



Questo volume è stato pubblicato con il contributo del Dipartimento di Architettura

Ancora una volta si ringraziano tutti gli autori che hanno inviato il loro contributo. Un particolare ringraziamento a Silvia d'Ambrosio che ogni anno e, con questa edizione, da 12 anni coordina la realizzazione complessiva dell'evento, in particolare tenendo i contatti con gli interessati, i docenti e i relatori; gestisce la revisione grafica degli abstract e degli articoli, cura la composizione e l'impaginazione tipografica professionale per la pubblicazione di questi Atti.

# **GIS DAY 2020**

## **IL GIS PER IL GOVERNO E LA GESTIONE DEL TERRITORIO**

*a cura di*

**BARBARA CARDONE  
FERDINANDO DI MARTINO**

*Contributi di*

**GIOVANNA ACAMPORA, ANTONIO ACIERNO, ANTONELLA AMBROSINO  
ANTONELLA AMORUSO, DANIELA BALDANTONI, EDUARDO BASSOLINO  
MARIA VITTORIA BOTTIGLIERO, ANIELLO CACCIOPPOLI, LAURA CALANDRIELLO  
PAOLO CAPUTO, MARIA CERRETA, PAOLO CIMADOMO, CLELIA CIRILLO  
MARIA FABRIZIA CLEMENTE, VALERIA D'AMBROSIO, NICOLA DE INNOCENTIS  
PASQUALE DE TORO, ROBERTO DE VENDEL, FERDINANDO DI MARTINO  
NICOLA FIERRO, MARIANO FOCARETA, UMBERTO GAGLIARDI  
ARIANNA GAGLIOTTA, SALVATORE GIFUNI, MICHELE GRIMALDI  
SABATO IULIANO, ROBERTA MELE, EMILIANA MELLONE, VITTORIO MIRAGLIA  
IVAN PISTONE, GIULIANO POLI, MARTINA PORCU, MARIA REITANO  
MARINA RUSSO, GIUSEPPINA SANTOMARTINO, LUCA SCAFFIDI, LUIGI SCARPA  
GIANCARLO SIBILIO, ENZA TERSIGNI, SARA VERDE, UGO ZANNINI**



**aracne**



ISBN  
979-12-5994-546-4

PRIMA EDIZIONE  
ROMA 20 NOVEMBRE 2021

# Indice

<b>Prefazione</b>	<b>1</b>
<b><i>Giuseppina Santomartino: Integrazione di sistemi GIS e software BIM per la gestione del patrimonio pubblico e la simulazione di interventi di retrofit tecnologico dell'edilizia residenziale pubblica prefabbricata</i></b>	<b>5</b>
1 Introduzione . . . . .	6
2 Integrazione GIS e BIM: innovazione nell'era digitale . . .	7
3 Applicazione metodologica e fasi del processo . . . . .	8
4 Sviluppo di una piattaforma <i>open-source</i> . . . . .	11
5 Conclusioni . . . . .	12
<b><i>Sara Verde, Eduardo Bassolino, Umberto Gagliardi: Applicazione di processi di data analysis e data exchange tra strumenti GIS-Based e parametric design tools per la generazione di carte di resilienza climatica del sistema degli spazi aperti urbani</i></b>	<b>15</b>
1 Introduzione . . . . .	16
2 Approccio metodologico . . . . .	21
2.1 Individuazione delle forme urbane ricorrenti per la definizione del comportamento microclimatico degli spazi aperti . . . . .	23
2.2 Analisi del comportamento microclimatico delle forme urbane ricorrenti . . . . .	27
2.3 Processi per il riconoscimento delle forme urbane ricorrenti in ambiente GIS . . . . .	29
3 Risultati . . . . .	32
4 Conclusioni . . . . .	35

<i>Antonella Ambrosino, Antonella Amoruso, Daniela Baldantoni, Michele Grimaldi: Valutazione dello stato di qualità degli ecosistemi in un territorio altamente urbanizzato: analisi di un caso studio nell'area dei Campi Flegrei</i>		<b>41</b>
1	Introduzione . . . . .	43
2	Metodologie . . . . .	45
3	Risultati . . . . .	48
4	Conclusioni . . . . .	69
 <i>Enza Tersigni, Salvatore Gifuni, Vittorio Miraglia: Un processo GIS-Based per il riconoscimento dei tipi edilizi ricorrenti nei contesti urbani finalizzato all'analisi di categorie d'intervento <i>climate proof</i> per la mitigazione climatica</i>		<b>73</b>
1	Introduzione . . . . .	75
2	Tipi edilizi ricorrenti e alternative tecniche <i>climate proof</i> per la mitigazione climatica degli edifici residenziali	77
3	Riconoscimento GIS-Based dei tipi edilizi ricorrenti nei contesti urbani e creazione di carte tematiche relative alle emissioni di CO <sub>2</sub> . . . . .	86
4	Limiti applicativi nell'utilizzo dei <i>dati open</i> . . . . .	96
5	Conclusioni . . . . .	98
 <i>Maria Fabrizia Clemente, Valeria D'Ambrosio, Mariano Focareta: Processi GIS-Based finalizzati alla classificazione della vulnerabilità dell'ambiente urbano-costiero in regime di cambiamento climatico</i>		<b>103</b>
1	Introduzione: aree costiere e impatti climatici . . . . .	104
2	Modelli e indicatori per governare la complessità dell'ambiente urbano costiero . . . . .	107
3	Processi GIS-Based per l'analisi della vulnerabilità dell'ambiente urbano costiero . . . . .	109
	3.1 Elevazione costiera . . . . .	110
4	Risultati e prospettive di lavoro . . . . .	114
5	Conclusioni . . . . .	115
 <i>Maria Vittoria Bottigliero, Giancarlo Sibilio, Paolo Caputo: Un catalogo GIS-Oriented per la gestione del patrimonio</i>		

<b>arboreo degli Orti Botanici: l'esempio dell'Orto Botanico di Napoli</b>		<b>123</b>
1	Introduzione . . . . .	125
1.1	Storia dell'Orto Botanico dell'Università degli Studi di Napoli Federico II . . . . .	125
1.2	La gestione del patrimonio arboreo negli Orti Botanici . . . . .	127
1.3	Catasto del verde e censimento del verde . . . . .	127
2	Scopo della ricerca . . . . .	128
3	Materiali e metodi . . . . .	129
3.1	Raccolta delle informazioni storiche e bibliografiche sulle specie coltivate nell'Orto Botanico di Napoli .	129
3.2	Campionamento, mappatura e vettorializzazione in ambiente GIS . . . . .	130
4	Risoluzione di problemi tassonomici . . . . .	132
4.1	Analisi dei dati (tabelle <i>Pivot</i> ) . . . . .	133
4.2	Creazione del WebGIS . . . . .	135
5	Risultati . . . . .	136
5.1	Mappe . . . . .	136
5.2	Discussione . . . . .	139
5.3	Conclusioni . . . . .	140

*Clelia Cirillo, Luigi Scarpa, Ugo Zannini, Marina Russo, Giovanna Acampora: Tecnologia GIS e Patrimonio Culturale: mappe e cartografie per riscoprire il tracciato dell'Appia Antica* **143**

1	Introduzione . . . . .	145
2	Mappa dei siti archeologici preromani tra Campania e Lazio	148
3	Il percorso della Via Appia in Campania Settentrionale .	150
4	Conclusioni . . . . .	154

*Ferdinando Di Martino, Paolo Cimadomo, Roberta Mele: Ricostruire le vie dell'Impero romano in oriente: l'analisi Least Cost Path tra GIS e Archeologia* **159**

1	Introduzione . . . . .	161
2	L'approccio metodologico . . . . .	162
2.1	Gli obiettivi della ricerca . . . . .	162
2.2	La ricerca archeologica . . . . .	163

2.3	L'Area di studio . . . . .	163
3	Il <i>Least Cost Path</i> . . . . .	165
3.1	Analisi della letteratura . . . . .	165
3.2	I <i>data set</i> . . . . .	166
3.3	I tre modelli LCP . . . . .	168
4	Risultati . . . . .	170

***Emiliana Mellone, Laura Calandriello, Nicola De Innocentis: A social mapping practice: AcquaMAT, as best practice*** **175**

1	Introduction . . . . .	176
2	Methodology & topics . . . . .	177
3	Technology and tools . . . . .	178
4	Key Features – webmap . . . . .	179
5	Search spot . . . . .	180
6	Stats . . . . .	181
7	Report spot . . . . .	181
8	Goals . . . . .	183
9	Events and promotion . . . . .	184
10	Conclusions . . . . .	185

***Antonio Acierno, Pasquale De Toro, Nicola Fierro, Ivan Pistone, Luca Scaffidi: Carnevali storici della Campania e itinerari degli eventi rituali: analisi e rappresentazione in ambiente GIS*** **187**

1	Introduzione . . . . .	188
2	Analisi spaziale dei carnevali storici della Campania . . . . .	193
3	Gli itinerari dei carnevali storici della Campania . . . . .	200
4	Conclusioni . . . . .	205

***Laura Calandriello, Martina Porcu: La valutazione degli impatti del verde storico in ambito urbano: il caso di villa Floridiana*** **209**

1	Introduzione . . . . .	211
2	Metodologia . . . . .	214
3	Conclusioni . . . . .	220



***Alessandra Veropalumbo: Naples Digital Archive. Cartografia storica e GIS nel progetto CIRICE – Bibliotheca Hertziana*** **225**

- 1 Introduzione: Cartografia storica e GIS, un approccio interdisciplinare . . . . . 226
  - 1.1 *Naples Digital Archive*. Il processamento delle fonti e la georeferenziazione della cartografia storica . . . 228
- 2 La Mappa vicereale . . . . . 233
- 3 Applicazione dell'*Historical GIS*. Il caso studio del Decumano inferiore . . . . . 239
- 4 Le guide storiche della città . . . . . 241
- 5 Conclusioni . . . . . 244

***Maria Cerreta, Giuliano Poli, Maria Reitano: Assessing Informal Publicness: Spatial Indicators for Local Dynamics and Systems of Values*** **251**

- 1 Introduzione . . . . . 252
- 2 The scientific landscape method for literature review . . . 254
- 3 Materials and methods . . . . . 256
- 4 The case study . . . . . 258
- 5 Results . . . . . 259
- 6 Conclusion . . . . . 267

***Sabato Iuliano, Arianna Gagliotta: Sistemi di supporto alle decisioni per la gestione integrata del comparto turistico vesuviano*** **271**

- 1 Introduzione . . . . . 272
- 2 Il contributo dei SSD e dei GIS allo studio del turismo . . . 274
- 3 Raccolta, selezione, strutturazione dei dati territoriali . . . 276
- 4 Costruzione di un modello turistico parametrizzato . . . . 277
- 5 Ipotesi di scenari per un modello turistico ottimizzato . . . 279
- 6 Conclusioni . . . . . 283

***Sabato Iuliano, Aniello Caccioppoli: Sistemi di supporto alle decisioni per l'individuazione di un sito di stoccaggio RSU intercomunale in Penisola Sorrentina*** **285**

- 1 Introduzione . . . . . 286
- 2 Finalità dello studio . . . . . 289

3	Raccolta dei dati . . . . .	290
4	Implementazione del progetto GIS . . . . .	291
5	Parametrizzazione dei tematismi e sommatoria dei valori . . . . .	294
6	Individuazione delle località di maggiore produzione RSU (partenze) e delle località possibili sedi di stoccaggio (de- stinazioni) . . . . .	297
7	Analisi di rete ( <i>network analysis</i> ) . . . . .	299
8	Conclusioni . . . . .	302

<b>Roberto De Vendel: Progetto PITER – Piattaforma Integra- ta TERRitoriale del Comune di Capaccio Pæstum</b>		<b>305</b>
1	Introduzione . . . . .	307
	1.1 Cos'è PITER . . . . .	307
	1.2 La convenzione di Åarhus . . . . .	308
2	Strutturazione di PITER . . . . .	308
3	Il Sistema Informativo Territoriale Comunale . . . . .	309
	3.1 Il S.I.T. Comunale è suddiviso per grandi aree tematiche. . . . .	309
4	Il WebGIS . . . . .	310
	4.1 Che cos'è un WebGIS? . . . . .	310
5	La struttura informatica di PITER . . . . .	311
6	PITER . . . . .	311
7	Conclusioni . . . . .	325

Applicazione di processi di *data analysis* e *data exchange* tra strumenti GIS-Based e *parametric design tools* per la generazione di carte di resilienza climatica del sistema degli spazi aperti urbani

SARA VERDE, EDUARDO BASSOLINO, UMBERTO GAGLIARDI  
Dipartimento di Architettura  
Università degli Studi di Napoli Federico II  
email: sara.verde@unina.it, eduardo.bassolino@unina.it  
umbertogag@gmail.com

**ABSTRACT:** The theme of design to oppose climate impacts requires the development of knowledge and processing models able to manage the complexity of the information needed to face a climate-proof transformation of urban systems. In the research project "PLANNER", carried out by the Diarc of the University of Naples "Federico II", the purpose was to develop a methodology which, by integrating GIS-Based tools and parametric design tools, uses digital simulation tools in order to understand the characteristics of the urban system and evaluate its performance. The methodology mainly studies the heat wave phenomenon. To create replicable maps on the national territory, able to map the outdoor comfort perceived by users in open urban spaces, a methodology has been developed to analyse the performance behaviour of recurring types of open spaces, to define critical aspects and then verify the effectiveness of possible climate adaptive design solutions. To this end, generic urban forms morphologically homogeneous have been defined to describe the entire national territory. The verification and validation of this process was conducted through a testing phase on the city of Naples. This process has been the starting

point for generation of maps able to describe the ability to adapt urban open spaces, considering as a benchmark the sensation of perceived comfort PMV (Predicted Mean Vote) and mitigation capacity, by calculating CO<sub>2</sub> concentration (ppm).

KEYWORD: parametric design, data exchange, data analysis, urban comfort.

SUNTO: Il tema della progettazione per il contrasto degli impatti climatici richiede lo sviluppo di modelli di conoscenza e processualità in grado di gestire la complessità delle informazioni necessarie a indirizzare una trasformazione *climate-proof* dei sistemi urbani. Nell'ambito della ricerca "PLANNER", l'obiettivo che ci si è proposti è stato lo sviluppo di una metodologia che, integrando strumenti GIS-Based e *tool di design* parametrico, utilizzi strumenti di simulazione digitale al fine di comprendere le caratteristiche del sistema urbano e valutarne le prestazioni, con particolare riferimento al fenomeno dell'ondata di calore. Al fine di realizzare carte replicabili sull'intero territorio nazionale in grado di mappare il *comfort outdoor* percepito dagli utenti negli spazi aperti urbani, è stata definita una metodologia che permetta di analizzare il comportamento prestazionale di tipologie ricorrenti di spazi aperti per definire aspetti critici e verificare in seguito l'efficacia di possibili soluzioni di *climate adaptive design*. A tale scopo, sono state definite generiche forme urbane morfologicamente omogenee per descrivere l'intero territorio nazionale. La verifica e validazione di tale processo è avvenuto attraverso una fase di *testing* sulla città di Napoli. Questo processo ha rappresentato il punto di partenza per la generazione di carte capaci di descrivere la capacità di adattamento degli spazi aperti urbani, considerando quale parametro di riferimento la sensazione di comfort percepita PMV e la capacità di mitigazione, attraverso il calcolo delle concentrazioni di CO<sub>2</sub>.

PAROLE CHIAVE: progettazione parametrica, scambio dati, analisi dati, comfort urbano.

## 1 Introduzione

Il tema del cambiamento climatico ha assunto una significativa rilevanza nelle politiche globali incentrate sulla decarbonizzazione dai settori pro-

duttivi quali industria, servizi e agricoltura [ISPRA 2018], alle quali si affianca la crescente pericolosità di fenomeni meteorologici estremi che mettono in luce l'inadeguatezza delle città contemporanee, ma soprattutto la lentezza amministrativa nel programmare strategie e proporre azioni adeguate, allo scopo di ridurre il livello di vulnerabilità. Il clima, che può essere inteso come un sistema complesso di interazione di diverse componenti, ha dimostrato di dipendere nella sua variabilità non solo da fattori naturali, ma soprattutto da fattori antropici. È di fatto l'azione antropica che, attraverso le emissioni di gas serra, ha condotto al verificarsi di fenomeni di alterazione di una delle componenti principali del sistema climatico: l'atmosfera. In particolare, tutto ciò è risultato nell'incremento del riscaldamento globale che «ha già prodotto e continua a produrre forti impatti sul pianeta. In particolare, si osserva un aumento di eventi meteorologici e climatici estremi (siccità, piogge intense, ondate di calore), che hanno un importante effetto sulla vita degli uomini e sugli ecosistemi naturali» [Mercogliano 2020].

Sul tema degli impatti del cambiamento climatico in ambiente urbanizzato, si sviluppa il progetto di ricerca PLANNER – Piattaforma per LA GestioNe dei rischi Naturali in ambiEnti uRbanizzati – con finanziamento POR CAMPANIA FESR 2014/2020, Asse 1 - O.S. 1.1 “Incremento dell'attività di innovazione delle imprese”, e realizzato dal DiARC - Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli “Federico II”, in *partnership* con STRESS scarl, GENESIS GI e ETT SpA<sup>1</sup>.

L'obiettivo del progetto di ricerca è stata la realizzazione di una piattaforma Web-GIS, quale strumento di supporto alle decisioni, che consenta di mappare il livello di vulnerabilità, pericolosità e impatti rispetto al fenomeno climatico dell'ondata di calore<sup>2</sup>. Il modello nasce dalla necessità di valutare la vulnerabilità ai fenomeni climatici dei sistemi urbani, considerando la complessità delle loro entità fisiche, socioeconomiche e le loro relazioni reciproche in modo da fornire uno strumento valido per valutare le prestazioni di adattamento al cambiamento climatico attraverso l'uso

---

<sup>1</sup>Responsabile scientifico del progetto: prof. G. Verderame; Responsabile scientifico per gli aspetti climatici prof. Valeria D'Ambrosio.

<sup>2</sup>Le ondate di calore sono fenomeni climatici estremi caratterizzate dall'aumento delle temperature medie, in periodo estivo, per un numero continuo di giorni. Sebbene non vi sia una definizione unica a livello globale, nel nostro Paese, gli indirizzi ministeriali definiscono il fenomeno come un periodo di almeno tre giorni consecutivi con temperatura massima superiore a 30°C.

di indicatori quantitativi che descrivono la complessità del sistema urbano rispetto alle proprie caratteristiche [Aprèda et al. 2019].

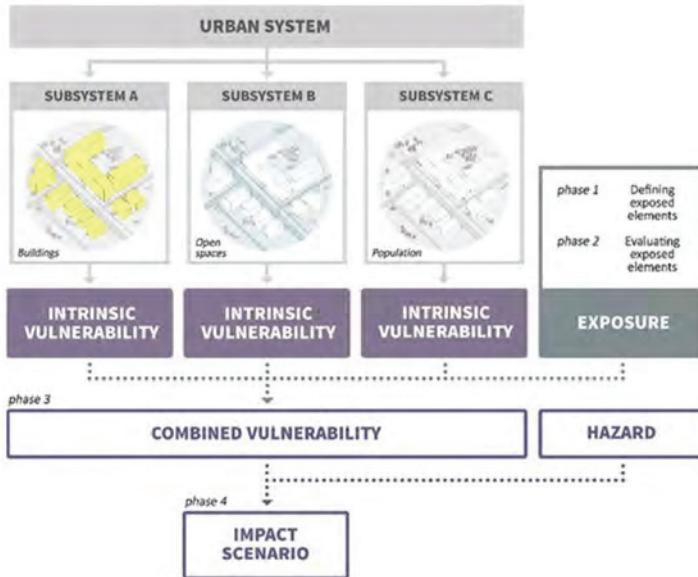
Gli studi condotti nell'ambito del progetto di ricerca PLANNER, realizzati con riferimento al caso studio della città di Napoli, e che hanno guidato il gruppo di ricerca verso la definizione di scenari di impatto al fenomeno dell'ondata di calore, sono stati elaborati a partire dal modello operativo sviluppato dalla ricerca METROPOLIS – METodologie e Tecnologie integRate e sOstenibili Per l'adattamentO e La sicurezza di Sistemi urbani<sup>3</sup> – (Fig. 1) [D'Ambrosio, Leone 2017].

Tale modello, trae origine dalla definizione degli impatti ai fenomeni connessi al cambiamento climatico dell'AR5 *Fifth Assessment Report* (Fig. 2) [IPCC 2014]. Il modello proposto dalla ricerca METROPOLIS, vede «la valutazione degli scenari di impatto dei fenomeni di ondata di calore e *pluvial flooding* è stata riferita alla popolazione direttamente coinvolta in termini di salute, benessere e sicurezza considerando, in base ai differenti fenomeni indagati, fasce di popolazione più sensibili come quelle “deboli” – ovvero bambini e anziani – o esposte a particolari condizioni di “povertà energetica” (*fuel poverty*). Gli scenari di impatto sono stati elaborati a partire dall'analisi del grado di vulnerabilità intrinseca del sistema urbano e correlati al grado di esposizione alle condizioni di pericolosità (*hazard*)» [D'Ambrosio, Di Martino 2016].

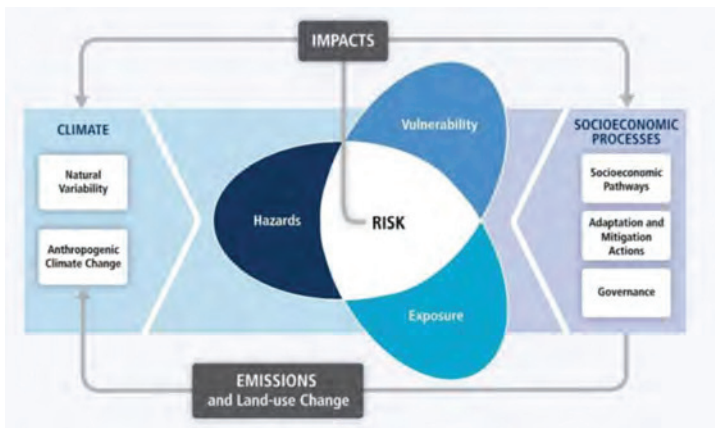
Al fine di rendere replicabile il processo, all'interno del progetto PLANNER, sono stati utilizzati dati di *input* di tipo *open source* processati in ambiente GIS, allo scopo di rendere il processo reperibile all'interno del territorio italiano.

---

<sup>3</sup>Progetto di ricerca attuato nell'ambito del Distretto STRESS S.c.a.r.l. su finanziamento del PON Ricerca e Competitività 2007-2013; ente finanziatore: MIUR-PON-STRESS S.c.a.r.l. (Società consortile STRESS S.c.a.r.l. - Sviluppo, Tecnologie e Ricerca per l'Edilizia Sismicamente Sicura e eco-Sostenibile); Coordinamento scientifico generale: G. Verderame (DIST – Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura dell'Università degli Studi di Napoli “Federico II”); Responsabile del progetto per STRESS Scarl: V. James; Responsabile scientifico DiARC: Valeria D'Ambrosio. Partner: AMRA Scarl, D'APPOLONIA SpA., ICIE Soc. Coop., Calcestruzzi Irpini SpA., ETT SpA, Geoslab SRL, Tecnoin SpA., Tecnosistem SpA, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Università degli Studi del Sannio.



**Figura 1.** Modello operativo per determinare gli impatti ai fenomeni climatici causati dal cambiamento climatico esito del progetto METROPOLIS – METodologie e Tecnologie integRate e sOstenibili Per l’adattamentO e La sIcurezza di Sistemi urbani. Fonte: [Di Martino F., Sessa S. 2017].



**Figura 2.** Modello per la definizione degli impatti ai fenomeni climatici causati dal cambiamento climatico proposto dall’IPCC. Fonte: [AR5 Fifth Assessment Report, IPCC 2014].

Le proiezioni dell'AR5 Fifth Assessment Report [IPCC 2014] concordano sull'aumento, nel corso del XXI secolo, della frequenza e dell'entità delle onde di calore in tutti gli scenari di emissioni RCP (*Representative Concentration Pathways*). Per tale motivo, gli scenari di impatto, esito della sperimentazione sulla città di Napoli, e definiti considerando lo scenario di emissione RCP4.5, sono stati definiti rispetto tre periodi temporali differenti:

- Scenari di impatto nel breve termine (2020-2040);
- Scenari di impatto nel medio termine (2041-2070);
- Scenari di impatto nel lungo termine (2071-2100).

Le proiezioni degli scenari di impatto rispetto a tre periodi temporali differenti si sono rese necessarie poiché «è probabile che il riscaldamento globale raggiungerà 1,5° C tra il 2030 e il 2052 se continuerà ad aumentare al tasso attuale». Inoltre, le proiezioni dell'andamento delle emissioni di CO<sub>2</sub>, causa principale del riscaldamento globale, stimano un aumento delle temperature comprese tra 1,5° e 2° entro il 2100 [IPCC 2018].

In seguito alla definizione degli scenari di impatto, sono state delineate le azioni strategiche che, se applicate, garantirebbero una significativa riduzione degli impatti attraverso azioni progettuali di *climate adaptive design*. Queste, distinte dapprima secondo la definizione di due sistemi d'intervento, quello degli edifici e quello degli spazi aperti, sono poi state raggruppate secondo categorie d'intervento *climate-proof*. «I concetti alla base delle strategie di risposta alle pressioni esercitate dai cambiamenti climatici includono parole chiave quali “mitigazione” e “adattamento”.

Nel primo caso si cerca di ridurre o eliminare la causa principale del cambiamento climatico, con risultati attesi nel lungo periodo, nel secondo caso si interviene nell'immediato, a cambiamenti già avvenuti, per ridurre la predisposizione di sistemi umani e naturali a subire effetti negativi» [Rossi, Arnetoli 2020].

Molte opzioni di adattamento e mitigazione possono aiutare ad affrontare il cambiamento climatico, ma nessuna singola opzione è sufficiente da sola. Un'attuazione efficace dipende dalle politiche e dalla cooperazione a tutti i livelli strategici e di pianificazione, e può essere rafforzata attraverso risposte integrate che collegano l'adattamento e la mitigazione con



altri obiettivi della società. Alcune risposte di adattamento comportano significativi co-benefici, sinergie e compromessi.

La mitigazione può essere più conveniente se si avvale di un approccio integrato che combina misure volte a ridurre il consumo energetico e l'emissione di gas serra [IPCC 2014].

Allo scopo di descrivere la capacità di adattamento al fenomeno dell'ondata di calore, in entrambi i sistemi, si è scelto di adottare quale parametro di misurazione della sensazione di comfort percepito nelle aree urbane, l'indice del PMV (*Predicted Mean Vote*). Mentre, relativamente alla capacità di mitigazione raggiungibile, è stata descritta per il sistema edifici attraverso la riduzione di emissione di CO<sub>2</sub>, mentre per quanto riguarda il sistema spazi aperti, si è scelto di utilizzare l'indice espresso della concentrazione di CO<sub>2</sub>.

Il contributo descrive la sperimentazione attuata attraverso il caso studio della città di Napoli.

In particolare, la sperimentazione per la definizione delle capacità di adattamento e mitigazione al fenomeno dell'ondata di calore del sistema spazi aperti, ha visto l'integrazione di strumenti ICT di *parametric design* e soluzioni GIS-Based.

I primi hanno consentito di definire il livello di partenza e il livello potenziale a seguito di interventi di *climate adaptive design*, rispetto al *comfort outdoor* e le concentrazioni di CO<sub>2</sub>. Gli strumenti GIS, attraverso operazioni di analisi spaziale e aggregazione rispetto all'unità atomica di riferimento rappresentata dalle basi territoriali di censimento 2011 (ISTAT), hanno consentito di associare i dati ottenuti dalle simulazioni parametriche all'ambiente urbano georiferito e di ottenere, attraverso una classificazione tematica rispetto ai valori medi di emissioni di CO<sub>2</sub> e di PMV, carte di adattamento e mitigazione.

## 2 Approccio metodologico

Attraverso la definizione di una metodologia basata su *routine* di processi di *testing* ricorsivi, è stato sperimentato e definito un modello che, mediante l'applicazione di processi GIS-Based e *tool* per la progettazione parametrica, ha permesso la definizione di carte di resilienza climatica per il sistema degli spazi aperti urbani. I livelli di resilienza sono stati misurati attraverso un processo che ha permesso la classificazione per forme urbane ricorrenti delle zone di censimento (elemento spaziale atomico

considerato nel processo per la generazione delle carte), e che ha permesso di valutarne il comportamento prestazionale in diverse condizioni climatiche.

I dati sulle condizioni climatiche utilizzati per la valutazione delle prestazioni *outdoor*, sono stati individuati con riferimento alle macroregioni climatiche definita dal PNACC (Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici) [PNACC 2017]. Sviluppato per dare attuazione alla Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti climatici [SNAC 2015], oltre a fornire un’analisi delle condizioni climatiche e future (con riferimento agli scenari RCP 4.5 e 4.8 calcolati per i periodi 2021-2050 e 2071-2100) [IPCC 2013], fornisce una “Zonazione Climatica sul periodo di riferimento 1981-2010” individua sei macroregioni climatiche omogenee per le zone terrestri rappresentative del clima attuale, costruite sulla base dell’andamento degli indicatori climatici nel periodo di riferimento 1981-2010 e con una risoluzione di 25 km [PNACC 2017].

Allo scopo di sperimentare il modello proposto, all’interno di ogni macroregione climatica è stata individuata una città di riferimento. Ciò ha permesso di impostare, in base alle città di riferimento, i dati climatici per l’elaborazione delle simulazioni energetico ambientali per la valutazione delle prestazioni *outdoor*.

Le città di riferimento individuate sono:

MACROREGIONE CLIMATICA 1	Prealpi e Appennino Settentrionale	TORINO
MACROREGIONE CLIMATICA 2	Pianura Padana, Alto Versante Adriatico e Aree Costiere dell’Italia Centro Meridionale	NAPOLI
MACROREGIONE CLIMATICA 3	Appennino Centro Meridionale	POTENZA
MACROREGIONE CLIMATICA 4	Area Alpina	BOLZANO
MACROREGIONE CLIMATICA 5	Italia Centro Settentrionale	TRIESTE
MACROREGIONE CLIMATICA 6	Aree Insulari ed Estremo Sud-Italia	PALERMO

Il modello proposto è stato sperimentato per il caso studio della città di Napoli, utilizzando processi di *data analysis* e *data exchange* allo scopo di consentire l'individuazione delle forme urbane ricorrenti, rappresentative della morfologia urbane delle città italiane, e la conseguente definizione del comportamento microclimatico e prestazionale degli spazi *outdoor* attraverso processi di simulazione energetico ambientali [Verde, Bassolino 2020].

## 2.1 Individuazione delle forme urbane ricorrenti per la definizione del comportamento microclimatico degli spazi aperti

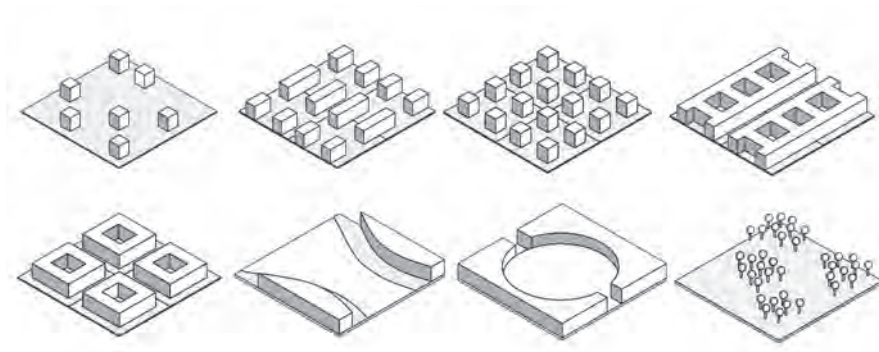
Al fine di analizzare il comportamento microclimatico *outdoor*, l'approccio metodologico sperimentale proposto sviluppa una classificazione del sottosistema fisico degli spazi aperti tramite l'individuazione di tipologie ricorrenti di forme urbane per poterne definire gli aspetti critici e, in seguito, l'efficacia potenziale derivante dall'applicazione di soluzioni di *climate adaptive design*.

Nella *prima fase* è stata proposta la definizione di generiche forme urbane in grado di consentire la misurazione semplificata del comportamento microclimatico e prestazionale degli spazi aperti e di descriverne le interazioni che vi si generano tra le componenti ambientali e gli elementi che costituiscono lo spazio urbano. Questa prima fase di studio e di classificazione si è basata sulla necessità di astrazione di parti di città morfologicamente omogenee cosicché, modelli canonici di aggregazione di forme urbane, siano in grado di descrivere gli spazi aperti delle città e il loro comportamento microclimatico. Su tale tema sono stati presi a riferimento gli studi effettuati da *Carlo Ratti* che riprende le ricerche elaborate negli anni '60 da *Leslie Martin*, *Lionel March* ed altri studiosi. *Martin* e *March*, nei loro studi, avevano preso in considerazione sei forme urbane semplificate, basate su archetipi di forme di edifici, e ne avevano descritto il comportamento energetico e ambientale in relazione alla loro morfologia. *Ratti* riprende tali considerazioni e le forme urbane individuate per analizzarne le caratteristiche energetiche e ambientali e la relazione tra le configurazioni urbane e il comportamento ambientale, attraverso tecniche di elaborazione delle immagini *raster* e indicatori in grado di descriverne la geometria urbana (come lo *sky view factor* o la *shadow density*) [Ratti, et al. 2003; Martin, March 1976] (Fig. 3).



**Figura 3.** Le “*generic urban forms*”, basate sugli archetipi di *Martin and March* e rianalizzate in termini ambientali da *Steemers et al.*. Da destra a sinistra: *pavilions*, *slabs*, *terraces*, *terrace-courts*, *pavilion-courts and courts*. Fonte: elaborazione degli autori sulla base di *C. Ratti et al.* 2003.

Sulla base delle conoscenze acquisite dalla letteratura scientifica, dalla lettura delle morfologie urbane rilevate tramite dati satellitari open delle città di riferimento individuate per le macroregioni del PNACC, si è ipotizzato di definire modelli di forme urbane ricorrenti che potessero semplificare la complessità propria dei tessuti urbani reali e fornire dati utili a comprendere le relazioni tra la morfologia urbana e gli impatti ambientali.



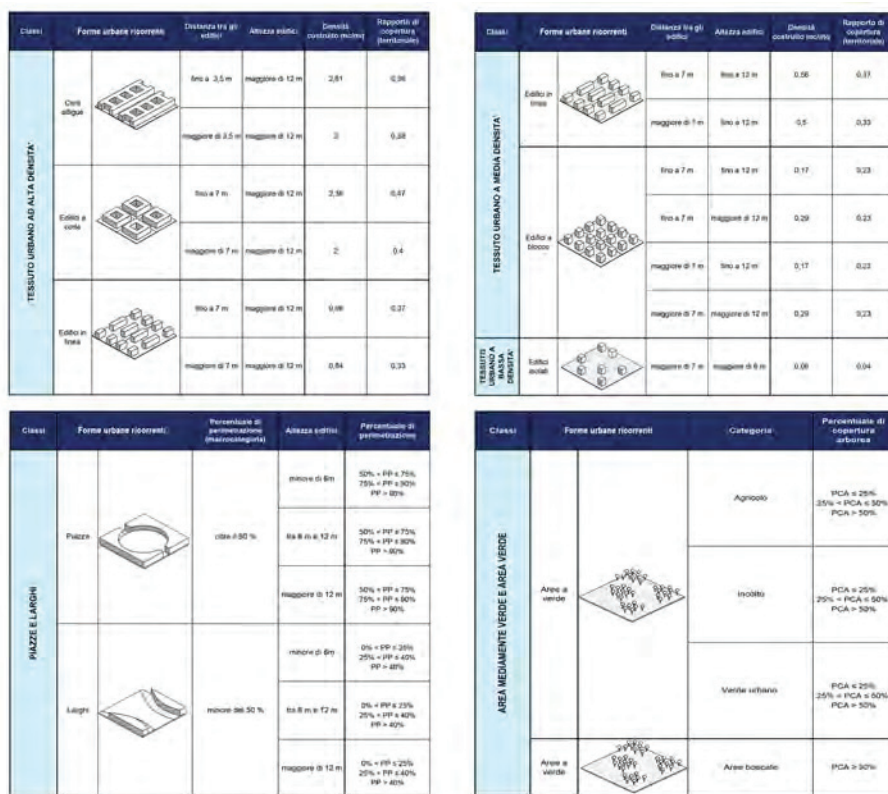
**Figura 4.** Le generiche forme urbane ricorrenti dedotte sulla base degli studi di *C. Ratti*, *L. Martin* e *L. March*. Fonte: elaborazione degli autori, 2020.

La definizione delle forme urbane è avvenuta distinguendo la tipologia di spazio: tessuti urbani, piazze e larghi, aree verdi. Per i tessuti urbani sono stati considerati diversi livelli di classificazione. Innanzitutto, sono state considerate diverse tipologie di aggregazione degli edifici, utilizzando quali parametri, la distanza tra gli edifici e l’altezza degli edifici, individuando: corti attigue, edifici a corte, edifici in linea, edifici a blocco.

Il secondo livello di classificazione ha considerato quali parametri la lettura della densità del costruito ( $mc/mq$ ) e il rapporto di copertura (territoriale) definendo in questo modo tessuti urbani ad alta, media e bassa densità.

Per le piazze e i larghi sono stati utilizzati quali parametri di classificazione la percentuale di perimetrazione e l'altezza degli edifici circostanti.

Infine, anche per le aree verdi sono stati utilizzati due livelli di classificazione. Sono state dapprima classificate in base alla percentuale di copertura arborea e alla tipologia di verde presente (verde agricolo, verde incolto, verde urbano e aree boscate) e, in seguito, sono state suddivise in aree verdi e aree mediamente verdi (Fig. 5).



**Figura 5.** Classificazione delle forme urbane: tessuto urbano ad alta densità, tessuto urbano a media e bassa densità, piazze e larghi, aree mediamente verdi e aree verdi. Fonte: elaborazione degli autori, 2020.

Nella *seconda fase*, il processo di classificazione è stato ulteriormente strutturato selezionando un sistema di indicatori in grado di descrivere e parametrizzare le caratteristiche simili di geometria e morfologia urbana. Gli indicatori scelti, a partire da quelli utilizzati all'interno del processo GIS per la determinazione del modello di vulnerabilità climatica nell'ambito della ricerca PLANNER, sono:

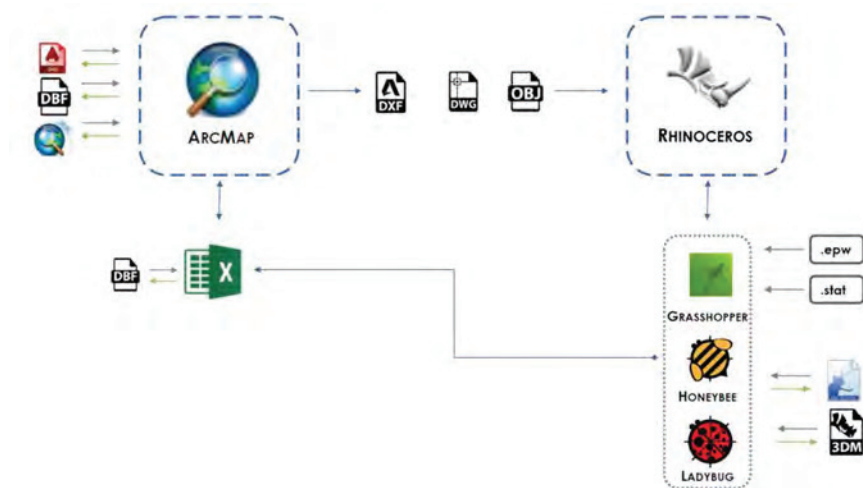
- il rapporto tra superficie edificata e spazi vuoti;
- l'altezza media degli edifici;
- lo *sky view factor*;
- l'*hillshade*.

Successivamente, è stato condotto un processo di *data exchange* che ha permesso di operare un confronto delle prestazioni ambientali e microclimatiche tra reali forme urbane delle città di riferimento e le forme urbane ricorrenti tipizzate. Ciò è avvenuto svolgendo operazioni di testing e verifica tramite lo scambio di dati tra strumenti GIS-Based e *tool* per la progettazione parametrica, e testando il processo sulla città di Napoli.

In questa fase, a porzioni di tessuti reali della città di Napoli sono state associate le forme urbane ricorrenti corrispondenti e, per ognuna di esse, sono stati individuati i valori corrispondenti agli indicatori della morfologia urbana del rapporto tra superficie edificata e spazi aperti, l'altezza media degli edifici, lo *sky view factor* e l'*hillshade* [Watson, Johnson 1987]. Le forme urbane, reali e parametrizzate, sono state racchiuse in un quadrante di dimensione  $100 \times 100m$  in modo da agevolare le operazioni di simulazione.

Allo scopo di verificare l'accuratezza del processo, sono stati confrontati i valori degli indicatori di morfologia urbana ricalcolati per ogni area individuata sul territorio urbano napoletano, e ottenuti costruendo un modello tridimensionale corrispondente alla condizione reale a partire dalle informazioni contenute all'interno del modello GIS elaborato nelle fasi precedenti della ricerca. In seguito, sono stati calcolati nuovamente i valori degli indicatori di morfologia urbano secondo il modello parametrico, anche a seguito dell'elaborazione del modello tridimensionale corrispondente alla relativa generica forma urbana. I valori degli indicatori sono stati così calcolati utilizzando il *plug-in* per la progettazione

parametrica *Grasshopper* del software *McNeel Rhinoceros* e il *plug-in LadyBug*, replicando i processi di calcolo attuati in ambiente GIS, attraverso la definizione di algoritmi generativi.



**Figura 6.** Processo di *data exchange* per la definizione di scenari di adattamento e mitigazione ai fenomeni climatici. Fonte: elaborazione degli autori, 2020.

In seguito, i valori degli indicatori ottenuti tramite i *software* di progettazione parametrica sono stati dapprima confrontati con quelli ottenuti nel modello GIS per la città di Napoli, per poi essere raffrontati con i valori ottenuti per il modello tridimensionale “reale” e, infine, con i dati ottenuti per il modello tridimensionale “parametrico”, considerando un margine di errore massimo del 35%. I dati ottenuti sono stati verificati e ritenuti validi.

## 2.2 Analisi del comportamento microclimatico delle forme urbane ricorrenti

Allo scopo di determinare il comportamento microclimatico delle forme urbane ricorrenti individuate e, conseguentemente, determinare la capacità di adattamento al fenomeno delle ondate di calore in ambiente urbano, nella fase successiva è stato condotto un processo di simulazione e analisi con strumenti ICT, utilizzando quali dati climatici quelli delle città di riferimento per le macroregioni del PNACC.

Per poter eseguire tale valutazione è stato scelto quale parametro di riferimento il *Predicted Mean Vote* (PMV), un indice di valutazione dello stato di benessere di un individuo che tiene conto delle variabili soggettive (*metabolic rate e clothing insulation*) e ambientali (*air temperature, mean radiant temperature, air velocity and relative humidity*).

Il PMV consente di ottenere quale risultato un valore numerico su una scala con range  $-3$  (indice di sensazione di troppo freddo) a  $+3$  (indice di sensazione di troppo caldo), dove lo zero rappresenta lo stato di benessere termico [Fanger 1972; UNI 2005; Zhang et al. 2020].

Inoltre, dai processi di simulazione sono stati estrapolati anche i valori di temperatura dell'aria in  $^{\circ}\text{C}$  e di concentrazione dei  $\text{CO}_2$  espressi in *ppm* (particelle per milione) [Gibbins, Chalmers 2010; IEA 2019; Moncaglieri 2020], così da ottenere una valutazione del comportamento prestazionale degli spazi aperti rispetto alle sollecitazioni climatiche generate dal fenomeno *heat wave*.

Il processo di simulazione è stato condotto utilizzando il *software* di simulazione microclimatica ENVI-met 4.4.5 [ENVI-met 2021] e il *software* di modellazione tridimensionale *Rhinoceros* e delle estensioni del *plug-in* per la progettazione parametrica, *Grasshopper*, *Dragonfly* e *df\_envimet*. L'utilizzo di questi strumenti ha reso possibile, mediante la definizione di un algoritmo generativo, configurare modelli tridimensionali nativi per il *software* ENVI-met ed eseguirle simulazioni ambientali, riducendo i tempi necessari per la costruzione e simulazione dei modelli associati alle forme urbane ricorrenti. Il processo simulativo è stato effettuato sia per lo scenario climatico attuale, 1990-2019 (2000s), e utilizzando i file climatici di tipo EPW dal *database* del portale EnergyPlus<sup>4</sup>, sia per uno scenario climatico previsionale a medio termine, con riferimento al trentennio 2040-2069 (2050s). I dati climatici selezionati fanno parte dell'archivio italiano di dati climatici "Gianni De Giorgio" [Mazzarella 1997].

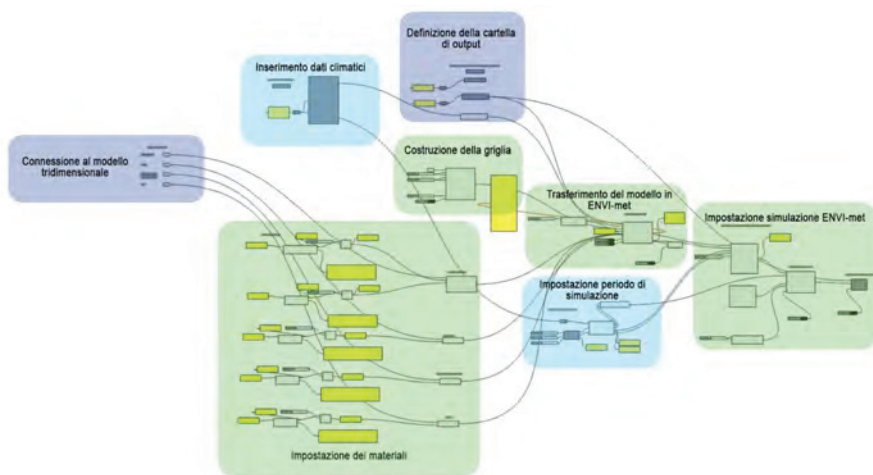
Attuando operazioni di *morphing* degli stessi file climatici mediante il *tool* "CCWorldWeatherGen"<sup>5</sup>, che si basa sul modello HadCM3 A2 di cambiamento climatico del Terzo Rapporto di Valutazione dell'IPCC [IPCC 2001].

---

<sup>4</sup>EnergyPlus. Available online: <https://energyplus.net/weather> (accessed on 1 February 2021).

<sup>5</sup>CCWorldWeatherGen. Available online: <https://energy.soton.ac.uk/climate-change-world-weather-file-generator-for-world-wide-weather-data-ccworldweathergen/> (accessed on 1 February 2021).





**Figura 7.** Definizione dell’algoritmo generativo per l’elaborazione delle simulazioni di *comfort outdoor*. Fonte: elaborazione degli autori, 2020.

### 2.3 Processi per il riconoscimento delle forme urbane ricorrenti in ambiente GIS

Il processo per il riconoscimento delle forme urbane ricorrenti del sistema spazi aperti in ambiente GIS è stato sviluppato definite le caratteristiche morfologiche delle forme urbane ricorrenti attraverso un processo di data exchange dei dati ottenuti dai processi di simulazione parametrica e l’ambiente GIS.





Al fine di ottenere carte tematiche di adattamento e mitigazione al fenomeno climatico dell’ondata di calore, la prima operazione è legata al riconoscimento in ambiente GIS delle forme urbane ricorrenti. Il riconoscimento è avvenuto utilizzando quale unità atomica di rappresentazione, le basi territoriali delle sezioni di censimento 2011.

Questa operazione è stata effettuata calcolando il parametro densità del costruito calcolato come il rapporto tra il volume del costruito (in metri cubi) e la superficie di spazio aperto (in metri quadri). Per ogni sezione di censimento, sono stati utilizzati i dati presenti negli *shape file* del *database* topografico (DBT), che hanno consentito il calcolo delle superfici degli elementi costituenti lo spazio aperto e degli edifici.

Successivamente, associando ai poligoni “edificio” il valore dell’altezza corrispondente, calcolato attraverso la differenza dei valori di contenuti nei *file raster* DSM (*Digital Surface Model*) e DTM (*Digital Terrain Model*), è stato possibile calcolare per ogni edificio l’attributo “Volume”, quale prodotto dell’area degli edifici e dell’altezza.

Successivamente, attraverso un’operazione di “intersect”, è stato possibile intersecare i poligoni degli edifici con i poligoni delle sezioni di censimento e, a seguito di un’operazione di “summarize”, è stato possibile definire per ogni sezione di censimento il valore medio del volume. Infine, noti il volume e la superficie della sezione di censimento, è stato possibile calcolare la densità del costruito ( $D$ ).

Ottenuti i dati relativo alla densità di costruito per sezione di censimento, è stata effettuata la seguente classificazione tematica:

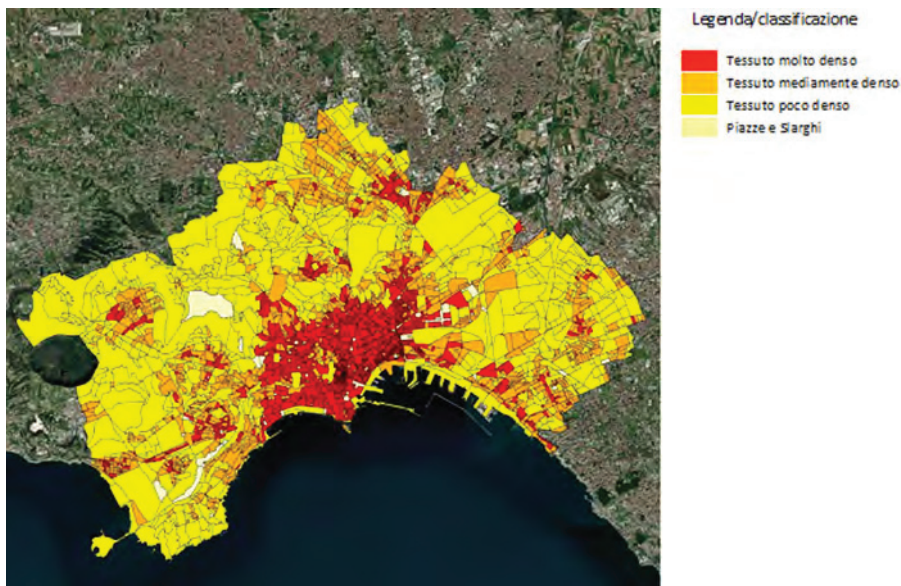
	TESSUTO MOLTO DENSO	$D \geq 17mc/mq$
	TESSUTO MEDIAMENTE DENSO	$7 \leq D < 17mc/mq$
	TESSUTO POCO DENSO	$D < 7mc/mq$
	PIAZZE E SLARGHI	$D = 0mc/mq$

Dai risultati ottenuti, la classificazione effettuata per la sola densità volumetrica risulta non esaustiva dell’associazione delle sezioni censuarie ai tessuti urbani. Per tale motivo, è stata integrata una sub-classificazione che tenesse conto della percentuale di occupazione del suolo della sezione di censimento da parte degli elementi che costituiscono lo spazio urbano.

La prima sub-classificazione è stata effettuata allo scopo di individuare le sezioni di censimento che presentassero una prevalenza di aree trattate a verde. A tale scopo è stata effettuata un’operazione di “*training set*”, un *test* su un gruppo di sezioni di cui è nota la tipologia di trattamento superficiale e di densità edilizia.

In particolare, dall’analisi delle sezioni censuarie comprendenti le aree della collina, del bosco e del parco dei Camaldoli e del Bosco di Capodimonte, classificate rispetto alla densità come tessuto poco denso, è stato possibile definire la classificazione delle aree verdi per quelle sezioni di

censimento che presentassero una superficie occupata per almeno l'80% da vegetazione (alberi, prati, verde incolto, ecc.), mentre, a seguito dell'analisi sulla sezione di censimento che racchiude l'area dell'isolotto di Nisida (tessuto poco denso), sono state classificate come aree mediamente verdi quelle sezioni di censimento la cui superficie è costituita da vegetazione per una percentuale compresa tra il 55% e l'80%.

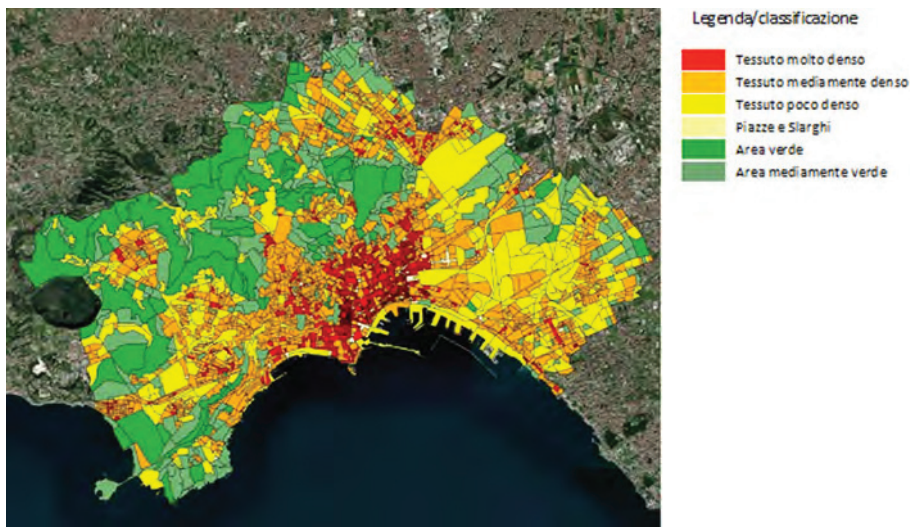


**Figura 8.** Classificazione tematica dei tessuti urbani, aventi come unità atomica la sezione di censimento, per densità volumetrica.

Una ulteriore *sub*-classificazione ha riguardato le aree con una densità maggiore di  $17mc/mq$ , ovvero che presentano edifici molto alti. Analizzando l'area del Centro Direzionale, sono state definite come sezioni censuarie appartenenti al tessuto mediamente denso quelle sezioni di censimento, in seguito classificate come tessuto molto denso, il cui suolo è però occupato solo fino al 55% dalle superfici di edifici.

Tali *sub*-classificazione, sono state possibili sfruttando i dati dimensionali degli elementi urbani, contenute del *database* topografico, attraverso operazioni di analisi spaziale in ambiente GIS.

La *sub* classificazione ha permesso di definire, per ogni sezione di censimento, la forma urbana prevalente (Fig. 9).



**Figura 9.** Classificazione tematica dei tessuti urbani rispetto alle forme urbane prevalenti per sezione di censimento.

Ottenute in ambiente GIS le relazioni tra tessuti e le forme urbane ricorrenti, è stato possibile definire per ogni sezione di censimento della città di Napoli il valore medio di *comfort outdoor* e concentrazione di CO<sub>2</sub>.

Associati tali valori attraverso una classificazione tematica, è stato possibile estrarre le carte tematiche dello stato di fatto, sia per il *comfort outdoor*, espresso in PMV, che per le concentrazioni di CO<sub>2</sub>, espresse in ppm, al 2000s e al 2050s.

### 3 Risultati

La classificazione del sottosistema fisico degli spazi aperti eseguita attraverso la definizione di forme urbane ricorrenti ha permesso di attuare un processo di riconoscimento che, in base a un sistema di indicatori descrittivi della morfologia urbana, ha permesso l'individuazione di parti di città morfologicamente omogenee.

Grazie a tale processo, è possibile, attraverso un lavoro di simulazione e analisi, ottenere i dati relativi al comportamento prestazionale, ai livelli di concentrazione di CO<sub>2</sub> e dei livelli di percezione del *comfort outdoor*

all'interno delle città rappresentative scelte per le macroregioni e oggetto della sperimentazione.

Il processo di riconoscimento sperimentato costituisce una classificazione non esaustiva ma rappresentativa delle casistiche più frequenti in ambito urbano. Attraverso le simulazioni effettuate è stato possibile ottenere i dati relativi alle prestazioni microclimatiche non solo delle forme urbane ricorrenti classificate ma anche degli spazi aperti che esse determinano.

La misurazione del valore dell'indice PMV ha permesso una valutazione complessiva del livello prestazionale degli spazi aperti in ambito urbano in quanto indice di *comfort* globale che esprime la risposta media di un grande gruppo di soggetti. In particolare, per il caso studio di Napoli, i risultati hanno evidenziato una situazione complessiva di *discomfort*, con valori di PMV registrati pari a "CALDO" e "MOLTO CALDO".

Nell'ambito dei processi metodologici sviluppati sono stati utilizzati strumenti GIS-Based. In una prima fase sono stati utilizzati per implementare i processi di classificazione utilizzando come unità atomica la sezione di censimento. Successivamente, tali strumenti sono stati utilizzati per la realizzazione di carte tematiche rappresentative della capacità di adattamento del sottosistema degli spazi aperti.

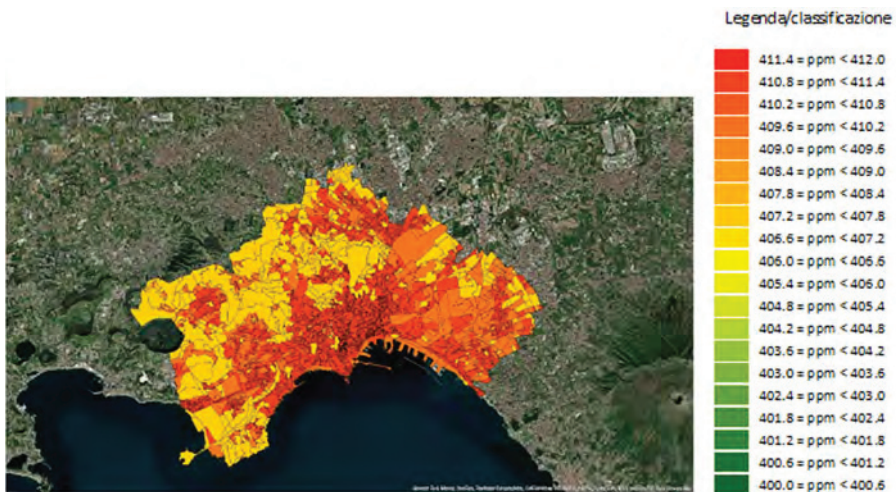
Ciò ha reso possibile, tramite un processo di *data exchange*, il riconoscimento e l'associazione delle forme urbane ricorrenti alle sezioni di censimento in base alle caratteristiche di similitudine morfologica e utilizzando come parametro di riferimento il valore dell'indice PMV e i valori di concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera.

Per il caso studio di Napoli, le carte tematiche sviluppate hanno confermato:

- la situazione di *discomfort* emersa dai dati delle simulazioni ottenuti per le singole forme urbane ricorrenti, rispetto ai valori di PMV associati ad ogni sezione censuaria (Fig. 10);
- la situazione critica rispetto alle cause del *climate change*, tenendo conto degli alti valori di concentrazione di CO<sub>2</sub> presente nelle aree urbane rappresentate dalle basi territoriali censuarie (Fig. 11).



**Figura 10.** Carta tematica rispetto alle condizioni di *discomfort*, espresso in PMV, della città di Napoli, su base sezioni di censimento dello stato di fatto nel breve termine.



**Figura 11.** Carta tematica rispetto alle concentrazioni di CO<sub>2</sub>, espresse in ppm, della città di Napoli, su base sezioni di censimento dello stato di fatto nel breve termine.

## 4 Conclusioni

Le condizioni di *discomfort*, emerse dalle simulazioni ambientali, sono una conseguenza diretta del fenomeno ondata di calore. Il processo di riconoscimento delle forme urbane ricorrenti e la conseguente realizzazione di carte tematiche relative alla capacità di adattamento del sottosistema fisico degli spazi aperti, nell'ambito del progetto di ricerca PLANNER, ha permesso di individuarne gli aspetti maggiormente critici dal punto di vista prestazionale e ambientale.

Tali valutazioni si costituiscono come un supporto fondamentale per i processi decisionali che mirano allo sviluppo di strategie per l'adattamento climatico. Attraverso l'applicazione del processo di riconoscimento e simulazione descritto, è stato infatti possibile valutare le capacità di adattamento e mitigazione del sistema urbano per poter poi individuare e testare possibili azioni di tipo metaprogettuale al fine di individuare la relazione tra la risposta prestazionale in seguito ad azioni di intervento *climate proof* e le caratteristiche morfologiche delle forme urbane ricorrenti individuate.

Tale sperimentazione permetterà, anche attraverso la realizzazione di carte tematiche relative ai livelli potenziali della capacità di adattamento e mitigazione del sottosistema fisico degli spazi aperti, di ottenere dati utili a comprendere le caratteristiche dello spazio aperto e le azioni che maggiormente influiscono sulla percezione del *comfort* e su come la loro introduzione in ambito urbano sia efficace per raggiungere adeguati livelli di *comfort* durante periodi di *stress termico*, come quelli che si verificano durante le ondate di calore.

I risultati ottenuti da questa sperimentazione costituiscono un *database* di informazioni che costituirà la base di una piattaforma SW (*Spatial Decision Support System* SDSS), output finale del progetto PLANNER.

La piattaforma potrà costituire un valido strumento di supporto per le amministrazioni locali e i progettisti al fine di delineare strategie e azioni in base alla rispondenza e all'efficacia prestazionale, misurata in base al sistema di indici per la valutazione del *comfort*, che le differenti categorie di intervento *climate proof* analizzate hanno sui contesti urbani e i casi applicativi sperimentati.

Tali azioni, inoltre, rispondono alla direttiva europea per l'attuazione dell'Agenda 2030, degli obiettivi di sviluppo sostenibile attraverso l'integrazione di misure per il cambiamento climatico nelle politiche, strategie e

pianificazioni (A/RES/70/1, 2015) e del Green Deal, «una nuova strategia di crescita mirata a trasformare l’UE in una società giusta e prospera, dotata di un’economia moderna, efficiente sotto il profilo delle risorse e competitiva che nel 2050 non genererà emissioni nette di gas a effetto serra e in cui la crescita economica sarà dissociata dall’uso delle risorse» [EC 2019].

## Bibliografia

APREDA C., D’AMBROSIO V. & DI MARTINO F. 2019. *A climate vulnerability and impact assessment model for complex urban systems*. Environmental Science and Policy, n. 93, pp. 11–26.

FANGER P.O. 1972. *Thermal Comfort. Analysis and Application in Environment Engineering*. McGraw Hill Book Company, New York.

GIBBINS J., CHALMERS H. 2010. Chapter 2. *Fossil Power Generation with Carbon Capture and Storage (CCS): Policy Development for Technology Deployment*. In Hester R.E. & Harrison R.M. (Eds.), “Carbon Capture. Royal Society of Chemistry”, RSC Publishing, pp. 41–64.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY [IEA] 2019. *CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion 2019 Highlights*.

Available online: [https://webstore.iea.org/\\\_mhchem\\_cee:n{CO2}-emissions-from-fuel-combustion-2019-highlights](https://webstore.iea.org/\_mhchem_cee:n{CO2}-emissions-from-fuel-combustion-2019-highlights) (accessed on 1 February 2021).

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE [IPCC] 2013. *Summary for Policymakers*. In Stocker TF, D. Qin G.-K. Plattner, et al. (Eds.), “Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”, Cambridge University Press, Cambridge (United Kingdom) and New York (NY, USA), pp. 1–30.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE [IPCC] 2014. *Summary for policymakers*. In Field C.B., V.R. Barros D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea & L.L.White, et al. (Eds.), “Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects.



Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, (NY, USA), pp. 1–32.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE [IPCC] 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. In Core Writing Team, R.K. Pachauri & L.A. Meyer (Eds.), contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland, pp. 51.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE [IPCC] 2018. *Summary for Policymakers*. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (Eds.), “Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, pp. 32.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE [IPCC]. *Data Distribution Center, HadCM3 Climate Scenario Data*.

Available online: [https://www.ipcc-data.org/sim/gcm\\_clim/SRES\\_TAR/hadcm3\\_download.html](https://www.ipcc-data.org/sim/gcm_clim/SRES_TAR/hadcm3_download.html) (accessed on 1 February 2001).

UNITED NATIONS [UN] 2015. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*, A/RES/70/1, United Nations, New York.

EUROPEAN COMMUNITY [EC] 2019. *The European Green Deal. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*, COM.

MERCOGLIANO P. 2020. *Cambiamento Climatico*. In Losasso M., Luca-relli M.T., Rigillo M., Valente R. (Eds.), “Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale”, Maggioli Editore, pp. 31–40.

ROSSI R., ARNETOLI M.V. 2020. *Ondata di calore*. In Losasso M., Lucarelli M.T., Rigillo M., Valente R. (Eds.), “Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale”, Maggioli Editore, pp. 47–50.

DI MARTINO F., SESSA S. 2016. *Modello gerarchico per la valutazione della vulnerabilità climatica del sistema urbano*. In (a cura di) D’Ambrosio, V. & Leone, M. F., “Progettazione ambientale per l’adattamento al Climate Change - 2. Strumenti e indirizzi per la riduzione dei rischi climatici”, Clean Edizioni, Napoli, pp. 46-57.

D’AMBROSIO V., DI MARTINO F. 2016. *La ricerca Metropolis. Modelli sperimentali e processi decisionali per il progetto ambientale adattivo in regime di climate change*. UpLanD journal of Urban Planning. Landscape & enviromental Design, pp. 187-217.

D’AMBROSIO V., DI MARTINO F. 2016. *A climate vulnerability and impact assessment model for complex urban systems*. Environmental Science and Policy, n. 93, pp. 11-26.

MARTIN L., MARCH L. 1972. *Urban spaces and Structures*. Cambridge University Press.

MINISTERO DELL’AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE [MATTM] 2015. STRATEGIA NAZIONALE DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI [SNACC].

Available online: [https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/strategia\\_adattamentoCC.pdf](https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/strategia_adattamentoCC.pdf) (accessed on 1 February 2021).

MINISTERO DELL’AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE [MATTM] 2017. PIANO NAZIONALE DI ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI [PNACC].

Available online: [https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio\\_immagini/adattamenti\\_climatici/documento\\_pnacc\\_luglio\\_2017.pdf](https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/adattamenti_climatici/documento_pnacc_luglio_2017.pdf) (accessed on 1 February 2021).

MAZZARELLA L. 1997. *Dati climatici G. De Giorgio. Proceedings of Giornata di studio Giovanni De Giorgio*. Politecnico di Milano, Milano.

Available online: [https://energyplus.net/sites/all/modules/custom/weather/weather\\_files/italia\\_dati\\_climatici\\_g\\_de\\_giorgio.pdf](https://energyplus.net/sites/all/modules/custom/weather/weather_files/italia_dati_climatici_g_de_giorgio.pdf) (accessed on 1 February 2021).

MONCAGLIERI G. 2020. *Sviluppo di materiali innovativi per la cattura della CO<sub>2</sub>*, Master's degree-Politecnico di Torino, Torino.

RATTI C., RAYDAN D. & STEEMERS K. 2003. *Building form and environmental performance: archetypes, analysis and an arid climate*. Energy and Buildings 35(1), 49-59.

Available online: [http://senseable.mit.edu/papers/pdf/20030115\\_Ratti\\_etal\\_BuildingForm\\_EnergyBuildings.pdf](http://senseable.mit.edu/papers/pdf/20030115_Ratti_etal_BuildingForm_EnergyBuildings.pdf) (accessed on 1 February 2021).

UNI EN ISO 7730:2005 [UNI] 2005. *Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale*. Milano.

VERDE S., BASSOLINO E. 2020. *Processi di data analysis e data exchange tra strumenti GIS-Based e tool di design parametrico per la definizione del comportamento microclimatico degli spazi aperti*. Urbanistica Informazioni, vol. 289 s.i., pp. 11-15.

Available online: [http://www.urbanisticainformazioni.it/IMG/pdf/ui289si\\_sessione\\_15.pdf](http://www.urbanisticainformazioni.it/IMG/pdf/ui289si_sessione_15.pdf) (accessed on 1 February 2021).

WATSON I., JOHNSON G. 1987. *Graphical estimation of sky view-factors in urban environments*. Journal of Climatology n. 7, pp. 193-197.

ZHANG S., YONG CHENG Y., OLAIDE OLADOKUN M., WU Y. & LIN Z. 2020. *Improving predicted mean vote with inversely determined metabolic rate*. Sustainable Cities and Society, vol. 53.

Available online: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101870>.

## Sitografia

<https://www.envi-met.com/release-envi-met-4-4-1/>.