

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione Città

Tesi di Laurea

Il comfort termoigrometrico nel progetto di riqualificazione dei cortili scolastici: implicazioni pedagogiche, sociali e ambientali. Due casi studio nel quartiere Lingotto di Torino.



Relatore: prof.ssa Valentina Serra
POLITECNICO DI TORINO

Candidato: Rosy Ilaria Scalzo



Correlatore: dott.ssa Paola Zonca
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO



Correlatore: arch. Raffaella Leonforte Bruno
CITTÀ DI TORINO-LABORATORIO CITTÀ SOSTENIBILE DI ITER

A. A. 2018/2019

Ringraziamenti

Innanzitutto vorrei esprimere la mia gratitudine alla prof.ssa Valentina Serra, che ha accolto con interesse la mia proposta di tesi, guidando l'elaborazione, con competenza e curiosità. Il suo sostegno e la sua fiducia sono state fondamentali nello sviluppo del lavoro.

Un ringraziamento particolare è diretto all'Arch. Raffaella Leonforte Bruno, del Laboratorio Città Sostenibile, per l'estrema disponibilità e per essere stata una guida preziosa nella stesura del progetto.

Vorrei ringraziare alla dott.ssa Paola Zonca, dell'Università di Torino, il cui costante supporto è stato essenziale per valorizzare gli aspetti pedagogici della tesi.

Ringrazio l'arch. Pier Giorgio Turi, che ha sostenuto fin da subito il mio lavoro e mi ha guidato nella scelta dei casi studio, illustrandomi il progetto europeo ProGiReg.

Un riconoscimento speciale va alle dirigenti della scuola C. Collodi e P. Calamandrei, Renata Merlo e Laura Arossa.

Ringrazio tutto il personale scolastico e il corpo docente, in particolare le insegnanti delle classi coinvolte nel progetto, con cui ho avuto il piacere di collaborare: le maestre Antonella Gastone, Elisabetta Prazzo ed Elena Reggio e le professoresse Maria De Luca, Mariateresa Marchesi e Gabriella Sabatino, per l'interesse e la disponibilità.

Sono enormemente grata a tutti i bambini e i ragazzi che hanno partecipato con entusiasmo alle attività. Il tempo, l'impegno e l'affetto che mi hanno dimostrato sono stati per me fonte di grande gioia e soddisfazione.

Ringrazio anche la dott.ssa Manuela Bassi dell'Arpa Piemonte, il dott. Agronomo Alberto Vanzo, l'arch. Valentina Peyronel e l'arch. Angela Nasso, per i preziosi consigli.

Giunta alla fine del mio percorso accademico vorrei ringraziare la mia famiglia, i miei genitori e le mie sorelle che mi hanno supportato e sopportato con amore e pazienza in questi anni e soprattutto negli ultimi mesi.

Grazie di cuore a Luigi, che è stato sempre al mio fianco, strappandomi un sorriso anche nei momenti più difficili.

Ringrazio tutti gli amici e i colleghi di architettura, veri e propri compagni di viaggio e di vita.

Abstract

La maggior parte dei cortili scolastici presenti sul territorio corrisponde semplicemente allo spazio esterno dell'edificio: un ambiente anonimo e non strutturato, destinato allo svago e al libero movimento. Ampie superfici in asfalto e cemento ed aree verdi carenti e trascurate sono le situazioni più ricorrenti. Il design dello spazio aperto condiziona sensibilmente il fenomeno dell'isola di calore urbana ed il microclima, con conseguenze negative per il comfort termoigrometrico degli utenti. I bambini, giocando in cortile, sono particolarmente esposti allo stress termico, che influisce sul loro bilancio energetico, sul comportamento, sul livello di attività fisica e sui processi cognitivi. Negli ultimi anni è aumentato l'interesse rivolto alla qualità degli ambienti esterni, in particolare quelli scolastici. In virtù della loro presenza diffusa nel tessuto urbano, i cortili possono rappresentare una risorsa preziosa non solo per le scuole, ma anche per la comunità e l'ambiente. In questa prospettiva sono state promosse differenti iniziative, tra cui i progetti Schoolyard to Playground a New York e Les cours d'écoles Oasis a Parigi che stanno trasformando i cortili in oasi resilienti, aperte al quartiere al di fuori dell'orario scolastico.

La tesi si inserisce nelle politiche di riqualificazione del sistema educativo torinese attraverso la collaborazione con il Laboratorio Città Sostenibile di ITER e la partecipazione al workshop Spazi innovativi per l'apprendimento. Il comfort termico e le esigenze degli utenti hanno guidato il processo di rigenerazione dei cortili, offrendo un metodo replicabile anche in altri contesti. Nello specifico, questa metodologia è stata applicata a due scuole nel quartiere Lingotto di Torino: la primaria C. Collodi e la secondaria di I grado P. Calamandrei. Gli istituti, scelti in accordo con Laboratorio Città Sostenibile, rientrano nel progetto europeo ProGiReg, che ha come obiettivo l'impiego di soluzioni innovative nature based per riqualificare le aree post-industriali.

La valutazione ha seguito due approcci complementari e paralleli, i cui esiti hanno fornito le basi per il progetto di riqualificazione. Innanzitutto, è stata condotta un'analisi quantitativa focalizzata sulle condizioni microclimatiche e sul benessere termico degli utenti, attraverso rilievi termografici, simulazioni con il software ENVI_MET e calcolo dell'indice di comfort termico PET. Inoltre, è stata eseguita un'analisi qualitativa, centrata sulla percezione dell'ambiente e sulle esigenze degli utenti e basata su un percorso partecipativo con studenti ed insegnanti attraverso questionari, disegni e laboratori di progettazione.

In relazione alla mitigazione del microclima sono state adottate le seguenti strategie: incremento delle superfici naturali e della vegetazione, installazione di sistemi di schermatura artificiali ed impiego di cool pavements, in sostituzione ai materiali impermeabili e con basso albedo.

Dal punto di vista del comfort termoigrometrico, gli alberi rappresentano la soluzione più efficace, in quanto intercettano la radiazione solare incidente e raffrescano l'aria attraverso il processo evapotraspirativo, riducendo il PET di oltre 10°C in condizioni estive estreme.

Le proposte progettuali rispondono alle necessità espresse degli utenti: spazi versatili e multifunzionali che promuovono il gioco, l'attività sportiva, l'esplorazione e l'aggregazione, fornendo allo stesso tempo aree intime dedicate alla sosta e al relax.

Indice

1. IL CORTILE SCOLASTICO: LIMITI E POTENZIALITÀ	11
1.1. Il cortile scolastico tra pedagogia e architettura	12
1.1.1. Il cortile nel mondo dell'infanzia	13
1.1.2. Il cortile nella scuola secondaria	15
1.2. Lo spazio aperto come risorsa diffusa nel territorio	16
1.2.1. Esempi internazionali	16
1.2.2. Esempi nazionali	19
1.3. Il panorama torinese	22
1.3.1. La Città di Torino e il Laboratorio Città Sostenibile di ITER	24
1.3.2. Il progetto CO-CITY	26
1.3.3. Il workshop Spazi innovativi per l'apprendimento	27
1.4. La schoolyard heat island e l'importanza del comfort termico	28
1.5. Bibliografia e sitografia	28
2. L'ISOLA DI CALORE URBANA E IL COMFORT TERMICO IN AMBIENTI ESTERNI	30
2.1. Il fenomeno dell'isola di calore urbana	31
2.2. Il comfort termico in ambienti esterni	33
2.3. La mitigazione del microclima nella progettazione dello spazio aperto	35
2.3.1. Le strategie	35
2.3.2. Le soluzioni tecniche	36
2.3.2.1. Sistemi di schermatura	36
2.3.2.2. Vegetazione	37
2.3.2.3. Acqua	37
2.3.2.4. Cool pavements	38
2.4. Bibliografia e sitografia	40
3. STRUMENTI PER LA VALUTAZIONE DEL COMFORT TERMICO	41
3.1. Indicatori di comfort termico	42
3.1.1. Indici diretti	42
3.1.2. Approccio basato sul bilancio termico e indici analitici	45
3.1.3. Valutazione soggettiva e Actual Sensation Vote (ASV)	50
3.2. Limiti degli indici per i bambini	52
3.3. Diagrammi bioclimatici	53
3.3.1. Il Bio-climatic chart di V. Olgyay	53
3.3.2. Il Building bio-climatic chart di B. Givoni	54
3.4. Software per l'analisi del comfort termico	55
3.4.1. Rayman	55
3.4.2. Envi_met	55
3.5. Bibliografia e sitografia	56

4. AREA D'INTERVENTO E CASI STUDIO	58
4.1. Area d'intervento	60
4.2. Il progetto europeo ProGiReg	60
4.3. Scuola Primaria Carlo Collodi	62
4.4. Scuola Secondaria di I grado Piero Calamandrei	64
5. METODOLOGIA DI ANALISI	66
5.1. Analisi quantitativa	68
5.1.1. Giornata tipo	68
5.1.2. Rilievo termografico	68
5.1.3. Modellazione e simulazione con ENVI_MET	68
5.1.4. Validazione del modello	69
5.1.5. Calcolo dell'indice di comfort PET	70
5.1.6. Elaborazione degli output	71
5.1.7. Simulazioni di progetto	71
5.2. Analisi qualitativa	72
5.2.1. La partecipazione dei bambini e dei ragazzi	72
5.2.2. Le attività svolte nelle scuole	74
5.2.2.1. Scuola primaria C. Collodi	74
5.2.2.2. Scuola secondaria P. Calamandrei	74
5.3. Applicazione ai casi studio: Scuola Primaria C. Collodi	76
5.3.1. Rilievo termografico	76
5.3.2. Simulazione microclimatica	77
5.3.3. Attività con gli studenti	89
5.3.3.1. Sopralluogo durante l'intervallo	89
5.3.3.2. Attività introduttiva in classe ed esplorazione del cortile insieme ai bambini	90
5.3.3.3. Fase creativa individuale	91
5.3.3.4. Punto di vista delle insegnanti	95
5.3.4. Sintesi dei risultati	97
5.4. Scuola Secondaria I grado P. Calamandrei	98
5.4.1. Rilievo termografico	98
5.4.2. Simulazione microclimatica	99
5.4.3. Attività con gli studenti	110
5.4.3.1. Sopralluogo durante la pausa pranzo	110
5.4.3.2. Attività introduttiva e analisi individuale	110
5.4.3.3. Teamwork di progettazione	113
5.4.3.4. Punto di vista delle insegnanti	114
5.4.4. Sintesi dei risultati	115
5.5. Bibliografia e sitografia	116

6. PROPOSTE PROGETTUALI	117
6.1. Gli elementi del cortile	118
6.2. Scuola Primaria C. Collodi	120
6.2.1. Progetto di riqualificazione	120
6.2.2. Scenario ENVI_MET	124
6.3. Scuola Secondaria I grado P. Calamandrei	136
6.3.1. Progetto di riqualificazione	136
6.3.2. Scenario ENVI_MET	138
6.4. Bibliografia e sitografia	150
7. CONCLUSIONI	151
7.1. Conclusioni	152

1

I CORTILI SCOLASTICI: LIMITI E POTENZIALITÀ

1.1. IL CORTILE SCOLASTICO TRA PEDAGOGIA E ARCHITETTURA

Il cortile è probabilmente lo spazio scolastico preferito dai bambini: se si chiedesse loro di descrivere l'evento più bello e significativo vissuto a scuola, quasi sicuramente racconterebbero un'esperienza avvenuta qui. [1,2,3,4,5]

Osservando la maggior parte delle nostre architetture scolastiche, solitamente questo spazio è però privo di quell'**attenzione progettuale**, (seppur ancora da implementare), presente negli ambienti interni.

Le situazioni più ricorrenti sono spazi poco funzionali e in cattivo stato di manutenzione, grandi piastre d'asfalto, zone verdi trascurate e attrezzature, che, se presenti, sono slegate dal contesto.

Troppo spesso, infatti, non è pensato per offrire occasioni educative, ma è considerato semplicemente una parentesi tra le lezioni: il luogo della pausa, dell'ora d'aria e dello sfogo.

Per sfruttare appieno le sue potenzialità, sia dal punto di vista architettonico, che pedagogico, occorre, come afferma Fortunati, "*andare oltre il pregiudizio che lo spazio esterno serva solamente al libero movimento*" [6]; solo così il cortile potrà partecipare in modo coerente all'esperienza scolastica quotidiana e al benessere degli studenti.

A tale proposito è interessante la riflessione di Gariboldi sull'importanza del *curricolo implicito* [7], cioè quella dimensione indiretta e latente della didattica: allestimento degli spazi, scelta dei materiali, scansione dei tempi, relazioni tra gli alunni... In questo senso il cortile può assumere il valore di **dispositivo educativo implicito** [7]: qui avvengono quelle attività

non formali e spontanee, che contribuiscono all'apprendimento degli allievi, tanto quanto quelle guidate e dirette dall'insegnante.

Soprattutto nella scuola dell'infanzia, questo luogo favorisce l'*interazione educativa* [8], fondamentale per la crescita e lo sviluppo del bambino: quotidianamente si arricchisce di esperienze, relazioni, immagini e attribuzioni di senso.

Bisogna "*rivalutare il giardino, curarne la regia educativa, trasformare la ricreazione in situazione educativa informale accuratamente predisposta e accompagnata*". [9]

Per questo è necessaria un'attenta progettazione, realizzata da architetti e educatori insieme, in grado di valorizzare, da un lato, le competenze tecniche e normative, dall'altro quelle psicologiche e pedagogiche. La pedagogia offre gli orizzonti di senso, i principi e i valori che definiscono il profilo della scuola. L'architettura, oltre ad interpretare le esigenze, riflettere sull'unicità del contesto e dei suoi utenti, può offrire soluzioni inaspettate, che modificano le abituali concezioni del fare scuola. [10]

La progettazione dello spazio aperto, così come degli interni, dev'essere guidata dall'**intento pedagogico** affinché le scelte architettoniche e paesaggistiche possano valorizzare in chiave educativa il gioco, la relazione, la scoperta e la privacy.

L'obiettivo comune è produrre uno spazio di qualità, in grado di soddisfare i bisogni e i desideri dei fruitori.



Hanazono Kindergarten and Nursery, HIBINOSEKKEI + Youji no Shiro, Giappone.
Fotografia: Studio Bauhaus

1.1.1. IL CORTILE NEL MONDO DELL'INFANZIA

L'esperienza spaziale del bambino è differente da quella dell'adulto: cambiano le esigenze e le attitudini, ma soprattutto cambia la sua percezione visiva, psicologica e sociale. Il bambino conosce lo spazio in modo multisensoriale, muovendosi al suo interno, esplorandolo e manipolando. [11] Il suo è un punto di vista particolare: ha un'altezza diversa, gli servono più passi per percorrere un tratto, si focalizza su oggetti più bassi, ecc.

Il cortile dovrebbe quindi essere uno **spazio a misura di bambino**, progettato per accogliere le sue necessità, favorendo la sperimentazione e l'apprendimento.

I bambini hanno bisogno di:

- **Esplorare e muoversi liberamente in un ambiente sfidante.** Non è sufficiente uno spazio ampio in cui correre, anzi, ciò a lungo termine sarebbe monotono. Un cortile di qualità deve offrire sfide da superare e spazi da scoprire: dislivelli, muretti da scavalcare, siepi in cui avventurarsi...

Il bambino vuole mettere alla prova il suo coraggio, la resistenza, la velocità, l'equilibrio e la coordinazione.



Garden City Play Environment, Space2place, Richmond
<http://www.space2place.ca/>

- **Sperimentare il gioco libero e spontaneo**, escluso dalla programmazione degli adulti. Il bambino attraverso il gioco interagisce con i coetanei, acquisisce autonomia e si confronta con la complessità del mondo. *“Giocare significa ritagliarsi ogni volta un pezzetto di questo mondo, che comprenderà un amico, degli oggetti, delle regole, uno spazio da occupare, un tempo da amministrare, dei rischi da correre.”* [12]

- **Manipolare lo spazio.** Uno dei passatempi preferiti è *indaffararsi* [9] con foglie, rametti, piccole pietre, costruzioni... I bambini utilizzano in modo creativo ed innovativo gli elementi che li circondano, adattandoli alle loro attività. L'interazione con l'ambiente dipende

dall'età e dello sviluppo del bambino. [2]

- **Rifugiarsi in spazi intimi e raccolti.** I bambini hanno bisogno di una dimensione privata all'interno dello spazio collettivo, per giocare da soli o con il gruppetto di amici. In assenza di capanne già costruite, cespugli, nicchie e angoli appartati si trasformano in perfetti nascondigli.

- **Rilassarsi in un luogo tranquillo.** Il cortile non è apprezzato solo per la possibilità di correre e giocare, ma anche per l'opportunità di rilassarsi [2]. Al desiderio di avventura si unisce quello di tranquillità: spazi rassicuranti e raccolti favoriscono lo stare in piccoli gruppi e proteggono dallo stress visivo e sonoro. [6] Alla grande motricità si affiancano momenti di sosta per godersi il panorama: i bambini amano essere circondati dalla bellezza (paesaggio naturale, oggetti colorati, fiori profumati...). [13]

Le ricerche di psicologia ambientale condotte da Varin [7] evidenziano l'importanza della **differenziazione dello spazio** negli ambienti scolastici. L'articolazione in zone che possiedono una specifica valenza educativa ed affettiva per il bambino, favorisce un comportamento psicologico differenziato. Alcune ricerche sulla relazione tra pari nelle istituzioni educative [7] mettono in luce che spazi ben delimitati incoraggiano la cooperazione tra i bambini e spazi intimi e riservati favoriscono la nascita di amicizie. Al contrario, ambienti di grandi dimensioni non strutturati, appaiono anonimi e confusi e ostacolano le capacità interattive.

Variazioni di livello, setting, arredi e pavimentazioni differenti contribuiscono a personalizzare e a rendere riconoscibile l'ambiente. Ciò permette al bambino di individuare i propri punti di riferimento, fondamentali alla creazione degli schemi mentali.

L'architetto dovrebbe disegnare **luoghi da abitare** [14], cioè spazi in cui l'esperienza imprime significato e in cui il bambino può trovare memoria di sé e della sua storia. *«Vivere uno spazio come “luogo” contribuisce alla costruzione dell'identità e del senso di appartenenza.»* [10]

La **percezione del comfort** non dipende soltanto dalle proprietà fisiche dell'ambiente: come dimostra l'ecologia psicologica, il vissuto del bambino è influenzato anche da qualità simboliche: una nicchia richiama il rifugio, materiali freddi risultano stimolanti, quelli caldi, rilassanti. [8]

Un altro aspetto imprescindibile, soprattutto nei cortili delle scuole primarie e dell'infanzia, è il tema della **sicurezza**. È importante che la sicurezza sia percepita da tutti i soggetti: l'ambiente deve consentire agli insegnanti di educare e avviare all'autonomia i bambini, senza che essi subiscano gravi danni o infortuni. Questi ultimi, a loro volta, devono sentirsi sicuri e protetti. Tutto ciò è possibile attraverso la conoscenza e la consapevolezza del contesto e un giudizio che non consideri solo gli estremi (sicurezza-pericolo), ma le varie condizioni intermedie. [8]

È necessario stabilire il giusto equilibrio tra esigenze di libertà e desiderio di protezione [11]. Eliminare tutte le situazioni pericolose è impossibile anzi, l'eccessiva paura per l'incolumità degli allievi limita il loro sviluppo cognitivo, sociale ed emotivo.

È importante promuovere la mobilità autonoma e tollerare una percentuale di rischio durante il gioco libero:

"Se il bambino non ha più la possibilità di rischiare, esplorare, scoprire, cosa rischia? [...] Se il bambino non può esplorare, difficilmente può trovarsi di fronte a problemi sconosciuti con il desiderio di affrontarli e risolverli da solo, difficilmente potrà vivere l'emozione di trovare soluzioni nuove. [...] Riappropriandosi della loro autonomia, i bambini si riappropriano del loro tempo, scelgono gli amici con cui stare, sviluppano le competenze spaziali, imparano a riconoscere i pericoli e a superarli." [12]

In sintesi, il cortile può essere descritto come il luogo dell'**apprendimento**, delle **relazioni sociali** e del **desiderio di libertà**. [2,15] Dovrebbe essere uno spazio sicuro, stimolante, evocativo e confortevole.

Come progettare quindi questo spazio?

Secondo Penny Ritscher il cortile ideale dovrebbe essere un **giardino dei segreti**: *"è segreto perché la natura è piena di segreti e offre un'infinità di attrazioni, anche piccolissime, da esplorare. Ed è segreto nel senso che rimane poco colonizzato dalle intenzioni degli adulti."* [16]

Il **contatto diretto con la natura** permette ai bambini di osservare i fenomeni naturali, riconoscere le specie vegetali e gli animaletti che le abitano. Queste esperienze positive promuovono il rispetto e la cura per l'ambiente. Vi è quindi anche un importante valore educativo legato alla consapevolezza ambientale, alla sensibilizzazione, alla sostenibilità e alla protezione della biodiversità. [17,18]

Numerose ricerche dimostrano che le aree naturali sono i luoghi preferiti per la ricreazione e sono apprezzate, allo stesso modo, sia dai bambini che dalle bambine. [13,19,20]

Inoltre, le analisi condotte da Bagot K.L et al. [21] dimostrano che gli ambienti naturali sono più rivitalizzanti rispetto a quelli artificiali. La vegetazione agisce come fattore protettivo per la resilienza dell'individuo. [19] Trascorrere del tempo all'aria aperta, immergendosi nel verde, riduce lo stress e aumenta il livello di attenzione. [18,19,22]

Un cortile verde ha sicuramente un livello di **affordance** (inteso come invito all'uso e possibilità di utilizzo) superiore rispetto ad uno asfaltato o allestito soltanto con attrezzature. [2,13,19,20] L'ambiente naturale è più dinamico e stimolante. Favorisce l'attività fisica, l'interazione sociale, la curiosità e la creatività degli allievi, fornendo loro la cornice ideale per sfide, avventure e giochi di ruolo. Le piante regalano elementi da manipolare, mete da esplorare, rifugi in cui nascondersi o rilassarsi. Grazie ai loro colori, profumi e suoni, offrono uno **spazio multisensoriale** che arricchisce le esperienze dei bambini.

In una realtà in cui le opportunità di riconnettersi con la natura sono limitate, il cortile diventa una risorsa preziosa. Le aree urbanizzate sono infatti caratterizzate prevalentemente da superfici asfaltate e cementate [19,20]. A questo, si aggiunge la frenesia della società contemporanea: i genitori a volte non hanno tempo e modo di accompagnare i figli nei parchi pubblici e scelgono attività organizzate in strutture ricreative o sportive. [23]

Questo spazio dovrebbe quindi essere un'**oasi verde**, pensata per il benessere e per lo sviluppo fisico, cognitivo ed emotivo dei piccoli fruitori.



Arbor School, Brooklyn, MKM
<http://www.markkmorrison.com/play-1>

1.1.2. IL CORTILE NELLA SCUOLA SECONDARIA

La transizione dall'istruzione primaria a quella secondaria è un momento molto delicato nella crescita dell'individuo. Gli adolescenti trascorrono a scuola la maggior parte del tempo e proprio qui affrontano importanti compiti di sviluppo: ridefinizione dell'identità, acquisizione dell'autonomia e trasformazione delle relazioni sociali. [24]

In questo contesto, il cortile ha numerose potenzialità, spesso sottovalutate sia dai docenti, sia dagli studenti. Per favorire l'apprendimento formale e informale è necessario collegare le opportunità offerte dallo spazio outdoor al programma educativo indoor. Sicuramente è il luogo adatto per incontrarsi, comunicare e **interagire con i compagni**. Inoltre, può essere uno strumento prezioso per la didattica, perché permette di svolgere esperimenti, laboratori e lezioni all'aperto. [25]

La progettazione del cortile deve accogliere le abitudini e le esigenze degli studenti: i bambini amano i giochi di ruolo, l'esplorazione, l'attività motoria, gli adolescenti invece preferiscono fare sport e socializzare. [21] Hanno bisogno di un ambiente ampio e multifunzionale, in cui si alternano **zone pubbliche e semi-private**, per poter passeggiare, allenarsi, godere del paesaggio e riflettere. Le ragazze di solito scelgono attività più tranquille, i ragazzi invece prediligono occupazioni intense e dinamiche. [25]

Questo emerge anche dell'indagine condotta da Jansson et al [26]: gli studenti vorrebbero avere più attrezzature sportive, le studentesse desiderano angoli intimi in cui rilassarsi e aree verdi e fiorite in cui passeggiare. La **panchina** è un arredo essenziale nel cortile della scuola secondaria: una seduta per leggere o ascoltare la musica, un muretto per sedersi e chiacchierare con le amiche, una panca abbinata ad un tavolo per pranzare o fare i compiti.

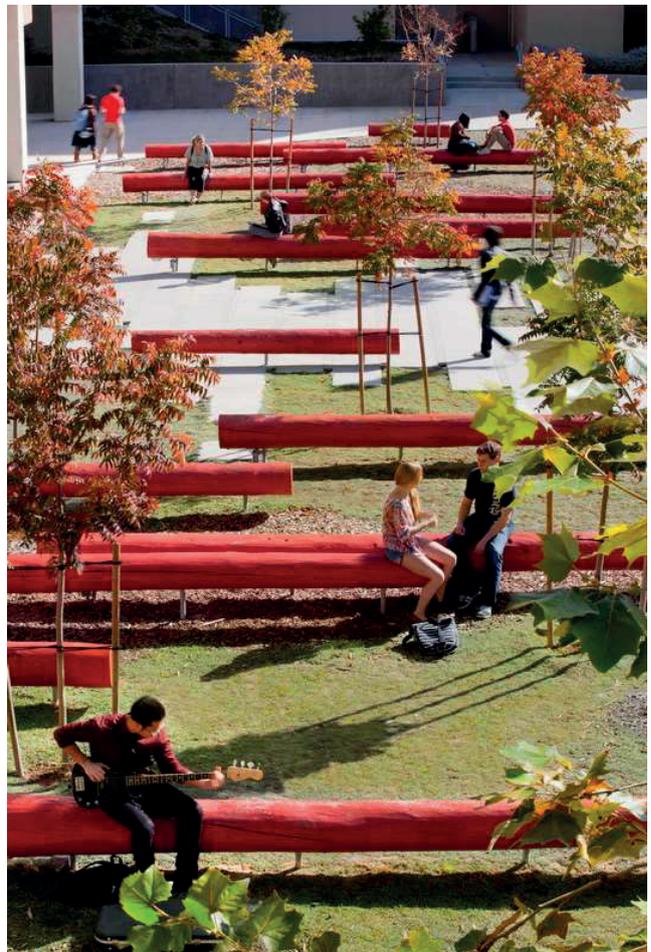
Gli adolescenti apprezzano la **vegetazione**: uno spazio verde è più creativo, variegato e confortevole. Un setting naturale permette di estraniarsi dalle preoccupazioni scolastiche, riducendo lo stress. [19] La connessione con la natura può essere ulteriormente valorizzata attraverso la coltivazione di un **orto didattico**: questa pratica, già consigliata e sperimentata da John Dewey e Maria Montessori, sta diventando sempre più comune all'interno dei cortili scolastici. [24]

Il giardinaggio permette di sperimentare attività di educazione alimentare, sensibilizzazione alla sostenibilità e alla biodiversità. Grazie all'apprendimento esperienziale, gli studenti hanno l'occasione di conoscere il suolo e i suoi

microrganismi, il ciclo vitale delle piante e la stagionalità dei prodotti locali.

Un aspetto forse ancora più rilevante è la dimensione sociale dell'orto: il raggiungimento dell'obiettivo comune facilita la collaborazione tra i ragazzi, la relazione tra pari e il comportamento prosociale. Prendersi cura di questo spazio è un gesto di responsabilità ed è motivo di gratificazione.

Con l'apertura dei cortili in orario extrascolastico, l'orto potrebbe ospitare iniziative formative per tutta la comunità, favorendo l'integrazione culturale e intergenerazionale, coinvolgendo le associazioni locali, le famiglie degli alunni, ma anche gli anziani del quartiere. [23,27]



University of California Irvine Contemporary Arts Center,
Ehrlich Yanai Rhee Chaney Architects
Fotografia: Lawrence Anderson

1.2. LO SPAZIO APERTO COME RISORSA DIFFUSA NEL TERRITORIO

L'importanza del cortile non si limita al solo edificio scolastico e agli studenti, ma si estende al quartiere e alla comunità. Le scuole rappresentano *“una delle più grandi potenzialità sociali del nostro Paese, sia in quanto luogo aperto e democratico di crescita, sia come teatro di incontri, scambio e arricchimento.”* [28]

In questa prospettiva, sono stati realizzati, sia a livello nazionale che internazionale, numerosi progetti per la riqualificazione e l'apertura al pubblico dei giardini scolastici, mediante processi partecipativi, che hanno coinvolto l'amministrazione, la scuola, i cittadini e le associazioni locali.

Inoltre, in un contesto sempre più urbanizzato, in cui l'accesso ad altri spazi aperti è limitato, i cortili costituiscono una risorsa fondamentale per il benessere dei giovani e spesso rappresentano l'unica occasione per trascorrere del tempo a contatto con la natura. [9,16,22]

I cortili sono quindi **infrastrutture sociali diffuse** nel territorio e possono assumere, se opportunamente progettati, anche un importante **ruolo strategico dal punto di vista ambientale**: polmoni verdi per la città, per migliorare la qualità dell'aria e il microclima e isole permeabili, per una gestione efficace del dilavamento meteorico. Questo avviene già in alcuni cortili di Parigi, New York e Boston per esempio, dove le superfici asfaltate sono state sostituite da materiali permeabili e la percentuale di verde è stata implementata. [29,30,31]

1.2.1. ESEMPI INTERNAZIONALI

Parigi - Les coursd'écoles «Oasis»

Dal 2015 Parigi fa parte delle 100 Resilient Cities, fondata dalla Rockefeller Foundation e s'impegna a sviluppare strategie resilienti, per rispondere alle criticità che interessano la città:

- Diseguaglianza sociale, economica e territoriale e coesione sociale,
- Terrorismo e sicurezza,
- Cambiamento climatico,
- Inquinamento atmosferico,
- La Senna e i rischi legati al fiume,
- Governo del territorio.

Riguardo al cambiamento climatico, nei prossimi decenni le temperature medie della capitale francese aumenteranno di 2-4 °C. [31] Ondate di calore, effetti dovuti all'isola di calore urbana, piogge torrenziali e inquinamento dell'aria, minano il benessere dei cittadini e necessitano sistemi di gestione efficace e sostenibile. I soggetti maggiormente colpiti sono quelli più vulnerabili: bambini, anziani e malati. Gli spazi aperti e le infrastrutture urbane dovrebbero essere sviluppati per rispondere al cambiamento climatico in modo integrato e flessibile.

Nella visione di Parigi, un'azione specifica per anticipare questi rischi, riguarda proprio i cortili scolastici, da trasformare in oasi resilienti del tessuto urbano, isole per il raffrescamento e il benessere [32] I cortili parigini si estendono per oltre 600 m², sono caratterizzati da superfici asfaltate e non sono accessibili agli abitanti del quartiere. Il progetto, gestito dalla Direction des Affaires Scolaires (DASCO) e dall'Education Nationale, prevede la rimozione

dell'asfalto e l'utilizzo di materiali permeabili, l'aumento del verde, l'installazione di elementi schermanti e giochi d'acqua. [32]

I nuovi giardini sono spazi a carattere ludico, educativo e sociale, fruibili da tutta la comunità nel periodo extrascolastico.

Durante il 2018 sono stati trasformati 3 cortili, altri 30 sono in programma per il 2019, con l'obiettivo di riqualificarli tutti entro il 2040. [32]



Programma d'intervento, Parigi [31]

Il cortile dell'école maternelle Charles Hermite, nel 18ème arrondissement è stato rigenerato nell'agosto 2018: sono stati piantati nuovi alberi e aiuole, l'asfalto è stato sostituito con calcestruzzo drenante ed è stata aggiunta una fontana. [33]



École maternelle Charles , Parigi [33]



New York– The Trust for Public Land

The Trust for Public Land (TPL) è un'organizzazione no-profit statunitense, che si occupa di proteggere le aree naturali e creare parchi pubblici nelle aree urbanizzate, per garantire un ambiente più sano e vivibile a tutti i cittadini.

Particolare attenzione è posta ai più giovani: nei quartieri più poveri, infatti, il 70% dei bambini non ha accesso a uno spazio aperto sicuro, in cui giocare a contatto con la natura, a 10 minuti di distanza da casa. Inoltre, i cortili scolastici offrono scarse opportunità e hanno pochissime attrezzature. [29]

Proprio per questi motivi, TPL dal 1996 s'impegna per implementare i cortili scolastici: ha progettato oltre 200 playground all'interno delle scuole pubbliche di New York, trasformando le piastre asfaltate in spazi di qualità, con giochi, arredi, attrezzature sportive e aree verdi.

I progetti vengono realizzati attraverso un processo partecipativo della durata di tre mesi, che coinvolge gli studenti, i docenti, il personale scolastico, le famiglie e gli abitanti del quartiere.

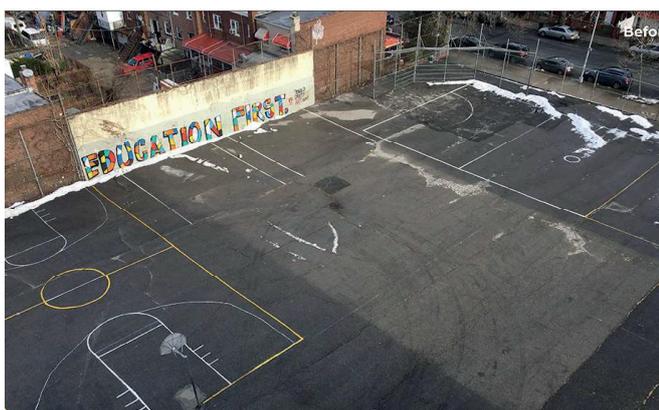
L'organizzazione predilige soluzioni green: alberi, rain gardens e pavimentazioni permeabili, per una gestione sostenibile delle acque meteoriche e per mitigare l'effetto dell'isola di calore urbana. [29]

TPL collabora con il New York City Department of Parks & Recreation e il Department of Education al programma Schoolyard to Playground, grazie a cui sono stati aperti al pubblico oltre cento cortili scolastici, tutti i giorni dopo l'orario di chiusura, durante i weekend e i festivi.[34]

The Trust for Public Land è anche partner dello stato di New York nella Vital Brooklyn Initiative, promossa per favorire lo sviluppo e il benessere di Brooklyn. L'iniziativa, partita nel 2017, sostiene la realizzazione di 8 cortili scolastici, nelle zone più critiche del quartiere, con un finanziamento di 10,6 milioni di dollari. I progetti coinvolgono gli studenti e i cittadini, per comprenderne le esigenze e i desideri.

Il primo intervento, terminato nel 2018, è stato il Winthrop Campus, in cui sono stati realizzati un campo da basket, una pista di atletica, un'aula all'aperto e aree relax con panchine ombreggiate dagli alberi.

Tutti i cortili saranno aperti alle scuole e alla comunità entro il 2020.



The Winthrop Campus, Brooklyn [35]

Boston-Boston Schoolyard Initiative

La Boston Schoolyard Initiative (BSI) opera nella città di Boston dal 1995, per riqualificare i cortili scolastici, trasformandoli da anonimi spazi asfaltati in ambienti dinamici, destinati al gioco, al tempo libero e all'aggregazione sociale. L'iniziativa nasce da una partnership tra il settore pubblico e privato: City of Boston, Boston Public Schools e Boston Schoolyard Funders Collaborative. [30]

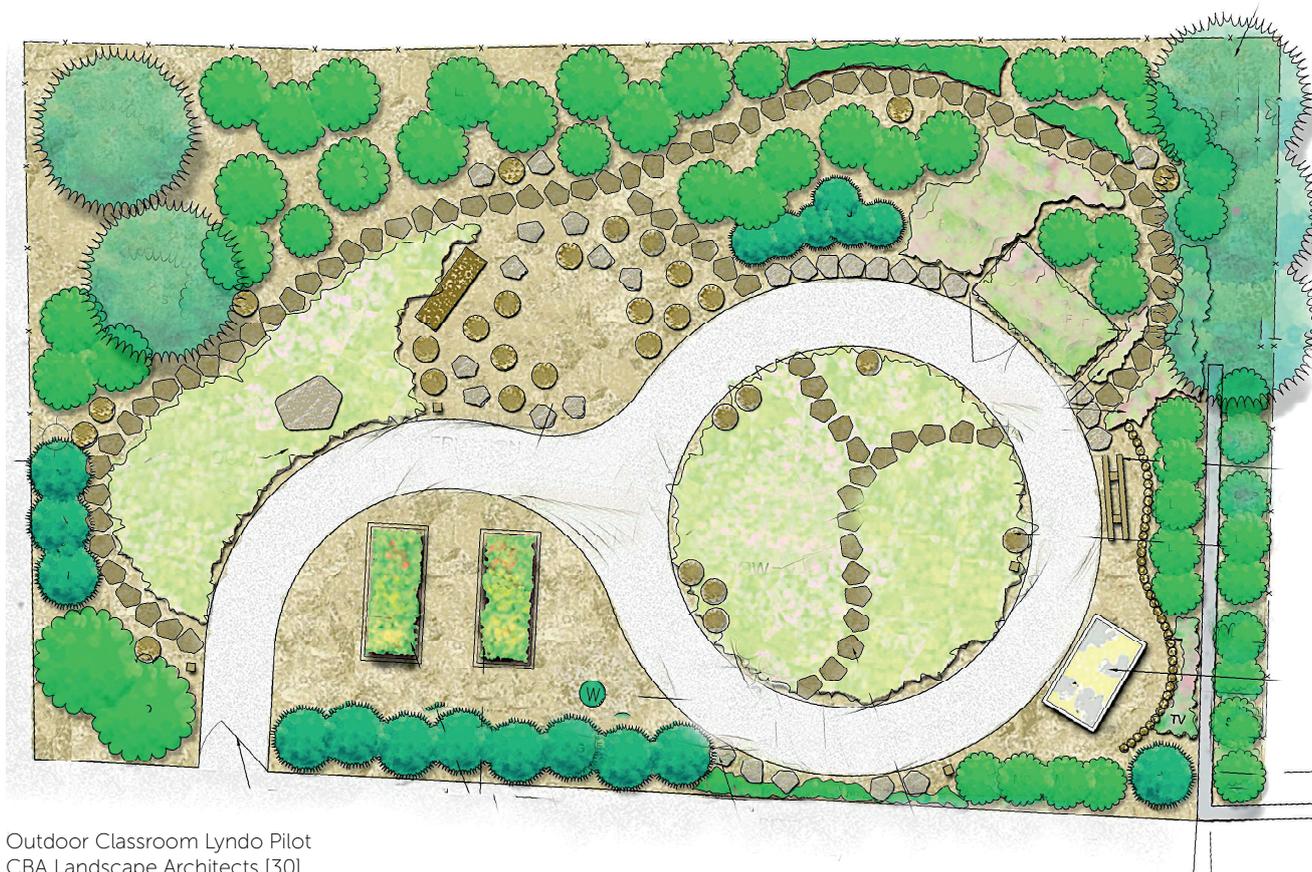
Sono stati realizzati 88 cortili e convertiti 52 ettari di asfalto, in superfici permeabili. I nuovi spazi sono caratterizzati da vegetazione, pavimentazioni antitrauma, elementi colorati, giochi naturali e attrezzature multifunzionali, che stimolano l'immaginazione dei bambini. [36]

Dal 2007, in ogni scuola è allestita un'aula didattica all'aperto, per favorire l'apprendimento esperienziale e il contatto con la natura. BSI sviluppa un nuovo

modello: non più le tradizionali strutture ad anfiteatro, ma un'area verde con alberi, arbusti, fiori e sedute; un laboratorio in cui gli alunni possono osservare e confrontare le differenti specie vegetali, manipolare e raccogliere i piccoli oggetti naturali e lavorare in gruppetti. [37] I progetti hanno coinvolto architetti, paesaggisti, agronomi, artisti, studenti, personale scolastico, famiglie e associazioni del territorio.

Grazie a questi interventi è aumentato il livello di attività fisica degli alunni e il loro interesse nei confronti dell'ambiente e si è creato un forte legame tra la scuola e la comunità.

Nel dicembre 2013 la Boston Schoolyard Funders Collaborative ha chiuso i battenti, ma BPS e la Città di Boston vogliono proseguire il progetto.



Outdoor Classroom Lyndo Pilot
CBA Landscape Architects [30]

1.2.2. ESEMPI NAZIONALI

SOS Scuole

Dall'incontro con gli studenti e i docenti di diversi Istituti è nato il progetto 'S.O.S. Scuola' ideato e promosso dall'Associazione Alveare per il Sociale, per lavorare insieme, scambiarsi competenze e superare gli ostacoli di carattere economico che tendono a marginalizzare il diritto a vivere in un luogo accogliente.

S.O.S. è l'acronimo di "Scambiamoci Orizzonti per Sognare" e si pone come obiettivo quello di cooperare dal basso per rigenerare le scuole. L'iniziativa sperimenta forme di economia relazionale che contribuiscono a riqualificare le scuole con interventi artistici, trasformandole in laboratori di creatività e d'integrazione. [38]

Le prime tappe di S.O.S. Scuola sono state nell'Istituto Comprensivo Statale di Arsoli, a Roma e nel Liceo Linguistico N. Cassarà di Palermo nel 2014, dove sono stati realizzati laboratori artistici e progetti culturali grazie ad una struttura permanente di volontari.

Nel 2015, nell'Istituto Pio La Torre di Roma, nel quartiere Torvecchia, conosciuto come "Bronx" della capitale, S.O.S. Scuola ha creato "La casa del viaggiatore": una mediateca, orti e giardini, una sala cinema-teatro, diverse opere di street art, di cui una realizzata dal noto artista, David Vecchiato. Inoltre, ha allestito un "bar dei piccoli", con bancone e sedute pensate per creare uno spazio di ricreazione per gli studenti più giovani e ha riqualificato alcuni spazi esterni progettando vere e proprie piazze.

In collaborazione con l'Associazione Viviamolaq, la Commissione Oltre il MUSP e l'Associazione ActionAid L'Aquila, è intervenuta per rendere più confortevole la scuola G. Rodari di Pagliare di Sassa, una struttura provvisoria creata dopo il terremoto, che ospita ancora i bambini del territorio.

Nel 2016 S.O.S. Scuola ha lavorato nell'Asilo Nido Comunale S. Gregorio al Celio di Roma, dove ha realizzato 'La piccola biblioteca S. Gregorio al Celio' e 'L'orto dei piccoli'.

La Onlus Alveare per il Sociale ha attivato un campus creativo per riqualificare l'Istituto comprensivo Sarria-Monti di San Giovanni a Teduccio, un quartiere di Napoli caratterizzato da un alto tasso di disoccupazione, criminalità e di dispersione scolastica. L'esterno è stato il focus principale del restyling: murales, giochi a terra, sedute, fiori, cespugli e orti realizzati con materiali di recupero e un palco di legno. La riqualificazione ha riguardato anche alcune aule e un grande atrio dedicato ad attività sociali e ricreative, tra cui una web radio. [39] Il workshop, durato sette giorni, ha trasformato i due

spazi, attraverso un progetto nato dal basso, cui hanno partecipato alunni, famiglie, abitanti del luogo, quaranta studenti di architettura e associazioni del territorio.

La valorizzazione degli spazi aperti abbandonati ha avuto sviluppi positivi non soltanto dal punto di vista architettonico e didattico, ma soprattutto dal punto di vista sociale: il progetto ha offerto ai giovani uno spazio di incontro vivace e confortevole, ha innescato dinamiche collaborative e di coesione tra i cittadini, contribuendo alla nascita di un comitato permanente di quartiere. [40]

"Obiettivo del progetto non è, infatti, solo ridisegnare fisicamente gli ambienti scolastici, ma anche consegnare agli studenti degli spazi stimolanti e confortevoli per favorire la socializzazione e offrire un'alternativa alla strada." [39]



Istituto comprensivo Sarria-Monti, Napoli [41]

Milano – Progetto Appunti per la Città

Il progetto “Appunti per la Città” ha coinvolto la riqualificazione di nove giardini di scuole d’infanzia e primaria milanesi (uno per Zona), con percorsi di progettazione partecipata e la sperimentazione di nuove forme di uso degli spazi. L’obiettivo è stato favorire il senso di appartenenza dei cortili scolastici da parte di bambini e ragazzi e promuovere la fruizione degli stessi.

L’iniziativa, finanziata dai fondi della L.285 per il II piano infanzia e adolescenza, in collaborazione con il Comune di Milano, è stata promossa da ABCittà Coop Sociale, Legambiente Lombardia e Amici del parco Trotter, che hanno curato i laboratori di progettazione partecipata e le relative azioni. L’Atelier delle Verdure si è occupato del design dei nuovi spazi, osservando i movimenti dei bambini e la memoria dei luoghi scolastici. [42]

I cortili sono stati scelti dai Consigli di Zona in base ad alcuni prerequisiti: fruibilità da parte sia della scuola dell’infanzia che di quella primaria; assenza di programmi di manutenzione straordinaria a breve e medio termine; accessibilità diretta da strada, per una possibile apertura in orario extrascolastico e scarsità di giardini pubblici attrezzati nelle immediate vicinanze. [43]

Le scuole selezionate presentavano spazi sottoutilizzati, caratterizzati da bassi livelli qualitativi, attrezzature standard in cattiva manutenzione e biodiversità pressoché inesistente.

La sfida è stata accrescere la vocazione didattica di questi giardini, trasformandoli in spazi di esplorazione, osservazione della natura, orticoltura, educazione civica, attività sportive, ludiche e ricreative.



Scuola Primaria Arcadia, Milano, Atelier delle Verdure [42]

Bambini e genitori hanno partecipato alla fase di ascolto e progettazione (set./dic. 2012), seguita dalla realizzazione degli interventi, (gen./dic. 2013) attraverso laboratori di animazione. Queste attività hanno rappresentato il primo passo di un processo di attivazione collettiva, culminato nella cogestione con i soggetti partner (gen./mar. 2014).

Il percorso di riqualificazione di questi giardini è stato un’occasione educativa, che ha coinvolto gli alunni, i docenti referenti e i genitori, generando dinamiche virtuose di collaborazione e stimolando le scuole ad aprire i cortili anche in orario extra scolastico.

“Appunti per la Città” rappresenta un modello replicabile, con cui poter realizzare spazi davvero a misura di bambino e mobilitare le risorse locali per la manutenzione e l’animazione degli spazi.

Milano – Progetto Scuole Aperte

Il Comune di Milano ha promosso il Progetto Scuole Aperte, per ampliare l’orario di apertura delle scuole nei pomeriggi, nei fine settimana e nel periodo estivo, grazie ad iniziative rivolte sia agli alunni e alle famiglie, sia all’intera cittadinanza, in un’ottica d’inclusione sociale.

Il progetto, gestito dalla Direzione Centrale Sport, Benessere e Qualità della Vita, è stato realizzato nell’ambito di attuazione della legge 285/97 “Disposizioni per la promozione di diritti e di opportunità per l’infanzia e l’adolescenza” e ha ricevuto un finanziamento di € 700.000 per una durata di due anni (2015-2017.) [44]

Attraverso un avviso d’istruttoria pubblica il Comune di Milano ha individuato come soggetti ammessi a presentare le proposte progettuali le Associazioni di genitori presenti nelle scuole primarie e secondarie di primo grado.

Hanno partecipato 40 associazioni su tutta la città di Milano, organizzando attività educative, ludiche, sportive e culturali nelle scuole e sviluppando rapporti di collaborazione diretta tra i Dirigenti scolastici, i Consigli d’istituto, i Consigli di Zona, le Associazioni di genitori e le Associazioni del terzo settore.

Le progettualità sono state supportate dall’Ufficio Scuole Aperte, istituito per rispondere alle richieste tanto dell’utenza, tanto dei dirigenti scolastici. Il Comune ha ricoperto un ruolo di facilitatore, ha messo a disposizione le risorse economiche utilizzabili dalle scuole, creato un vademecum per i genitori e finanziato percorsi formativi per potenziali associazioni.

L’obiettivo è stato quello di valorizzare le scuole come risorse per il territorio e la comunità.

Il progetto Concilia Scuola prosegue l’esperienza di Scuole Aperte, sostenendo i genitori che vogliono impegnarsi attivamente nella collaborazione con le scuole per la realizzazione di attività ricreative e didattiche in orario extracurricolare.

Alcuni esempi:

- ICS Sorelle Agazzi - Crea Estate - Associazione genitori scuole della Bovisasca

Il progetto Crea estate, svolto nel periodo di chiusura estiva dell'A.S. 2014/2015, ha proposto un campus estivo dove, oltre ad attività creative e ricreative, si sono svolti corsi di lingua inglese con insegnanti madrelingua, attività motorie, giochi all'aria aperta, canto e musica. Vi hanno partecipato circa 60 bambini.

- IC Don Orione - Smart Scuola: mediazione, apertura, rete e territorio - Associazione genitori Don Orione

Obiettivo del progetto è mettere la scuola al centro della vita del quartiere con attività per gli studenti, gli anziani e gli abitanti: sportello aperto, aula studio, giardinaggio, laboratorio teatrale, Web Tv, workshop per bambini e ragazzi del quartiere, corso di rugby.

- IC Calasanzio - A scuola assieme, liberi tutti. - ASDC G Calasanzio

Le attività sono varie a seconda della scuola: l'orto in città, un corso di educazione civica, il parlamento di via Paravia, dove i ragazzi possono fare esperienze di partecipazione democratica, un laboratorio teatrale sulle emozioni e lezioni individuali di violoncello. Inoltre, è stato attivato uno Sportello psicopedagogico gratuito per i genitori, aperto anche al quartiere. Alle attività partecipano circa 150 alunni.

Udine – Progetto C.A.S.P.E.R.

La giunta comunale di Udine ha approvato il progetto sperimentale C.A.S.P.E.R., "Cortili ed Aree Scolastiche Pubbliche Ecosostenibili e Riqualficate": un piano strategico di utilizzo delle aree verdi scolastiche di competenza comunale, che prevede la riqualificazione e l'apertura al pubblico dei cortili delle scuole cittadine, affinché siano fruibili non solo dagli studenti, ma anche dalla comunità e dal quartiere nei periodi di non attività. [45]

Tra il 2015 e il 2016 l'amministrazione ha dato avvio a un percorso partecipato tra le scuole e i servizi comunali che gestiscono le manutenzioni delle strutture, coinvolgendo nella progettazione e nella gestione anche alcuni genitori e cittadini attivi organizzati in associazioni.

La prima fase ha condotto all'individuazione dei cortili potenzialmente apribili in orario extrascolastico, d'intesa con i Dirigenti scolastici e i Dirigenti dei Servizi Educativi e Sportivi e del Servizio Infrastrutture.[46]

Nel dicembre 2015 è stato inaugurato il nuovo cortile della scuola primaria Dante Alighieri: il Servizio Infrastrutture ha realizzato campi da basket, pallavolo e calcetto, una pista da corsa, e un piccolo

percorso fitness. L'intervento ha innanzitutto migliorato l'offerta didattica scolastica e ha offerto ai cittadini uno spazio di aggregazione, in cui giocare e praticare attività fisica all'aria aperta, durante il periodo estivo.



Scuola primaria Dante Alighieri, Udine [47]

Un'altra iniziativa riguarda il cortile della scuola primaria Gianni Rodari, di via Val di Resia, a disposizione di tutta la cittadinanza dal 1° agosto al 2 settembre 2017, dalle 7 alle 21 di ogni giorno, festivi compresi.

Il Comune intende proseguire il progetto Casper, infatti, a luglio 2018 è stata presentata all'Assessore un'ipotesi progettuale triennale relativa all'apertura di cortili scolastici.[48,49]

1.3 IL PANORAMA TORINESE

“Solo a Torino ci sono più di 200 cortili scolastici. In molti casi, questi spazi sono monofunzionali al servizio di una ricreazione limitatissima di tempo e programmata a priori e non hanno quasi nessuna relazione con il contesto sociale ed urbanistico in cui si trovano. Da sempre il sistema educativo torinese si è caratterizzato per una visione della scuola aperta alla città, come risorsa del territorio, nel solco di una tradizione che l’ha vista molte volte centro propulsivo e di aggregazione del quartiere.” [50]

Da una prima analisi del patrimonio scolastico torinese appare evidente la condizione critica in cui versano moltissimi cortili: esterni anonimi, estese superfici asfaltate, aree verdi carenti e trascurate. Una riqualificazione attenta al comfort termoigrometrico e alle esigenze dei bambini e dei ragazzi permetterebbe di valorizzare questi spazi in chiave ambientale ed educativa, sfruttandone le potenzialità inespresse. Il lavoro di tesi propone un modello replicabile negli altri istituti scolastici, con cui trasformare il cortile in risorsa preziosa per il territorio, implementando i progetti e le iniziative promosse dalla città di Torino.



Mapa degli istituti scolastici
del Comune di Torino



Scuola primaria Ambrosini



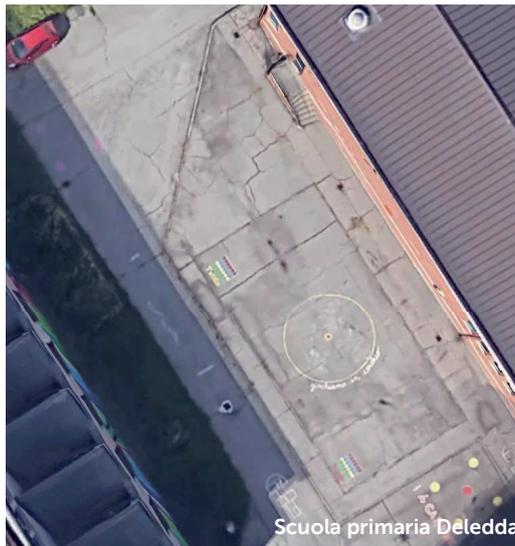
Scuola primaria Torrazza



Scuola primaria Sabin



Scuola primaria Galimberti



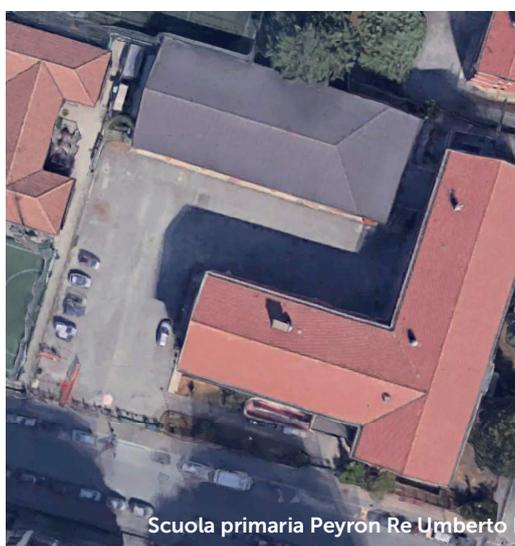
Scuola primaria Deledda



Liceo classico Gioberti



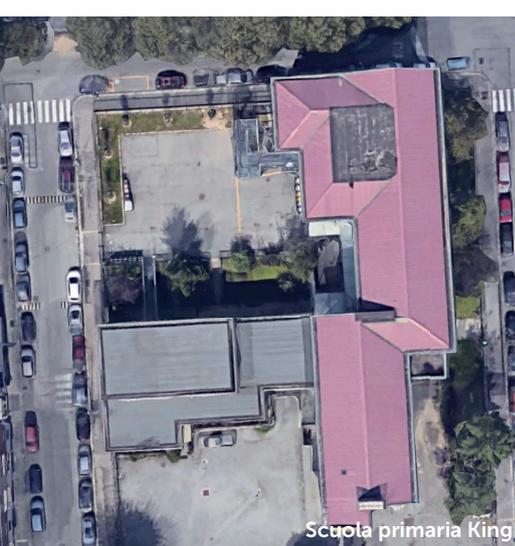
Scuola primaria Ambrosini



Scuola primaria Peyron Re Umberto I



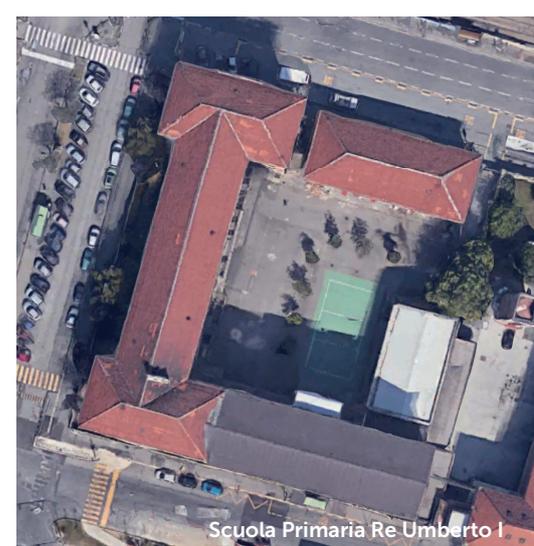
Scuola materna Mirafiori Sud



Scuola primaria King



Scuola secondaria Calamandrei



Scuola Primaria Re Umberto I

1.3.1. LA CITTÀ DI TORINO E IL LABORATORIO CITTÀ SOSTENIBILE DI ITER

È un soggetto interassessorile istituito nel 1999 dalla Città di Torino a seguito della sottoscrizione della Carta delle Città Educative e dell'adesione al Piano d'Azione del Ministero dell'Ambiente (1997). [51]

Nel 2001 Torino è stata riconosciuta dal Ministero dell'Ambiente come miglior "Città Sostenibile delle Bambine e dei Bambini"; prima città metropolitana a vincere il premio. Questo riconoscimento sottolinea l'impegno della città nel pianificare l'ambiente urbano a partire dalla figura del bambino, considerando le sue esigenze e coinvolgendolo in prima persona.

Nel 2007 e 2008 Legambiente, nell'ambito del Rapporto "Ecosistema Bambino Urbano", ha collocato la Città di Torino al primo posto nella classifica delle città italiane che promuovono politiche a favore della partecipazione degli under 14.

Nel 2009 il rapporto "Ecosistema Bambino" conferma la Città di Torino al primo posto e premia il Laboratorio Città Sostenibile come esempio di buona pratica. [52]

Il Laboratorio Città Sostenibile, che dal 2010 è inserito nell'Istituzione Torinese per una Educazione Responsabile (ITER), si occupa di progetti per la trasformazione e la cura della città, coniugando aspetti educativi, percorsi partecipativi, attività progettuali e realizzazioni d'interventi.

Le attività sono coordinate da un team di architetti in collaborazione con l'area pedagogica di ITER, la Fondazione Ordine Architetti di Torino e numerosi servizi della Città di Torino, tra cui i Servizi Edilizia Scolastica, il Verde Pubblico, Rigenerazione Urbana, Arredo Urbano e Adempimenti Tecnico Ambientali. [53]

Progetto Unitario Cortili Scolastici

È stato promosso dalla Città per rispondere all'esigenza delle scuole di affrontare il tema della riqualificazione fisico-funzionale degli spazi aperti con particolare attenzione alla natura, al gioco e all'aggregazione.

A partire dal 2003, il Laboratorio della Città Sostenibile di ITER ha coinvolto bambini e ragazzi nella definizione di un progetto di riqualificazione dei cortili che armonizzasse interventi edili, arredi, sistemazioni a verde, soluzioni innovative per il gioco e la socializzazione.

Il cortile è considerato come: [54]

- **Luogo di svago**, in grado di offrire esperienze ludiche nonché momenti d'incontro;
- **Aula all'aperto**, spazio educativo e didattico;

- **Spazio di decompressione** durante le numerose ore trascorse a scuola;
- **Elemento di connessione tra scuola e città**, spazio permeabile a fattori esterni e punto di riferimento per bambini e ragazzi;
- **Preziosa risorsa** a disposizione, in particolari distretti urbani, per svolgere attività ludica o sportiva all'aperto.



Scuola primaria Falletti di Barolo, Torino, Laboratorio Città Sostenibile [51]

Il Progetto Unitario Cortili Scolastici intende:[54]

- *Riconoscere il valore urbano, sociale e pedagogico dei cortili scolastici;*
- *Avviare una modalità di progettazione intersettoriale ed interdisciplinare, con l'obiettivo di tradurre in realizzazioni concrete gli esiti dei percorsi partecipati svolti con le scuole;*
- *Coinvolgere le scuole nella successiva gestione e manutenzione degli spazi riqualificati per favorirne un uso consapevole;*
- *Educare bambini e ragazzi a forme di democrazia e di cittadinanza attiva, attraverso la condivisione, la partecipazione e la sensibilizzazione.*
- *Sperimentare soluzioni tecniche e progettuali sostenibili;*
- *Offrire margini di intervento e personalizzazione degli spazi per il successivo inserimento di elementi decorativi o giochi auto-costruiti;*
- *Favorire l'uso di materiali differenti per disegnare lo spazio e stimolare il gioco;*
- *Utilizzare gli elementi naturali e le movimentazioni del terreno per caratterizzare il cortile;*
- *Prediligere giochi semplici, che permettano la libera espressione della fantasia dei bambini e l'utilizzo non convenzionale di spazi e attrezzature.*

Ogni scuola è affiancata da un architetto tutor, che supporta la classe durante il laboratorio di progettazione, costituito da una fase di esplorazione del luogo scolastico, un'analisi delle opportunità e delle criticità riscontrate e un percorso di progettazione partecipata. Queste attività sono seguite dalla traduzione tecnica delle proposte degli studenti, a cura del Laboratorio Città Sostenibile. [54] Dal 2003, 44 scuole hanno partecipato alla stesura del progetto del proprio cortile scolastico e 37 cortili sono già stati realizzati. [55]

Progetto Cortili Scolastici Aperti

Il progetto prevede l'apertura ad uso pubblico in orario extracurricolare dei cortili scolastici riqualificati, attraverso percorsi di progettazione partecipata. È stato avviato nel 2013 ed è gestito da ITER - Istituzione per una Educazione Responsabile. È normato dal Regolamento Comunale n. 359 del 26/11/2012.

In questo modo, i cortili arricchiscono il sistema delle aree gioco della città, diventando spazi pubblici a disposizione di tutta la popolazione.

Il periodo di apertura ad uso pubblico si estende da marzo a fine ottobre, dalle 16:30 alle 19:30. Sono esclusi i weekend, i giorni festivi e le vacanze pasquali ed estive. Gli spazi che aderiscono al progetto sono

assimilati ad aree pubbliche e quindi la scuola è esclusa da ogni assunzione di responsabilità. [50]

La manutenzione delle attrezzature viene effettuata, oltre che dal Servizio Edilizia Scolastica, anche da ITER. L'Istituzione inoltre, eroga annualmente ad ogni istituto scolastico un contributo per le spese di pulizia supplementari, necessarie a garantire agli studenti la fruizione degli spazi in sicurezza. [55]

Tutto ciò è possibile grazie a un lavoro partecipato tra le Scuole, le Circoscrizioni, le Divisioni e Servizi centrali che gestiscono le manutenzioni delle strutture.

Dal 2013 sono stati aperti alla cittadinanza 9 cortili scolastici (Primarie San Francesco D'Assisi, Giuseppe Mazzini, Cesare Battisti, Gino Capponi, Gianenrico Pestalozzi, Aristide Gabelli, Leone Fontana, Edmondo De Amicis e la Secondaria di 1° grado Gozzi-Olivetti) [55], di cui 5 sono inseriti nel Progetto AxTo, che investe sulla cura e sulla manutenzione degli spazi pubblici delle periferie torinesi, mirando all'inclusione sociale e alla realizzazione di nuovi modelli di welfare. [56]



Scuola primaria De Amicis, Torino, Laboratorio Città Sostenibile e AxTo [57]

1.3.2. IL PROGETTO CO-CITY

CO-CITY è un progetto di sviluppo urbano promosso dalla Città di Torino all'interno del programma europeo Urban Innovative Actions (UIA), per promuovere nuove forme di cura e gestione dei beni comuni, condivise con la cittadinanza.

I partner del progetto sono: Anci – Associazione Nazionale Comuni Italiani, la Fondazione Cascina Roccafranca, capofila della Rete delle Case del Quartiere e l'Università degli Studi di Torino. [58]

La collaborazione tra l'amministrazione e i cittadini attivi avviene attraverso il patto di collaborazione, normato dal Regolamento Beni Comuni Urbani, approvato nel gennaio 2016. Questo strumento regola la coprogettazione e la gestione condivisa delle attività, la nascita di nuove imprese di comunità e la riqualificazione di edifici e spazi pubblici. [59]

All'interno del progetto Co-City, vi sono 3 tipologie di patti di collaborazione [60]:

- Patti A: *riguardano edifici in disuso messi a disposizione dalla Città per interventi di riqualificazione e per la realizzazione di nuove attività.*
- Patti B: *riguardano luoghi di presidio pubblico sottoutilizzati (scuole, servizi socio assistenziali, spazi culturali, etc.) che presentano un potenziale di utilizzo superiore rispetto a quello attuale.*
- Patti C: *promuovono la cura e l'uso condiviso di spazi pubblici, aree verdi e strutture sottoutilizzate, anche su proposta di cittadini.*

Gli interventi possibili sono molteplici: pulizia, manutenzione e cura di aree verdi, spazi pubblici e edifici, abbellimento e promozione della fruibilità da parte della cittadinanza di questi beni comuni, servizi al cittadino e valorizzazione del patrimonio.

Le proposte di collaborazione intendono raggiungere i seguenti obiettivi generali [61]:

- *Realizzare azioni di presidio territoriale e sviluppo di comunità;*
- *Promuovere la produzione culturale urbana;*
- *Generare opportunità di lavoro, innovazione sociale e impresa di comunità;*
- *Attivare percorsi di inclusione sociale;*
- *Favorire la multiculturalità, il dialogo, le pari opportunità e il contrasto alle discriminazioni;*
- *Promuovere la sostenibilità ambientale, l'agricoltura urbana e l'economia circolare;*
- *Estendere la disponibilità di spazi, servizi e iniziative pubblici.*

Nel caso delle scuole, c'è anche la finalità di promuovere l'educazione verso una *cittadinanza*

attiva con l'adozione del bene pubblico e il protagonismo di tutte le componenti della comunità scolastica.

Il termine per la presentazione alla Città delle proposte per i patti di tipo A e B è stato il 30 settembre 2017. Per i patti di tipo C, c'è la possibilità di presentare i progetti ogni due mesi, fino a marzo 2019.

Nel 2018 è iniziata la fase di coprogettazione delle proposte valutate positivamente, che riceveranno un finanziamento destinato a lavori di ristrutturazione e forniture, di diversa entità in relazione al livello di complessità dell'intervento.

Se la Città ritiene che il patto riguardi azioni e interventi di particolare interesse pubblico, i cittadini attivi possono usufruire di altre forme di sostegno, come l'esenzione dal pagamento di canoni e tributi locali, l'attribuzione alla Città di Torino di spese relative alle utenze, la fornitura in comodato d'uso gratuito di beni strumentali per lo svolgimento delle attività e l'affiancamento di personale del Comune. [60]

Nel caso specifico delle scuole (B.2), l'amministrazione investe 350.000€, destinando un massimo di 75.000€ a bene.

Il progetto avanzato dai cittadini, singoli o associati, deve essere condiviso con il dirigente scolastico, che provvede all'invio della domanda e la coprogettazione è supportata da ITER. [61,62]

Le proposte devono riguardare almeno uno dei seguenti ambiti di azione [62]:

- **Scuole aperte.** Apertura ad uso pubblico in orari extrascolastici di spazi interni o esterni quali: cortile, aule, laboratori, biblioteche, ecc.;
- **Adozione della scuola.** Organizzazione di azioni continuative di cogestione per manutenzioni ordinarie, piccole riparazioni, cura e presidio degli spazi;
- **Adozione dello spazio pubblico.** Presa in carico da parte della scuola di spazi pubblici (all'aperto o in struttura) per facilitare forme di recupero funzionale, utilizzo pubblico più efficace, cogestione e animazione sociale.

Nel 2017, 31 scuole dell'infanzia, primarie e secondarie I grado- hanno inviato il loro progetto, di questi, 12 sono stati avviati nel 2018, con i primi incontri e sopralluoghi. [58]

1.3.3. IL WORKSHOP SPAZI INNOVATIVI PER L'APPRENDIMENTO

L'interesse rivolto ai cortili scolastici emerge anche dal workshop Spazi innovativi per l'apprendimento, promosso dalla Fondazione per l'architettura insieme all'Assessorato Istruzione ed edilizia scolastica della Città di Torino, ITER – Laboratorio Città Sostenibile e Ufficio Smart City.

Il laboratorio di progettazione, a cui ho partecipato nel mese di maggio, ha avuto l'obiettivo di sperimentare strategie architettoniche per migliorare la qualità dell'apprendimento e il comfort ambientale degli spazi educativi, delineando una modalità d'intervento adattabile a contesti differenti. [63]

Il focus del workshop è stato il giardino della scuola

dell'infanzia Marc Chagall di via Cecchi 2.

La vegetazione è l'elemento cardine del progetto e si basa sulla distinzione tra zone d'ombra, a prevalenza di bosco e zone soleggiate a prato.

Il team ha immaginato un paesaggio a misura di bambino: ai grandi alberi piantati originariamente, sono state affiancate aree con arbusti ed erbe aromatiche. Materiali naturali, colori e versatilità sono gli elementi che caratterizzano le aule all'aperto e i giochi per i bambini. Un'attenzione particolare è stata rivolta alla zona di ingresso e alla recinzione, per proteggere, ma allo stesso tempo valorizzare la scuola e i suoi piccoli fruitori.



Progetto per la scuola dell'infanzia Marc Chagall, Torino
Workshop "Spazi innovativi per l'apprendimento"

1.4. LA SCHOOLYARD HEAT ISLAND E L'IMPORTANZA DEL COMFORT TERMICO

Le iniziative illustrate nel paragrafo precedente mostrano le innumerevoli implicazioni pedagogiche sociali e ambientali, legate alla riqualificazione dei cortili. Considerando l'attuale condizione della gran parte dei cortili, la dimensione ambientale rappresenta sicuramente una criticità e assume un ruolo cruciale.

Solitamente in questi spazi la percentuale di verde è minima, gli elementi schermanti sono carenti e prevalgono materiali impermeabili e con basso albedo, come asfalto, cemento e gomma. [64,65,66] Ciò causa un innalzamento della temperatura dell'aria e di quella superficiale in corrispondenza del lotto scolastico, fenomeno definito da C. Moogk-Soulis, come *schoolyard heat island*. [66]

Nella sua analisi, condotta su 15 scuole in Ontario, ha registrato una temperatura media superficiale pari a 52°C, cioè 5°C in più rispetto alle aree circostanti. [66] Questa condizione influisce negativamente sul comfort termico nel cortile e aumenta i consumi per il raffrescamento dell'edificio, con effetti che si estendono oltre il perimetro scolastico. Tutto questo determina una condizione di disagio

nel periodo estivo, con un aumento della probabilità di colpi di calore e affaticamento, che limita l'utilizzo del cortile da parte degli studenti.

Una progettazione attenta al microclima è quindi fondamentale per la sostenibilità dell'ambiente e per il benessere degli utenti, specialmente i più piccoli. I bambini infatti, sono molto più vulnerabili degli adulti ai rischi per la salute causati dalle ondate di calore, dall'inquinamento e da tutti quei fenomeni naturali aggravati dal cambiamento climatico. [67]

"Ce sont les enfants d'aujourd'hui, ceux des cours d'école, qui pourraient subir des étés à 50°C"

"It is the children of today, those playing in schoolyards, who could endure summers at 50°C"

Jean Jouzel, Climatologo [31]

I bambini trascorrono la maggior parte del tempo a scuola e giocando nel cortile sono particolarmente esposti allo stress termico, che influisce sul loro bilancio energetico, sul comportamento, sul livello di attività fisica e sui processi cognitivi. [64]

1.5. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

[1] PEARSON REBECCA E HOWE JULIA, *Pupil participation and playground design: listening and responding to children's views*, in *Educational Psychology in Practice*, vol. 33, n° 4, 2017, pp. 356–370.

[2] VILLANEN, H. EALERBY, E., *The sense of place - voices from a schoolyard*, in *Education in the North, University of Aberdeen*, 20 (Special Issue), 2013, pp. 26-38.

[3] DARMODY M., SMYTH E., DOHERTY C., *Designing primary schools for the future (Report No. 16)*, Economic and Social Research Institute, Dublino, 2010.

[4] MULRYAN-KYNE C., *The school playground experience: opportunities and challenges for children and school staff*, in *Educational Studies*, 40, 2014, pp. 377–395.

[5] ALERBY, EVA, *During the break we have fun: a study concerning pupils' experience of school*, in *Educational Research*, 45(1), 2003, pp. 17–28

[6] FORTUNATI A., FUMAGALLI G., GALLUZZI S., *La progettazione dello spazio nei servizi educativi per l'infanzia*, Junior, Azzano San Paolo (BG), 2008.

[7] GARIBOLDI ANTONIO, *Valutare il curricolo implicito nella scuola dell'infanzia*, Junior, Azzano San Paolo (BG), 2007.

[8] RESTAINO ROSANNA (A CURA DI), *Costruiamo il nostro spazio. Percorso di progettazione partecipata aa. ss. 2005-2006 e 2006-2007*, Junior, Azzano San Paolo, 2008.

[9] RITSCHER PENNY, *Slow school: pedagogia del quotidiano*, Giunti, Firenze, 2015.

[10] B. WEYLAND, S. ATTIA, *Progettare scuole tra pedagogia e architettura*, Guerini, Milano, 2015.

[11] PITTAMIGLIO FABIO E POGGI FABIO, *La città alta un metro. Capitale e percezione sociali: rappresentazioni mentali in famiglie con bambini di età prescolare*, Franco Angeli, Milano, 2003.

[12] DANIELA RENZI, *Il diritto al gioco. La convenzione sui diritti del fanciullo e il protagonismo dei ragazzi*, <https://www.lacittadeibambini.org/diritto-al-gioco/>, 9 febbraio 2018.

[13] NORDDAHL. K E EINARSDÓTTIR J., *Children's views and preferences regarding their outdoor environment*, in *Journal of Adventure Education and Outdoor Learning*, vol. 15, n°2, 2015, pp. 152–167.

[14] HEIDEGGER MARTIN, *Costruire abitare pensare*, in *Saggi e Discorsi*, traduzione di Gianni Vattimo, Mursia, Milano, 2014.

[15] EKSTRÖM MATTHIAS, *Children's Experiences of the Schoolyard*, relatore: Tina Mathisen, Kulturgeografiskainstitutionen, Uppsala Universitet, 2014.

[16] RITSCHER PENNY, *Il giardino dei segreti. Organizzare e vivere gli spazi esterni nei servizi per l'infanzia*, Junior, Azzano San Paolo, 2002.

[17] KOPEVA A., KHRAPKO O., IVANOVA O., *Landscape Planning of Schoolyards*, in *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 262, 2017, pp. 1-8.

[18] BREUNIG C. MARY, *Sustaining schoolyard pedagogy through community academic partnerships*, in *Loisir*, vol. 41, n°3, 2017, pp. 467-490.

[19] CHAWLA L., KEENA K., PEVEC I., STANLEY E., *Green schoolyards as havens from stress and resources for resilience in childhood and adolescence*, in *Health & Place*, 28, 2014, pp. 1–13

[20] VAN DIJK-WESSELIUS J.E., MAAS J., HOVINGA D., VAN VUGT M.,

- VAN DEN BERG A.E, *The impact of greening schoolyards on the appreciation, and physical cognitive and social-emotional well-being of schoolchildren: A prospective intervention study*, in *Landscape and Urban Planning*, 180, 2018, pp. 15–26.
- [21] BAGOT K.L, ALLEN F. C. L., TOUKHSATI S., *Perceived restorativeness of children's school playground environments: Nature, playground features and play period experiences*, in *Journal of Environmental Psychology*, 41, 2015, pp. 1-9.
- [22] JANSSON M., MÄRTENSSON F., GUNNARSSON A., *The meaning of participation in school ground greening: a study from project to everyday setting*, in *Landscape Research*, vol. 43, n° 1, 2018, pp. 163-179.
- [23] NANDWANI DILIP (A CURA DI), *Urban Horticulture. Sustainability for the Future*, Springer, Cham (Svizzera), 2018.
- [24] PALMONARI AUGUSTO, *Gli adolescenti*, Il Mulino, Bologna, 2018.
- [25] STADLER-ALTMANN ULRIKE E HILGER PETER, *Transferring Pedagogical Spaces: Schoolyards as Learning Environments in the Perspective of Students and Teachers*, in BENADE L. E JACKSON M., *Transforming Education Design & Governance in Global Contexts*, Springer Nature, Singapore, 2018, pp 227-244.
- [26] JANSSON M., ABDULAH M., ERIKSSON A., *Secondary school students' perspectives and use of three school grounds of varying size, content and design*, in *Urban Forestry & Urban Greening*, 30, 2018, pp. 115–123.
- [27] RELAZIONE ILLUSTRATIVA, progetto vincitore per la riqualificazione della Scuola Enrico Fermi, Concorso Torino fa scuola, 2017,
- [28] <http://www.torinofascuola.it/enrico-fermi/step-2/>
- [29] www.tpl.org/our-work/new-york-city-playgrounds,
- [30] <http://schoolyards.org/>
- [31] MAIRE DE PARIS, *Stratégie de Résilience de Paris*, ottobre 2017
- [32] <https://www.paris.fr/actualites/les-cours-oasis-une-reponse-aux-defis-du-changement-climatique-6139>
- [33] <https://www.francebleu.fr/infos/climat-environnement/paris-des-oasis-de-fraicheur-dans-les-cours-d-ecole-1535563682>
- [34] <https://www.nycgovparks.org/greening/planyc/schoolyards>
- [35] <https://www.tpl.org/our-work/vital-brooklyn>
- [36] BOSTON SCHOOLYARD INITIATIVE, *Schoolyard Design Guide*, 2013
- [37] BOSTON SCHOOLYARD INITIATIVE, *Outdoor Classroom Design Guide*, 2013
- [38] <http://www.sosscuola.com/index.php/il-progetto/>
- [39] <https://www.sosscuola.com/index.php/2016/05/rassegnamurales-orti-e-laboratori-il-progetto-s-o-s-scuola-sbarca-a-napoli/>
- [40] <http://www.labsus.org/2016/06/operazione-sgat-larchitettura-partecipata-che-rigenera-napoli/>
- [41] https://www.facebook.com/pg/colla.colla/photos/?Tab=album&album_id=1201968483160121
- [42] <https://atelierdelleverdure.it/progetti/9-giardini-scolastici/>
- [43] <http://lombardia.legambiente.it/contenuti/progetti-e-azioni/progetto-appunti-la-citta-giardini-scolastici>
- [44] http://www.comune.milano.it/wps/portal/ist/it/servizi/educazione/progetti/scuole_aperte
- [45] <https://udinevicina.it/it/news/apertura-dei-cortili-scolastici-al-via-il-progetto-casper/>
- [46] http://www.comune.udine.gov.it/files/amministrazione_trasparente/performance/piano_performance/2016/PEG2016-18-Vol15-Agostini.pdf
- [47] <https://www.misurafamiglia.it/progetto-c-a-s-p-e-r-inaugurato-il-nuovo-cortile-della-dante-di-udine/>
- [48] http://www.comune.udine.gov.it/files/amministrazione_trasparente/performance/piano_performance/2017/peg2017-19-vol04-toscanoeducativi.pdf
- [49] http://www.comune.udine.gov.it/files/amministrazione_trasparente/performance/piano_performance/2018/vol11-agostini-peg2018.pdf
- [50] CITTÀ DI TORINO, *Regolamento per la gestione dell'attività nei cortili scolastici comunali n°359*, 26/11/2012
- [51] CITTÀ DI TORINO-SERVIZI EDUCATIVI- LABORATORIO CITTÀ SOSTENIBILE, *Laboratorio Città Sostenibile 1999-2008*, 2008
- [52] http://www.comune.torino.it/iter/servizi/laboratorio_citta_sostenibile/premi_e_riconoscimenti.shtml
- [53] http://www.comune.torino.it/iter/servizi/laboratorio_citta_sostenibile/index.shtml
- [54] CITTÀ DI TORINO-SERVIZI EDUCATIVI- LABORATORIO CITTÀ SOSTENIBILE, *Progetto cortili scolastici*, 2017
- [55] CITTÀ DI TORINO-SERVIZI EDUCATIVI- LABORATORIO CITTÀ SOSTENIBILE, *Progetto cortili scolastici*, 2018
- [56] <http://www.axto.it/cortili-scolastici-aperti-al-gioco/>
- [57] <http://www.axto.it/lo-sportello-axto-nord-e-i-cortili-aperti/>
- [58] <http://www.comune.torino.it/benicomuni/co-city/index.shtml>
- [59] CITTÀ DI TORINO, *Regolamento sulla collaborazione tra cittadini e amministrazione per la cura, la gestione condivisa e la rigenerazione dei beni comuni urbani n°375*, 11 gennaio 2016
- [60] <http://www.retecasesedelquartiere.org/cocity/>
- [61] CITTÀ DI TORINO, *Linee guida per la coprogettazione*, 2017
- [62] CITTÀ DI TORINO, *Co-city. Avviso per la presentazione di proposte di collaborazione – scuole dell'infanzia, primarie e secondarie di I grado*, 2017
- [63] <https://www.fondazioneperlarchitettura.it/corso/spazi-innovativi-apprendimento/>
- [64] VANOS JENNIFER K., *Children's health and vulnerability in outdoor microclimates: A comprehensive review in Environment International*, 76, 2015, pp. 1–15.
- [65] VANOS J. K., MIDDEL A., MCKERCHER G. R., KURAS E. R., RUDELL B. L., *Hot playgrounds and children's health: A multiscale analysis of surface temperatures in Arizona, USA in Landscape and Urban Planning*, 146, 2016, pp. 29–42
- [66] C. MOOGK-SOULIS, *Schoolyard heat islands: a case study in Waterloo, Ontario*, paper from the 5th Canadian Urban Forest Conference., 2002, pp. 1-7.
- [67] ANSA, http://www.ansa.it/canale_ambiente/notizie/clima/2018/08/07/cambiamento-climatico-la-salute-dei-bimbi-e-piu-a-rischio_0b0c2d03-d60f-4d97-b5fc-3f319f0ff99b.html

2

L'ISOLA DI CALORE URBANA E IL COMFORT TERMICO IN AMBIENTI ESTERNI

2.1. IL FENOMENO DELL'ISOLA DI CALORE URBANA

Il fenomeno dell'isola di calore urbana (Urban Heat Island, UHI) è definito come l'innalzamento della temperatura nelle aree metropolitane, rispetto alle zone suburbane e rurali circostanti. [1]

Questo effetto è stato osservato per la prima volta dal meteorologo Luck Howard nella prima metà dell'Ottocento, monitorando le condizioni microclimatiche di Londra per circa trent'anni. [2]

L' **Atmospheric Urban Heat Island** si riferisce alla maggiore temperatura dell'aria nelle zone urbanizzate: il valore medio annuale di una città può superare quello delle aree rurali di 1-3 °C durante il giorno e di oltre 10°C durante le notti serene [3].

I materiali edilizi infatti, assorbono una percentuale considerevole della radiazione solare e la riemettono sotto forma di calore sensibile dopo il tramonto, aumentando la temperatura dell'ambiente. [4]

La **Surface Urban Heat Island** riguarda le temperature superficiali: le superfici rurali, ombreggiate e umide, mantengono temperature vicine a quelle dell'aria, a differenza dei tipici rivestimenti artificiali che, se esposti alla radiazione solare, raggiungono temperature sensibilmente superiori.

Questo effetto, più intenso nelle giornate estive soleggiate, si registra sia di giorno (ΔT s urbane/rurali di 10-15°C) che di notte (5-10°C) e incrementa indirettamente la temperatura dell'aria alle quote più basse, soprattutto a livello pedonale. [4]

L'isola di calore è determinata da molteplici aspetti, correlati fra loro [1,3,4,5,6,7,8,9]:

- **RIDUZIONE DELLE SUPERFICI NATURALI E MANCANZA DI VERDE**

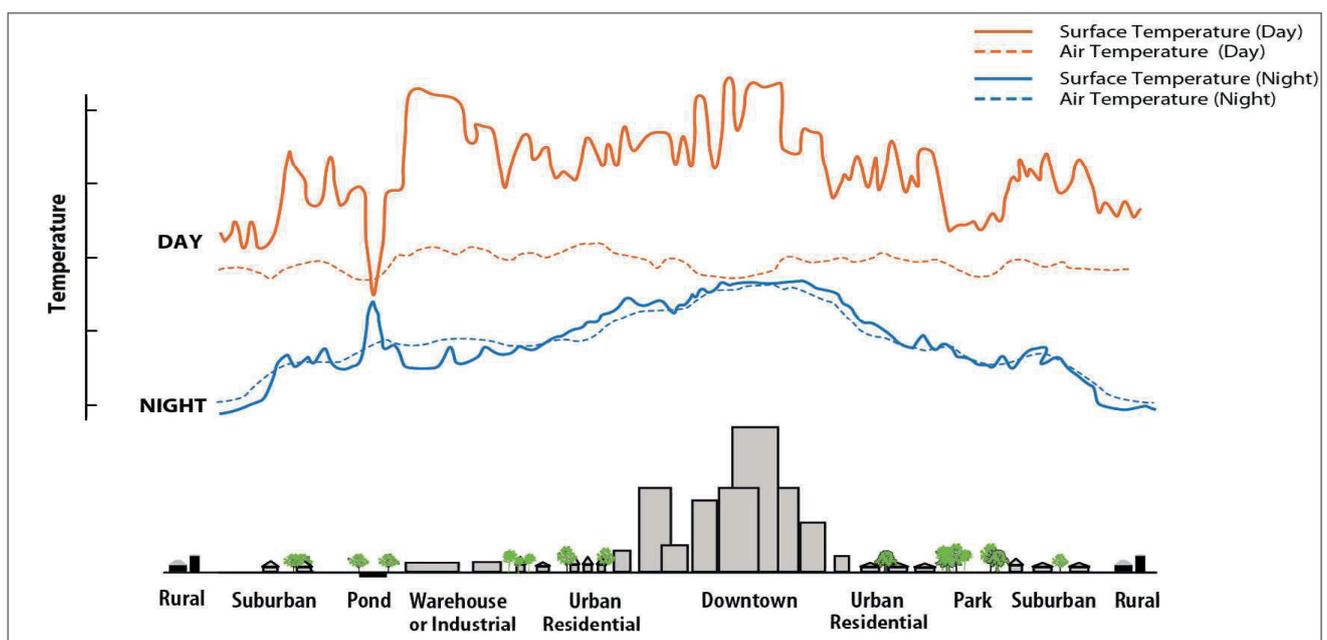
In aperta campagna, gli alberi e la vegetazione, schermando la radiazione solare, riducono le temperature superficiali. Inoltre, la temperatura dell'aria è ridotta dall'evapotraspirazione, cioè l'effetto combinato della traspirazione delle piante e dell'evaporazione dell'acqua direttamente dal suolo. Gli agglomerati urbani invece, possiedono poca vegetazione e sono caratterizzati principalmente da superfici impermeabili, come cemento e asfalto, che impediscono l'infiltrazione delle acque meteoriche nel terreno.

- **PROPRIETÀ DEI MATERIALI EDILIZI**

Le caratteristiche fisiche delle pavimentazioni, dell' involucro degli edifici rivestono un ruolo decisivo nel surriscaldamento delle aree urbane, perché determinano l'assorbimento, la riflessione e l'emissione della radiazione solare.

Una delle proprietà più importanti è l'albedo, che rappresenta la frazione di radiazione solare riflessa dalla superficie. Viene espressa attraverso una scala da 0 a 1, in cui zero indica riflessione nulla e uno, riflessione totale. La maggior parte dell'energia solare corrisponde allo spettro visibile, di conseguenza la riflessione dipende molto dal colore del materiale: quelli scuri, "caldi", assorbono una quota maggiore rispetto a quelli chiari, "freddi".

Nello spettro NIR (vicino infrarosso) la riflessione dipende anche dalla rugosità della superficie: materiali lisci e compatti riflettono di più.



Profilo delle T superficiali e atmosferiche [4]

Le temperature sono differenti in base alla densità urbana e all'utilizzo del terreno. Le Ts variano maggiormente durante la giornata. I picchi in corrispondenza del pond, mostrano che l'acqua mantiene una T costante, grazie alla sua inerzia termica.

I tipici materiali edilizi hanno valori di albedo molto bassi, basti pensare a quello dell'asfalto, compreso tra 0,05 a 0,2.

Il tessuto urbano, quindi, assorbe gran parte della radiazione solare, con conseguente incremento delle temperature superficiali, con impatto negativo sull'isola di calore. Anche l'emissività ricopre un ruolo significativo. Essa è definita dal rapporto tra la radiazione infrarossa emessa dalla superficie e la radiazione emessa da un corpo nero alla stessa temperatura.

Indica quindi la capacità di un materiale di rilasciare calore, cioè emettere radiazione nel campo dell'infrarosso (elevata lunghezza d'onda); maggiore l'emissività, maggiore sarà quantità di energia termica assorbita e riemessa. Varia tra 0 e 1, un corpo nero perfetto avrebbe un $\epsilon=1$, i materiali edilizi, ad eccezione dei metalli, hanno un ϵ media pari a 0,9.

Un'altra caratteristica da considerare è la capacità termica, che esprime l'attitudine di un materiale ad accumulare calore.

$C = m * c_p$ (massa * calore specifico)

Esprime la quantità di calore che serve per innalzare di 1°C la temperatura dell'unità di massa del materiale. Le aree urbane assorbono e immagazzinano il doppio dell'energia termica rispetto a quelle rurali.

• GEOMETRIA URBANA

La densità urbana e il rapporto tra altezza degli edifici e larghezza delle strade condizionano fortemente il bilancio energetico dell'ambiente costruito.

Durante la notte la temperatura dell'aria nei centri abitati è maggiore di quella in aperta campagna: gli edifici si ostruiscono reciprocamente, rallentando la dissipazione del calore in atmosfera.

Una configurazione che si presenta con frequenza nelle grandi metropoli è il cosiddetto canyon urbano, ovvero una via stretta circondata da edifici molto alti. Qui si verificano due aspetti differenti: da un lato, la strada è ombreggiata dagli edifici e questo ne riduce la temperatura superficiale e quella atmosferica in prossimità del suolo; dall'altro, la radiazione solare incidente e quella riemessa dalle superfici, vengono riflesse ripetutamente dalle pareti e assorbite dagli edifici. Il canyon intrappola il calore durante il giorno e ostacola il raffreddamento notturno.

Un descrittore molto utile è lo skyviewfactor (SVF) o fattore di vista del cielo, cioè l'angolo solido della vista del cielo da uno punto dello spazio urbano. Esso determina lo scambio di calore radiante tra la città e la volta celeste. Maggiore lo SVF, maggiore sarà il calore disperso. In ampi spazi aperti lo SVF è pari a 1, la vista è totale e quindi le temperature ambientali sono

principalmente legate alle condizioni climatiche e meteorologiche. In contesti densamente costruiti lo SVF è prossimo allo 0, la vista del cielo è ostruita e le temperature sono legate fortemente alla morfologia urbana.

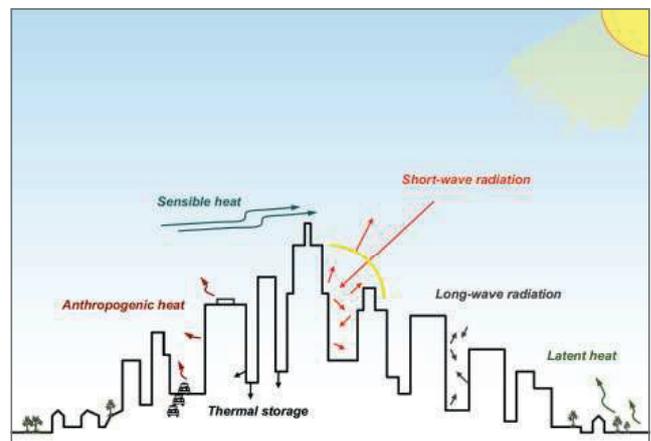
Lo schema insediativo influisce anche sugli effetti dovuti al vento, perché può bloccare o accelerare (effetto Venturi) le correnti di ventilazione prevalenti, in base alla disposizione degli edifici.

• FATTORI ANTROPOGENICI

Soprattutto nei centri urbani densamente abitati, il calore sensibile dovuto alle attività umane contribuisce all'incremento delle temperature. I gas inquinanti, le emissioni dovute al traffico veicolare e al riscaldamento degli edifici, il calore dissipato dai sistemi di condizionamento estivo e i processi industriali, peggiorano l'UHI.

A causa dell'innalzamento delle temperature peggiora l'impronta ecologica della città: aumentano i consumi energetici per il raffreddamento estivo, le emissioni di inquinanti e di gas serra.

Il fenomeno dell'isola di calore urbana, unito al riscaldamento globale, incide negativamente sull'ambiente, sulla vivibilità degli spazi, sulla salute e sul benessere delle persone. [1,3,6,7,8,9]



Bilancio energetico della superficie urbana [4]

2.2. IL COMFORT TERMICO IN AMBIENTI ESTERNI

Gli individui sono sottoposti a numerosi fattori di stress nell'ambiente urbano: inquinamento visivo, acustico, atmosferico e termico, quest'ultimo aggravato dal riscaldamento globale e dal fenomeno dell'isola di calore [6]

In relazione agli attuali cambiamenti climatici, il tema del comfort termico outdoor assume un ruolo significativo per la sostenibilità delle città e per il benessere degli individui. [10,11,12,13]

La qualità degli spazi aperti influenza il comportamento degli utenti, l'uso e la vitalità degli ambienti urbani. Spazi esterni confortevoli e aree verdi ben progettate costituiscono luoghi per l'interazione sociale, il tempo libero e l'attività fisica, soprattutto per i bambini e per gli anziani. [12]

Il comfort termico in ambiente esterno analizza il microclima del sito d'interesse, perché le condizioni climatiche globali sono condizionate localmente dalle sue caratteristiche specifiche: [7,12,13,14,15] morfologia, proprietà dei materiali, presenza di acqua e vegetazione e attività urbane. La zona microclimatica ha *un'estensione orizzontale di qualche centinaio di metri e verticale corrispondente all'altezza media delle piante in aree extraurbane e all'altezza degli edifici in zone urbane.* [7]

Le variabili meteorologiche principali da considerare sono [7,15,16]:

- **TEMPERATURA DELL'ARIA** (T_a , °C)

La temperatura dell'aria influisce in modo significativo sullo scambio termico tra l'individuo e l'ambiente circostante, sia in regime estivo, che invernale.

Dipende principalmente dalla radiazione solare che raggiunge la superficie terrestre, ma a livello locale è influenzata dalla morfologia dell'edificato, dal vento, della vegetazione, dalla presenza di masse d'acqua e dall'attività urbana. Negli strati più bassi dell'atmosfera è influenzata molto dalla T superficiale del suolo e quindi dalle proprietà dei materiali.

- **UMIDITÀ DELL'ARIA** (UR, %)

L'umidità relativa esprime il rapporto tra la quantità di vapore acqueo contenuto in una massa d'aria e la quantità massima che la stessa può contenere in condizioni di saturazione nelle medesime condizioni di temperatura e pressione. All'aumentare della T_a , aumenta la quantità di vapore acqueo necessaria per raggiungere la saturazione e quindi la UR diminuisce. Questo parametro condiziona il calore latente e di conseguenza la sudorazione dell'individuo. $UR > 60\%$ in estate determina una sensazione spiacevole di caldo afoso: l'elevata umidità riduce drasticamente l'evaporazione del sudore, limitando il raffreddamento evaporativo. Anche in inverno è motivo di discomfort

perché intensifica la sensazione di freddo.

- **VELOCITÀ DEL VENTO** (v , m/s)

Il vento è generato da una differenza di pressione nell'atmosfera, che mette in moto le molecole d'aria, favorendo lo scambio termico convettivo tra il corpo e l'ambiente.

Condizioni con $v > 1$ m/s sono positive nel periodo estivo perché permettono il raffreddamento convettivo: la pelle, a temperatura più elevata, cede calore all'aria più velocemente grazie alla ventilazione. Maggiore è la turbolenza, maggiore è il calore dissipato.

Raffreddamento convettivo: $(T_p - T_a) * v / clo$

T_p = temperatura della pelle

T_a = temperatura dell'aria

v = velocità del vento

clo = resistenza termica del vestiario

Al contrario, questo fenomeno è motivo di disagio nel periodo invernale: sottrazione di calore indesiderata e diffusione delle polveri sottili e degli inquinanti.

- **TEMPERATURA MEDIA RADIANTE** (T_{mrt} , °C)

La temperatura media radiante, rilevata comunemente con un globotermometro, è definita come la temperatura uniforme ideale di una cavità nera in cui un soggetto scambierebbe la stessa quantità di calore per irraggiamento che scambia nell'ambiente reale in cui si trova. La T_{mrt} descrive in modo sintetico il paesaggio radiante, costituito dalla radiazione solare (diretta e diffusa) e dalla radiazione termica (infrarossa) emessa da tutte le superfici.

È il fattore che incide maggiormente sul comfort microclimatico [6,7,17,18,19]. Nelle condizioni calde il suo effetto è maggiore, a causa dell'elevata incidenza delle componenti radiative riflesse dal suolo.

Rispetto all'interno, in cui le condizioni sono stazionarie, la valutazione degli ambienti esterni è più complessa, a causa dell'estrema varietà e variabilità dei parametri microclimatici, della limitata possibilità di controllo e della minor permanenza dell'utente.

Le caratteristiche fisiche dello spazio aperto e le variabili climatiche condizionano il processo di termoregolazione e di conseguenza il bilancio energetico del corpo umano.

Tuttavia, un approccio puramente fisico e fisiologico non è sufficiente a descrivere il benessere dell'individuo: le condizioni di stress termico non sono influenzate soltanto dai parametri oggettivi dell'ambiente, ma anche dagli aspetti culturali, comportamentali e psicologici dell'utente. [7,11]

La dimensione soggettiva è ben descritta dalla definizione di comfort termico presente nella norma UNI-ENISO7730:

“Quella condizione mentale di soddisfazione nei riguardi dell’ambiente termico”.

La motivazione, le esperienze passate, gli stimoli ambientali le aspettative giocano un ruolo chiave nella percezione termica.

Questo è confermato anche dal fatto che generalmente le persone dimostrano una soglia di accettabilità maggiore negli ambienti esterni, poiché sono consapevoli delle condizioni estreme o comunque critiche, a cui potrebbero andare incontro. [7]

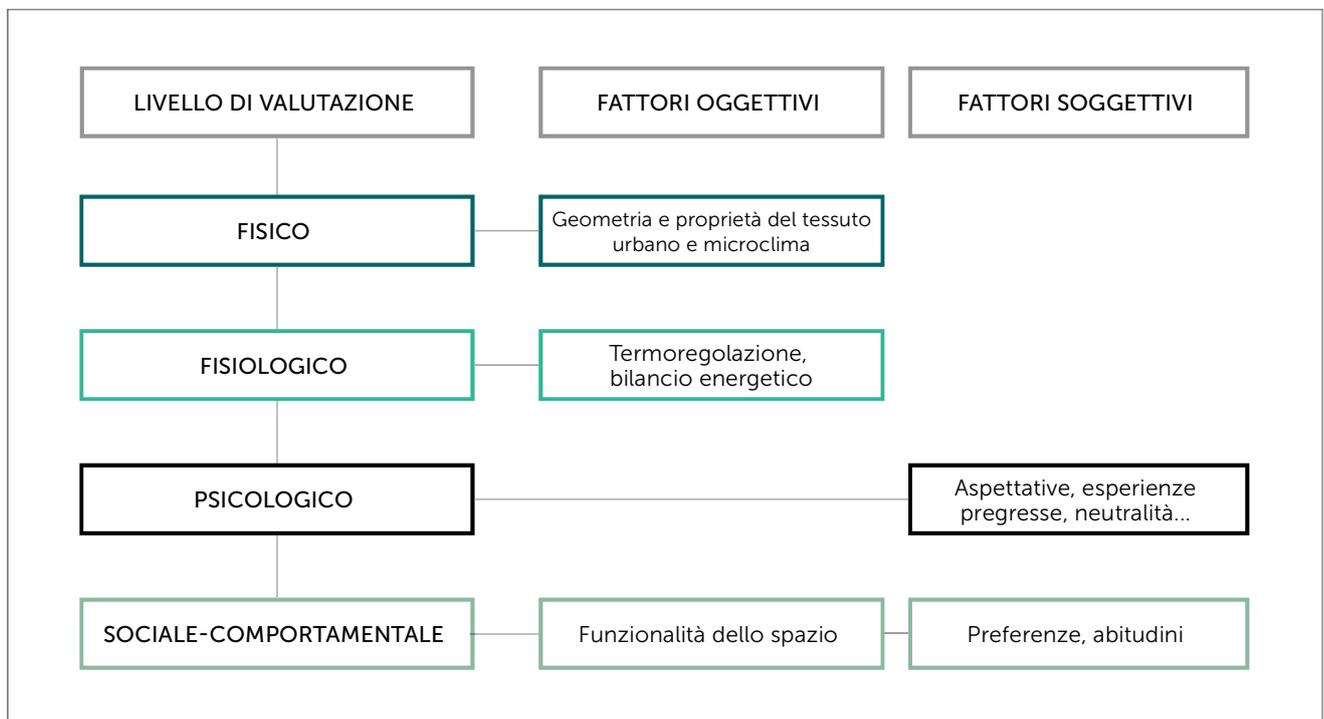
Un altro aspetto fondamentale è l’**adattamento**, cioè tutte le strategie che le persone adottano per mantenere l’equilibrio e ridurre il rischio di stress termico: la variazione stagionale dell’abbigliamento,

il consumo di bevande fresche o calde, le variazioni di postura...[7,11]

Le preferenze relative all’ambiente dipendono anche dalla zona geografica e dal clima di riferimento, a cui l’individuo è abituato. Si può parlare di adattamento stagionale in relazione alle ricerche di Humphrey e Auliciems [7], che dimostrano come la temperatura ottimale, preferita da un gruppo d’individui, cambi al variare della temperatura media mensile esterna. Le persone infatti tendono ad accettare temperature che rientrano nei range stagionali.

Si può parlare quindi, citando Nikolopoulou, di un adattamento su più livelli: *fisico, fisiologico e psicologico*. [20]

Per questo motivi all’esterno è molto più frequente registrare una discrepanza tra la condizione oggettiva, calcolata sulla base dei valori fisici e fisiologici e il benessere termico realmente percepito dall’utente.



Schema di sintesi delle variabili che influiscono sul comfort outdoor [11]

2.3. LA MITIGAZIONE DEL MICROCLIMA NELLA PROGETTAZIONE DEGLI SPAZI APERTI

“Sempre più spesso la rigenerazione urbana di una città in chiave sostenibile passa per la riqualificazione dei suoi spazi pubblici, elemento importantissimo per la vivibilità di una città e possibile campo di azione per strategie di adattamento e mitigazione climatica.” [21]

Il design degli ambienti esterni influisce in modo significativo sul benessere degli utenti, sul gradimento e sulla fruizione dello spazio. Parchi pubblici, piazze e cortili dovrebbero costituire nicchie microclimatiche all'interno del tessuto urbano, luoghi confortevoli per trascorrere momenti di socialità e svago. [7,21,22] Rientra in quest'ottica il progetto europeo REPUBLIC MED - RETrofittingPUBLicspaces in IntelligentMEDiterranean Cities, che ha coinvolto Grecia, Francia, Spagna, Croazia e Italia (Regione Emilia-Romagna), per sviluppare e sperimentare nuove metodologie volte al miglioramento della prestazione energetica del patrimonio edilizio e al miglioramento microclimatico degli spazi pubblici urbani attraverso azioni di mitigazione delle isole di calore. [23,24]

“Il microclima urbano è ideale quando, pur sviluppando condizioni disomogenee che stimolano le attività, evita condizioni di stress termico” [7]

Le strategie di intervento, volte a controllare gli

scambi termici tra l'uomo e l'ambiente esterno, possono essere così sintetizzate: [7,12,13]

- **ESTATE:** ridurre gli apporti dovuti alla radiazione solare e termica e incentivare gli scambi convettivi
- **INVERNO :** incrementare i guadagni radiativi solari e termica e ridurre gli scambi convettivi.

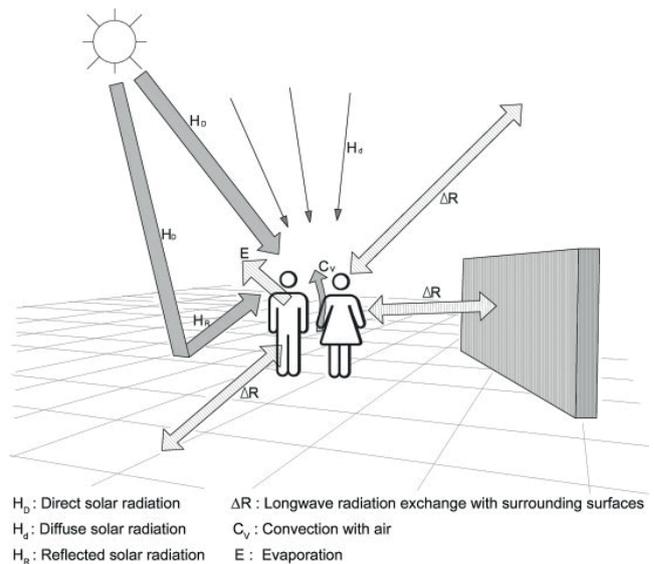


Diagramma degli scambi termici tra l'uomo e l'ambiente [12]

2.3.1. LE STRATEGIE

CONTROLLO DELLA RADIAZIONE SOLARE

Il contributo maggiore è dato dalla radiazione solare, diretta, diffusa e riflessa dalle superfici. Per quanto riguarda il comfort estivo, l'obiettivo è quello di ridurre l'esposizione alla radiazione, intercettandola attraverso sistemi di schermatura: ostruzioni determinate dall'assetto urbano, schermature artificiali fisse o mobili e vegetazione. Si può agire sulla scelta dei materiali superficiali per limitare le componenti riflesse dalle superfici e i rischi di abbagliamento.

CONTROLLO DELLA RADIAZIONE TERMICA

Si tratta essenzialmente della riduzione delle temperature delle superfici, conseguita grazie all'impiego di cool materials, vegetazione, lame e getti d'acqua.

In modo indiretto invece, si può intervenire schermando le superfici d'interesse, per ridurre la radiazione solare incidente.

Un buon risultato è quello di riportare le temperature superficiali ai livelli della temperatura dell'aria. Questo contribuisce a ridurre la temperatura dell'aria in prossimità del suolo e a migliorare le condizioni di comfort degli occupanti.

CONTROLLO DELLA TEMPERATURA DELL'ARIA E DELL'UMIDITÀ RELATIVA

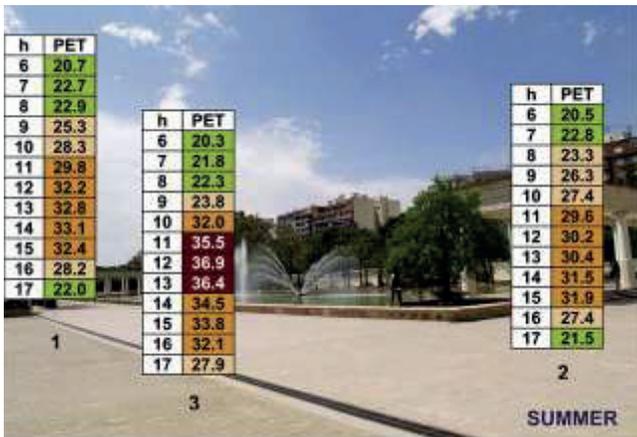
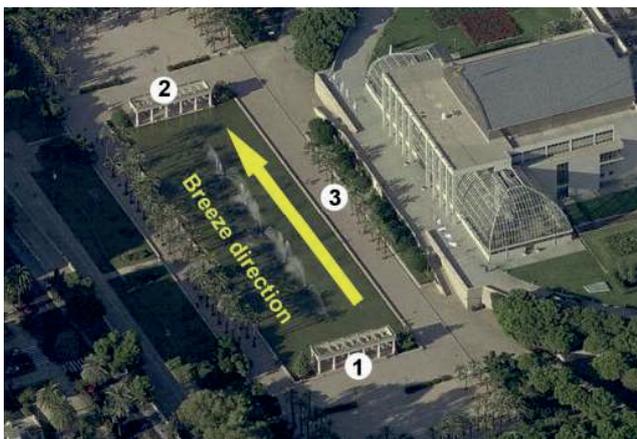
La modulazione di questi parametri è molto complessa, perché per avere risultati efficaci si dovrebbero trattare ampi volumi d'aria e confinare la zona di intervento. Ciò si può perseguire utilizzando barriere artificiali o naturali (siepi, lame d'acqua, differenze di quota,...). In estate, la temperatura atmosferica può essere mitigata dalle correnti più fresche, convogliate nel luogo di interesse e dalla presenza di un bacino d'acqua, che agisce come inerzia termica. Il raffrescamento dell'aria si può realizzare per convezione, riducendo la temperatura di ampie superfici di pavimento.

Fontane, getti d'acqua e sistemi di nebulizzazione favoriscono il raffrescamento evaporativo: il cambiamento di fase sottrae calore all'aria, riducendone la temperatura.

È molto importante considerare la direzione del vento nel design dei giochi d'acqua, per sfruttare appieno l'effetto raffrescante.

Nelle aree alberate si registra una riduzione della temperatura dovuta sia al processo di evapotraspirazione delle piante, sia al loro potere schermante.

Lo studio di Hwang et al su 10 parchi a Singapore ha rilevato che la temperatura dell'aria nelle aree verdi è 8-12°C più fresca di quella delle zone circostanti. [2]



Valencia, spazio aperto dietro al Palau de la Música [12]

L'indice di comfort in corrispondenza della stazione climatica n°2 registra una condizione migliore rispetto alla postazione n°1, poiché è interessata dall'effetto evaporativo, trasportato dalla brezza.

CONTROLLO DELLA VENTILAZIONE

Il flusso del vento può essere modificato grazie ad elementi artificiali o naturali, definiti frangivento, che possono aumentarne o diminuirne la velocità, in base alla loro collocazione, dimensione, densità e vicinanza.

Ostruzione e filtrazione in inverno, per proteggere gli occupanti.

Deviazione e incanalamento d'estate, per convogliare le correnti verso le aree più frequentate e rinfrescare l'ambiente.

L'orientamento degli edifici rispetto alla direzione prevalente delle correnti può agire come barriera (disposizione perpendicolare), oppure aumentare la velocità del vento (disposizione parallela).

Gli alberi sono elementi molto utilizzati per modificare sia la direzione, che la velocità; stessa funzione è svolta dagli arbusti, più adatti nelle zone in cui si svolgono attività situate.

2.3.2. LE SOLUZIONI TECNICHE

2.3.2.1. SISTEMI DI SCHERMATURA

La radiazione solare costituisce la componente di guadagno di calore più importante, per questo è essenziale progettare con attenzione gli elementi di schermatura.

Le coperture si collocano tra la radiazione solare e il suolo, proteggendo gli utenti ed evitando il surriscaldamento delle superfici sottostanti.

Per la scelta dei sistemi di schermatura bisogna considerare alcuni aspetti fondamentali [7,25]:

FORMA E DIMENSIONI: la radiazione solare e la quantità d'ombra prodotta dipendono dalla forma, dalle dimensioni e dalla distanza tra la copertura e la zona occupata.

COEFFICIENTE DI TRASMISSIONE: indica la frazione di radiazione che attraversa la copertura. Utilizzando superfici opache la trasmissione è nulla, con membrane polimeriche e tessuti la percentuale può raggiungere il 25% [25] la qualità dell'ombra ottenuta dipende quindi dal materiale e dalla tipologia della copertura: schermatura semplice (un solo strato), doppie o multiple (lamelle) hanno prestazioni differenti. Una parte della radiazione incidente viene assorbita dalla copertura aumentando la sua temperatura superficiale, in base al coefficiente di assorbimento del materiale. Il deposito di polvere e sporco, soprattutto sui materiali tessili e plastici, aumenta l'assorbimento della radiazione, compromettendone l'effetto ombreggiante.

COLORE E TEXTURE: determinano l'albedo della copertura e quindi la sua capacità di riflettere la radiazione solare.

Si possono scegliere sistemi di schermatura rigidi o removibili: i primi sono fissi e diventano un landmark dello spazio urbano, i secondi sono temporanei e si adattano alle specifiche funzioni del luogo e alle esigenze climatiche e stagionali (avere una zona soleggiata in inverno e ombreggiata d'estate).

2.3.2.2. VEGETAZIONE

Il verde è essenziale alla sostenibilità ambientale e al benessere degli individui: contribuisce alla salubrità dell'aria, riduce l'inquinamento atmosferico ed acustico, preserva la permeabilità del terreno e la biodiversità, riduce l'effetto dell'isola di calore e mitiga il microclima, soprattutto attraverso gli scambi evaporativi. [26,27]

Dal punto di vista del comfort microclimatico, gli alberi rappresentano la strategia più efficace. [6,19,28] Grazie alla loro funzione schermante e al raffreddamento evaporativo, la T_{mrt} locale è nettamente inferiore a quella delle aree circostanti. [6,28] La chioma intercetta la radiazione solare riducendo la temperatura radiante delle superfici ombreggiate e abbassa la temperatura dell'aria grazie all'emissione di vapore acqueo.

L'effetto combinato di questi due processi modera le condizioni climatiche e riduce i picchi di temperatura durante le ore centrali delle giornate estive, riducendo il periodo di discomfort. [6,28]

Inoltre, le migliori condizioni outdoor delle aree alberate determinano minori consumi per il raffreddamento degli edifici limitrofi. [15,18,28]

I benefici dipendono dalla specie arborea, dalla sua dimensione e dal suo portamento: al variare della densità della chioma e della distanza dal terreno cambia la capacità di ombreggiamento.

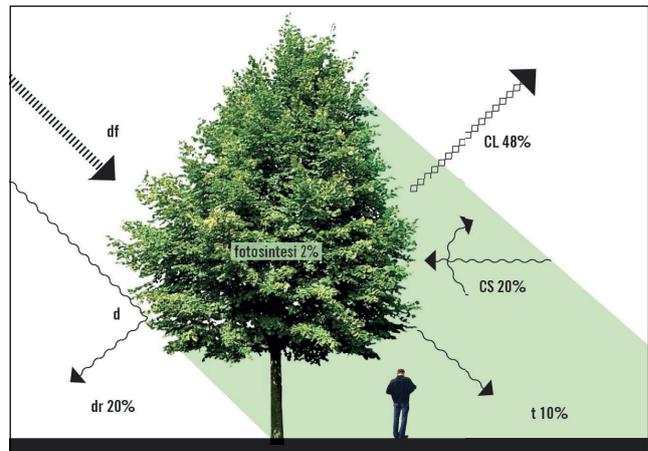
Il prato assorbe circa l'80 % dell'energia incidente e la utilizza in gran parte per l'evapotraspirazione, mantenendo così temperature superficiali simili a quelle atmosferiche. [7] Le superfici verdi, grazie alla loro permeabilità riducono il run-off, ovvero lo scorrimento delle acque pluviali, garantendo una gestione sostenibile delle piogge intense. [22]

Anche le pareti verdi contribuiscono alla mitigazione dell'isola di calore urbana e al comfort termico negli spazi esterni adiacenti. [2,7,28]. I risvolti più significativi riguardano il bilancio termico dell'edificio: la vegetazione filtra la radiazione solare e funge da isolamento termico, riducendo il fabbisogno energetico per il raffreddamento estivo.

I tetti verdi offrono numerosi benefici: isolano l'edificio, riducendo i consumi per il condizionamento e permettono la filtrazione delle acque meteoriche. Inoltre, se applicati in modo intensivo, migliorano il microclima urbano e la qualità dell'aria; non influiscono però sul comfort pedonale, a causa dell'altezza. [2]

Tra le potenzialità della vegetazione emerge fortemente la sua funzione decorativa e

ornamentale, che contribuisce alla qualità estetica e alla vitalità dello spazio pubblico. [22] Il verde ha una forza catalizzatrice e offre paesaggi dinamici, mai monotoni: le persone sono attratte dalla varietà di colori, profumi e rumori, che si alternano con le stagioni.



Le piante utilizzano una minima parte della radiazione solare (RS) per la fotosintesi (2%), ne riflettono circa il 20% (dr) e il 10% (t) la trasmettono al terreno, emettono il 20% sotto forma di "calore sensibile" (CS) e il 48% in "calore latente" (CL) attraverso il meccanismo naturale dell'evapotraspirazione. [22]

2.3.2.3.1 ACQUA

Anche l'acqua svolge un'importante funzione di controllo microclimatico. Il contributo è legato alla sua capacità di mantenere la temperatura superficiale inferiore a quella dell'aria e alla sua bassa riflessione verso l'ambiente, che non supera il 3% nelle ore di massima radiazione. [21,25]

I benefici dipendono dalla proprietà di accumulo termico e dal raffreddamento per evaporazione:

"In funzione dello spessore, uno specchio d'acqua può assorbire fino all'80% della radiazione solare senza aumentare sensibilmente la temperatura superficiale perché la superficie si raffresca per evaporazione ed il calore viene accumulato nella massa termica e dissipato di notte." [21]

Il raffreddamento evaporativo può essere incrementato con l'utilizzo di zampilli (con fori sull'ordine di 1 cm) o ugelli per getti nebulizzati/micronizzati (fori sull'ordine del mm), che aumentano la superficie di contatto aria/acqua e quindi la potenza di raffreddamento.

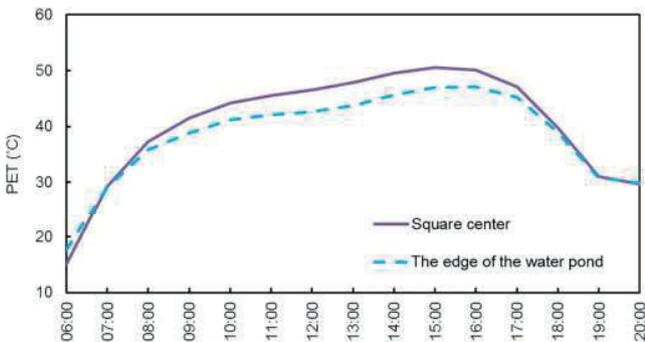
All'aumentare della profondità del bacino, aumenta l'inerzia termica e di conseguenza diminuisce la temperatura perché si verifica un'attenuazione ed uno sfasamento dell'onda termica che riducono l'oscillazione giornaliera della temperatura dell'acqua tra i 3 °C con solo specchio a 6 °C con gli zampilli ed i getti in funzione. [21]

I sistemi di nebulizzazione possono essere impiegati sia in zone di passaggio, che di sosta e possono essere integrati con pergole e coperture, creando tetti freddi che raffrescano l'ambiente in modo passivo.

Si possono usare anche lame d'acqua per le superfici verticali, indicate soprattutto in presenza di attività situate. In questo caso la superficie di scambio tra il corpo di una persona e l'acqua è maggiore e questo favorisce la dissipazione termica [22]: gli utenti, la cui temperatura corporea è pari a 37°C, cedono calore all'acqua, a circa 20°C.

L'acqua che scorre al di sotto di un percorso riduce la temperatura superficiale del pavimento, grazie agli scambi conduttivi e alla quota d'acqua che risale per capillarità (solo materiali porosi).

Oltre ai benefici microclimatici, la presenza visiva e sonora dell'acqua influisce sulla percezione dello spazio, aumentandone la piacevolezza.



Confronto tra l'indice di comfort PET nel centro di una piazza e sul bordo di un bacino d'acqua, scenario per la riqualificazione per una piazza a Toronto [4]

2.3.2.4. COOL PAVEMENTS

La scarsa attenzione rivolta alle caratteristiche fisiche dell'involucro edilizio e delle pavimentazioni urbane influenza negativamente il microclima delle città contemporanee.

La radiazione emessa dalle superfici orizzontali e verticali, intercettata e riflessa più volte dagli edifici, rimane intrappolata all'interno dello spazio urbano, andando così ad aumentare l'accumulo di calore sensibile durante il giorno.

Il bilancio energetico dell'ambiente costruito, condizionato in gran parte dalla sua densità, può essere migliorato limitando i guadagni termici, in particolare riducendo la radiazione solare assorbita, obiettivo che può essere conseguito attraverso la scelta consapevole dei materiali.

Per quanto riguarda il comfort termico degli utenti, valutato fino ad un'altezza di circa 2 metri da terra, l'elemento più impattante è la pavimentazione.

Le città europee sono costituite per lo più da asfalto e cemento, prodotti impermeabili e poco riflettenti, che raggiungono temperature estive molto elevate. Per limitare gli scambi radiativi ad onda lunga è necessario ridurre le temperature superficiali, limitando la radiazione solare che intercetta il suolo o agendo direttamente sulle superfici stesse.

L'impiego dei cosiddetti *cool pavements*, dalle minori temperature superficiali, può migliorare le condizioni di benessere termico durante il periodo estivo. Rientrano in questa categoria numerosi materiali, sia tradizionali che di recente sviluppo.

Le tecniche per ridurre le temperature superficiali possono essere così sintetizzate [1,29]:

- Aumentare l'**albedo** dei materiali per ridurre la radiazione assorbita: pavimenti riflettenti.
- Aumentare la **permeabilità** favorendo il raffrescamento evaporativo: pavimenti porosi e permeabili.
- Aumentare la **capacità di accumulo termico** per ridurre l'emissione di calore sensibile; normalmente i materiali edilizi hanno già un'elevata capacità termica, si può agire sfruttando il calore latente.
- Utilizzare **sistemi meccanici esterni per abbassare la temperatura**, per esempio lame d'acqua.
- Prevedere **sistemi di schermatura** che intercettino la radiazione solare: vegetazione e strutture ombreggianti.

I pavimenti riflettenti sono caratterizzati da un alto coefficiente di riflessione alla radiazione solare (albedo) e un alto valore di emissività alla radiazione infrarossa: assorbono soltanto una piccola frazione e rilasciano velocemente il calore assorbito durante la notte. [1,29,30]

Una pavimentazione lapidea in marmo bianco, per esempio, ha un albedo > 0.65 circa ed emissività 0,9 [30]. Generalmente i materiali e i rivestimenti superficiali bianchi (vernici, resine, ...) rispecchiano queste caratteristiche.

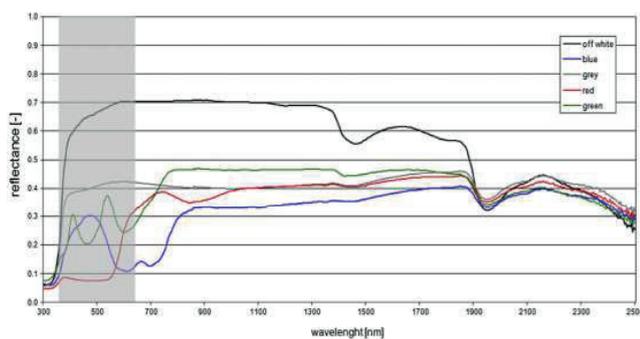
Per ottenere un asfalto o calcestruzzo riflettente si possono utilizzare aggregati chiari, leganti trasparenti o colorati e additivi riflettenti, come la loppa d'altoforno nel caso del cemento. [1,29]

In interventi di manutenzione e riqualificazione la soluzione più efficace e meno invasiva è l'applicazione di un layer superficiale sullo strato esistente di asfalto, in modo tale da aumentarne l'albedo. L'applicazione di una vernice bianca permette di raggiungere valori di riflessione superiori all' 80% [1].

Oltre alla verniciatura, esistono differenti trattamenti: [1,29]

- Chip seals: tecnica con cui si deposita un sottile strato di aggregati chiari immersi nel bitume,
- Whitetopping e ultra-thinwhitetopping: applicazione di uno strato di 10 cm (5-10cm) di cemento chiaro,
- Microsurfacing: un sottilissimo layer di colore chiaro, composto da cemento, sabbia, resine colorate ecc.

I test condotti da Carnielo e Zinzi [9] dimostrano le differenti prestazioni dell'asfalto, in virtù del colore applicato.



Un rischio legato ai rivestimenti bianchi o molto chiari, applicati su strade e spazi pubblici, è l'abbagliamento: l'elevata riflessione della quota visibile della radiazione è motivo di disagio per chi è alla guida e per le persone che utilizzano lo spazio in modo prolungato, come i bambini e gli anziani. [8,30]

Gli *infrared reflective color*, sviluppati da Kinouchi et al. [8,30], rappresentano una soluzione all'abbagliamento: questi pigmenti hanno un'albedo maggiore rispetto ai colori classici, ma la riflessione è dovuta alla quota infrarossa (87%), piuttosto che a quella visibile (23%).

Materiali innovativi, ancora in via di sperimentazione sono i *phase change materials* (PCM), che sfruttano nanoparticelle in grado di immagazzinare calore in forma latente attraverso il loro cambiamento di fase, e i *termocromatici*, caratterizzati da pigmenti che cambiano colore in modo reversibile in base alla temperatura. [1,30]

Le prestazioni dei cool materials diminuiscono con il passare del tempo: l'esposizione alla radiazione, in particolare ai raggi UV, il deposito di polvere e gli inquinanti compromettono la riflessione.[30,31]

Tra i materiali permeabili troviamo asfalti e calcestruzzi porosi, composti da aggregati di granulometria maggiore, in grado di contenere una certa quantità d'acqua. [29]

Sono molto impiegate anche le pavimentazioni drenanti, in cui la pietra o il massello autobloccante è posato su un letto di sabbia anziché essere fissato con il legante.

Si possono realizzare anche superfici parzialmente inerbite, utilizzando particolari griglie e moduli, che permettono la crescita del verde negli spazi liberi. In questo modo l'acqua riesce a infiltrarsi nel terreno e riduce le temperature attraverso i processi evaporativi. L'efficacia delle soluzioni permeabili è proporzionale alla quantità d'acqua presente nel terreno. [1]

Oltre ai benefici riguardanti il microclima, queste superfici riducono il rischio di run-off, garantendo una gestione sostenibile delle acque meteoriche.

2.4. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- 1] SANTAMOURIS M., *Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island. A review of the actual developments*, in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 2013, pp. 224–240
- [2] TALEGHANI MOHAMMAD, *Outdoor thermal comfort by different heat mitigation strategies- A review*, in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2018, pp. 2011–2018
- [3] U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, *Urban Heat Island Basics in Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*, 2008. <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium>.
- [4] TALEGHANI M.E BERARDI U, *The effect of pavement characteristics on pedestrians' thermal comfort in Toronto*, in *Urban Climate*, 24, 2018, pp. 449–459.
- [5] ROGORA A E DESSI V., *Il comfort ambientale negli spazi aperti*, Edicom Edizioni, Monfalcone, 2005
- [6] GULYÁS A., UNGER J., MATZARAKIS A., *Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: Modelling and measurements*, in *Building and Environment*, 41, 2006, pp. 1713–1722.
- [7] DESSI VALENTINA., *Progettare il comfort urbano: soluzioni per un'integrazione tra società e territorio*, Sistemi Editoriali, Napoli, 2007
- [8] SYNNEFA A., KARLESSI T., GAITANI N., SANTAMOURIS M., ASSIMAKOPOULOS D.N., PAPA KATSIKAS C., *Experimental testing of cool colored thin layer asphalt and estimation of its potential to improve the urban microclimate*, in *Building and Environment*, 46, 2011, pp. 38–44.
- [9] CARNIELLO E., ZINZI M., *Optical and thermal characterisation of cool asphalts to mitigate urban temperatures and building cooling demand*, in *Building and Environment*, 60, 2013, pp. 56–65.
- [10] RUROS (REDISCOVERING THE URBAN REALM AND OPEN SPACES), *Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach*, Ed. C.R.E.S (Centre of Renewable Energy Sources), Atene, 2004.
- [11] CHEN L., NG E., *Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review of research in the past decade in Cities*, 29, 2012, pp. 118–125.
- [12] GÓMEZ F., CUEVA A. P., VALCUENDE M., MATZARAKIS, A., *Research on ecological design to enhance comfort in open spaces of a city (Valencia, Spain). Utility of the physiological equivalent temperature (PET) in Ecological Engineering*, 57, 2013, pp. 27–39
- [13] GÓMEZ F., VALCUENDE M., MATZARAKIS., CÁRCCEL J., *Design of natural elements in open spaces of cities with a Mediterranean climate, conditions for comfort and urban ecology in Environmental Science and Pollution Research*, 25, 2018, pp. 26643–26652.
- [14] PEYRONEL, VALENTINA, *I cortili scolastici come luoghi per implementare tecniche di mitigazione dell'isola di calore urbana in un'ottica di inclusione sociale: casi studio nel comune di Collegno*, relatore: Valentina Serra, correlatore: Alfredo mela, Politecnico di Torino, 2015.
- [15] GASPARI J. E FABBRI K., *A study on the use of outdoor microclimate map to address design solutions for urban regeneration in Energy Procedia*, 111, 2017, pp. 500 – 509.
- [16] BETTA VITTORIO, *Il benessere termoisgrometrico negli ambienti moderati*, Facoltà di Ingegneria di Napoli, Federico II. http://www.docente.unicas.it/useruploads/000356/files/dispense_benessere_termoisgrometrico.pdf
- [17] JOHANSSON E., THORSSON S., EMMANUEL R., KRÜGER E., *Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies – The need for standardization*, in *Urban Climate*, 10, 2014, pp. 346–366.
- [18] VANOS JENNIFER K., *Children's health and vulnerability in outdoor microclimates: A comprehensive review in Environment International*, 76, 2015, pp. 1–15.
- [19] ANTONIADIS D., KATSIOULAS N., PAPANASTASIOU D., CHRISTIDOU V., KITTAS C., *Evaluation of thermal perception in schoolyards under Mediterranean climate conditions in International Journal of Biometeorology*, 60, 2016, pp. 319–334.
- [20] NIKOLOPOULOU M., STEEMERS K., *Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces in Energy and Buildings*, 35, 2003, pp.95–101.
- [21] DESSI VALENTINA., *REBUS dispensa 4.1: La progettazione bioclimatica degli spazi urbani*, Regione Emilia-Romagna, Bologna, 2015
- [22] DESSI V., FARNÈ E., RAVANELLO L., SALOMONI M., *Rigenerare la città con la natura, Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici*, Maggioli, Rimini, 2017
- [23] http://fondi.europafacile.net/progetti/scheda-progetto.asp?id_progetto=349
- [24] <https://territorio.regione.emilia-romagna.it/paesaggio/cooperazione-territoriale-e-paesaggio/retrofitting-public-spaces-in-intelligent-mediterranean-cities>
- [25] DESSI VALENTINA., *REBUS presentazione 1.4: La progettazione bioclimatica degli spazi urbani*, Regione Emilia-Romagna, Bologna, 2015
- [26] KOPEVA A., KHRAPKO O., IVANOVA O, *Landscape Planning of Schoolyards*, in *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 262, 2017, pp. 1-8.
- [27] NANDWANI DILIP (A CURA DI), *Urban Horticulture. Sustainability for the Future*, Springer, Cham (Svizzera), 2018.
- [28] ZHANG A., BOKEL R., VAN DEN DOBBELSTEEN A., SUN Y., HUANG Q., ZHANG Q., *An integrated school and schoolyard design method for summer thermal comfort and energy efficiency in Northern China in Building and Environment*, 124, 2017, pp. 369–387.
- [29] U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, *Cool Pavements in Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*, 2012. <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium>.
- [30] SANTAMOURIS M., SYNNEFA A., KARLESSI T., *Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions*, in *Solar Energy*, 85, 2011, pp.3085–3102.
- [31] KYRIAKODIS G., SANTAMOURIS M., *Using reflective pavements to mitigate urban heat island in warm climates - Results from a largescale urban mitigation project*, in *Urban Climate* 24, 2018, pp. 326–339

3

STRUMENTI PER LA VALUTAZIONE DEL COMFORT TERMICO

3.1. INDICATORI DI COMFORT TERMICO

L'analisi del benessere termico in ambienti esterni è un campo di ricerca relativamente recente, sviluppatosi nei primi anni 2000 e in continua espansione. A differenza dell'ambiente interno, in cui si registrano condizioni stazionarie, la situazione esterna è molto più complessa: condizioni variabili, limitate possibilità di controllo climatico, minore permanenza degli utenti, usi dello spazio differenti, influenza delle aspettative, adattamento psicologico e fisiologico. [1,2,3]

Al fine di progettare spazi urbani confortevoli, è quindi fondamentale considerare la variabilità microclimatica e le risposte degli utenti in virtù delle specifiche condizioni culturali (clima di riferimento) e sociologiche (attività svolta, alimentazione, tipo di vestiario...).

Per valutare in modo sintetico e quantificare il benessere in relazione alle variabili termoigrometriche è possibile ricorrere ad alcuni descrittori, definiti indici di comfort termico. Essi non restituiscono dati assoluti ma intervalli rappresentativi, che offrono valori di tendenza, utili a comprendere il livello di disagio.

Gli indicatori si differenziano per il modo in cui vengono combinati i parametri e il peso che viene dato loro.

I principali fattori presi in considerazione sono:

- Temperatura dell'aria
- Umidità dell'aria
- Velocità del vento
- Radiazione solare

"Ciascuna formulazione è frutto di uno studio a scala locale nel quale vengono confrontati parametri oggettivi, come le condizioni termoigrometriche e l'abbigliamento, e parametri soggettivi di benessere, derivanti per esempio dalla distribuzione di questionari." [4]

Nel corso dell'ultimo secolo ne sono stati sviluppati più di 100, attraverso molteplici approcci metodologici, scale di valutazione e strumenti di misura. [5]

Per questo motivo, Johansson et al. sottolineano la necessità di una standardizzazione del metodo di valutazione, che renda possibile il confronto tra gli studi condotti nei diversi paesi. [1]

L'applicazione degli indici di comfort termoigrometrico ha molteplici finalità: [4]

- *Prevenzione e comunicazione di possibili emergenze climatiche,*
- *Mappe dello stress termico,*
- *Pianificazione degli spazi aperti,*

- *Valutazione dell'appetibilità delle zone urbane.*

Le prime analisi outdoor hanno utilizzato i descrittori riferiti all'interno, in seguito adattati per le condizioni esterne. [1]

Tra gli indici creati appositamente per l'esterno invece, possiamo citare l'Universal Thermal Climate Index (UTCI) e la Physiologically equivalent temperature (PET), utilizzata nel presente lavoro di tesi.

Gli indici possono essere divisi in tre gruppi principali [5]:

- Indici diretti o semplici: misurano direttamente le singole variabili meteorologiche e ne illustrano l'effetto sul corpo umano.
- Indici empirici: basati su valutazioni soggettive dello stress termico.
- Indici razionali: fondati sul calcolo dell'equazione di bilancio termico del corpo umano.

Di seguito sono riportati alcuni dei più diffusi.

3.1.1. INDICI DIRETTI

HEAT INDEX o INDICE DI CALORE (HI)

Questo indicatore combina la temperatura dell'aria (T_a , °C) e l'umidità relativa (UR, %), in termini di temperatura apparente, per descrivere il disagio dell'organismo umano in condizioni di caldo afoso.

Heat index (°C)	Categoria	Possibile disturbo per persone ad alto rischio
$27 \leq HI < 32$	Cautela	Possibile stanchezza per esposizione prolungata al sole e/o attività fisica.
$32 \leq HI < 40$	Estrema cautela	Possibile colpo di sole, crampi da calore o spossatezza con esposizione prolungata e/o attività fisica.
$40 \leq HI \leq 51$	Pericolo	Probabile colpo di sole, crampi o spossatezza da calore, possibile colpo di calore con prolungata esposizione al sole e/o attività fisica.
$HI \geq 52$	Elevato pericolo	Elevata possibilità di colpo di sole o di calore.

Scala di valutazione Heat Index [6]

È efficace per $T_a > 27^\circ\text{C}$ e $UR > 40\%$. [4]

L'equazione dell'HI, elaborata da Steadman nel 1979, deriva da un'analisi di regressioni multiple in cui compaiono le due variabili meteorologiche [5]:

$$HI = -8.784695 + 1.61139411 * Ta + 2.338549 * UR - 0.14611605 * Ta * UR - 1.2308094 * 10^{-2} * Ta^2 - 1.6424828 * 10^{-2} * UR^2 + 2.211732 * 10^{-3} * Ta^2 * UR + 7.2546 * 10^{-4} * Ta * UR^2 - 3.582 * 10^{-6} * Ta^2 * UR^2$$

È impiegato abitualmente negli Stati Uniti, dal National Weather Service della NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), organismo che ha stabilito una corrispondenza tra i rischi per l'organismo e le fasce di valori dell'indice di calore.

HUMIDEX

Questo indicatore prende in considerazione la temperatura dell'aria (T_a , °C) e la pressione di vapore (v_p , hPa), restituendo la temperatura percepita in un ambiente caldo e umido. [5] Si basa su una semplice equazione empirica:

$$H = T_a + 0.5555 * (v_p - 10)$$

Validità: $20^\circ\text{C} < T_a < 55^\circ\text{C}$ [4]

È stato ideato in Canada per valutare gli ambienti caldi e umidi ed è tuttora utilizzato nelle previsioni meteo. Per ogni intervallo sono stati individuati gli effetti sull'individuo.

Humidex (°C)	Livello di Comfort
$20 \leq H \leq 29$	Leggero disagio
$30 \leq H \leq 39$	Disagio moderato
$40 \leq H \leq 45$	Elevato disagio, evitare sforzi
$H \geq 46$	Elevato pericolo, possibile colpo di calore

Scala di valutazione Humidex [7]

WET-BULB-GLOBE-TEMPERATURE

Il wet-bulb-globe-temperature è l'indice di stress termico maggiormente diffuso a livello internazionale [5]. È stato sviluppato dalla Marina statunitense nel 1957 per valutare i rischi dovuti all'esposizione al calore durante gli allenamenti militari. Consiste nella media pesata tra la temperatura di bulbo asciutto (T_a , temperatura dell'aria), la natural wet-bulb temperature (T_{nw} , da cui si ricava l'umidità) e la temperatura di globo radiante (T_{bg} , da cui si ricava la temperatura media radiante).

Equazioni per il calcolo, in F° o C° [8] :

$$WBGT \text{ (outdoor)} = 0,7 * T_w + 0,2 * T_{bg} + 0,1 * T_a$$

$$WBGT \text{ (indoor, } T_{bg} \sim T_a) = 0,7 * T_w + 0,3 * T_{bg}$$

A causa della complessità della misurazione della T_{bg} , il suo impiego è limitato ad alcuni ambienti. Numerose organizzazioni, afferenti alla sicurezza sul lavoro, alla salute e alla medicina dello sport, hanno pubblicato linee guida per l'esercizio fisico in relazione ai livelli del WBGT. [9]

WBGT (°C)	Raccomandazioni per l'attività sportiva
<18	Nessuna limitazione.
18-23	Attenzione ai possibili sintomi da stress termico.
23-28	Riduzione dell'esercizio fisico in assenza di adattamento alle condizioni climatiche.
28-30	Riduzione dell'esercizio fisico per tutti, salvo le persone ben acclimatate.
>30	Tutti gli allenamenti devono essere sospesi.

Scala di valutazione WBGT [10]

WIND CHILL INDEX

Questo indicatore valuta l'effetto del vento sulla percezione termica dell'organismo in ambienti freddi. L'individuo, infatti, a causa della ventilazione percepisce una temperatura inferiore a quella reale.

"Con l'espressione "effetto Wind Chill", s'intende l'incremento della dispersione di calore dal corpo causato dalla ventilazione. Due sono i motivi di questo incremento "[4]:

-Il disturbo del sottile strato isolante d'aria calda che avvolge la pelle,

-La sottrazione di calore causata dalla maggiore evaporazione cutanea.

Il Wind Chill Index, espresso in W/m^2 , è stato elaborato da Paul Siple e Charles Passel, per esprimere il flusso di calore disperso, dovuto alla temperatura e alla ventilazione. [5]

Nel 1941, durante un esperimento in Antartide, rilevarono che il tempo impiegato da uno straccio umido per congelarsi dipendeva dalla velocità del vento alla quale era sottoposto. Anche se il corpo umano è più complesso di un panno, l'indicatore è significativo per descrivere le condizioni avvertite dall'individuo.

Questa formulazione venne implementata nel 2001 dal National Weather Service con il nuovo Wind Chill Temperature Index, attualmente molto utilizzato nel nord dell'America.

$$WCT \text{ (}^\circ\text{C)} = 13.12 + (0.6215 * T_a) - (11.37 * v^{0.16}) + (0.3965 * T_a * v^{0.16})$$

T_a = temperatura dell'aria (°C)

v = velocità del vento a 10 m dal suolo (km/h)

Considera lo scenario peggiore, non soleggiato ed è valido per $T_a < 10^\circ\text{C}$ e $v > 4,8 \text{ km/h}$ (1,3 m/s). [4]

Il WCT restituisce una temperatura apparente, percepita dalla superficie epidermica non protetta, esposta alle basse temperature e all'azione del vento

Wind chill (°C)	Rischio	Conseguenze per la salute
-9 < WCT < 0	Basso	Lieve aumento del disagio
-27 < WCT < -10	Moderato	Situazione sgradevole, rischio ipotermia e congelamento in caso di prolungata esposizione senza protezione.
-39 < WCT < -28	Alto	Alto rischio d'ipotermia e congelamento in caso di prolungata esposizione senza protezione. La pelle esposta può congelarsi in 10-30 min.
-47 < WCT < -40	Molto alto	Altissimo rischio d'ipotermia e congelamento in caso di prolungata esposizione senza protezione. La pelle esposta può congelarsi in 5-10 min.
-54 < WCT < -48	Grave	Grave rischio d'ipotermia e congelamento in caso di prolungata esposizione senza protezione. La pelle esposta può congelarsi in 2-5 min.
WCT < -55	Estremo	Pericolo. La pelle esposta può congelarsi in meno di 2 min.

Scala di valutazione Wind chill temperature index [11]

INDICE DI THOM

L'indice di Thom, anche detto "Discomfortindex" (DI), stima la temperatura effettiva percepita dall'uomo, considerando l'effetto combinato della temperatura, dell'umidità e del movimento dell'aria.

$$DI = 0.4 (Ta + Tw) + 4.8$$

Ta = temperatura di bulbo asciutto (°C)

Tw = temperatura di bulbo umido (°C)

Descrive le condizioni di disagio fisiologico in situazioni di caldo-umido ed è significativo per 21°C < Ta < 47°C.

Attualmente è utilizzato dal Servizio Meteorologico Regionale dell'Emilia-Romagna.

Indice di Thom (°C)	Descrizione
DI < 21	Benessere
21 ≤ DI ≤ 24	Meno del 50% della popolazione prova un leggero disagio.
24 ≤ DI ≤ 27	Oltre il 50% della popolazione prova un crescente disagio.
27 ≤ DI ≤ 29	Gran parte della popolazione prova disagio e un significativo deterioramento delle condizioni psicofisiche.
29 ≤ DI ≤ 32	Tutti provano un forte disagio
DI ≥ 32	Stato di emergenza medica, il disagio è molto forte; elevato rischio di colpi di calore.

Classi di valutazione [12]

EFFECTIVE TEMPERATURE

L'effective temperature (ET) è stata sviluppata da Houghton e Yaglou nel 1923 per valutare l'effetto

combinato della temperatura dell'aria (Ta, °C) e dell'umidità relativa (UR, %) sul comfort dell'individuo. La temperatura effettiva è definita come la temperatura di un ambiente saturo (UR 100%) e non ventilato, in cui si registrano le stesse condizioni di quello reale. [13]

Successivamente è stata inclusa la velocità del vento, e la temperatura di bulbo asciutto è stata sostituita con la black-globe temperature, per considerare l'effetto della radiazione: correct effective temperature (CET)

In Germania, i check-up medici per i dipendenti, vengono stabiliti in base ai valori di ET monitorati sul posto di lavoro.

Un adattamento di questa formula, il net effective temperature index (NET) è utilizzato dall'Osservatorio di Hong Kong come strumento di allerta meteo.

$$NET = 37 - ((37 - T) / (0.68 - 0.0014 * UR + 1 / (1.76 + 1.4 * v^{0.75}))) - 0.29 * T * (1 - 0.01 * UR)$$

Nell'Europa centrale vige la seguente scala di giudizio [5]:

ET (°C)	Sensazione Termica
< 1	Molto freddo
1-9	Freddo
9-17	Un po' freddo
17-21	Fresco
21-23	Comfort
23-27	Caldo
> 27	Molto caldo

NEW SUMMER SIMMER INDEX

Il New Summer Simmer Index (SSI) è stato presentato all'ottantesimo meeting dell'AMS (American Mathematical Society), svoltosi in California nel gennaio del 2000, come revisione del Summer Simmer Index, pubblicato per la prima volta nel 1987 da John W. Pepi.

Questo indicatore combina i parametri di temperatura (Ta°F) e umidità, in una temperatura equivalente, atta a descrivere il disagio e lo stress termico, in un ambiente secco di riferimento.

Si fonda su principi scientifici e modelli fisiologici, connessi al sistema di termoregolazione del corpo umano; inoltre è stato confermato da centinaia di test soggettivi.

Le analisi e i test di riferimento sono stati condotti dall'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) e dall'Università del Kansas State, nell'arco di 75 anni. [13]

L'equazione matematica è la seguente:

$$SSI = 1.98 * (Ta - (0.55 - 0.0055 * (UR))) * (Ta - 58) - 56.83$$

L'espressione è valida per $T_a \geq 70 \text{ °F}$ (21 °C).
 Per $T_a > 125 \text{ °F}$ (52 °C) fornisce sempre il valore massimo, cioè "estremamente caldo".

New SSI (°F)	Categorie	Effetti
$70 \leq \text{SSI} < 77$	Leggermente fresco	La maggior parte delle persone è a proprio agio, anche se è leggermente fresco.
$77 \leq \text{SSI} < 83$	Confortevole	Quasi tutti sono in condizioni confortevoli.
$83 \leq \text{SSI} < 91$	Leggermente Caldo	La maggior parte delle persone è a proprio agio anche se è leggermente caldo.
$91 \leq \text{SSI} < 100$	Caldo	Si avverte un aumento del disagio
$100 \leq \text{SSI} < 112$	Mediamente Caldo	Disagio significativo. Pericolo di colpo di sole e spossatezza in seguito a prolungata esposizione al sole e/o attività fisica
$112 \leq \text{SSI} < 125$	Molto Caldo	Disagio elevato. Tutti sono a disagio. Pericolo colpo di calore
$\text{SSI} \geq 125$	Caldo estremo	Disagio massimo. Elevato pericolo di colpo di calore, soprattutto per le persone più deboli, gli anziani e anche i bambini più piccoli

Classi di giudizio [14]

3.1.2. APPROCCIO BASATO SUL BILANCIO TERMICO E INDICI ANALITICI

Il modello del bilancio energetico del corpo umano si afferma dagli anni 60, come risposta alla necessità di considerare l'effetto integrato di tutte le variabili climatiche nella valutazione del benessere termico. [15]

Il corpo umano non possiede dei sensori per la percezione dei parametri climatici individuali, ma la termoregolazione, controllata dall'ipotalamo, avviene in funzione della temperatura della pelle e del flusso sanguigno, fattori che dipendono dall'interazione di tutte le variabili biometeorologie. Il comfort quindi è fortemente legato al bilancio termico della persona.

La variazione di calore necessaria a mantenere costante la T corporea (37 °C), è data dalla somma dell'energia metabolica, delle dispersioni dovute all'evaporazione e alla sudorazione e dai flussi energetici per conduzione, convezione e irraggiamento. [16]

Questo complesso sistema può essere sintetizzato grazie all'equazione di bilancio termico:

$$BT = M \pm W \pm R \pm C - E \quad (\text{W/m}^2)$$

M = energia metabolica, dipende dall'attività svolta: per esempio, una persona che sta seduta a leggere

produce 60 W/m^2 , invece chi corre 400 W/m^2 .

W = potenza meccanica muscolare

R = flusso termico per irraggiamento. La radiazione solare è sempre un guadagno, quella termica può essere positiva o negativa, a seconda che la T degli oggetti circostanti sia maggiore o minore della T superficiale del corpo vestito.

C = flusso termico per convezione $= v * (T_{\text{pelle}} - T_{\text{aria}})$, dipende dalla velocità dell'aria e ΔT

E = flusso sensibile e latente, ceduto per evaporazione: respirazione, traspirazione cutanea e sudorazione.

Gli scambi per conduzione possono essere trascurati.

Si raggiunge l'equilibrio termico quando l'energia ricevuta equivale a quella ceduta: $BT = 0$.

L'individuo è in una condizione di benessere quando riesce a mantenere questo equilibrio con uno sforzo minimo da parte del sistema di termoregolazione.

I processi fisiologici a loro volta sono influenzati dalla resistenza del vestiario e dalle variabili ambientali:

- Temperatura dell'aria (T_a): condiziona l'evaporazione e la convezione,
- Umidità dell'aria (UR): influisce sul calore latente e quindi sul livello di sudorazione,
- Velocità dell'aria (v): caratterizza la convezione e l'evaporazione,
- Temperatura media radiante (T_{mrt}): influenza la radiazione assorbita ed emessa.

Un contributo fondamentale si deve al modello a due nodi di A. P. Gagge. Secondo il quale, il corpo è costituito da due elementi distinti: un nucleo interno, che produce energia attraverso l'attività metabolica e il lavoro meccanico (muscoli), e la pelle, che scambia energia e massa con l'esterno. [16]

Quest'approccio permette di descrivere la termoregolazione umana in modo dinamico, considerando le differenze di temperatura e gli scambi corpo-pelle e pelle-esterno.

Gli indici analitici si fondano sul bilancio energetico del corpo umano e sulla valutazione della temperatura media radiante (T_{mrt}).

Per quanto riguarda gli ambienti interni, le normative ISO 7730 (2005) e ASHRAE 55 (2010) suggeriscono di utilizzare il voto medio previsto (PMV); per gli spazi esterni, le linee guida VDI 3787 (2008) sviluppate in Germania propongono PMV, PT e PET.

Di seguito sono riportati quelli più diffusi.

BILANCIO TERMICO (BT)

Il bilancio termico non è soltanto un approccio per la valutazione delle condizioni di comfort, ma rappresenta un vero e proprio indicatore.

Il benessere termico si ottiene quando le perdite di energia corrispondono ai guadagni; il corpo però potrebbe trovarsi in una condizione diversa dalla neutralità, dovuta a un deficit o un surplus di energia.

$$BT = M \pm W \pm R \pm C - E$$

Esiste una scala di valori che associa il bilancio alle sensazioni termiche: man mano che ci si allontana dallo zero si possono avere condizioni di troppo freddo ($BT \ll 0$) o troppo caldo ($BT \gg 0$).

Bilancio termico (W/m ²)	Sensazione termica
$BT < -150$	Freddo
$-150 < BT < -50$	Leggermente freddo
$-50 \leq BT \leq 50$	Comfort
$50 < BT \leq 150$	Leggermente caldo
$BT > 150$	Caldo

Classi di giudizio BT [2]

PREDICTED MEAN VOTO (PMV) e PERCENTAGE OF PERSON DISSATISFIED (PPD)

L'indice PMV è stato sviluppato da Fanger nel 1972, per gli ambienti confinati e successivamente adattato per l'esterno. La finalità era di generalizzare le basi fisiologiche del benessere termico in modo da poter prevedere, per ogni attività associata a un tipo di vestiario, la sensazione termica, utilizzando soltanto le variabili ambientali. (T_a , U_R , v e T_{mrt}). [4]

L'equazione di bilancio è così definita [2]:

$$f(M, L, I_{cl}, T_a, v, U_R, T_{mrt}, T_s, E_{sw}) = 0$$

M = livello di attività metabolica (met)

I_{cl} = resistenza termica dell'abbigliamento (clo)

L = calore sensibile ceduto per mezzo della respirazione (W)

T_a = temperatura dell'aria (°C)

v = velocità dell'aria (m/s)

U_R = umidità relativa (%)

T_{mrt} = temperatura media radiante (°C)

T_s = temperatura media pelle

E_{sw} = perdita di calore da traspirazione cutanea (W/m²)

Le uniche variabili fisiologiche considerate sono la temperatura della pelle T_s e la secrezione di sudore E_{sw} .

In base all'attività svolta, al vestiario e all'ambiente, il sistema di termoregolazione produrrà una coppia

di valori T_s e E_{sw} tali da soddisfare l'equazione di bilancio.

Per raggiungere il livello di benessere ottimale, devono essere soddisfatte simultaneamente anche le equazioni:

$$E_{sw} = 0,42 \cdot (M - L) - 58,15$$

$$T_s = 35,7 - 0,0257 \cdot (M - L)$$

Nonostante sia molto difficile che le condizioni garantiscano il comfort ottimale, il corpo riesce comunque a mantenere il suo equilibrio entro gli ampi range delle variabili ambientali.

Per questo motivo, il ricercatore introduce il concetto di *carico termico* o *stress* a cui sono sottoposti i meccanismi di termoregolazione. La sensazione termica corrispondente a una determinata attività è quindi funzione del carico termico del corpo, definito come *la differenza fra la produzione interna di calore e le dispersioni nell'ambiente in cui il soggetto si trova, nell'ipotesi che questi mantenga la temperatura media della pelle e la produzione di calore e di sudore ai valori ottimali per il comfort, già definiti dalle equazioni.* [2]

Grazie alla sua indagine sperimentale, condotta in una camera climatica, Fanger è in grado di introdurre una scala di giudizio soggettiva, ricavata dai feedback e dalle risposte espresse dalle persone.

Dai dati estratti dalle interviste, elabora l'equazione del PMV e dimostra che è possibile prevedere quale sarà la risposta dell'utente, conoscendo la sua attività, gli abiti che indossa e l'ambiente in cui si trova. L'espressione matematica che lega tutti i parametri restituisce un valore numerico compreso tra +3 e -3. [3]

Voto	Sensazione Termica
+3	Molto caldo
+2	Caldo
+1	Leggermente caldo
0	Benessere termico
-1	Leggermente freddo
-2	Freddo
-3	Molto freddo

La ISO 7730 individua le condizioni di benessere termico per valori $-0,5 < PMV < +0,5$ e consiglia di ricorrere al PMV per valori compresi tra -2 e +2.

L'indice è attendibile per $10^\circ\text{C} < T_a < 30^\circ\text{C}$. [17]

Il voto descrive la sensazione del gruppo come insieme, ma al suo interno potrebbero esserci delle differenze: per una maggiore chiarezza, Fanger introduce un indice statistico, il PPD, ovvero la percentuale prevista d'insoddisfatti.

Ciò significa che un PMV pari a 0 non implica la

neutralità per tutti i soggetti, se il PPD è diverso da 0. [17]

A fine anni 70, Jendritzky, adatta il PMV per le valutazioni del comfort esterno, in aree a clima mediterraneo, includendo nell'equazione gli apporti solari, attraverso il Klima-Michel-model. [15]

Questo è un fattore fondamentale perché, per esempio, una radiazione pari a 40 W/m² incrementa il PMV di 1,18. [2]

Questo indice però, essendo stato studiato per condizioni stazionarie, è inadeguato per gli ambienti outdoor, in cui si presentano condizioni estremamente variabili nel tempo e molto lontane dalle condizioni di comfort. In questo caso, la temperatura dell'aria spesso supera l'intervallo di significatività (10-30°C). Inoltre, l'acclimatamento in ambiente esterno è più complesso, a causa di alcuni aspetti psicologici non trascurabili: *solitamente un individuo sottoposto alle stesse condizioni termogrometriche in ambiente esterno e interno tende a dare un "voto" migliore nel primo caso poiché in ambiente esterno risulta psicologicamente "preparato" a subire determinate condizioni* [4].

A ciò bisogna aggiungere che il livello di gradimento è falsato dall'aspettativa e dalla breve esposizione che caratterizza gli spazi aperti. [3]

Il limite maggiore di questo indicatore consiste nel fatto che essendo stato elaborato per integrare le componenti termiche del clima e non per offrire una descrizione realistica delle condizioni termiche del corpo umano, non tiene in considerazione i processi fondamentali di termoregolazione.

Per esempio, la temperatura media della pelle e la quantità di sudore prodotta sono quantificate come "valori di comfort" essendo dipendenti solo dall'attività metabolica e per niente dalle condizioni climatiche. [15]

STANDARD EFFECTIVE TEMPERATURE (SET*)

Questo indicatore viene elaborato nel 1972 da un gruppo di ricercatori condotto da Gagge, aggiornando l'effective temperature, attraverso un modello di bilancio a due nodi. [18]

Il SET* rappresenta la temperatura dell'aria di un ambiente ipotetico ($T_a = T_{mrt}$, $UR = 50\%$, $v = 0,15$ m/s) in cui un individuo, che indossa abiti standard per la propria attività, ha temperatura (T_s) e umidità della pelle (w) pari a quelle nell'ambiente in esame. [5]

I due ambienti sono equivalenti dal punto di vista dello stress termico e dello sforzo dovuto alla termoregolazione, poiché essi sono strettamente legati alla temperatura e all'umidità della cute. [19]

Per le applicazioni esterne, Pickup e de Dear nel

2000 hanno elaborato l'OUT_SET*, introducendo un modello per il calcolo della temperatura media radiante (OUT_MRT), che include il contributo della radiazione solare e infrarossa. [19]

Questo modello valuta tutti i flussi radiativi che coinvolgono il corpo umano e stima l'effetto del vestiario e della ventilazione sulla quantità di radiazione solare assorbita.

IL SET* comprende quindi tutte le variabili ambientali, quelle personali legate all'attività e al vestiario e i parametri fisiologici.

Essendo stato elaborato per ambienti caldi e umidi, è significativo per $T_a > 17$ °C.

SET* (°C)	Sensazione termica
$SET^* \leq 17$	Fresco
$17 < SET \leq 30$	Comfort
$30 < SET \leq 34$	Leggermente caldo
$34 < SET \leq 37$	Caldo
$SET > 37$	Troppo caldo

Classi di giudizio SET [5]

PERCEIVED TEMPERATURE (PT)

La temperatura percepita corrisponde alla temperatura di un ambiente fittizio ($T_a = T_{mrt}$, $UR = 50\%$ e $v = 0,15$ m/s), in cui si valuta lo stesso valore di PMV che si avrebbe nell'ambiente reale.

L'individuo di riferimento ha un tasso metabolico di 135 W/m² e resistenza del vestiario compresa tra 0.5 clo (estivo) e 1.75 clo (invernale), in modo da valutare un ampio range di situazioni. [5]

Questo indice è determinato attraverso il Klima-Michel-model, modello di bilancio termico che implementa l'equazione del PMV con il contributo di Gagge sul flusso termico latente (evaporazione).

Grazie a questa correzione, l'indice è più sensibile alle variazioni di umidità.

Il PT è adatto anche per gli ambienti outdoor, perché prende in considerazione i complessi fenomeni radiativi caratteristici dell'esterno.

PT (°C)	Sensazione termica
< -39	Freddo estremo
$-39 < PT < -26$	Molto freddo
$-26 < PT < -13$	Freddo
$-13 < PT < 0$	Fresco
$0 < PT < 20$	Comfort
$20 < PT < 26$	Caldo moderato
$26 < PT < 32$	Caldo
$32 < PT < 38$	Molto caldo
$PT > 38$	Caldo estremo

Tabella PT [20]

Inoltre, essendo un indicatore espresso in °C, risulta maggiormente comprensibile, rispetto al voto medio previsto.

È impiegato abitualmente dal servizio meteorologico ufficiale della Germania (DWD-Deutscher Wetterdienst).

UNIVERSAL THERMAL CLIMATE INDEX (UTCI)

A partire dal 2004, il gruppo di ricerca europeo COST Action 730, istituito dall'European Cooperation in Scientific and Technical Research (COST), ha lavorato per oltre quattro anni allo sviluppo di questo indicatore, affiancandosi all'ISB Commission 6, già attiva dal 2000.

L'obiettivo dei ricercatori è stato quello di elaborare un indice universale [4]:

- Significativo dal punto di vista fisiologico,
- Basato su un modello di bilancio termico esaustivo,
- Valido per tutti i climi e le stagioni,
- Indipendente dalle caratteristiche dell'individuo,
- Basato su scala di temperatura,
- Applicabile alla biometeorologia (servizio meteorologico pubblico, salute pubblica, impatto climatico, ...)

L' UTCI rappresenta la temperatura dell'aria di un ambiente ipotetico ($T_a = T_{mrt}$, $UR = 50\%$, $v = 0,15$ m/s, $v_p < 20$ hPa) in cui la risposta fisiologica dell'individuo è pari a quella che avrebbe nell'ambiente reale.

Il soggetto di riferimento ha un livello metabolico pari a 135 W/m² e una velocità di marcia di 1,1 m/s. A ogni combinazione di temperatura, umidità, velocità dell'aria e radiazione, corrisponde quindi una temperatura equivalente, che descrive le condizioni di stress termico.

Le condizioni fisiologiche sono stimate mediante l'avanzato modello multi-nodale di termoregolazione "Fiala", abbinato a un modello per la resistenza del vestiario.

Quest'ultimo considera [21]:

- *L'adattamento stagionale degli abiti osservato nelle città europee,*
- *L'isolamento corporeo locale in base alla distribuzione dei vestiti,*
- *La riduzione della resistenza termica del vestiario a causa del vento e del movimento di chi li indossa.*

Questi strumenti permettono di simulare la reazione corporea in modo dinamico e multidimensionale (temperatura corporea, temperatura e umidità della pelle, tasso di sudorazione ecc.)

L'UTCI è stato validato attraverso numerosi test, tra cui il confronto con altri indici semplici (WBGT,

WCT...) e verifiche della sensibilità alla variazione di umidità, radiazione e velocità del vento. [21]

UTCI (°C)	Categoria
UTCI < - 40	extreme cold stress
-40 < UTCI < -27	very strong cold stress
-27 < UTCI < -13	strong cold stress
-13 < UTCI < 0	moderate cold stress
0 < UTCI < 9	slight cold stress
9 < UTCI < 26	no thermal stress
26 < UTCI < 32	moderate heat stress
32 < UTCI < 38	strong heat stress
38 < UTCI < 46	very strong heat stress
UTCI > 46	extreme heat stress

Assessment Scale [22]

PHYSIOLOGICAL EQUIVALENT TEMPERATURE (PET)

L'indice PET, introdotto da Höppe e Mayer, corrisponde alla temperatura fisiologica equivalente, cioè la temperatura dell'aria alla quale, in un tipico ambiente interno (senza radiazione solare e vento), il bilancio termico del corpo umano (livello metabolico dato da attività leggera 80 W oltre al metabolismo basale e resistenza del vestiario 0,9clo), è mantenuto con una temperatura corporea e della pelle uguale a quella che si avrebbe nell'ambiente da valutare. [15] L'ambiente di riferimento è caratterizzato da $v = 0.1$ m/s, $v_p = 12$ hPa (50% a 20°C) e $T_{mrt} = T_a$.

L' indicatore è stato sviluppato con il modello di calcolo MEMI (Munich Energy Balance Model for Individuals), basato sulla formula del bilancio termico e su alcuni parametri del modello a due vie di Gagge. Per risolvere l'equazione fondamentale del bilancio ($BT = M \pm W \pm R \pm C - E$) vengono considerate altre due equazioni, necessarie a ricavare la temperatura dei vestiti, quella interna e quella corporea.

- Flusso termico dal corpo alla pelle:

$$\varphi = v_b \cdot \rho_b \cdot c_b \cdot (T_{core} - T_{pelle})$$

v_b = flusso sanguigno dal corpo alla pelle che dipende dalla T_{pelle} e T_{core}
 ρ_b = densità sanguigna
 c_b = calore specifico

- Flusso termico dalla pelle alla superficie dei vestiti:

$$\varphi = (1/I_{cl}) \cdot (T_{pelle} - T_{cl})$$

I_{cl} = resistenza termica del vestiario, il clo ($K \cdot m^2 / W$)
 T_{cl} = temperatura del vestiario

È particolarmente adatto per la valutazione del comfort termico outdoor, poiché traduce un

complesso sistema di variabili climatiche esterne in uno scenario interno equivalente dal punto di vista fisiologico, facilmente immaginabile dall'individuo. [3,23]

Utilizzando un'unità di misura (°C) semplice e familiare, questo tipo di indice permette anche ai non esperti di comprendere le condizioni termiche a partire dalla loro esperienza personale. [15] Inoltre, è un indice universale, applicabile a tutte le stagioni e aree climatiche. [24]

In un esempio concreto di condizioni calde soleggiate il PET potrebbe avere un valore di 43°C; ciò significa che una persona in una stanza con la temperatura dell'aria di 43°C raggiungerebbe lo stesso stato termico che avrebbe nelle condizioni esterne calde e soleggiate.

Se si spostasse in una zona ombreggiata, il PET scenderebbe a 29°C.

Scenario	Ta (°C)	Tmrt (°C)	v (m/s)	vp (hPa)	PET (°C)
Spazio chiuso	21	21	0,1	12	21
Estivo, soleggiato	30	60	1	21	43
Estivo, ombreggiato	30	30	1	21	29
Invernale, soleggiato	-5	40	0,5	2	10
Invernale, ombreggiato	-5	-5	5	2	-13

Valori tratti da Höpfe [15]

Questi scenari rivelano la grande influenza della radiazione solare e della ventilazione sul valore del PET e quindi sul comfort termico.

La stretta correlazione tra queste due variabili e l'indicatore è stata confermata da numerosi studi e indagini sul campo, condotte in differenti contesti urbani:

- Le analisi di alcuni cortili scolastici in Grecia [25] e in Cina [26], hanno evidenziato l'impatto significativo della radiazione e dalla velocità del vento.
- Gulyàs et al. [24] analizzando il benessere outdoor in alcune strade e canyon urbani in Ungheria, hanno dimostrato che l'andamento del PET è paragonabile a quello della Tmrt.

Il PET comunque non è una misura assoluta del benessere termico, poiché la sensazione termica può variare in modo soggettivo (per esempio una persona in costume potrebbe avere molto freddo con PET 20°C, oppure molto caldo se indossasse abiti pesanti, ...), quindi l'indicatore fornisce una valutazione di base dell'ambiente, da tarare sulle caratteristiche individuali del vestiario e dell'attività. Inoltre, una stessa temperatura può essere più o meno piacevole per l'individuo, in base alla zona climatica di riferimento. [3]

La tabella riportata da Zhang et al. [26] evidenzia i differenti range dell'indice termico per l'Europa, per

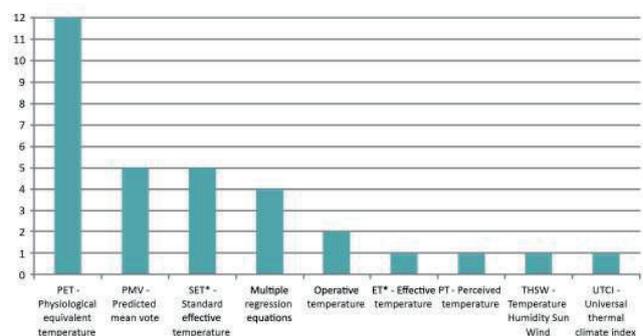
Tianjin (clima freddo) e per Taiwan (tropicale). [26]

Sensazione termica	PET Europa (°C)	PET Tianjin (°C)	PET Taiwan (°C)
Molto freddo	<4	<-16	<14
Freddo	4 - 8	da -16 a -11	14-18
Fresco	8 - 13	da -11 a -16	18-22
Fresco moderato	13-18	da -6 a 11	22-26
Comfort	18 - 23	11-24	26-30
Caldo moderato	23 - 29	24-31	30-34
Caldo	29-35	31-36	34-38
Molto caldo	35 - 41	36-46	38-42
Caldo estremo	> 41	>46	>42

La ricerca svolta da Johansson et al. [1] illustra che il PET è l'indice più utilizzato per lo studio delle condizioni outdoor, nei 36 casi analizzati.

Un confronto tra PET e UTCI, effettuato da Gómez et al. [27], dimostra che la physiological equivalent temperature è più adatta per la valutazione degli spazi aperti, poiché è più sensibile ai parametri biometeorologici.

Le linee guida tedesche di progettazione urbana (VDI) ne raccomandano l'utilizzo. In Germania è usato anche da alcuni servizi meteorologici, soprattutto quando i valori di PET differiscono parecchio dalla temperatura dell'aria, per esempio nelle giornate invernali ventose o quelli estive limpide e soleggiate.



Frequenza dei principali indici di comfort [1]

PMV	Principalmente per ambienti interni, considera tutte le variabili meteorologiche (Ta, UR, v, Tmrt) e personali (vestiti e attività).
PT	Utilizza l'equazione del PMV, ma può essere usata per l'esterno. Considera un'attività con tasso metabolico di 135 W/m ² e resistenza del vestiario variabile tra 0,5 e 1,75 clo.
SET*	Principalmente per ambienti interni, considera tutte le variabili meteorologiche e personali.
OUT_SET*	Elaborato per l'esterno, considera tutte le variabili meteorologiche e personali.
PET	Definito per l'esterno, utilizza le 4 variabili meteorologiche e assume i valori standard di un'attività sedentaria all'interno per abbigliamento (0,9 clo) e attività metabolica. (80 W)
UTCI	Specifico per l'esterno. La resistenza del vestiario non è richiesta. Considera un'attività con tasso metabolico di 135 W/m ² e velocità di marcia pari a 1.1 m/s.

Sintesi dei principali indici per il comfort termico esterno.

3.1.3. VALUTAZIONE SOGGETTIVA E ACTUAL SENSATION VOTE (ASV)

Le indagini sul campo hanno rivelato che un approccio puramente fisiologico, basato su un modello matematico del sistema di termoregolazione, non è sufficiente a descrivere le condizioni di benessere termico in ambienti esterni. [28]

L'ASHRAE, infatti, definisce il comfort come "la condizione della mente che esprime soddisfazione nei confronti dello spazio termico".

Nell'ambiente esterno, l'adattamento assume un'importanza fondamentale, coinvolgendo cambiamenti personali e psicologici: la variazione stagionale dell'abbigliamento, il consumo di bevande fresche o calde, le variazioni di postura e posizione, le scelte e le attese personali influiscono significativamente sulla percezione termica.

Si può parlare anche di adattamento stagionale in relazione alle ricerche di Humphrey e Auliciems [2], che dimostrano come la temperatura ottimale, preferita da un gruppo d'individui, cambi al variare della temperatura media mensile esterna.

Proprio a partire da queste considerazioni è stato sviluppato un nuovo indice di comfort microclimatico outdoor: l'actual sensation vote o valutazione di sensazione reale.

Questo indicatore, è stato elaborato nel 2004, all'interno del progetto RUROS, che ha coinvolto sette città europee. Le indagini sul campo, condotte in 14 siti differenti, comprendono un ampio set di monitoraggi climatici, modellazioni degli spazi aperti e circa 10.000 interviste con questionari.

L'ASV consiste nella valutazione della sensazione termica degli utenti, in base ad una scala a 5 punti: molto freddo/freddo/neutrale/caldo/molto caldo.

L'indice prende in considerazione 4 parametri climatici, provenienti dalle vicine stazioni meteorologiche: temperatura dell'aria (Ta), radiazione globale (RG), velocità del vento (v) e umidità relativa

(UR). Sono quindi state elaborate diverse espressioni algebriche che legano tra loro questi parametri, attraverso dei coefficienti che variano da città a città. Di conseguenza ogni località esaminata nel progetto ha una sua espressione caratteristica, che si adatta alle condizioni climatiche presenti.

È stata individuata anche un'espressione "generale" valida per l'intero continente europeo.

Di seguito sono riportate le due più significative per il nostro caso:

$$\text{ASV Milano} = 0.049 * Ta - 0.0002 * RG + 0.006 * v + 0.002 * UR - 0.920$$

$$\text{ASV Europa} = 0.049 * Ta + 0.001 * RG - 0.051 * v + 0.014 * UR - 2.079$$

Per favorirne l'applicazione architettonica, sono stati sviluppati dei grafici (nomogrammi) che restituiscono una media dell' ASV secondo i parametri climatici tipici per le città europee: per la radiazione solare, per esempio, sono presenti valori di 100, 400 e 800 W/m², corrispondenti rispettivamente a bassa insolazione (vale a dire cielo coperto o tardo pomeriggio con sole), insolazione media (cioè cielo parzialmente nuvoloso o giornata soleggiata in inverno) e alta insolazione (condizioni di cielo soleggiato in estate) [28].

Si possono seguire i seguenti passaggi [28]:

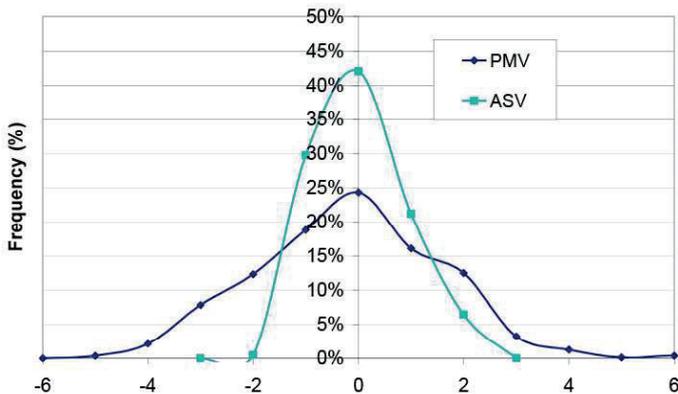
- *Determinare la posizione geografica e ottenere i dati climatici meteorologici.*
- *Identificare la città che presenta condizioni climatiche più simili rispetto alla città in oggetto o usare il modello europeo.*
- *Calcolare il valore di ASV per la corrispondente città o rilevare il valore dal rispettivo nomogramma, prendendo in considerazione i valori approssimati.*
- *Rilevare dalle curve la percentuale di persone in comfort.*

- *Dati generali: data, ora, localizzazione e attività svolta.*
- *Dati personali: età, sesso, professione, livello di educazione, vestiario, cibi e bevande consumate.*
- *L'intervistato è da solo o in compagnia? (Da solo, con 1 persona, con più di 2, con il cane)*
- *L'intervistato è al sole o all'ombra?*
- *Qual è la sua sensazione termica attuale? (Freddo, fresco, neutrale, caldo, molto caldo)*
- *Cosa pensa del sole in questo momento? (Ne preferire di più, ok, è troppo)*
- *Cosa pensa del vento? (Assente, poco vento, ok, ventoso, troppo vento)*
- *Cosa pensa dell'umidità? (Umido, ok, secco)*
- *L'ambiente è confortevole? (Sì/No)*
- *La vista dalla sua posizione influisce sul giudizio dello spazio? (Negativamente, non influisce, positivamente)*
- *Come mai si trova qui?*
- *Con che frequenza utilizza questo spazio?*
- *C'è qualcosa che non le piace?*

A causa del numero limitato d'interviste con ASV molto freddo o molto caldo, i risultati sono significativi per le situazioni intermedie, di conseguenza l'impiego dell'indice è attendibile per T_a comprese tra 5 e 35 °C.

I dati soggettivi sono stati confrontati con il voto medio previsto, calcolato a partire dai parametri ambientali oggettivi medi, dal tipo di abbigliamento e dal ritmo metabolico dell'intervistato.

Questa comparazione ha rivelato una grande discrepanza fra i valori dell' ASV e del PMV perché l'effettivo comfort termico è più frequente di quello indicato dal modello matematico.



Valori per la città di Atene, progetto RUROS [28]

Anche l'indagine svolta a Goteborg da Thorsson et al. [30] evidenzia una consistente differenza tra l'indice oggettivo di comfort termico PMV e quello soggettivo ASV. La valutazione è diversa perché le persone scelgono volontariamente di esporsi alla zona soleggiata e si adattano a una determinata condizione, anche se teoricamente non rispetta il range di accettabilità.

Questi aspetti soggettivi e l'influenza del contesto culturale possono essere compresi attraverso la somministrazione di questionari e interviste strutturate, che solitamente comprendono informazioni generali sull'utente, sulla sensazione termica, sulle preferenze e sui livelli di accettabilità e tolleranza. [1,31,32,33]

L'analisi del comfort in ambienti esterni è quindi un campo di ricerca molto complesso, poiché il benessere termico dell'individuo è influenzato da molteplici fattori, che dovrebbero essere considerati in modo olistico.

Parametro	Normativa	Domanda	Scala di valutazione
Percezione termica	ISO 10551 ASHRAE 55	<i>Qual è la sua sensazione termica generale?</i>	7 punti: (-3) molto freddo, (-2) freddo, (-1) leggermente freddo, (0) neutro (1), leggermente caldo, (2) caldo, (3) molto caldo.
Comfort termico	ISO 10551	<i>Come considera quest'ambiente?</i>	4 punti: (0) confortevole, (1) al limite, (2) non confortevole, (3) molto sconfortevole
Preferenza termica	ISO 10551 McIntyre	<i>Come lo preferirebbe?</i>	7 punti: da (-3) più freddo a (3) molto più caldo con (0) nessuna modifica. 3 punti: (-1) più fresco, (0) così com'è, (1) più caldo.
Accettabilità	ISO 10551 ASHRAE 55	<i>Secondo la sua opinione l'ambiente è -? Quanto è soddisfatto della temperatura?</i>	Accettabile / Non accettabile o scala continua: decisamente accettabile, appena accettabile, appena inaccettabile, decisamente inaccettabile 7 punti: da (3) molto soddisfatto a (-3) molto insoddisfatto con (0) soddisfatto
Tolleranza	ISO 10551	<i>L'ambiente è -?</i>	5 punti: (0) perfettamente tollerabile, (1) leggermente difficile da tollerare, (2) abbastanza difficile, (3) molto difficile, (4) non tollerabile

Sintesi delle normative di riferimento e delle relative scale di giudizio [1].

3.2. LIMITI DEGLI INDICI PER I BAMBINI

La valutazione del comfort termico outdoor assume un ruolo essenziale nel design degli ambienti esterni, soprattutto quelli destinati al gioco e al tempo libero. I bambini sono più vulnerabili e sono particolarmente esposti allo stress termico, che influisce sul loro bilancio energetico, sul comportamento, sul livello di attività fisica e sui processi cognitivi. [34,35]

Tuttavia, sia gli indici diretti, sia quelli analitici, non possono essere applicati con precisione, poiché si riferiscono al tipico uomo medio (35 anni, 1,75 m e 75 kg). [25, 34]

Riguardo ai modelli di bilancio energetico, le differenze principali tra i giovani e gli adulti sono la superficie corporea e il metabolismo. La termoregolazione dei bambini è diversa, poiché hanno un maggior rapporto tra superficie e massa corporea e un tasso di sudorazione inferiore [31,34,35]. Gli scambi termici convettivi sono quindi più frequenti di quelli evaporativi. In un ambiente molto caldo, quando la temperatura dell'aria supera quella della pelle, l'intensa convezione produce un rapido assorbimento di calore, dissipato soltanto in minima parte attraverso la sudorazione. Allo stesso modo, in condizioni ombreggiate, la loro temperatura corporea diminuisce più velocemente, grazie ai flussi sensibili.

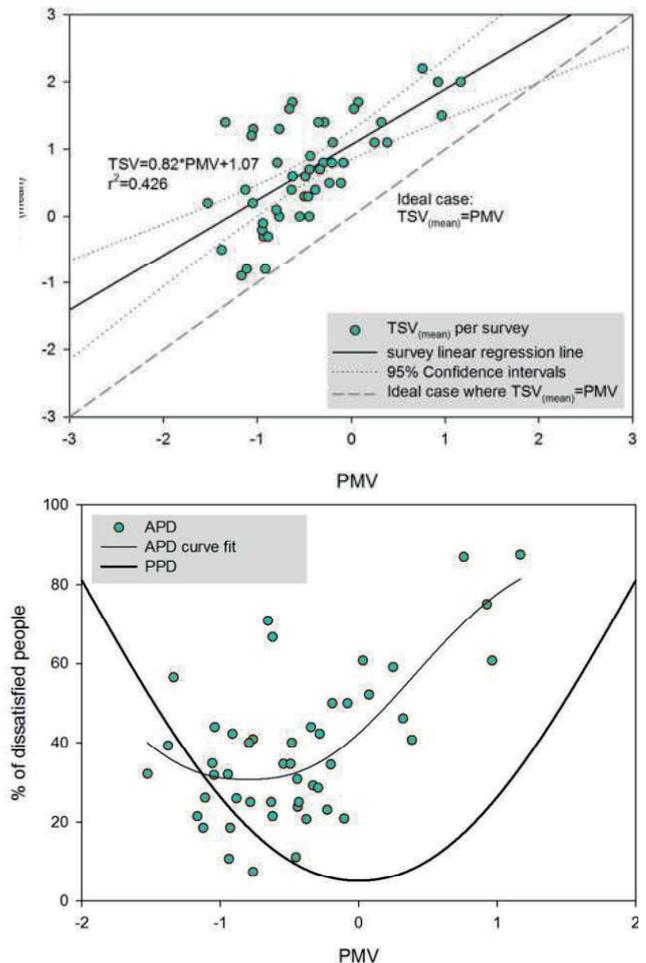
Un altro elemento da considerare è l'effetto amplificato della temperatura media radiante: i bambini sono più vicini al suolo, laddove le temperature e le componenti radiative delle superfici hanno una maggiore incidenza. [25,31,34,36]

Cambia anche l'aspetto psicologico: l'infante ha aspettative, percezioni e preferenze diverse dall'adulto. Le sue conoscenze ed esperienze relative all'ambiente sono limitate, così come il controllo e la libertà di scelta: questo determina minori possibilità di adattamento attivo e consapevole. [31,32,34,35]

Alcuni studi specifici sui bambini si sono occupati del comfort termico nelle aule scolastiche, confrontando l'indice PMV con la sensazione termica attuale degli alunni (TSV, thermal sensation vote).

L'indagine condotta da Teli et al. [37] in una scuola primaria inglese, dimostra che il voto medio previsto non rispecchia quello effettivamente percepito dagli studenti, espresso attraverso i questionari.

La sensazione termica dei bambini è sottostimata: il PMV è inferiore al TSV di circa 1 punto. Ciò significa che il voto previsto per l'uomo adulto pari a +1, cioè leggermente caldo, corrisponde un valore +2 per il bambino, cioè caldo e quindi fuori dal range di accettabilità.



Analisi condotta da Teli et al. [37]

Altre ricerche condotte in Olanda [17] e in Australia [33,38] confermano la differenza tra la sensazione percepita e quella prevista. Il PMV sottostima di 0,5-1,5 il voto indicato dagli alunni, con errori maggiori nel periodo estivo. La temperatura operativa interna di 22,5 °C, considerata neutrale dai bambini, è inferiore rispetto a quella degli adulti e i primi hanno un livello di tolleranza più ampio.

Questo disallineamento è dovuto al fatto che il predicted mean vote, solitamente usato per valutare i luoghi di lavoro e le aule universitarie, è stato sviluppato mediante test condotti all'interno di una camera climatica, in cui sono state coinvolte soltanto persone adulte. I parametri fisiologici dei bambini sono differenti, tanto che lo stesso Fanger ha sottolineato la necessità di approfondire le ricerche per utilizzare l'indice in modo accurato. [17, 38]

Un possibile adattamento è la correzione del livello metabolico con la superficie corporea dei bambini: quest'approssimazione migliora i risultati, ma non è ancora soddisfacente [32,17] né priva di errori. [39] Una conversione basata sul peso o sulla superficie corporea non è totalmente corretta, perché non vi

è una relazione diretta tra queste variabili e la produzione metabolica, che inoltre, cambia molto con il tipo di attività e l'età dell'individuo. Havenith ha rilevato in modo diretto l'attività metabolica di 81 studenti, ma è necessario un campione più ampio per usare questi dati nelle

equazioni di bilancio. [39]

L'analisi del comfort termico dei bambini deve quindi essere approfondita: sono necessari test specifici e ricerche in grado di fornire input e parametri adeguati, oltre a scale di valutazione e normative tarate appositamente su di loro.

3.3. DIAGRAMMI BIOCLIMATICI

L'analisi delle condizioni climatiche e delle prestazioni ambientali del progetto costituisce il punto di partenza per massimizzare il benessere termico degli utenti e minimizzare i consumi energetici dell'edificio.

I diagrammi bioclimatici sono un utile strumento di valutazione, perché mettono in relazione i dati meteorologici locali, ricavabili dalle stazioni di rilevamento nazionali e regionali, con le condizioni di comfort per l'uomo. [2,40,41]

Consistono in un diagramma psicrometrico in cui è evidenziata la zona di comfort, determinata dalle combinazioni dei valori accettabili di temperatura, umidità, velocità dell'aria e radiazione.

"Grazie a questi grafici è possibile confrontare le condizioni ambientali in una determinata località con quelle giudicate mediamente confortevoli nel periodo estivo e in quello invernale e formulare linee di azione strategiche per la progettazione."[40]

I due diagrammi principali sono quelli di Olgyay e di quello di Givoni.

A seconda dello scopo dell'analisi si possono inserire i valori di temperatura e umidità medi, oppure quelli estremi, ad intervalli temporali regolari (orari, giornalieri o mensili). Il rischio di utilizzare i valori medi (es. mensili) è che, essendo calcolati come media aritmetica di giornate fredde e calde, potrebbero restituire valori medi confortevoli, distanti dalle reali condizioni dell'ambiente. Per ottenere risultati più significativi, è possibile individuare i parametri caratteristici delle diverse stagioni e considerare le giornate tipo invernali (serena e coperta) e estive (serena e coperta). [40,41]

3.3.1. IL BIO-CLIMATIC CHART DI V. OLGAY

Il Bio-climatic Chart è il primo diagramma bioclimatico, sviluppato da Victor Olgyay nel 1963. Il grafico riporta i campi di variazione del benessere termico al variare dell'umidità relativa e della temperatura dell'aria, riportate rispettivamente lungo l'asse delle ascisse e delle ordinate.

Al centro del diagramma è individuata la zona di comfort interno relativa a una persona vestita in modo leggero (Clo = 0,8) e in attività sedentaria (1 met). Per condizioni estive essa è delimitata inferiormente dall'isoterma 21°C, invece superiormente dipende dall'umidità. Per UR < 50% il limite superiore corrisponde all'isoterma 27.8°C, oltre tale valore diminuisce gradualmente poiché ad alte percentuali di umidità, le temperature sopportabili sono inferiori. La zona di benessere invernale si trova leggermente più in basso di quella estiva.

Al di sotto dell'area di comfort si registrano condizioni di sottoriscaldamento (bassa temperatura). In questa zona Olgay segnala che il livello di benessere può essere mantenuto grazie a una determinata quantità di radiazione solare, individuata dalle curve.

È presente anche una scala graduata con i valori consigliati di temperatura media radiante.

Sopra i 21°C si ha la situazione di radiazione zero, cioè la richiesta d'ombra (linea d'ombra).

La parte di diagramma sopra la zona di comfort è definita di surriscaldamento. Per estendere durante il periodo estivo la zona di benessere si può agire aumentando la velocità dell'aria, (ventilazione naturale o artificiale) espressa dalle curve.

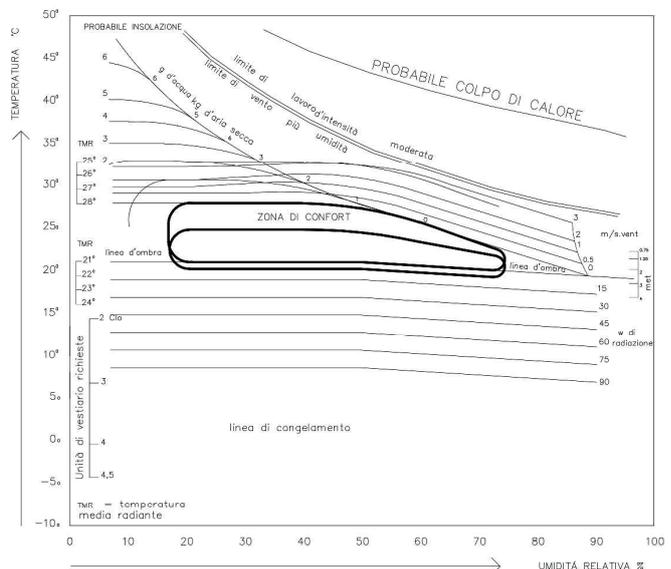


Diagramma di Olgyay, Alessandro Rogora [42]

Una seconda strategia per ristabilire condizioni confortevoli è costituita dall'evaporazione controllata di acqua. (rapporto massa d'acqua su massa) All'estremità superiore è indicato il limite di eventuali colpi di sole o di calore, mentre nella parte inferiore è indicata la linea di congelamento. Sul diagramma si possono riportare i valori di T_a e UR del sito di progetto, ottenendo una diagnosi immediata della presenza e della durata di condizioni di disagio.

Questo diagramma è efficace ai fini della progettazione quando le temperature interne agli edifici sono prossime a quelle esterne. [41] Ciò avviene prevalentemente in estate alle medie latitudini per climi caldo-umidi, con strutture leggere e negli edifici che sono ventilati naturalmente attraverso l'apertura delle finestre. Per edifici con grande massa, tipici delle regioni calde e secche, durante il periodo estivo la temperatura interna è, invece, molto differente, anche senza l'impianto di climatizzazione.

"Risulta chiaro, allora, che confondere i dati climatici esterni con le condizioni ambientali interne può portare, in alcuni contesti climatici e per alcune tipologie costruttive, a sovrastimare le necessità di intervento per garantire condizioni di comfort." [41]

3.3.2. IL BUILDING BIO-CLIMATIC CHART DI B. GIVONI

Sulla base di queste osservazioni, Baruc Givoni nel 1969 propose un nuovo diagramma chiamato Building Bio-Climatic Chart. Esso è costituito da un diagramma psicrometrico ASHRAE, riferito alla temperatura dell'aria all'interno degli edifici, (prevista sulla base dell'esperienza o di calcoli) anziché quella esterna. Givoni considera i parametri esterni, ma tiene conto della presenza dell'edificio e della possibilità di mitigare gli effetti climatici con sistemi passivi.

Anche in questo caso sono individuate due zone di comfort termico interno, al variare della temperatura di bulbo secco e dell'umidità specifica. L'area di benessere invernale si estende a temperature inferiori rispetto a quella estiva.

Le condizioni confortevoli estive possono essere ampliate grazie ad alcune tecniche passive di controllo microclimatico: ventilazione diurna, elevata massa con e senza ventilazione notturna, raffrescamento evaporativo diretto e indiretto con roof-pond.

La ventilazione diurna è la strategia naturale più semplice per ampliare i range di accettabilità. La ventilazione notturna è una strategia molto efficace

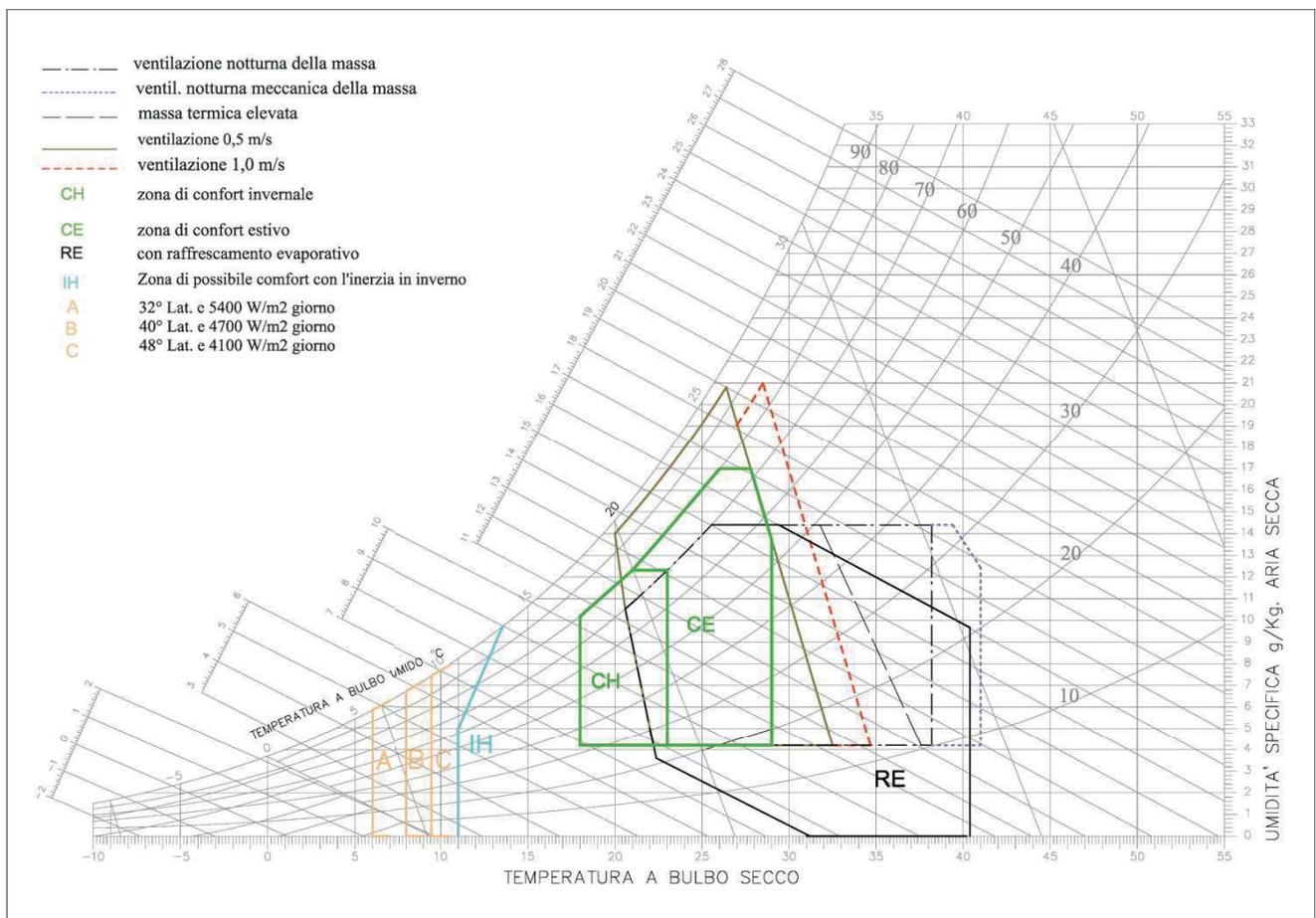


Diagramma di Givoni, Ing. Andrea Ursini Casalena [43]

qualora l'edificio abbia un'elevata massa: il flusso convettivo notturno riduce la temperatura interna media giornaliera. Si può ricorrere anche al raffrescamento evaporativo: grandi masse d'aria esterna vengono introdotte nell'edificio dopo essere state raffreddate e umidificate per mezzo di sistemi meccanici o passivi. Un'altra soluzione consiste nell'utilizzare un bacino d'acqua sopra un tetto non

isolato: l'inerzia termica dell'acqua mantiene fresco il soffitto, che diventa un sistema di raffreddamento di tipo radiante e convettivo rispetto all'ambiente interno sottostante.

Queste zone di comfort e le rispettive aree di correzione non devono essere considerate in modo rigido: la sensazione termica può variare in base alla tipologia costruttiva e al contesto climatico.

3.4. SOFTWARE PER L'ANALISI DEL COMFORT TERMICO OUTDOOR

I diagrammi illustrati in precedenza sono semplici strumenti grafici, adatti alla valutazione del benessere all'interno degli edifici. L'analisi del comfort termico in ambienti esterni è supportata da software sofisticati, in grado di simulare le condizioni microclimatiche outdoor e calcolare gli indici di comfort.

I programmi più diffusi sono RayMan e ENVI_MET.

3.4.1. RAYMAN

RayMan (Radiation on the Human Body) è stato sviluppato dall'Istituto di Meteorologia dell'Università di Friburgo, per calcolare la temperatura media radiante e gli indicatori di comfort: PET, SET*, PMV, PT e UTCI.

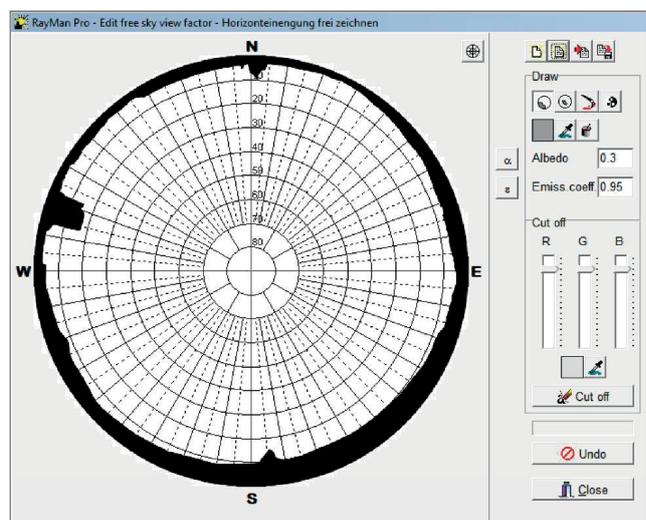
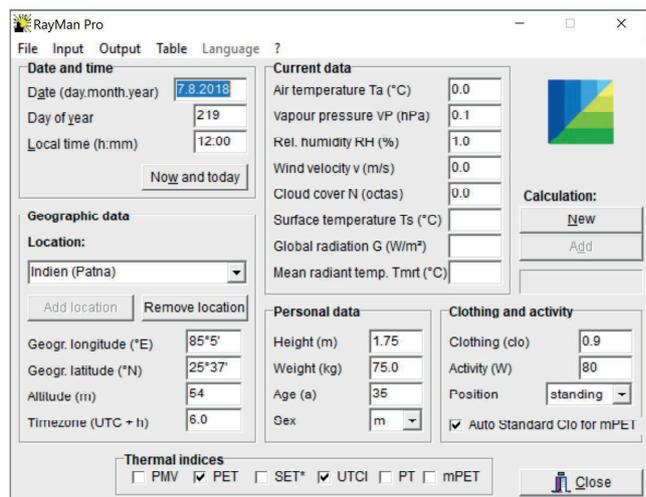
La Tmrt è un parametro fondamentale nell'equazione di bilancio in condizioni soleggiate estive e di conseguenza ha una forte influenza sugli indici razionali. [44]

Il software lavora con uno spazio monodimensionale: i risultati vengono determinati in modo puntuale, inserendo i valori di temperatura dell'aria, umidità relativa e velocità del vento del punto di interesse. [45] La radiazione globale può essere inserita come input, oppure stimata dal programma attraverso le coordinate geografiche e temporali e corretta mediante lo Sky View Factor. Lo SVF si ricava da una fotografia fisheye, oppure si possono disegnare gli ostacoli che limitano la vista della volta celeste, riportando la topografia del terreno, gli edifici, gli alberi e le altre ostruzioni.

A differenza di altri programmi CFD, RayMan è uno strumento più semplice e con tempi di calcolo ridotti [45,46]. Per questo motivo è molto utilizzato per il calcolo degli indici di comfort negli spazi outdoor, sia a partire da variabili meteorologiche misurate sul campo [24,25,27,47], sia da valori simulati da ENVI_MET. [46,48]

Gli svantaggi del software sono l'assenza di un modello per il vento e l'utilizzo limitato ai soli punti di interesse. [45]

Infatti, per analisi più approfondite ed estese si ricorre a ENVI_MET. [26,49,50,51]



Interfaccia del software RayMan, dati input e SVF

3.4.2. ENVI_MET

ENVI_MET è uno strumento multidisciplinare che consente di modellare il comportamento fisico e microclimatico degli edifici e degli spazi aperti, simulando l'interazione tra le superfici, l'aria e la vegetazione, con una risoluzione spaziale tra 0,5 e 10m e un time step di 1-5s. [52]

Il software è composto da 4 moduli interconnessi.

ATMOSFERA: modello fluidodinamico tridimensionale (equazione Navier-Stokes) e delle turbolenze, calcolo delle emissioni inquinanti, di tutti gli scambi radiativi ed evaporativi, per ogni cella della griglia e per ogni intervallo temporale.

SUOLO: modello tridimensionale del suolo, strutturato in diversi layer, fino ad una profondità di 5m. Il programma considera i differenti materiali, il contenuto d'acqua del terreno, l'effetto delle piante e delle loro radici. I rivestimenti superficiali possono essere scelti tra quelli di default o possono essere modificati/creati dall'utente, agendo sulle stratigrafie e sulle proprietà fisiche dei materiali (colore, capacità e conducibilità termica, assorbimento, albedo, ...)

VEGETAZIONE: selezione di piante semplici (erba, arbusti e alberi) e piante 3D complesse, sia caduche che sempreverdi. Ogni specie vegetale è un elemento complesso, caratterizzato da radici, fusto e chioma con diversa densità. La vegetazione mitiga il microclima e migliora la qualità dell'aria: il modello tiene conto dell' evapotraspirazione, del potere schermante e dalla riduzione della CO₂. Grazie all'estensione "Albero", è possibile ampliare il database delle specie vegetali.

EDIFICI: semplice modellazione tridimensionale, oppure utilizzo di singole pareti per geometrie più complesse o situazioni che necessitano di un maggior dettaglio. L'involucro dell'edificio (pareti verticali e copertura) può essere scelto dalla libreria del programma o creato ad hoc dall'utente. Nell'ultima versione disponibile, ENVI_MET 4.4 winter 2018, sono stati introdotti tetti e facciate verdi. Il software calcola le condizioni termiche interne, dovute alla conduzione, convezione e irraggiamento con l'ambiente esterno.

Gli input da inserire per la simulazione microclimatica sono i valori iniziali di temperatura, umidità relativa, direzione, velocità del vento e rugosità del terreno. Attraverso il simple/ full forcing è possibile forzare il modello, inserendo i parametri meteorologici orari, riferiti alle 24h del giorno da esaminare.

Per la radiazione solare, la temperatura e l' umidità del suolo si possono usare i valori di default di ENVI_MET o impostarli manualmente.

BioMet è un tool specifico per il calcolo degli indici PMV, PET, SET* e UTCI, che utilizza la Tmrt e le variabili climatiche determinate da ENVI_MET.

A differenza di RayMan, l'analisi del comfort non è limitata a pochi punti, ma offre una panoramica completa della condizione di benessere dell'individuo in tutta l'area di studio.

Un'altra estensione molto utile di questo software è Leonardo, che permette di ottenere le mappe con la distribuzione spaziale delle principali variabili fisiche e di comfort: temperatura dell'aria, umidità relativa, velocità del vento, temperatura media radiante, temperatura superficiale, indici di comfort, ecc.

I parametri possono essere rappresentati sia sul piano orizzontale (XY), che su quelli verticali (XZ e YZ), sezionando il modello alla quota più significativa. Inoltre, è possibile interrogare, in modo puntuale, singole celle della griglia, da cui estrarre i profili giornalieri delle variabili.

Grazie a questo strumento di visualizzazione grafica, gli output microclimatici sono facilmente leggibili da tutti i professionisti, amministratori e fruitori dello spazio. [50]

ENVI_MET è stato utilizzato in numerosi progetti che ne hanno confermato la validità, attraverso confronti con le stazioni meteorologiche locali, dati climatici e termografie misurati sul campo, test in tunnel del vento e analisi specifiche sui materiali. [26,46,49,50,51] Il suo approccio olistico lo rende adatto a numerose applicazioni, che spaziano dall'architettura alla pianificazione urbanistica: analisi delle variabili climatiche, studio del comfort termico dell'individuo, simulazione di tecnologie sostenibili, valutazione di scenari e strategie progettuali. [53]

Un limite però, è sicuramente il tempo di calcolo: le simulazioni sono generalmente molto lunghe, a causa della complessità del modello.

3.5. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

[1] JOHANSSON E., THORSSON S., EMMANUEL R., KRÜGER E., *Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies – The need for standardization*, in *Urban Climate*, 10, 2014, pp. 346–366.

[2] DESSI VALENTINA., *Progettare il comfort urbano: soluzioni per un'integrazione tra società e territorio*, Sistemi Editoriali, Napoli, 2007.

[3] Chen L., NG E., *Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review of research in the past decade*, in *Cities*, 29, 2012, pp. 118–125.

[4] ALBERTINI MASSIMO, *Analisi di indicatori ed indici*

termoigrometrici per la valutazione della qualità dell'ambiente esterno, relatore: Anna Magrini, Facoltà di Ingegneria, Dipartimento di Ingegneria Idraulica e Ambientale, Università degli studi di Pavia, 2005.

[5] BLAZEJCZYK K., EPSTEIN Y., JENDRITZKY G., STAIGER H., TINZ B., *Comparison of UTCI to selected thermal indices*, in *International Journal of Biometeorology*, 56, 2012, pp. 515–535.

[6] <https://www.weather.gov/ama/heatindex>

[7] <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/seasonal-weather-hazards/spring-summer.html>

- [8] PATEL T., MULLEN S., SANTEE W., *Comparison of Methods for Estimating Wet-Bulb Globe Temperature Index From Standard Meteorological Measurements*, in *Military Medicine*, 178, 2013, pp. 926-933.
- [9] https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_4.html
- [10] <http://www.bom.gov.au/info/wbgt/wbgtrecs.shtml>
- [11] <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/weather-health/wind-chill-cold-weather/wind-chill-index.html>
- [12] http://www.meteo.ing.unibo.it/Indice_di_Thom.htm
- [13] PEPI W. J., *The New Summer Simmer Index – a Comfort Index for the New Millennium*, paper from the 80th annual meeting of the AMS, Long Beach, California, 2000.
- [14] <http://www.summersimmer.com/>
- [15] HÖPPE P., *The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment*, in *International Journal of Biometeorology*, 43, 1999, pp. 71–75.
- [16] FABBRI KRISTIAN, *Indoor Thermal Comfort Perception: A Questionnaire Approach Focusing on Children*, Springer Nature, Cham (Svizzera), 2015
- [17] MORS S., HENSEN J. L.M., LOOMANS M. G.L.C., BOERSTRA A. C., *Adaptive thermal comfort in primary school classrooms: Creating and validating PMV-based comfort charts in Building and Environment*, 46, 2011, pp. 2454–2461.
- [18] GONZALEZ R., NISHI Y., GAGGE A.P., *Experimental Evaluation of Standard Effective Temperature. A New Biometeorological Index of Man's Thermal Discomfort in International Journal of Biometeorology*, 18, 1974, pp. 1-15.
- [19] PICKUP J., DE DEAR R., *An Outdoor Thermal Comfort Index (OUT_SET*) - Part I - The Model and its Assumptions in de Dear R., Kalma J., Oke T., Auliciems A., Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millennium*, selected papers from the Conference ICB-ICUC'99 (Sydney, 8–12 Nov. 1999), WMO, Ginevra, 2000, pp. 279– 283.
- [20] <https://www.dwd.de/DE/leistungen/geftempschwuele/geftempschwuele.html>
- [21] BRÖDE P., JENDRITZKY G., FIALA D., HAVENITH G., *The Universal Thermal Climate Index UTCI in Operational Use*, conference paper from the 6th Windsor Conference on Thermal Comfort, Windsor, UK, 2010.
- [22] <http://www.utci.org/>
- [23] SHIH W. M., LIN T., TAN N., LIU M., *Long-term perceptions of outdoor thermal environments in an elementary school in a hot-humid climate in Int J Biometeorol*, 61, 2017, pp. 1657–1666.
- [24] GULYÁS A., UNGER J., MATZARAKIS A., *Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: Modelling and measurements*, in *Building and Environment*, 41, 2006, pp. 1713–1722.
- [25] ANTONIADIS D., KATSIOULAS N., PAPANASTASIOU D., CHRISTIDOU V., KITTAS C., *Evaluation of thermal perception in schoolyards under Mediterranean climate conditions in International Journal of Biometeorology*, 60, 2016, pp. 319–334.
- [26] ZHANG A., BOKEL R., VAN DEN DOBBELSTEEN A., SUN Y., HUANG Q., ZHANG Q., *An integrated school and schoolyard design method for summer thermal comfort and energy efficiency in Northern China in Building and Environment*, 124, 2017, pp. 369–387.
- [27] GÓMEZ F., VALCUENDE M., MATZARAKIS A., CÁRCEL J., *Design of natural elements in open spaces of cities with a Mediterranean climate, conditions for comfort and urban ecology in Environmental Science and Pollution Research*, 25, 2018, pp. 26643–26652.
- [28] RUROS (REDISCOVERING THE URBAN REALM AND OPEN SPACES), *Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach*, Ed. C.R.E.S (Centre of Renewable Energy Sources), Atene, 2004.
- [29] <http://alpha.cres.gr/ruros/>
- [30] THORSSON S., LINDQVIST M., LINDQVIST S., *Thermal bioclimatic conditions and patterns of behaviour in an urban park in Goteborg in International Journal of Biometeorology*, 48, 2004, pp. 149–156.
- [31] VANOS J. K., HERDT A. J., LOCHBAUM M. R., *Effects of physical activity and shade on the heat balance and thermal perceptions of children in a playground microclimate in Building and Environment*, 126, 2017, pp. 119–131.
- [32] TELI D., JENTSCH M. F., JAMES P.A.B., *Naturally ventilated classrooms: An assessment of existing comfort models for predicting the thermal sensation and preference of primary school children in Energy and Buildings*, 53, 2012, pp. 166–182.
- [33] DE DEAR R., KIM J., *Thermal comfort expectations and adaptive behavioural characteristics of primary and secondary school students in Building and Environment*, 127, 2018 pp. 13–22.
- [34] VANOS JENNIFER K., *Children's health and vulnerability in outdoor microclimates: A comprehensive review in Environment International*, 76, 2015, pp. 1–15.
- [35] VANOS J. K., MIDDEL A., MCKERCHER G. R., KURAS E. R., RUDELL B. L., *Hot playgrounds and children's health: A multiscale analysis of surface temperatures in Arizona, USA in Landscape and Urban Planning*, 146, 2016, pp. 29–42
- [36] C. MOOGK-SOULIS, *Schoolyard heat islands: a case study in Waterloo, Ontario*, paper from the 5th Canadian Urban Forest Conference., 2002, pp. 1-7.
- [37] TELI D., JENTSCH M. F., JAMES P.A.B., BAHAJ A.S., *Field study on thermal comfort in a UK primary school*, Conference Paper: The changing context of comfort in an unpredictable world, Windsor, UK, 12-15 April 2012.
- [38] DE DEAR R., KIM J., CANDIDO C., DEUBLE M., *Adaptive thermal comfort in Australian school classrooms in Building Research & Information*, 43, 2015, pp. 383-398.
- [39] HAVENITH G., *Metabolic rate and clothing insulation data of children and adolescents during various school activities in Ergonomics*, 50, 2007, pp. 1689-1701.
- [40] ROGORA ALESSANDRO, *Architettura e bioclimatica: la rappresentazione dell'energia e nel progetto*, Sistemi Editoriali, Napoli, 2003.
- [41] PERON FABIO E CAPPELLETTI FRANCESCA, *Le relazioni clima-comfort: strumenti per l'analisi bioclimatica*, *Elementi di Tecnica del Controllo Ambientale: Introduzione alla Sostenibilità*, IUAV, Venezia, 2009
- [42] <http://www.sistemieditoriali.it/catalogo/cdas9.htm>
- [43] <http://www.mygreenbuildings.org/2009/12/29/indici-di-comfort-termico-fanger-pmv-modello-adattivo-e-diagramma-bioclimatico-di-givoni.html>
- [44] <https://www.urbanclimate.net/rayman/>
- [45] FRÖHLICH D. E MATZARAKIS A., *RayMan manual version 0.1*, 2018.
- [46] KLEEREKOPER L., TALEGHANI M., VAN DEN DOBBELSTEEN A., HORDIJK T., *Urban measures for hot weather conditions in a temperate climate condition: A review study in Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 2017, pp. 515–533
- [47] GÓMEZ F., CUEVA A. P., VALCUENDE M., MATZARAKIS, *A Research on ecological design to enhance comfort in open spaces of a city (Valencia, Spain). Utility of the physiological equivalent temperature (PET) in Ecological Engineering*, 57, 2013, pp. 27–39.
- [48] TALEGHANI M. E BERARDI U., *The effect of pavement characteristics on pedestrians' thermal comfort in Toronto in Urban Climate*, 24, 2018, pp. 449–459.
- [49] YANG X., ZHAO L., BRUSE M., MENG Q., *Evaluation of a microclimate model for predicting the thermal behavior of different ground surfaces in Building and Environment*, 60, 2013, pp. 93-104.
- [50] GASPARI J. E FABBRI K., *A study on the use of outdoor microclimate map to address design solutions for urban regeneration in Energy Procedia*, 111, 2017, pp. 500 – 509.
- [51] GASPARI J., FABBRI K, LUCCHI M., *The use of outdoor microclimate analysis to support decision making process: Case study of Bufalini square in Cesena in Sustainable Cities and Society*, 42, 2018, pp. 206–215.
- [52] <https://www.envi-met.com/>
- [53] FABBRI K E ROBERTI G., REBUS. *Guida all'utilizzo di ENVI_MET*, Regione Emilia-Romagna, Bologna, 2017.

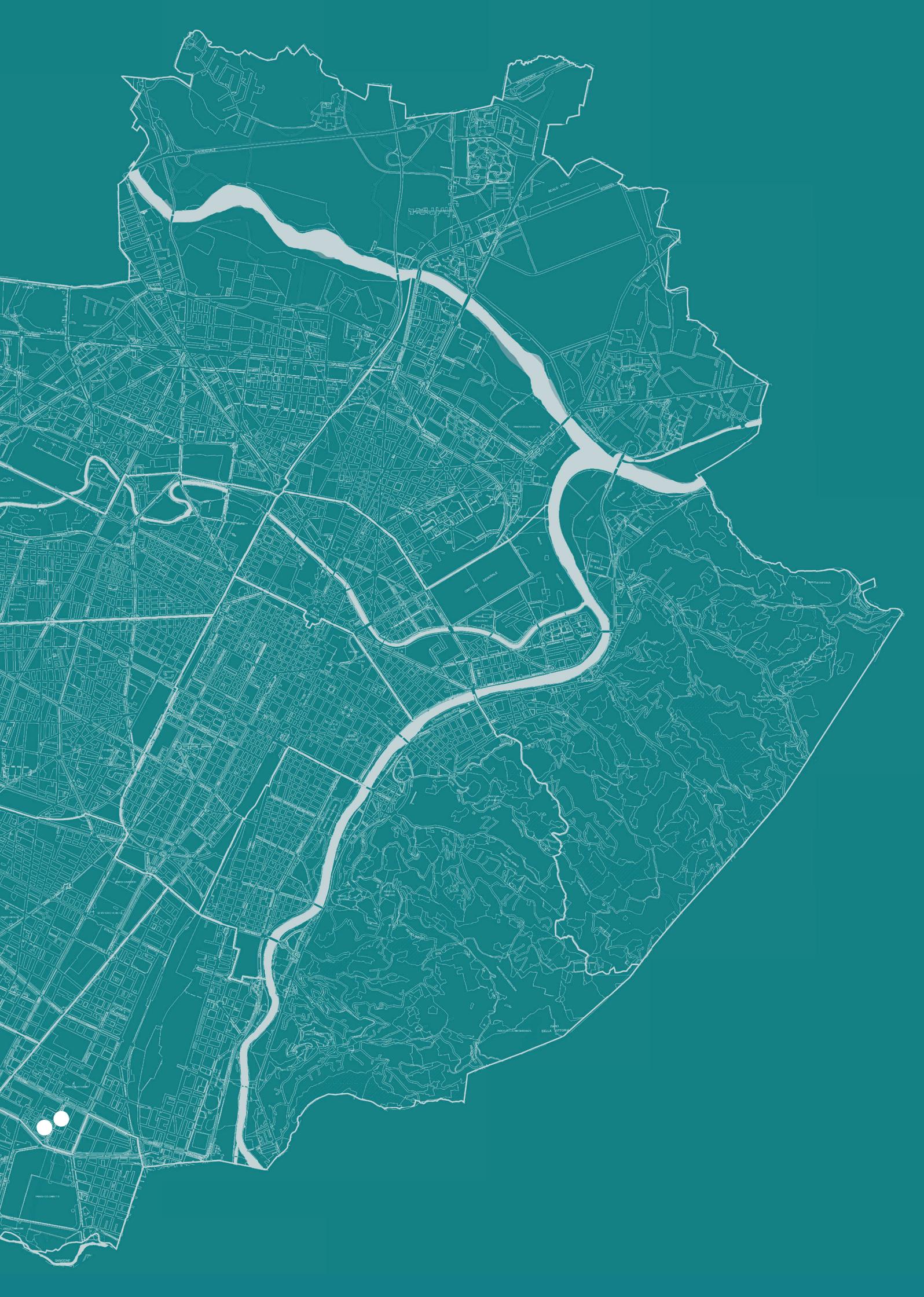
4

AREA D'INTERVENTO E CASI STUDIO

SCUOLA SECONDARIA I GRADO
PIERO CALAMANDREI

SCUOLA PRIMARIA
CARLO COLLODI





4.1. AREA D'INTERVENTO

Il progetto si concentra sui cortili di due istituti scolastici nel quartiere Lingotto del Comune di Torino (Circoscrizione 8): la Primaria Carlo Collodi, in Corso Croce 26 e la Secondaria di I grado Piero Calamandrei, in Corso Croce 17.

Le scuole, individuate in collaborazione con il Laboratorio Città Sostenibile, costituiscono due casi studio rappresentativi della realtà scolastica torinese: spazi aperti ampi, ma non strutturati, prevalenza di superfici impermeabili, come asfalto e cemento, aree verdi non valorizzate e assenza di arredi e attrezzature adeguate. I due lotti scolastici rientrano nel **progetto europeo ProGiReg**, che ha come obiettivo l'impiego di **soluzioni innovative nature based** per riqualificare le aree post-industriali.

In questa prospettiva, i cortili scolastici analizzati potrebbero diventare laboratori per sperimentare alcune delle strategie promosse dal progetto, tra cui l'utilizzo di un innovativo suolo rigenerato e la realizzazione di orti didattici aperti al quartiere.

4.2. IL PROGETTO EUROPEO PROGIREG

Il progetto europeo Productive Green Infrastructure for Post-industrial Urban Regeneration, avviato a giugno 2018, mira a riconvertire aree post-industriali attraverso la sperimentazione di soluzioni innovative *nature based*.

ProGiReg è finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del programma Horizon 2020 e andrà avanti fino al 2023. [1]

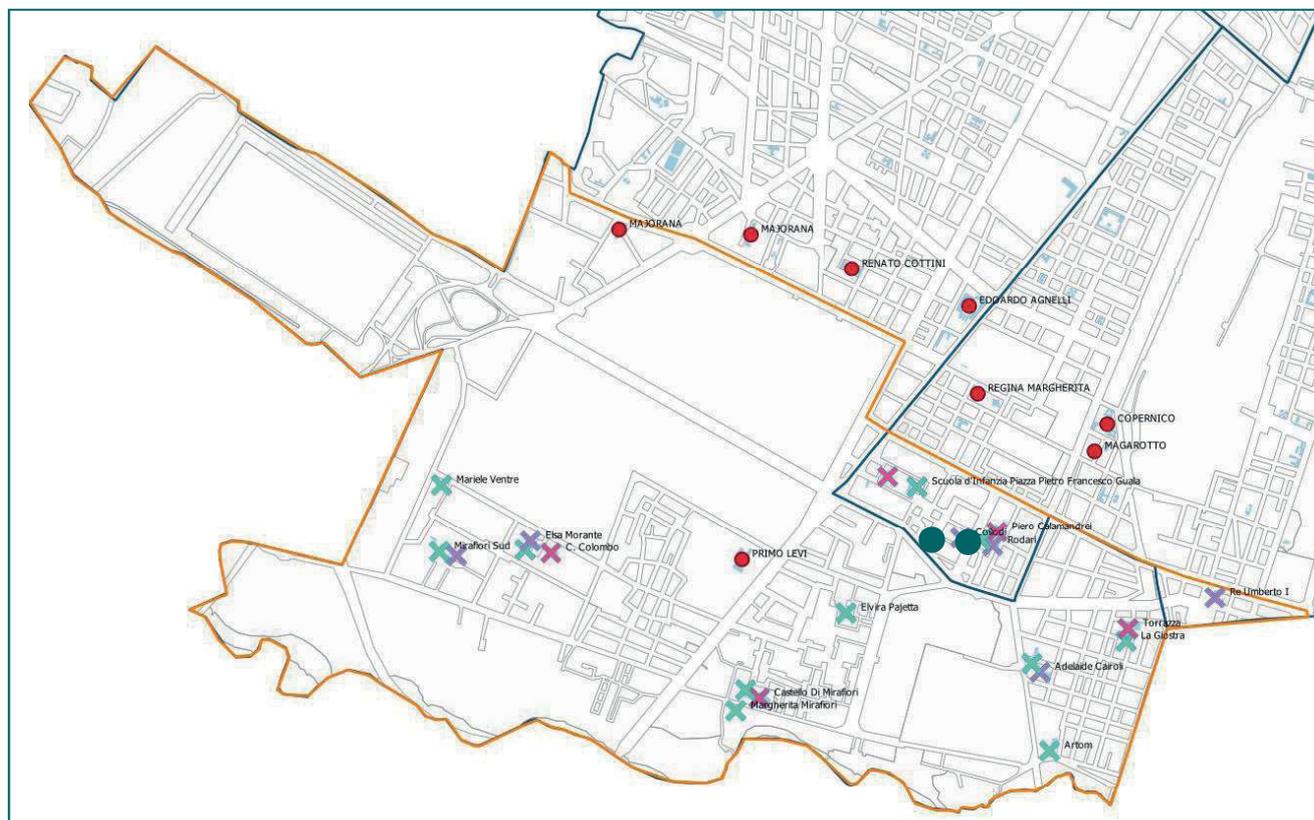
Il contributo per Torino ammonta a circa 2,5 milioni di euro, di cui 896.500 alla Città, su un investimento europeo complessivo di 10,5 milioni. [2]

Le città capolista del progetto sono, oltre a Torino, Dortmund (Germania), Zagabria (Croazia) e Ningbo

(Cina). Le tre amministrazioni lavoreranno con altre quattro città dell'Est e Sud Europa, Cascais (Portogallo), Cluj-Napoca (Romania), Pireo (Grecia) e Zenica (Bosnia Erzegovina). [2]

Le zone d'intervento sono definite "Living Labs": aree post-industriali in cui vengono co-sviluppate e co-gestite nuove soluzioni green, in collaborazione diretta con i cittadini, le associazioni e le Ong del territorio. [1,3]

Il Living Lab torinese coinvolge il quartiere Mirafiori Sud (Circoscrizione 2), parte di Mirafiori Nord (Circoscrizione 2) e del quartiere Lingotto (Circoscrizione 8).



Area d'intervento ProGiReg e scuole presenti sul territorio, Laboratorio Città Sostenibile.

Il focus del progetto è Mirafiori Sud, la cui identità è sensibilmente legata all'azienda automobilistica FIAT, che l'ha resa il quartiere operaio per antonomasia. Il significativo ridimensionamento degli stabilimenti produttivi, causato dalla crisi economica, ha influito fortemente sulle sorti di questa parte di città.

Dalla fine degli anni Novanta, con i programmi del Settore Periferie della Città, Mirafiori è stata protagonista di un cambio di visione paradigmatico: da area periferica e problematica, carica di tensioni sociali, a risorsa urbana. [4]

ProGireg assume quindi un'importanza fondamentale per la riqualificazione urbana, valorizzando le superfici agricole residuali metropolitane e trasformando le aree industriali dismesse in incubatori di idee e laboratori progettuali.

Come ha dichiarato Alberto Unia, assessore all'Ambiente della città di Torino, *"ProGireg è strettamente integrato alle altre progettualità in corso, in particolare AxTO, Pon Città Metropolitana e CoCity per quanto riguarda le politiche per la rigenerazione urbana e innovazione sociale, che pongono la partecipazione attiva dei cittadini al centro della progettazione del territorio"*. [2]

Torino introdurrà soluzioni nature based che prevedono sistemi di acquaponica, piste ciclabili pensate come corridoi verdi, aree adibite alla condivisione e alla socializzazione, tetti e pareti verdi, un pollinatory garden con area dedicata all'apicoltura per la produzione del miele.

Inoltre, verrà sperimentato il **new soil**, pensato come soluzione alternativa al terreno agricolo, da utilizzare nei parchi pubblici e nelle aree verdi urbane. [5]

Queste tecnologie saranno il motore della rigenerazione, promuovendo la qualità ambientale.

I partners dell'iniziativa sono: Città Metropolitana di Torino, Politecnico di Torino, Università di Torino, Acea Pinerolese Industriale, Arpa Piemonte, Associazione Coefficiente Clorofilla, Dual Srl, Fondazione Mirafiori, Miravolante, Environment Park, Orti Alti e SiTi. [2]

Il progetto intende trasformare le sponde del fiume Sangone in polmone verde per la zona sud della città, restituendo ai cittadini uno spazio naturale di qualità, attraverso: [2]

- **L'utilizzo di suolo rigenerato (New Soil)**, un terreno fertile artificiale, ottenuto dalla miscela di materiali provenienti da scavi e opere di urbanizzazione (non contaminanti), unito a compost organico.
- **La sperimentazione di pratiche di agricoltura collettiva** come strumento di rigenerazione urbana ed inclusione sociale. Le associazioni

presenti sul territorio coinvolgeranno le scuole e tutta la popolazione, approfondendo il concetto di catena alimentare, valorizzando la nutrizione salutare e sostenibile e favorendo l'utilizzo di pratiche sperimentali di economia circolare con il riciclo e riuso di materiali e rifiuti urbani;

- **La progettazione, gestione e manutenzione delle infrastrutture verdi condivisa** con imprese, associazioni e cittadini del territorio. In questo modo le aree verdi acquisiranno una valenza produttiva e sociale, diventando nuovi beni comuni urbani.

A settembre 2018 Coefficiente Clorofilla ha avviato la bonifica del Parco Piemonte, mediante il progetto Orti Generali: l'associazione, insieme ai volontari sta riqualificando l'area verde con l'obiettivo di promuovere l'agricoltura urbana. Sarà realizzato un polo didattico-formativo, gestito dall'associazione e 150 orti, da assegnare ai cittadini. [6]



Sistemazione del Parco Piemonte [7]

Gli istituti scolastici assumeranno un ruolo attivo nel progetto europeo come punti di riferimento per la comunità e laboratori di sperimentazione.

La Fondazione Mirafiori ha avviato percorsi didattici sull'agricoltura sostenibile con le classi primarie degli Istituti Comprensivi Salvemini e Cairolì. A partire da marzo 2019 realizzerà un orto didattico in cassone in 7 plessi scolastici, con la volontà di coinvolgere i cittadini nella manutenzione nel periodo estivo. [8]

Il Laboratorio Sostenibile della Città di Torino coordinerà i progetti di co-design e tutte le iniziative rivolte al sistema scolastico, valorizzando le progettualità esistenti. [8]

Il tavolo di lavoro di ProGireg sta individuando, all'interno di Mirafiori Sud, l'istituto scolastico più adatto a ospitare l'Educational Living Lab, dove sarà possibile testare nuove tecnologie green e soluzioni per una didattica innovativa, sviluppando così un modello di scuola-centro civico, a servizio della comunità. [8]

4.3. SCUOLA PRIMARIA CARLO COLLODI

La scuola primaria Carlo Collodi si trova nel quartiere Lingotto, tra corso Benedetto Croce, via Fratel Teodoro, via Giulio Gianelli e il Giardino Rava.

L'edificio è stato costruito nel 1961 per ospitare una scuola media, dal 1963 è diventato scuola elementare, intitolata al famoso scrittore autore di Pinocchio. [9] Sono presenti 26 classi per un totale di 616 iscritti.

Gli spazi della scuola sono utilizzati nel periodo estivo per stage e laboratori musicali organizzati dall'associazione A.M.TEA.

Il cortile occupa **7236 m²**, su una superficie totale di **9500m²**.

Le superfici inerbite rappresentano il **45%** dello spazio aperto.

Le specie arboree sono: *Acer saccharinum*, *Pinus austriaca*, *Pinus Wallichiana*, *Quercus rubra*, *Prunus pissardi nigra*...[10]

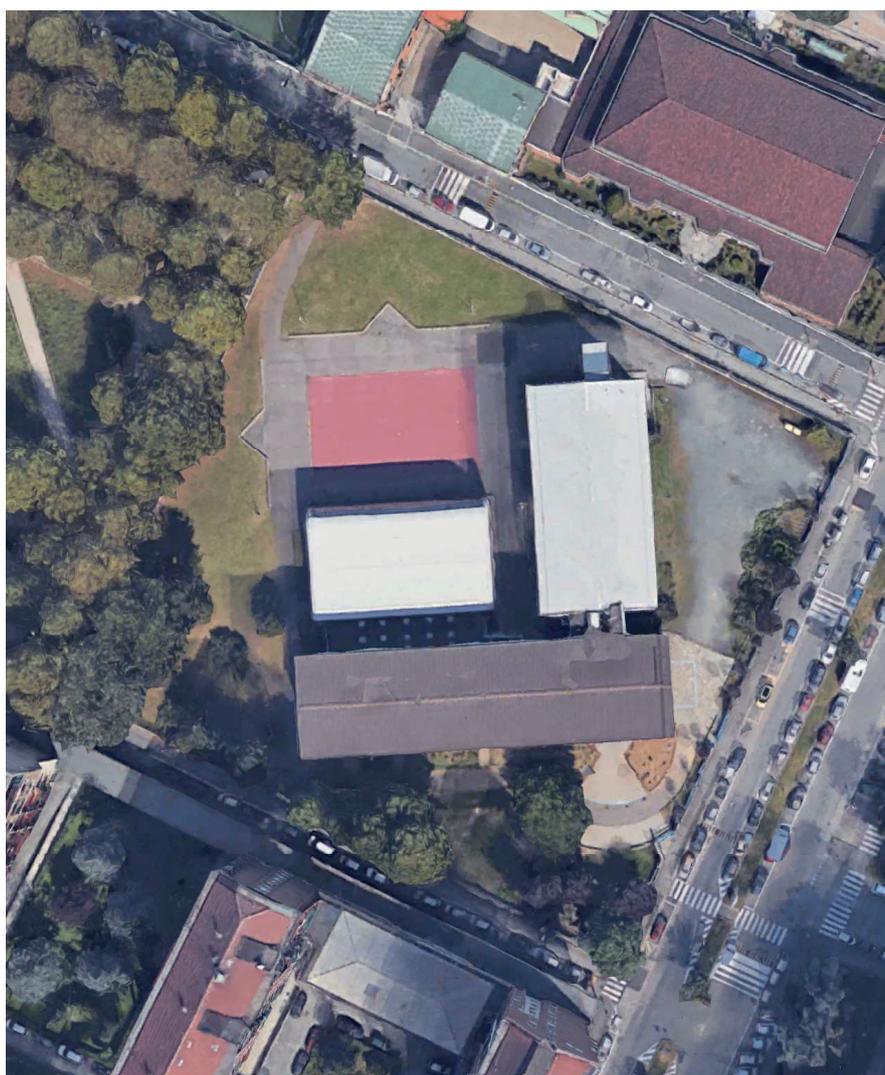
Ci sono angoli fioriti e alcune aiuole con piante

aromatiche, gestite da un piccolo gruppo di insegnanti, che coinvolge i bambini nella cura e nella manutenzione di queste aree verdi.

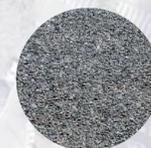
Sono presenti i seguenti materiali: asfalto tradizionale, pavimentazione in marmette autobloccanti in calcestruzzo, pavimentazione lapidea ad "opus incertum" parzialmente da ripristinare, pavimentazione incoerente in ghiaio e bitume e una piastra rossa realizzata con un tappeto bituminoso fine colorato, in pessime condizioni di conservazione.

L'ampiezza del cortile è sicuramente una potenzialità, poiché permette a più classi di trascorrere contemporaneamente l'intervallo all'aperto.

Gli ambienti esterni però sono privi di carattere, lo spazio in generale non è definito funzionalmente e non sono presenti né arredi né attrezzature. Inoltre, a causa del regolamento scolastico, i bambini qui non possono utilizzare palloni o altri giochi mobili.



Asfalto tradizionale



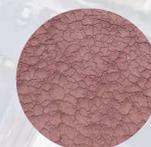
Pavimentazione incoerente in ghiaio e bitume



Pavimentazione lapidea ad "opus incertum"



Massello autobloccante in calcestruzzo



Tappeto bituminoso fine rosso

Foto area Scuola Primaria Carlo Collodi C.so Benedetto Croce 26



4.4. SCUOLA SECONDARIA I GRADO PIERO CALAMANDREI

La scuola secondaria di I grado Piero Calamandrei si trova nel quartiere Lingotto, tra corso Benedetto Croce e via Piacenza.

In questo lotto sono presenti altri due istituti scolastici: la scuola primaria Rodari e quella dell'infanzia Re Sole. Presso la Calamandrei sono presenti 19 classi per un totale di 449 iscritti.

Nel corso degli anni, durante il mese di giugno-luglio, la scuola ha ospitato iniziative didattiche e ricreative rivolte ai giovani, come il City Camp, un centro estivo tenuto in lingua inglese dall'associazione A.C.L.E. e il Basket Camp. [11]

Il cortile occupa **7443 m²**, su una superficie totale di **9535m²**

Le superfici inerbite rappresentano soltanto il **22%** dello spazio aperto.

Le specie arboree presenti sono: *Tilia hybrida*, *Cedrus*

atlantica, *Picea abies*, *Prunus*, *Betula alba*... [10]

L'area verde adiacente alla manica nord del complesso scolastico ospita un piccolo orto didattico, utilizzato principalmente dalle classi prime e gestito da due professoressa dell'istituto.

Il cortile è caratterizzato dai seguenti materiali: asfalto tradizionale, asfalto con rivestimento superficiale verde per i campi sportivi, parzialmente deteriorato, pavimentazione in calcestruzzo e ghiaia.

L'ampiezza del cortile e la presenza del porticato sono sicuramente delle potenzialità, ma anche in questo caso lo spazio non è strutturato, mancano gli arredi e le attrezzature per l'aggregazione.

Inoltre, l'assenza di percorsi contribuisce a conferire allo spazio una sorta di confusione funzionale.



Foto area Scuola Secondaria I grado Piero Calamandrei C.so Benedetto Croce 19



5

METODOLOGIA DI ANALISI

5. METODOLOGIA DI ANALISI

I progetti di riqualificazione sono frutto di un'attenta analisi delle condizioni esistenti, avviata a giugno 2018 con un sopralluogo preliminare nei cortili per comprenderne le criticità e le potenzialità.

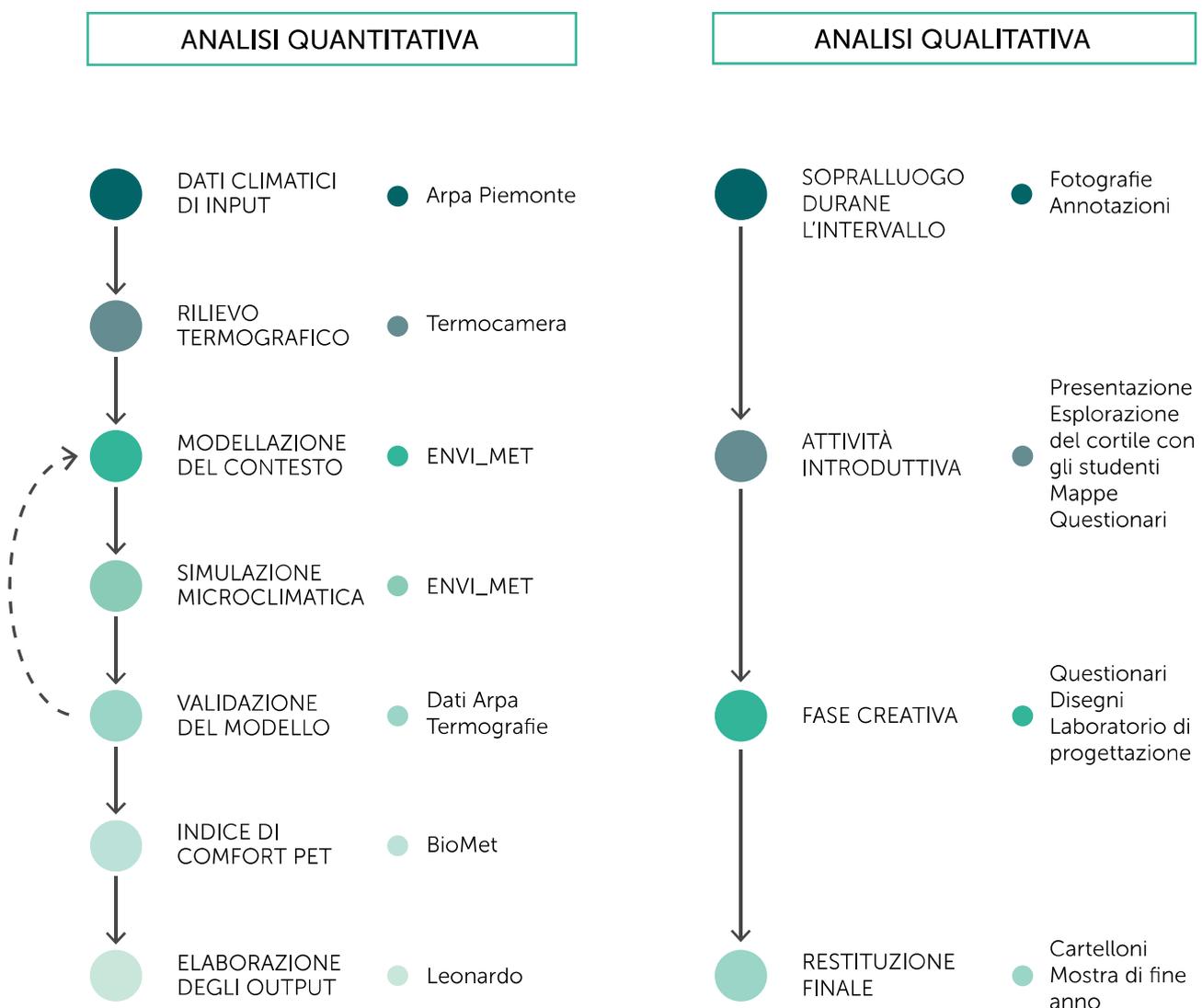
L'analisi ha seguito due approcci paralleli e complementari, i cui esiti hanno fornito le basi per definire le proposte progettuali.

Innanzitutto, è stata condotta un'analisi quantitativa focalizzata sulle condizioni microclimatiche e sul benessere termico degli utenti, attraverso rilievi termografici, simulazioni con il software ENVI_MET

e calcolo dell'indice di comfort termico PET.

Inoltre, è stata eseguita un'analisi qualitativa, centrata sulla percezione dell'ambiente e sulle esigenze degli utenti e basata su un percorso partecipativo attraverso questionari, disegni e laboratori di progettazione.

La metodologia d'indagine e i principi adottati per la riqualificazione costituiscono un modello replicabile sul territorio, volto alla promozione del cortile come preziosa risorsa dal punto di vista pedagogico, sociale e ambientale.



5.1. ANALISI QUANTITATIVA

Questo paragrafo illustra le fasi dell'approccio quantitativo che ha condotto alla valutazione del microclima e del comfort termico nei due cortili scolastici.

I risultati specifici sono riportati nelle sezioni successive, in cui si analizzano i casi studio.

5.1.1. GIORNATA TIPO

Il primo step per la valutazione del comfort termico estivo corrisponde all'individuazione della giornata tipo, rappresentativa del periodo da esaminare.

In questo caso è stato scelto il 19 luglio 2018, una giornata soleggiata, non interessata da precipitazioni nei giorni immediatamente precedenti.

I parametri climatici sono stati ricavati dai database dell'Arpa Piemonte [12], selezionando le stazioni meteorologiche più coerenti e precise, vicine ai lotti scolastici.

La Ta dell'aria raggiunge picchi di 33 °C durante le ore centrali della giornata.

L'umidità relativa non raggiunge valori critici durante

il periodo di interesse, essendo inferiore al 60%.L'effetto del vento non è significativo a causa delle velocità minime registrate.

5.1.2. RILIEVO TERMOGRAFICO

Durante la giornata di riferimento è stato effettuato un rilievo termografico, dalle 9:30 alle 14:30 circa.

Le immagini sono state acquisite con la termocamera Testo 875, impostando l'emissività pari a 0.9, valore tipico dei materiali edilizi.

Questo strumento è stato essenziale per determinare le temperature superficiali dei cortili e osservare direttamente le differenze tra le varie pavimentazioni e il terreno naturale e tra le zone esposte al sole e quelle in ombra.

5.1.3. MODELLAZIONE E SIMULAZIONE CON ENVI_MET

L'analisi del microclima dei cortili è stata realizzata con il programma di simulazione ENVI_MET, versione Business 4.3.

I lotti scolastici infatti, costituiscono una specifica area microclimatica, in cui le condizioni meteorologiche sono influenzate dal tessuto urbano, dalle caratteristiche dei materiali e dalla presenza del verde.

L'editor Space.exe di ENVI_MET permette di modellare l'area d'interesse.

È consigliabile considerare una superficie maggiore rispetto al perimetro scolastico, per ovviare alle imprecisioni del modello: i dati relativi ai confini dell'area sono falsati dal processo di stabilizzazione e per questo devono essere scartati. [13,14]

Per prima cosa è necessario definire la dimensione delle celle del modello, che rappresentano l'unità minima della griglia e quindi ne definiscono l'accuratezza [15].

La risoluzione dipende dal livello di dettaglio necessario: per il lavoro di tesi è stata stabilita una griglia di 2m*2m sul piano orizzontale xy, adatta a valutare gli effetti delle pavimentazioni e del verde, e 1m sull'asse z, necessario per ricreare i portici presenti nella scuola Calamandrei.

La scelta della dimensione della griglia, oltre a determinare la precisione del modello, influisce

19-lug	Vallere	Vallere	Via della Consolata	Via della Consolata	Reiss Romoli
Ora	Ta (°C)	UR (%)	v (m/s)	Direzione v (gradi)	I (W/m²)
0:00	22,5	76	1,5	67	0
1:00	21,6	81	1,8	61	0
2:00	20,5	85	1,2	45	0
3:00	19,9	90	1,2	0	0
4:00	19,1	92	1,4	197	0
5:00	19,1	89	1,6	216	80
6:00	21,4	80	1,1	101	244
7:00	23,8	62	1,9	74	418
8:00	25,9	52	1,3	69	590
9:00	27,9	46	1	328	741
10:00	29,9	48	1,2	49	853
11:00	31	39	2,3	93	914
12:00	31,8	38	1,7	72	927
13:00	32,8	34	2,8	53	897
14:00	33,1	38	1,9	48	794
15:00	33	37	2,5	66	661
16:00	32,7	42	2,4	82	497
17:00	30,9	55	1,6	177	317
18:00	27,5	56	1,8	217	74
19:00	25,7	60	2	53	0
20:00	24,1	69	1,6	51	0
21:00	24,6	68	2	223	0
22:00	23,8	72	1,6	190	0
23:00	23,4	72	2,4	207	0

Valori orari della temperatura dell'aria, dell'umidità relativa, della velocità e direzione del vento e della radiazione solare globale, relativi al 19 luglio - fonte Arpa Piemonte

significativamente sui tempi della simulazione: all'aumentare delle celle aumenta il tempo di calcolo necessario. [16]

Sono stati adottati i seguenti accorgimenti per ridurre le interferenze dovute agli errori di bordo: [17,18]

- Altezza del modello pari al doppio dell'edificio più alto presente nel sito
- Utilizzo di nesting grids, celle libere poste ai limiti dell'area effettivamente modellata.

Successivamente si inseriscono i dati geografici del sito (località, latitudine e longitudine) e i parametri termofisici degli edifici (pareti e soffitto).

È possibile importare un'immagine *.bmp del sito d'interesse, da utilizzare come base per il ridisegno dell'area.

A questo punto è possibile modellare il contesto in 2.5 D, impostando il tipo di suolo, le superfici, la vegetazione e gli edifici, con sistemi di involucro semplice.

Questi dati sono stati ricavati dalle planimetrie tecniche fornite dal comune, da Google Earth e dai sopralluoghi.

Uno strumento utilissimo è stato sicuramente il geoportale del comune, che offre informazioni dettagliate sull'altezza degli edifici e sulle specie arboree. [19]

ENVI_MET permette anche una modellazione 3D dettagliata, in cui è possibile lavorare con sistemi di involucro complessi e assegnare un materiale differente a ogni facciata dell'involucro.

Nei casi studio non è stata utilizzata questa modalità a causa degli errori di salvataggio e di una generale instabilità del software.

Per quanto riguarda il verde, il programma possiede una selezione di piante semplici e un database di piante complesse 3D, caduche e sempreverdi. Attraverso l'estensione Albero.exe sono stati creati gli alberi e gli arbusti ad hoc per il sito di studio.

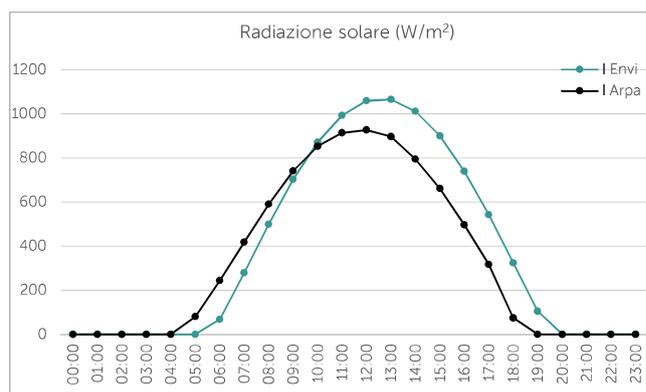
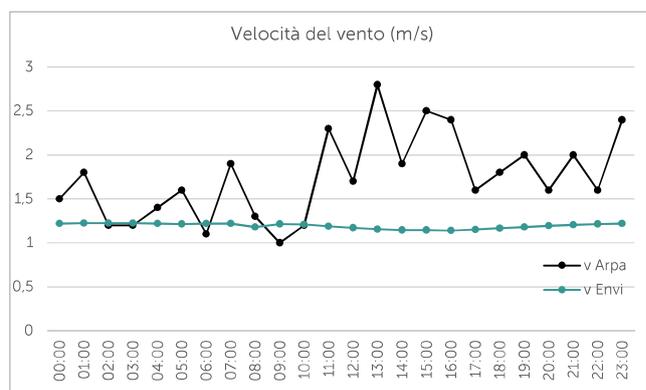
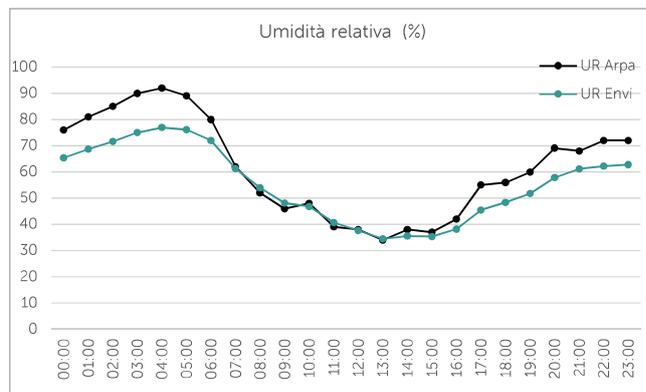
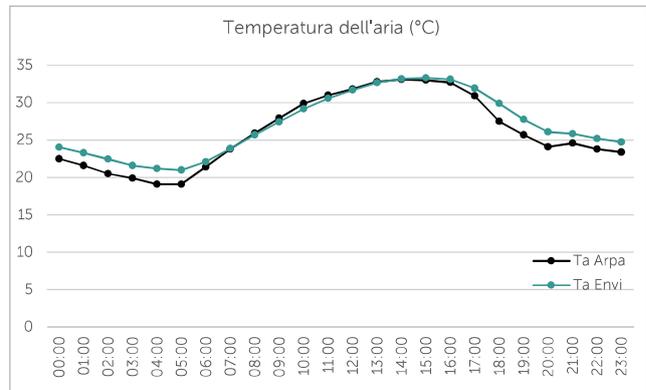
Grazie al pannello Manage database è stato possibile agire sulle caratteristiche dei materiali edilizi: riflessione, assorbimento, emissività, conducibilità, stratigrafia...

Dopo aver definito l'area del modello è stato creato il file per la simulazione microclimatica, inserendo come input i valori climatici tratti dalle stazioni Arpa. Si è ricorso al simple forcing, che permette di impostare i parametri orari di Ta e UR riferiti alle 24h.

Per entrambi i casi studio sono state simulate 48h, ma sono stati considerati i dati delle seconde 24 non affetti dall'inerzia del modello, che tende ad uniformare i valori iniziali. [13]

5.1.4. VALIDAZIONE DEL MODELLO

Il modello è stato validato confrontando i risultati di ENVI_MET con i valori dell'Arpa e delle termografie. Dopo la prima simulazione di prova è stato perfezionato e testato più volte, in modo da raggiungere un buon livello di approssimazione.



Confronto ENVI_MET e Arpa. Valori di Ta, UR, v e I del 19/08

Grazie al simple forcing, gli andamenti della temperatura dell'aria e dell'umidità simulate sono assimilabili a quelli registrati dell'Arpa.

La velocità del vento, invece, rimane pressoché costante durante le 24h.

La radiazione globale calcolata da ENVI_MET sovrastima quella reale, ma questi valori permettono di ottenere temperature superficiali coerenti con quelle ricavate dalle termografie.

I tradizionali materiali edilizi sono ben approssimati, così come l'effetto delle schermature sulle temperature superficiali: portici e filare alberato.

La Ts dell'erba è superiore a quella reale, che invece è paragonabile alla temperatura dell'aria.

Ciò può essere dovuto ad una differenza nel processo evaporativo e nell'umidità del terreno, parametri su cui è difficile intervenire.

È stata effettuata anche una simulazione (12h) relativa all' 11 dicembre, per testare il modello in condizioni invernali. In questo caso si riscontrano maggiori discrepanze, sia riguardo ai valori meteorologici, sia alle temperature superficiali.

Nonostante il simple forcing i parametri climatici di

Ta e UR si discostano da quelli reali. La velocità del vento assume un valore minimo costante.

Soltanto la radiazione solare, grazie ad un fattore correttivo di 1.2, approssima bene i valori dell'Arpa.

Le temperature superficiali dei materiali sono sovrastimate.

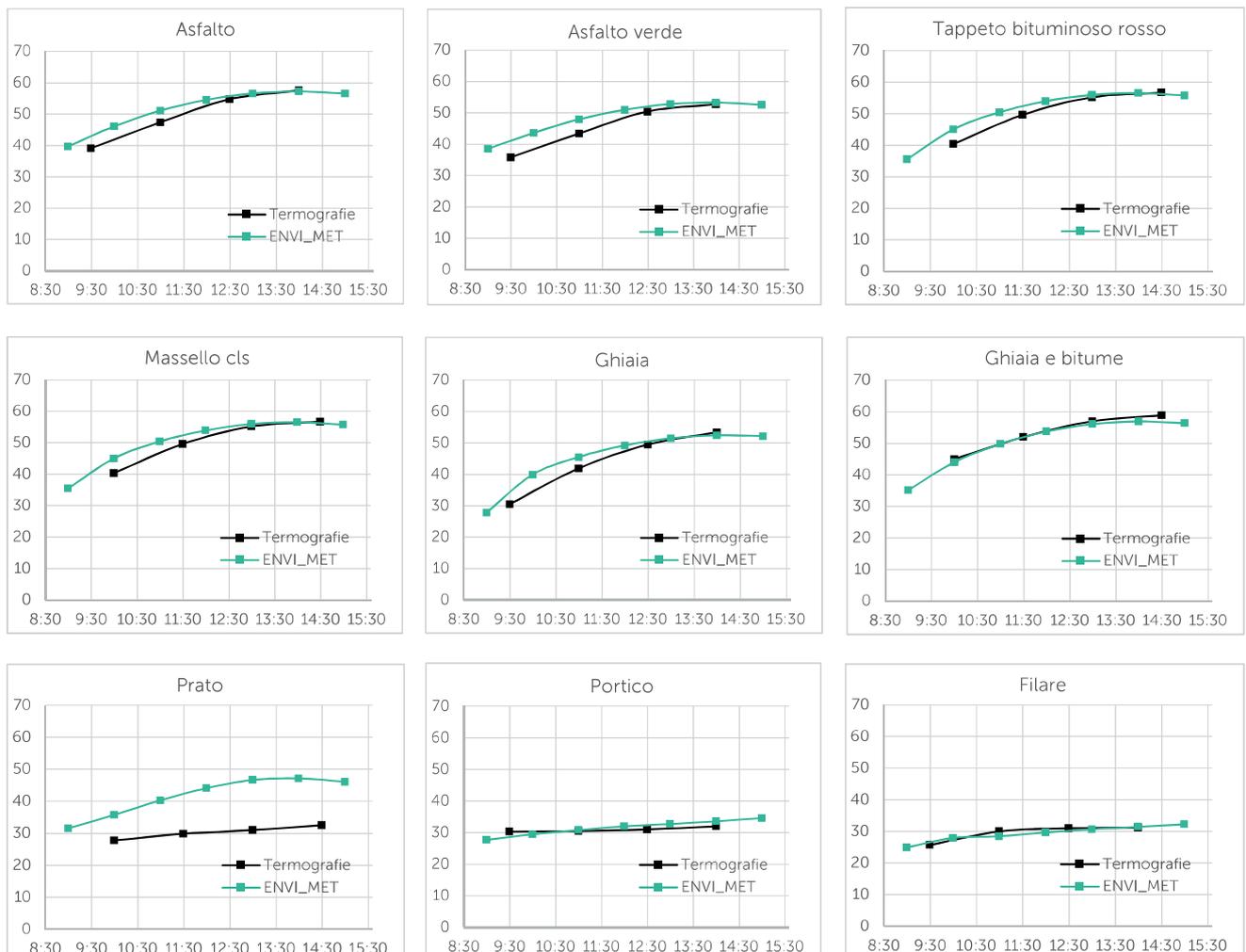
5.1.5. CALCOLO DELL'INDICE DI COMFORT PET

Dopo la validazione è stato determinato l'indice di comfort microclimatico PET, attraverso l'estensione BioMet.

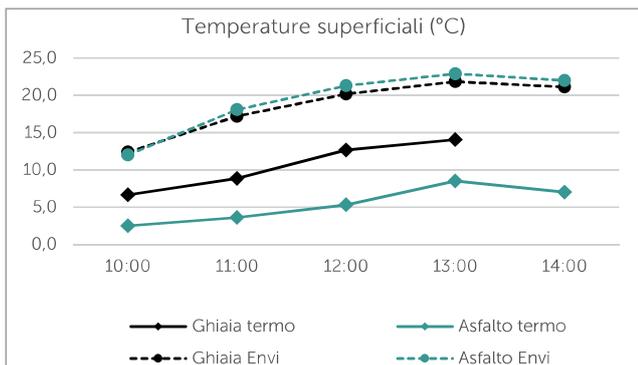
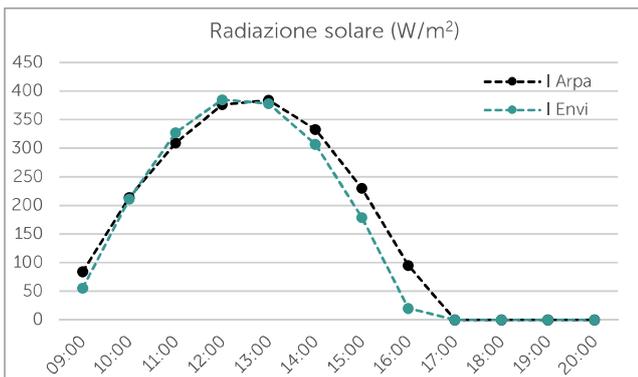
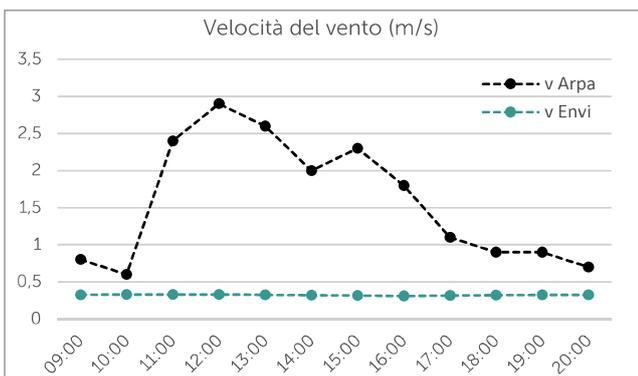
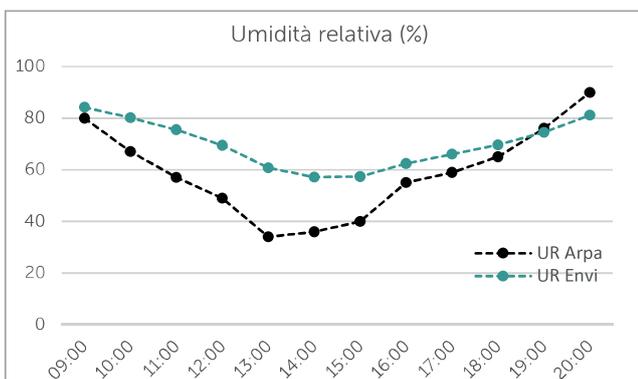
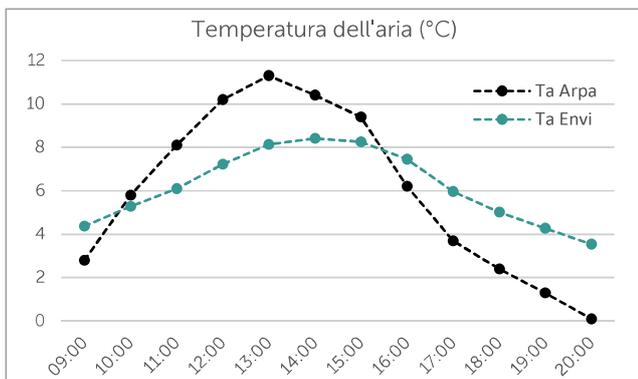
Questo software risolve l'equazione di bilancio termico dell'individuo a partire dai dati atmosferici e dalla Tmrt calcolati da ENVI_MET, valutando la condizione di benessere termoisometrico per il tipico uomo adulto (35 anni, 75 kg, 1,75m).

L'indicatore è stato calcolato nelle ore centrali della giornata, in cui si registrano le condizioni più critiche e che corrispondono ai periodi di maggior utilizzo del cortile: ore 11, 13 e 15.

La versione trial permette di calcolare soltanto l'indice PMV, per il PET è necessario acquistare la licenza.



Confronto ENVI_MET e Arpa. Profili T superficiali del 19/08



5.1.6. ELABORAZIONE DEGLI OUTPUT

Grazie all'estensione LEONARDO sono state ricavate le mappe con le distribuzioni spaziali delle variabili climatiche e di comfort.

Sono stati analizzati i parametri che maggiormente influiscono sul benessere termico: Ta, Tmrt, Ts e PET. Inoltre, è stato possibile ricavare i profili giornalieri delle variabili d'interesse interrogando alcuni punti specifici dei lotti scolastici.

Gli output sono stati estratti a 1.5m dal suolo, per valutare le condizioni al livello dell'utente.

5.1.7. SIMULAZIONI DI PROGETTO

Gli scenari proposti per la riqualificazione dei cortili sono stati a loro volta e simulati con ENVI_MET, utilizzando i dati di input e il file di calcolo già validati per l'analisi dello stato di fatto.

Sono stati modellati i nuovi materiali, i sistemi di schermatura e il verde per verificarne gli effetti sul microclima.

Anche in questo caso è stato calcolato l'indice di comfort PET e sono state elaborate le mappe di output con LEONARDO.

5.2. ANALISI QUALITATIVA

Il progetto di riqualificazione necessita anche di un'analisi qualitativa, che consideri il punto di vista soggettivo degli studenti, principali fruitori dello spazio aperto scolastico.

Da qui emerge la volontà di farli partecipare attivamente, per comprendere le loro esperienze, esigenze e proposte per il cortile. I risultati specifici sono riportati nelle sezioni successive, in cui si analizzano i casi studio.

5.2.1. LA PARTECIPAZIONE DEI BAMBINI E DEI RAGAZZI

Uno spazio accogliente e confortevole è tale se riesce a rispondere alle esigenze degli utenti; per questo è importante coinvolgerli nella progettazione, soprattutto se appartengono alle categorie normalmente escluse. [17]

Spesso le decisioni in merito ai giovani sono prese dagli adulti, ma la loro percezione è differente. I bambini e i ragazzi sono portatori di un punto di vista particolare, che dovrebbe essere valorizzato. Non sono "cittadini del futuro" [18], ma soggetti del presente, capaci e competenti.

Il loro diritto a partecipare è stato sancito dalla Convenzione sui Diritti dell'Infanzia dell'ONU (1989), poi ratificata dallo Stato italiano (1991), dall'UE (2006) e dalla Costituzione Italiana (art.18). [19]

In questo contesto si inserisce il progetto "Città sostenibili delle bambine e dei bambini" promosso dal Ministero dell'Ambiente, con l'obiettivo di trasformare l'ambiente urbano a partire dalla figura del bambino. [20]

Uno dei limiti maggiori nello sviluppo recente delle

città è il fatto che sia avvenuto considerando quasi esclusivamente il cittadino adulto e produttivo.

Per questo motivo è stato dedicato scarso interesse agli spazi pubblici di incontro e di gioco e alla mobilità pedonale all'interno dei quartieri. [18]

Emerge quindi la necessità di ascoltare e accogliere anche le richieste dei più piccoli.

La partecipazione ha numerosi riscontri positivi. Innanzitutto, i giovani possono esprimere direttamente i loro bisogni e proporre le loro idee originali, imparando a comunicare in modo efficace e acquisendo consapevolezza sulle proprie vicende. [21]

In secondo luogo, il coinvolgimento contribuisce a farli sentire parte della comunità, a sviluppare il senso di appartenenza al luogo e responsabilità. [22,23]

L' *empowerment*, cioè l'accrescimento delle capacità, è il risultato più significativo del percorso partecipativo, perfino più dell'esito decisionale. [17]

Il processo sarà diverso in base al tipo di progetto, alle tempistiche, all'età dei soggetti e al grado di coinvolgimento. I differenti livelli possono essere descritti dalla *scala della partecipazione* di Roger Hart, [20,24] il quale, come co-direttore del Children

Gradi di non partecipazione	MANIPOLAZIONE	I bambini vengono usati in modo strumentale dagli ideatori per i propri fini politici (cortei, proteste ecc.) Vengono consultati, ma non ricevono alcun feedback.
	DECORAZIONE	Performance simboliche in cui la presenza dei bambini serve a rafforzare il progetto dell'ideatore.
	PARTECIPAZIONE SIMBOLICA (Tokenism)	I bambini partecipano all'incontro come testimoni, esprimono le loro opinioni per rafforzare il concetto, ma queste non riceveranno una risposta concreta.
Gradi di partecipazione	INVESTITI DI RUOLO ED INFORMATI	Sono informati sugli obiettivi del progetto, ricoprono un ruolo attivo, svolgendo piccoli compiti prestabiliti.
	CONSULTATI ED INFORMATI	Il progetto è ideato dagli adulti, ma i bambini sono realmente consultati e partecipano alla definizione degli obiettivi.
	CONDIVISIONE OPERATIVA	Il progetto è avviato dagli adulti, ma le decisioni operative vengono decise insieme ai bambini.
	PROGETTAZIONE IN PROPRIO DA PARTE DEI DESTINATARI	Il progetto è ideato dai bambini, gli adulti esercitano un ruolo di facilitazione e forniscono gli strumenti per realizzare gli obiettivi pensati dai bambini.
	PROGETTAZIONE IN PROPRIO E CONDIVISIONE OPERATIVA	I bambini avviano il progetto e promuovono azioni di collaborazione con gli adulti. Obiettivi e decisioni vengono presi insieme.

Scala della partecipazione [20,24]

Environment Research Group di New York, si è occupato soprattutto dell'inclusione dei giovani nelle ricerche sugli spazi fisici e dell'educazione, coinvolgendoli nella progettazione dell'ambiente.

In qualsiasi progetto partecipativo, specialmente quando si lavora con i bambini, è necessario dichiarare fin dall'inizio gli obiettivi, i limiti e le possibilità di azione. Bisogna essere flessibili, adattarsi ai loro ritmi, accettando delle modifiche, anche in itinere. [25] Gli adulti che partecipano al progetto non devono influenzare i più piccoli, ma supportarli, affinché siano loro a gestire il processo in modo autentico ed autonomo. Nel caso in cui il progetto non possa essere realizzato (mancanza di fondi, problemi burocratici, disinteresse dell'amministrazione...) è importante *"lasciare un segno"*, qualcosa che simboleggi il contributo e l'impegno dei ragazzi: un intervento minimo rappresentativo, una presentazione dei risultati ottenuti, una mostra, un semplice cartellone, ecc. [20]

La partecipazione è un momento educativo e di crescita personale: il bambino o il ragazzo, in quanto protagonista, sarà soddisfatto e responsabile del suo lavoro e si sentirà apprezzato perché l'adulto riconosce la sua soggettività e la sua originalità.

Nei nidi d'infanzia, spetta agli educatori il compito di esplicitare le necessità dei bambini, attraverso un'attenta osservazione delle modalità con cui vengono fruiti gli spazi e delle dinamiche che in essi si attivano. [26]

Alison Clark e Peter Moss ritengono che sia fondamentale includere anche i bimbi più piccoli, di 3-4 anni. Questo processo è possibile grazie all'*approccio a mosaico*, che considera i bambini *"esperti nelle loro vite"* e *offre un quadro teorico creativo finalizzato all'ascolto multiforme delle loro prospettive. Le fotografie scattate dai bambini, la costruzione di mappe, le visite guidate da loro condotte possono essere abbinate alle conversazioni con loro e alle osservazioni degli adulti fino a giungere a una comprensione più profonda [...] dei contesti educativi in cui trascorrono buona parte del loro tempo.* [27]

In alcune scuole dell'infanzia bolognesi [25] i bambini hanno co-progettato e co-allestito un nuovo angolo della sezione, in altri casi, alunni della scuola primaria e secondaria hanno partecipato ad indagini e progetti relativi agli ambienti interni e ai cortili scolastici. [20,21,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37]

Gli allievi dovrebbero partecipare alla definizione degli ambienti scolastici, affinché si realizzino spazi a misura di bambino e ragazzo.

Tutto ciò richiede tempo, impegno e disponibilità da parte degli insegnanti e dei professionisti, ma i vantaggi sono tangibili. Il coinvolgimento attivo dei beneficiari

nelle diverse fasi di un piano, fin dalla sua ideazione, sta diventando un importante fattore di democrazia locale e strumento per favorire la cittadinanza attiva e l'inclusione sociale. [30] Per gli studenti è l'occasione per comunicare le proprie esigenze, per gli architetti è un fondamentale strumento per comprenderle e raccogliere le informazioni, per i docenti può essere un'opportunità per innovare la scuola.

Ogni esperienza che coinvolge gli alunni e le strutture scolastiche non si risolve in se stessa: grazie al monitoraggio e all'analisi dei risultati può diventare un modello riproducibile in un più ampio programma territoriale. [20]

Gli studenti possono essere coinvolti nella progettazione dello spazio attraverso diverse modalità, con l'obiettivo di comprendere il loro punto di vista e raccogliere le loro proposte

- **CONSULTAZIONE ATTRAVERSO COLLOQUI, INTERVISTE E FOCUS GROUP**

È importante che il bambino o l'adolescente si esprima liberamente e si senta a proprio agio con il ricercatore, per questo è preferibile non intervistarlo da solo, ma in coppia, [31] e formulare le domande in modo tale da non influenzare le sue risposte.

- **QUESTIONARI ED ELABORAZIONI SCRITTE**

La scrittura è una metodologia più lenta, ma permette di riflettere e rielaborare i pensieri in modo più approfondito. [28]

- **ESPLORAZIONE DEL CORTILE INSIEME AI BAMBINI**

Un tour dello spazio aperto insieme ai bambini è uno strumento molto efficace, perché offre loro l'opportunità di mostrare direttamente i luoghi preferiti, raccontare alcune esperienze avvenute qui e descrivere i giochi e le attività. [27,28,32] Passeggiando nel cortile emergono elementi solitamente trascurati durante le attività svolte in classe.

- **FOTOGRAFIE**

Le foto possono essere degli input per stimolare la discussione (riferimenti progettuali, immagini provocatorie...), [17] oppure possono essere scattate direttamente dagli studenti per immortalare i posti preferiti, le criticità, ecc. [21,27,30,33]

- **DISEGNI E PLASTICI**

I metodi artistici e creativi permettono di esprimersi in modo estremamente originale. [32] Attraverso il disegno o il modello tridimensionale gli studenti propongono le loro personali soluzioni. Per i bambini, il disegno è probabilmente il metodo più semplice perché

sono abituati e lo fanno con piacere, per gli adolescenti è un'occasione per sperimentare le proprie doti grafiche e rappresentare al meglio l'idea progettuale.

È importante scegliere la modalità più idonea in base all'età dei partecipanti e alle richieste del progetto e utilizzare almeno due tipologie per confrontare le informazioni e avere una visione più ampia e coerente.

Gli insegnanti, così come i genitori, stando a stretto contatto con gli alunni, conoscono le loro abitudini e costituiscono un'ulteriore risorsa.

Parallelamente alle attività con i ragazzi, è utile prevedere alcuni sopralluoghi durante l'intervallo per osservare come viene utilizzato il cortile e quali dinamiche, regole e comportamenti lo caratterizzano.

Jansson M. et al. descrivono due interessanti esperienze svedesi di riqualificazione del cortile scolastico, che dimostrano l'importanza del coinvolgimento attivo dei giovani in tutte le fasi di lavoro.[29] Nella prima scuola, in cui gli studenti hanno collaborato con soddisfazione al processo decisionale e all'esecuzione delle soluzioni condivise (semina, piantumazione...), il nuovo cortile è funzionale, risponde alle loro esigenze ed è molto utilizzato. Nel secondo istituto, invece, il progetto è stato ideato principalmente dall'architetto e dai docenti e di conseguenza alcune zone del giardino sono poco apprezzate. Gli alunni però hanno preso parte alla realizzazione e alla manutenzione dello spazio aperto e perciò lo rispettano e se ne prendono cura con entusiasmo.

La partecipazione influisce positivamente sulle esperienze e sugli atteggiamenti verso il cortile: l'ideale sarebbe quindi che i giovani partecipassero con continuità, dalla progettazione alla gestione dello spazio.

5.2.2 LE ATTIVITÀ SVOLTE NELLE SCUOLE

Le attività, svolte nei mesi di ottobre e novembre, sono state approvate dalle dirigenti scolastiche, prima di essere visionate dalle insegnanti e presentate agli alunni. Bambini e ragazzi hanno partecipato in modo volontario e anonimo, previa autorizzazione delle famiglie.

5.2.2.1 SCUOLA PRIMARIA C. COLLODI

Lo studio ha coinvolto tre classi, due seconde (A e B) e una terza (C), per un totale di 70 bambini ed è stato organizzato nelle seguenti fasi:

- **SOPRALLUOGO DURANTE L'INTERVALLO**
Osservazione diretta dell'utilizzo del cortile, colloquio informale con i bambini e con l'insegnante referente. Le informazioni sono state raccolte attraverso fotografie e annotazioni.

- **ATTIVITÀ' INTRODUTTIVA ED ESPLORAZIONE DEL CORTILE INSIEME AI BAMBINI**

Presentazione del laboratorio alla classe e discussione di gruppo: il mestiere dell'architetto, la temperatura, il luogo preferito della scuola, brainstorming sul cortile.

Tour del cortile insieme alla classe: i bambini hanno mostrato i loro luoghi preferiti e hanno fatto esperienza diretta delle diverse temperature superficiali. In questo step, il lavoro è stato supportato da foto, annotazioni e registrazioni.

- **FASE CREATIVA INDIVIDUALE**

Ogni bambino ha compilato un questionario e realizzato il disegno del cortile che vorrebbe. Gli alunni hanno potuto sperimentare diverse modalità di comunicazione per esprimere al meglio le opinioni, esigenze e desideri.

- **RESTITUZIONE FINALE**

Le maestre realizzeranno un cartellone con tutti i disegni dei bambini, da appendere nel corridoio, per mostrare il lavoro della classe.

Parallelamente alle attività con i bambini, è stato somministrato via mail un **QUESTIONARIO AL CORPO DOCENTE DELLA SCUOLA**.

5.2.2.2. SCUOLA SECONDARIA P. CALAMANDREI

Lo studio ha coinvolto una seconda media (D), composta da 25 alunni ed è stato organizzato nel modo seguente:

- **SOPRALLUOGO DURANTE LA PAUSA PRANZO**
Osservazione diretta dell'utilizzo del cortile e colloquio informale con i ragazzi e con l'insegnante di riferimento. A causa della mancata autorizzazione per le fotografie, ci si è serviti soltanto di annotazioni.

- **ATTIVITÀ' INTRODUTTIVA E ANALISI INDIVIDUALE**

Presentazione del laboratorio alla classe e discussione di gruppo: la professione dell'architetto, brainstorming sul cortile e sul concetto di comfort e analisi delle termografie. Fase di analisi individuale dello spazio, propedeutica al lavoro di gruppo: i ragazzi hanno completato una mappa del cortile, evidenziandone le diverse zone, gli usi e i luoghi

preferiti e un questionario per descrivere i punti di forza, le criticità e le loro esigenze.

- **TEAMWORK DI PROGETTAZIONE**

Il laboratorio è stato preceduto da una breve presentazione con esempi e riferimenti (paesaggio, materiali, arredo e urbano, attrezzature...), utili per la progettazione.

Successivamente, divisi in 5 gruppetti, i ragazzi hanno sviluppato una proposta per il cortile della scuola e un'idea per valorizzare i portici, concentrandosi sui loro bisogni e desideri. Il lavoro di squadra favorisce la comunicazione e l'interazione tra pari, coinvolgendoli in prima persona per la riuscita del progetto comune.

- **RESTITUZIONE FINALE**

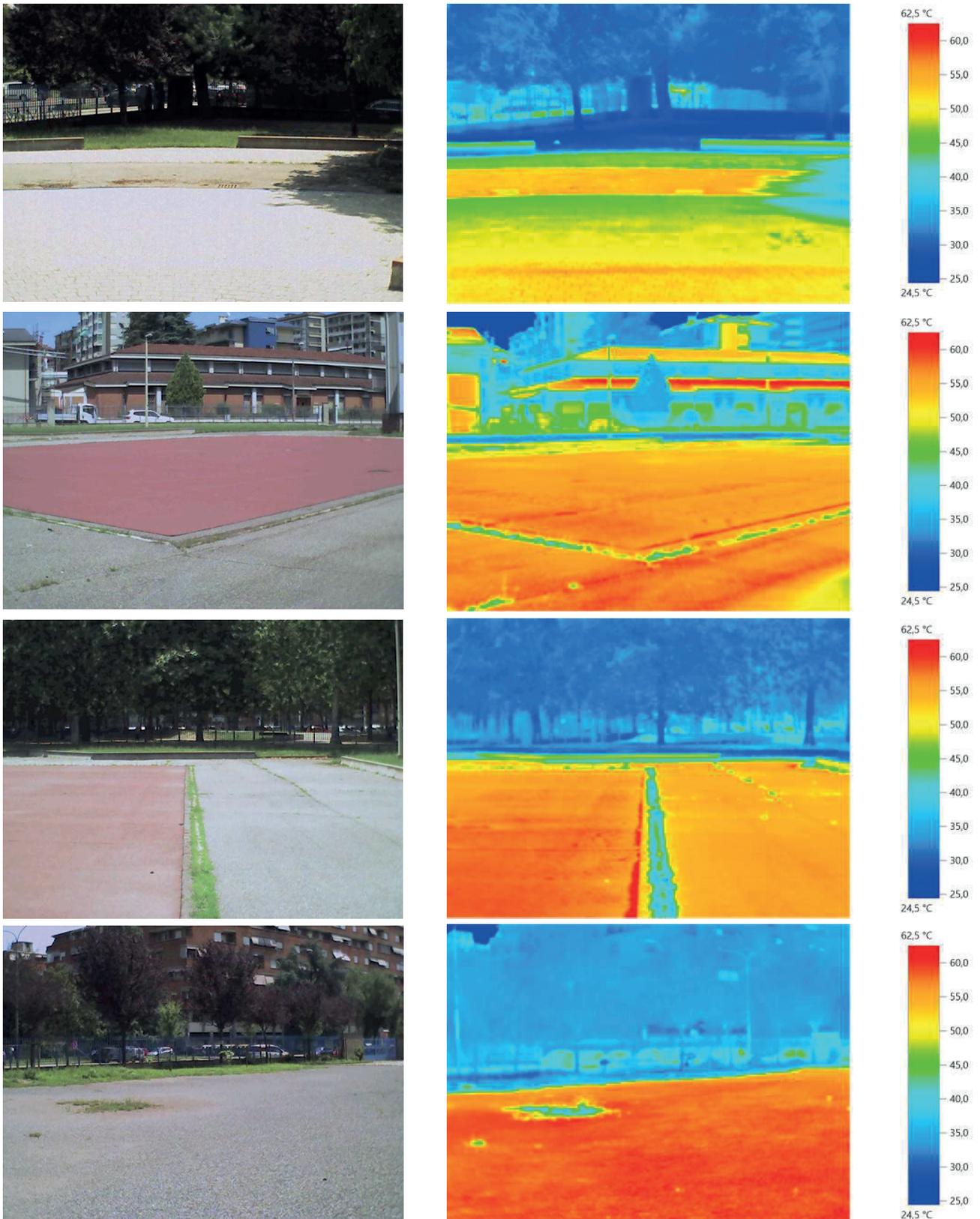
Nel periodo primaverile, oppure durante la festa di fine anno, sarà allestita una mostra con i progetti dei ragazzi e/o una piccola installazione nei portici del cortile.

Durante lo svolgimento, le due insegnanti presenti in classe hanno compilato un **QUESTIONARIO PENSATO APPOSITAMENTE PER I DOCENTI**, relativo all'utilizzo del cortile.

5.3 APPLICAZIONE AI CASI STUDIO: SCUOLA PRIMARIA C. COLLODI

5.3.1. RILIEVO TERMOGRAFICO

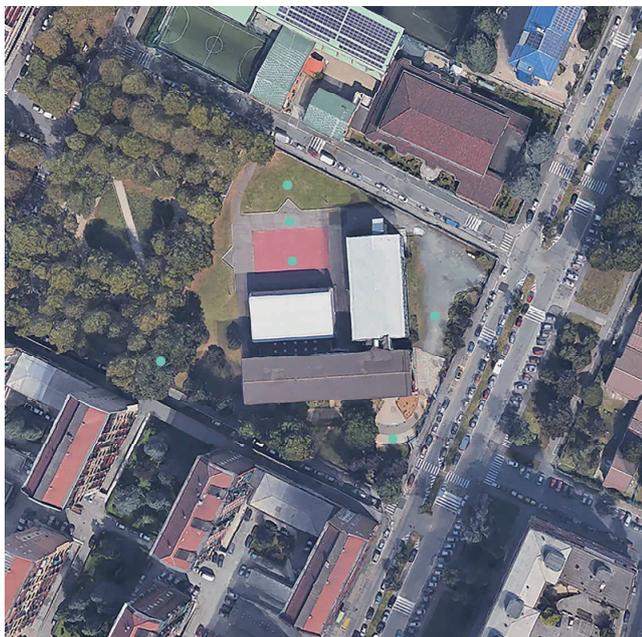
La pavimentazione in ghiaio e bitume raggiunge le temperature più elevate (59 °C), seguita dal rivestimento bituminoso rosso e dall'asfalto tradizionale. Il massello autobloccante in calcestruzzo ha un comportamento intermedio, con $T_s = 49^\circ\text{C}$. La vegetazione e le aree ombreggiate mantengono temperature inferiori.



Termografie 19-luglio ore 14:30, area d'ingresso, area asfaltata e piastra in rivestimento bituminoso rosso, zona in ghiaia e bitume.

5.3.2. SIMULAZIONE MICROCLIMATICA

Di seguito sono illustrate le informazioni relative al modello realizzato con ENVI_MET e gli output della simulazione microclimatica.



Contesto e punti di riferimento

Per gli edifici è stato usato un pannello in lamiera bianca-grigia per le pareti (albedo 0,65) e tetto in lamiera metallica grigia (albedo 0,55).



Modello, vista aerea Space.exe

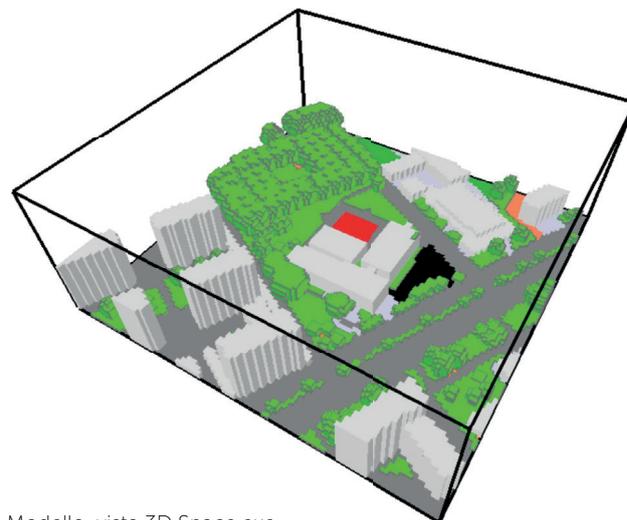
Località	Torino
Posizione	45,02 N - 7,64 E
Dimensione area	220 x 220 x 75
Numero di griglie	110 x 110 x 35
Dimensione griglie (dx, dy, dz)	2m x 2m x 1m
Nesting grids	6
Metodo di generazione della griglia verticale	Teloscoping grid fattore 10% a partire da 15m
H massima edifici	35m
Rotazione del modello rispetto all'origine	0

Per il suolo naturale è stato scelto un terreno argilloso (loamy soil).

Le altre superfici sono state create adattando i materiali presenti nel database di ENVI_MET ai dati raccolti attraverso le termografie, la letteratura e le schede tecniche dei prodotti presenti sul mercato. Asfalto tradizionale, massello in calcestruzzo, ghiaia, pavimentazione in laterizio.(emissività 0,9)

Il prato è stato modellato con erba alta 10 cm (grass).Gli alberi sono state creati come elementi 3D attraverso l'estensione Albero.exe,
Specie arboree: *Acer Campestre*, *Acer Pseudoplatanus*, *Platanus x Acerifolia*, *Quercus Robur*, *Prunus*, *Tamarix gallica*, *Betula pendula*, *Pine*.

Materiale	Soluzione ENVI_MET	Albedo
Ghiaia e bitume	Asphalt road	0,05
Tappeto bituminoso rosso	Asphalt road	0,07
Asfalto tradizionale	Asphalt road	0,1
Laterizio	Brick road	0,3
Massello calcestruzzo	Concrete pavement	0,35
Pavimentazione lapidea	Concrete pavement	0,35



Modello, vista 3D Space.exe

Dopo la modellazione del contesto è stato elaborato il file per la simulazione che include i principali parametri climatici.

Di seguito sono riportati i valori di input:

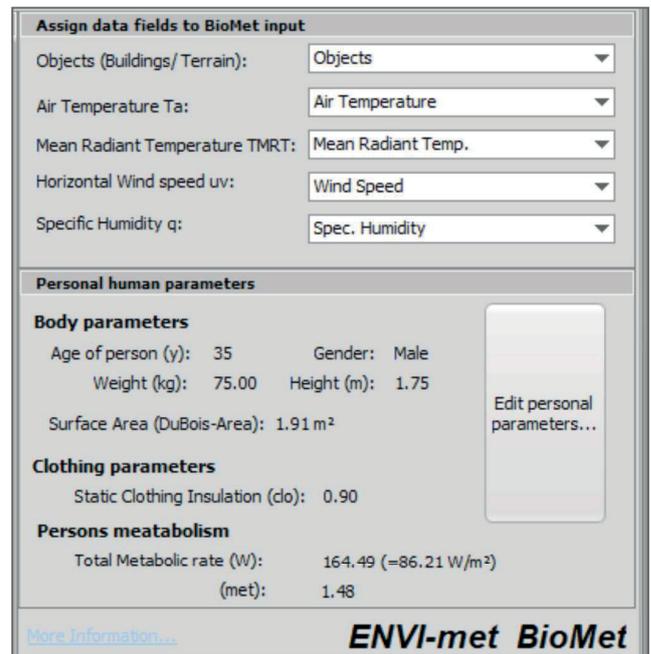
Data di inizio	19 luglio 2018
Orario di inizio	7:00 (default)
Tempo di simulazione	48h
Intervallo di tempo output	60min (default)
Velocità del vento a 10m di altezza	1,9 m/s (Arpa)
Direzione del vento	74 gradi (Arpa)
Rugosità del sito	0,01 (default)
Temperatura dell'aria	Valori orari (Arpa)
Umidità relativa	Valori orari (Arpa)
Umidità specifica all'estremità del modello	7 g/kg (default)
Fattore di correzione per la radiazione solare	1 (default)
Nuvolosità	Cielo sereno (default)
Turbulence model	Standard TKE model (default)
Update timing flow field	900 s
Umidità e temperatura del suolo alle diverse profondità	50-60-60 % (default) 293 -293 - 293 (default)

Per la temperatura dell'aria e l'umidità è stato utilizzato il simple forcing che permette di inserire i valori orari della giornata d'interesse.

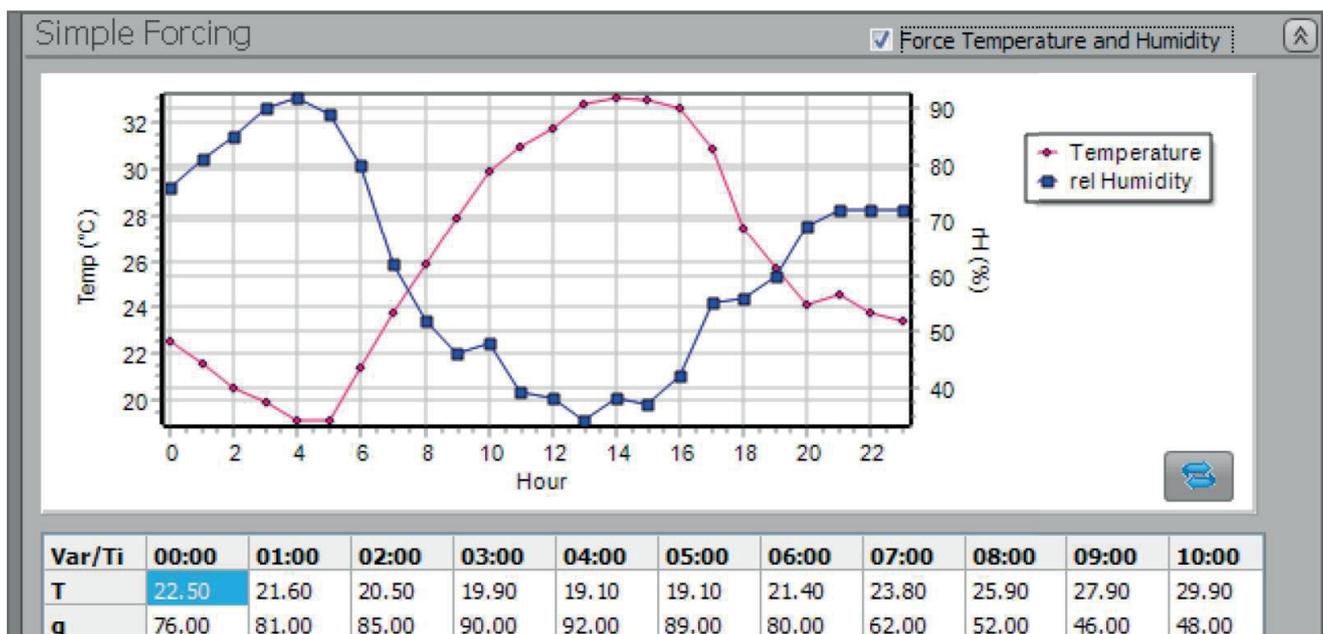
È stata impostata una simulazione di 48h per una maggiore accuratezza di calcolo e sono stati presi in considerazione i valori delle seconde 24h, poiché meno influenzati dall'inerzia iniziale del modello.

I valori climatici ottenuti dalla simulazione sono utilizzati da BioMet per il calcolo dell'indice di comfort PET.

Le mappe degli output climatici e del benessere termico sono state elaborate con l'estensione Leonardo, da cui sono stati estratti anche i valori orari nei punti di riferimento.



Interfaccia BioMet



Simple forcing, valori di Ta e UR tratti dall'Arpa.

Distribuzione spaziale della Ta alle ore 11 relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=131m) e yz (x=105m)

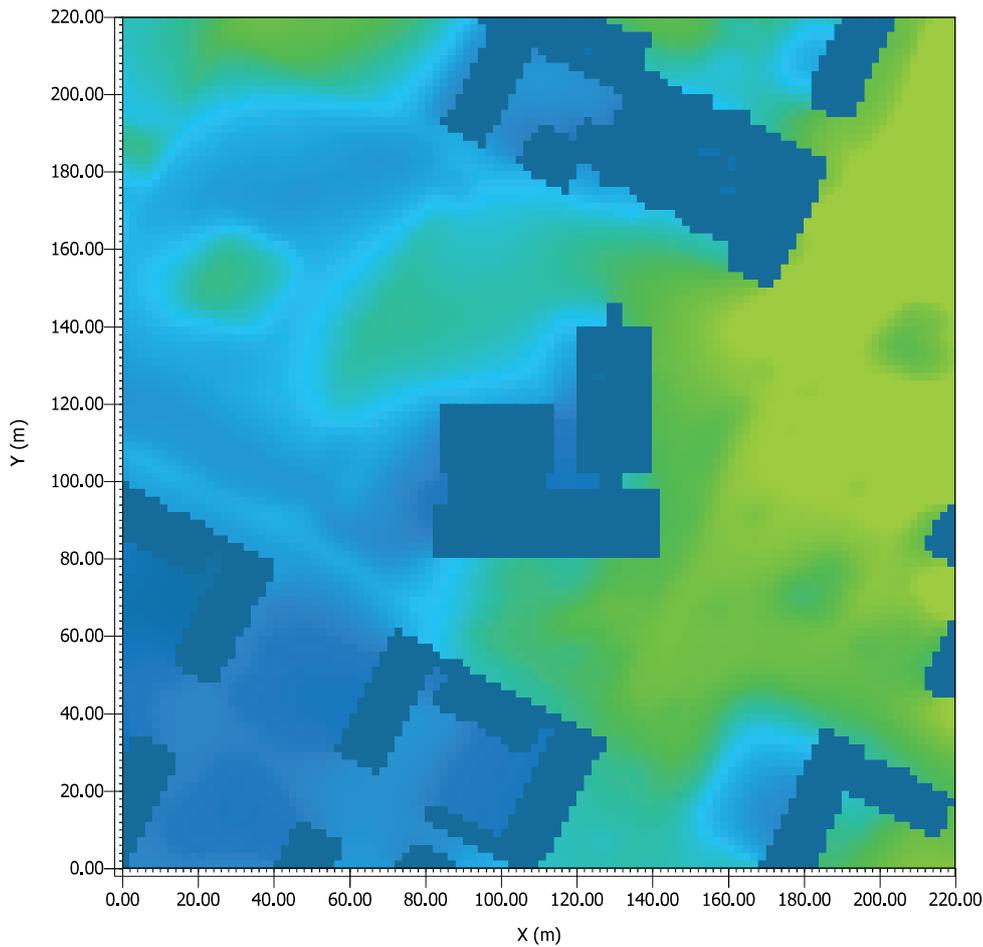
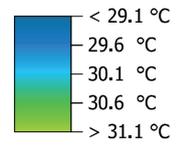


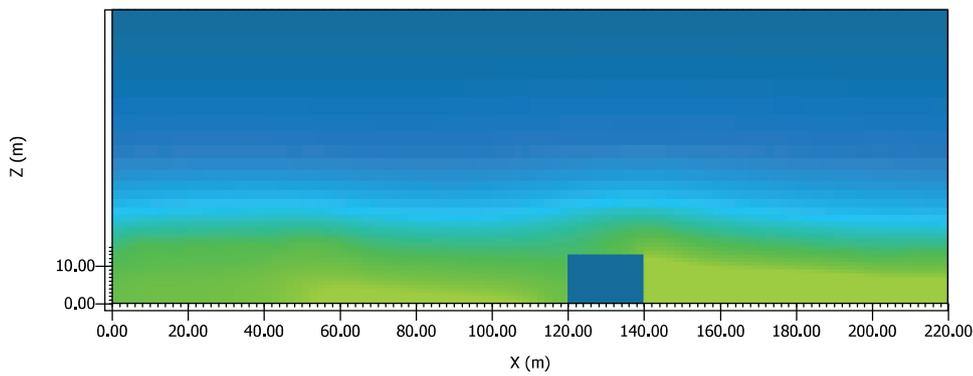
Figure 1: Collodi stato di fatto 11:00 19.07.2018

x/y Cut at k=1 (z=1.5000 m)

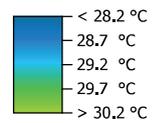
Air Temperature



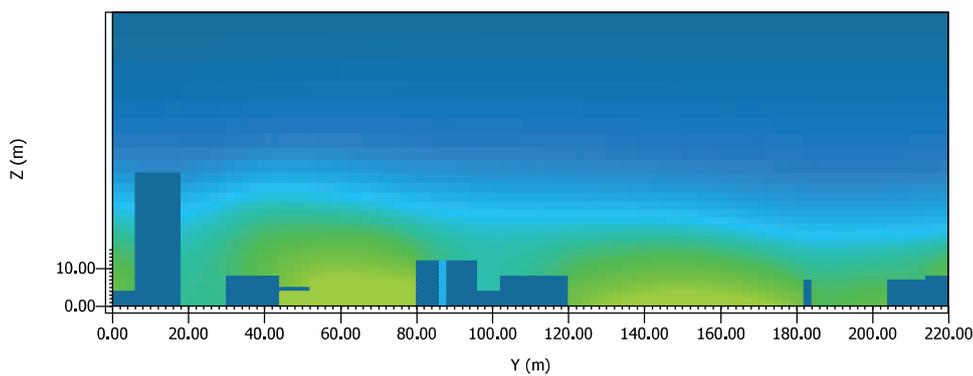
Min: 29.2 °C
Max: 31.5 °C



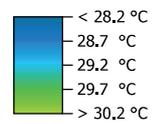
Air Temperature



Min: 28.2 °C
Max: 31.4 °C

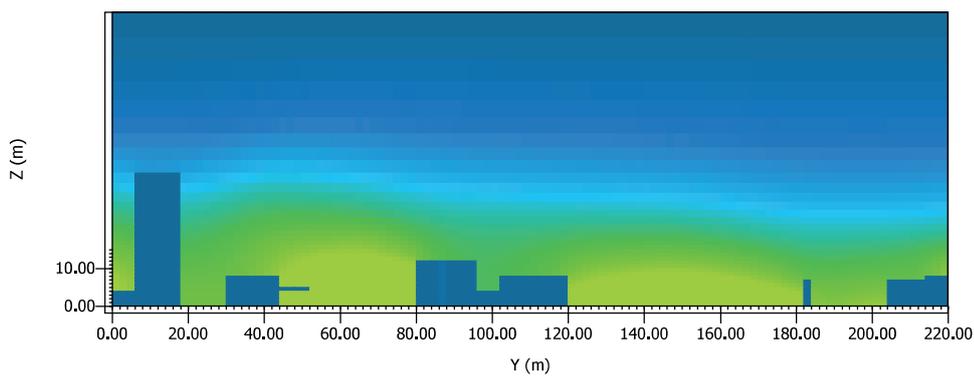
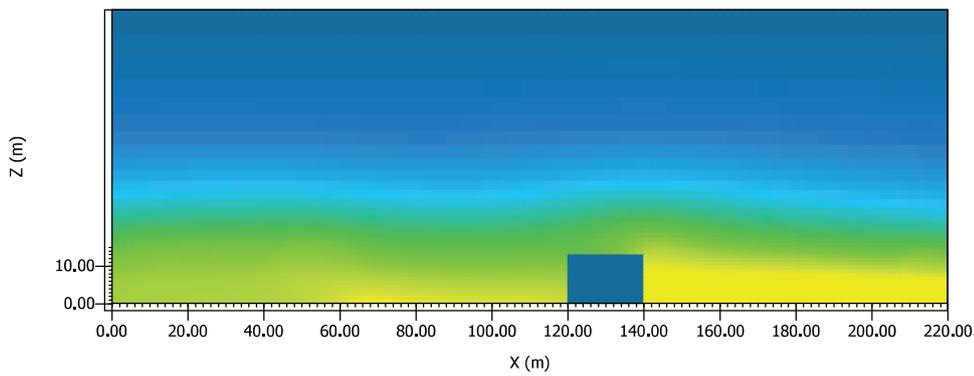
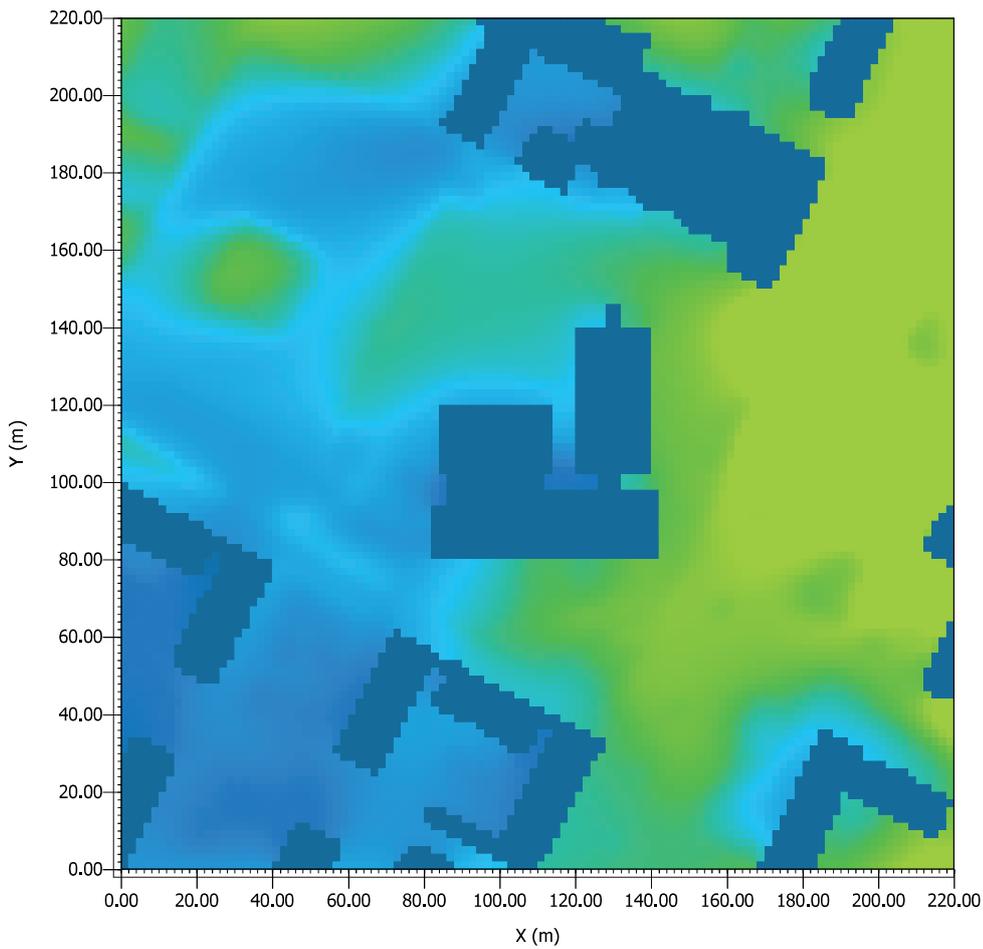


Air Temperature



Min: 28.2 °C
Max: 30.5 °C

Distribuzione spaziale della Ta alle ore 13 relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=131m) e yz (x=105m)



Distribuzione spaziale della Ta alle ore 15 relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=131m) e yz (x=105m)

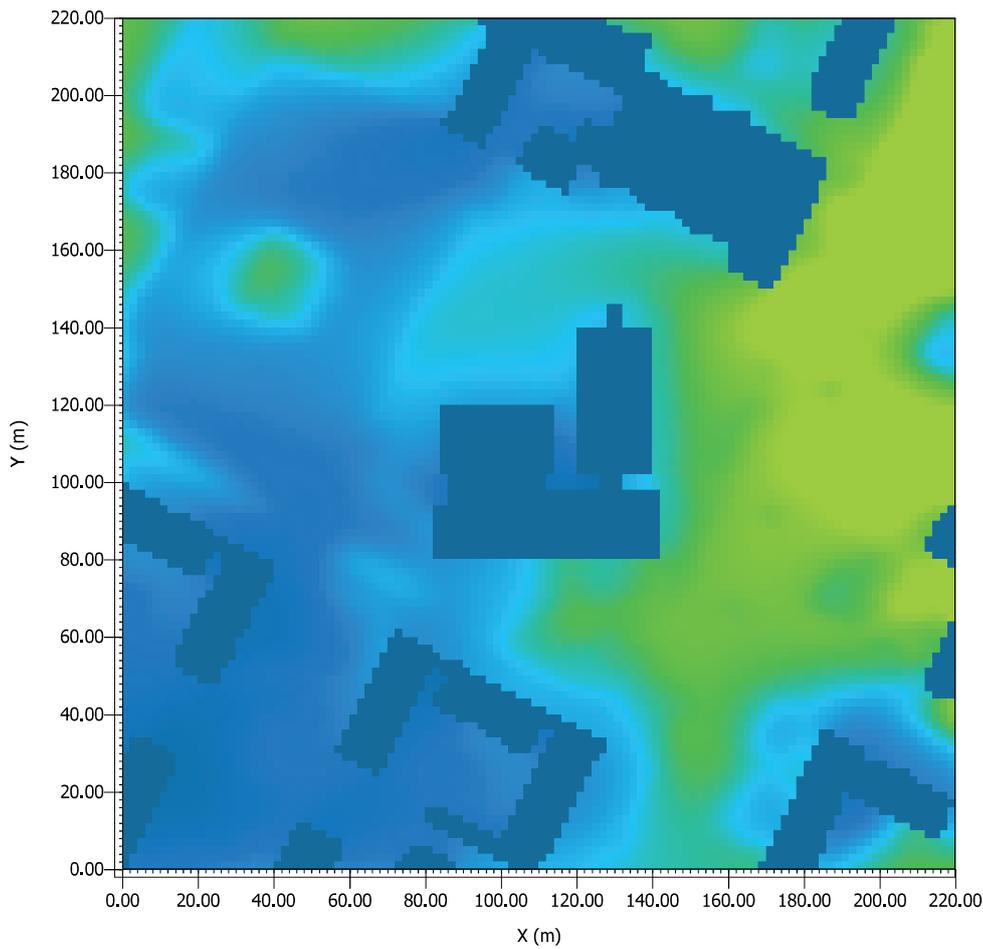
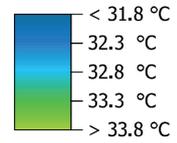


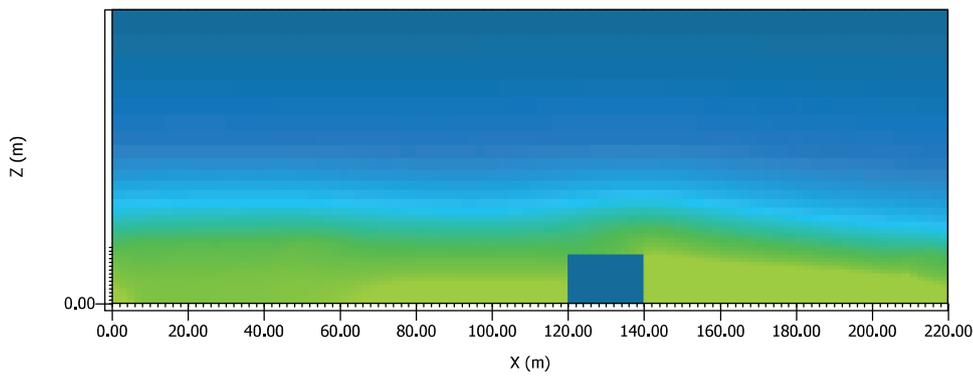
Figure 1: Collodi stato di fatto 15:00: 19.07.2018

x/y Cut at k=1 (z=1.5000 m)

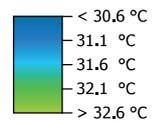
Air Temperature



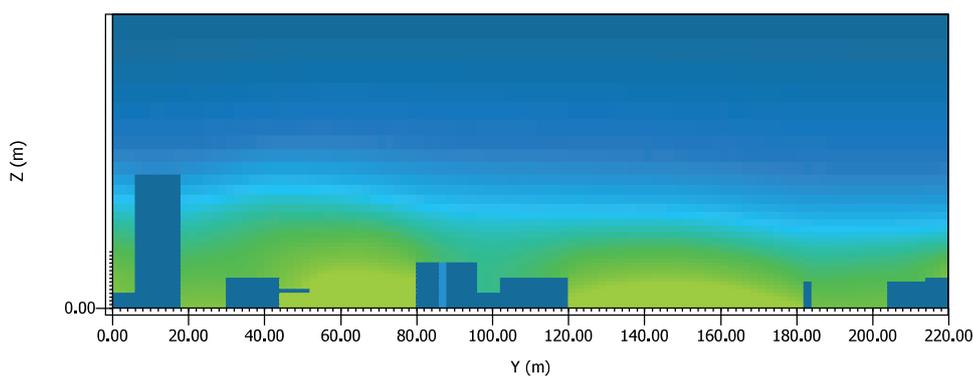
Min: 32.0 °C
Max: 34.2 °C



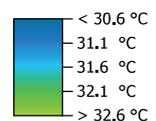
Air Temperature



Min: 30.6 °C
Max: 34.1 °C



Air Temperature



Min: 30.6 °C
Max: 33.0 °C

Distribuzione spaziale della Tmrt alle ore 11 relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=131m) e yz (x=105m)

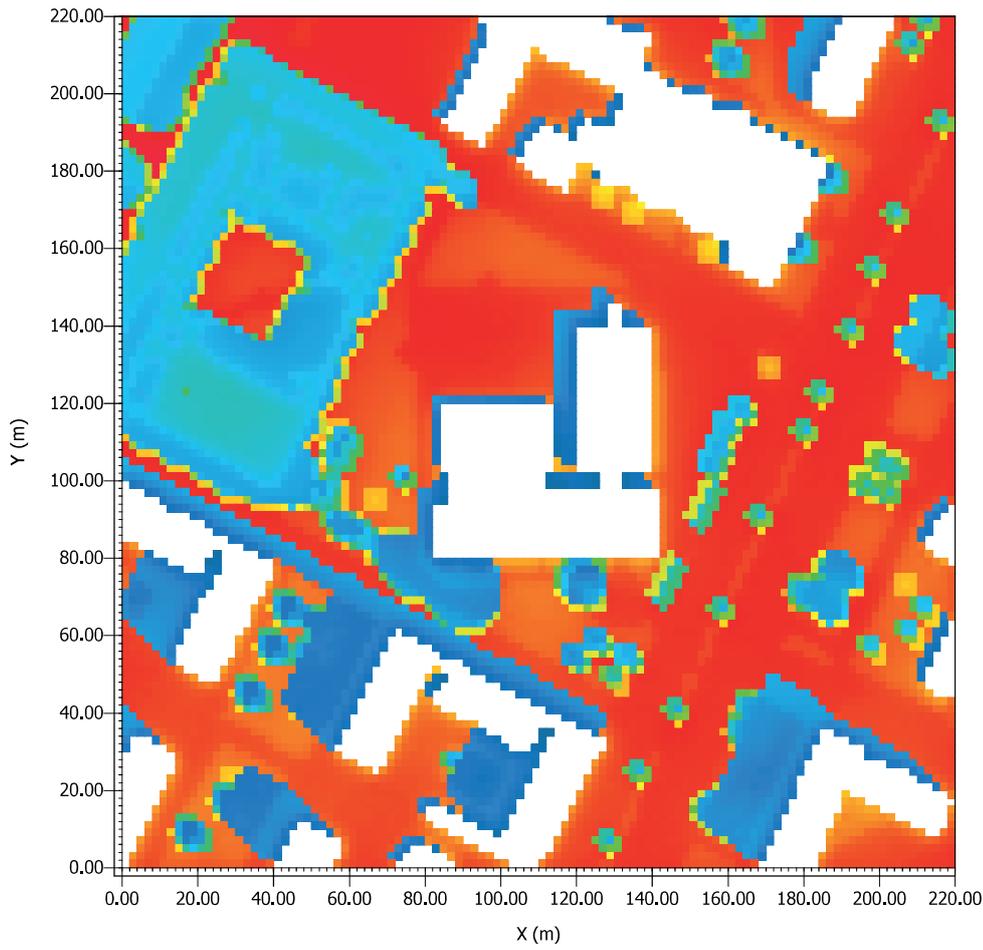
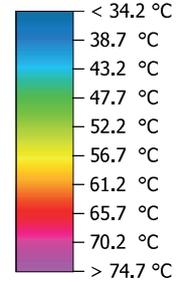


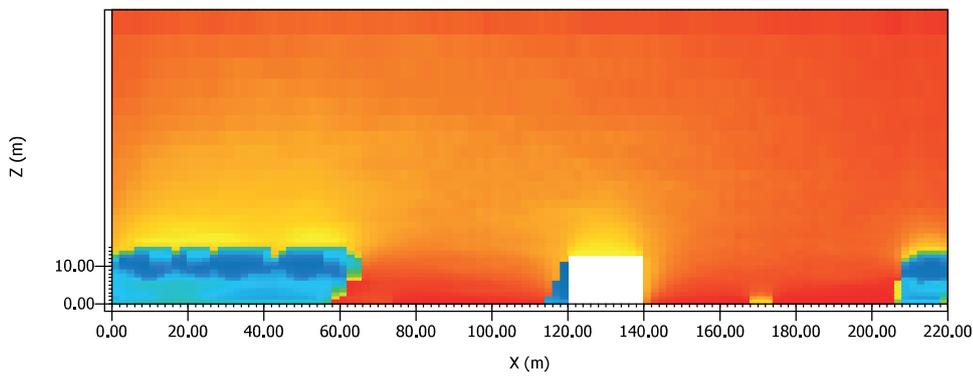
Figure 1: Collodi stato di fatto 11:00 19.07.2018

x/y Cut at k=1 (z=1,5000 m)

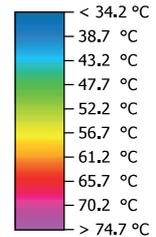
Mean Radiant Temp.



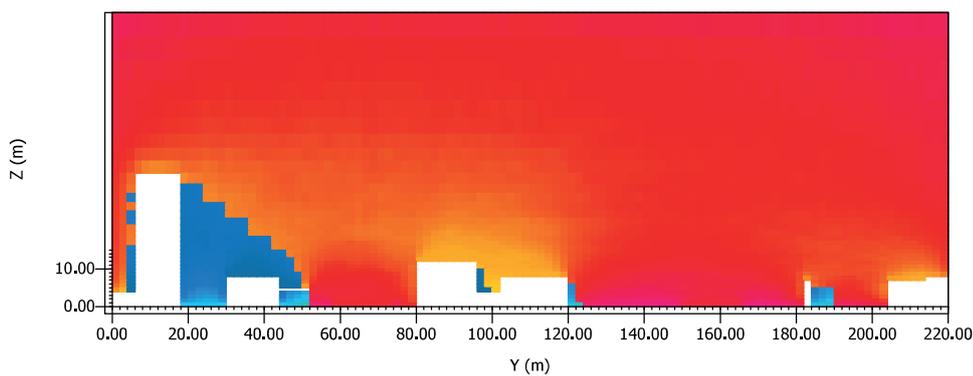
Min: 34.8 °C
Max: 66.9 °C



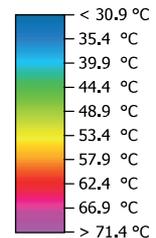
Mean Radiant Temp.



Min: 35.7 °C
Max: 66.0 °C



Mean Radiant Temp.



Min: 30.9 °C
Max: 65.6 °C

Distribuzione spaziale della Tmrt alle ore 13 relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=131m) e yz (x=105m)

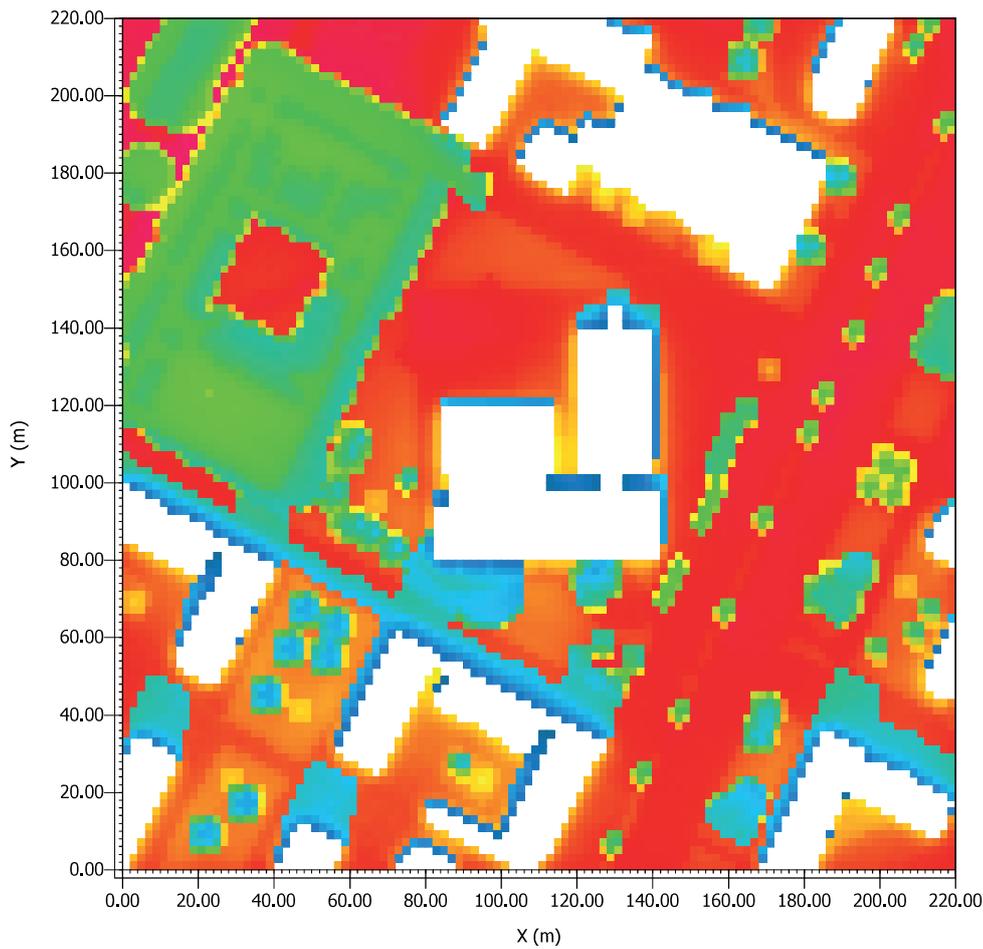
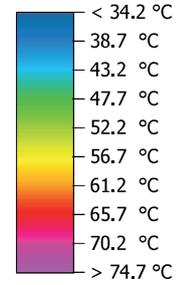


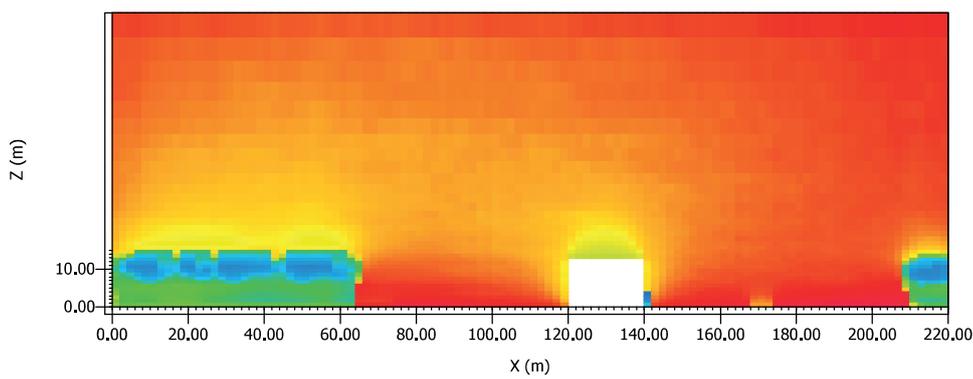
Figure 1: Collodi stato di fatto 13:00 19.07.2018

x/y Cut at k=1 (z=1.5000 m)

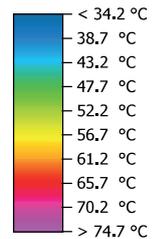
Mean Radiant Temp.



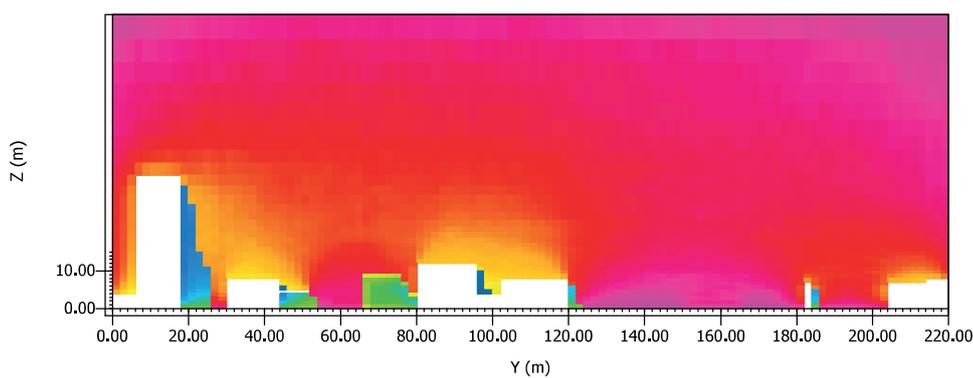
Min: 34.8 °C
Max: 66.9 °C



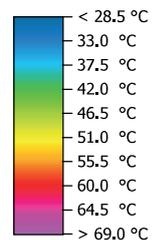
Mean Radiant Temp.



Min: 38.3 °C
Max: 67.2 °C



Mean Radiant Temp.



Min: 28.5 °C
Max: 66.4 °C

Distribuzione spaziale della Tmrt alle ore 15 relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=131m) e yz (x=105m)

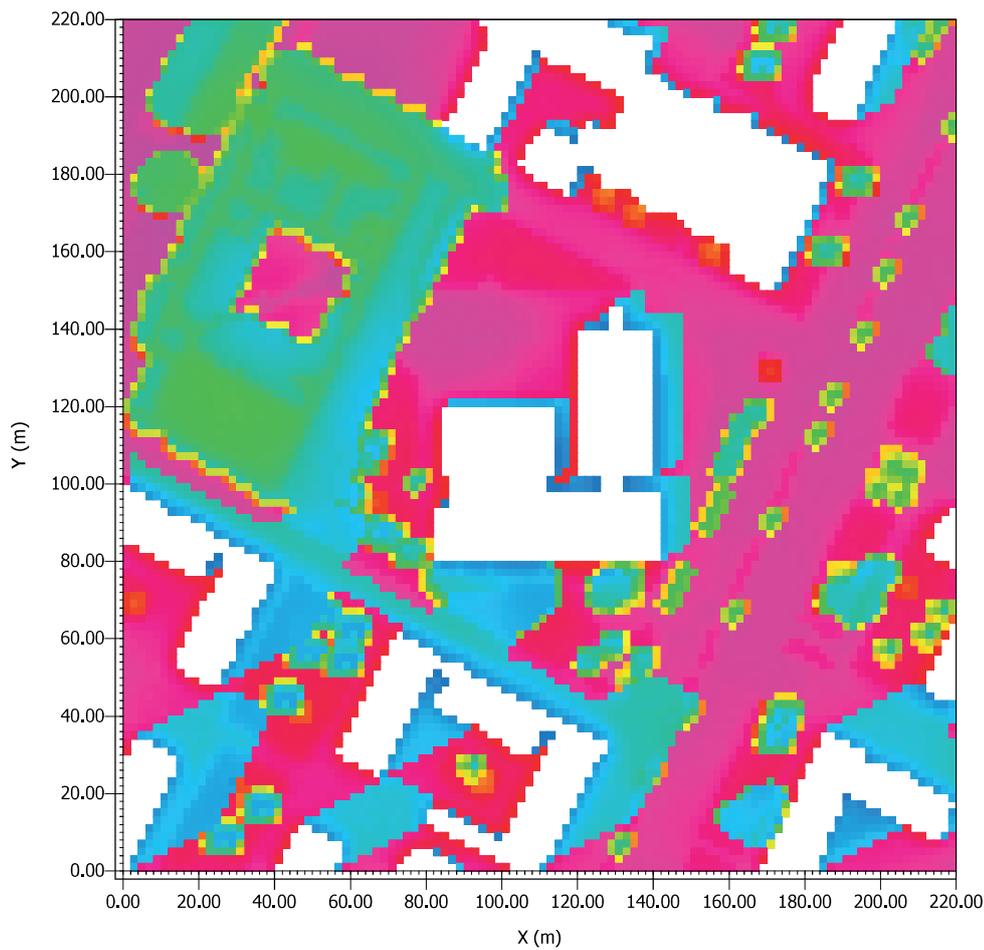
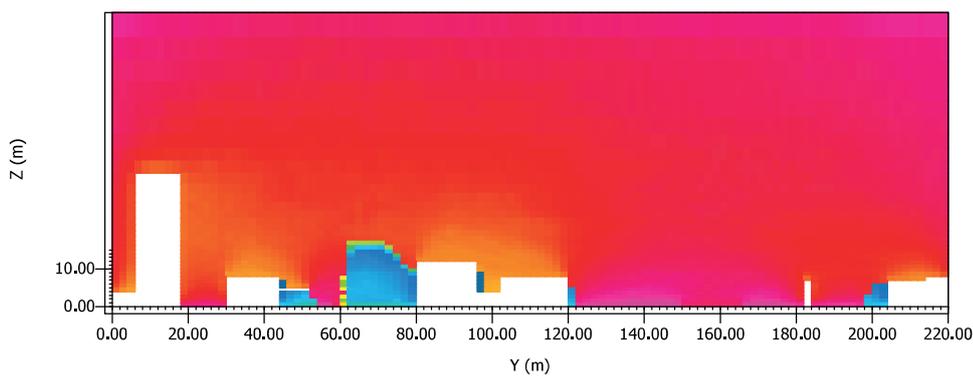
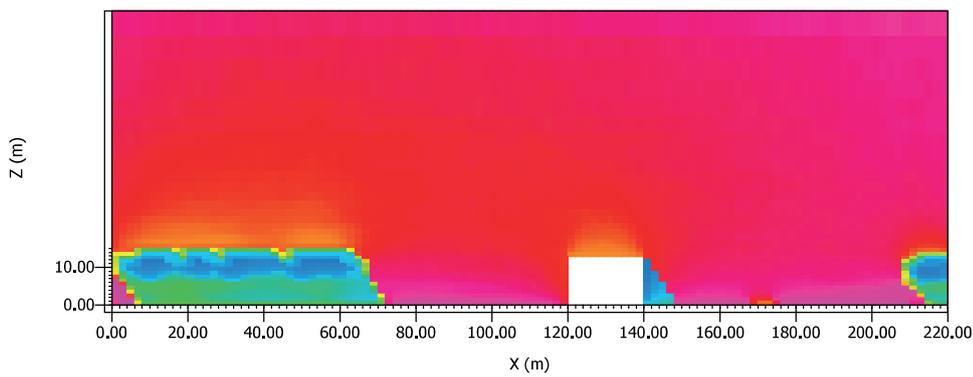


Figure 1: Collodi stato di fatto 15:00 19.07.2018

x/y Cut at k=1 (z=1,5000 m)



Distribuzione spaziale delle temperature superficiali alle ore 11 e 13 relative al piano xy, (z=1,5m)

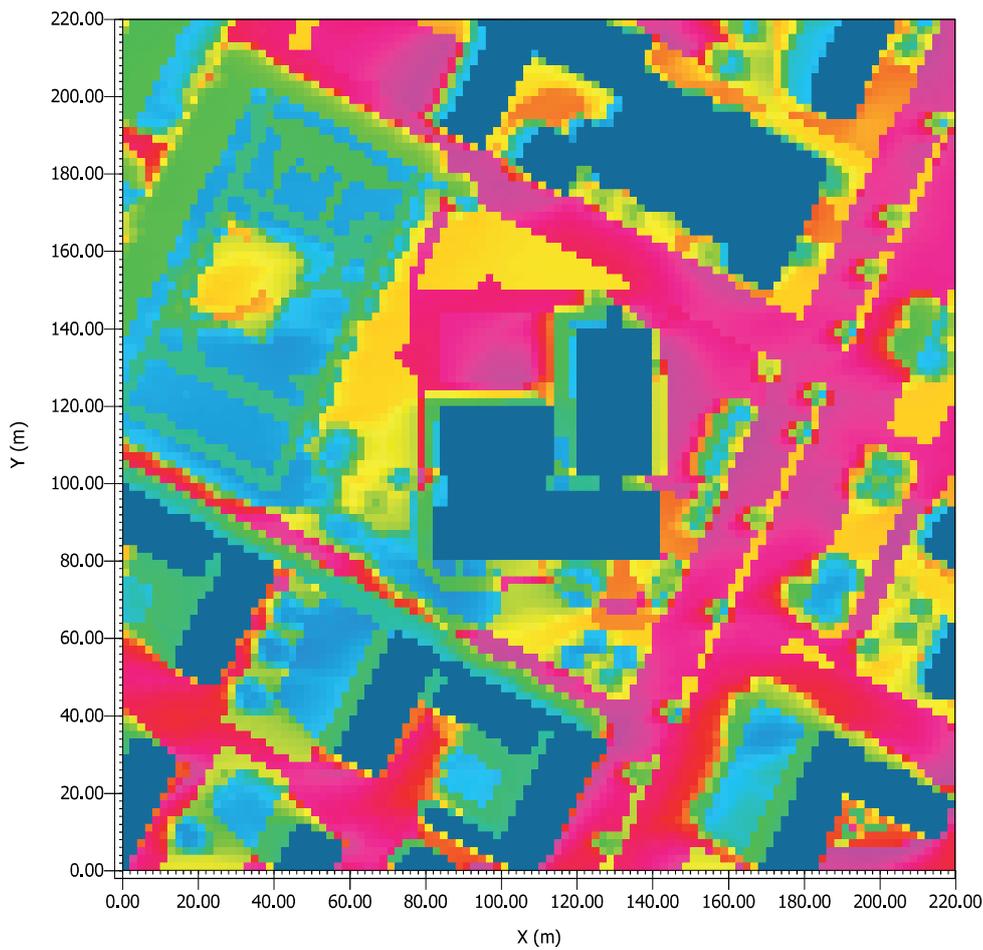


Figure 1: Collodi stato di fatto 11:00 19.07.2018

x/y Cut at k=0 (z=0.0000 m)

T Surface

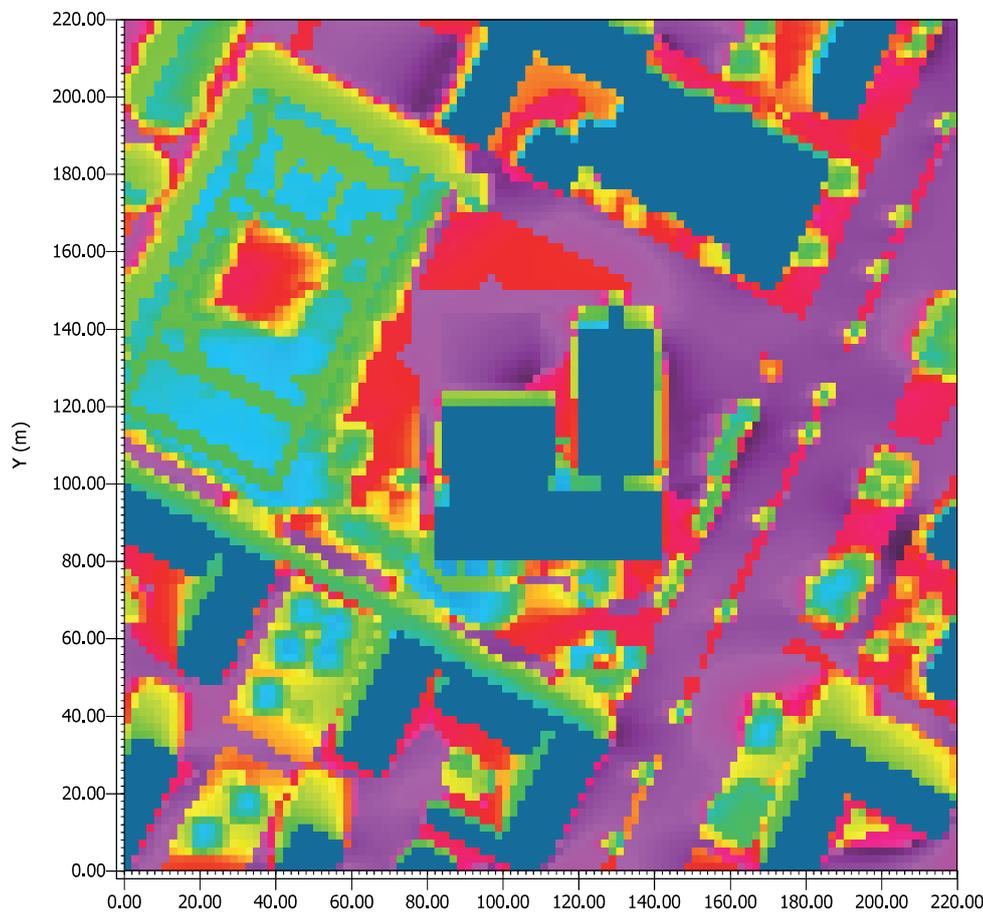
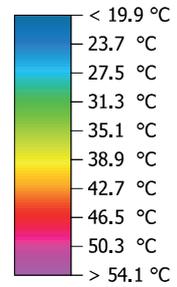
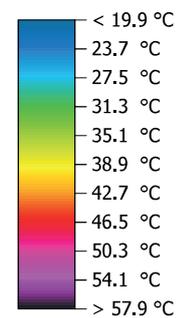


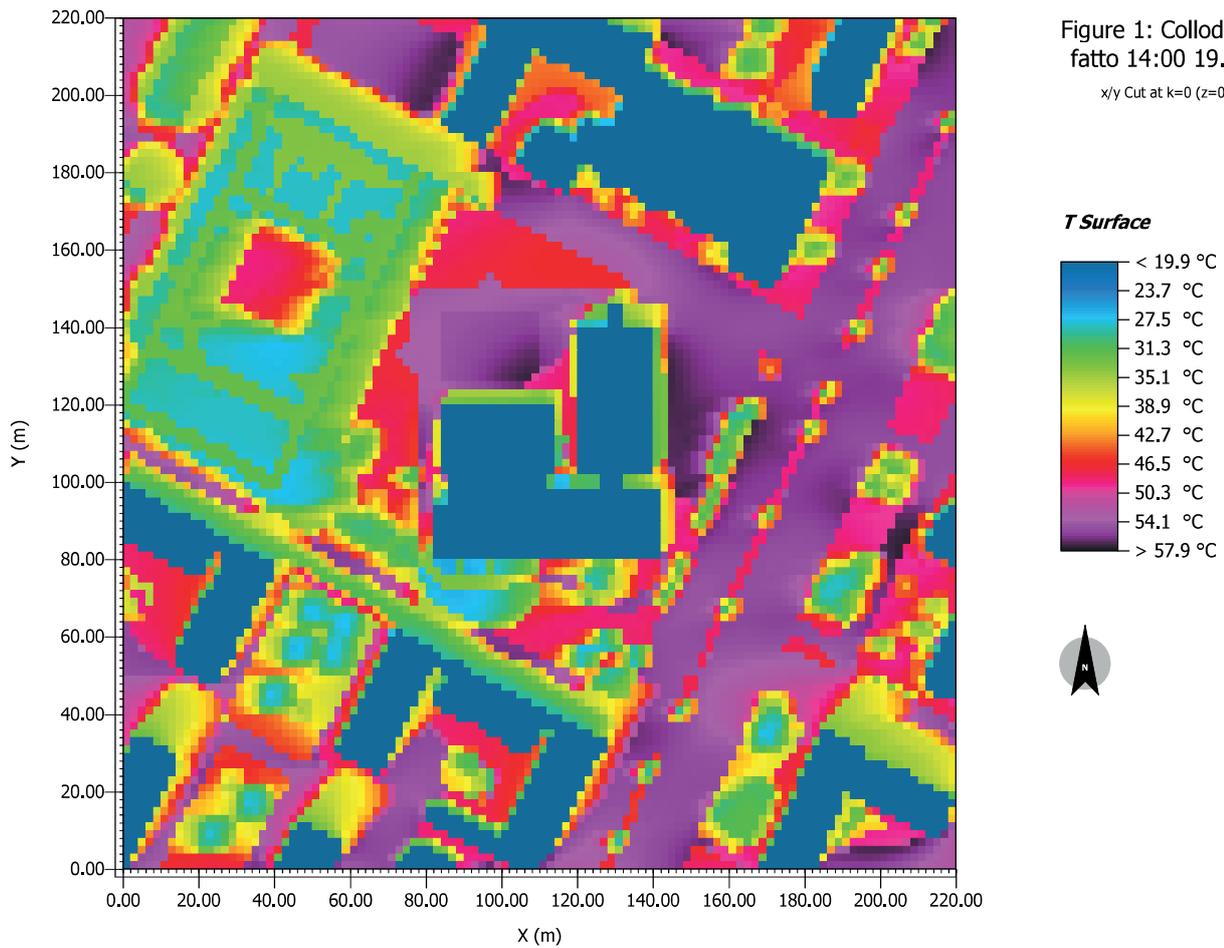
Figure 1: Collodi stato di fatto 13:00 19.07.2018

x/y Cut at k=0 (z=0.0000 m)

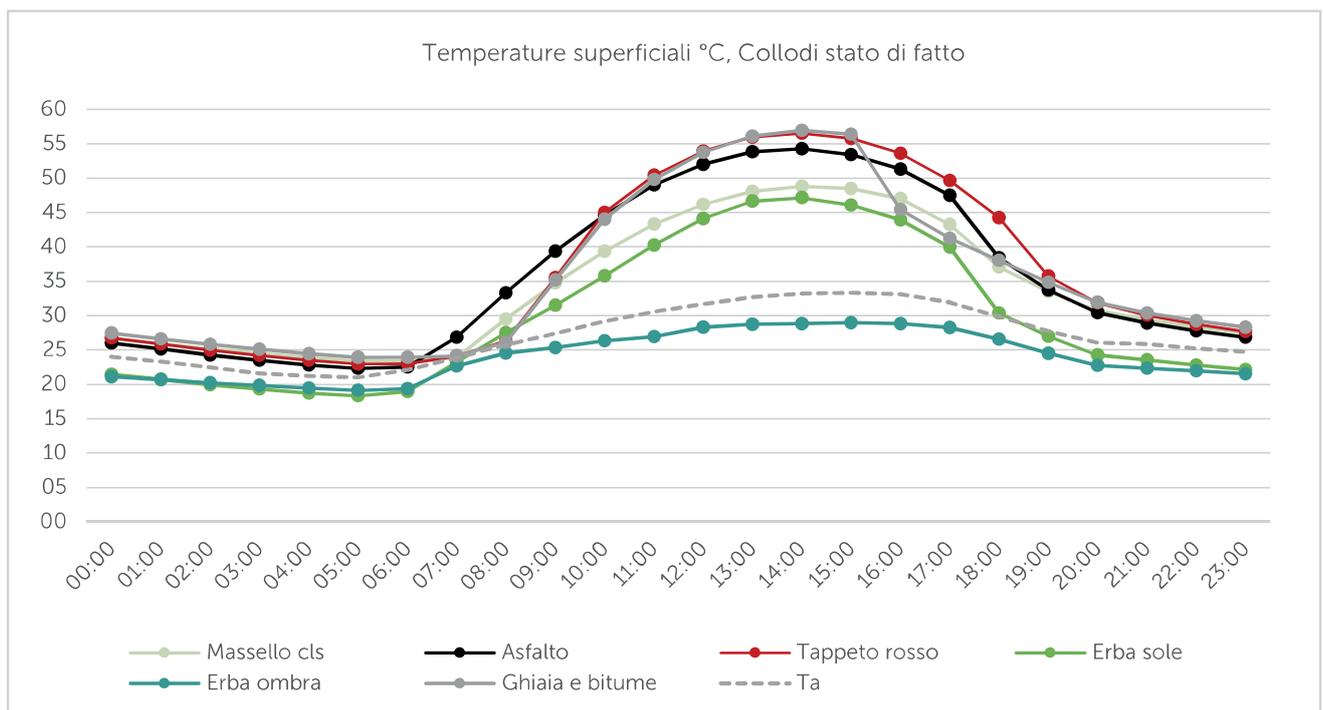
T Surface



Distribuzione spaziale delle T superficiali alle ore 14 (picco massimo) relative al piano xy, (z=1,5m)



Profilo giornaliero delle temperature dei principali materiali presenti nel cortile, 19 luglio.



La temperatura dell'aria è inferiore in corrispondenza delle zone alberate e ombreggiate dagli edifici.

Alle quote più basse, vicine al suolo, la Ta è influenzata dalle temperature superficiali dei materiali.

La pavimentazione incoerente in ghiaio e bitume ha la Ts maggiore: raggiunge un picco di 57°C alle 14. Il tappeto bituminoso rosso e l'asfalto tradizionale, materiali impermeabili e con basso albedo, hanno un comportamento simile.

Il massello in calcestruzzo è caratterizzato da Ts intermedie, con un massimo di 49°C.

La temperatura media radiante è legata alla radiazione solare diretta: i valori minimi si registrano infatti in presenza degli alberi e dell'ombra portata dagli edifici.

Le superfici inerbite, grazie al processo evapotraspirativo hanno prestazioni migliori rispetto ai tipici materiali edilizi, i cui effetti dipendono dalla radiazione termica infrarossa riemessa.

Negli orari analizzati, il PET assume valori critici: si registra una condizione di caldo estremo (>41 °C) in quasi tutto il lotto scolastico.

L'indice è strettamente connesso alla Tmrt, parametro che influisce significativamente sul bilancio energetico dell'individuo.

Infatti, le aree migliori dal punto di vista del benessere termico sono quelle alberate e quelle ombreggiate dagli edifici. (condizione calda)

Sensazione termica	PET (°C)
Molto freddo	<4
Freddo	4 - 8
Fresco	8 - 13
Fresco moderato	13-18
Comfort	18 - 23
Caldo moderato	23 - 29
Caldo	29-35
Molto caldo	35 - 41
Caldo estremo	> 41

Scala di valutazione PET

Distribuzione spaziale del PET alle ore 11 relativa al piano xy, (z=1,5m)

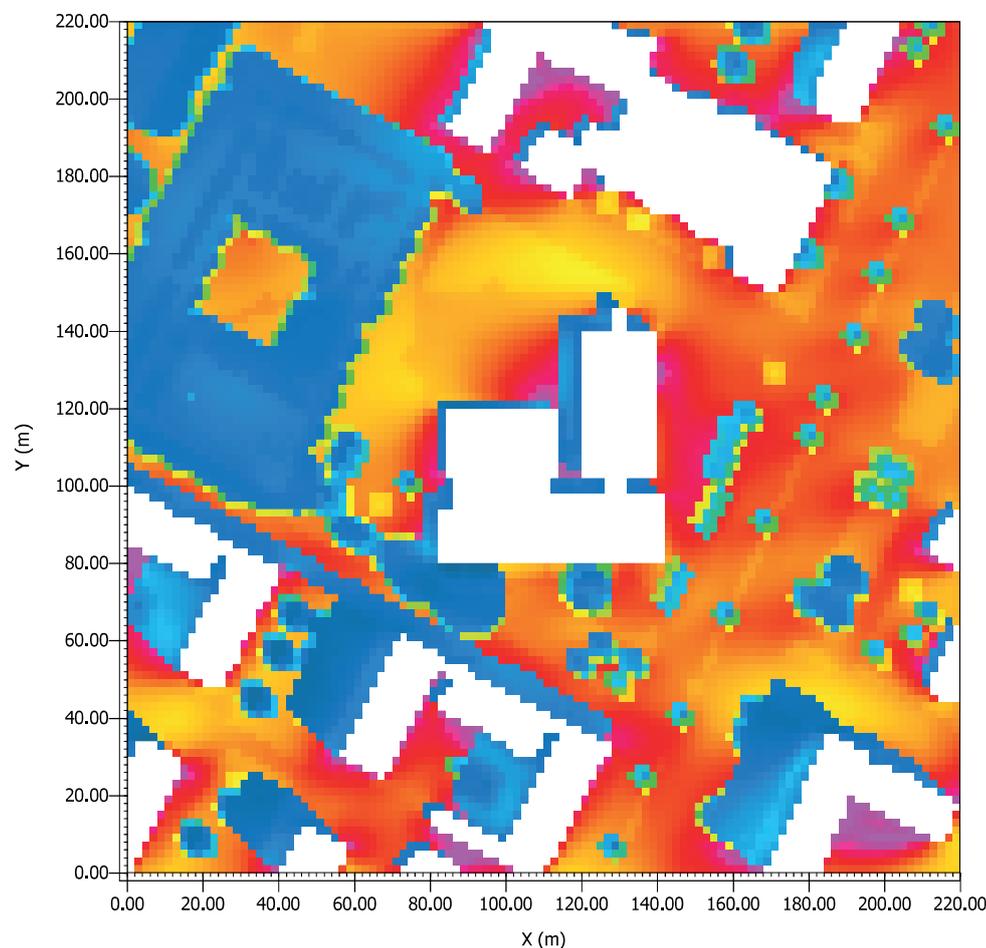
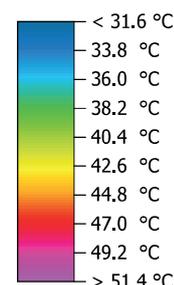


Figure 1: Collodi stato di fatto 11:00 19.07.2018

x/y Cut at k=1 (z=1.5000 m)

PET



Min: 31.5 °C
Max: 54.2 °C

Distribuzione spaziale del PET alle ore 13 e 15, relativa al piano xy, (z=1,5m)

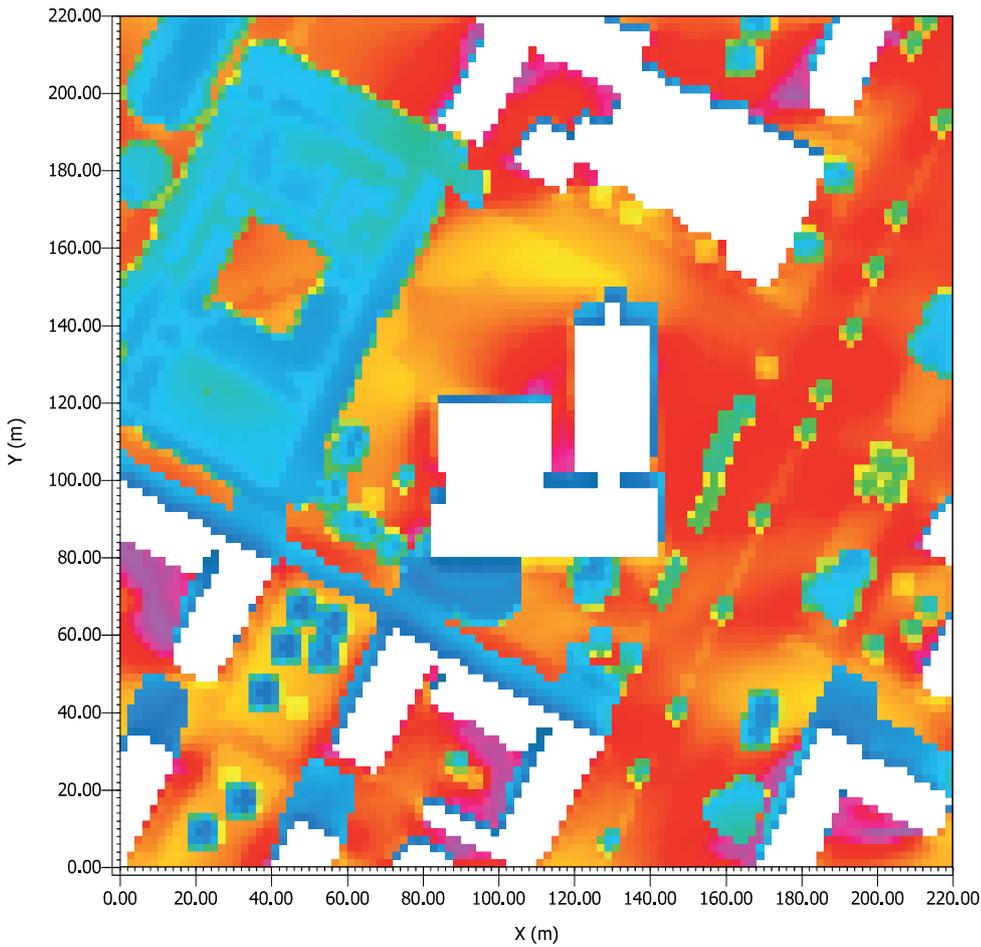


Figure 1: Collodi stato di fatto 13:00 19.07.2018
x/y Cut at k=1 (z=1,5000 m)

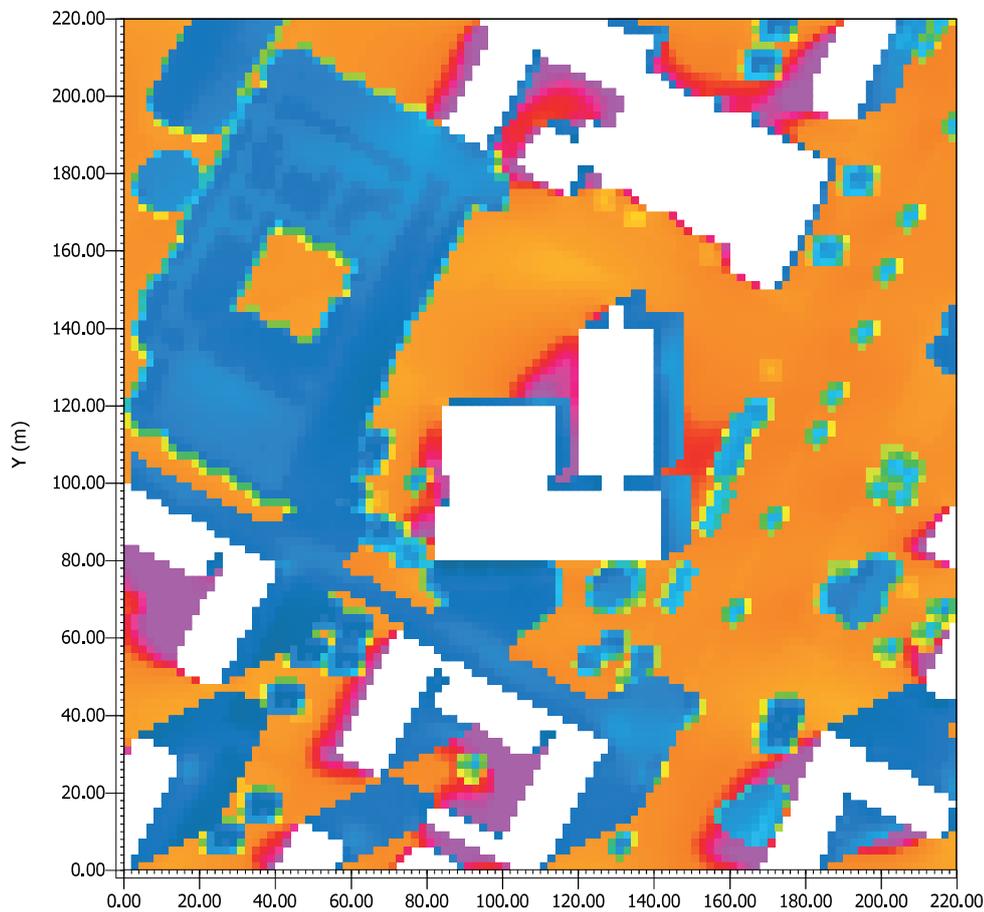
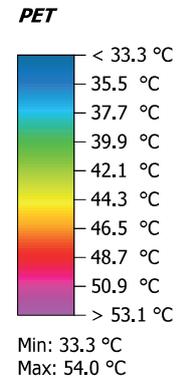
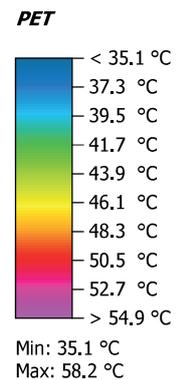


Figure 1: Collodi stato di fatto 15:00 19.07.2018
x/y Cut at k=1 (z=1,5000 m)



5.3.3. ATTIVITÀ CON GLI STUDENTI

Le attività hanno coinvolto tre classi, due seconde (A e B) e una terza (C), per un totale di 70 bambini.

5.3.3.1. SOPRALLUOGO DURANTE L'INTERVALLO

Soltanto la classe terza è stata osservata durante la ricreazione in cortile, per le altre classi non è stato possibile, sia a causa delle condizioni meteo sfavorevoli, sia dell'installazione delle luci d'artista, che ha impedito l'uso dello spazio aperto.

I bambini sono molto felici di poter trascorrere l'intervallo all'aperto e dopo aver finito la merenda iniziano subito a giocare: qualcuno corre sul tappeto rosso, qualcun altro sull'erba, alcune bambine invece rimangono sedute sul muretto a chiacchierare.

Una bimba si avvicina per avvertirmi di un problema: *"La piastra rossa ci macchia sempre le scarpe e le mani!"*, così faccio anche' io qualche passo per provare e in effetti le mie suole bianche diventano rosa!

Nel cortile non vi sono giochi né arredi e per una questione di sicurezza non è permesso portare palloni o altre attrezzature.

La classe si ingegna con la fantasia: un gruppetto gioca a calcio utilizzando una pigna, tre amiche esplorano il giardino scoprendo cosa si nasconde sotto le foglie autunnali, aiutandosi con dei rametti.

Le bimbe si divertono a fare le equilibriste camminando sul muretto o saltando da un tombino all'altro.

Gli animaletti del cortile regalano un momento di grande stupore e gioia: una libellula e uno scoiattolo richiamano l'attenzione di tutti! Un arbusto sempreverde diventa la tana preferita dai bambini per giocare a nascondino.

Tutti i muretti e i marciapiedi che delimitano la zona verde, più alta rispetto al percorso asfaltato, offrono mille opportunità per giocare a rialzo (un bambino prende e gli altri si mettono in salvo salendo su un elemento qualsiasi), ma allo stesso tempo costituiscono una barriera architettonica per R., che si muove con l'ausilio della sedia a rotelle o del deambulatore.

Gli amici lo coinvolgono nelle loro attività, però sono costretti a lasciarlo con la maestra, quando decidono di giocare sul prato.

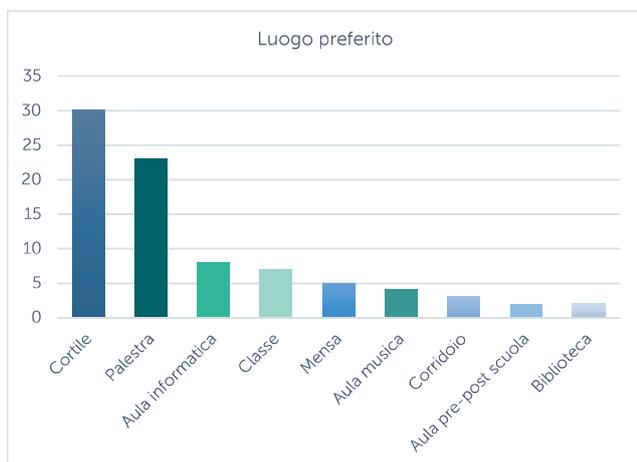
L'insegnante sottolinea proprio il grave problema dell'accessibilità: *molte zone sono off-limits e i bambini con difficoltà motorie rimangono esclusi, mancano percorsi sicuri e giochi inclusivi.*



5.3.3.2. ATTIVITÀ INTRODUTTIVA IN CLASSE ED ESPLORAZIONE DEL CORTILE INSIEME AI BAMBINI

Tutti i bambini hanno partecipato attivamente, con entusiasmo e curiosità.

È stato chiesto loro di scrivere su un bigliettino il luogo preferito della scuola (max. due preferenze) e la motivazione: in ogni classe, ha primeggiato il cortile, seguito dalla palestra.



Questi due spazi sono stati scelti per la loro ampiezza e per le possibilità offerte: *correre liberamente, fare esercizi divertenti e giocare con gli amici.*

Inoltre, come è emerso dal brainstorming sul cortile, i bambini lo apprezzano perché possono *stare all'aria aperta e conoscere le sorprese dalla natura: insetti, ghiande, resina...*

Successivamente sono state mostrate alcune fotografie e immagini termografiche del cortile da confrontare, per ragionare insieme sulle temperature, sui materiali, sulle zone soleggiate e ombreggiate.

Questo argomento è stato approfondito spostandosi all'esterno, per osservare le aree rappresentate nelle immagini e percepire le differenti temperature superficiali: i bambini si sono sorpresi nel constatare quanto la temperatura del tappeto rosso esposto al sole sia diversa rispetto a quella in ombra.

Il tour del cortile purtroppo è stato possibile soltanto



Tappeto bituminoso rosso, differenza tra area al sole e all'ombra.

con una seconda, per i motivi già citati in precedenza. Comunque è stato molto utile, anche perché gli allievi hanno potuto mostrare i loro luoghi preferiti, quelli meno utilizzati, spiegare le attività svolte abitualmente ecc.

Alcuni bambini amano arrampicarsi sull'albero più grande, raccogliere le ghiande e inserirle nella cavità del tronco, affinché lo scoiattolo possa cibarsene; altri preferiscono curare il cespuglio, (immaginando che la resina sia il sangue di una ferita), oppure si divertono a fare le scivolate in un'area coperta pavimentata, abbellita da un murale.

Un angolo appartato, tra la palestra e la manica dell'edificio scolastico, diventa un luogo perfetto per giocare e nascondersi.

Allo stesso modo, ci sono anche posti poco apprezzati, tra cui l'area con la ghiaia e una zona brulla e polverosa davanti all'ingresso.



Albero preferito per arrampicarsi.



Zone del cortile meno apprezzate dai bambini.

5.3.3.3. FASE CREATIVA INDIVIDUALE

Ogni alunno ha completato un questionario e ha disegnato il cortile che vorrebbe avere nella propria scuola.

Di seguito sono riportate le domande:

1. Dove preferisci trascorrere l'intervallo? (in classe/in cortile). Come mai?
2. Pensando al cortile, qual è il tuo posto preferito? Perché?
3. Qual è il posto del cortile che ti piace di meno? Come mai?
4. Cosa fai di solito nel cortile? Con chi?
5. Quali attività, che ora non sono possibili, ti piacerebbe fare nel tuo cortile?
6. C'è qualcosa che vorresti cambiare o aggiungere in questo spazio?
7. Pensa al tuo cortile adesso e disegna come lo vorresti.
8. Crocetta l'immagine preferita (Cortile con scivoli e giochi standard / Cortile con attrezzature naturali multifunzionali / Cortile con campi di asfalto colorato).
Ti piacerebbe avere un cortile così? Come mai?

Dalle 70 schede raccolte, emerge chiaramente che i bambini preferiscono trascorrere l'intervallo all'aperto, solo 11 infatti hanno scelto l'aula scolastica, perché "Il cortile è più bello (A1)" ed "è più grande e spazioso, la classe è più piccola (A22)".

Queste però non sono le uniche motivazioni. Analizzando le risposte dei bambini il cortile può essere descritto come:

- **SPAZIO DEL GIOCO:** "Perché si può giocare tranquillamente. (A2)", "Fare verticali e ruote (B6)", "Giocare a calcio con la pigna (C22)" e "In cortile si fanno più cose, tipo correre, giocare alle Winx, a nascondino (A16)".
- **LUOGO DELLA LIBERTÀ:** "In cortile puoi giocare in libertà (A17)", "Possiamo fare i giochi che vogliamo (6B)", "Sono libera, posso correre veloce con le mie amiche (B8)".
- **AMBIENTE DELLE RELAZIONI:** "Perché posso fare nuove amicizie (A11)", "[...] insieme ci divertiamo (A16)" e "Mi piace perché si fanno tanti giochi insieme ai tuoi amici (A18)".
- **LABORATORIO DI SPERIMENTAZIONE:** "Si possono fare progetti, esaminare il terreno e fare gli scienziati (B11)" e "A me piacerebbe fare gli scienziati in cortile e studiare la natura (A19)".
- **CONTATTO CON LA NATURA:** "Mi piace di più la natura (B19)", "Perché un po' d'aria fresca fa sempre bene (C1)" e "Posso [...] rilassarmi all'ombra sull'erba (C15)", "Perché sto all'aria aperta e gioco meglio e vediamo gli esseri viventi (C20)".

14

RIPENSIAMO IL NOSTRO CORTILE!

1) Dove preferisci trascorrere l'intervallo? Come mai?

In classe

In cortile

PERCHÉ POSSO CORRERE

E' ABBIATO TANTO SPAZIO.

2) Pensando al cortile, qual è il tuo posto preferito? Perché?

IL TAPPETO ROSSO PERCHÉ POSSO CORRERE LIBERAMENTE

E O TANTO SPAZIO.

3) Qual è il posto che ti piace di meno? Come mai?

DOVE IPSSA IL FUNGOCICINO DELLA PIENZA PERCHÉ E PIENO DI PIETRE E NON MI PIACE.

4) Cosa fai di solito nel cortile? Con chi?

A VOLTE GIOCO CON LE MIE AMICHE: TEBBY, ELENA, ADELINA E A VOLTE GIOCO A NASCONDINO MAZZO...

5) Quali attività, che ora non sono possibili, ti piacerebbe fare nel tuo cortile?

GINNASTICA ARTISTICA, CALCIO, PISCINA, HIP HOP, E FARE CORSE.

6) C'è qualcosa che vorresti cambiare o aggiungere in questo spazio?

VORREI UNA CASA SULL'ALBERO, UNA ANNAPIGATA FARE UN PALCO PER BALLARE CON LE MIE AMICHE, E UN GOMBIABILE LUNAPARK.

SCUOLA PRIMARIA COLLODI
 Maschio
 Femmina

CROCETTA L'IMMAGINE DEL CORTILE CHE PREFERISCI.







8) Come mai la hai scelta? Ti piacerebbe avere un cortile così?

PERCHÉ SO FARE LE VERTICALI E QUELLE ASTINE DI FERRO. MI AGGIUNTEREBBO ANCORA DI PIÙ. E CE TANTO SPAZIO E CON QUEI TRONCHI POTREMO FARE MAZZO.

Scheda tipo completata dagli alunni

Il punto di vista dei bambini è molteplice, talvolta anche contrastante, poiché legato alle specifiche esperienze quotidiane.

Molti di loro preferiscono il tappeto rosso perché è un ampio spazio in cui correre e giocare, allo stesso tempo però alcuni lo descrivono in modo negativo perché è troppo soleggiato, perde colore e c'è troppo casino.

Un altro elemento ricorrente è l'arbusto che si trova nel prato occidentale: è una "minicasetta (C18)", un rifugio perfetto per nascondersi e arrampicarsi, ma per qualcuno è pericoloso e fastidioso a causa dei suoi rami e della resina appiccicosa.

Il muretto che delimita la zona a prato è estremamente versatile: "[...] riesco a stare in equilibrio(B8)" e "[...] posso parlare con le mie amiche (B15)".

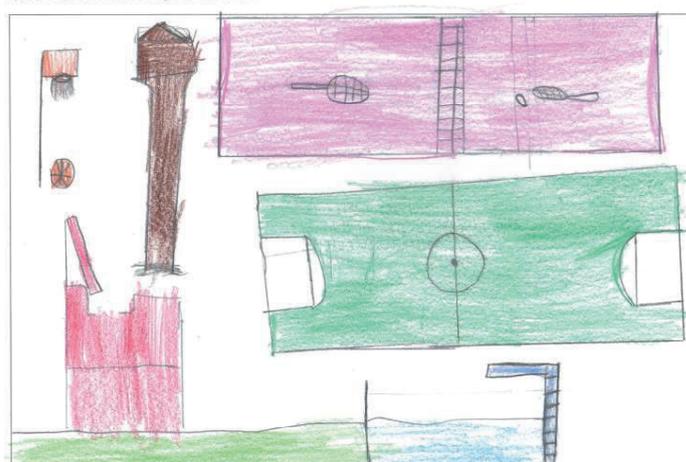
Le loro risposte evidenziano un bisogno implicito di sicurezza: agli alunni piace l'erba perché "possiamo giocare e non ci facciamo male (C16)", il muretto invece no "perché si può cadere (A22)" e con la ringhiera "qualcuno si potrebbe far male (C19)".

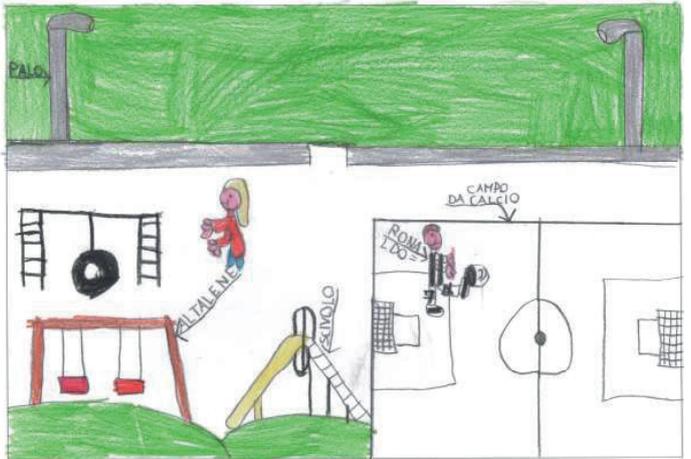
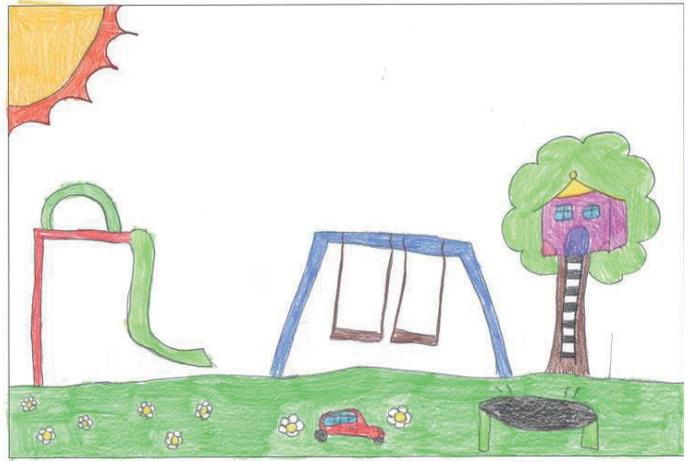
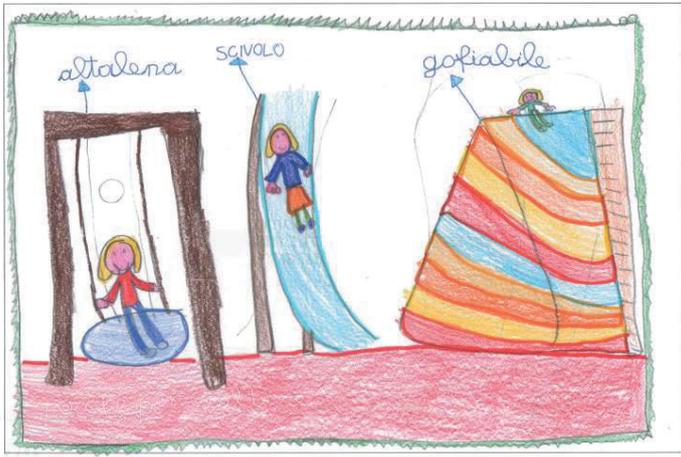
Altre aree sono giudicate negativamente poiché poco attrattive e funzionali, tra cui la piccola zona alberata nell'angolo tra corso Croce e via Teodoreto "perché è piena di terra senza erba e correndo si fa un sacco di polvere" e dopo la pioggia si riempie di fango e la zona in ghiaia corrispondente all'ingresso carrabile per il servizio mensa e rifiuti: "[...] è triste (B19)" ed "è pieno di pietre e non mi piace (C14)", "Dove passa il furgoncino perché non posso giocare a nascondino (C13)", "La parte vicino all'ingresso (non mi piace) perché non posso fare niente e c'è più sporcizia (bidoni della spazzatura) (A24)".

Gli alunni normalmente trascorrono l'intervallo dedicandosi a giochi di movimento (rialzo, acchiapparella, nascondino, calcio...), di ruolo (mamma e figlia, supereroi, fate...) e di esplorazione: "Gioco a fare l'esploratrice (C3)", "Raccolgo le foglie belle e colorate, oppure faccio nidi con le foglie dei pini (C15)" e "Gioco anche a trovare le ghiande per lo scoiattolo (C18)".

L'assenza di giochi da giardino e arredi è una questione molto sentita, espressa sia attraverso i questionari, sia i disegni. I bambini infatti desiderano altalene, scivoli, gonfiabili, trampolini, pareti da arrampicata, casette sull'albero e qualche panchina. Un'altra richiesta molto diffusa è un'area attrezzata per fare calcio, basket, pallavolo, karate, ginnastica e danza: "Vorrei un palco per ballare con le mie amiche (C14)" e "Fare lezione di ginnastica con Fabio, il nostro istruttore (B9)".

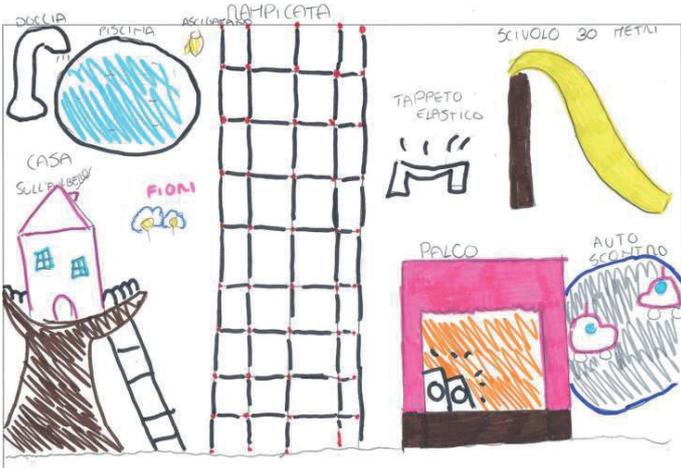
Nelle schede dei bambini compare spesso un campo da calcio, in cui è rappresentato anche il loro idolo!





GIOCARE NELLA NATURA

71. Pensa al tuo cortile adesso e disegna come lo vorresti.



In quelli delle bambine troviamo anche un palco per ballare, un canestro e il tennis.

Alcuni hanno disegnato un mix di elementi, sparsi in uno spazio indefinito, altri invece hanno rispettato maggiormente il contesto esistente, rappresentando il tappeto rosso, la zona verde cinta dal muretto e illuminata da due lampioni.

Uno dei disegni, intitolato *"Giocare nella natura"* esprime bene l'idea di un'oasi verde, ricca di fiori e animali, in cui divertirsi e giocare in allegria.

In un altro compare anche una statua di Pinocchio, personaggio famosissimo tra i bambini della scuola Carlo Collodi, autore della celebre fiaba.

Secondo l'opinione degli studenti, il cortile potrebbe ospitare, oltre ad attività ludiche e sportive, anche laboratori artistici, spazi per la lettura e la sperimentazione:

"Vorrei fare lavoretti e un posto per disegnare (C18)", "Mi piacerebbe dipingere i muri (B15)", "Vorrei fare arte (A5)", "A me piacerebbe fare gli scienziati in cortile e studiare la natura (A19)", "Vorrei aggiungere una biblioteca e leggere sotto un albero (A18)".

Alcuni bambini vorrebbero uno spazio più verde e naturale:

"Vorrei avere più fiori, alberi e cespugli (C2)", "Vorrei cuccioli di tanti animali (B17)" e "Vorrei un laghetto (A19)".

L'ultima domanda (scelta tra 3 tipologie di cortile) si è rivelata molto utile per comprendere le esigenze e le passioni dei piccoli fruitori e ha fornito interessanti spunti per la proposta progettuale.

Il cortile con i giochi in legno è l'esempio preferito, sia dai maschi che dalle femmine, per il suo setting naturale e le molteplici potenzialità di utilizzo:

"Mi piacerebbe avere un parco così, perché puoi fare tante acrobazie (C12)", "Puoi fare ginnastica e fare i percorsi (B7)", "[...] è creativo, puoi imparare cose divertenti (A21)", "Perché mi piace fare le cose avventurose e di abilità (C18)", "Mi posso arrampicare e poi posso fare giochi nuovi (A11)" e "Mi piacerebbe perché c'è un maggior numero di natura (C17)".

Questi arredi dal design neutro sono perfetti per arrampicarsi, saltare da un tronco all'altro, salire e scendere, fare ruote e capriole.

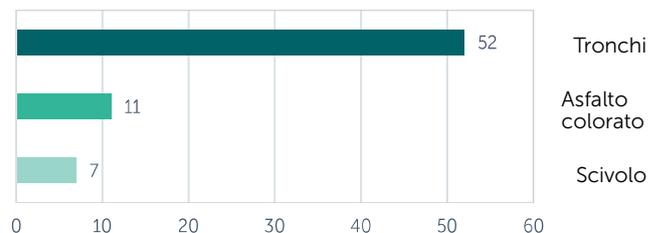
Inoltre, creano un ambiente dinamico, in cui i bambini possono sperimentare avventure sempre nuove, viaggiando con la fantasia:

"Mi piace questo spazio perché sui tronchi faccio finta che ci siano i coccodrilli (A3)", "Su quei ceppi sembra di essere un supereroe (A10)", "perché si fanno giochi sportivi e sembra di essere in una palude (A14)" e "[...] con quei tronchi potremmo fare rialzo (C14)"



Esempi presenti nel questionario:

- Parco giochi con attrezzature standard (scivolo)
- Playground con giochi in legno multifunzionali (tronchi)
- Cortile scolastico con campi sportivi in asfalto colorato



Preferenze degli studenti

5.3.3.4. PUNTO DI VISTA DELLE INSEGNANTI

La possibilità degli allievi di trascorrere il tempo libero in cortile dipende dalla disponibilità dei docenti, per questo è fondamentale indagare il loro punto di vista.

Il questionario è stato inviato tramite e-mail a tutto il personale docente, ma è stato compilato soltanto da 7 maestre: 3 insegnanti di seconda, 3 di terza e 1 di quarta.

Di seguito sono riportate le domande:

1. Porta volentieri i bambini in cortile durante la bella stagione? Come mai?
2. Quali sono le attività e i posti preferiti dai bambini?
3. Cosa pensa del cortile della sua scuola, quali sono i punti di forza e le criticità?
4. C'è qualcosa che cambierebbe o aggiungerebbe in questo spazio? Come mai?
5. Secondo la sua opinione, quali sono le caratteristiche fondamentali e gli elementi necessari per un buon cortile?
6. Ritieni che la vegetazione sia importante per un cortile? Come mai?

Sei di loro portano volentieri la classe in cortile, perché contribuisce al benessere psicofisico dei bambini, permette loro di stare all'aria aperta, favorisce il gioco libero e l'aggregazione.

"Amo portare i bambini in cortile durante la bella stagione, sia nell'intervallo del mattino che in quello pomeridiano, perché hanno modo di sperimentare il gioco spontaneo [...], stare a contatto con la natura e muoversi in spazi più ampi."

Una maestra esprime la sua preoccupazione per l'incolumità dei bambini: *"Nonostante sia convinta che l'ora di gioco fuori sia necessaria dopo molte ore di lezione seduti in classe, a dire il vero, no, non li porto volentieri in cortile, perché esso è molto grande e vi si disperdono velocemente. Per questa ragione è molto difficile tenere i singoli gruppi sotto controllo visivo per noi insegnanti, per prevenire o bloccare comportamenti e giochi pericolosi, soprattutto quando le classi che fanno ricreazione sono parecchie contemporaneamente."*

Secondo l'opinione degli adulti, i punti di forza dello spazio aperto sono l'ampiezza, il campo polivalente, l'orto didattico e il giardino con i grandi alberi.

Tra le criticità è sottolineato il deterioramento del tappeto rosso, la mancanza di erba (c.so B. Croce angolo via F. Teodoreto) che genera un gran polverone, l'essere adiacente a un parco pubblico dal quale, in orari di chiusura della scuola, provengono rifiuti di varia natura, l'assenza di arredi

e spazi strutturati.

"Sono inoltre presenti troppe barriere architettoniche, muretti, radici di alberi, che rendono poco agibile il gioco dei bambini con difficoltà motoria."

Le maestre sostengono che sia necessario creare spazi sicuri e distinti per gli alunni del primo ciclo (prima e seconda) e per quelli più grandi (terza, quarta, quinta).

Vorrebbero aggiungere due canestri da utilizzare con palloni di spugna, percorsi ginnici, tavoli, panchine, rifugi, tettoie, cestini per rifiuti, una fontanella, aree idonee per disegni al suolo e una scacchiera gigante. *"Mi piacerebbe che fossero installati giochi e costruzioni come quelle dei parchi pubblici, al di sopra di un tappeto antitrauma." Tutto ciò "[...] renderebbe più confortevole l'utilizzo del cortile, non solo per il gioco, ma anche per attività più propriamente didattiche".*

"Non dovrebbe essere solamente luogo di sfogo motorio per i bambini durante l'intervallo, ma potrebbe essere anche uno spazio per giochi, insegnamento, ginnastica, punto d'incontro per varie iniziative, feste di quartiere e ritrovo per genitori e bambini".

"Un buon cortile deve essere un ambiente prima di tutto "esteticamente bello", ma in grado di offrire ai bambini sia spazi attrezzati, sia aree polifunzionali in cui il gioco libero e l'attività didattica possano essere praticati in sicurezza."

Ci deve essere un giusto equilibrio tra aree verdi e spazi fruibili dai bambini e tra zone d'ombra e soleggiate.

Per la maggior parte delle insegnanti la vegetazione è irrinunciabile: *"[...] è un fattore importantissimo. Basti pensare come pochi alberi e cespugli, adeguatamente disposti, possano cambiare completamente l'aspetto di un grigio e squallido cortile asfaltato."*

"È senz'altro un elemento importante, specialmente per un cortile di città, perché non solo rende lo spazio all'aperto più bello e confortevole, specialmente nella stagione calda, ma se adeguatamente progettata e curata è stimolo per attività didattiche e azioni educative."

Rappresenta un'importante risorsa poiché *"non tutti i bambini vengono accompagnati ai giardinetti pubblici o fanno gite di famiglia durante il fine settimana, quindi poter giocare in un cortile scolastico verdeggianti per molti costituisce spesso l'unica occasione di contatto con la natura."*

Il verde contribuisce alla qualità dell'aria, gli alberi creano zone ombreggiate adatte al gioco, fiori e piante officinali, oltre a garantire la bellezza e

la varietà del paesaggio, possono essere coltivati durante laboratori di giardinaggio.

“Se poi in ogni scuola ci fosse un angolo orto e fattoria dove gli stessi bambini potessero fare esperienza diretta sarebbe l'eccellenza.”

Le specie vegetali possono partecipare alla caratterizzazione del cortile, infatti *“si potrebbe anche individuare la zona a seconda della vegetazione presente”*.

Un'insegnante preferirebbe limitare le zone a prato, a favore di aree pavimentate più sicure, abbinata ad aiuole decorative. In questo senso la vegetazione *“dovrebbe essere uno spazio dove i bambini non possono andare a giocare, anche per insegnare loro il rispetto verso la natura.”*

Attraverso il questionario, una maestra ha raccontato il suo impegno nella valorizzazione e gestione nelle aree verdi del cortile:

“Sono impegnata da 6 anni nell'abbellimento del cortile attraverso un progetto che coinvolge attualmente 7 classi. Abbiamo messo a dimora molte piante e reso colorate e fiorite molte delle aree verdi. Penso ci sia ancora molto da fare, infatti sono impegnata con i colleghi a realizzare: piantumazione di altre piante e installazioni in cemento colorato.”

Quest'anno il progetto vorrebbe coinvolgere anche i genitori e i nonni nella cura dello spazio.

Tutto ciò dimostra l'interesse e la volontà di migliorare il cortile, anche grazie alla vegetazione.



Angoli fioriti e aree verdi gestite da un piccolo gruppo di insegnanti

5.3.4. SINTESI DEI RISULTATI

I due approcci, quantitativo e qualitativo, hanno permesso di valutare in modo approfondito le condizioni attuali del cortile, prendendo in considerazione il benessere termico, la funzionalità e la fruibilità degli spazi, le esigenze e le preferenze dei bambini.

Gli elementi positivi dello spazio aperto sono sicuramente l'ampiezza e la presenza di una buona percentuale di verde.

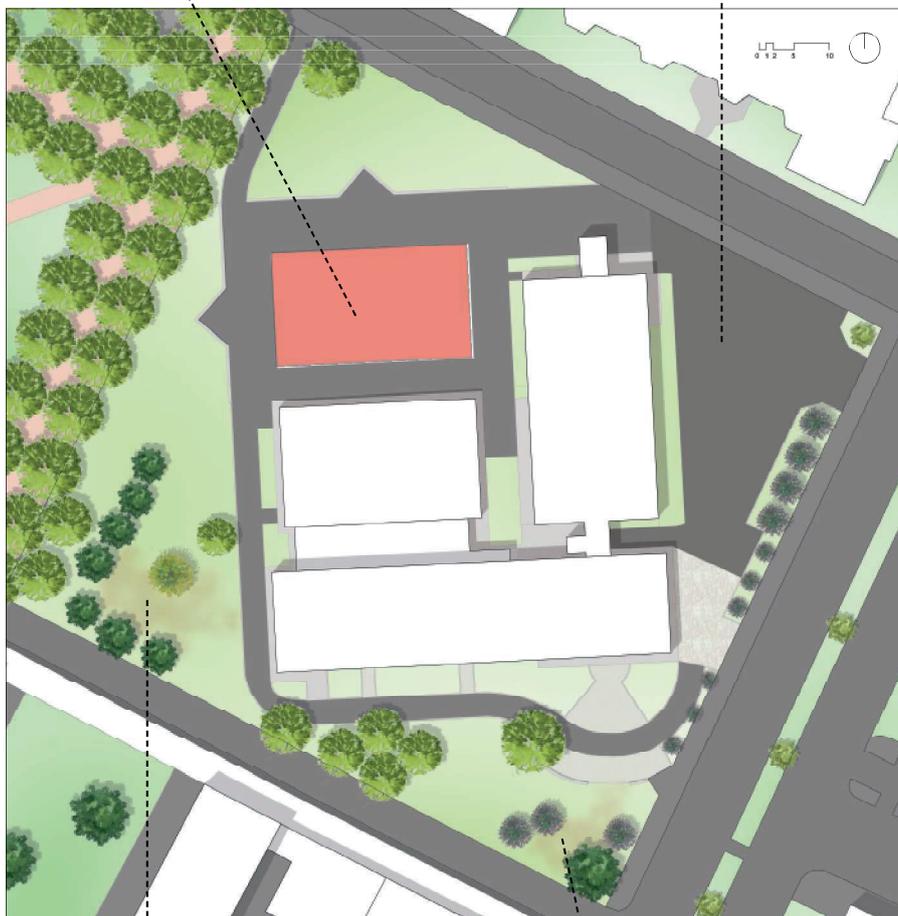
Purtroppo lo spazio non è strutturato, mancano arredi e attrezzature e il tappeto rosso è in pessimo stato di conservazione.

Inoltre c'è il grave problema delle barriere architettoniche, che limitano l'accessibilità e l'inclusione.

Nelle aree non ombreggiate, caratterizzate da materiali impermeabili con basso albedo, si registrano condizioni di estremo disagio termico.

✓ °C Ampio spazio molto utilizzato dai bambini per correre e giocare.

Spazio anonimo, possibile rischio dovuto al passaggio dei veicoli del servizio mensa e rifiuti. °C ✗



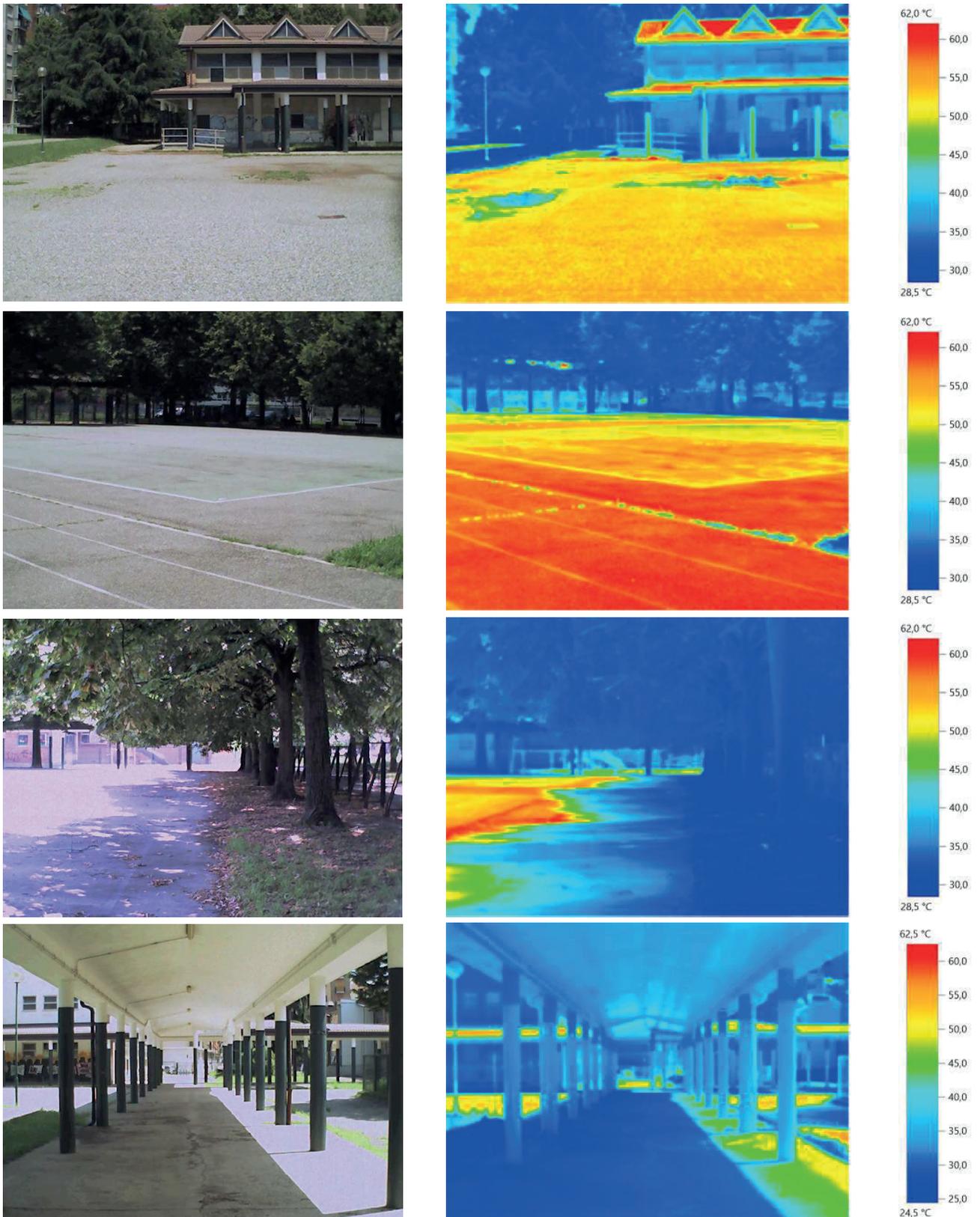
✓ °C Area verde molto apprezzata, i bambini giocano a nascondino tra gli alberi e si rifugiano tra i rami dell'arbusto centrale.

Area poco apprezzata, il terreno brullo crea un gran polverone e diventa fangoso in caso di pioggia. °C ✗

5.4. APPLICAZIONE AI CASI STUDIO: SCUOLA SECONDARIA I GRADO P. CALAMANDREI

5.4.1. RILIEVO TERMOGRAFICO

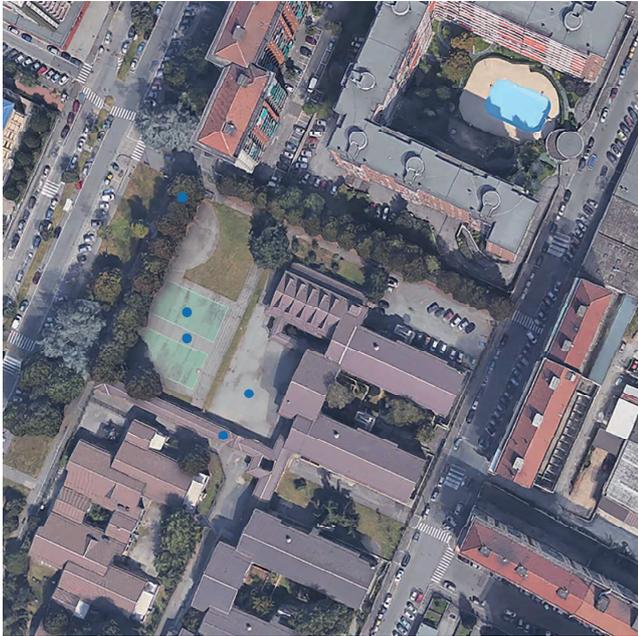
L'asfalto tradizionale raggiunge la temperatura più elevata (57,5 °C). Il layer superficiale verde incrementa l'albedo del materiale, riducendo le Ts (53°C). La ghiaia presenta temperature simili. Dalle termografie emerge con chiarezza l'effetto positivo del filare alberato e dal portico.



Termografie 19-luglio ore 14, area d'ingresso in ghiaia, campi sportivi in asfalto, filare alberato e portico.

5.4.2. SIMULAZIONE MICROCLIMATICA

Di seguito sono illustrate le informazioni relative al modello realizzato con ENVI_MET e gli output della simulazione microclimatica.



Contesto e punti di riferimento

Località	Torino
Posizione	45,02 N - 7,64 E
Dimensione area	220 x 220 x 75
Numero di griglie	110 x 110 x 35
Dimensione griglie (dx, dy, dz)	2m x 2m x 1m
Nesting grids	6
Metodo di generazione della griglia verticale	Teloscoping grid fattore 10% a partire da 15m
H massima edifici	36 m
Rotazione del modello rispetto all'origine	0

Per gli edifici è stato usato un involucro in laterizio intonacato bianco (albedo 0,75) e tetto in lamiera testa di moro (albedo 0,35).

Materiale	Soluzione ENVI_MET	Albedo
Asfalto tradizionale	Asphalt road	0,1
Asfalto layer verde	Asphalt road	0,2
Ghiaia	Concrete pavement	0,25
Pavimentazione in calcestruzzo	Concrete pavement	0,35

Per il suolo naturale è stato scelto un terreno argilloso (loamy soil). Le altre superfici sono state create adattando il database di ENVI_MET.



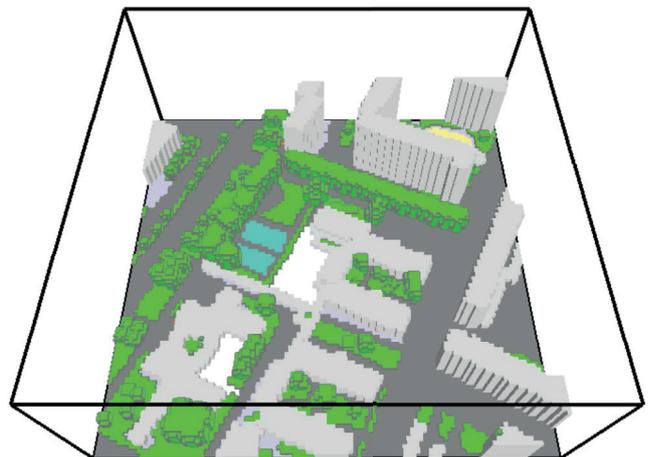
Modello, vista aerea Space.exe

Asfalto tradizionale, asfalto verde, ghiaia, calcestruzzo. (emissività 0,9)

Il prato è stato modellato con erba alta 10 cm (grass).
Specie arboree: *Tilia Platyphyllos*, *Acer Pseudoplatunus*, *Picea Abies*, *Quercus Robur*, *Prunus*, *Tamarix gallica*, *Betula pendula*, *Pine*, *Populus Alba*.

Per quanto riguarda il file di calcolo della simulazione è stato utilizzato lo stesso procedimento descritto per la scuola Collodi.

Di seguito sono riportati direttamente gli output microclimatici e le mappe relative all'indice di comfort PET.



Modello, vista 3D Space.exe

Distribuzione spaziale della Ta alle ore 11 relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=111m) e yz (x=81m)

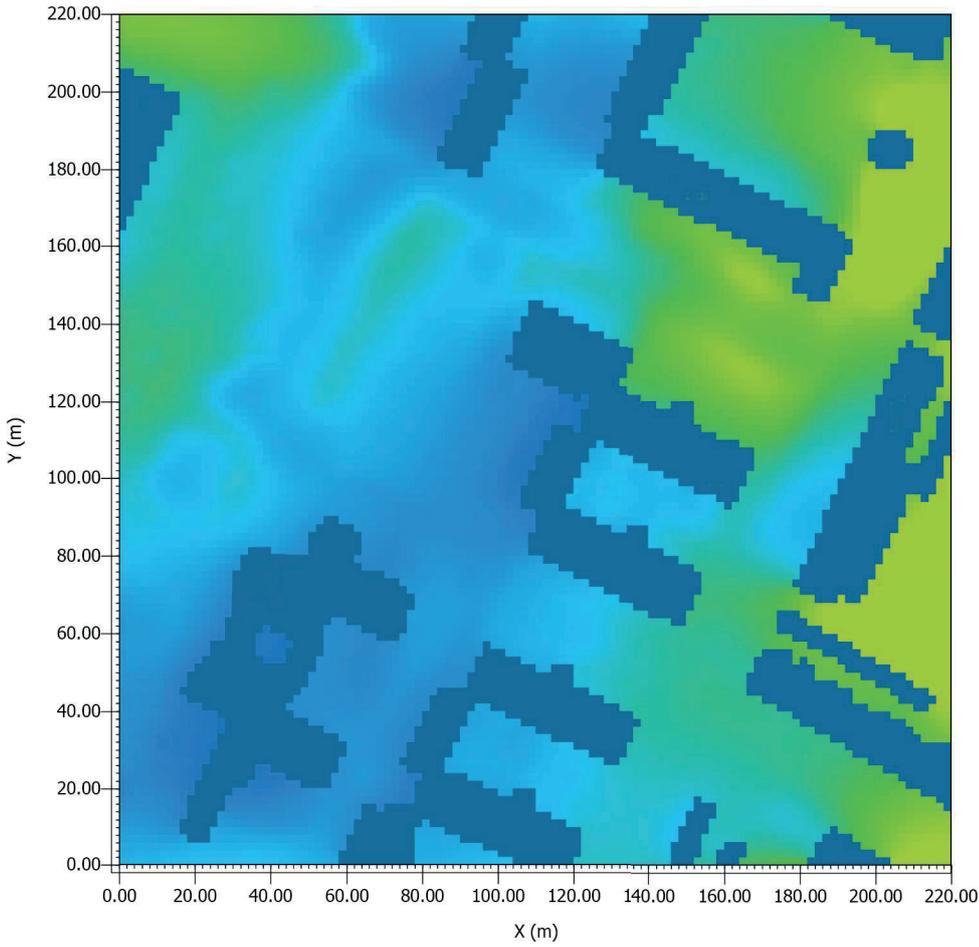
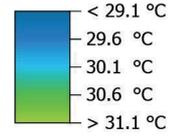


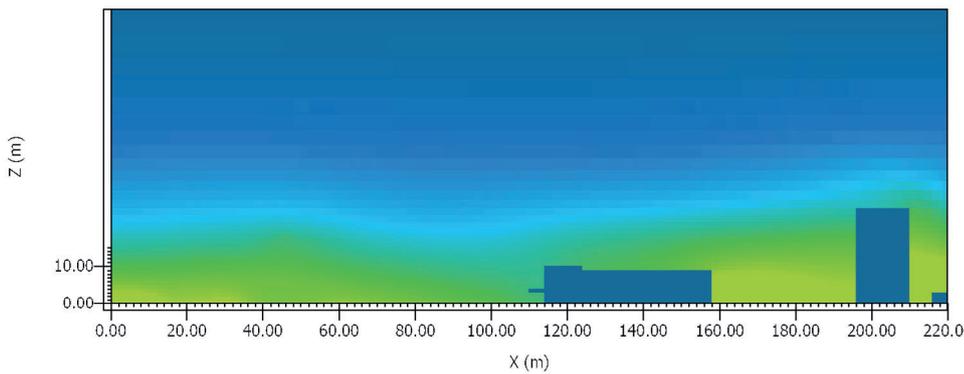
Figure 1: Calamandrei stato di fatto 11:00 19.07.2018

x/y Cut at k=1 (z=1.5000 m)

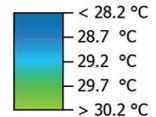
Air Temperature



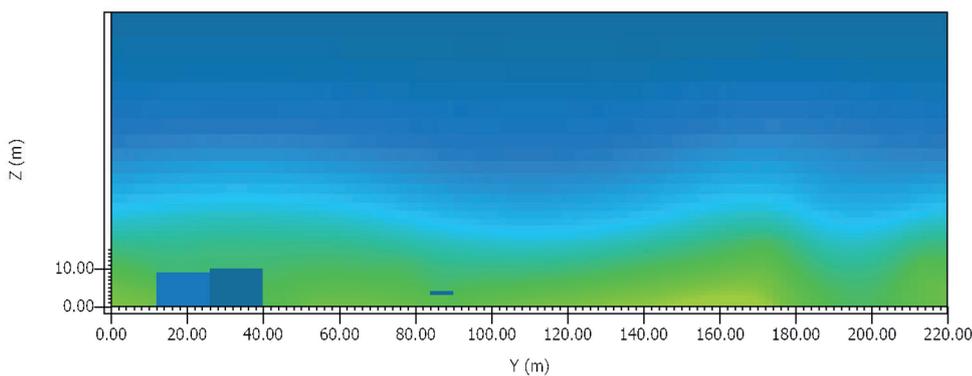
Min: 29.4 °C
Max: 31.7 °C



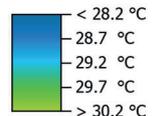
Air Temperature



Min: 28.3 °C
Max: 30.8 °C



Air Temperature



Min: 28.3 °C
Max: 30.4 °C

Distribuzione spaziale della Ta alle ore 13 relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=111 m) e yz (x=81 m)

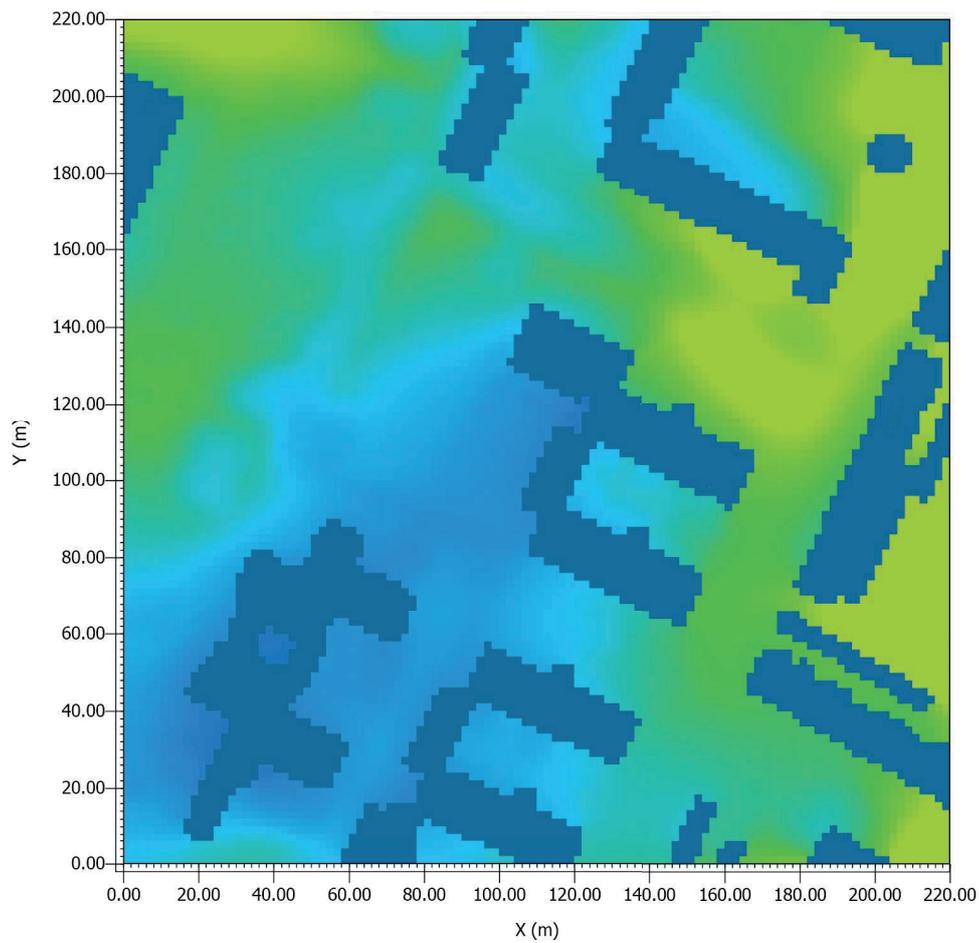
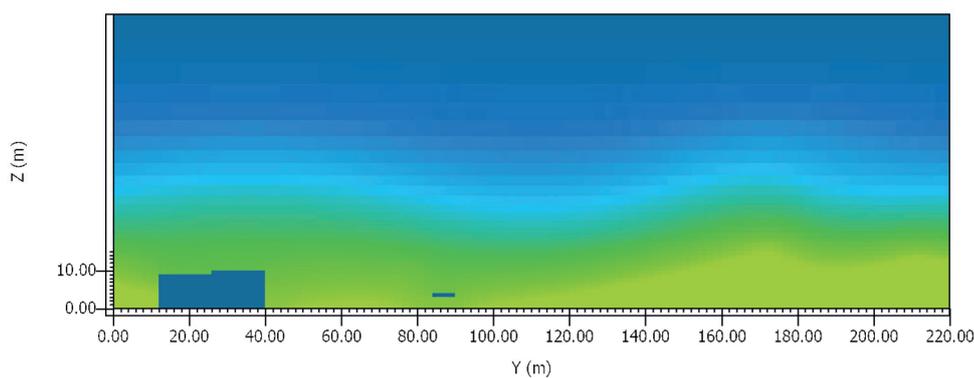
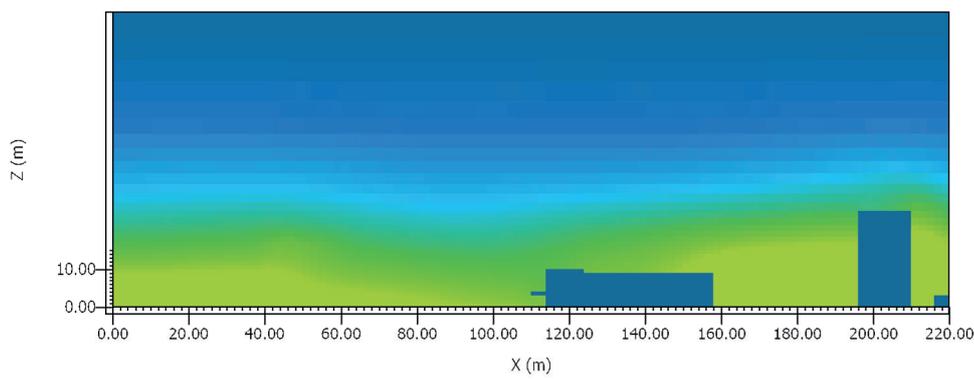


Figure 1: Calamandrei stato di fatto 13:00 19.07.2018

x/y Cut at k=1 (z=1.5000 m)



Distribuzione spaziale della Ta alle ore 15 relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=111m) e yz (x=81m)

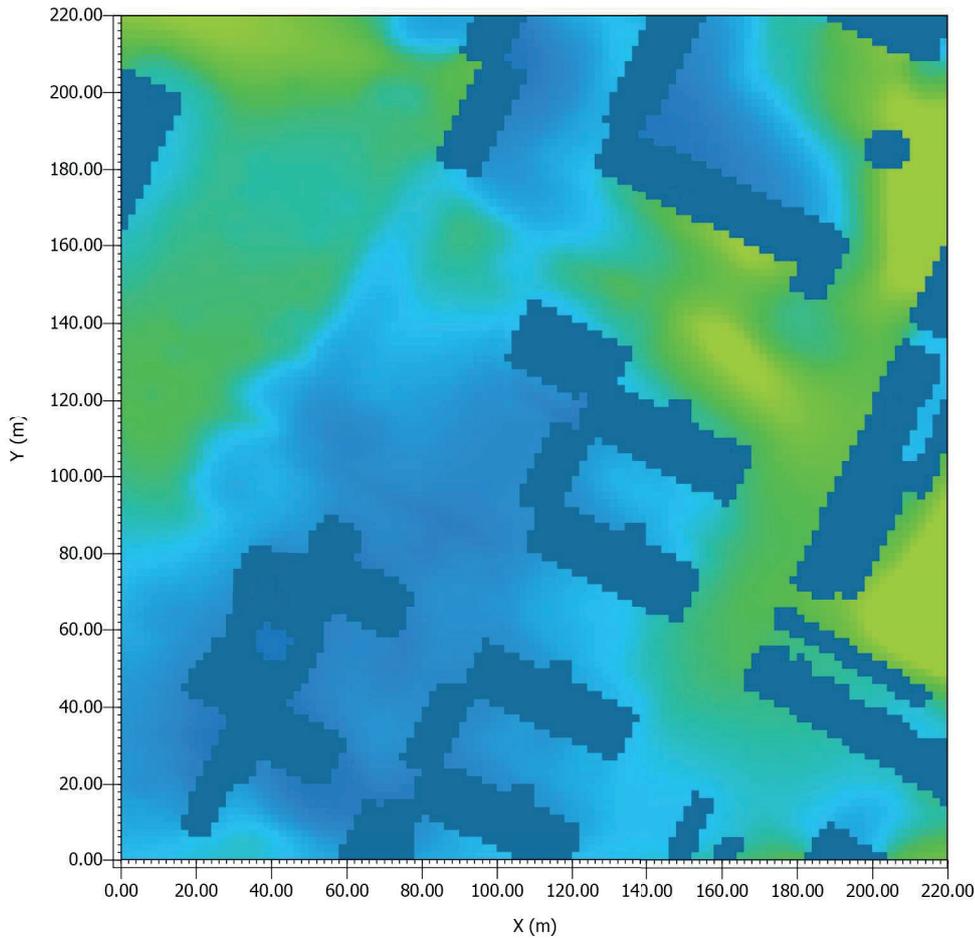
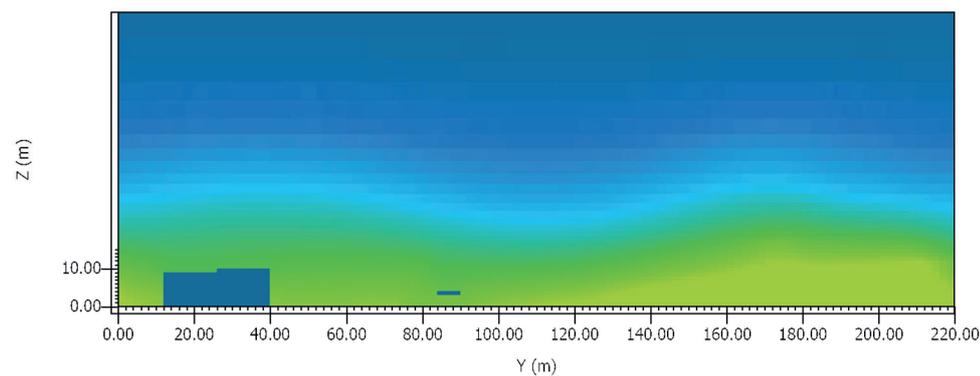
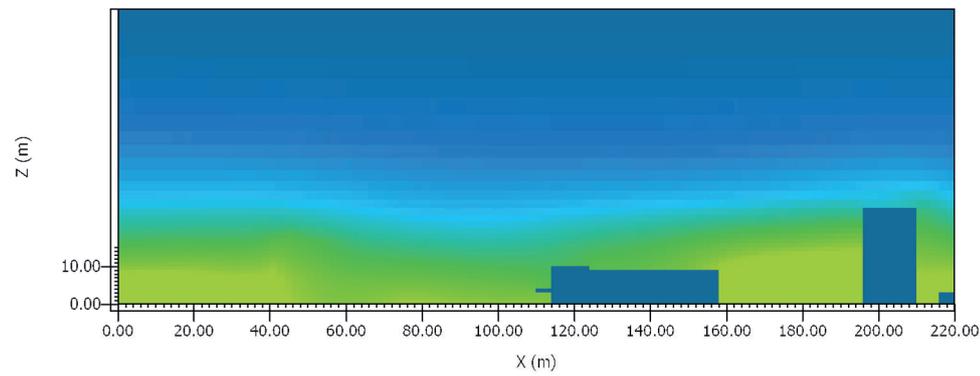


Figure 1: Calamandrei stato di fatto 13:00 19.07.2018

x/y Cut at k=1 (z=1.5000 m)



Distribuzione spaziale della Tmrt alle ore 11 relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=111m) e yz (x=81m)

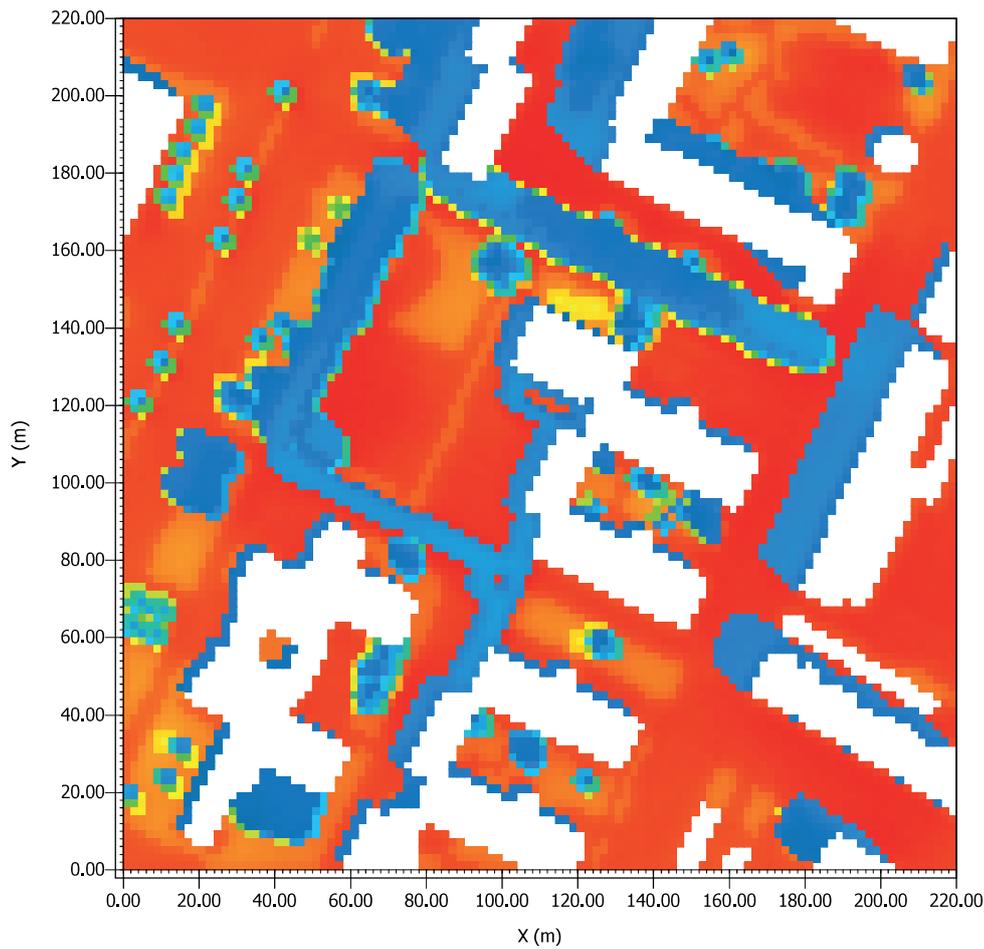
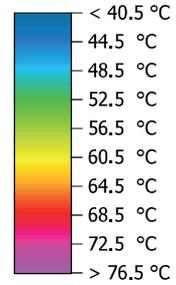


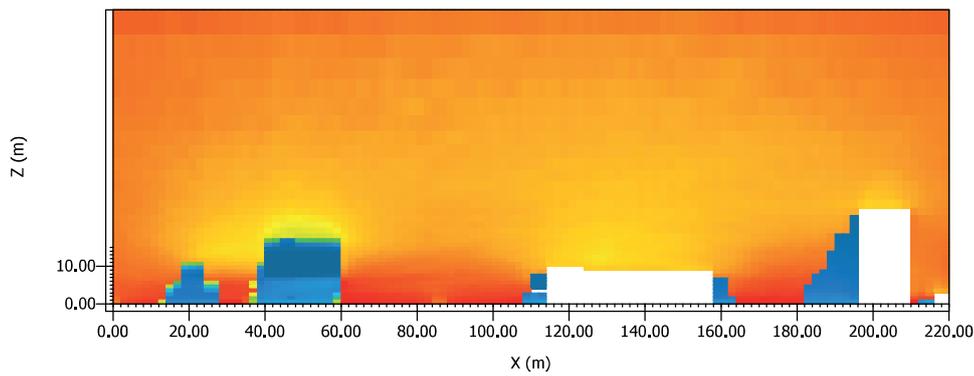
Figure 1: Calamandrei stato di fatto 11:00 19.07.2018

x/y Cut at k=1 (z=1.5000 m)

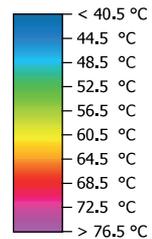
Mean Radiant Temp.



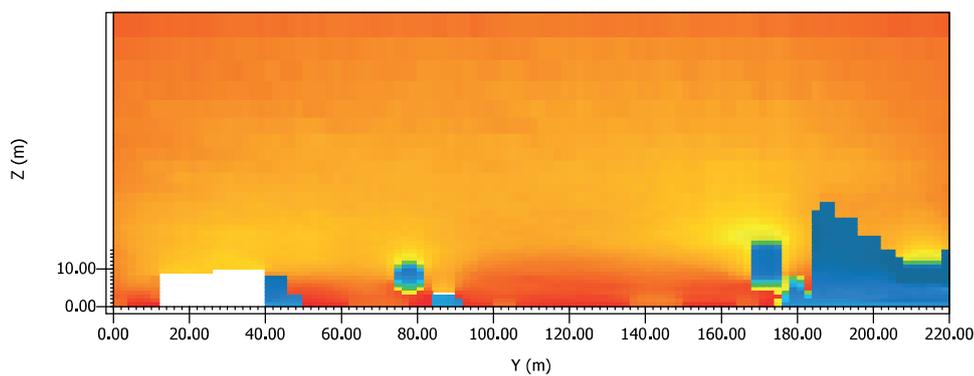
Min: 41.9 °C
Max: 68.9 °C



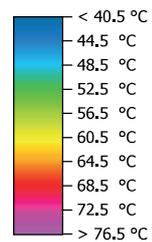
Mean Radiant Temp.



Min: 37.1 °C
Max: 68.5 °C

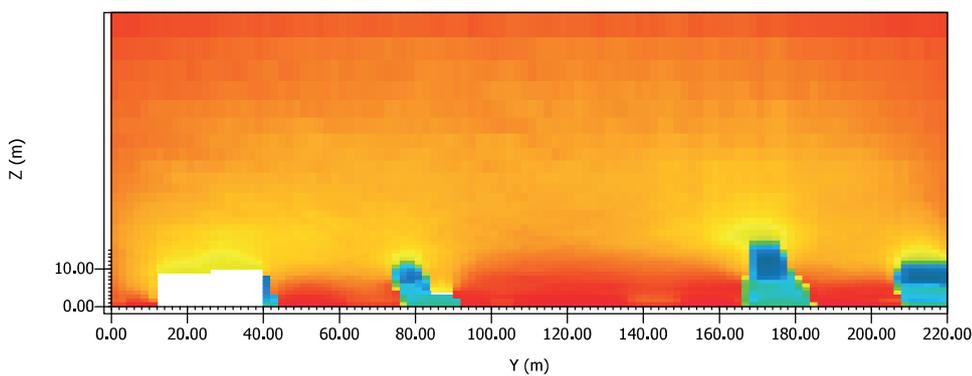
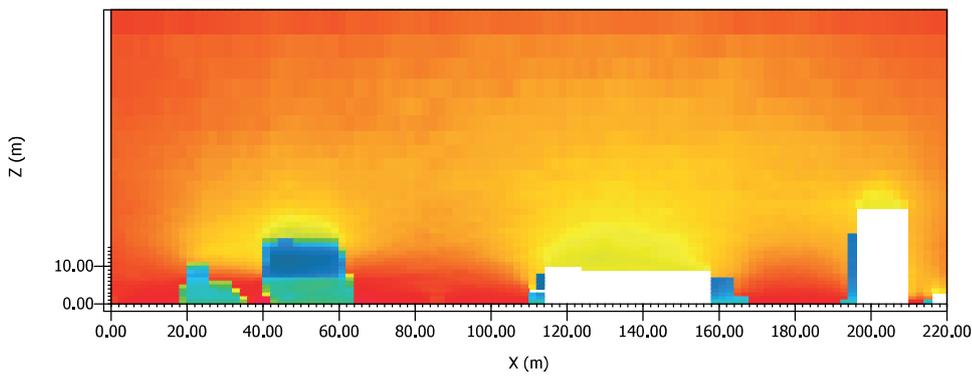
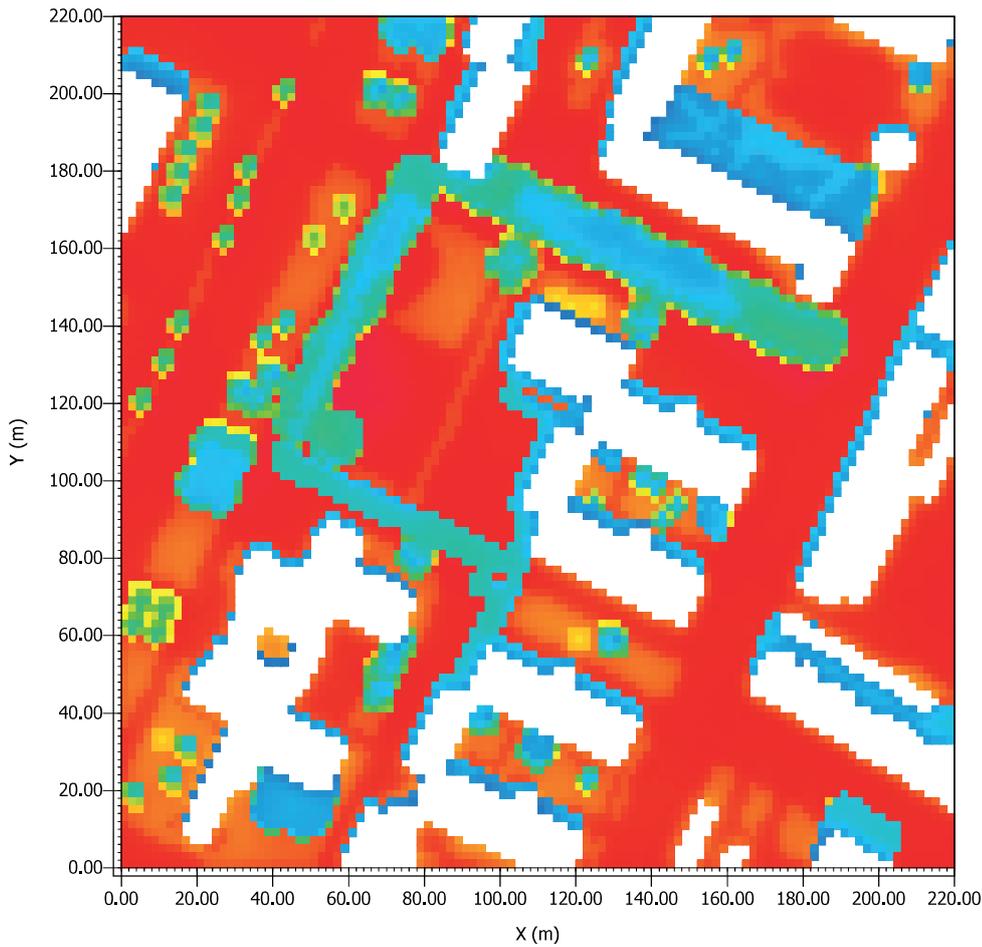


Mean Radiant Temp.

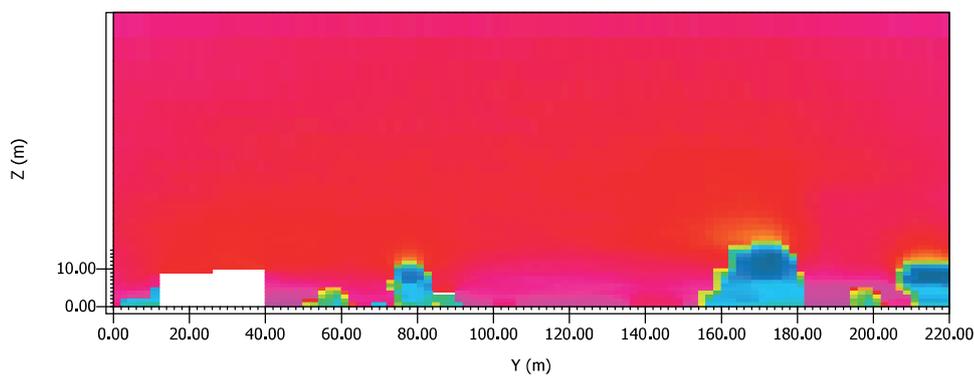
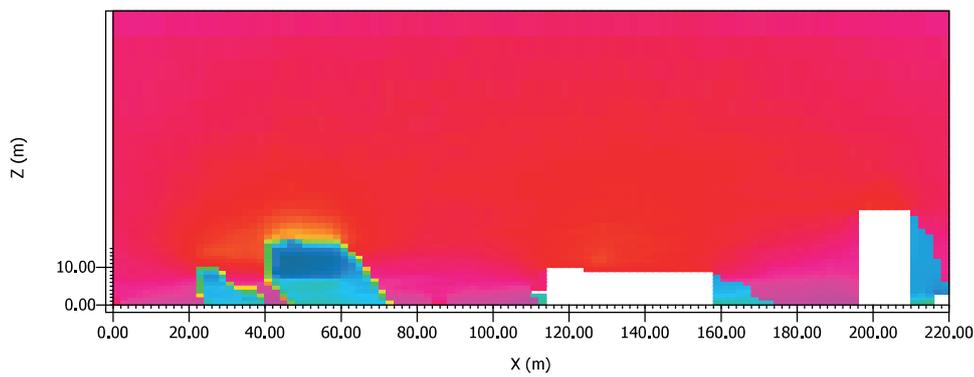
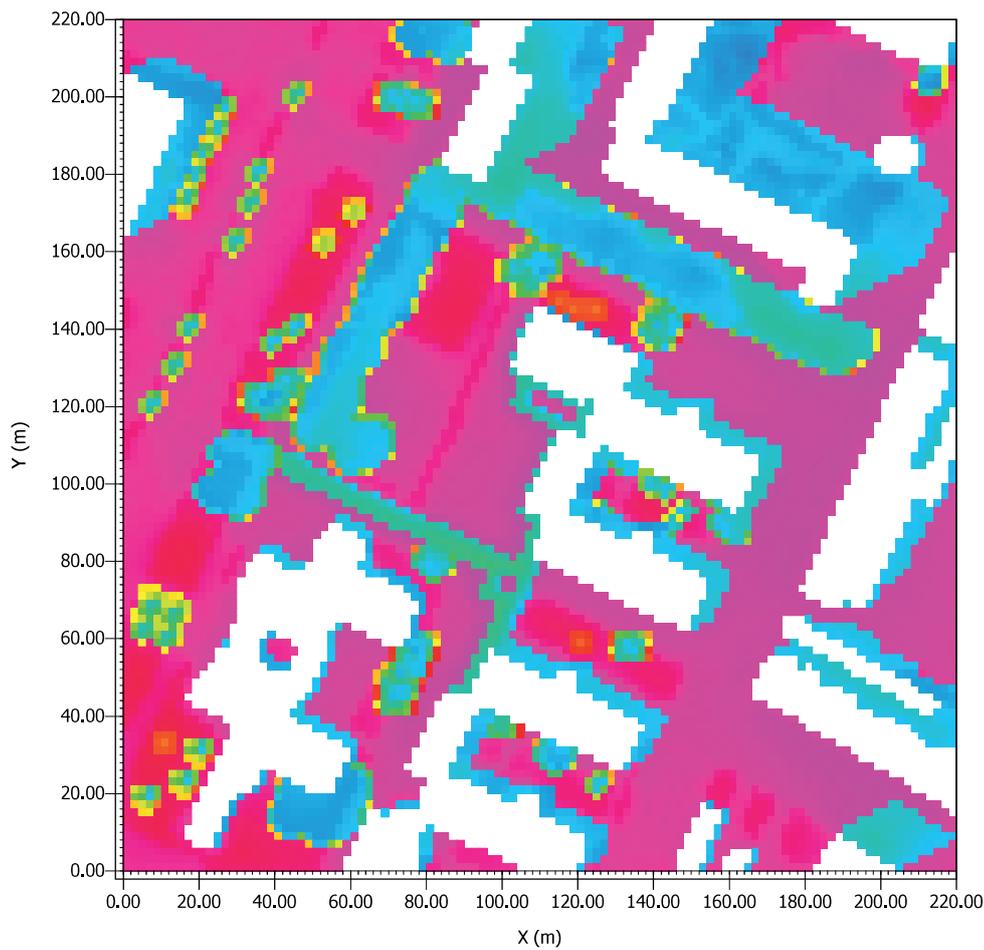


Min: 35.6 °C
Max: 68.9 °C

Distribuzione spaziale della Tmrt alle ore 13 relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=131m) e yz (x=105m)



Distribuzione spaziale della Tmrt alle ore 15 relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=111m) e yz (x=81m)



Distribuzione spaziale delle temperature superficiali alle ore 11 e 13 relative al piano xy, (z=1,5m)

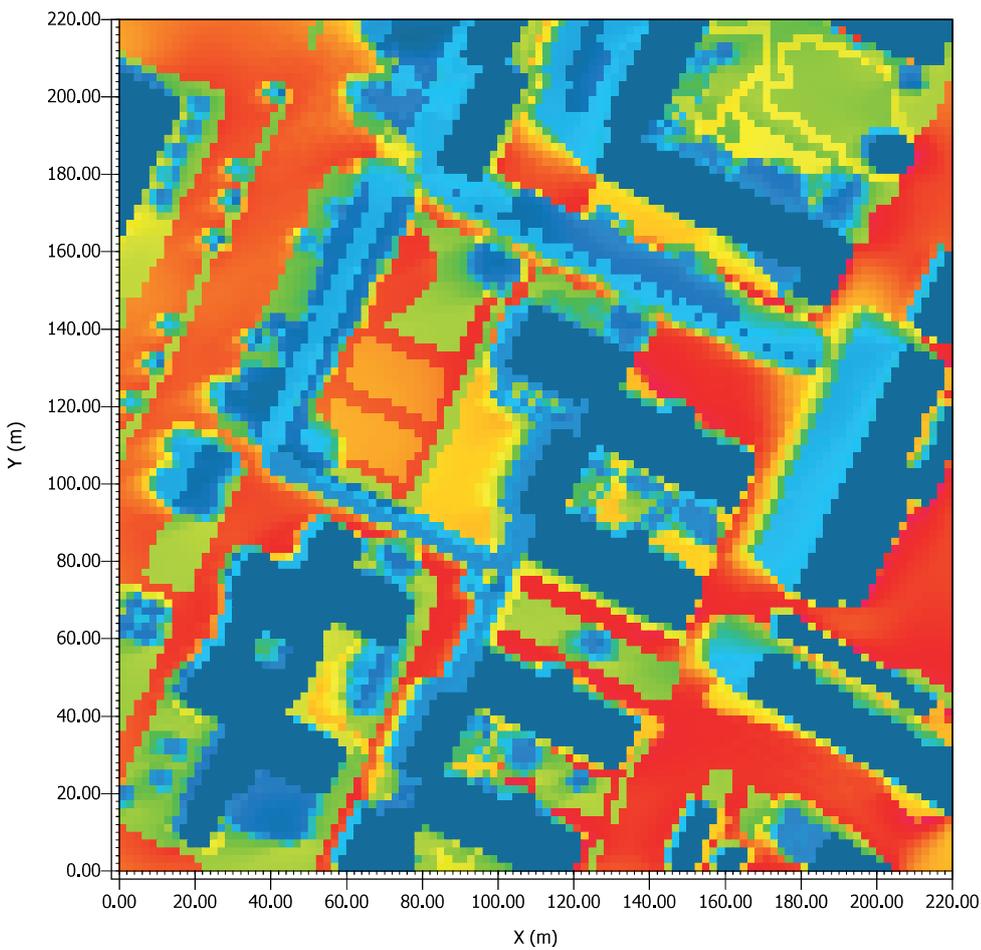


Figure 1: Calamandrei stato di fatto 11:00 19.07.2018

x/y Cut at k=0 (z=0.0000 m)

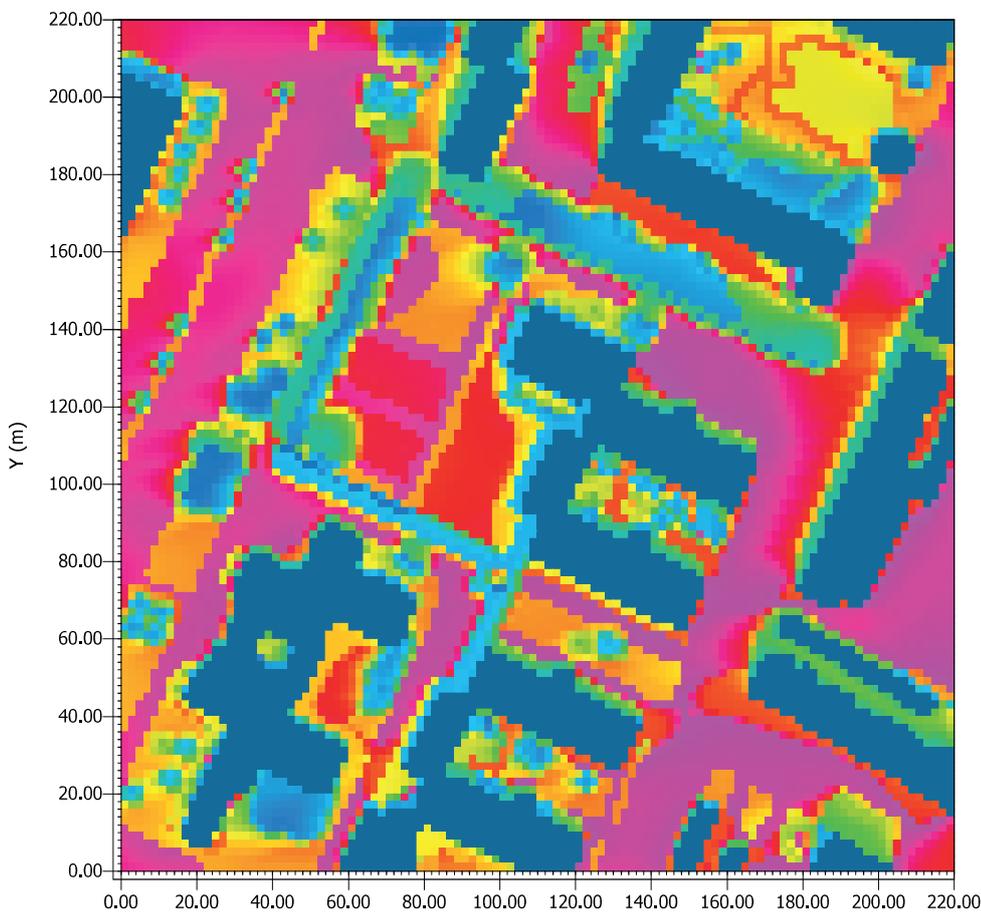
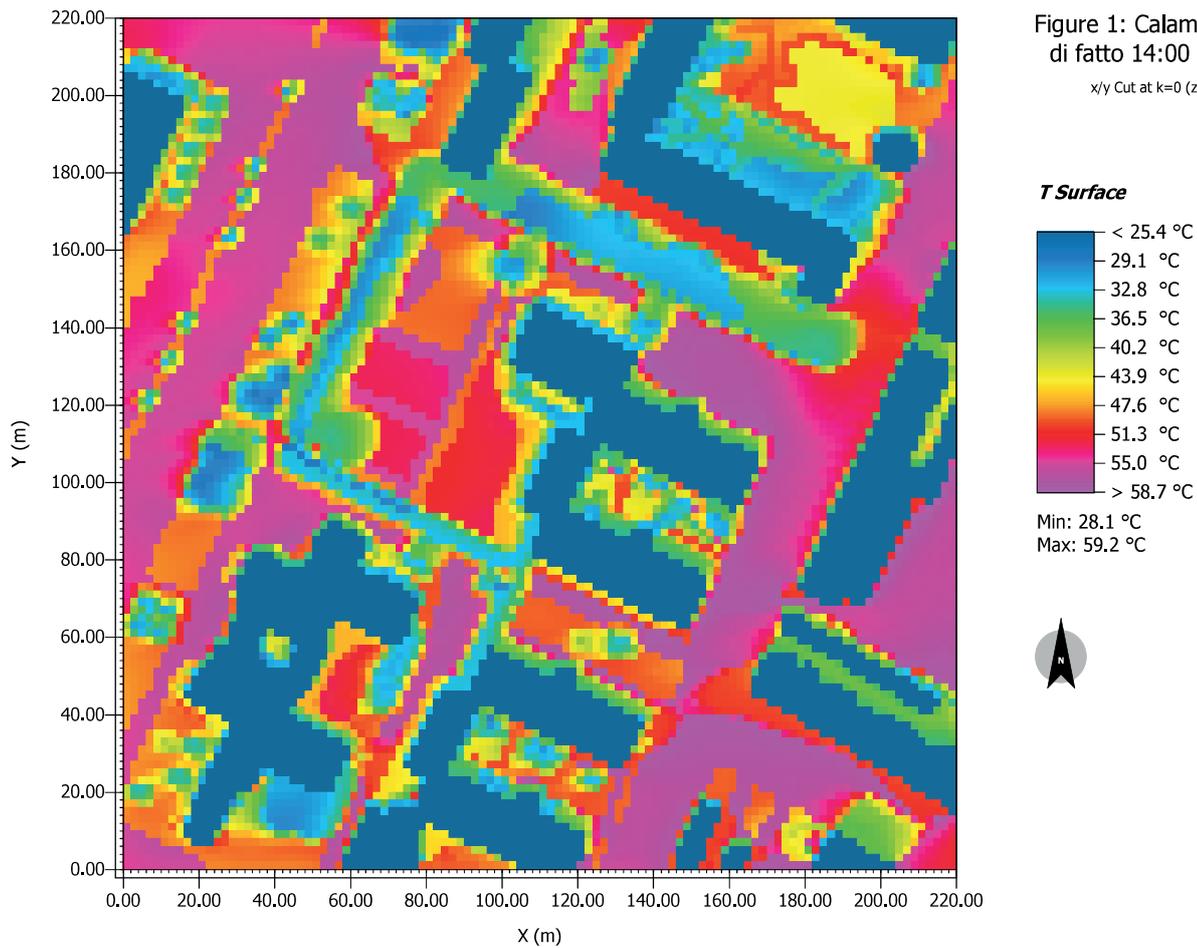


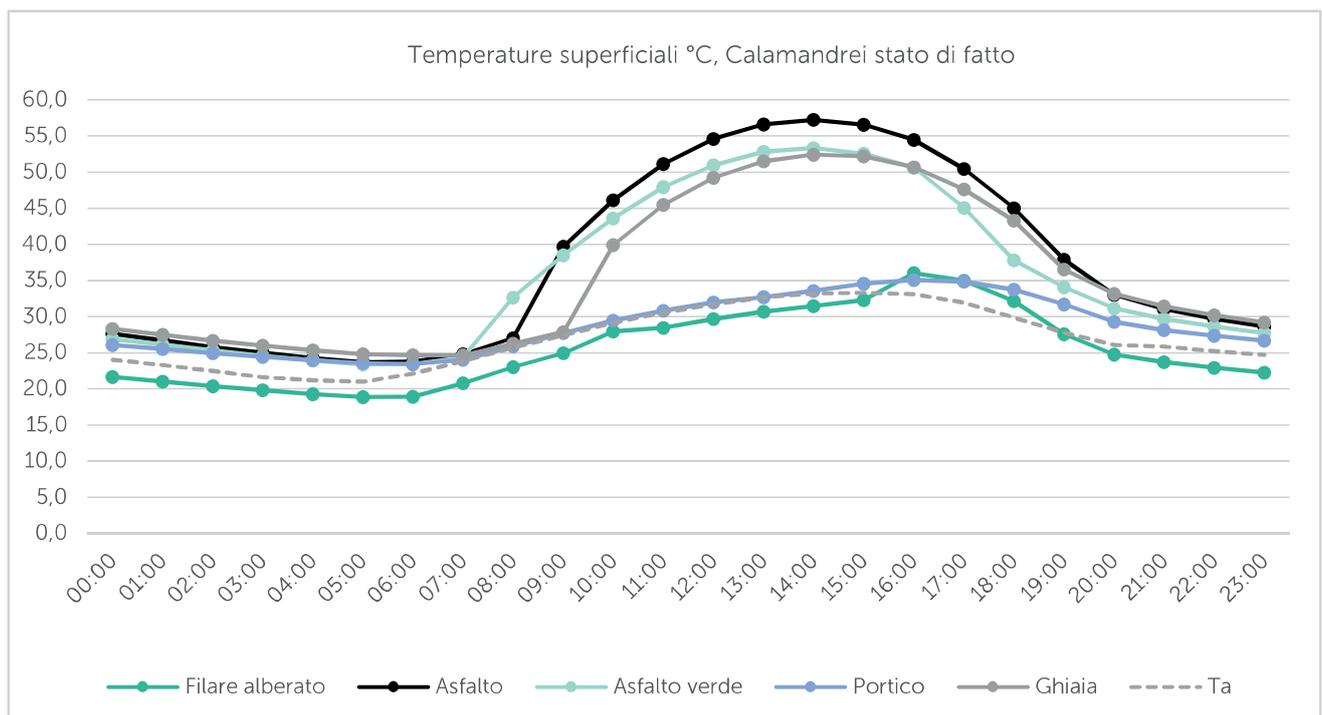
Figure 1: Calamandrei stato di fatto 13:00 19.07.2018

x/y Cut at k=0 (z=0.0000 m)

Distribuzione spaziale delle T superficiali alle ore 14 (picco massimo) relative al piano xy, (z=1,5m)



Profilo giornaliero della temperatura dei principali materiali presenti nel cortile e in corrispondenza del filare alberato e del portico. Dati relativi al 19 luglio.



La temperatura dell'aria è inferiore in corrispondenza dei portici, delle zone alberate e di quelle ombreggiate dagli edifici.

Alle quote più basse, vicine al suolo, la Ta è influenzata dalle temperature superficiali dei materiali.

L'asfalto tradizionale ha la Ts maggiore: raggiunge un picco di 57°C alle 14.

I campi sportivi, grazie al rivestimento colorato superficiale hanno temperature leggermente inferiori. (53°C alle 14).

La temperatura media radiante è legata alla radiazione solare diretta: i valori minimi si registrano infatti in presenza degli alberi, dei portici e dell'ombra portata degli edifici.

Le superfici inerbite, grazie al processo evapotraspirativo hanno prestazioni migliori rispetto ai tipici materiali edilizi, i cui effetti dipendono dalla radiazione termica infrarossa riemessa.

Negli orari analizzati, il PET assume valori critici: si registra una condizione di caldo estremo (>41 °C) in quasi tutto il lotto scolastico.

L'indice è strettamente connesso alla Tmrt, parametro che influisce significativamente sul

bilancio energetico dell'individuo.

Infatti, le aree migliori dal punto di vista del benessere termico sono quelle alberate e quelle ombreggiate dagli edifici. (condizione calda)

In questa prospettiva i portici rappresentano una preziosa risorsa da valorizzare.

Sensazione termica	PET (°C)
Molto freddo	<4
Freddo	4 - 8
Fresco	8 - 13
Fresco moderato	13-18
Comfort	18 - 23
Caldo moderato	23 - 29
Caldo	29-35
Molto caldo	35 - 41
Caldo estremo	> 41

Scala di valutazione PET

Distribuzione spaziale del PET alle ore 11 relativa al piano xy, (z=1,5m)

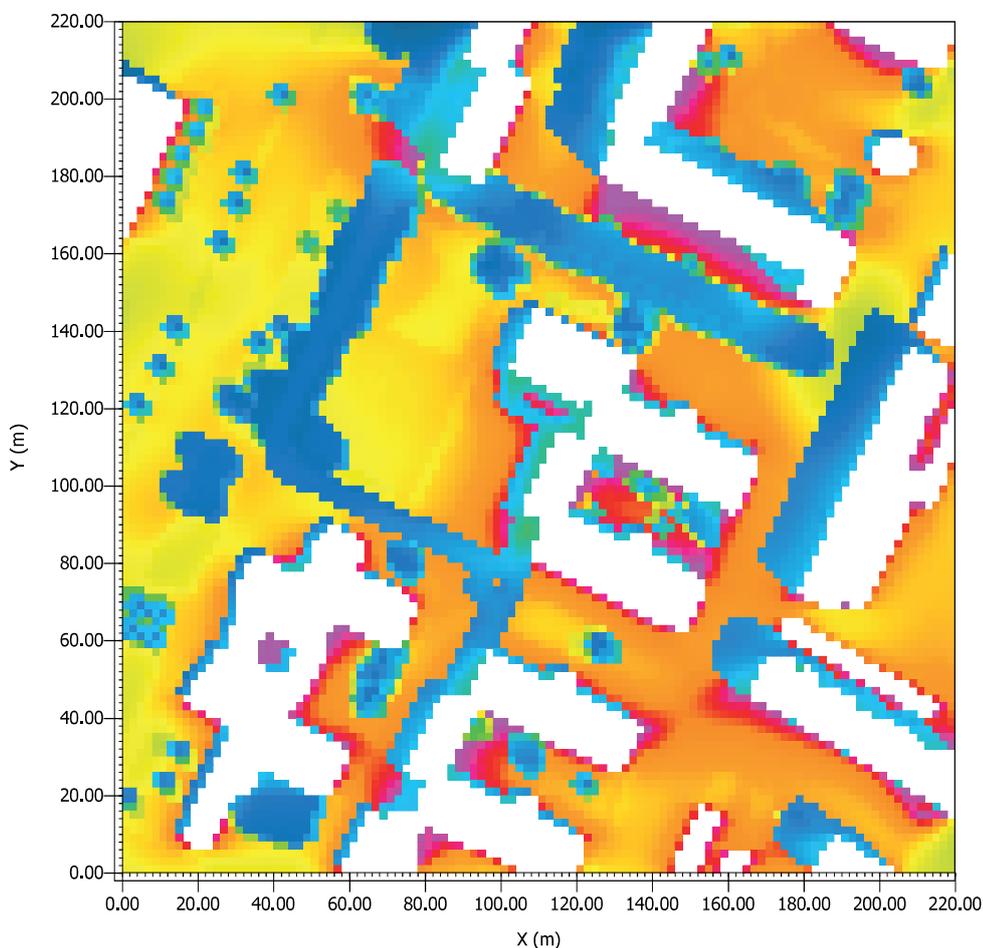
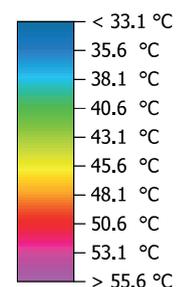


Figure 1: Calamandrei stato di fatto 11:00 19.07.2018

x/y Cut at k=1 (z=1.5000 m)

PET



Min: 33.1 °C
Max: 57.2 °C



Distribuzione spaziale del PET alle ore 13 e 15, relativa al piano xy, (z=1,5m)

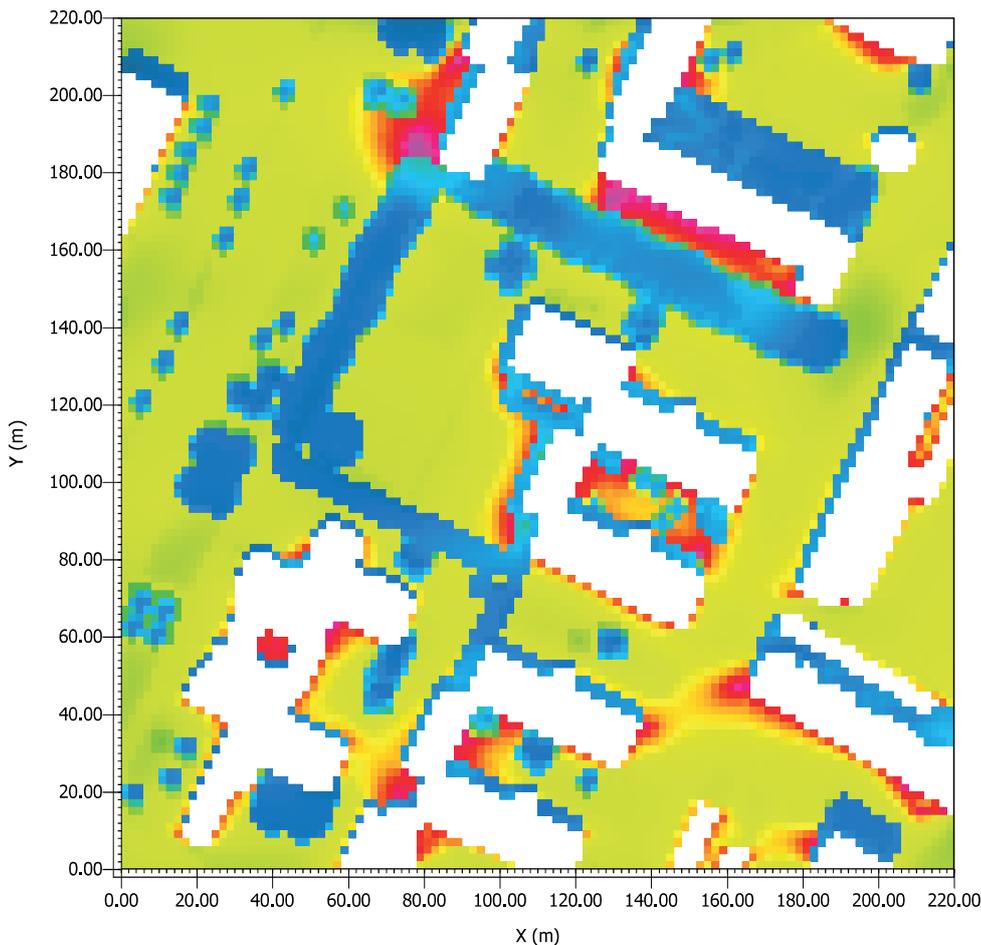


Figure 1: Calamandrei stato di fatto 13:00 19.07.2018
x/y Cut at k=1 (z=1,5000 m)

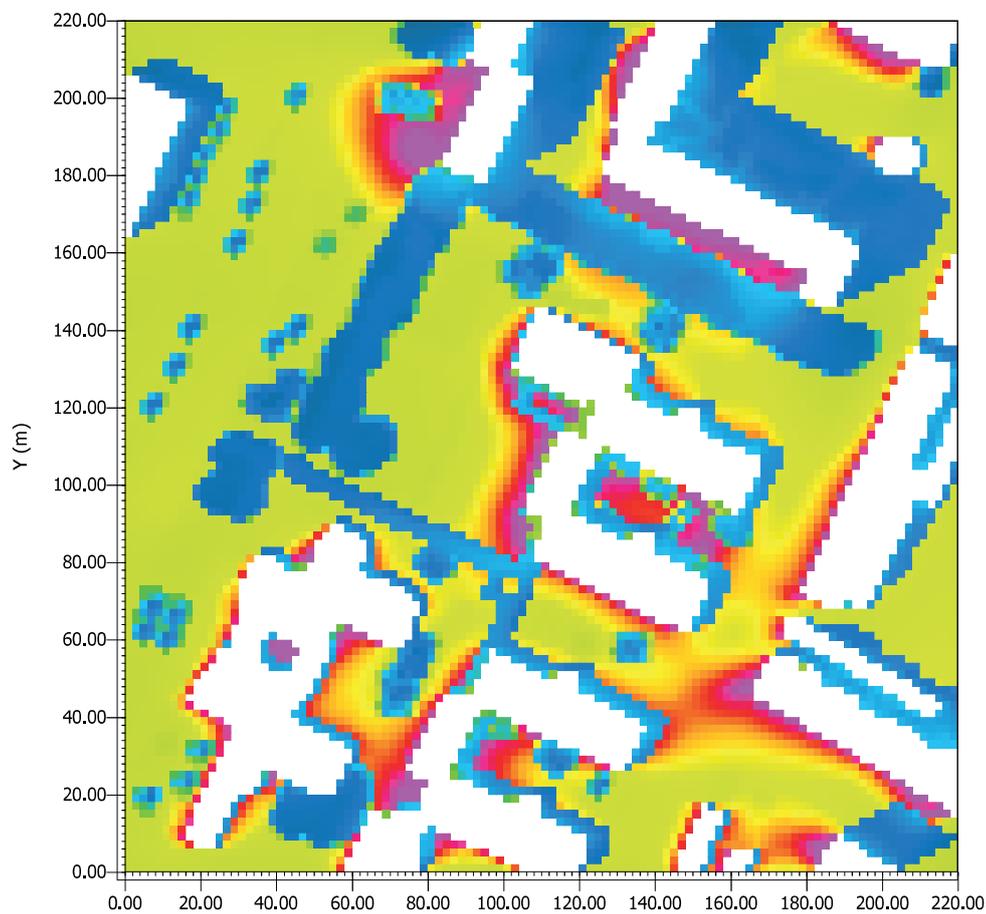


Figure 1: Calamandrei stato di fatto 15:00 19.07.2018
x/y Cut at k=1 (z=1,5000 m)

5.4.3. ATTIVITÀ CON GLI STUDENTI

L'iniziativa ha coinvolto una seconda media (D), composta da 25 alunni.

5.4.3.1. SOPRALLUOGO DURANTE LA PAUSA PRANZO

Solitamente le classi passano l'intervallo della mattina nei corridoi della scuola e la pausa pranzo in cortile. La visita è avvenuta nei primi giorni di novembre, quella mattina aveva piovuto e il cielo era nuvoloso. Nonostante il clima poco favorevole e il rischio di precipitazioni, gli studenti si sono precipitati in cortile per trascorrere il tempo libero.

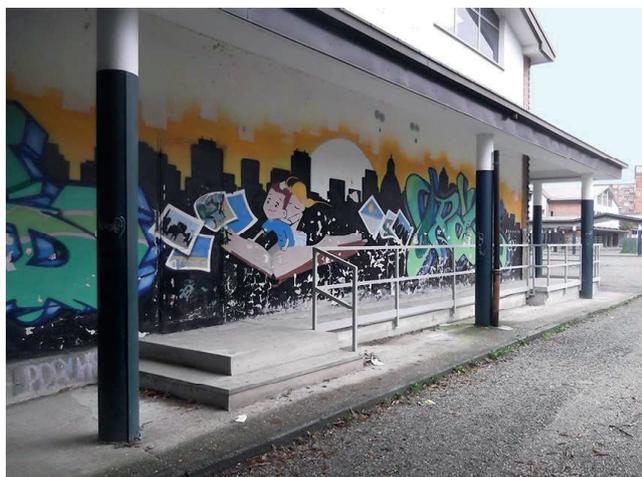
I ragazzi iniziano subito una partita a calcio: la seconda utilizza il prato e la lunetta in asfalto, terze e prime si dividono nei campi in asfalto e qualcuno nella zona in ghiaia. Ci sono i palloni, ma mancano le porte: mucchietti di giacche accatastate sul terreno delimitano l'area per i goal tanto desiderati.

Un ragazzo sta seduto sulla copertura del cavedio tecnico: riflette, osserva gli altri che giocano e scambia qualche parola con i compagni che passano da lì.

Le allieve di seconda passeggiano per il cortile, canticchiando e chiacchierando sottobraccio. Alcune studentesse, forse le più piccole di prima media, ballano, si rincorrono e sperimentano gioco di ruolo.

La tettoia che protegge l'ingresso della palestra è il ritrovo ideale per le ragazze: è uno spazio abbastanza protetto e raccolto e soprattutto c'è qualche gradino per sedersi e parlare.

Un gruppetto tutto al femminile, probabilmente di terza, si è portato qui i libri di scuola per ripassare in previsione dell'interrogazione pomeridiana. Allo stesso modo sono utilizzati i gradini dell'ingresso della scuola.



Tettoia della palestra

5.4.3.2. ATTIVITÀ INTRODUTTIVA E ANALISI INDIVIDUALE

La classe ha partecipato attivamente, con curiosità e interesse.

Gli studenti, supportati dalla professoressa di matematica e scienze, hanno individuato con facilità i principali elementi che influiscono sulla temperatura superficiale dei materiali: ombreggiamento, assorbimento della radiazione, colore, sottolineando la differenza tra l'asfalto tradizionale e quello verde del loro campo sportivo.

Il brainstorming sul cortile è stato la prima occasione per evidenziare le criticità del cortile: i ragazzi si lamentano per l'assenza di attrezzature sportive – porte da calcio e canestri – sostenendo che potrebbero essere utilizzate quelle presenti nella palestra, trasportandole all'aperto, quando necessario.

Come ci racconta A., questo già avviene durante il centro estivo di basket, organizzato nella scuola tra giugno e luglio.

Durante il primo sopralluogo estivo, infatti, nel cortile erano presenti 4 canestri e alcune panchine.

In quell'occasione, la tettoia della palestra è stata molto usata dai partecipanti, per recuperare le energie e rilassarsi all'ombra.

L'intensa attività fisica svolta nei due campi asfaltati completamente soleggiati, unita alle elevate temperature (aria e superfici), è stata motivo di affaticamento e discomfort. Questo è stato confermato anche dall'animatrice del minibasket, che ha più volte invitato i ragazzi a bagnarsi la testa e a riposarsi sotto il porticato.

Dopo questa fase introduttiva, ogni studente ha ricevuto un'immagine aerea della propria scuola e un questionario, per ragionare individualmente sugli spazi e sulle necessità del cortile.



Foto del 14/06/2018, durante il Basket Camp.

Di seguito sono riportate le domande del questionario:

1. Ti piace trascorrere la pausa pranzo nel cortile?
2. Cosa pensi del tuo cortile, perché?
3. Pensando al tuo cortile, qual è il tuo posto preferito, perché?
4. Qual è il posto del cortile che ti piace di meno? Come mai?
5. Cosa fai di solito nel cortile? Con chi?
6. Quali attività, che ora non sono possibili, ti piacerebbe fare nel tuo cortile?
7. C'è qualcosa che vorresti cambiare o aggiungere in questo spazio?
8. Cosa pensi sia fondamentale per un buon cortile? Perché?
9. Ritieni che la vegetazione sia importante per un cortile? Come mai?

La pausa pranzo è un momento molto importante della giornata, per trascorrere un po' di tempo all'aperto, in uno spazio ampio, lontano dalla classe e della preoccupazioni scolastiche.

Il cortile rappresenta per gli studenti un luogo di:

- **SVAGO E RELAX:** "Mi piace perché comunque è un momento di svago all'aperto, per parlare e 'giocare' con le compagne (D4)", "Mi piace perché mi diverto e mi riposo dalla lezione (D15)", "Mi piace andare in cortile perché dopo molte ore di lezione ci vuole un po' di svago. (D24)"
- **ATTIVITÀ FISICA:** "Mi piace tantissimo perché giochiamo a calcio e mi sfogo. (D12)", "Sì, mi piace molto andare in cortile così posso passeggiare e correre. (D18)".
- **LIBERTÀ:** "Mi piace anche perché è un momento di libertà (D1)", "[...] perché essendo grande siamo tutti più liberi. (D14)", "Mi piace perché c'è più possibilità di libertà e ci divertiamo (D21)".
- **SOCIALIZZAZIONE:** "Mi piace molto perché passo molto più tempo vicino alle mie amiche e possiamo stare tutte insieme. (D5)", "Mi piace perché mi posso sfogare con le mie amiche. (D22)", "Mi piace perché [...] posso trascorrere il tempo con alcune persone che, durante l'intervallo in corridoio, non posso vedere. (D3)", "Ho amici anche nelle altre classi e quindi posso stare anche con loro. (D10)"

Non è quindi soltanto uno spazio per interagire con i compagni di classe, ma permette di incontrare tutti gli amici che frequentano la Calamandrei.

Nonostante il cortile sia generalmente apprezzato, pochi alunni lo ritengono perfetto; la maggior parte dei giovani è consapevole dei limiti e lo descrive in modo critico:

m^o 13

RIPENSIAMO IL NOSTRO CORTILE!

1) Dove trascorri solitamente l'intervallo/pausa pranzo (non considerare il periodo invernale)?

In classe.

Negli spazi comuni interni. (corridoio, atrio...)

Nel cortile.

Sia all'interno che all'esterno.

Come mai?

A ME PIACE MOLTO ANDARE IN CORTILE PER PASSEGGIARE E PARLARE. MI PIACE ANCHE PERCHÉ È UN MOMENTO DI LIBERTÀ.

2) Cosa pensi del tuo cortile, perché?

A ME IL CORTILE PIACE MOLTO PER PASSEGGIARE.

3) Pensando al tuo cortile, qual è il tuo posto preferito? Perché?

IL MIO POSTO PREFERITO È LA PARTE VICINA ALLA PALESTRA SOTTO LA TETTOIA PER CHACCHERARE CON LE MIE MIGLIORI AMICHE.

4) Qual è il posto che ti piace di meno? Come mai?

IL POSTO FORSE CHE MI PIACE DI MENO È IL CAMPO DA CALCIO PERCHÉ MI ARRIVANO SEMPRE LE PALLONATE.

5) Cosa fai di solito nel cortile? Con chi?

IO NEL CORTILE PASSEGGIO CON LE MIE MIGLIORI AMICHE OPPURE BALLO.

6) Quali attività, che ora non sono possibili, ti piacerebbe fare nel tuo cortile?

VORREI UNO SPAZIO PER BALLARE OPPURE POTER MANGIARE FUORI.

7) C'è qualcosa che vorresti cambiare o aggiungere in questo spazio?

VORREI TAGLIARE UN POCO PIÙ DI VERDE.

8) Ritieni che la vegetazione sia importante per un cortile? Come mai?

PER ESSERE UN BUON CORTILE SECONDO ME DEVE ESSERE GRANDE, VERDE, UN POSTO PER RILASSARSI E PIÙ POSTI ALL'OMBRA.

SECONDO ME SÌ, SOPRATTUTTO MOLTO VERDE E TAGLIATI ALBERI.

GRAZIE MILLE PER LE TUE RISPOSTE.

SCUOLA SECONDARIA I GRADO
PIERO CALAMANDREI

ES Maschio Femmine

Questionario completato dagli alunni

"Il cortile mi piace, ma secondo me c'è troppo sole, per questo preferisco stare all'ombra (D2)".

"Mi piace, ma preferirei ci fossero un po' più di colori e di vivacità (D5)".

"Penso che vada bene perché c'è abbastanza spazio, però non c'è molta ombra (D6)".

"Mi piace abbastanza, mi piacerebbe di più se ci fosse una rete da pallavolo o comunque qualche cosa per riuscire a fare sport (D9)".

È un bel cortile molto spazioso, ma manca un po' d'erba per giocare e non farsi male. (D11)"

"Mi piace, ma si potrebbero aggiungere le porte da calcio che abbiamo in palestra. (D13)"

"Mi piace, ma potrebbe essere migliorato perché è molto grande, ma mancano degli attrezzi (porte, fontanella, rete da pallavolo). (D15)"

"È monotono, la fantasia non c'è. (D17)"

Come emerge dai loro elaborati, le attività e le abitudini degli adolescenti cambiano molto in base al genere.

Le ragazze amano passeggiare e chiacchierare con le amiche, i ragazzi si dedicano alle partite di calcio, unico sport di squadra praticabile in questo periodo: "Gioco a calcio con i miei compagni, non c'è nient'altro da fare (D17)".

Di conseguenza, gli spazi preferiti del cortile rispecchiano queste differenze e sono utilizzati in modo praticamente esclusivo: il gruppetto di compagni si appropria del prato per giocare a calcio, "Il mio posto preferito è il prato perché gioco a calcio con i miei amici (D6)", mentre le ragazze prediligono la "tettoia vicino alla palestra, per chiacchierare con le migliori amiche (D1)" e un percorso che attraversa tutto il cortile per passeggiare e confidarsi.

Il posto che piace di meno ad alcune di loro è proprio il campo da calcio, perché ricevono le pallonate dai loro compagni e diventa fangoso quando piove, quindi impossibile da attraversare senza sporcarsi le scarpe.

In generale i luoghi meno apprezzati sono quelli poco usati, come il cortile interno, l'area intorno al vano tecnico e la zona d'ingresso in ghiaia: "(Non mi piace) l'ingresso, perché c'è il ghiaietto e ho paura di cadere e farmi male (D11)", "La parte con le pietruzze è inutilizzata da tutti e non si riesce a giocare e correre (D13)", "È difficile trascinare il trolley (D25)".

I desideri e le esigenze degli studenti possono essere così sintetizzati:

ATTREZZATURE E CAMPI SPORTIVI: porte per il calcio, erba (possibilmente) sintetica, rete da pallavolo, canestri e palco per ballare.

AREE RELAX: panchine per rilassarsi all'ombra,



Mappe del cortile realizzate dagli studenti (2 maschi e 2 femmine):
Come viene utilizzato? Quali attività fai di solito?
Indica sulla mappa i luoghi e le funzioni corrispondenti ed evidenzia in rosso il tuo luogo preferito.

all'aperto, una fontanella, più verde e percorsi pavimentati.

AREE DIDATTICHE: *spazi per lezioni all'aperto, non solo educazione fisica e un orto ben organizzato.*

Il risultato sarebbe uno spazio più confortevole: "Vorrei camminare senza sporcarmi le scarpe passando nel solito posto e non nel campo da calcio o cambiando strada. (D10)"

"Spesso quando giochiamo a calcio litighiamo per capire se è goal o no, quindi vorrei giocare in un campo normale e con le porte. (D11)"

Secondo la loro opinione il cortile ideale dovrebbe essere confortevole, ampio e pulito, con posti per sedersi e attrezzature. Dovrebbero esserci sia spazi soleggiati che ombreggiati, per svolgere al meglio tutte le attività e prati per giocare in sicurezza e apprezzare la bellezza della natura: *"Al posto della ghiaia e dell'asfalto più verde, perché la natura è bella e mi fa sentire libero. (D8)"*

Tutti gli studenti ritengono che la vegetazione sia importante, in relazione a molteplici punti di vista:

ESTETICO E DECORATIVO: *"Le piante sono belle. (D2)", "Sì, altrimenti mi darebbe la sensazione di essere in una strada. (D3)", "[...] rendono tutto molto più allegro, danno colore e felicità, soprattutto in un posto dove ci sono i bambini è molto importante. (D5)", "Perché se non ci fosse il verde, sarebbe tutto di colore grigio o bianco – un po' triste no? (D17)"*

AMBIENTALE: *"Perché gli alberi fanno ombra, un prato per differenziare il colore dell'asfalto (D6)", "[...] grazie alla vegetazione c'è più ossigeno. (D12)"*

PSICOLOGICO: *"Sì, perché mi fa sentire libero. (D8)", "Perché oltre a dare un aspetto migliore, dà anche una sensazione più di relax. (D9)", "[...] per rilassarsi nella vegetazione. (D24)"*

SICUREZZA PERCEPITA: *"Sì, perché comunque se uno dovesse cadere sull'erba non si farebbe molto male, invece sull'asfalto c'è il rischio di sbucciarsi ginocchia, gomiti...(D14)", "Tutti i campi in erba così quando si cade non ci si fa male.(D16)"*

L'erba comunque non deve caratterizzare tutto il cortile, perché potrebbe limitarne l'utilizzo: dovrebbe essere disposta ai lati del campo da gioco (D11), "Non deve essere troppa e non ci deve essere fango (D10)", "Non troppa per lasciare l'opportunità a chi preferisce giocare e non vuole godersi la natura. (D24)"

5.4.3.3. TEAMWORK DI PROGETTAZIONE

Gli alunni sono stati suddivisi in 5 gruppi misti, affinché fossero considerate sia le esigenze dei

ragazzi, che delle ragazze.

I banchi della classe sono stati organizzati in modo tale da creare 5 isole di lavoro, per facilitare l'attività. Ogni team ha avuto a disposizione un cartellone come base, una planimetria del cortile allo stato di fatto e alcune fotografie di riferimento, oltre a tutto l'occorrente per disegnare e colorare.

Gli studenti hanno lavorato in totale autonomia e libertà; mi sono limitata ad una funzione di supporto, per non influenzare in alcun modo le loro scelte progettuali.

Sebbene all'inizio ci siano state delle piccole difficoltà tra i componenti, ogni gruppo si è messo in gioco con entusiasmo ed è riuscito a portare a termine la propria proposta.

Dopo una prima fase di riflessione sugli obiettivi, funzioni ed elementi da inserire, il team si è organizzato per rappresentare al meglio il proprio progetto. Il principale motivo di tensione è stato la scelta della destinazione d'uso dei campi sportivi, con un prevedibile disaccordo tra i maschi e le femmine.

Ogni membro ha ricoperto spontaneamente un ruolo diverso all'interno del gruppo, fondamentale per il suo equilibrio. Il leader ha saputo coordinare i compagni, il mediatore ha facilitato la comunicazione, l'oppositore ha rimesso in gioco gli accordi, il creativo ha proposto nuove idee e il pragmatico le ha realizzate.

Osservando i lavori dei ragazzi è possibile rilevare alcuni elementi comuni:

- SOSTITUZIONE DELLA ZONA IN ASFALTO SETTENTRIONALE CON UN PRATO,
- VALORIZZAZIONE DEI CAMPI SPORTIVI CON SUPERFICI COLORATE E ATTREZZATURE (canestri, porte, rete da pallavolo, attrezzi ginnici...)
- SISTEMAZIONE DELL'ORTO DIDATTICO, senza modificarne la posizione,
- INSERIMENTO DI PANCHINE E SEDUTE NELLE AREE OMBREGGiate DAGLI ALBERI,
- AGGIUNTA DI CESTINI E RASTRELLIERE PER LE BICI,
- VALORIZZAZIONE DEI PORTICI con sedute, altalene e giochi (biliardino e ping-pong).

Due gruppi hanno ipotizzato di superare il dislivello tra la parte in ghiaia e i campi sportivi, inserendo dei gradini.

5.4.3.4. PUNTO DI VISTA DELLE INSEGNANTI

Il questionario è stato compilato in classe dalle due professoresse presenti durante le attività.

1) Porta volentieri i ragazzi in cortile? Come mai?

- a. Li porto raramente e molto malvolentieri, perché non c'è verde e ho paura che si facciano male.
- b. Sì, per loro è un momento per staccare e scaricarsi.

2) Quali sono le attività e i posti preferiti dai ragazzi?

- a. Ai ragazzi piace correre, giocare a calcio, nascondino, chiacchierare.
- b. Per i ragazzi il prato dove giocano a calcio, per le ragazze i portici dove camminano chiacchierando.

3) Cosa pensa del cortile della sua scuola, quali sono i punti di forza e le criticità?

- a. È grande e recintato / assolato, asfalto e ghiaia
- b. È grande ma poco valorizzato.

4) C'è qualcosa che cambierebbe o aggiungerebbe in questo spazio? Come mai?

- a. Lo cambierei completamente: prati e vegetazione
- b. Metterei un campetto da calcio e uno da basket, delle panchine e punti verdi.

5) Secondo la sua opinione, quali sono le caratteristiche fondamentali e gli elementi necessari per un buon cortile?

- a. Aree giochi, aree per sedersi con tavoli, prato e piante.
- b. Aree ludiche e di condivisione

Nonostante l'esiguo numero di docenti intervistati, queste risposte riassumono bene le caratteristiche del cortile e i possibili atteggiamenti circa il suo utilizzo. Una delle insegnanti accompagna volentieri gli studenti in cortile, a differenza dell'altra, che lo fa raramente, temendo per la loro sicurezza.

Lo spazio aperto della Calamandrei ha sicuramente il pregio di essere molto ampio, ma è poco strutturato e dovrebbe essere valorizzato. Entrambe le professoresse infatti, esprimono la necessità di aumentare la vegetazione, inserire giochi e panchine.



Cartellone realizzato da uno dei gruppi: gli studenti hanno elaborato la propria proposta per il nuovo cortile disegnando e colorando direttamente la planimetria, aggiungendo immagini di riferimento e didascalie.

5.4.4. SINTESI DEI RISULTATI

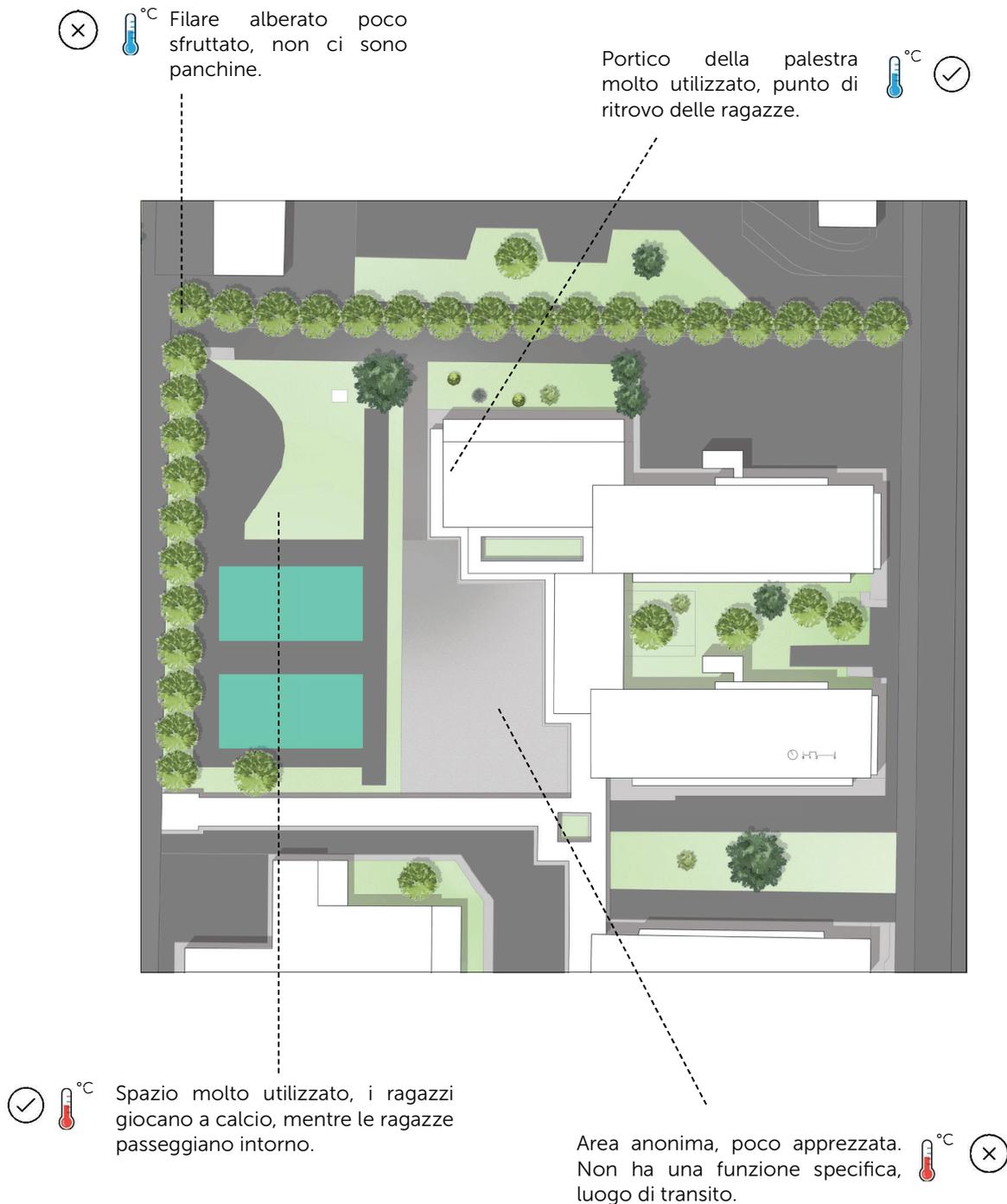
I due approcci, quantitativo e qualitativo, hanno permesso di valutare in modo approfondito le condizioni attuali del cortile, prendendo in considerazione il benessere termico, la funzionalità e la fruibilità degli spazi, le esigenze e le preferenze degli studenti.

Gli elementi positivi dello spazio esterno sono sicuramente l'ampiezza e la presenza del filare alberato e dei portici.

Il cortile però non è strutturato, mancano attrezzature e arredi che favoriscano la socializzazione.

L'area in ghiaia è una superficie molto estesa, ma priva di funzione e di percorsi che colleghino l'edificio scolastico al portico d'ingresso.

Nelle aree non ombreggiate, caratterizzate da materiali impermeabili con basso albedo, si registrano condizioni di estremo disagio termico.



5.5. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- [1] <http://www.progireg.eu/>
- [2] <http://www.comune.torino.it/verdepubblico/2018/altre-news18/parte-il-progetto-europeo-progireg-le-tecnologie-n.shtml>
- [3] <http://www.torinoggi.it/2018/11/05/mobile/leggi-notizia/argomenti/attualita-8/articolo/il-team-progireg-in-visita-a-mirafiori-sud-entra-nel-vivo-la-rigenerazione-verde-della-periferia.html?fbclid=IwAR296lcZT4EqhoYTvJqMq-qeobDQJoBE3H9Df1g97P5NU00YC7jwuCdX5ms8>
- [4] https://www.fondazionemirafiori.it/files/180124_report-miraforum-2018_def.pdf
- [5] <http://www.progireg.eu/turin/>
- [6] <http://www.comune.torino.it/verdepubblico/2018/altre-news18/orti-general-Mirafiori-regala-un-orto.shtml>
- [7] <http://www.torinoggi.it/2018/10/07/mobile/leggi-notizia/argomenti/torinoggiit/articolo/orti-didattici-e-pastori-nel-nuovo-parco-piemonte-a-mirafiori-lagricoltura-di-domani-foto.html>
- [8] Incontro con la Fondazione Mirafiori e il Laboratorio Città Sostenibile, 30/01/2019
- [9] https://www.scuolaelementarecolloditorino.gov.it/pvw/app/TODD0014/pvw_sito.php
- [10] <http://geoportale.comune.torino.it/geocatalogocoto/?sezione=mappa>
- [11] <http://www.scuolacalamandrei.org/>
- [12] <http://www.arpa.piemonte.it/dati-ambientali/richesta-dati-orari-meteorologici>
- [13] PEYRONEL, VALENTINA, *I cortili scolastici come luoghi per implementare tecniche di mitigazione dell'isola di calore urbana in un'ottica di inclusione sociale: casi studio nel comune di Collegno*, relatore: Valentina Serra, correlatore: Alfredo mela, Politecnico di Torino, 2015.
- [14] GASPARI J., FABBRI K, LUCCHI M., *The use of outdoor microclimate analysis to support decision making process: Case study of Bufalini square in Cesena in Sustainable Cities and Society*, 42, 2018, pp. 206–215.
- [15] KLEEREKOPER L., TALEGHANI M., VAN DEN DOBBELSTEEN A., HORDIJK T., *Urban measures for hot weather conditions in a temperate climate condition: A review study in Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 2017, pp. 515–533
- [16] Fabbri K e Roberti G., REBUS. Guida all'utilizzo di ENVI-MET, Regione Emilia-Romagna, Bologna, 2017.
- [17] <https://www.envi-met.com/>
- [18] KYRIAKODIS G., SANTAMOURIS M., *Using reflective pavements to mitigate urban heat island in warm climates - Results from a largescale urban mitigation project*, in *Urban Climate* 24, 2018, pp. 326–339
- [19] <http://geoportale.comune.torino.it/geocatalogocoto/?sezione=mappa>
- [20] CIAFFI DANIELA E MELA ALFREDO, *Urbanistica partecipata: modelli ed esperienze*, Carrocci, Roma, 2011.
- [21] <https://www.lacittadeibambini.org/partecipazione/>
- [22] LEONE LILIANA, *FTP Forme in Trasformazione della Partecipazione. Rapporto di ricerca sui processi partecipativi dei giovani e sui loro effetti*, CEVAS, Roma, 2011.
- [23] OLIVERO ANNALISA, *Il bambino e la città: principi ed esperienze di progettazione partecipata*, serie Appunti di politica territoriale, Celid, Torino, 2005.
- [24] PEARSON REBECCA E HOWE JULIA, *Pupil participation and playground design: listening and responding to children's views*, in *Educational Psychology in Practice*, vol. 33, n° 4, 2017, pp. 356–370.
- [25] FORTUNATI A., FUMAGALLI G., GALLUZZI S., *La progettazione dello spazio nei servizi educativi per l'infanzia*, Junior, Azzano San Paolo (BG), 2008.
- [26] GARIBOLDI ANTONIO, *Valutare il curricolo implicito nella scuola dell'infanzia*, Junior, Azzano San Paolo (BG), 2007.
- [27] HART ROGER, *Children's participation. From Tokenism to Citizenship*, in *Innocenti Essays*, 4, UNICEF, Firenze, 1992.
- [28] RESTAINO ROSANNA (a cura di), *Costruiamo il nostro spazio. Percorso di progettazione partecipata aa. ss. 2005-2006 e 2006-2007*, Junior, Azzano San Paolo, 2008.
- [29] GARIBOLDI A. (A CURA DI), FABBRI C. (A CURA DI), MAURO D. (A CURA DI), *La cosa più difficile è farlo stare in piedi. Spazi e contesti alla scuola dell'infanzia*, Junior, Azzano San Paolo, 2008.
- [30] CLARK ALISON E MOSS PETER, *Ascoltare i bambini. L'approccio a mosaico*, Junior, Reggio Emilia, 2014.
- [31] VILLANEN, H. E ALERBY, e., *The sense of place - voices from a schoolyard*, in *Education in the North*, University of Aberdeen, 20 (Special Issue), 2013, pp. 26–38.
- [32] JANSSON M., MARTENSSON F., GUNNARSSON A., *The meaning of participation in school ground greening: a study from project to everyday setting*, in *Landscape Research*, vol. 43, n° 1, 2018, pp. 163–179.
- [33] B. WEYLAND, S. ATTIA, *Progettare scuole tra pedagogia e architettura*, Guerini, Milano, 2015.
- [34] NORDDAHL. K E EINARSDÓTTIR J., *Children's views and preferences regarding their outdoor environment*, in *Journal of Adventure Education and Outdoor Learning*, vol. 15, n°2, 2015, pp. 152–167.
- [35] EKSTRÖM MATTHIAS, *Children's Experiences of the Schoolyard, relatore: Tina Mathisen*, Kulturgeografiska institutonen, Uppsala Universitet, 2014.
- [36] CHAWLA L., KEENA K., PEVEC I., STANLEY E., *Green schoolyards as havens from stress and resources for resilience in childhood and adolescence*, in *Health & Place*, 28, 2014, pp. 1–13.
- [37] BREUNIG C. MARY, *Sustaining schoolyard pedagogy through community academic partnerships*, in *Loisir*, vol. 41, n°3, 2017, pp. 467–490.
- [38] VAN DIJK-WESSELIUS J.E., MAAS J., HOVINGA D., VAN VUGT M., VAN DEN BERG A.E, *The impact of greening schoolyards on the appreciation, and physical cognitive and social-emotional well-being of schoolchildren: A prospective intervention study*, in *Landscape and Urban Planning*, 180, 2018, pp. 15–26.
- [39] JANSSON M., ABDULAH M., ERIKSSON A., *Secondary school students' perspectives and use of three school grounds of varying size, content and design*, in *Urban Forestry & Urban Greening*, 30, 2018, pp. 115–123.

6

PROPOSTE PROGETTUALI

6.1. GLI ELEMENTI DEL CORTILE

I cortili scolastici dovrebbero essere spazi a misura di bambino, progettati per favorire esperienze ludiche, educative e relazionali, in un ambiente confortevole e sicuro.

Uno spazio aperto di qualità richiede l'integrazione di differenti elementi:

- **PERCORSI:** vialetti e sentieri definiscono le vie di passaggio, lasciando intatte le zone per il gioco. Un'attenzione particolare deve essere rivolta anche ai percorsi carrabili (fornitori, servizio mensa, raccolta rifiuti e soccorsi).
- **DISLIVELLI:** i bambini amano salire e scendere. I movimenti naturali del terreno sono una risorsa, possono essere arricchiti con gradini o scivoli. Altrimenti si possono creare collinette artificiali e dislivelli con tronchi disposti orizzontalmente oppure sezioni di tronco interrato di diverse altezze.
- **MURETTI:** suddividono lo spazio in zone più raccolte, senza chiuderlo completamente. Servono anche come piano d'appoggio, sedute, elementi di salita e discesa.
- **RECINZIONE:** deve essere ricettiva, permeabile visivamente per permettere il contatto con il contesto sociale adiacente e con la vita quotidiana: la piazza, la strada, le residenze, ...
- **COPERTURE E STRUTTURE OMBREGGIANTI:** proteggono dalla pioggia, dal vento e dalla radiazione solare permettendo di vivere il cortile anche quando il clima è meno favorevole. Si possono sfruttare anche per mangiare e svolgere lezioni all'aperto.
- **ARREDI E ATTREZZATURE:** sono principalmente pensati per il gioco e l'attività sportiva, per sperimentare movimenti emozionanti e mettersi alla prova. L'ideale sarebbe integrarli con il contesto, sfruttando la topografia del terreno e gli elementi presenti [1]: un ponticello tra due collinette, uno scivolo inserito nel pendio, una capanna tra i rami degli alberi. Non dovrebbero essere l'unica attrazione del cortile, perché in tal caso sarebbero fonte di stress e litigi: solo se inserite in un giardino accogliente saranno utilizzate in modo disteso e creativo. È molto importante che vengano plasmati dalla fantasia dei bambini: meglio un arredo leggero [2], dal design neutro, che lasci spazio all'immaginazione degli utenti e venga usato in modo innovativo. Sono preferibili le attrezzature utilizzabili contemporaneamente da più alunni, così da favorire la relazione. Inoltre, devono essere ben calibrate all'età, affinché siano auto-gestibili da parte dei bambini, sotto la supervisione degli adulti. [3] Le attrezzature sportive dovrebbero soddisfare le esigenze sia dai ragazzi che delle ragazze. Per la sicurezza degli utenti, bisogna mantenere delle fasce di rispetto minime attorno agli impianti sportivi.
- **MATERIALI E COLORI:** la percezione dello spazio è influenzata dai colori e dai materiali utilizzati. I materiali dovrebbero essere atossici, resistenti e a bassa manutenzione. Sono preferibili quelli naturali e permeabili. Per quanto riguarda i colori, spesso si prediligono quelli forti e allegri, "in realtà, questo stile festoso è una forzatura, può servire per richiamare l'attenzione in un primo momento [...]. A lungo andare, nel quotidiano è preferibile avere attrezzature con colori naturali, tenui, armoniosi. [1] La natura regala al cortile una ricca varietà cromatica che rende l'ambiente stimolante: fiori, frutti, foglie creano un setting sempre nuovo in base alla stagione. Resine e vernici colorate, stencil e giochi disegnati a pavimento, possono essere applicati sull'asfalto e sul cemento, per vivacizzare l'ambiente, aumentarne la giocabilità e ridurre le temperature superficiali dei materiali.
- **ZONE PAVIMENTATE:** bambini e ragazzi hanno bisogno di superfici pavimentate antiscivolo per giocare e praticare sport, da utilizzare soprattutto quando il terreno è fangoso a causa della pioggia. Le aree gioco devono essere provviste di pavimentazioni antitrauma per limitare i danni da caduta. Solitamente queste superfici sono



Scuola in Alto de Pinheiros, Base Urbana + Pessoa Arquitetos, San Paolo, Foto: Pedro Vannucchi [9]

realizzate in gomma colata o con mattonelle di gomma colorate, che sono impermeabili e hanno valori di albedo minimi, circa 0,1 [4].

Ci sono valide alternative naturali e permeabili: corteccia naturale, trucioli di legno, sabbia e ghiaia, con spessore variabile in relazione all'altezza di caduta. Il prato e il terreno naturale sono adatti per altezze di caduta di 1m.

- **SEDUTE:** la *sedibilità* [5] misura le opportunità di seduta presenti in uno spazio urbano, distinte in sedute primarie (panchine, sedie) e secondarie (muretti, scalinate,...).

Pur essendo un elemento fondamentale del cortile, spesso sono sottovalutate: gli alunni possono riposarsi, giocare e interagire con i compagni. Panchine disposte ad angolo facilitano la relazione di gruppo.

È importante scegliere con cura la posizione: da ogni seduta si può ammirare un angolo preciso del paesaggio. Inoltre, dovrebbero essere presenti sia in luoghi soleggiati che ombreggiati, per favorire una sosta piacevole in tutte le condizioni climatiche.

Questo arredo, se collocato in punti strategici, diventa fondamentale anche per l'insegnante, che da qui può osservare e intervenire, essere presente, ma non invadente. [6] Grazie ad essa gli adulti sono alla giusta altezza per dialogare con i bambini.

- **VEGETAZIONE** è l'elemento cardine dello spazio esterno, lo rende accogliente e variegato. La dimensione suggestiva e segreta di un giardino è dovuta in gran parte alla vegetazione, sia spontanea che coltivata. [1]

Parterre, siepi e alberi permettono di delimitare lo spazio aperto e creare zone funzionalmente differenti. La disposizione delle piante non deve essere casuale, poiché esprime una precisa volontà compositiva: un filare alberato materializza un'asse spaziale, un gruppo di alberi crea una zona boschiva in cui avventurarsi, un grande albero solitario diventa il punto di riferimento ... [7]

Le specie vegetali devono essere scelte con attenzione: servono piante atossiche, a bassa manutenzione, meglio se autoctone. È consigliabile abbinare specie decidue a sempreverdi e prevedere periodi di fioritura scaglionati per un giardino sempre colorato e vivace.

Gli alberi filtrano la radiazione solare, limitando i rischi dovuti allo stress termico e all'esposizione prolungata ai raggi UV. La loro chioma offre nicchie ombreggiate in cui rilassarsi e recuperare

le energie dopo l'attività motoria. Gli alberi da frutto permettono ai bambini di seguire il ciclo delle stagioni. Specie arboree con una ricca fioritura sono paulonia e ippocastano. Il tiglio ha fiori profumati e chioma molto ombreggiante. Le foglie del pioppo bianco fanno un piacevole fruscio, quelle del pioppo tremolo sono sempre in movimento. [1]

Alcuni alberi, in virtù del loro portamento e dell'apparato radicale, potrebbero determinare delle criticità: scarsa visibilità dei bambini da parte delle maestre, possibilità di arrampicarsi e raggiungere quote elevate, rischi dovuti alle radici affioranti. [8]

Le piante aromatiche (timo, salvia, rosmarino, menta, basilico,...), sono apprezzate per il loro profumo e per la possibilità di essere utilizzate dai bambini per far finta di cucinare. Il prato migliore è quello costituito da gramigna e leguminose, un manto erboso resistente che cambia con le stagioni.

Gli arbusti dovrebbero sempre essere presenti: grazie all'altezza ridotta creano un giardino a misura di bambino.



Sombra y juego, Jiménez y Bazàn Arquitectos S.L.P, Tenerife
Foto: Roberto Bazàn [10]

6.2. SCUOLA PRIMARIA C. COLLODI

6.2.1. PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE

Il progetto di riqualificazione interviene in modo mirato con l'obiettivo di valorizzare le potenzialità pedagogiche, sociali e ambientali del cortile.

Il nuovo spazio esterno è organizzato in aree funzionali, progettate come nicchie microclimatiche per il comfort termoigrometrico.

Le strategie adottate per la mitigazione del microclima possono essere così sintetizzate: incremento del verde, installazione di strutture ombreggianti, sostituzione dei materiali impermeabili "caldi" con materiali "cool" riflettenti e drenanti.

Queste stanze a cielo aperto offrono agli studenti la possibilità di giocare, esplorare e sperimentare in un ambiente confortevole, a misura di bambino.

- 1) COPERTURA-GIOCO
- 2) AULA DIDATTICA ALL'APERTO
- 3) IL BOSCO DI PINOCCHIO
- 4) LA ROTONDA DEI BAMBINI
- 5) IL NUOVO FILARE ALBERATO

I nuovi giochi e le sedute hanno un design semplice, che permette la libera espressione della fantasia dei bambini e l'utilizzo non convenzionale di spazi e attrezzature.

Il tappeto bituminoso rosso è stato sostituito con una resina colorata disegnata, per valorizzare lo spazio e aumentarne la giocabilità.

Particolare attenzione è stata rivolta alla fruibilità del cortile, grazie a soluzioni accessibili ed inclusive.

Per quanto riguarda la vegetazione sono state scelte specie vegetali resistenti a bassa manutenzione, sia sempreverdi che caducifoglie, con fioriture differenti.

Arbusti e erbacee perenni per l'aula didattica all'aperto e piante aromatiche per l'orto in cassone.





Calcestruzzo drenante



Selciato in tondelli di legno



Corteccia naturale



Massello autobloccante permeabile in calcestruzzo



Griglia salvaprato in plastica riciclata



Resina poliuretana per impianti sportivi



Berberis thunbergii - sempreverde



Timo, aromatica perenne



Cornus alba sibirica - decidua



Pinus mugo, conifera nana



COPERTURA-GIOCO

La copertura è stata pensata come un grande gioco colorato, che può essere utilizzato dai bambini in modi sempre nuovi e differenti. Il tappeto bituminoso rosso è sostituito da una resina colorata con giochi disegnati a pavimento.



L'AULA DIDATTICA ALL'APERTO

Uno spazio che permette ai bambini di immergersi nella natura, osservando le differenti specie vegetali e sperimentando direttamente la coltivazione, grazie agli orti didattici in cassone.



IL BOSCO DI PINOCCHIO

La zona alberata del cortile diventa un'area giochi a tema, con attrezzature in legno che offrono ai bambini momenti ludici sfidanti e stimolanti. Particolare attenzione è stata rivolta alla fruibilità dello spazio: corrimano ed elementi colorati come punti di riferimento visivi e tattili, e superficie inerbita con griglia salvaprato per rendere il terreno più stabile e adatto al passaggio della sedia a rotelle.



LA ROTONDA DEI BAMBINI

Questa zona ombreggiata dagli alberi diventa un luogo in cui i bambini possono rilassarsi, giocare e disegnare all'aperto.

6.2.2. SCENARIO ENVI_MET

La proposta progettuale è stata simulata con ENVI_MET per valutare l'effetto dell'intervento sul microclima e sul benessere degli utenti.

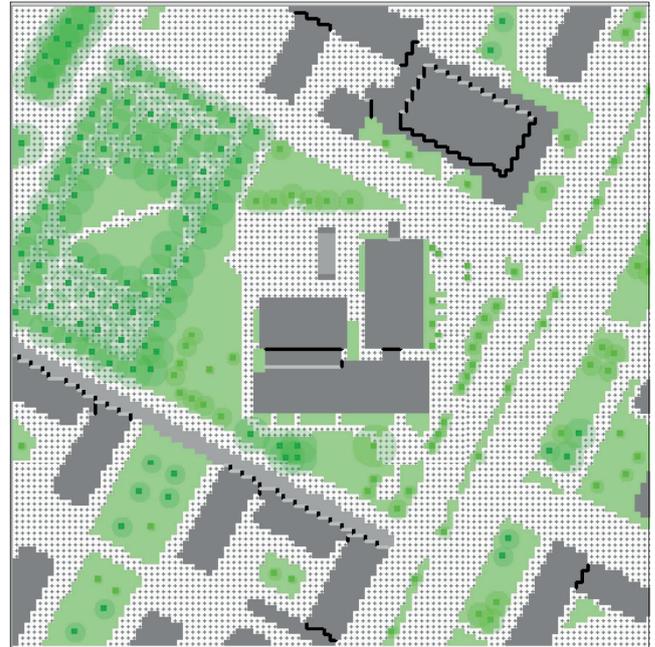
Lo scenario di progetto è stato realizzato a partire dal modello iniziale, introducendo gli elementi verdi e la copertura. I nuovi materiali sono stati creati confrontando il database del software con le schede tecniche e la letteratura scientifica. [11,12,13,14,15]

La simulazione è stata effettuata per la medesima giornata di riferimento, utilizzando il file di calcolo impostato per l'analisi dello stato di fatto.

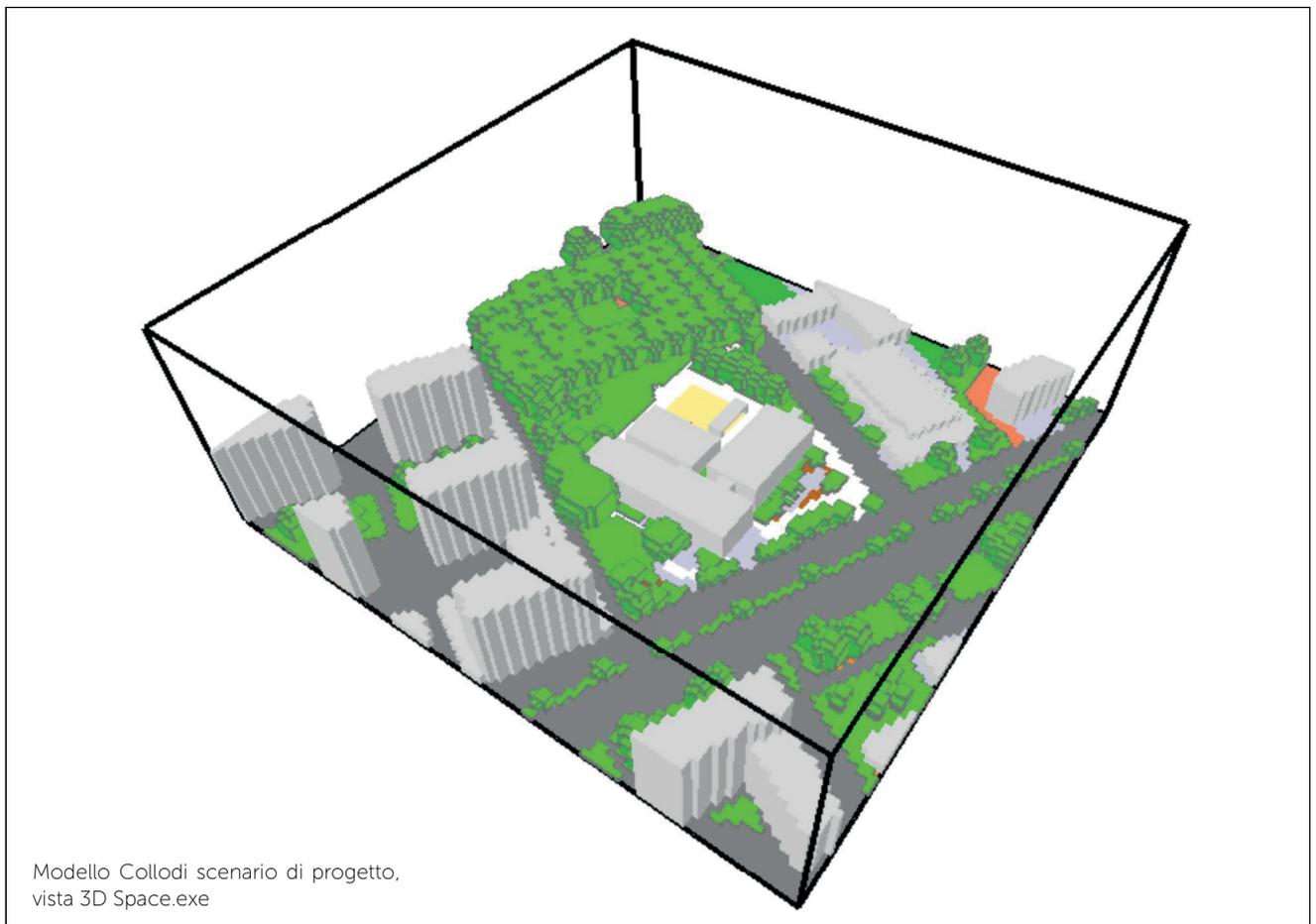
È stato utilizzato BioMet per calcolare l'indice PET e Leonardo per ricavare gli output.

Materiale	Soluzione ENVI_MET	Albedo
Resina arancione	Asphalt road	0,35
Selciato	Wood planks	0,80
Corteccia	Wood planks	0,80
Calcestruzzo drenante	Concrete pavement grey	0,50

Di seguito sono riportate le mappe con le distribuzioni spaziali della temperatura dell'aria, della temperatura media radiante, della temperatura superficiale e del PET di progetto, affiancate alle mappe relative allo stato di fatto.



Modello, vista aerea Space.exe

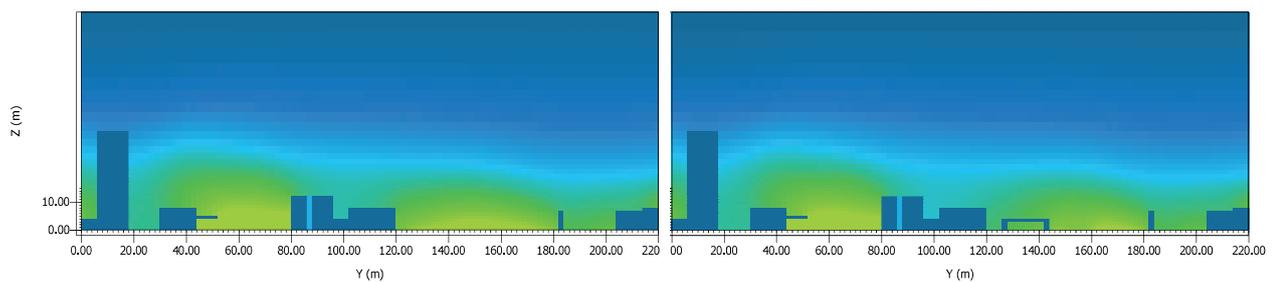
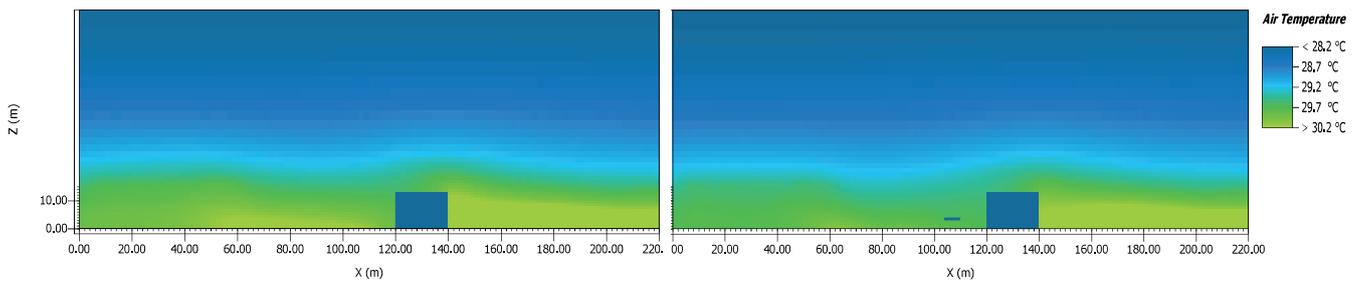
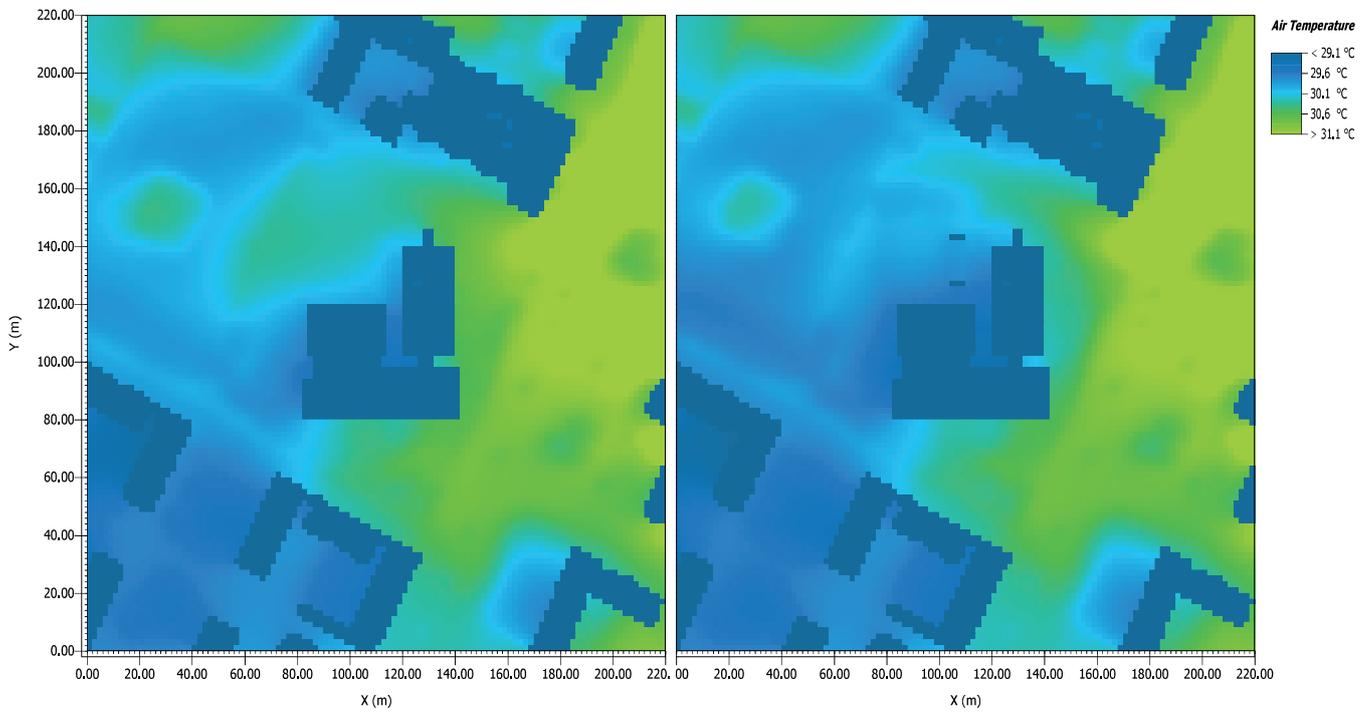


Modello Collodi scenario di progetto, vista 3D Space.exe

Distribuzione spaziale della Ta alle ore 11 del 19 luglio, relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=131m) e yz (x=105m)

STATO DI FATTO

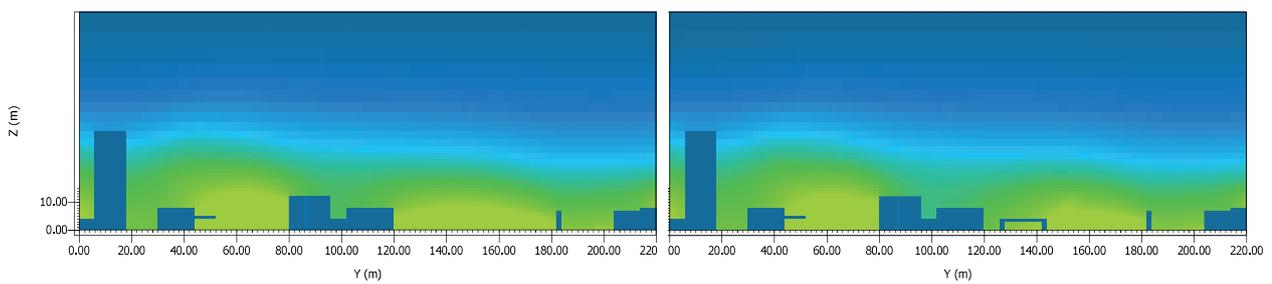
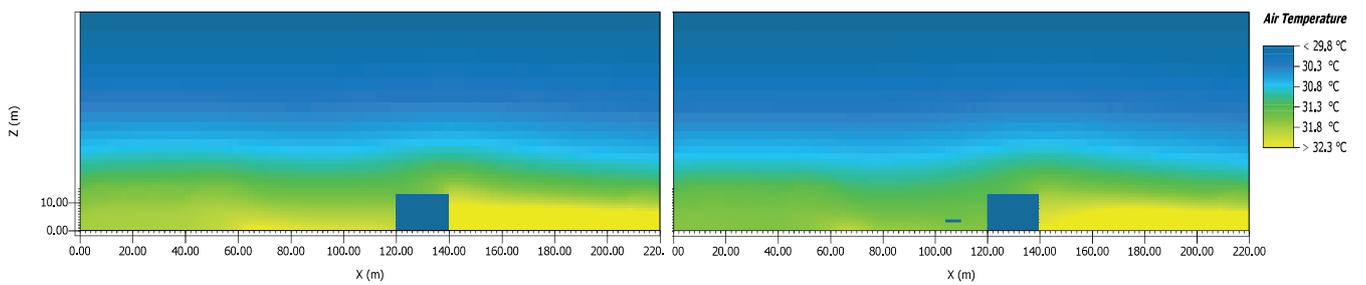
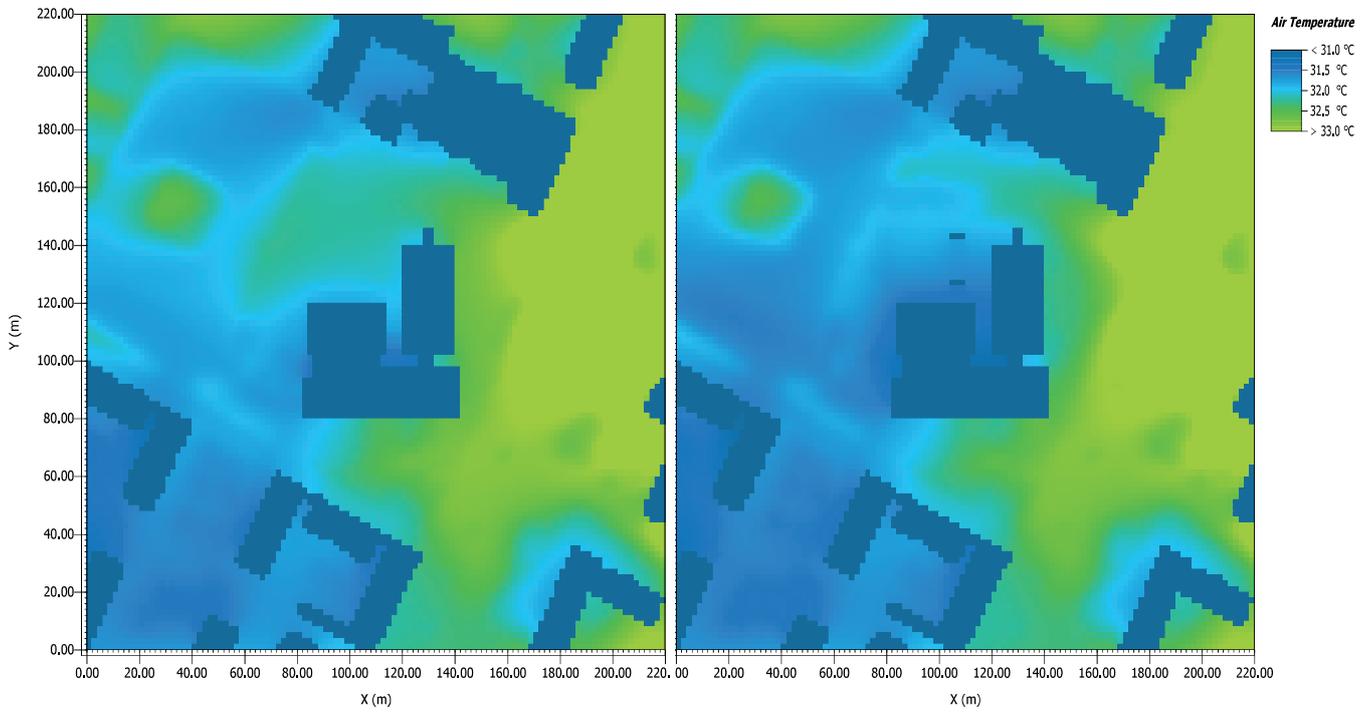
STATO DI PROGETTO



Distribuzione spaziale della Ta alle ore 13 del 19 luglio relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=131m) e yz (x=105m)

STATO DI FATTO

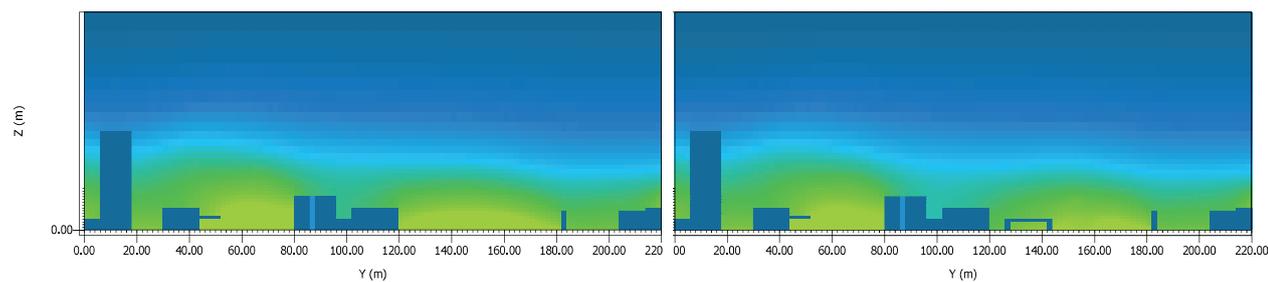
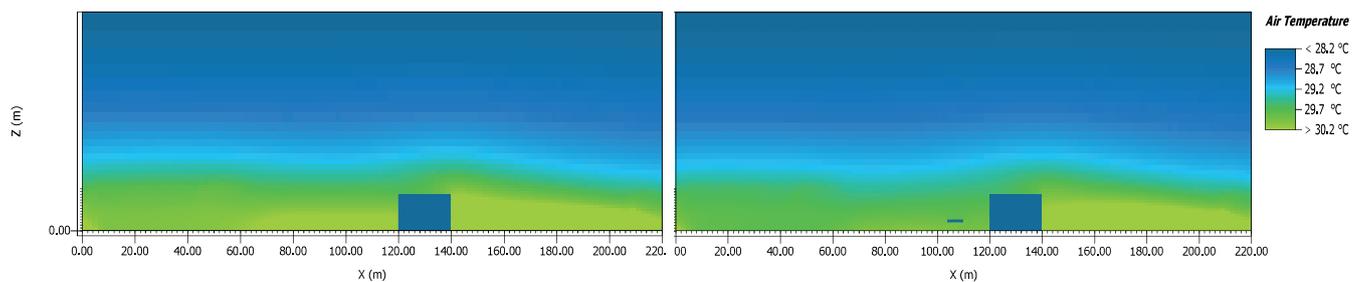
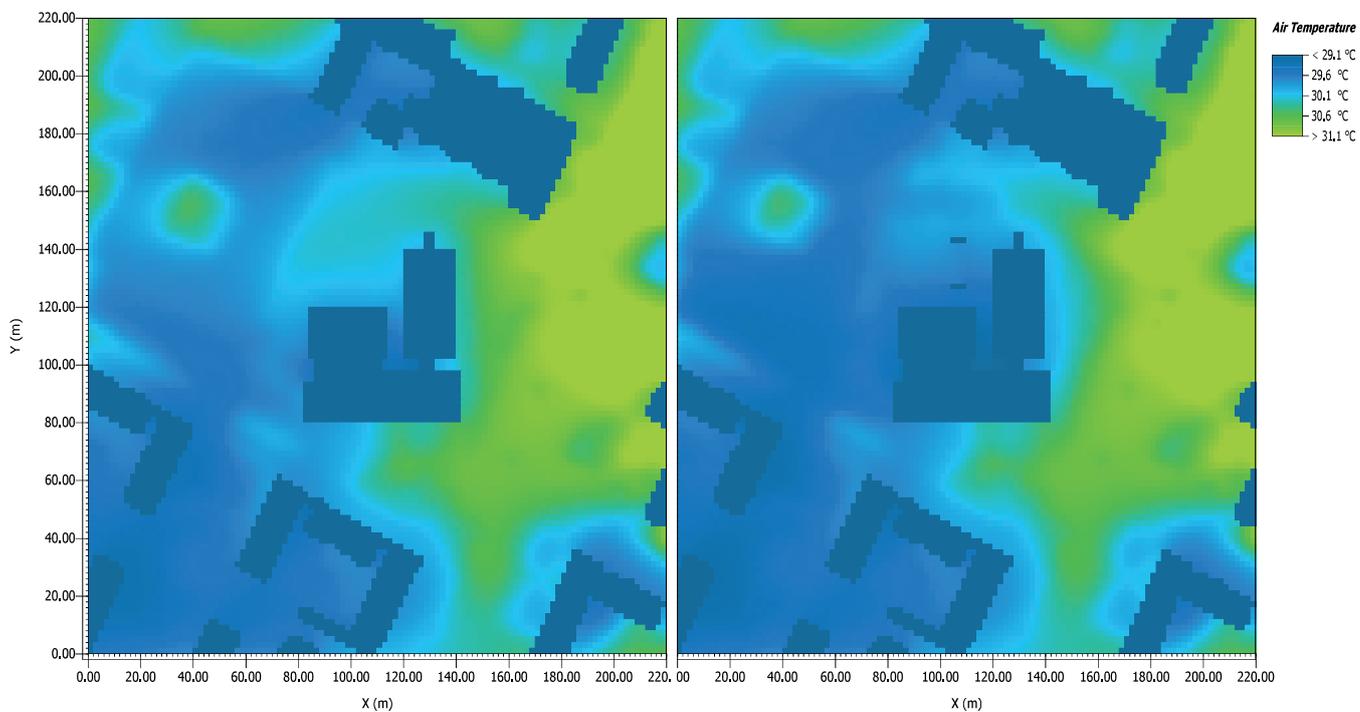
STATO DI PROGETTO



Distribuzione spaziale della Ta alle ore 15 del 19 luglio, relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=131m) e yz (x=105m)

STATO DI FATTO

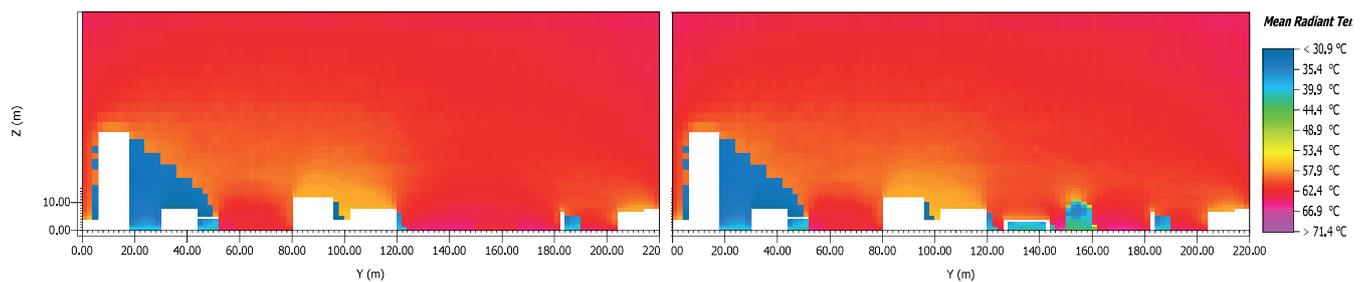
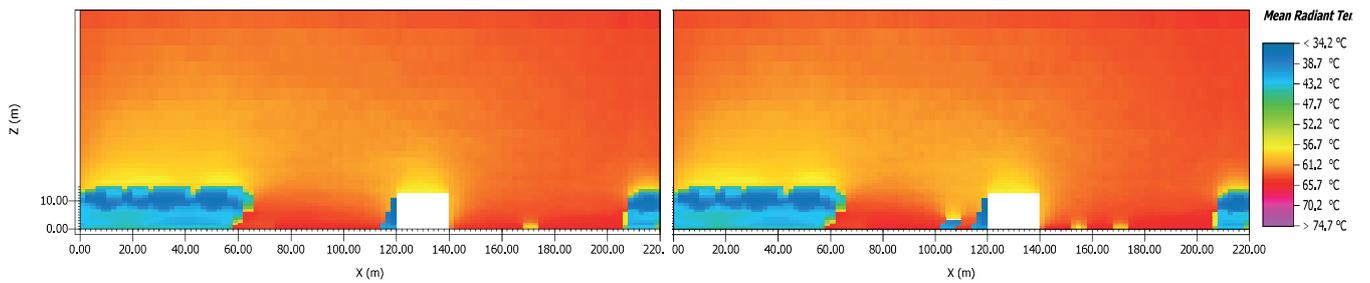
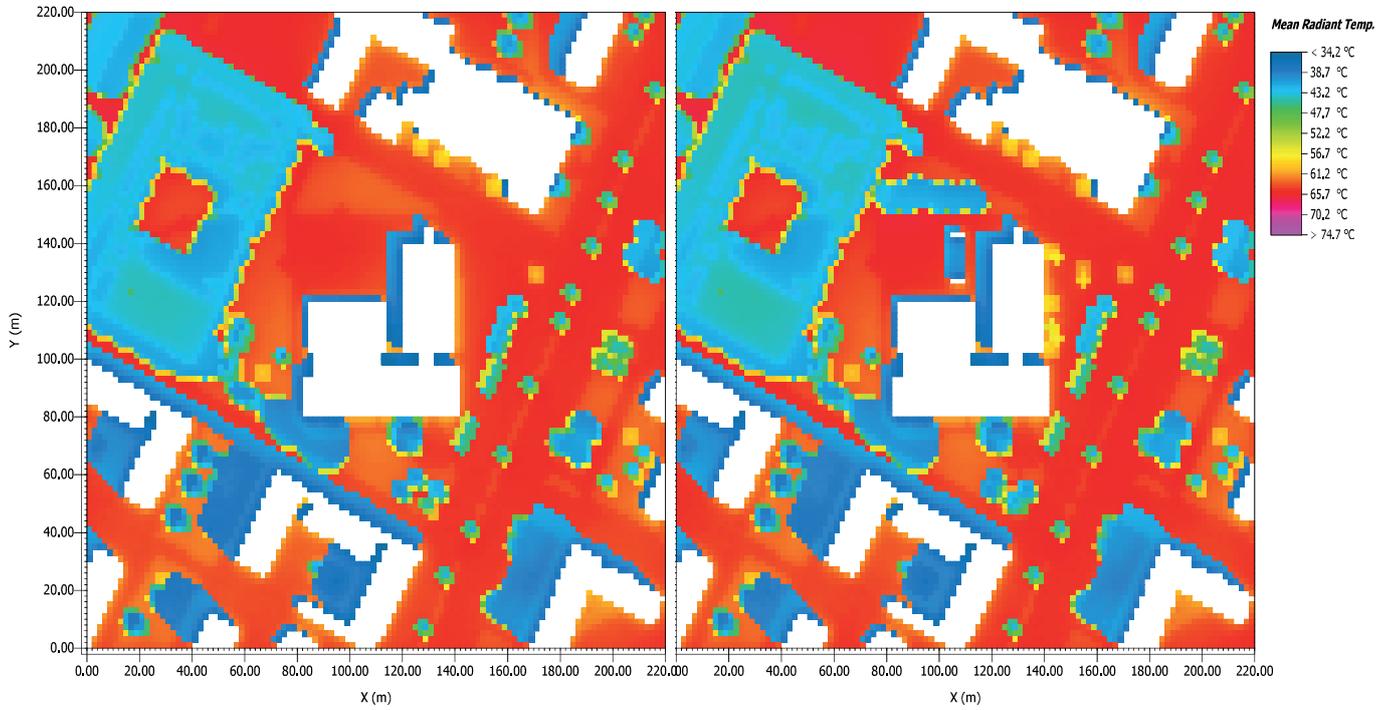
STATO DI PROGETTO



Distribuzione della Tmrt alle ore 11 del 19 luglio, relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=131m) e yz (x=105m)

STATO DI FATTO

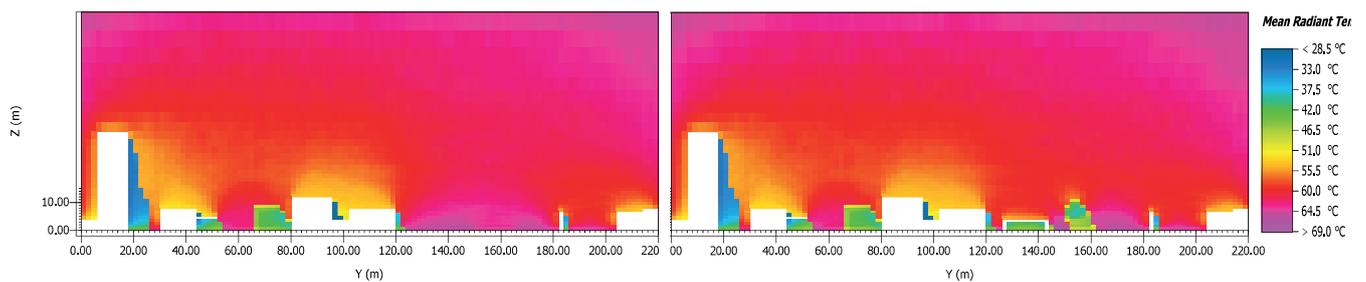
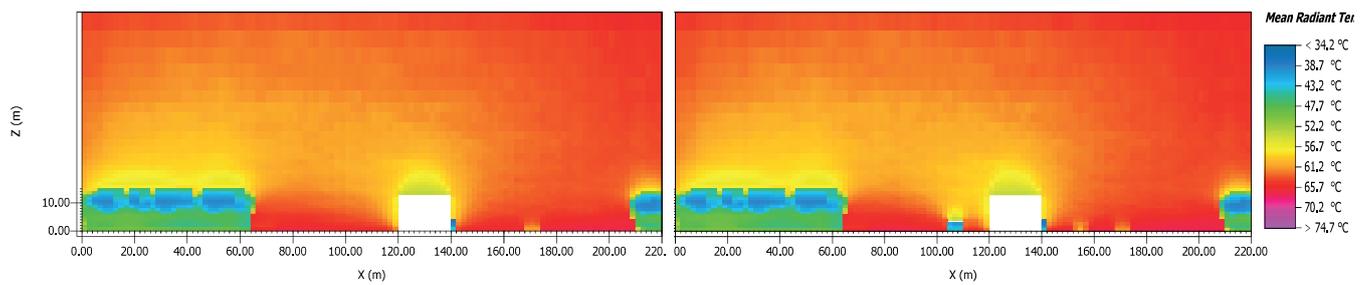
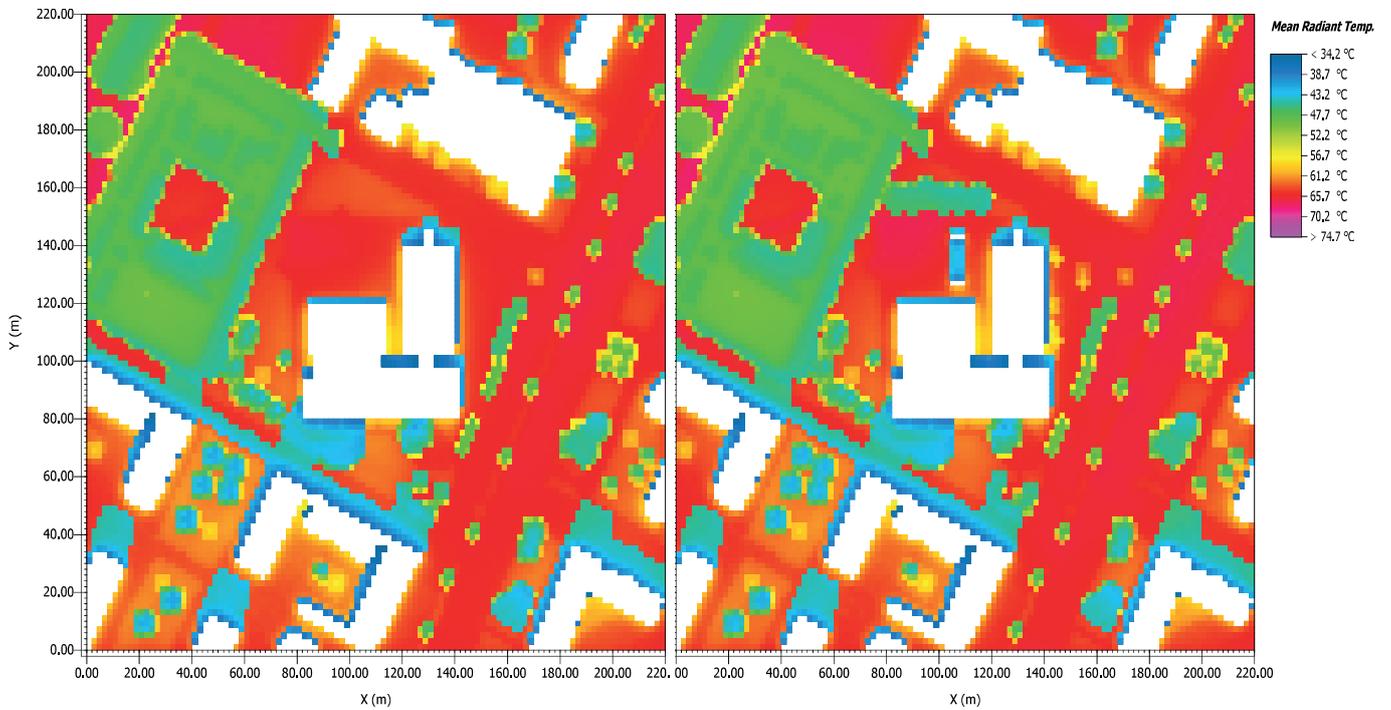
STATO DI PROGETTO



Distribuzione della Tmrt alle ore 13 del 19 luglio, relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=131m) e yz (x=105m)

STATO DI FATTO

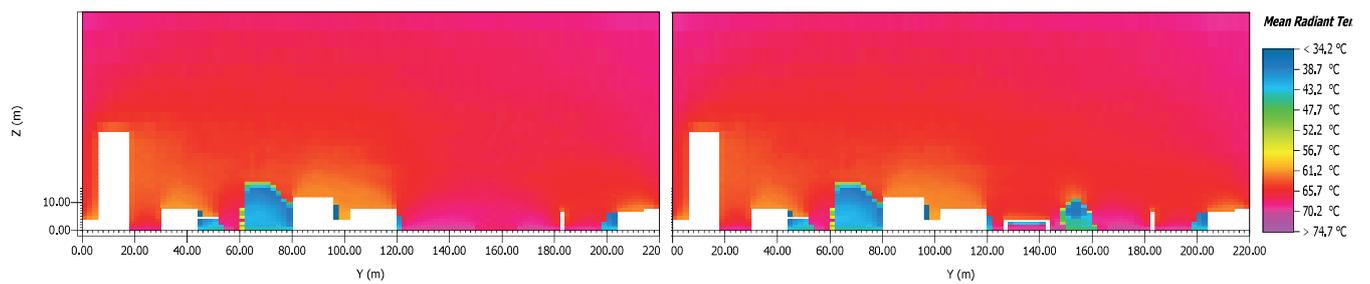
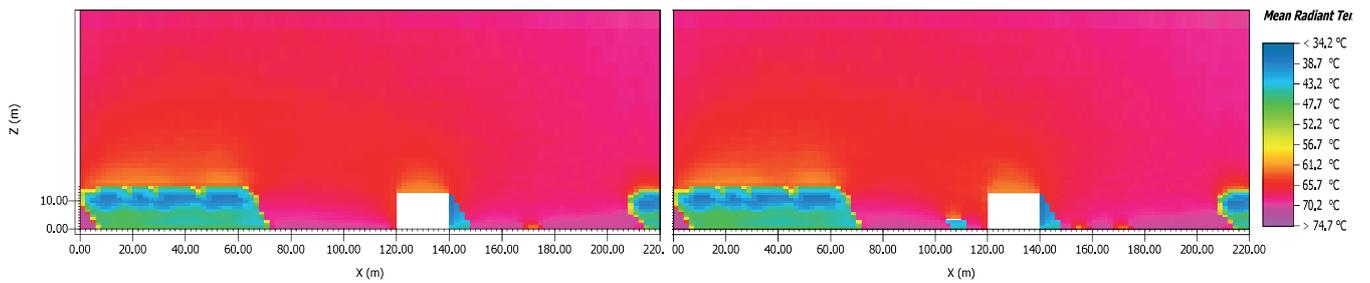
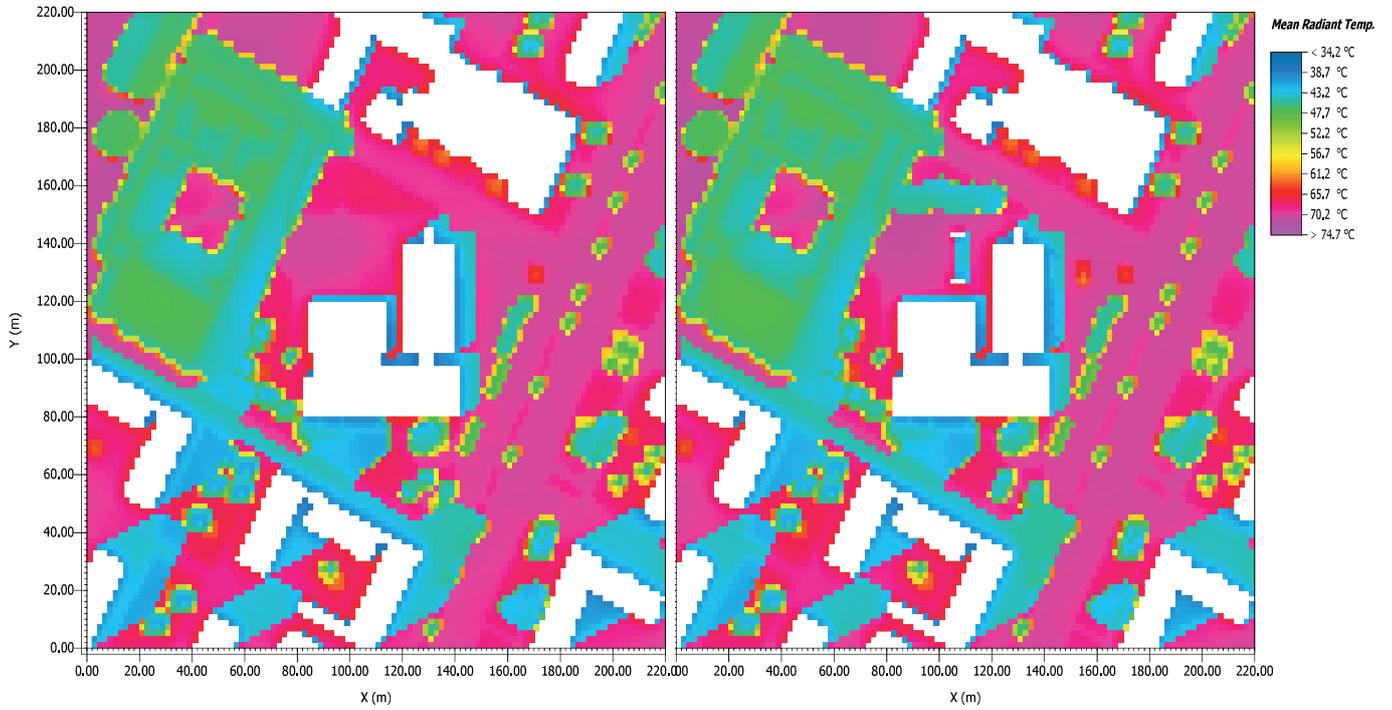
STATO DI PROGETTO



Distribuzione della Tmrt alle ore 15 del 19 luglio, relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=131m) e yz (x=105m)

STATO DI FATTO

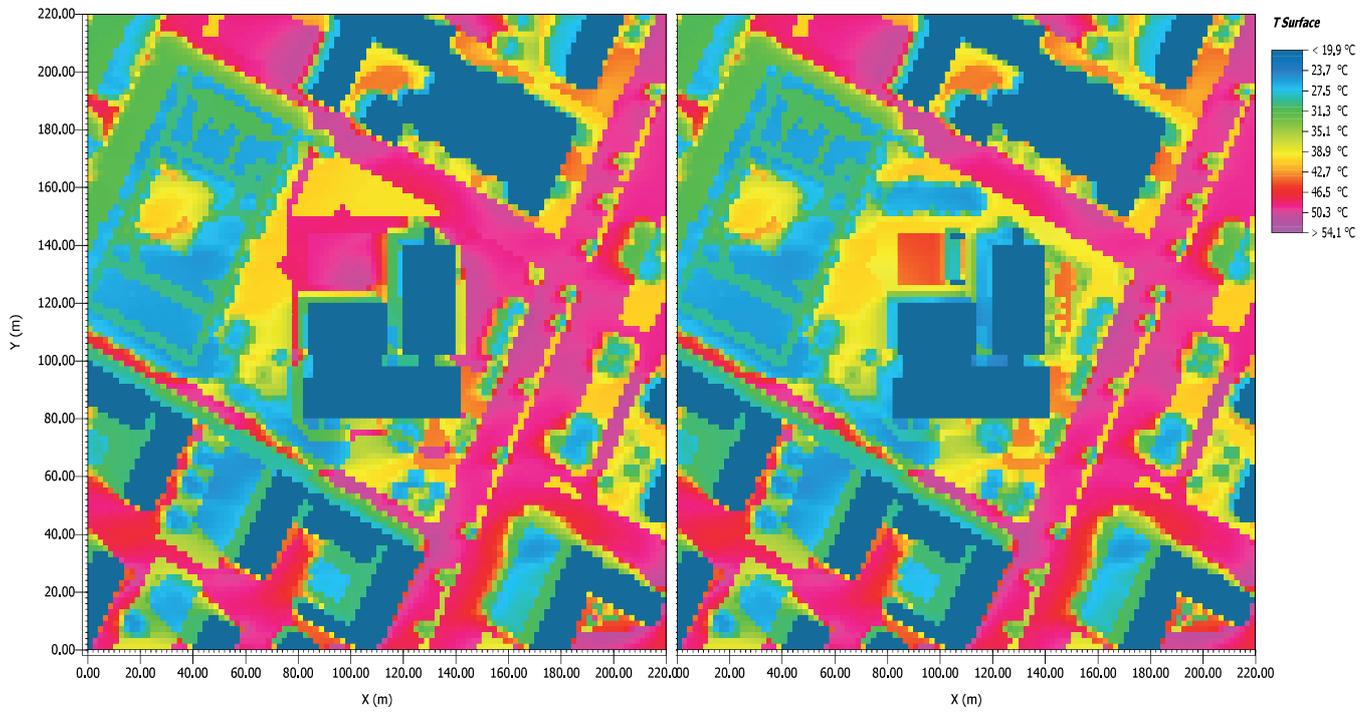
STATO DI PROGETTO



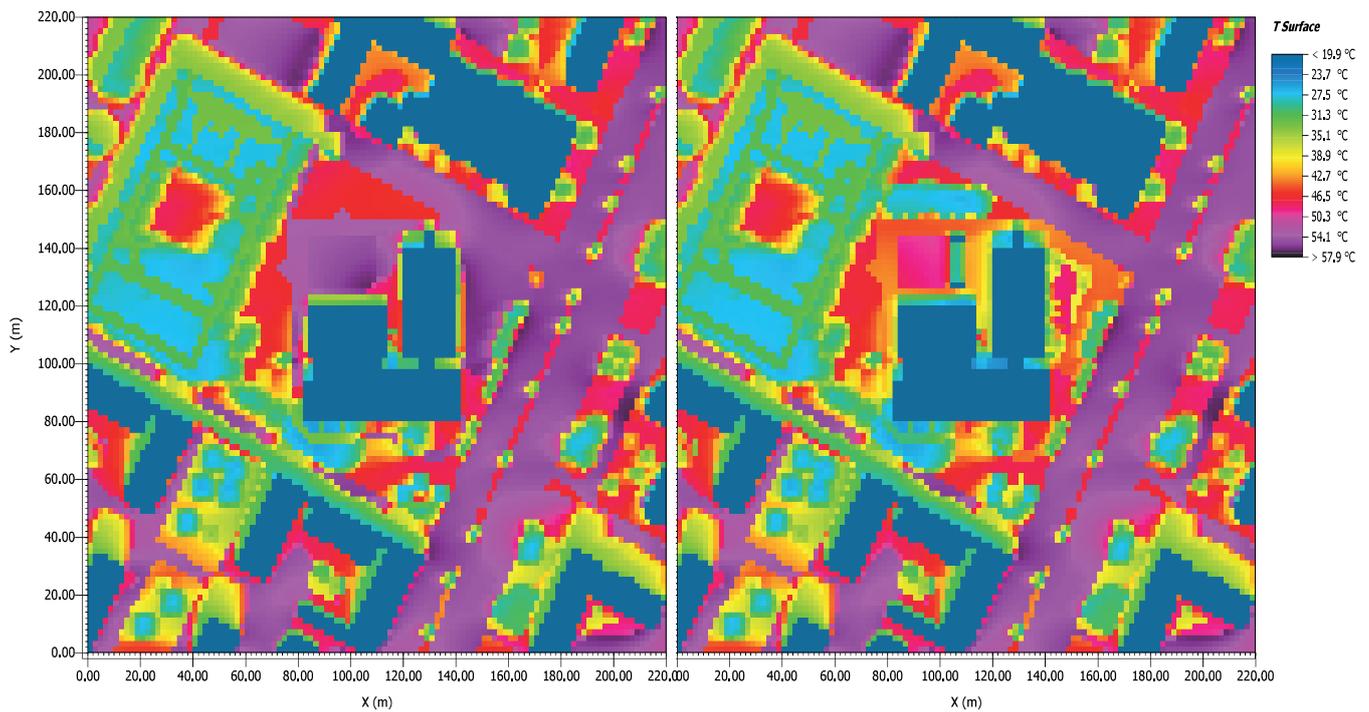
Distribuzione spaziale delle T superficiali alle ore 11 del 19 luglio, relativa al piano xy, (z=1,5m)

STATO DI FATTO

STATO DI PROGETTO



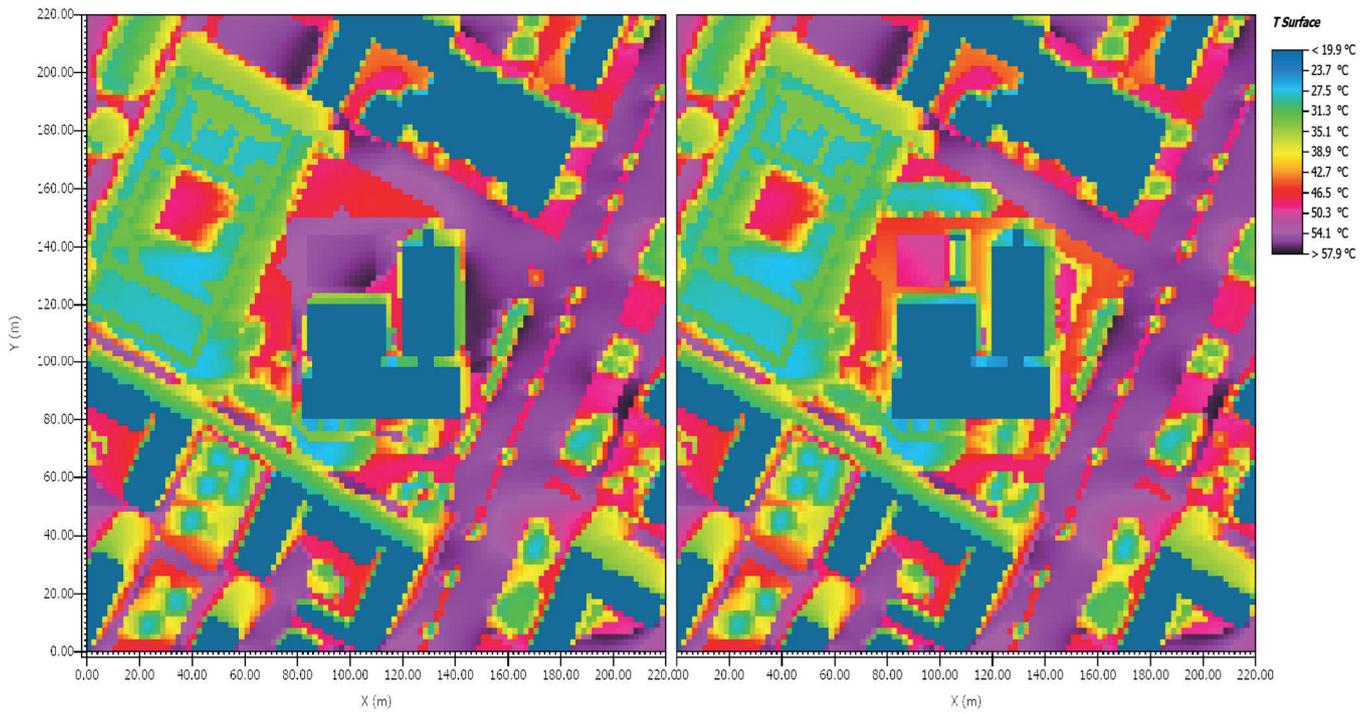
Distribuzione spaziale delle T superficiali alle ore 13 del 19 luglio, relativa al piano xy, (z=1,5m)



Distribuzione spaziale delle T superficiali alle ore 14 (picco) del 19 luglio, relativa al piano xy, (z=1,5m)

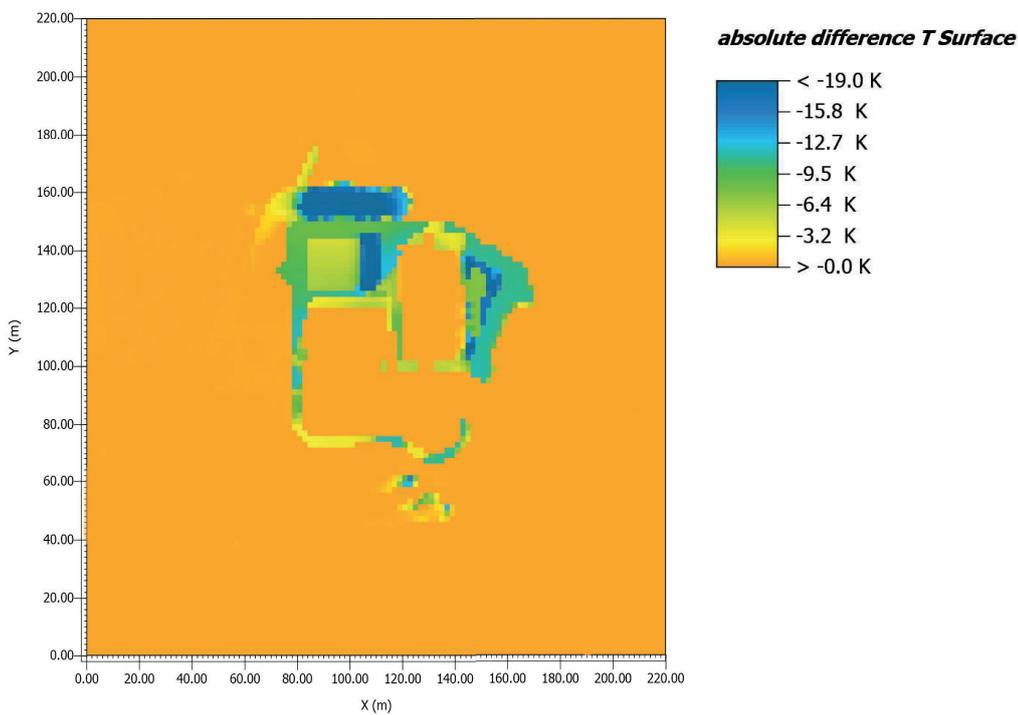
STATO DI FATTO

STATO DI PROGETTO

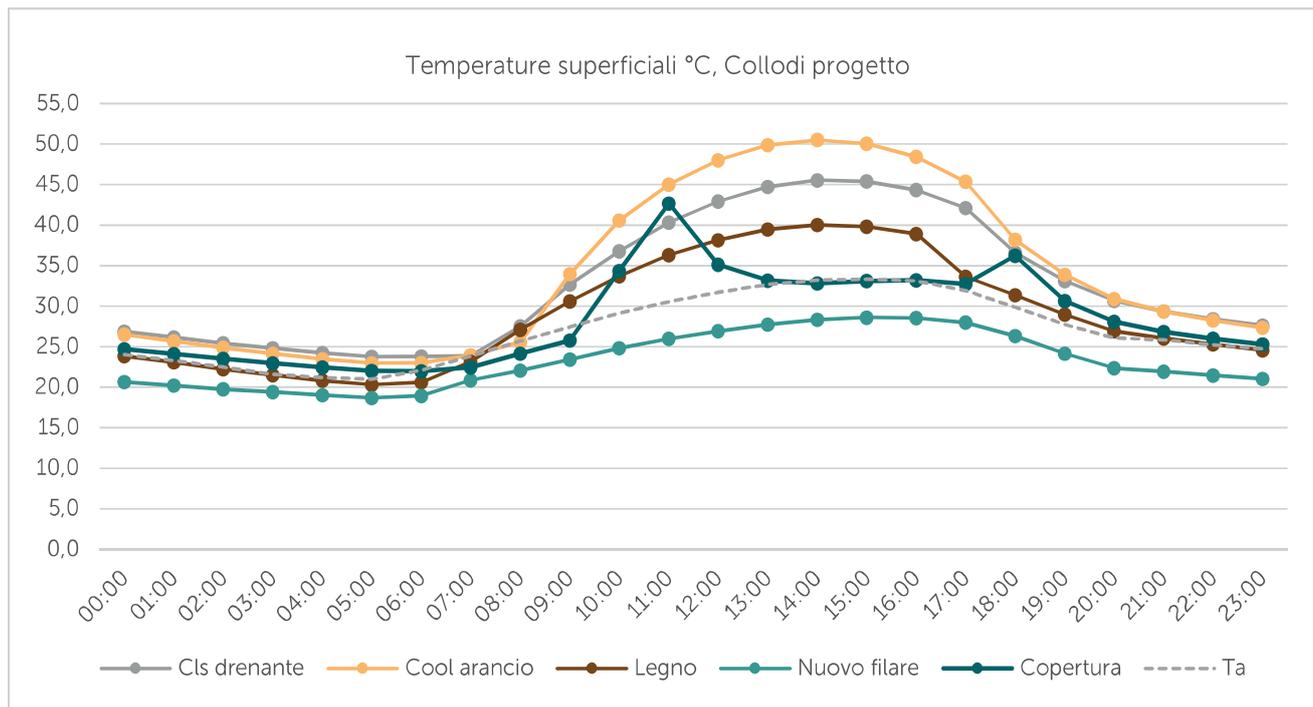


Distribuzione spaziale della differenza di T superficiale tra lo stato di fatto e quello di progetto. Dati relativi alle ore 14 (picco) del 19 luglio, piano xy, (z=1,5m)

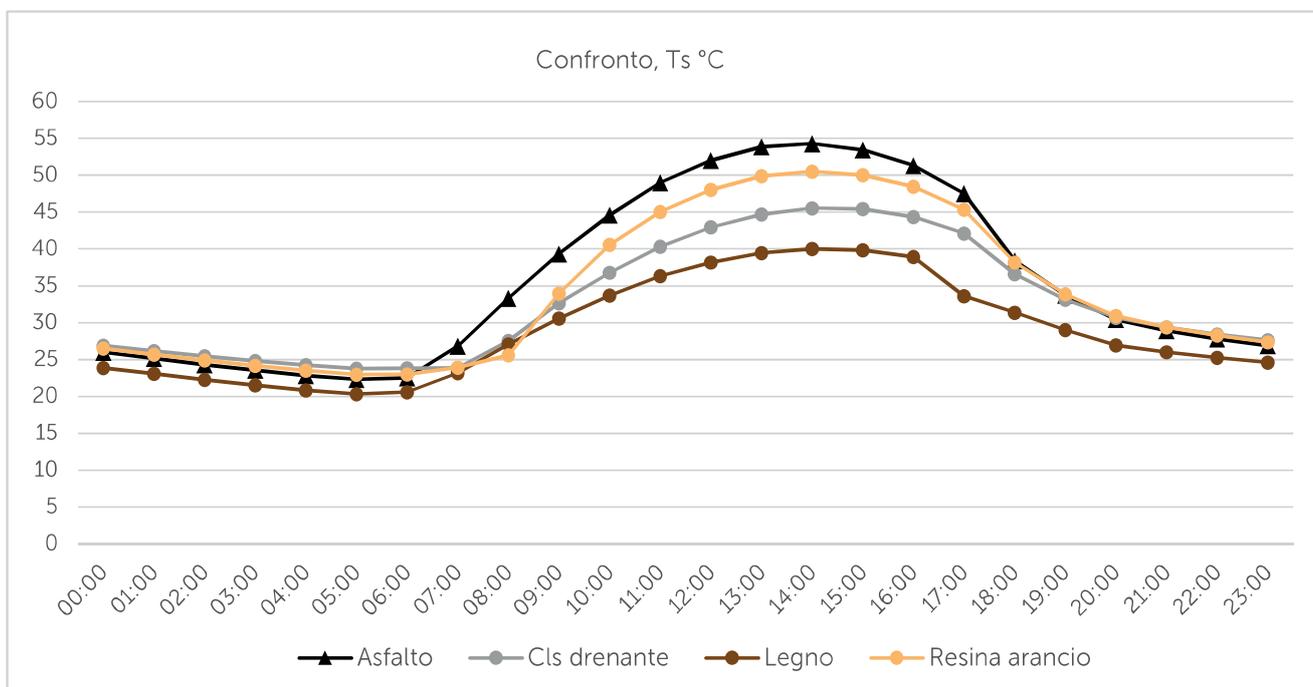
CONFRONTO STATO DI FATTO-PROGETTO



Profilo giornaliero della temperatura superficiale dei nuovi materiali e delle superfici ombreggiate del filare alberato e della copertura. Dati relativi al 19 luglio.



Profilo giornaliero della temperatura superficiale dell'asfalto tradizionale e dei nuovi materiali con cui è stato sostituito. Dati relativi al 19 luglio.



La scelta di materiali naturali (legno), drenanti (calcestruzzo) e riflettenti (resina colorata) riduce le temperature superficiali, mitigando la Ta alle quote più basse

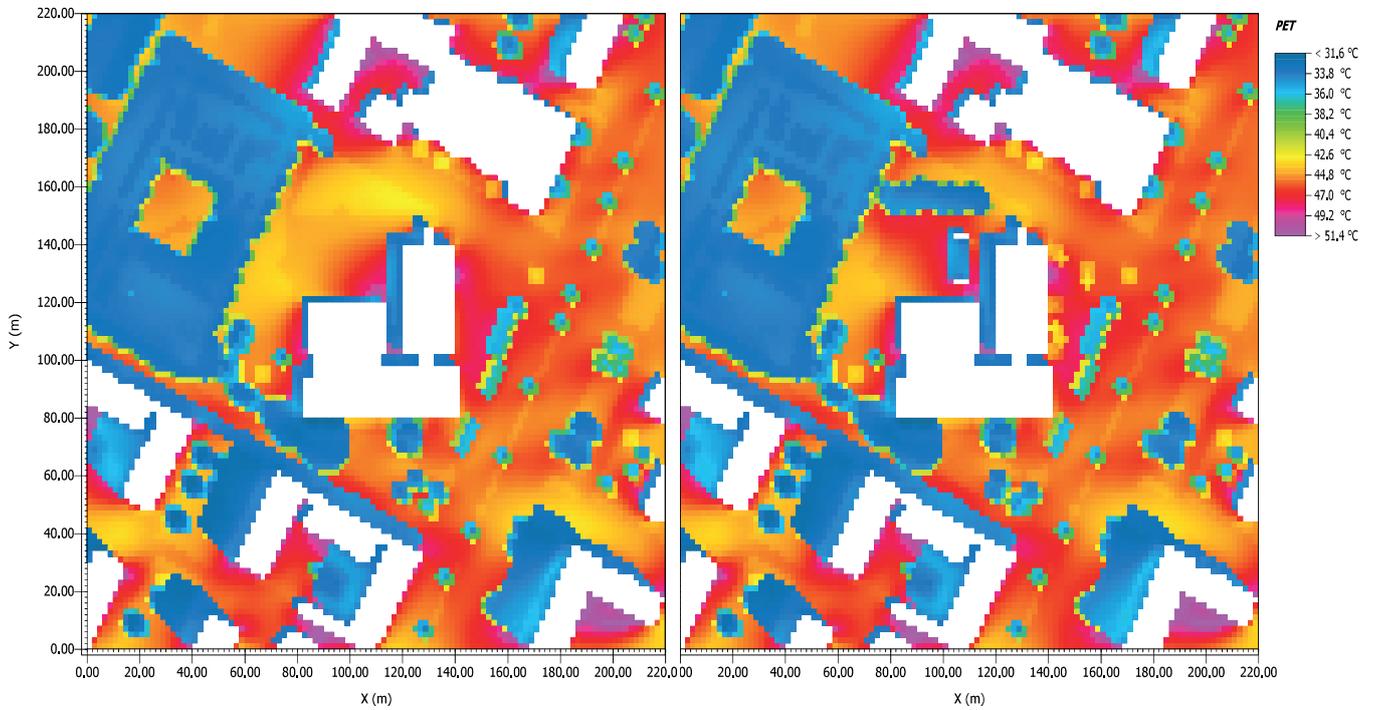
L'installazione della copertura-gioco riduce notevolmente la temperatura della resina: nelle

ore centrali della giornata i valori sono paragonabili alla temperatura dell'aria. In corrispondenza del filare alberato la temperatura superficiale dell'erba è inferiore alla Ta, grazie all'effetto combinato dell'ombreggiamento e del processo evapotraspirativo.

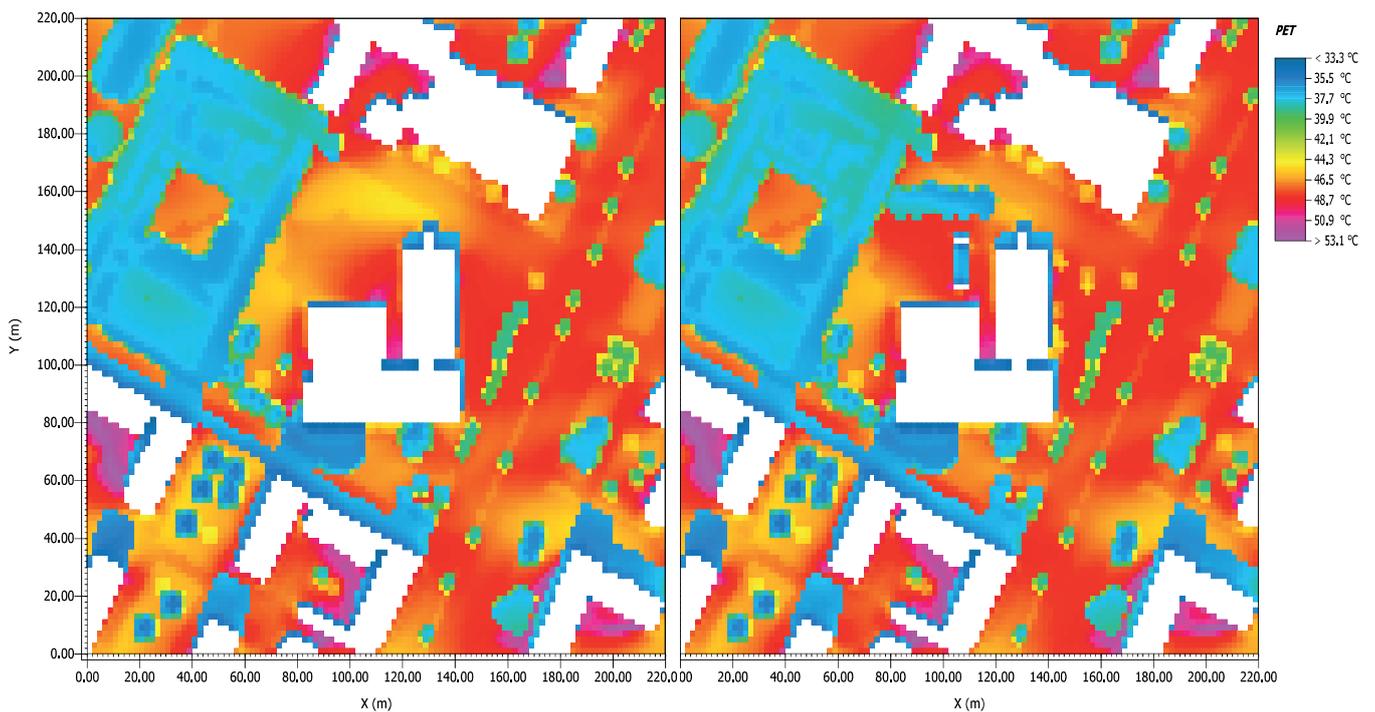
Distribuzione spaziale del PET alle ore 11 del 19 luglio, relativo al piano xy (z=1,5m)

STATO DI FATTO

STATO DI PROGETTO



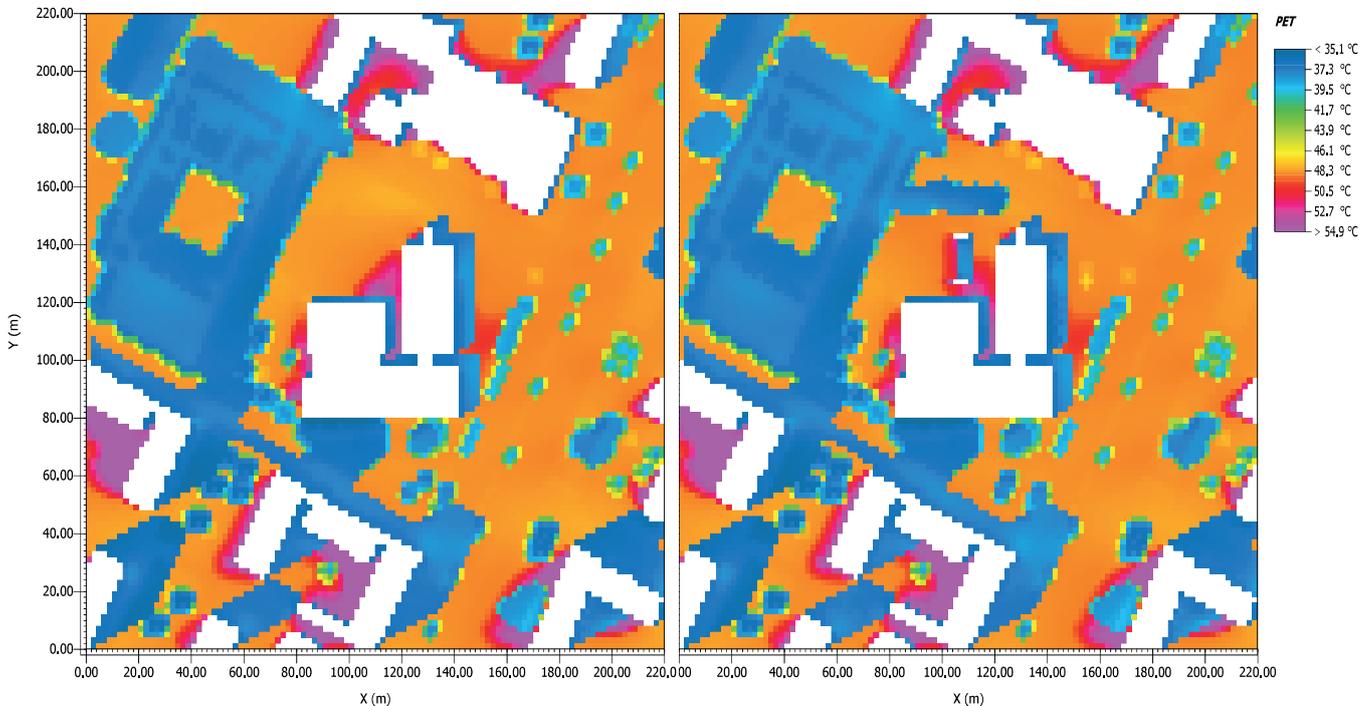
Distribuzione spaziale del PET alle ore 13 del 19 luglio, relativo al piano xy (z=1,5m)



Distribuzione spaziale del PET alle ore 11 del 19 luglio, relativo al piano xy (z=1,5m)

STATO DI FATTO

STATO DI PROGETTO



La vegetazione e la copertura sono le soluzioni più efficaci per l'incremento del comfort termico. Questi elementi influiscono positivamente sulla temperatura dell'aria, sulle temperature superficiali e soprattutto sulla temperatura media radiante. Rispetto allo stato di fatto, le nuove aree ombreggiate hanno una Tmrt inferiore di 28 °C.

Questi effetti determinano una riduzione di 13°C nei valori del PET, passando da una situazione di caldo estremo (stato di fatto) a una condizione calda (stato di progetto).

I valori sono sensibilmente inferiori, ma comunque lontani dai livelli di comfort poichè le condizioni di partenza sono estremamente critiche.

Sensazione termica	PET (°C)
Molto freddo	<4
Freddo	4 - 8
Fresco	8 - 13
Fresco moderato	13-18
Comfort	18 - 23
Caldo moderato	23 - 29
Caldo	29-35
Molto caldo	35 - 41
Caldo estremo	> 41

6.3. SCUOLA SECONDARIA I GRADO P. CALAMANDREI

6.3.1. PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE

Il progetto di riqualificazione prevede una completa riorganizzazione dello spazio esterno, grazie alla definizione di nuovi percorsi e aree funzionali.

Nel nuovo cortile convivono ambienti dedicati allo sport, al relax, all'aggregazione e alla didattica, pensati per soddisfare le esigenze di tutti gli studenti.

I ragazzi prediligono l'attività fisica, le studentesse invece desiderano aree per la sosta e la socializzazione.

1) IMPIANTI SPORTIVI: campo da calcio, basket, pallavolo, pista di atletica e percorso fitness.

2) AREA RELAX: calcio-balilla, ping-pong, tavoli e panche per chiacchiere, mangiare e fare i compiti all'aperto.

3) SEDUTE TRA GLI ALBERI

4) PIAZZA D'INGRESSO, con aree verdi, isole dedicate all'agricoltura urbana e alla sosta.

5) GRADINATA, non solo elemento funzionale, ma anche occasione per sedersi e chiacchierare.

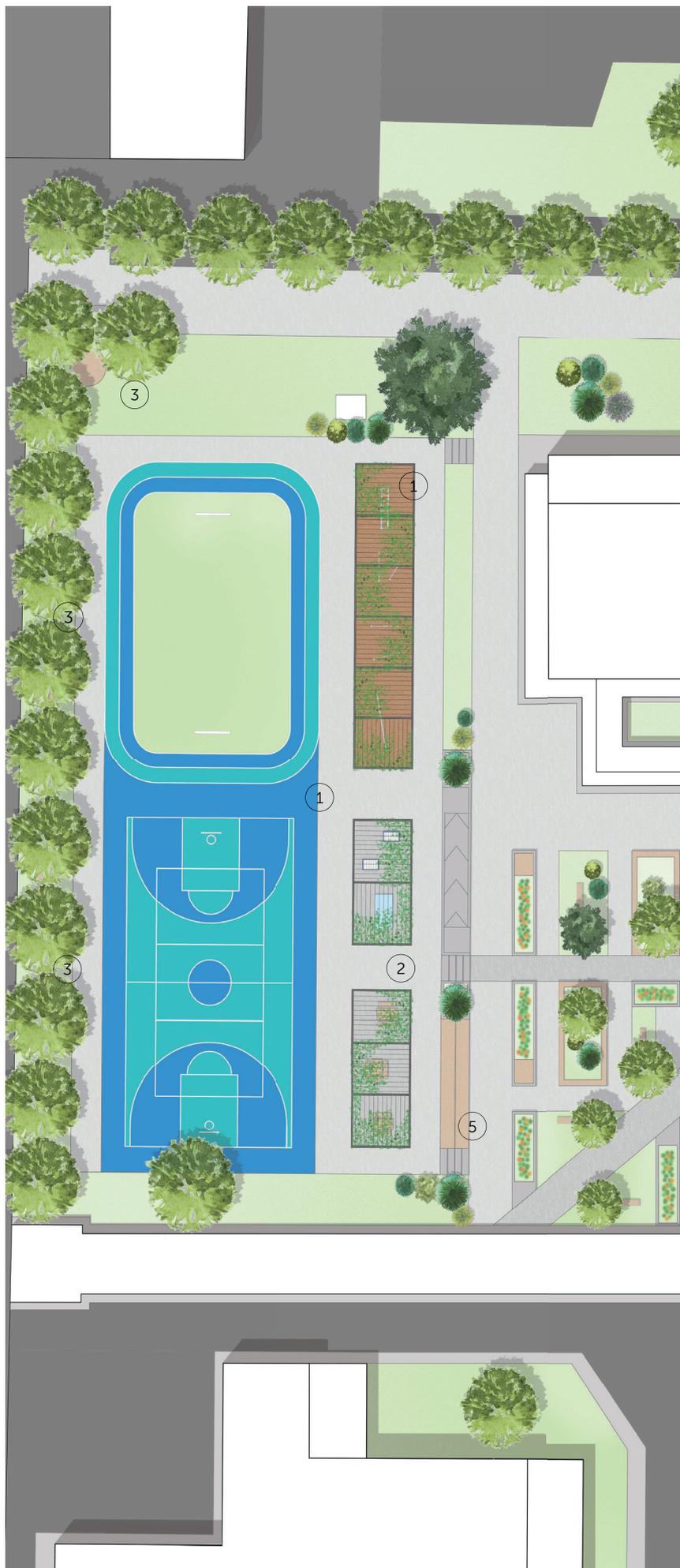
Le strategie adottate per la mitigazione del microclima possono essere così sintetizzate: incremento del verde, installazione di pergole, sostituzione dei materiali impermeabili "caldi" con materiali "cool" riflettenti e drenanti.

Inoltre si propone la valorizzazione dei portici con installazioni e sedute.

Un'attenzione particolare è stata rivolta alla fruibilità del cortile: è stata progettata una rampa per superare il dislivello tra la scuola e i campi sportivi.

Per quanto riguarda la vegetazione sono state scelte specie vegetali resistenti a bassa manutenzione, sia sempreverdi che caducifoglie, con fioriture differenti.

In particolare per l'area verde adiacente alla palestra sono state selezionate specie che si presentano a situazioni di scarsa luminosità, come Azalee e Rododendri, Ortensie, Aucuba japonica, Cornus alba sibirica...





Massello
autobloccante
permeabile in
calcestruzzo



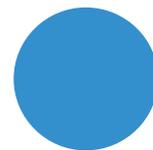
Massello
autobloccante
permeabile in
calcestruzzo



Corteccia naturale



Resina
poliuretanica per
impianti sportivi



Resina
poliuretanica per
impianti sportivi



Euvonimus
fortunei-
sempreverde



Berberis
thunbergii-
sempreverde



Rosmarino,
aromatica perenne



Cornus alba
sibirica - decidua



Pinus mugo,
conifera nana

6.3.2. SCENARIO ENVI_MET

La proposta progettuale è stata simulata con ENVI_MET per valutare l'effetto dell'intervento sul microclima e sul benessere degli utenti.

Lo scenario di progetto è stato realizzato a partire dal modello iniziale, modificando i materiali e introducendo le nuove piante e la pergola. I nuovi materiali sono stati creati confrontando il database del software con le schede tecniche e la letteratura scientifica. [11,12,13,14,15]

Poichè ENVI_MET non possiede questo tipo di schermatura, è stato modellato un albero 3D con chioma discontinua e densità minima (LAD=0,5) in grado di simulare l'effetto filtrante della pergola.



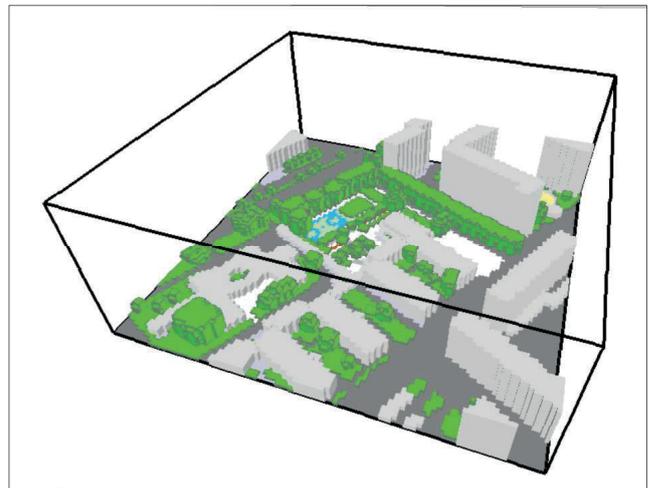
Modello, vista aerea Space.exe

granulometria dell'aggregato. Per il massello autobloccante è stata utilizzata una pavimentazione in laterizio, unica soluzione discontinua presente.

La simulazione è stata effettuata per la medesima giornata di riferimento, utilizzando il file di calcolo impostato per l'analisi dello stato di fatto.

Anche in questo caso è stato utilizzato BioMet per calcolare l'indice PET e Leonardo per ricavare i grafici delle variabili di output.

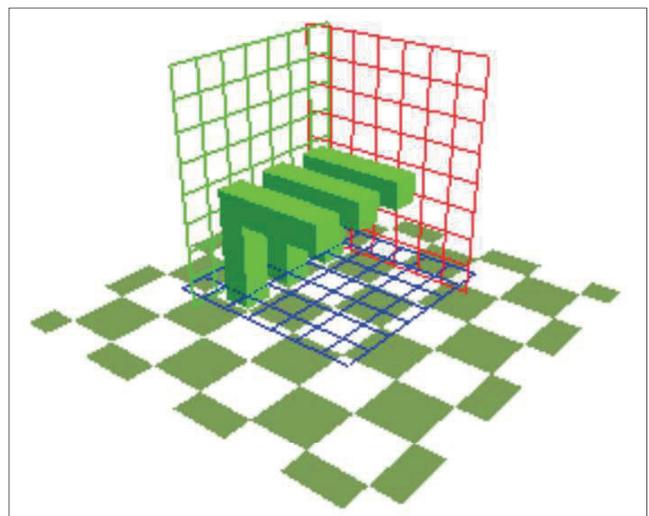
Di seguito sono riportate le mappe con le distribuzioni spaziali della temperatura dell'aria, della temperatura media radiante, della temperatura superficiale e del PET di progetto, affiancate alle mappe relative allo stato di fatto.



Modello Calamandrei
Scenario di progetto, vista 3D Space.exe

Materiale	Soluzione ENVI_MET	Albedo
Resina turchese	Asphalt road	0,25
Resina verde acqua	Wood planks	0,30
Massello permeabile in cls grigio chiaro	Brick road	0,5
Massello permeabile in cls grigio scuro	Brick road	0,4
Corteccia	Wood planks	0,80

Una nota riguarda il database dei materiali: ENVI_MET non possiede pavimentazioni drenanti di default e non permette di definire la permeabilità e la

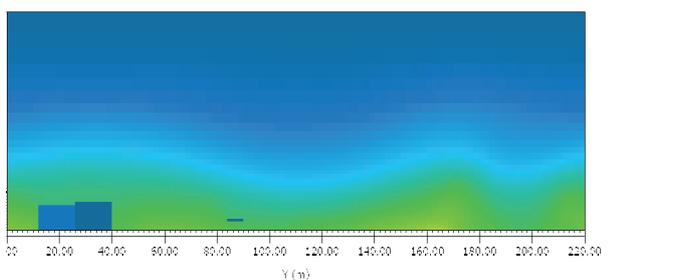
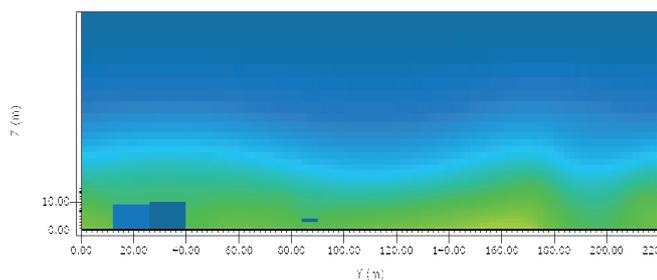
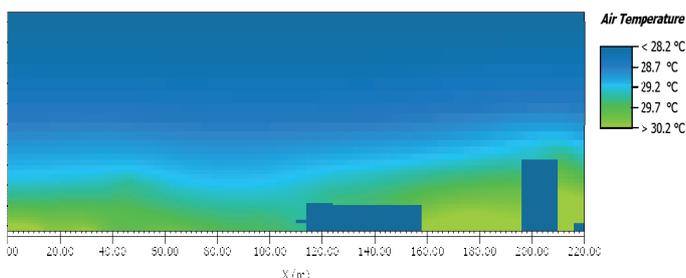
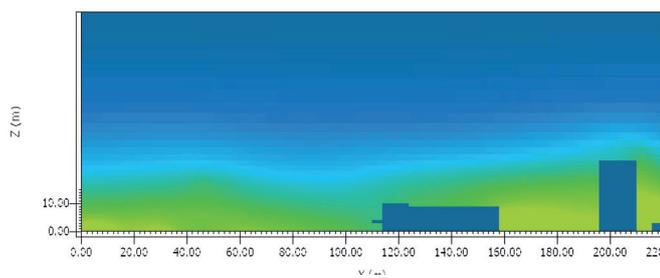
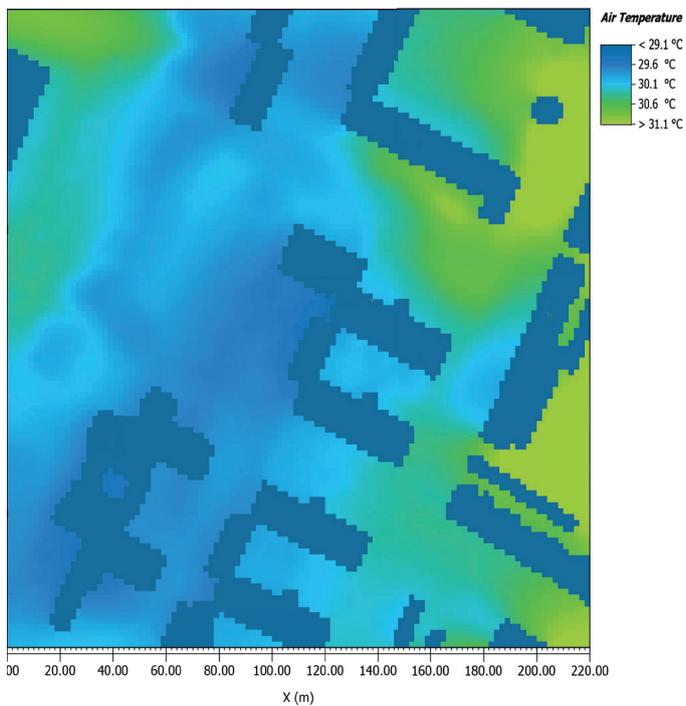
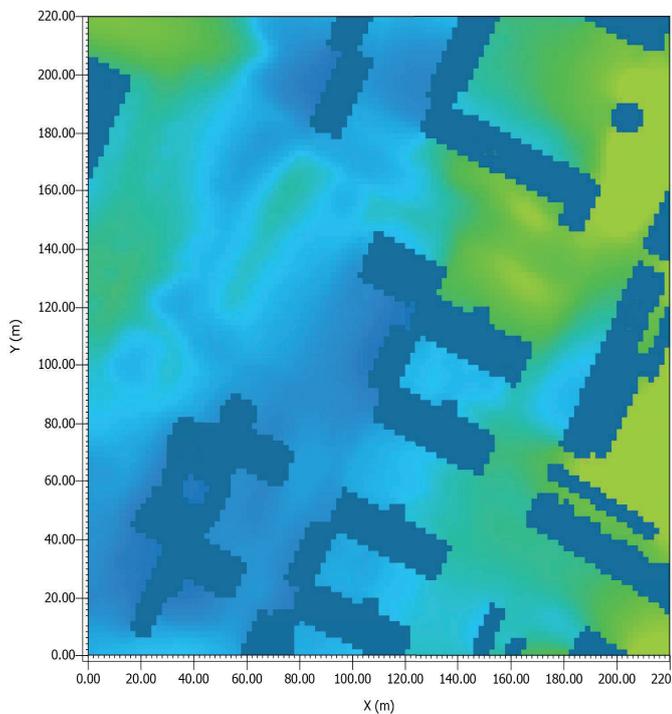


Modello 3D - Pergola

Distribuzione spaziale della Ta alle ore 11 del 19 luglio, relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=111m) e yz (x=81m)

STATO DI FATTO

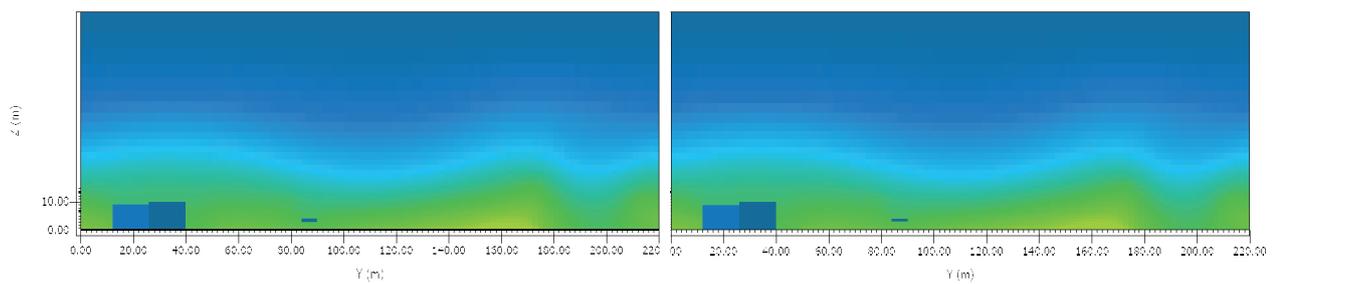
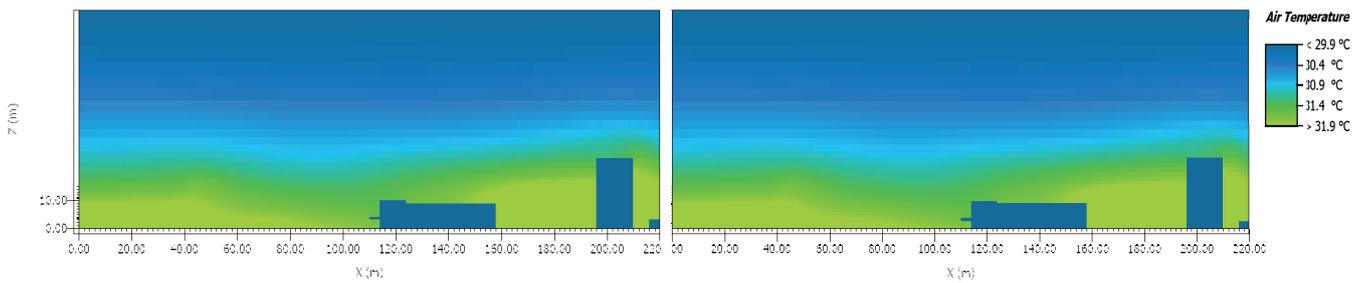
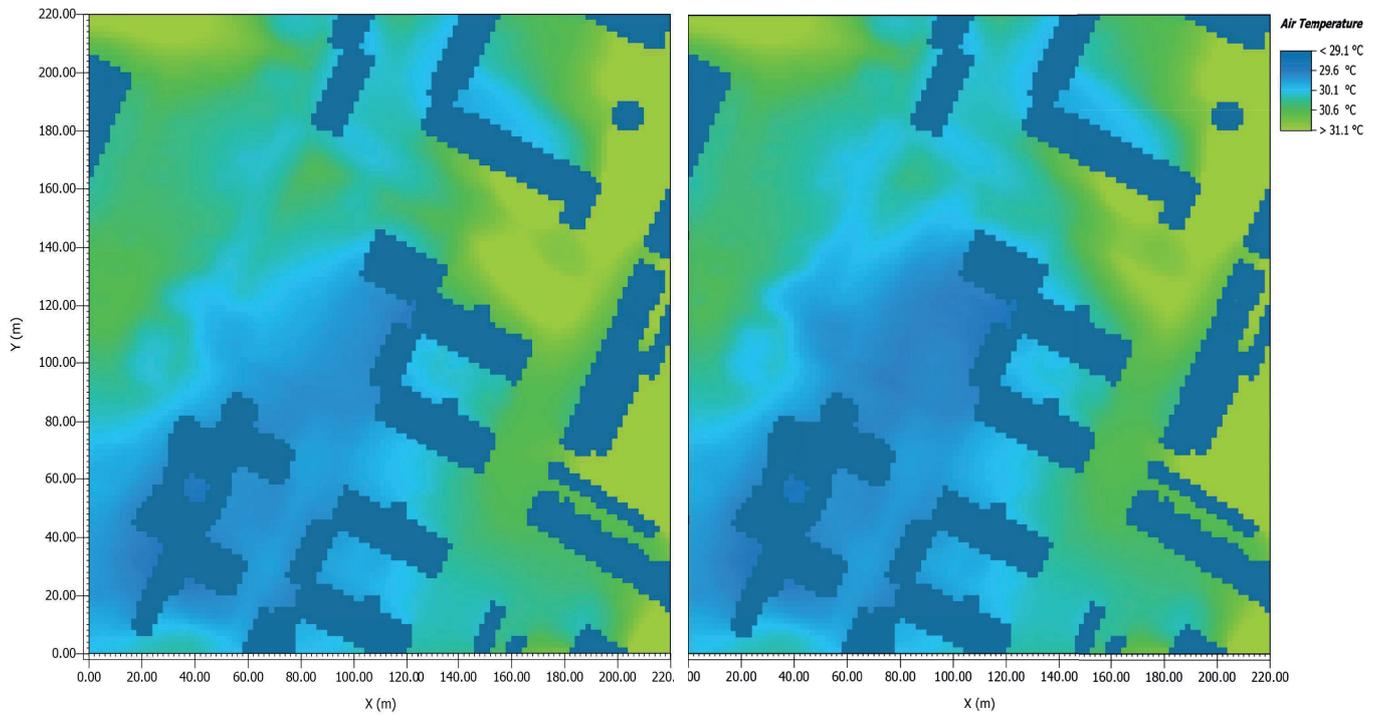
STATO DI PROGETTO



Distribuzione spaziale della Ta alle ore 13 del 19 luglio, relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=111m) e yz (x=81m)

STATO DI FATTO

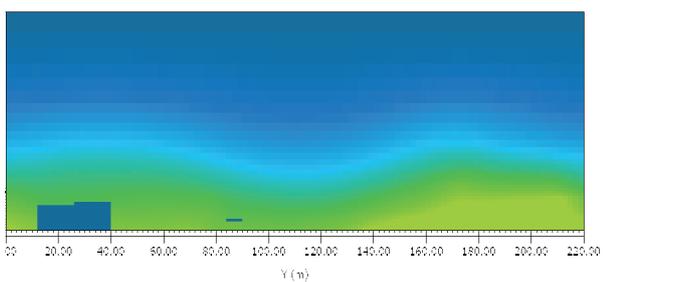
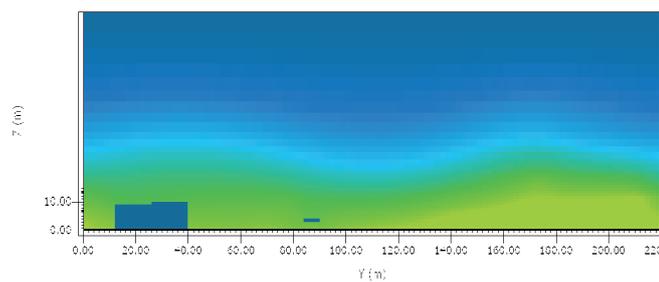
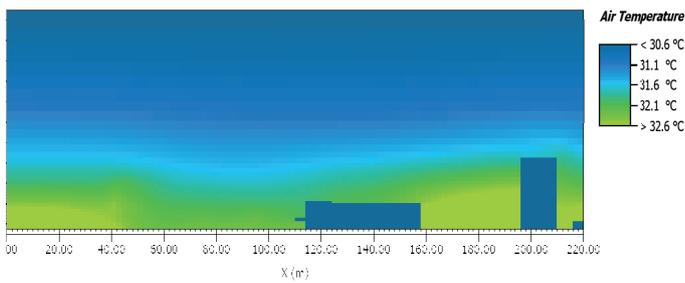
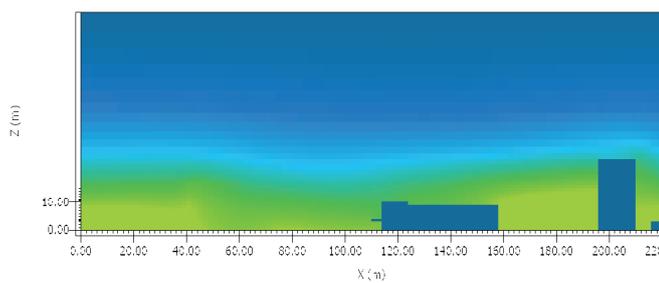
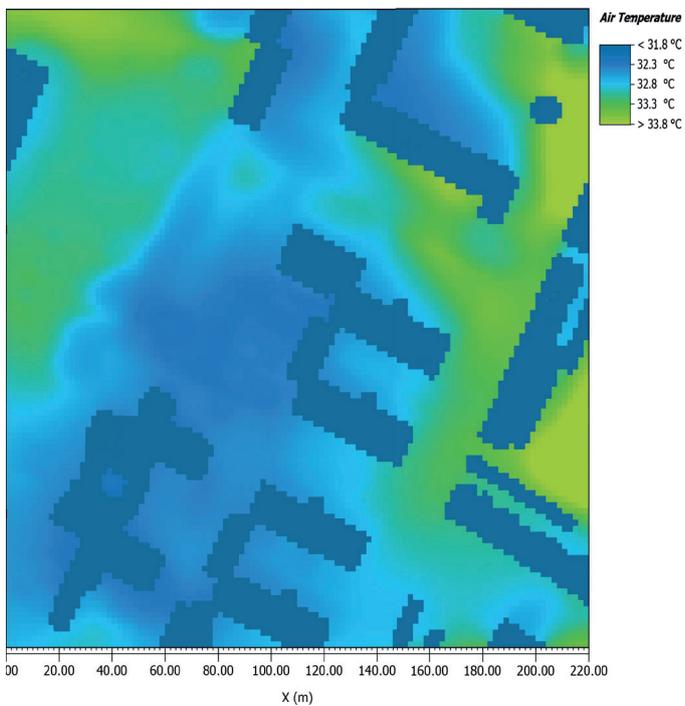
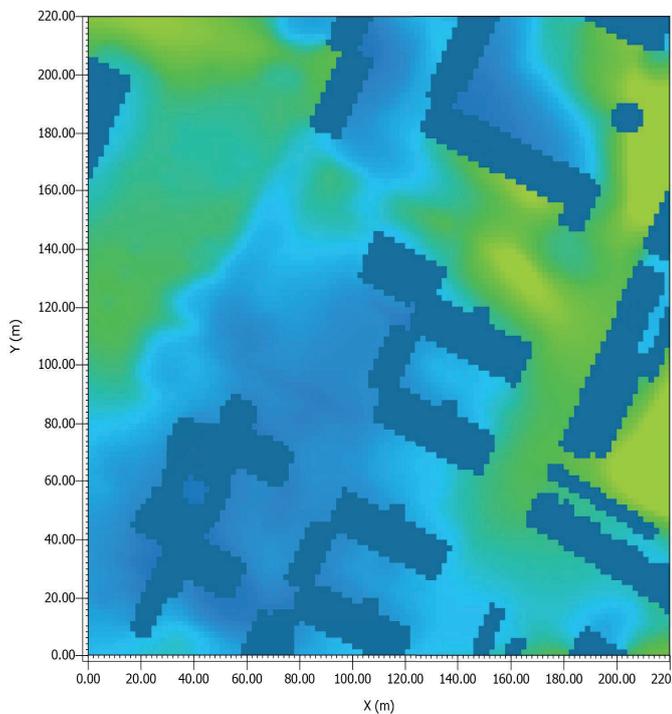
STATO DI PROGETTO



Distribuzione spaziale della Ta alle ore 15 del 19 luglio, relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=111m) e yz (x=81m)

STATO DI FATTO

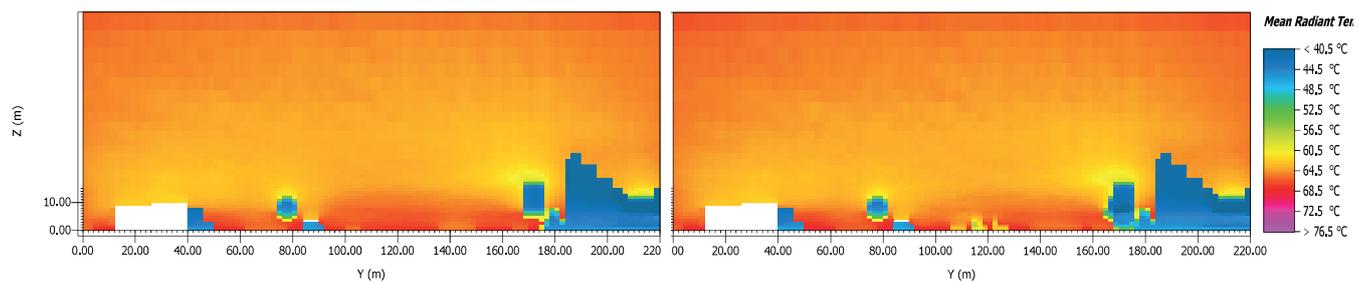
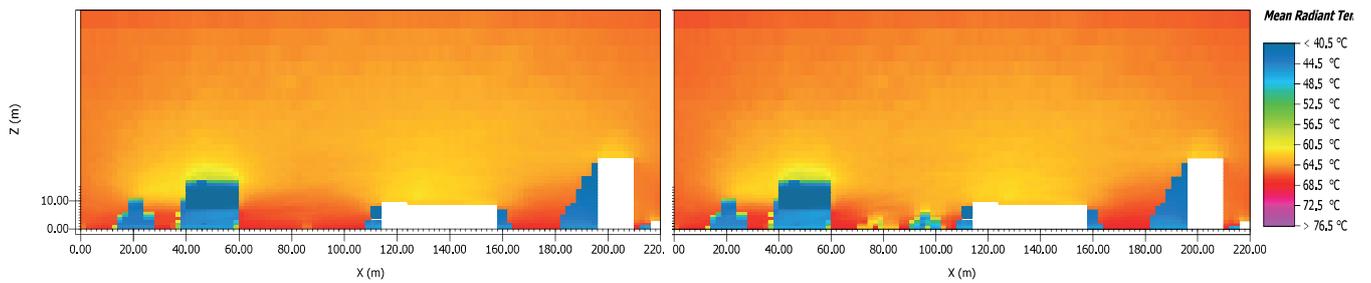
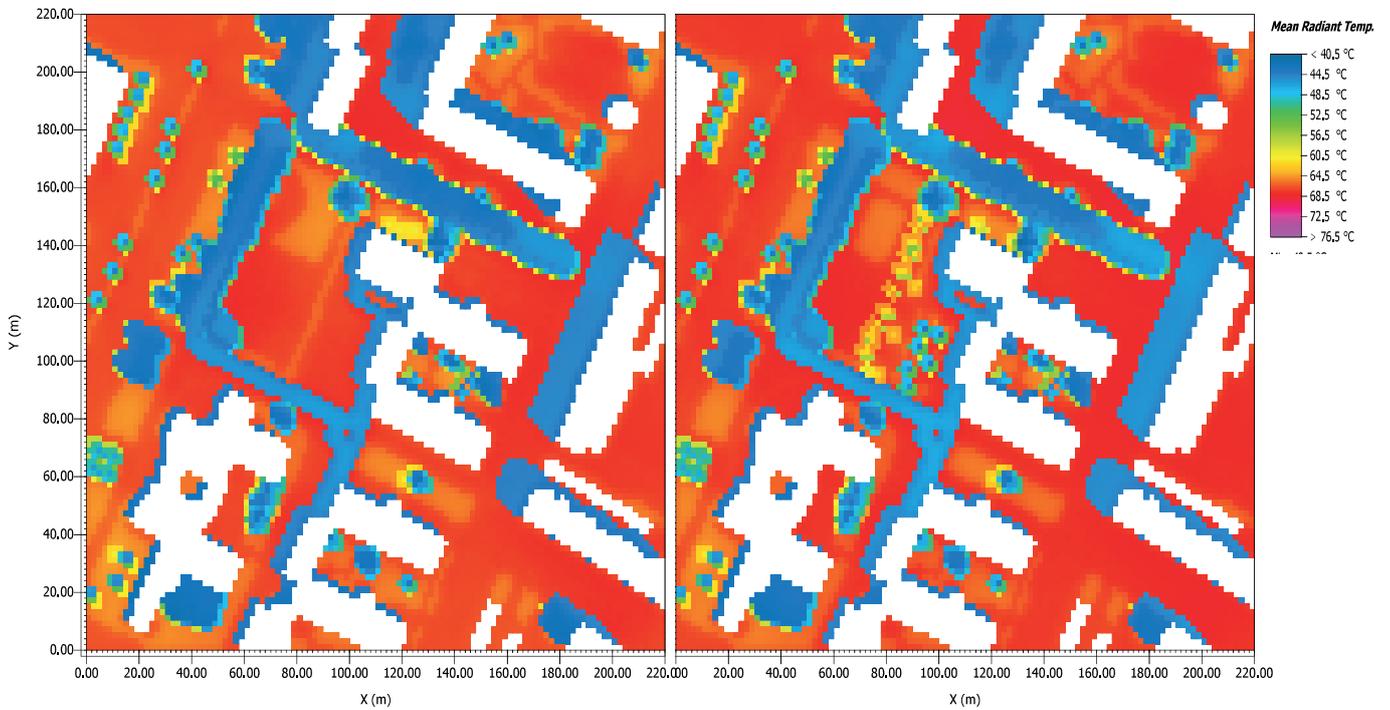
STATO DI PROGETTO



Distribuzione della Tmrt alle ore 11 del 19 luglio, relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=111m) e yz (x=81m)

STATO DI FATTO

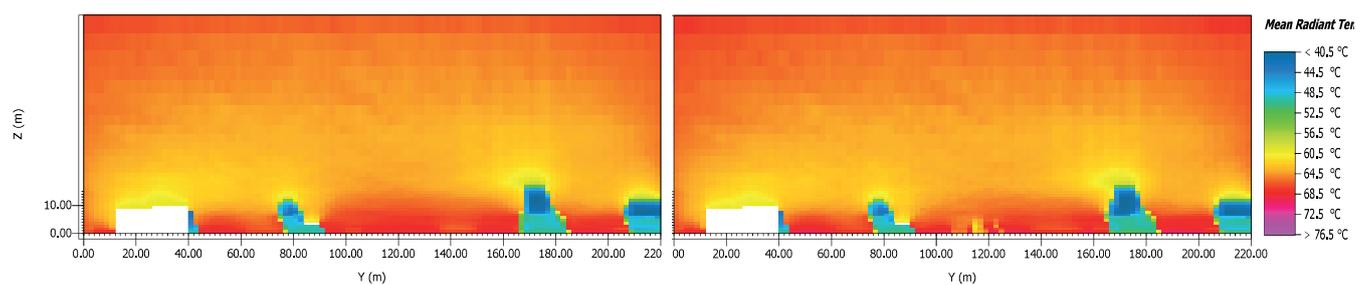
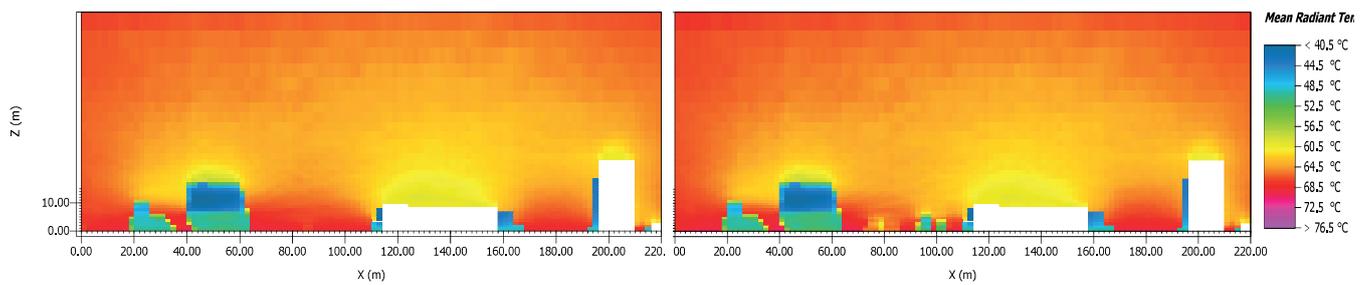
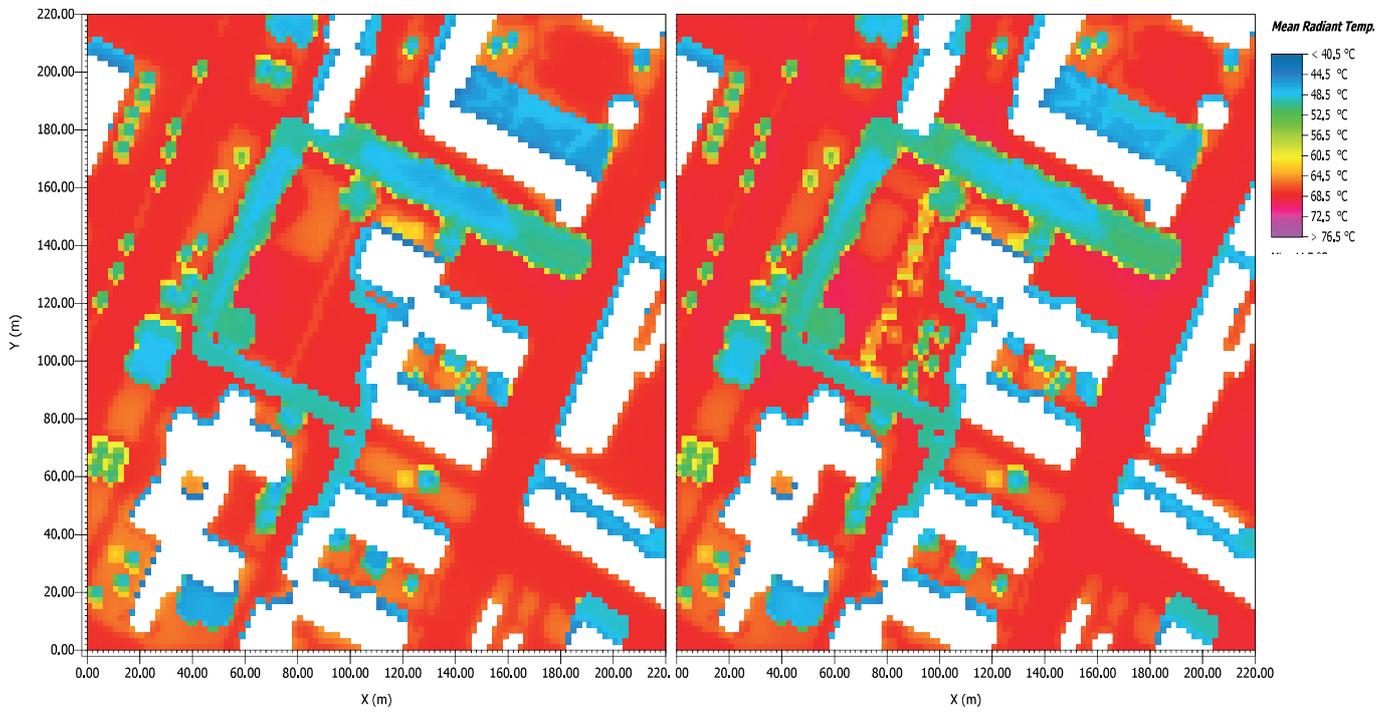
STATO DI PROGETTO



Distribuzione della Tmrt alle ore 13 del 19 luglio, relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=111m) e yz (x=81m)

STATO DI FATTO

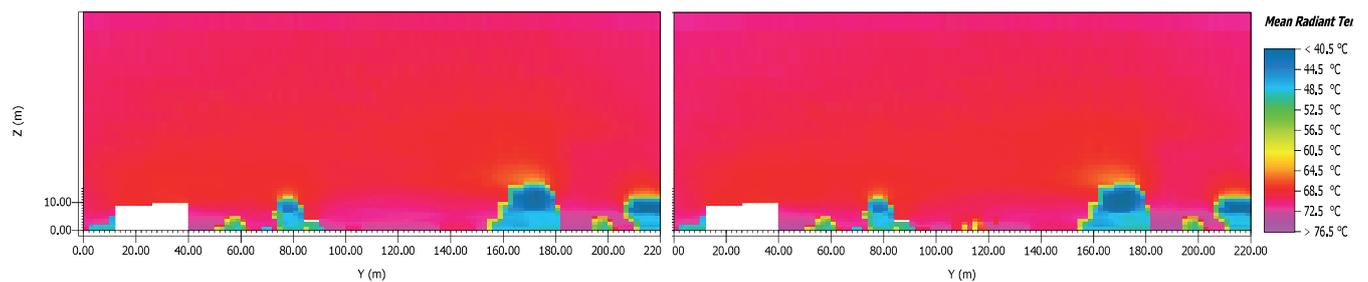
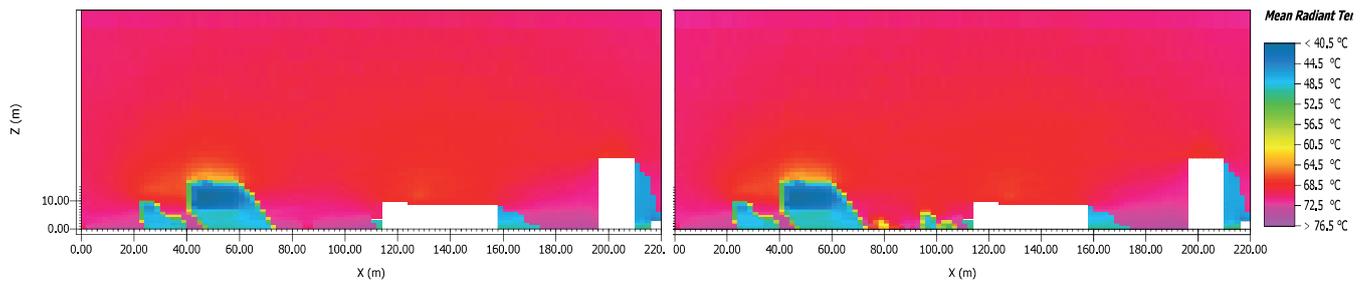
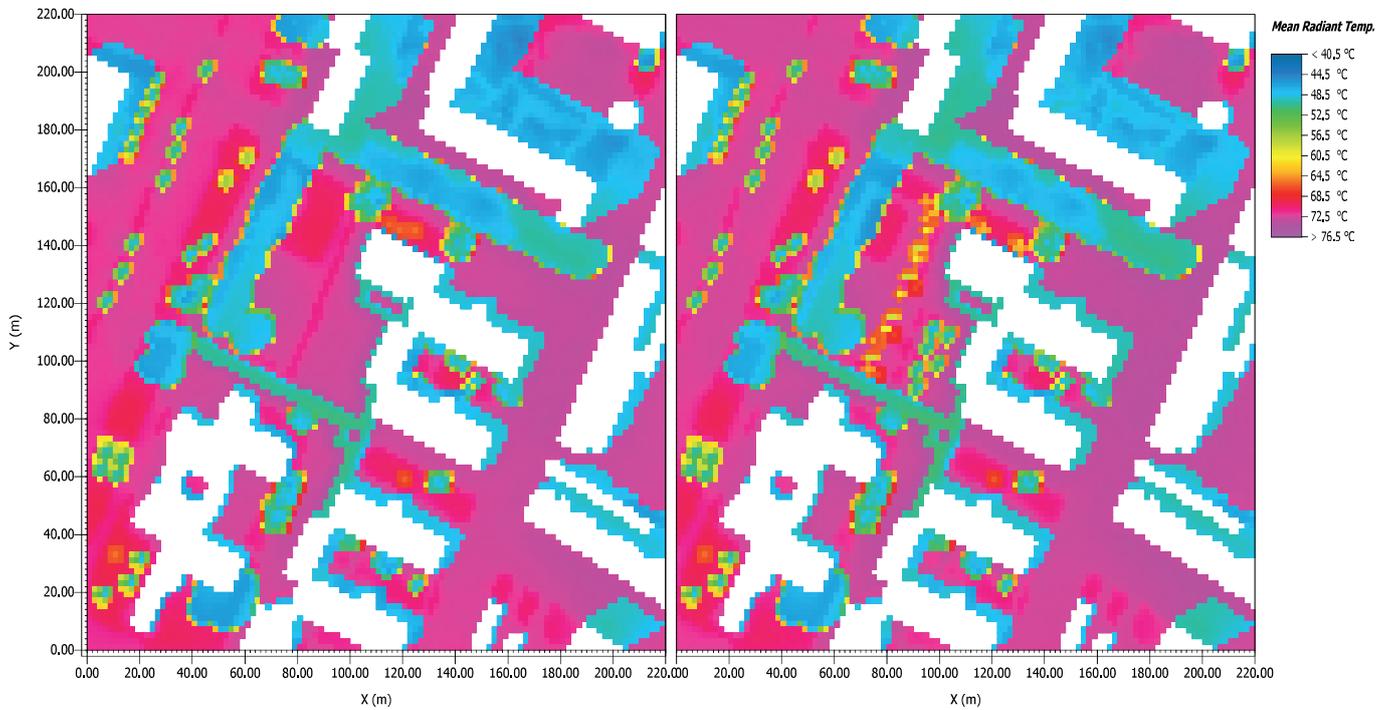
STATO DI PROGETTO



Distribuzione della Tmrt alle ore 15 del 19 luglio, relativa al piano xy, (z=1,5m), xz (y=111m) e yz (x=81m)

STATO DI FATTO

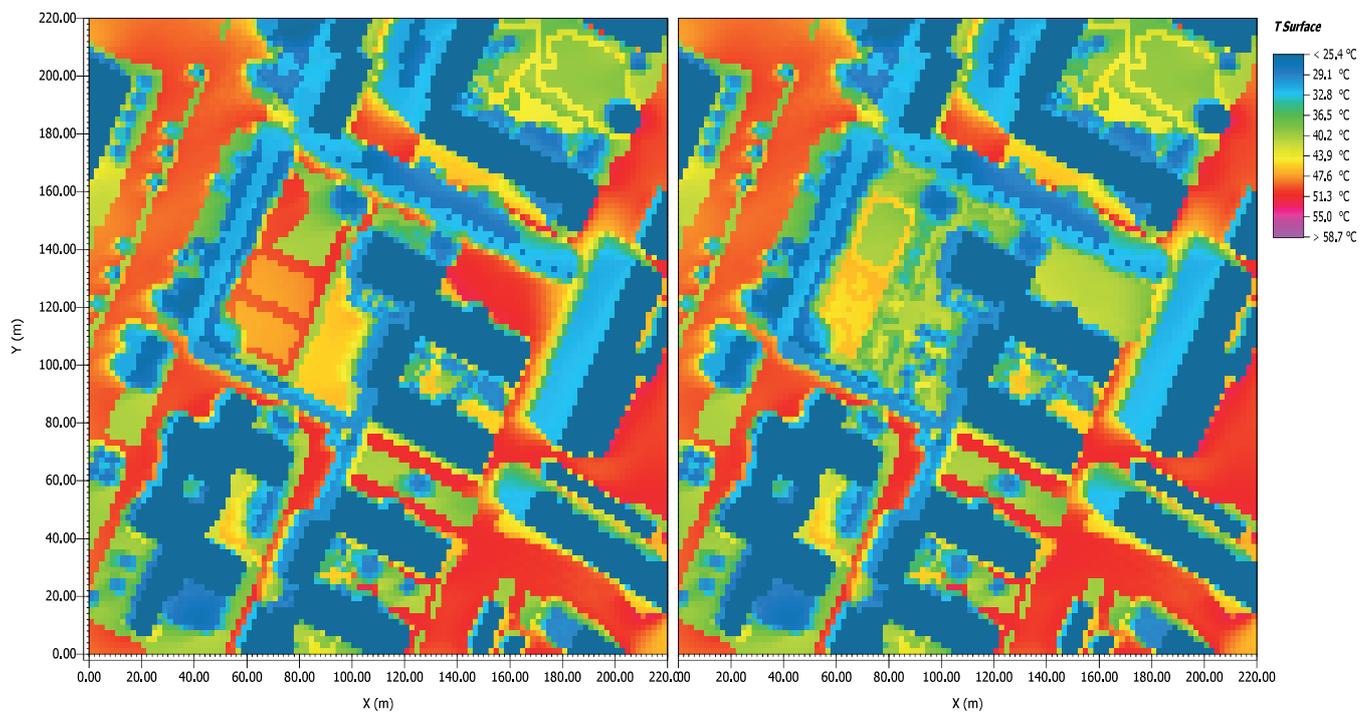
STATO DI PROGETTO



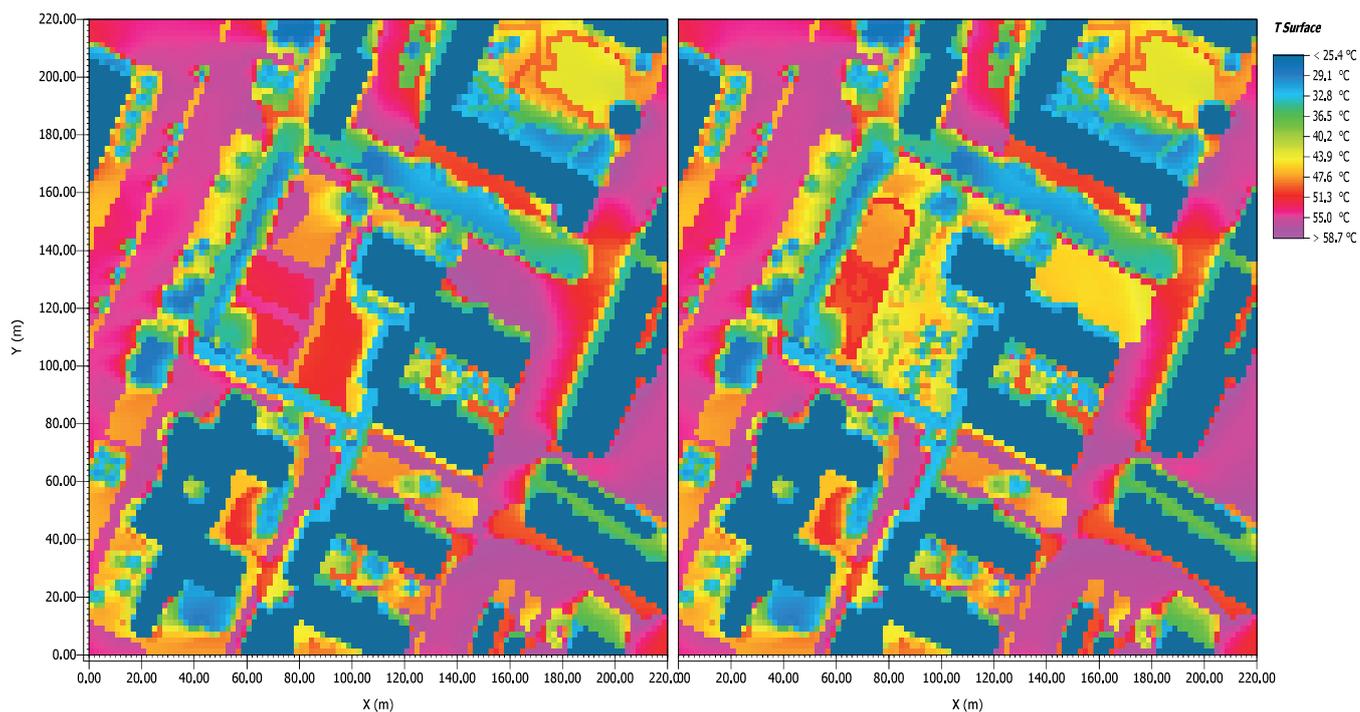
Distribuzione spaziale delle T superficiali alle ore 11 del 19 luglio, relativa al piano xy, (z=1,5m)

STATO DI FATTO

STATO DI PROGETTO



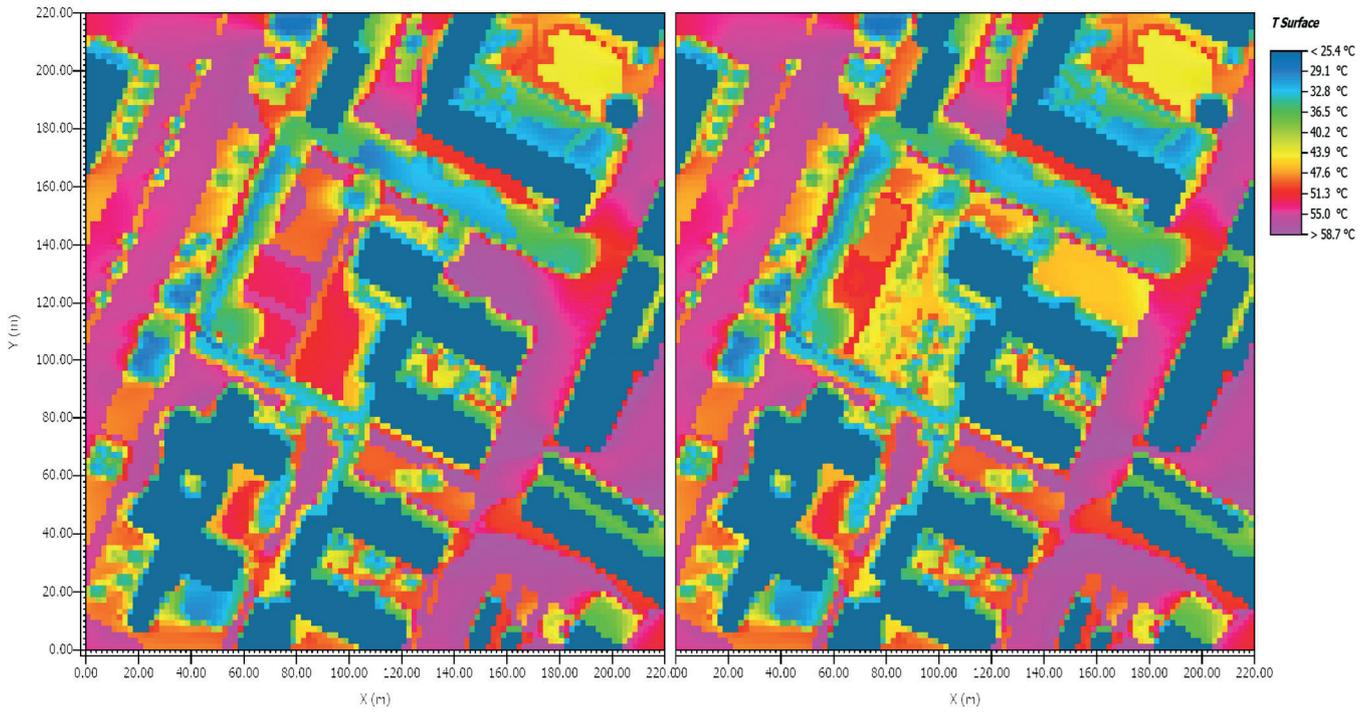
Distribuzione spaziale delle T superficiali alle ore 13 del 19 luglio, relativa al piano xy, (z=1,5m)



Distribuzione spaziale delle T superficiali alle ore 14 (picco) del 19 luglio, relativa al piano xy, (z=1,5m)

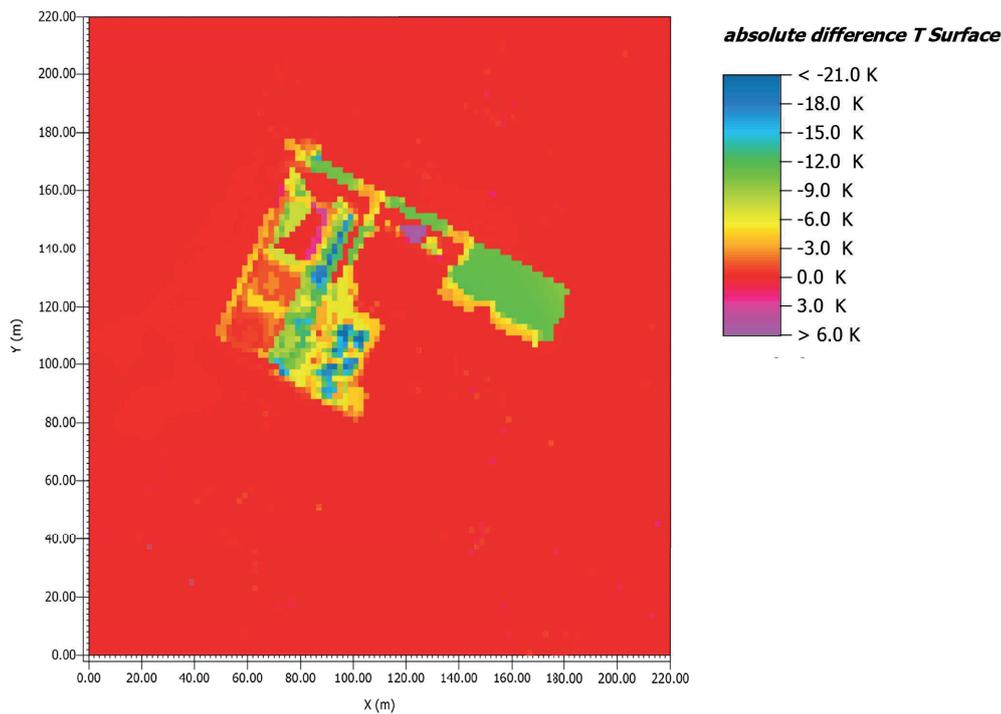
STATO DI FATTO

STATO DI PROGETTO

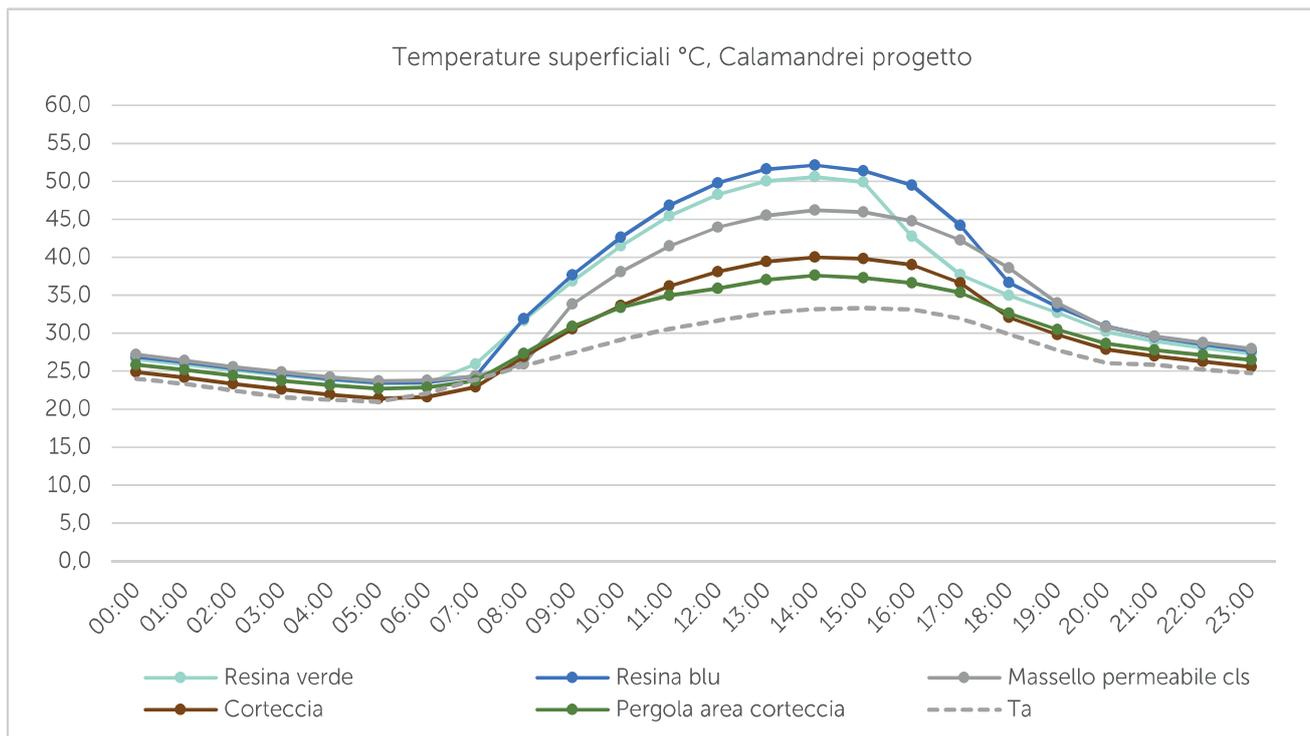


Distribuzione spaziale della differenza di T superficiale tra lo stato di fatto e quello di progetto. Dati relativi alle ore 14 (picco) del 19 luglio, piano xy, (z=1,5m)

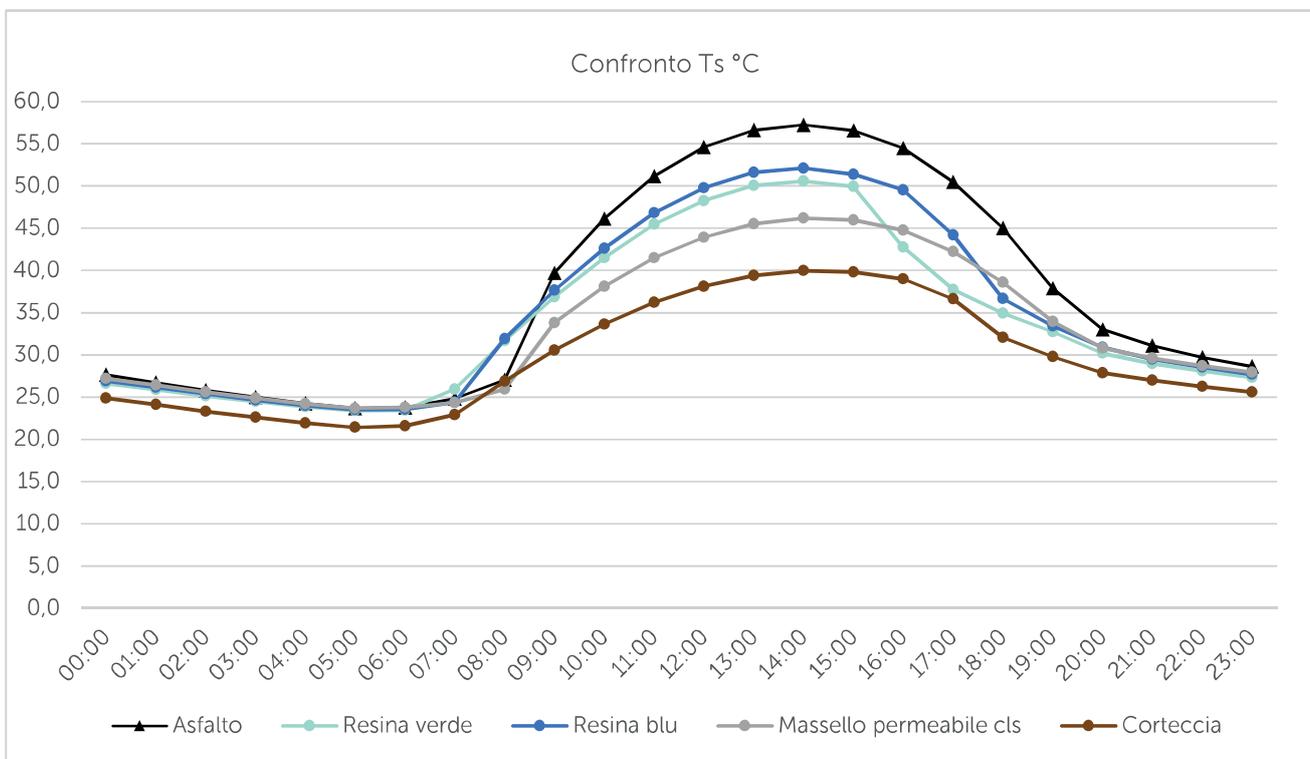
CONFRONTO STATO DI FATTO-PROGETTO



Profilo giornaliero della temperatura superficiale dei nuovi materiali e delle superfici ombreggiate dalla pergola. Dati relativi al 19 luglio.



Profilo giornaliero della temperatura superficiale dell'asfalto tradizionale e dei nuovi materiali con cui è stato sostituito. Dati relativi al 19 luglio.



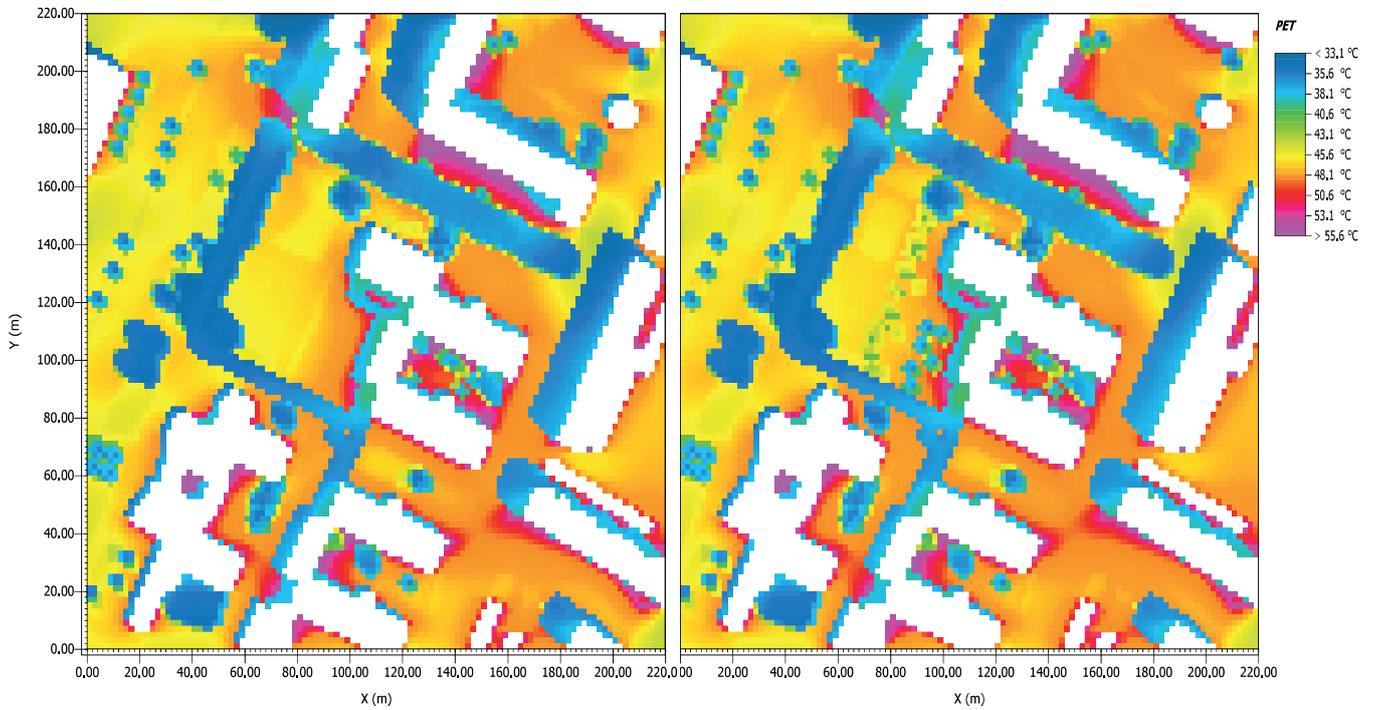
La scelta di materiali naturali (legno), permeabili (autobloccante in calcestruzzo) e riflettenti (resina colorata) riduce le temperature superficiali, mitigando la Ta alle quote più basse

La presenza delle pergola riduce la temperatura delle superfici sottostanti. (3°C alle 14)
L'effetto è minimo a causa della scarsa densità della vegetazione.

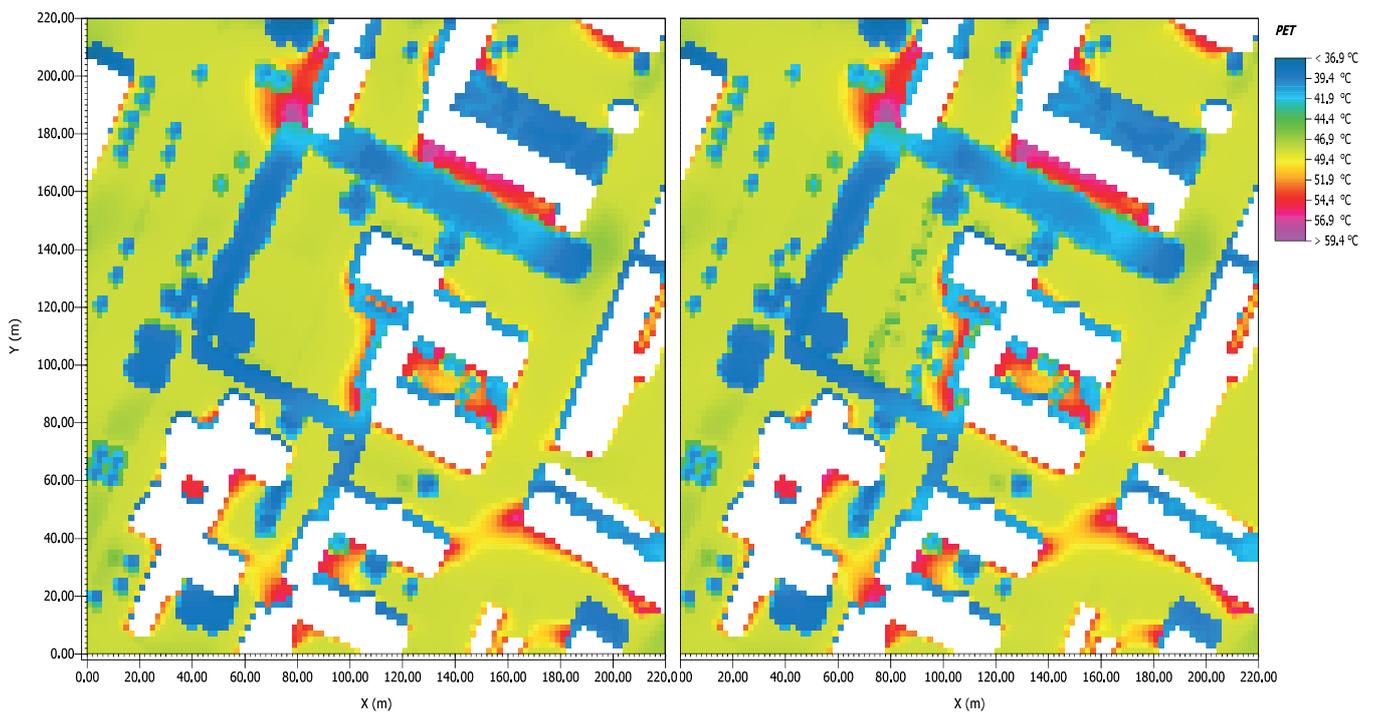
Distribuzione spaziale del PET alle ore 11 del 19 luglio, relativo al piano xy (z=1,5m)

STATO DI FATTO

STATO DI PROGETTO



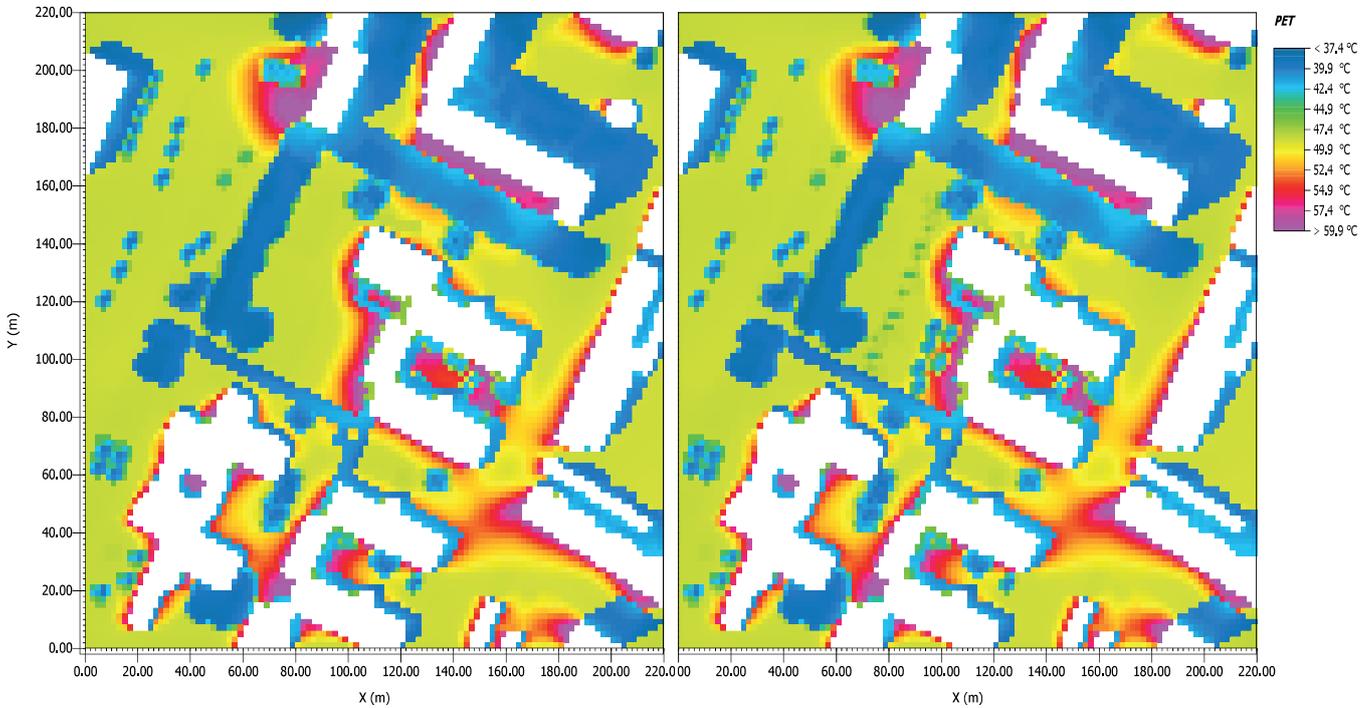
Distribuzione spaziale del PET alle ore 13 del 19 luglio, relativo al piano xy (z=1,5m)



Distribuzione spaziale del PET alle ore 11 del 19 luglio, relativo al piano xy (z=1,5m)

STATO DI FATTO

STATO DI PROGETTO



Il verde è la soluzione più efficace per l'incremento del comfort termico.

La vegetazione influisce positivamente sulla temperatura dell'aria, sulle temperature superficiali e soprattutto sulla temperatura media radiante.

In corrispondenza della piazza d'ingresso le zone alberate riducono il PET di 10°C rispetto allo stato di fatto, passando da una condizione di caldo estremo a molto caldo.

L'effetto positivo delle pergola, invece, è di 5°C in meno rispetto al PET iniziale.

I valori sono sensibilmente inferiori, ma comunque lontani dai livelli di comfort poichè le condizioni di partenza sono estremamente critiche.

Sensazione termica	PET (°C)
Molto freddo	<4
Freddo	4 - 8
Fresco	8 - 13
Fresco moderato	13-18
Comfort	18 - 23
Caldo moderato	23 - 29
Caldo	29-35
Molto caldo	35 - 41
Caldo estremo	> 41

6.4. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- [1] RITSCHER PENNY, *Il giardino dei segreti. Organizzare e vivere gli spazi esterni nei servizi per l'infanzia*, Junior, Azzano San Paolo, 2002.
- [2] B. WEYLAND, S. ATTIA, *Progettare scuole tra pedagogia e architettura*, Guerini, Milano, 2015.
- [3] OLSEN H. E SMITH B., *Sandboxes, loose parts, and playground equipment: a descriptive exploration of outdoor play environments*, in *Early Child Development and Care*, vol. 187, n° 5-6, 2017, pp. 1055-1068.
- [4] SANTAMOURIS M., *Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island. A review of the actual developments*, in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 2013, pp. 224-240
- [5] DESSI V., FARNÉ E., RAVANELLO L., SALOMONI M., *Rigenerare la città con la natura, Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici*, Maggioli, Rimini, 2017
- [6] RITSCHER PENNY, *Slow school: pedagogia del quotidiano*, Giunti, Firenze, 2015.
- [7] KOPEVA A., KHRAPKO O., IVANOVA O., *Landscape Planning of Schoolyards*, in *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 262, 2017, pp. 1-8.
- [8] Vanos 2015 VANOS JENNIFER K., *Children's health and vulnerability in outdoor microclimates: A comprehensive review in Environment International*, 76, 2015, pp. 1-15.
- [9] <https://www.archdaily.com/796398/school-in-alto-de-pinheiros-base-urbana-plus-pessoa-arquitetos>
- [10] <https://www.metalocus.es/es/noticias/transformaci%C3%B3n-de-un-paseo-mar%C3%ADtimo-en-tenerife>
- [11] SYNNEFA A., KARLESSI T., GAITANI N., SANTAMOURIS M., ASSIMAKOPOULOS D.N., PAPA KATSIKAS C., *Experimental testing of cool colored thin layer asphalt and estimation of its potential to improve the urban microclimate*, in *Building and Environment*, 46, 2011, pp. 38-44
- [12] SANTAMOURIS M., SYNNEFA A., KARLESSI T., *Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions*, in *Solar Energy*, 85, 2011, pp. 3085-3102.
- [13] CARNIELO E., ZINZI M., *Optical and thermal characterisation of cool asphalts to mitigate urban temperatures and building cooling demand*, in *Building and Environment*, 60, 2013, pp. 56-65.
- [14] GASPARI J. E FABBRI K., *A study on the use of outdoor microclimate map to address design solutions for urban regeneration in Energy Procedia*, 111, 2017, pp. 500 - 509.
- [15] KYRIAKODIS G., SANTAMOURIS M., *Using reflective pavements to mitigate urban heat island in warm climates - Results from a large scale urban mitigation project*, in *Urban Climate* 24, 2018, pp. 326-339
- [16] PEYRONEL, VALENTINA, *I cortili scolastici come luoghi per implementare tecniche di mitigazione dell'isola di calore urbana in un'ottica di inclusione sociale: casi studio nel comune di Collegno*, relatore: Valentina Serra, correlatore: Alfredo mela, Politecnico di Torino, 2015.
- [17] <https://www.plasticariciclata.it/prodotti/griglia-salvaprato/>
- [18] <https://www.italcementi.it/it/i-idro-drain>
- [19] <http://www.casalisport.com/it>
- [20] <https://www.ferrariibk.it/prodotti/drenanti>
- [21] <http://www.paver.it/>
- [22] <http://geoportale.comune.torino.it/geocatalogocoto/?-sezione=mappa>
- [23] IL MILLEPIANTE, *Guida alle piante dei vivai d'Italia*, Maxi, Pistoia, 2004.
- [24] LAURA PIROVANO, *Il giardino d'ombra*, De Vecchi, Milano 2008
- [25] <https://www.legnolandia.com/>
- [26] <http://www.proludic.it/>

7

CONCLUSIONI

7. CONCLUSIONI

L'approccio quantitativo è stato uno strumento essenziale per indagare le condizioni microclimatiche dei cortili e il benessere degli utenti.

I lunghi tempi di calcolo hanno rappresentato sicuramente una criticità: circa 55h effettive per simularne 48.

Un limite dell'analisi riguarda l'indice di comfort PET che, come già espresso in precedenza, si riferisce al tipico uomo adulto e quindi sottostima la sensazione termica dei bambini.

In relazione alla mitigazione del microclima sono state adottate le seguenti strategie: incremento delle superfici naturali e della vegetazione, installazione di sistemi di schermatura ed impiego di cool pavements, in sostituzione ai materiali impermeabili e con basso albedo.

I materiali naturali, quelli permeabili e riflettenti permettono di ridurre sensibilmente le temperature superficiali, mitigando il fenomeno dell'isola di calore urbana.

Nei casi studio analizzati, il loro effetto sul benessere termoisometrico è minimo: dovrebbero essere impiegati e testati su superfici più estese per poter registrare risultati significativi sul comfort.

La vegetazione influisce positivamente sulla temperatura dell'aria, sulle temperature superficiali e soprattutto sulla temperatura media radiante.

Dal punto di vista del comfort termoisometrico, gli alberi e le coperture opache rappresentano le soluzioni più efficaci, riducendo il PET di oltre 10°C. Le pergole hanno un effetto positivo di minore entità, pari ad una riduzione di 5°C.

I valori sono sensibilmente inferiori, ma comunque lontani dai livelli di comfort, poichè le condizioni di partenza sono estremamente critiche.

Sarebbe interessante simulare questi scenari di progetto in condizioni calde moderate, per valutare l'effetto delle soluzioni proposte.

L'approccio qualitativo è stato fondamentale per definire proposte progettuali coerenti con le esigenze dei bambini e dei ragazzi.

Per quanto riguarda le attività svolte nella scuola primaria, l'ideale sarebbe stato svolgere tutte le fasi (sopralluogo, esplorazione del cortile, questionario e disegni) con ciascuna classe, in modo da avere un quadro più completo.

I bambini di seconda elementare, rispetto ai compagni di terza, si sono distratti maggiormente

e hanno impiegato più tempo nella compilazione del questionario, rallentando leggermente la programmazione del laboratorio.

Nella scuola secondaria, invece, l'attività è stata svolta rispettando i tempi previsti.

In questo caso però è stata coinvolta una sola classe: l'inclusione di un'altra, magari di una prima o una terza, avrebbe permesso un interessante confronto. In relazione al questionario rivolto ai docenti, vi è stata una scarsa partecipazione in entrambe le scuole.

Benchè le risorse e il tempo a disposizione siano stati limitati, l'esito delle attività è stato soddisfacente.

Questi due approcci sono stati essenziali alla definizione dei progetti di riqualificazione.

I nuovi cortili, intesi come nicchie microclimatiche all'interno del tessuto urbano, rispondono alle necessità espresse degli utenti: spazi versatili e multifunzionali che promuovono il gioco, l'attività sportiva, l'esplorazione e l'aggregazione, fornendo allo stesso tempo aree intime dedicate alla sosta e al relax.

Il lavoro di tesi propone quindi una metodologia d'intervento replicabile in altri istituti scolastici, mirata alla valorizzazione del cortile, inteso come risorsa preziosa per la scuola, la comunità e l'ambiente.

