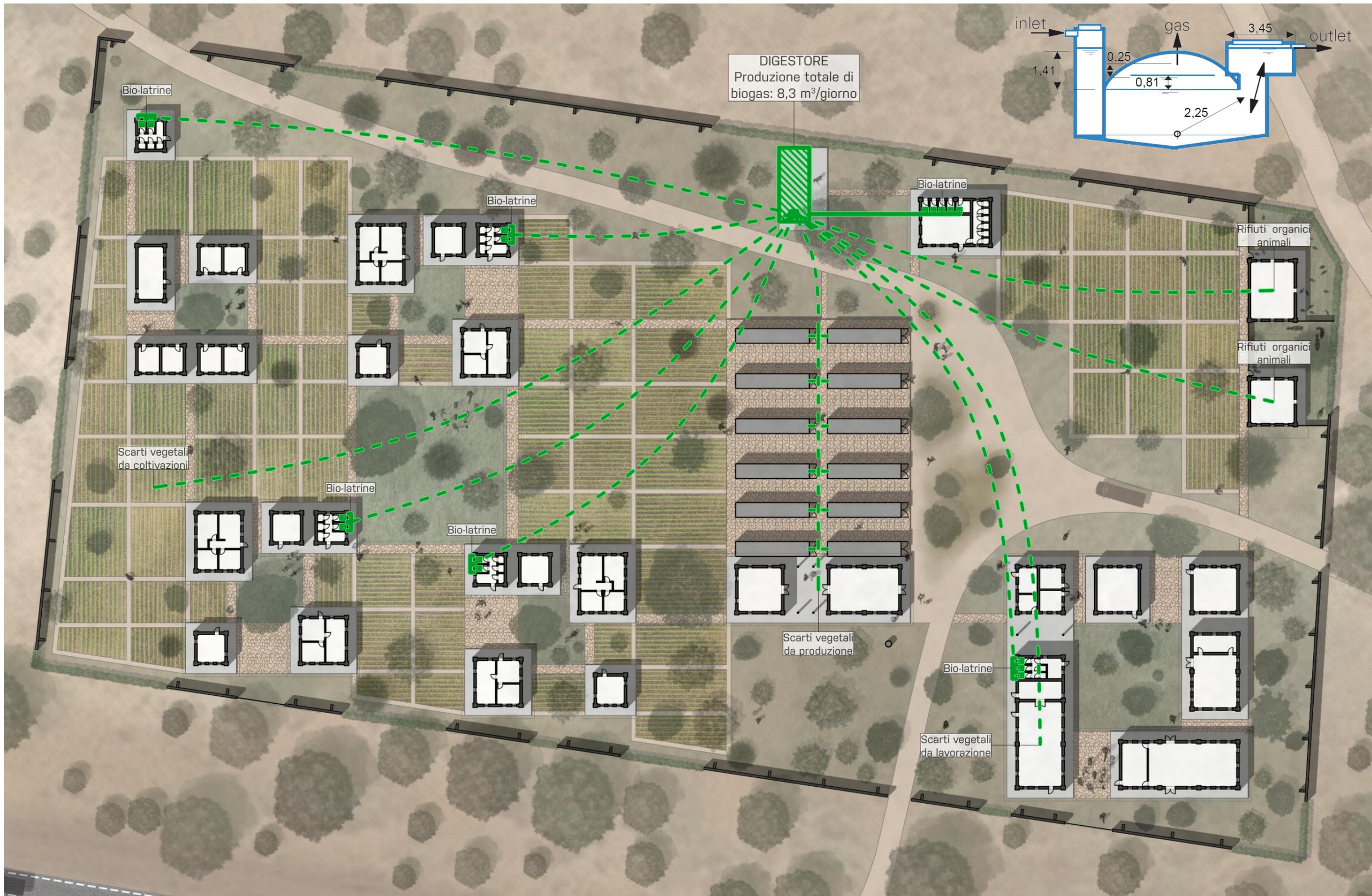
- OTTIMIZZAZIONE DELLE STRATEGIE PASSIVE

Come dimostrato nella tavola precedente, dati gli importanti sbalzi di temperatura tra giorno e notte (12-13 °C circa, anche nei periodi più critici), la ventilazione naturale è più efficace se concentrata nelle ore più fresche notturne; durante la giornata però, un valore, seppur ridotto, di ventilazione naturale è inevitabile vista la tipologia di aperture previste. Si ipotizza quindi di simulare due differenti casi di ventilazione naturale: 10 1/h nelle ore più calde e 110 1/h nelle ore più fresche; 10 1/h nelle ore più calde e 50 1/h nelle ore più fresche. Questi andranno combinati con le schermature esterne: nonostante la grande efficacia dell'oscuramento massimo (80%), si sceglie di simulare prima situazioni con percentuali intermedie, per consentire la coesistenza anche di un adeguato comfort visivo e luminoso interno. Si ipotizza quindi un valore di schermatura pari al 50% dell'apertura

I risultati della combinazione di queste strategie di ventilazione e schermatura sono riportati nel grafico sottostante, e si nota immediatamente che la variazione dell'intensità di ventilazione nelle ore più fresche non ha alcun effetto sulla temperatura interna durante la giornata, influenzata negativamente dalla ventilazione comunque presente anche nelle ore più calde, seppur con intensità minore grazie ai sistemi di schermatura delle aperture. Risultati decisamente migliori (6% di discomfort, in blu, rispetto al 9% che si sarebbe ottenuto) si hanno ipotizzando invece una schermatura dell'80%, anziché 50%. È evidente che questa simulazione rappresenta un caso limite per l'edificio in oggetto, in quanto implicherebbe sì un miglioramento del comfort termico, ma porterebbe certamente a un contemporaneo peggioramento del comfort visivo e luminoso.



Andamento delle temperature orarie nella settimana critica, ottimizzazione strategie passive





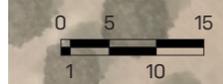
G.01 - 10x15 cm

G.02 - 15x20 cm

P.01 - ø101/110

P.02 - ø147/160

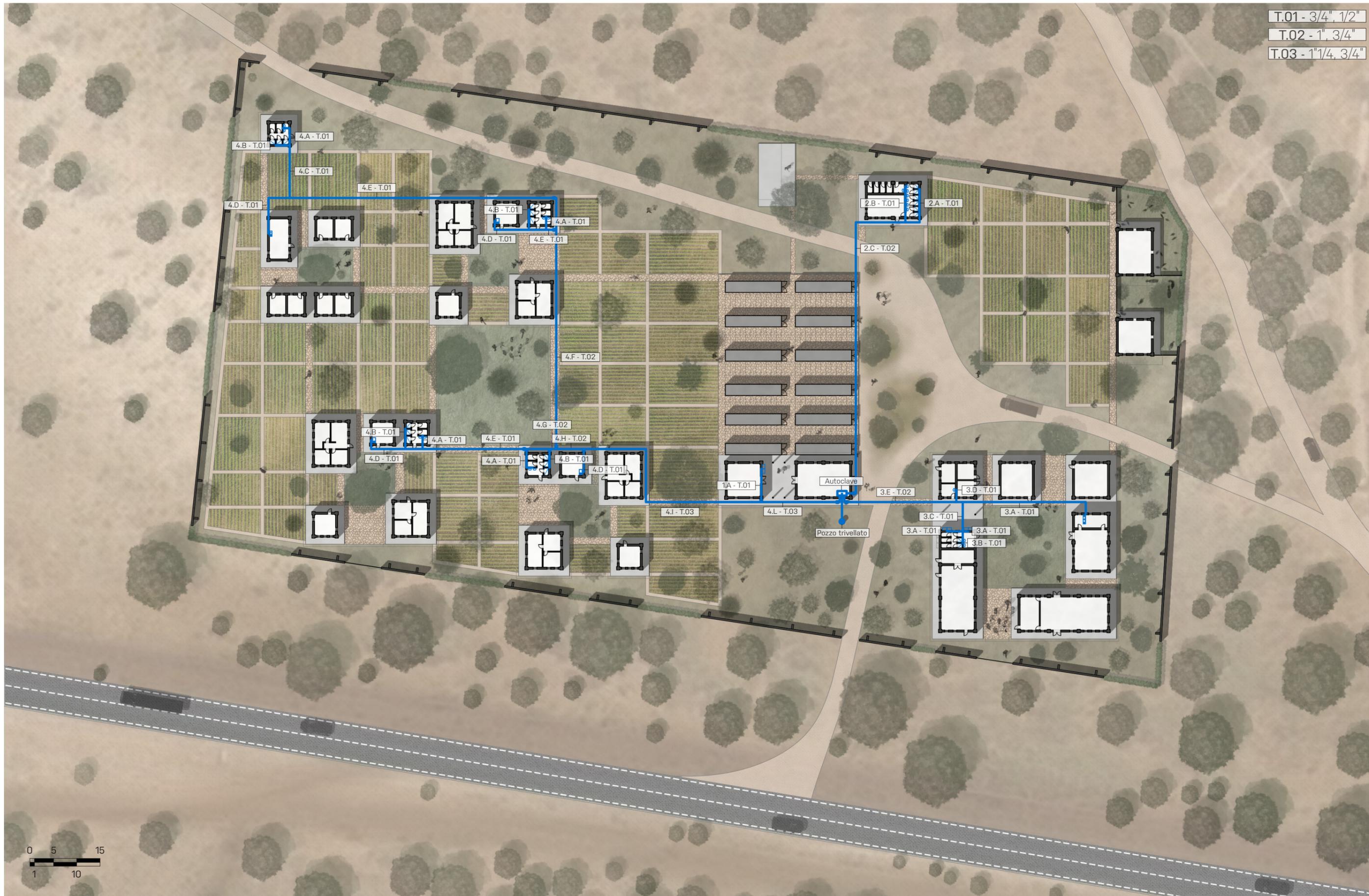
Pozzo trivellato



- C.01 - ø115/125
- C.02 - ø147/160
- C.03 - ø187/200
- C.04 - ø234/250



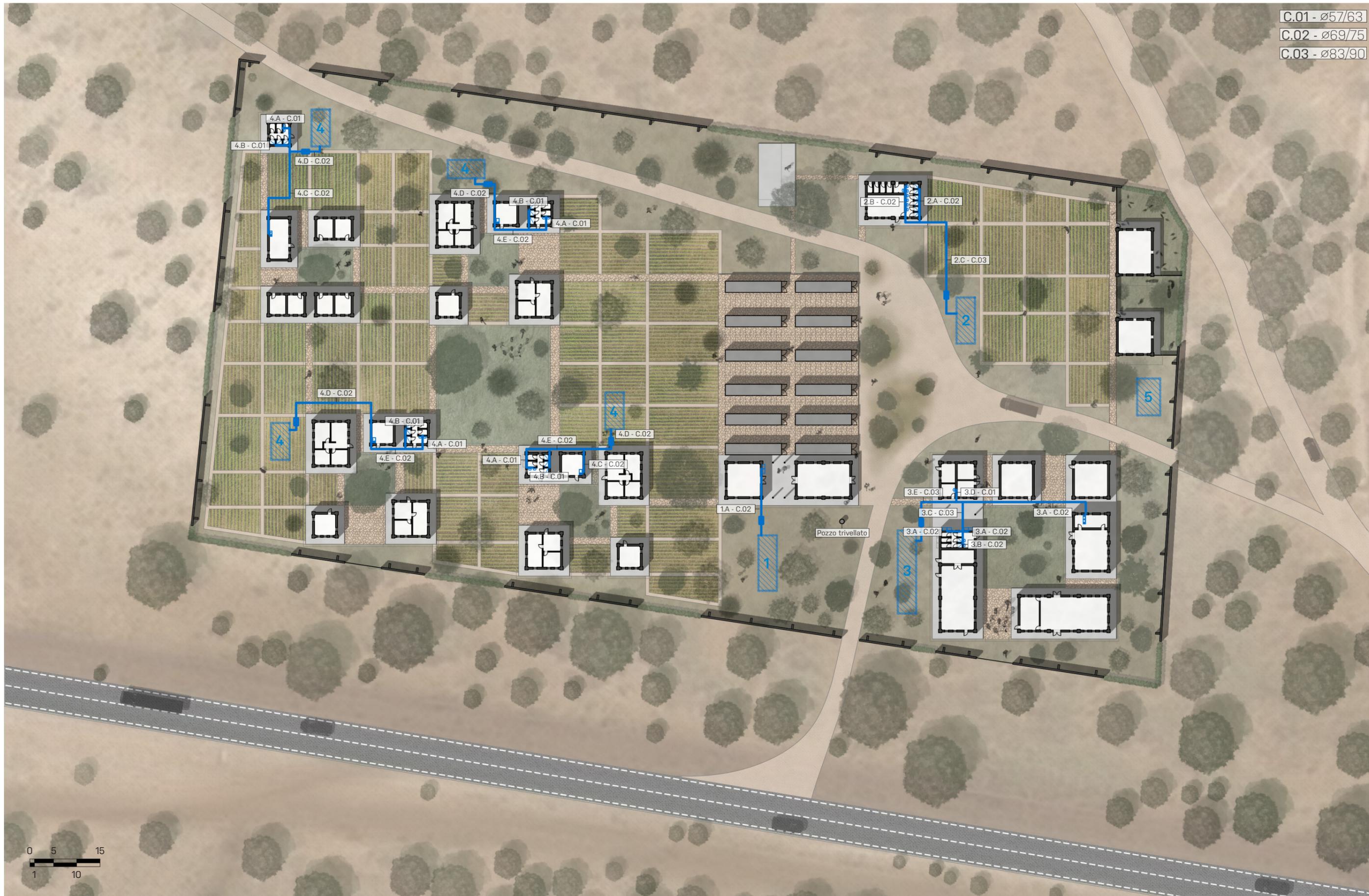
T.01 - 3/4", 1/2"
 T.02 - 1", 3/4"
 T.03 - 1 1/4", 3/4"



C.01 - ø57/63

C.02 - ø69/75

C.03 - ø83/90



Sono stati realizzati due differenti mattoni di *adobe* di dimensioni 40x20x10 cm, con appositi materiali reperiti nei pressi del comune di Marmirolo (MN):

MATTONI A - Impasto di argilla, acqua e paglia

MATTONI B - Impasto di argilla e acqua

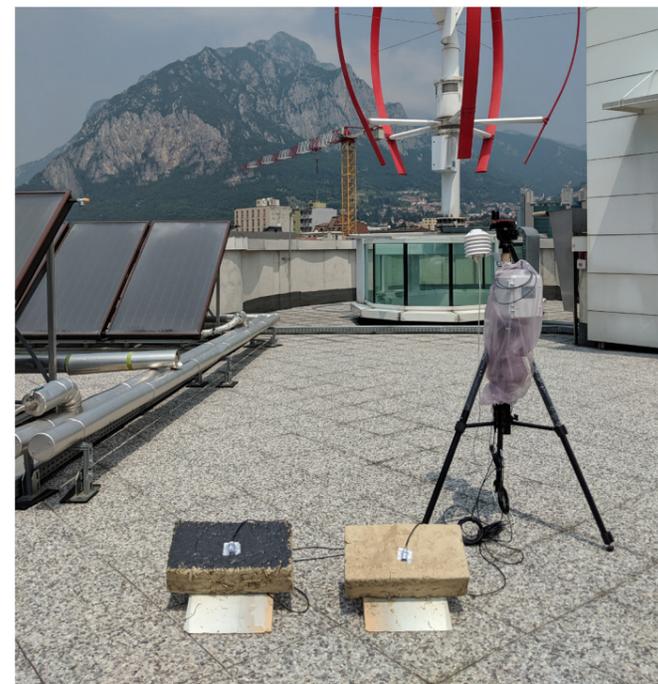


Una volta terminata la fase di essiccazione, i mattoni sono stati trasferiti presso il Campus di Lecco del Politecnico di Milano per essere sottoposti a test con rilevazione termica. A questo scopo, ciascun mattone è stato dotato di una coppia di sensori, posizionati sulle due facce maggiori dello stesso, in modo da confrontare il comportamento dal punto di vista termico della superficie superiore, esposta in modo diretto alle radiazioni solari, con quello della superficie inferiore. I mattoni sono stati inoltre poggiati su cunei di legno per assecondare la direzione del sole e per evitare il contatto diretto con la pavimentazione, che avrebbe altrimenti compromesso i risultati delle rilevazioni. Accanto ai mattoni è stata infine posizionata una stazione di misura, in modo da poter rilevare in contemporanea anche le condizioni dell'ambiente circostante, relativamente a temperatura, umidità relativa e radiazione solare incidente.

Al fine di individuare analogie e differenze nel comportamento dei due mattoni realizzati, a parità di condizioni di prova, sono stati effettuati due test:

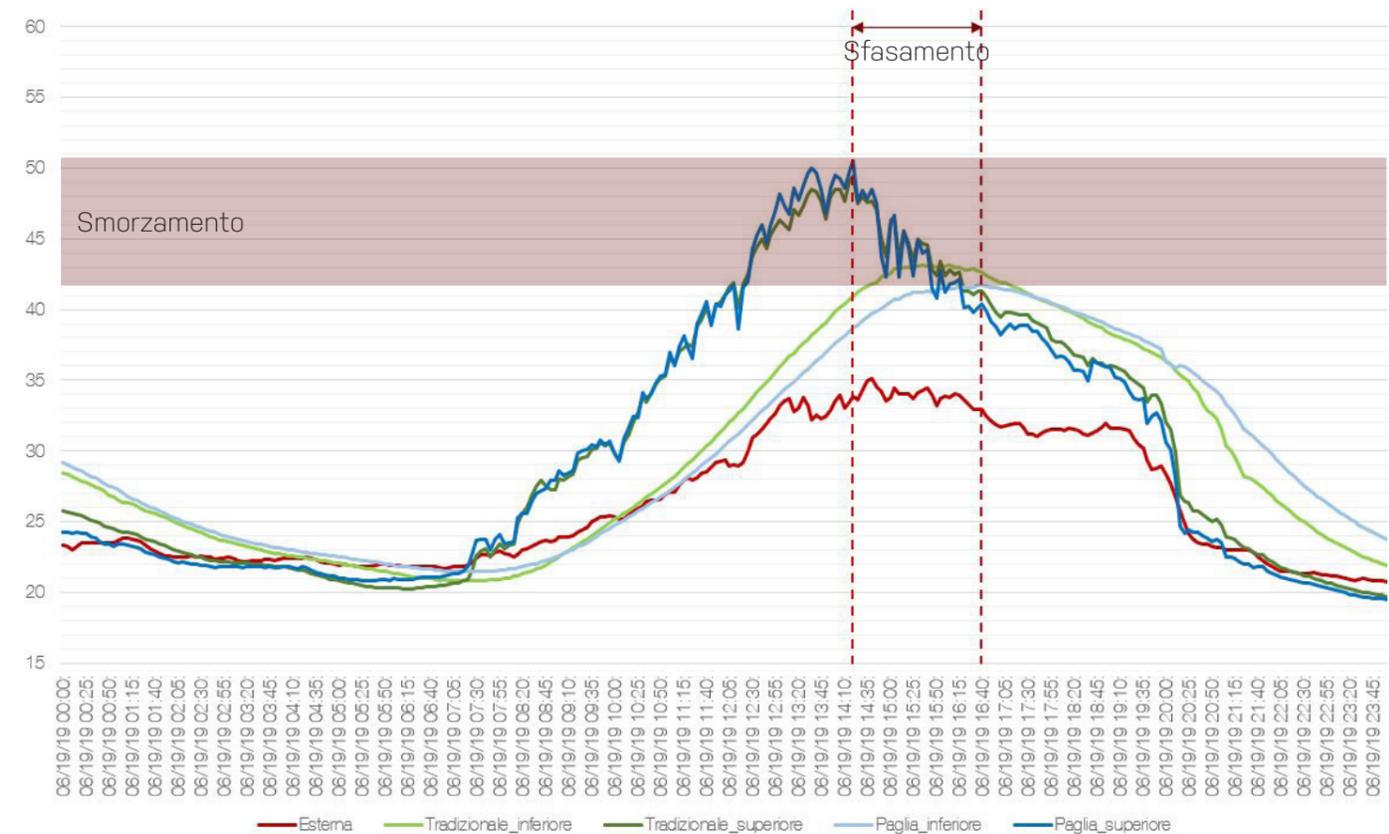
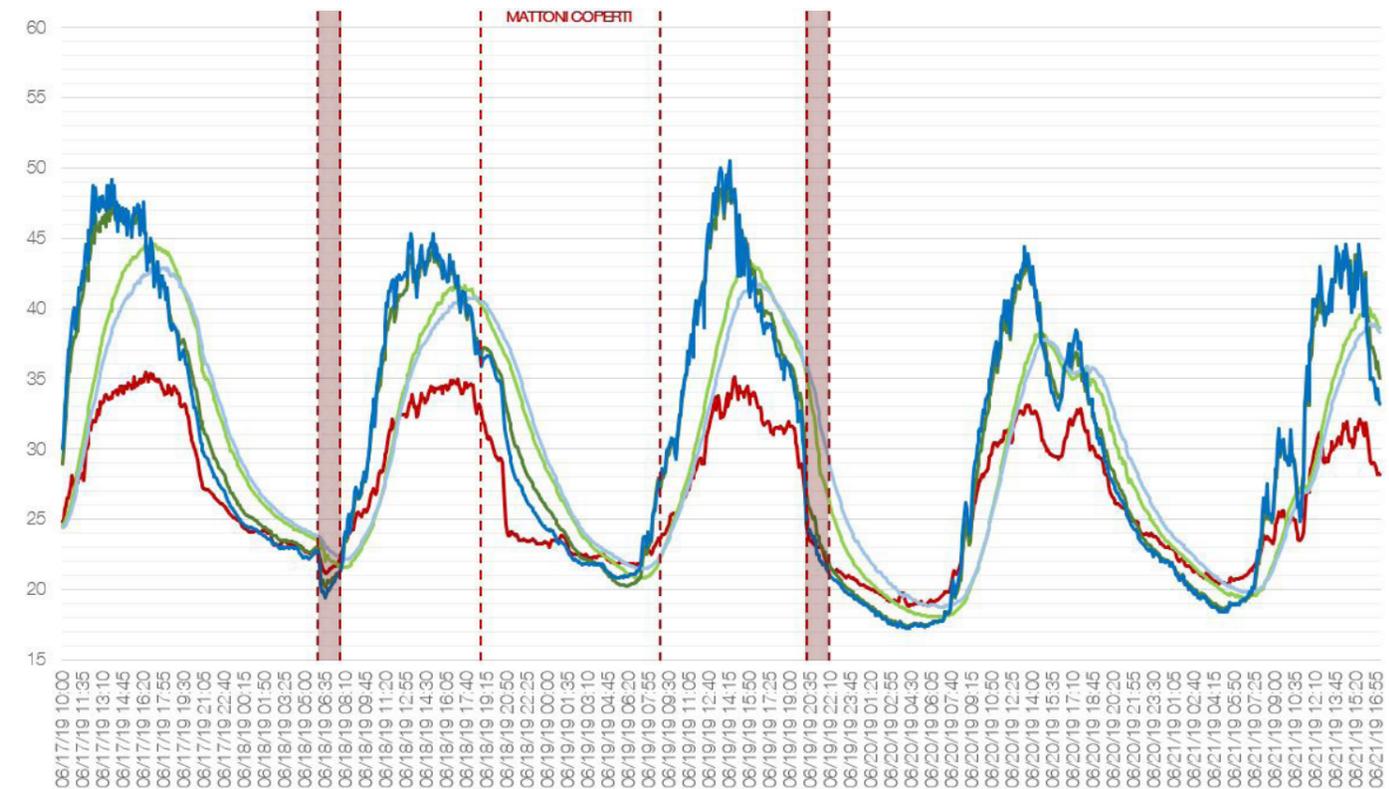
01 - Mattoni semplicemente esposti alla radiazione solare, al fine di controllare il comportamento in presenza e in assenza di paglia nell'impasto.

02 - Mattone B semplicemente esposto alla radiazione; mattone A con superficie superiore dipinta con colorazione scura, per confrontare il comportamento dei mattoni semplici rispetto a quelli decorativi.



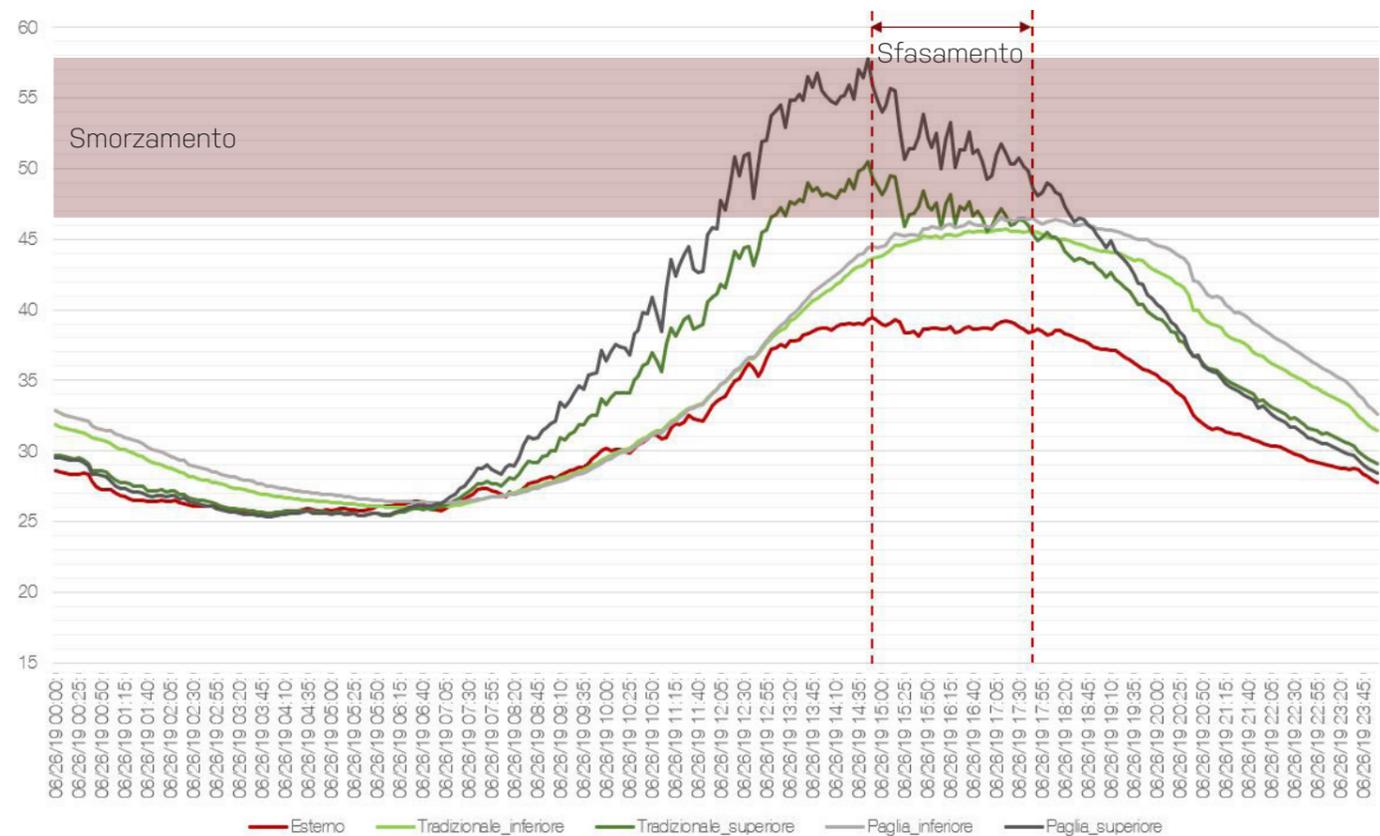
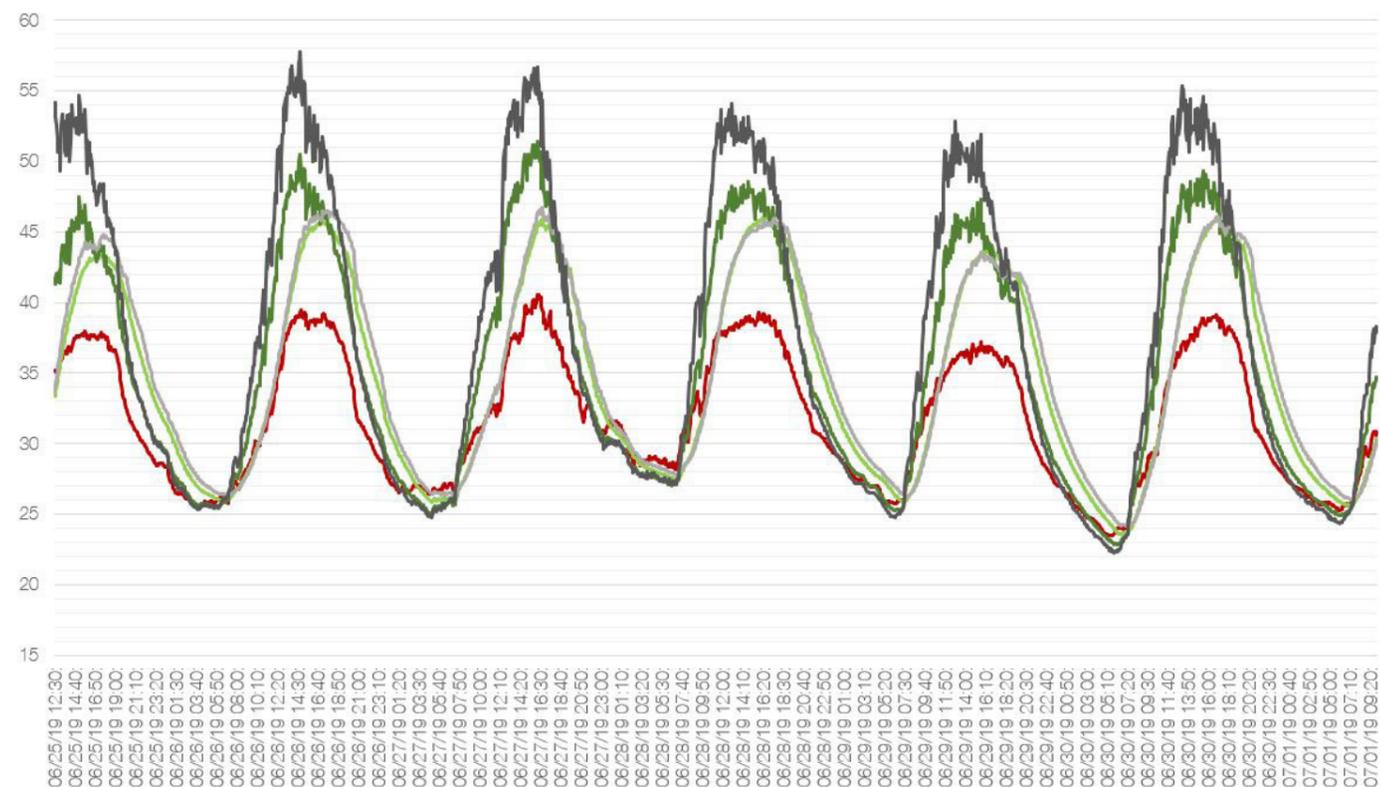
TEST 01: dal 17 Giugno 2019, ore 10:00, al 21 Giugno 2019, ore 17:00

Il test dimostra l'efficacia dell'introduzione di fibre di paglia nell'impasto, al fine di garantire migliori proprietà termoisolanti e di conseguenza un migliore comfort degli ambienti interni (prestazioni migliori in termini di sfasamento e smorzamento).



TEST 02: dal 25 Giugno 2019, ore 12:30, all'1 Luglio 2019, ore 10:00

Il test conferma l'efficacia dell'introduzione di fibre di paglia nell'impasto, nonostante la colorazione superficiale scura della faccia esposta alle radiazioni solari (prestazioni migliori in termini di sfasamento e smorzamento).



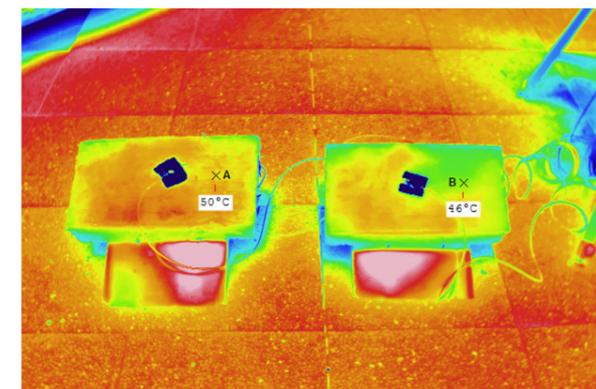
In vari momenti, durante la fase di test, sono state inoltre scattate termografie con apposita camera termografica, alcune delle quali sono riportate sotto.

TEST 01:

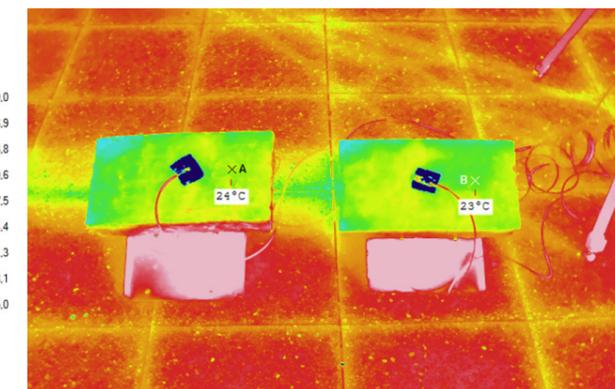
Le seguenti termografie mostrano la variazione della temperatura superficiale in due momenti fondamentali: in fase di riscaldamento (sinistra) e in fase finale di raffreddamento la mattina successiva (destra).

È evidente che sul mattone A (con paglia nell'impasto) si rilevano temperature superficiali in generale maggiori rispetto al mattone B, arrivando a raggiungere picchi di circa 50 °C nelle ore più calde della giornata; tuttavia, controllando l'andamento più nel dettaglio nel grafico nella tavola precedente, su una durata di 24 ore, si nota che a temperature maggiori sulla superficie superiore del mattone A nelle ore di picco, corrispondono temperature minori sulla superficie inferiore, rispetto a quanto rilevato invece sul mattone B.

Nonostante la superficie esterna raggiunga temperature di picco più elevate, quindi, il mattone A è in grado di garantire prestazioni migliori del mattone B in climi caldi, sia dal punto di vista dello smorzamento (circa 9 °C, rispetto ai 7 °C del mattone B) che dello sfasamento (circa 2,5 ore, rispetto alle 2 ore del mattone B).



17 Giugno 2019, ore 12:24 ($T_{amb} = 32 \text{ °C}$, UR = 50%)



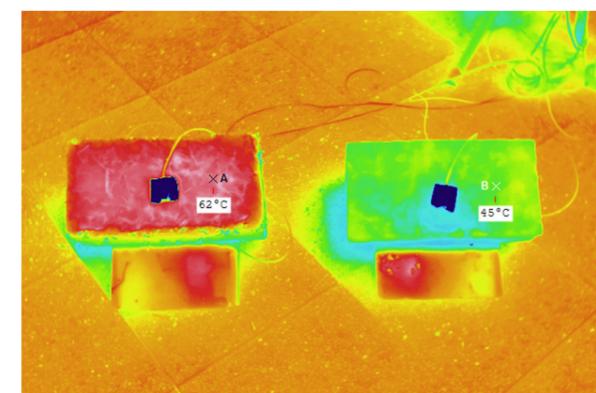
18 Giugno 2019, ore 8:32 ($T_{amb} = 24 \text{ °C}$, UR = 44%)

TEST 02:

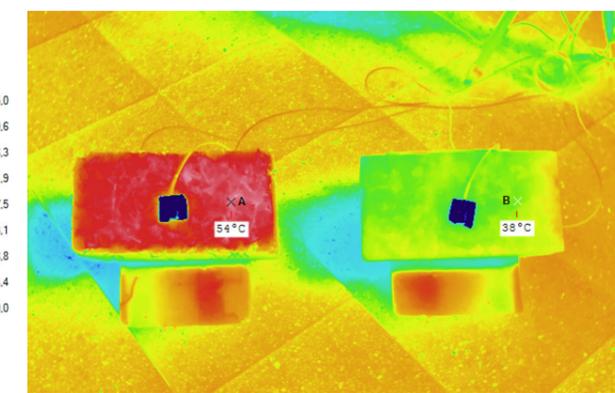
Le seguenti termografie mostrano ancora una volta la variazione della temperatura superficiale in due momenti fondamentali: in fase avanzata (sinistra) e iniziale (destra) di riscaldamento.

Ancora una volta, sul mattone A (con paglia nell'impasto e colorazione superficiale scura sulla faccia esposta alla radiazione solare) si rilevano temperature superficiali in genere maggiori rispetto al mattone B, arrivando a raggiungere picchi di circa 60 °C nelle ore più calde della giornata; tuttavia, controllando l'andamento più nel dettaglio nel grafico sulla sinistra, su una durata di 24 ore, si nota che a temperature maggiori sulla superficie superiore del mattone A nelle ore di picco, corrispondono temperature sulla superficie inferiore molto simili a quelle rilevate sul mattone B.

Nonostante la superficie esterna con colorazione scura raggiunga temperature di picco ancora più elevate, quindi, il mattone A è comunque in grado di garantire prestazioni migliori del mattone B in climi caldi, sia dal punto di vista dello smorzamento (circa 11,5 °C, rispetto ai 5 °C del mattone B) che dello sfasamento (circa 3 ore, rispetto alle 2,5 ore del mattone B).



25 Giugno 2019, ore 12:25 ($T_{amb} = 35 \text{ °C}$, UR = 53%)



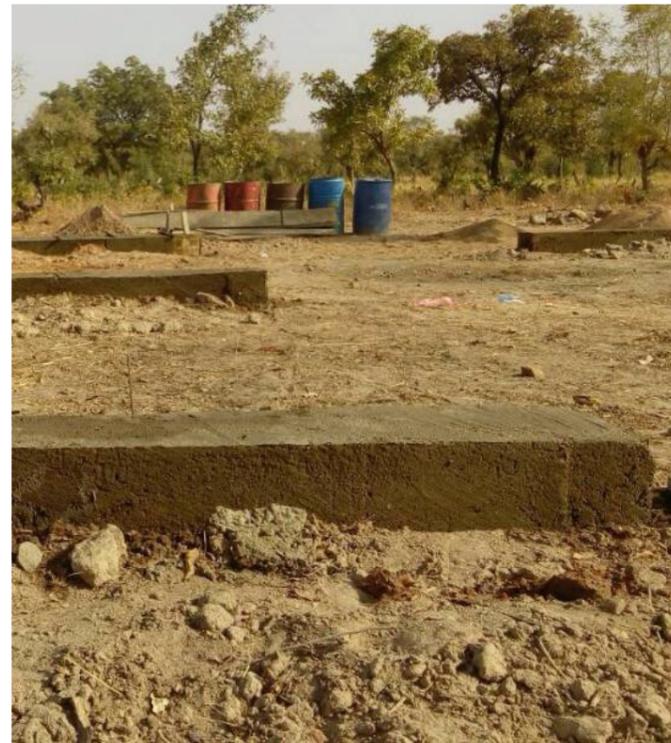
1 Luglio 2019, ore 10:19 ($T_{amb} = 31 \text{ °C}$, UR = 56%)



Predisposizione dei casseri per il getto delle fondazioni



Realizzazione dei cordoli di fondazione



Completamento dei cordoli di fondazione

È già stata avviata nel lotto quella che è stata definita come "Fase 1" di progetto, della quale si riporta la planimetria. Si fa riferimento, in particolare, alla fila inferiore di container reefer, composta da sei elementi disposti in maniera lineare nel lotto.

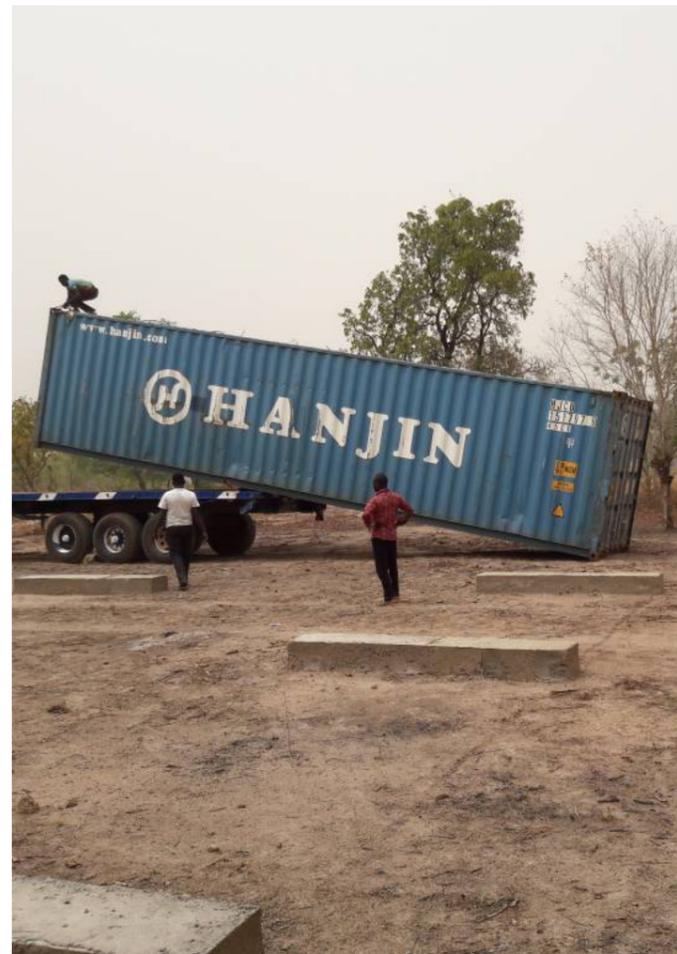
Come documentano le immagini, ad oggi sono stati completati i sei cordoli di fondazione per la posa dei rispettivi container. Successivamente, sono stati trasportati e posizionati nell'area di progetto i container stessi, in modo da poter trasferire nel lotto anche macchinari e materiali a disposizione e predisporre l'impianto per il suo funzionamento.

Per quanto riguarda quindi i materiali attualmente a disposizione, sono stati spediti dall'Italia e scaricati nel lotto 60 pannelli *Isotec Parete*, 60 pannelli *Xroof* e 30 pannelli *Elycop*, tutti forniti dall'azienda *BrianzaPlastica*; come ulteriormente documentato nelle pagine seguenti, alcuni di questi sono già stati posati da maestranze locali, seguendo gli schemi di montaggio che sono stati presentati nella Tav. 26.

Nel frattempo, è stata installata e messa in funzione l'unità produttiva (composta da generatore e linea di spremitura), temporaneamente posizionata in uno dei sei container, indicato con il codice 01 nella planimetria.



Completamento dei cordoli di fondazione



Scarico di uno dei container nell'area



Posizionamento dei container sui rispettivi cordoli



Fase 1: indicazione dello stato di avanzamento



Posizionamento dei container completato

Essendo quindi attualmente sede dell'impianto, fino a quando non sarà realizzato l'apposito locale tecnico adiacente, si è scelto di proteggere questo container con una tettoia temporanea di dimensioni pari a 7,60 m x 15,20 m, sorretta da una struttura leggera in acciaio. Al momento, i cinque container rimanenti (codici 02/06 nella planimetria) non sono ancora impiegati per la funzione prevista di container reefer; alcuni di essi sono quindi temporaneamente dedicati al deposito e stoccaggio di materiali e prodotti che non necessitano di refrigerazione, principalmente sementi al servizio della linea di spremitura. Visti i positivi risultati ottenuti in queste prime fasi di inserimento dell'iniziativa nel mercato degli allevatori e agricoltori burkinabé, l'associazione POKO Energy Seeds prevede di avviare entro la fine dell'anno corrente i lavori per il completamento della "Fase 1", in modo da portare a regime l'unità produttiva e garantire ai lavoratori adeguati servizi.



Realizzazione della struttura di copertura del container 01



Realizzazione della struttura di copertura del container 01



Scarico del materiale *BrianzaPlastica*



Fasi iniziali di posa dei pannelli *Isotec Parete*



Fasi iniziali di posa dei pannelli *Isotec Parete*



Visita di OXFAM nel lotto durante le fasi di montaggio dei pannelli



Vista complessiva dei container posizionati nel lotto



Completamento tettoia e posa della pavimentazione tra i container



Completamento tettoia e posa della pavimentazione tra i container



Predisposizione per la messa in funzione dell'impianto: sulla destra, Yannick

