

*Smart Sensing Technologies for the Assessment of the Environment: a Tool for Improving Healthy and Sustainable Management of Urban Areas*

# MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ AMBIENTALE: POTENZIALITÀ PER L'E-HEALTH E IL MANAGEMENT DELLE SMART CITY\*

Myriam Caratù<sup>a</sup>, Ilaria Pigliautile<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Facoltà di Economia - Università degli Studi Internazionali di Roma, Via delle Sette Chiese 139, 00147 - Roma, Italia

<sup>b</sup>DI - Dipartimento di Ingegneria, Università di Perugia, Via G. Duranti 67, 06125 - Perugia, Italia

myriam.caratu@unint.eu; ilaria.pigliautile@unipg.it

## Abstract

Urban areas significantly contribute to the on-going climate change and, at the same time, are highly vulnerable to its effects, which have a strong impact on citizens' life quality and health status. The high heterogeneity of cities requires a spatially detailed description of their environmental boundaries, in order to design and implement effective actions aimed at leading towards more healthy and sustainable places. Advances in sensor technology, data communication and processing capabilities allow to conceive the active participation of citizens in the process of environmental data collection within cities, by implementing a human-centered approach with citizens as data prosumers: (both producers consumers of data processed). Retrieved information would thus become enough accurate in space to support an effective renovation of the city and would represent the real exposure of everyone to the consequences of climate change. Wearable devices are already implemented for the smart management of the healthcare sector, and their usage could be thus extended in the coming future for a better management of Smart Cities' other sectors.

KEY WORDS: *Urban spatial heterogeneity, Citizens, Big Data, Smart City, E-Management, E-Health, ICT.*

## 1. Introduzione

Le città sono responsabili per circa il 70% delle emissioni di gas serra in atmosfera e per il consumo dei 2/3 del fabbisogno energetico globale, nonostante coprano solo il 3% della superficie mondiale [1].

Questi numeri evidenziano chiaramente l'impatto delle aree urbane sul sistema clima. Inoltre, ad oggi le città ospitano più della metà della popolazione mondiale e la loro struttura (forme e materiali) le rende particolarmente vulnerabili rispetto agli effetti del cambiamento climatico in atto [2]. Tra questi, si prevede che nel prossimo

futuro saranno sempre più frequenti e intensi eventi meteorologici estremi, quali precipitazioni massicce e ondate di calore.

Questi saranno ulteriormente esacerbati nelle aree urbane, poiché li interagiscono sinergicamente con alcuni fenomeni tipici delle città, come l'Isola di Calore urbana e la forte concentrazione di inquinamento atmosferico, acustico e luminoso [3].

Pertanto, per raggiungere l'obiettivo di uno sviluppo sostenibile delle aree urbane, è urgente intervenire sia attraverso azioni di *mitigazione*, volte a limitare le emissioni di gas clima-alteranti, che di *adattamento* rispetto al

\* Il documento nella sua interezza è frutto del lavoro congiunto delle due autrici. Tuttavia, a Myriam Caratù è da attribuirsi la ricerca relativa alle tematiche dell'e-management pubblico ed e-health, mentre ad Ilaria Pigliautile sono da attribuirsi le sezioni relative alle tematiche del cambiamento climatico e delle tecnologie *smart sensing*.

cambiamento in atto, volte quindi a migliorare la resilienza del sistema città [4]. Sarebbe auspicabile, dunque, un piano di resilienza che tenga conto contemporaneamente di due fattori necessari richiesti dal Green Deal europeo: la transizione verde e la crescita economica.

A tal fine, devono essere pianificati ed attuati degli interventi mirati che tengano conto delle peculiarità delle aree d'azione, attraverso un approccio multi-scalare, ovvero in grado di comprendere più scale d'intervento: da quella internazionale fino alla dimensione del quartiere e persino del singolo edificio.

Tali interventi dovrebbero tenere in considerazione anche gli aspetti geografici e climatici locali, nonché le caratteristiche morfologiche e metaboliche degli specifici insediamenti, in quanto questi ne caratterizzano la variabilità microclimatica interna (intra-urbana), così come l'eterogeneità spaziale della qualità degli ambienti esterni (*urban outdoors*), e quindi i diversi livelli di rischio ambientale per i cittadini [5].

Insieme all'eterogeneità delle forme, dei materiali e delle attività antropiche urbane, un piano di resilienza efficiente dovrebbe considerare anche la dimensioni sociale ed economica della città, tenendo conto quindi delle discrepanze finanziarie e culturali della comunità residente al suo interno: più fine è la scala dell'analisi, più puntuale ed efficace sarà l'intervento.

In quest'ottica, è importante declinare adeguatamente il concetto di *Smart City* secondo la seguente definizione: un'infrastruttura efficiente, capace di raccogliere una moltitudine di dati, su scala iper-locale, che facciano riferimento a diversi campi della conoscenza umana e che considerino diverse dimensioni concorrenti al benessere dell'individuo. In questo panorama, l'utilizzo di sensoristica indossabile (es. *smartwatch*, *app* per *smartphone*, ecc..) si sta affermando sempre più come strumento efficace per un monitoraggio capillare dallo stato di salute del singolo e della sua esposizione a forzanti ambientali esterne. Dunque, la città - intesa come la succitata infrastruttura - insieme alla componente *soft* di *big data analytics*, potrebbe diventare lo scheletro a supporto dello sviluppo di comunità e territori sostenibili. In tal senso, qui viene presentata una proposta innovativa per un impianto di raccolta dati, centrato sugli individui - singoli cittadini - che vengono visti come il vettore della raccolta dei dati e, contemporaneamente, come i fruitori stessi dei risultati dell'elaborazione di questi ultimi.

Il presente articolo parte dalla descrizione degli effetti dei cambiamenti climatici sull'ambiente urbano e sulla salute dei cittadini, per definire poi quali potrebbero essere gli strumenti adeguati ad affrontare in modo critico le principali sfide poste dall'ambiente urbano, al fine di avviare un processo di sviluppo sostenibile degli insediamenti, nell'ambito della *Smart City* - così come precedentemente definita.

Questo viene fatto a partire dalla disamina dei recenti sviluppi nei settori E-Health e delle potenzialità associate ad

una loro estensione in nuovi ambiti: primo fra tutti, il monitoraggio della qualità ambientale.

A conclusione di questo lavoro di ricerca, si indicano quindi le potenzialità per l'ottimizzazione delle risorse urbane ed il miglioramento della qualità ambientale delle città, attraverso un sistema capillare di monitoraggio basato sul cittadino quale unità di raccolta e di analisi dei dati.

## 2. Cambio climatico e città: gli effetti sul benessere dei cittadini

Più della metà della popolazione mondiale attualmente vive in aree urbane dove sono concentrate la maggior parte delle attività economiche, e dunque dell'occupazione e della ricchezza. Nonostante la vita in città offra grandi opportunità dal punto di vista economico e socio-culturale, essa è caratterizzata anche da disuguaglianze sociali, che rendono le aree urbane dei luoghi molto eterogenei in questi termini [6].

Inoltre, l'ambiente urbano rappresenta anche una potenziale minaccia per la salute dei cittadini, in diversi modi: il processo di urbanizzazione, insieme alla concentrazione di attività antropiche nelle città, altera il microclima urbano. Quest'ultimo è caratterizzato, infatti, ad esempio, dal noto fenomeno dell'Isola di Calore Urbana (anche detto *Urban Heat Island* - UHI), che espone i cittadini a temperature superiori a quelle delle zone rurali circostanti, e produce un elevato livello di inquinamento atmosferico e acustico.

Le particolarità della morfologia e del metabolismo urbano (la forma fisica e le attività socio-economiche al suo interno) espongono i cittadini a fattori di stress ambientale localizzati, che aggravano ulteriormente gli eventi meteorologici estremi dovuti ai cambiamenti climatici: le ondate di calore (*Heat Waves* - HW) agiscono, infatti, sinergicamente con l'UHI, e le precipitazioni intense comportano elevati rischi di inondazione (data la mancanza di aree verdi, o, più in generale, di superfici permeabili, in grado di assorbire le precipitazioni stesse).

Queste conseguenze evidenti dei cambiamenti climatici, ai quali sono esposti i cittadini, provocano effetti negativi sul loro stato di salute [7]. Essi possono riguardare sia l'esacerbazione di malattie croniche preesistenti, che l'insorgenza di nuove sintomatologie e la loro acutizzazione. L'esposizione prolungata a temperature estremamente elevate ha un grande impatto sulla salute umana, poiché aumenta - ad esempio - la morbilità e la mortalità dovuta a malattie cardiovascolari.

Ai colpi di calore sono associate sindromi la cui gravità può oscillare da semplici svenimenti a ben più gravi infarti, che possono anche risultare letali [8]. Tra le malattie croniche acutizzate dal caldo estremo sono inoltre comprese le malattie respiratorie, cardiovascolari e re-

nali. È stato inoltre osservato che le alte temperature e l'inquinamento atmosferico agiscono in concomitanza, impattando così ulteriormente sulla salute umana [9].

Le alte temperature hanno un impatto negativo anche sul benessere emotivo e psicologico [10] e sono state trovate correlazioni tra la concentrazione di inquinanti atmosferici in alcune città e il numero di ingressi dovuti a problemi psichiatrici nei pronto soccorso delle stesse città [11]. È quindi opportuno ricordare che gli eventi meteorologici estremi possono influenzare lo stato della salute mentale sotto diversi aspetti. Infatti, a seguito di disastri ambientali, aumentano gli impatti acuti sulla salute mentale (es. ansia, depressione, disturbo da stress post-traumatico - PTSD): questi avvengono tanto nelle persone già soggette a malattie mentali, quanto in quelle senza alcuna diagnosi pregressa delle stesse [12].

In letteratura è stato inoltre riconosciuto, quale effetto negativo dei cambiamenti climatici sulla salute mentale, uno stato di costante ansia e sofferenza per la situazione climatica ed ecologica attuale, avvertito soprattutto dalle nuove generazioni [13] e che può essere esacerbato fino alla psicosi [14].

Gli effetti negativi che le forzanti ambientali di diversa natura hanno sulla salute, tuttavia, variano in base alle vulnerabilità del singolo individuo. Le caratteristiche che incidono su tali vulnerabilità individuali includono l'età, le condizioni mediche preesistenti, le condizioni economiche (e quindi anche eventuali situazioni di povertà energetica), il livello di istruzione, l'accessibilità ai servizi e alle strutture urbane (come gli spazi ricreativi pubblici), l'educazione sanitaria e la consapevolezza del proprio stato di salute: il tutto influisce sulla capacità di adattamento delle persone ai fattori di stress ambientale.

La combinazione dell'esposizione personale con lo stato di vulnerabilità del singolo individuo fornisce quindi il livello di rischio ambientale, che può variare da persona a persona (pur vivendo nella stessa città).

Nonostante il nesso tra salute umana e qualità ambientale dello spazio urbano - sia *indoor* che *outdoor* - sia stato riconosciuto (anche se solo parzialmente), e sebbene sia stata dimostrata l'influenza delle variabili socio-economiche sulla capacità di adattamento delle persone, manca ancora una procedura trasparente e basata su evidenze empiriche/statistiche che stimi quantitativamente i costi sanitari del rischio ambientale per le amministrazioni locali. Inoltre, l'impatto di interventi pensati, in prima istanza, per limitare il contributo delle aree urbane al cambiamento climatico (es. azioni di mitigazione per la de-carbonizzazione delle città) deve anche essere presentato sotto risvolti pratici fondamentali, quali la riduzione della pressione sul sistema sanitario locale ed i benefici socio-economici che potrebbero derivarne.

Questi indicatori, collaterali rispetto all'obiettivo primario di mitigazione dell'impatto della città sul sistema clima, permetterebbero di fornire un quadro più completo del-

l'efficacia di eventuali interventi e guidare più consapevolmente i regolatori e le autorità pubbliche nell'attuazione di strategie efficaci ed efficienti [15].

Il forte legame tra salute umana, benessere e qualità dell'ambiente circostante è dunque evidente, ed è anche importante la correlazione tra le forzanti ambientali locali e il cambiamento climatico in atto su scala globale [16]. Gli ecosistemi urbani e gli stili di vita dei cittadini stanno portando all'emergere e all'espansione incontrollata di nuove malattie: non a caso, gran parte della mortalità globale nel prossimo futuro sarà dovuta a malattie attribuibili ai rischi legati all'urbanizzazione e al crescente stile di vita sedentario, secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS).

È quindi fondamentale che le città del prossimo futuro siano in grado, se non di prevenire, almeno di gestire al meglio lo stato sanitario della propria comunità in modo *smart* - efficace ed efficiente. In tal senso, l'e-Health rappresenta l'applicazione al campo sanitario delle modalità gestionali proprie delle *Smart City*, come dettagliato nel paragrafo 3.

### 3. Sviluppo tecnologico sostenibile nelle Smart City

Nonostante il nome avveniristico, il concetto di *Smart City* non è nuovo: con esso s'intende un luogo dove, "attraverso la disponibilità e la qualità di infrastrutture dedicate alla comunicazione e alla partecipazione sociale, la città diventa *smart* nella misura in cui gestisce in modo intelligente attività economiche, mobilità, risorse ambientali, relazioni tra le persone, politiche abitative e un modello peculiare di amministrazione.

Tutto ciò, al fine di favorire uno sviluppo economico sostenibile della città, garantendo ai suoi abitanti un'elevata qualità della vita" [17]. Per sviluppo sostenibile, in tal senso, s'intende dunque un tipo di sviluppo che non incida negativamente né sull'ambiente, né sulla società, né tantomeno sul profitto economico, secondo il modello delle Tre P (attenzione alle Persone, al Profitto economico e alla salvaguardia del Pianeta) [18]: un modello che, a ben vedere, attualmente non è del tutto rispettato, se si pensa che gran parte delle emissioni globali è dovuta ai sistemi di produzione di elettricità e calore, sia nelle aree urbane che in quelle rurali.

In questo scenario, le Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (*Information and Communication Technologies* - ICT) diventano cruciali per il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità delineati dall'Intelligent Community Forum di New York nel 2014: meno inquinamento e traffico grazie all'utilizzo delle auto elettriche, risparmio sui consumi domestici grazie all'utilizzo di energie rinnovabili e/o provenienti dallo smaltimento dei rifiuti, presenza di verde urbano che contribuisca ad abbassare il livello di anidride carbonica nell'aria e a contrastare così il riscaldamento globale (un esempio, in

questo senso, è il noto “bosco verticale” di Milano).

Le ICT facilitano e ottimizzano ulteriormente la fornitura di servizi pubblici ai cittadini: dall'irrigazione dei parchi, passando per l'illuminazione stradale, fino ad arrivare a sfide più complesse. Tra queste ultime, vi è quella del *management* in ambito sanitario, ma anche la gestione della rete energetica o la definizione di un piano di resilienza per la città, tutte attività che richiedono un uso ben strutturato di dati di diverso tipo, da raccogliere ed elaborare su diverse scale spaziali (anche grazie alla partecipazione collaborativa dei cittadini), e a differenti intervalli temporali (fino all'elaborazione dei dati in tempo reale).

Negli ultimi decenni, l'integrazione dei più avanzati strumenti tecnologici e di comunicazione in ogni ambito della vita quotidiana, nonché l'introduzione del paradigma tipico della *Smart City*, ha portato a grandi cambiamenti negli stili di vita urbani e nella gestione dei servizi pubblici cittadini. Infatti, i comuni, investiti da un enorme flusso di informazioni, nuove opzioni di mobilità, criticità ambientali e problematiche di efficienza energetica, sono diventati il luogo di cambiamento sociale per eccellenza - sia nelle loro dimensioni organizzative (ordine sociale, lavoro), che strutturali (famiglie, scuola, politica, cultura).

I cambiamenti nella dimensione urbana sono dovuti a una serie di fenomeni complessi: la crescita della popolazione urbana, l'aumento delle disuguaglianze nella società e nell'accesso ai servizi pubblici di diverse aree della città, ecc. In questo quadro, la domanda principale dunque è: qual è il reale potenziale innovativo della “città tecnologica” dal punto di vista socio-urbano (ovvero quello che sfrutta la rigenerazione urbana come infrastrutturazione socio-territoriale)? In che modo le autorità pubbliche potrebbero sfruttare le ICT per una migliore gestione delle città, e quali sono i benefici attesi per i cittadini in tal senso?

Le trasformazioni della vita collettiva che sono in atto nelle nostre moderne città pongono, in effetti, complesse questioni di natura politica sul "governo dello spazio sociale". In questa prospettiva, una città intelligente dovrebbe essere associata a una nuova forma di gestione dello spazio urbano che sia a sua volta basata su una prospettiva multidisciplinare: la *smart city* rappresenterebbe così un nuovo luogo dove far fronte alle sfide che la globalizzazione e il cambiamento climatico pongono in termini di competitività e sviluppo sostenibile (economico, ambientale e sociale). Inoltre, l'implementazione delle ICT più performanti modificherebbe i confini fisici dell'identità urbana, che sono diventati sempre più sfumati, e rimodellerebbe le densità abitative, commerciali e produttive - nonché i servizi di supporto ad esse associati.

La gestione dello spazio urbano e l'erogazione dei servizi pubblici richiederebbero quindi di programmare scelte centrate sulla dimensione economica, che si basino sull'efficienza come condizione essenziale per il raggiungimento della “*smartness*”: a partire da quella dei servizi commerciali, ormai rivoluzionati dall'affermazione dell'*e-commerce*, fino alla logistica delle merci utili per i servizi

alla persona (*in primis* sanitari e d'istruzione, ma anche per attività sociali, culturali e ricreative).

Le autorità pubbliche dovrebbero quindi individuare strumenti adeguati a massimizzare la disponibilità dei dati socio-urbani e la pertinenza delle informazioni associate alla loro elaborazione, riducendo al minimo i costi infrastrutturali in termini di installazione di sistemi ICT, manutenzione e loro impatto fisico sull'ecosistema urbano.

I progressi nei campi dell'elettronica e della comunicazione hanno portato all'introduzione di molti apparati tecnici (ad esempio, dispositivi indossabili per il monitoraggio dello stato di salute personale quali *fitness smartwatch*, *Internet of Things* (IoT), Wi-Fi urbano, 5G, GIS) nella vita di tutti i giorni. La diffusione di questi sistemi ha contribuito a cambiare il modo in cui gli individui sociali percepiscono e interagiscono con le strutture organizzative.

Inoltre, alcune ricerche scientifiche hanno dimostrato come gli algoritmi di Intelligenza Artificiale (*Artificial Intelligence - AI*) abbiano già superato le prestazioni dei radiologi nel rilevare i tumori maligni [19], e questa procedura in futuro potrebbe estendersi a molte altre diagnosi sanitarie, migliorando capacità di trovare la soluzione medica più adatta al trattamento di varie malattie.

Da segnalare, infine, la possibilità di monitorare la reale esposizione degli individui alle variabili ambientali attraverso gli stessi dispositivi indossabili già adottati nel settore dell'*e-Health*, e/o a diverse *app* disponibili sugli *smartphone*. Tramite questi ultimi, la raccolta simultanea di dati personali e ambientali fornirebbe dunque ulteriori approfondimenti sulla correlazione esistente tra l'ambiente e la salute umana.

### 3.1 *e-Health management systems*

L'era post-Covid19 si configura come un momento difficile per la gestione dei pazienti con disturbi psichiatrici, poiché il distanziamento sociale e i blocchi di mobilità in molti Paesi hanno minacciato la salute psico-fisica degli individui e delle famiglie. Non a caso, l'OMS ha affermato che i sistemi di salvaguardia della salute mentale in tutte le nazioni dovrebbero essere rafforzati massicciamente per far fronte all'impatto delle misure restrittive adottate dai governi a causa dell'emergenza sanitaria [20].

In questo scenario, il presente paragrafo si concentra sull'implementazione delle ICT per una gestione intelligente dei servizi urbani, che s'inquadra nello specifico settore della gestione sanitaria intelligente (*e-healthcare* o *e-Health*). Infatti, la digitalizzazione del settore sanitario attraverso il 5G, insieme all'AI, all'IoT e ai *Big Data Analytics*, rappresenta un futuro promettente nel campo della *smart healthcare*, poiché potrebbe sostenere e migliorare sempre più la fornitura di servizi automatizzati.

Ci stiamo infatti muovendo verso l'incontro tra *sensing* e *actuating*: un processo di ampliamento delle nostre capacità nel saper raccogliere e processare i dati, in modo da utilizzarne le informazioni intrinseche per prendere de-



cisioni utili all'individuo e alla comunità.

La componente sensoriale sfrutta i già citati avanzamenti in campo tecnologico, che hanno portato all'introduzione nella nostra quotidianità di dispositivi indossabili, non invasivi, come ad esempio i già citati *smartwatch*.

La diffusione di questi ultimi, ad oggi, consente già a un numero crescente di persone di monitorare costantemente il proprio stato di salute e i propri progressi nella forma fisica. I dati da essi provenienti sono disponibili attualmente solo per l'utente finale, ma potrebbero essere utilizzati per scopi e in ambiti più ampi, cioè a supporto di un processo decisionale pubblico.

I vantaggi potrebbero quindi essere disponibili su due fronti: l'utente finale potrebbe migliorare la propria qualità di vita e, d'altro canto, i fornitori di servizi (anche pubblici) potrebbero ottimizzare la propria offerta mettendo in atto strategie personalizzate per i cittadini più fragili. Un esempio di implementazione efficace di tali ICT nel settore dell'*e-Health* è il progetto H2020 BRAINE ("Big data pRocessing and Artificial Intelligence at the Network Edge", [21]) dedicato allo sviluppo di soluzioni di *Edge Computing* che implementano l'AI per l'elaborazione di Big Data su scala locale, grazie alle potenzialità del 5G. Le soluzioni tecnologiche qui sviluppate coprono ambiti d'azione diversificati: dalla sanità assistita, passando per la gestione della *Smart City* iper-connessa, fino ad arrivare al management della *Industrial Internet of Things* (IIoT) e della *supply chain* per l'industria 4.0, in particolare nel campo dell'efficientamento energetico.

Nello specifico, in ambito sanitario, il progetto BRAINE valuta l'opportunità di adottare algoritmi di *machine learning* e AI per lo *smart hospital* e il *caregiving*, con l'obiettivo di ottimizzare il trattamento di una determinata malattia, prevedendo lo stato di salute dei soggetti sulla base del proprio monitoraggio quotidiano.

Il miglioramento dell'assistenza sanitaria è diventato un'esigenza improrogabile in questi ultimi anni, e ciò si accompagna a una crescente domanda di servizi sanitari automatizzati, abilitati da remoto, e in grado di fornire risultati in tempo reale, per una sua gestione intelligente. In quest'ottica, l'IoT fornisce un ulteriore incentivo verso il monitoraggio *data-driven* dei pazienti (basato soprattutto su *Real-Time Data*, RTD, ovvero dati raccolti e processati in tempo reale). Il ruolo della scienza, con riferimento a tali dati, è quello di scremare, elaborare e archiviare un'enorme quantità di informazioni preliminari: in tal modo ci si avrebbe un corretto sviluppo, applicazione e gestione intelligente dell'assistenza sanitaria.

Ciò si tradurrebbe in un sistema più sostenibile, poiché basato su un'economia digitale (che smaterializza molti processi, evitando il consumo di risorse ambientali), ma anche perché *community-based* (in quanto basata su dati raccolti dalla comunità cittadina stessa): tale sistema contribuirebbe attivamente alla promozione di stili di vita sani, innestando in tal modo un circolo virtuoso. Infatti, un'efficace implementazione delle ICT nel settore sanitario po-

trebbe comportare la promozione di buone pratiche e comportamenti virtuosi tra gli utenti finali (cittadini).

Nel prossimo futuro, poi, in tal quadro l'AI sarebbe quanto mai necessaria a tale sistema gestionale, per esplorare le complesse interazioni tra dati (disponibili in quantità sempre maggiore).

Ad oggi, le categorie principali per l'applicazione *e-Health* riguardano alcune macroaree quali: diagnosi, consulenze terapeutiche, coinvolgimento nella sperimentazione e gestione del consenso informato del paziente (in linea con il *General Data Protection Regulation* - GDPR - dell'UE [22]), nonché processi amministrativi relativi alle terapie in atto e all'anamnesi del paziente. Come sottolineato in precedenza, è quindi da segnalare l'ulteriore possibilità di utilizzare gli stessi dispositivi indossabili già adottati nel settore dell'*e-Health* per monitorare l'esposizione degli individui alle variabili ambientali, così da produrre anche *alert* dedicati relativi al rischio ambientale [23].

La raccolta simultanea di dati personali e ambientali fornirebbe ulteriori approfondimenti sulla correlazione esistente tra l'ambiente e la salute umana.

Questi dati potrebbero essere integrati in piattaforme *ad hoc*, che rappresenterebbero un terreno informatico e concettuale comune in cui inserire una varietà di informazioni storiche e dati in tempo reale provenienti da:

(i) fattori contestuali ambientali (intensità della UHI, inquinamento atmosferico, previsioni meteorologiche, ecc.);

(ii) informazioni relativi ai trattamenti medici e all'anamnesi del cittadino;

(iii) informazioni raccolte dai pazienti tramite dispositivi indossabili, ovvero esposizione personale alle forzanti (e quindi agli stress) ambientali, e segnali fisiologici (più comune, fra tutti, il battito cardiaco).

La sistematizzazione di tutte queste informazioni contribuirebbe alla creazione di una "piattaforma di resilienza urbana intelligente" contro lo stress dei cambiamenti climatici sui cittadini.

In particolare, gli individui con malattie croniche complesse trarrebbero maggior vantaggio da questi sistemi di assistenza sanitaria automatizzata, poiché così beneficerebbero di un monitoraggio costante - utile per una cura a lungo termine e personalizzata, quanto mai necessaria per persone che soffrono, ad esempio, di disturbi mentali caratterizzati da un'evoluzione dinamica e condizioni fluttuanti (come depressioni ricorrenti, disturbi affettivi stagionali, ecc.) [24, 25].

#### 4. Conclusioni

Gli insediamenti urbani ospitano la maggior parte della popolazione mondiale e sono caratterizzati da condizioni ambientali specifiche che sono ulteriormente esacerbate dal cambiamento climatico in atto.

I fattori di stress ambientale influiscono sulla qualità della vita e sul benessere dei cittadini.

Al fine di ridurre il contributo urbano all'alterazione del sistema climatico e migliorarne la resilienza ai cambiamenti climatici delle città [compresa quella delle comunità urbane stesse] è fondamentale definire strategie su misura, basate su dati e parametri quantitativi.

In tal senso, il presente lavoro di ricerca suggerisce una raccolta di dati su scala iper-locale per pianificare le soluzioni più efficaci sfruttando il potenziale delle ultime scoperte nel campo dell'elettronica e delle ICT, che stanno portando all'adozione di soluzioni *human-centered*.

Queste ultime a loro volta condurrebbero al duplice obiettivo di:

(i) fornire dati ad elevata risoluzione spaziale;

(ii) fornire indicazioni per interventi specifici, adattati rispetto alle vulnerabilità del singolo e alla sua reale esposizione ai fattori di rischio ambientale esterni, per migliorarne lo stile di vita e i comportamenti.

Esempi di *e-Health* vengono quindi presentati in questo articolo come applicazioni reali del paradigma della *Smart City* ad un settore specifico, ma tali *case-study* possono essere estesi ad altri campi della vita dei cittadini e della gestione dei servizi urbani.

All'interno di un quadro di *management* urbano sostenibile, dunque, i RTD di tipo *human-centered* possono essere usati anche per una migliore messa a punto dei servizi di mobilità pubblica, ad esempio quelli di *car sharing* elettrico. Altre applicazioni possono riguardare l'implementazione, la gestione e lo sviluppo di comunità energetiche dove le risorse rinnovabili, distribuite su scala di quartiere, grazie all'analisi dei RTD possano essere gestite sapientemente tra i *prosumer* - ovvero i cittadini, che sono sia produttori (*producer*), che fruitori (*consumer*) di energia. Il tutto permetterebbe di limitare i sovraccarichi di rete e distribuire i picchi di produzione tra i diversi membri di una stessa comunità.

In tal senso, il presente lavoro di ricerca ha avuto l'obiettivo di evidenziare l'importanza dei dati ricavati da strumentazione di *crowd sensing* (dispositivi indossabili ecc..) su una varietà di servizi della *Smart City*, suggerendo in particolare il loro utilizzo nel campo dell'*e-Health*, dove una potenzialità da sfruttare potrebbe essere quella di incrociare i dati personali dei cittadini (fisiologici, comportamentali, diagnostici ecc..) a quelli ambientali: il tutto, al fine di migliorare il loro benessere e promuovere uno stile di vita sano.

In conclusione, dunque: urbanisti, politici e medici potrebbero sfruttare i big data e/o i RTD per definire un piano di resilienza urbana su misura che affronti le criticità specifiche del sito in questione. Tali analisi dovrebbero essere supportate dal coinvolgimento degli individui, fornendo *alert* e stimoli personalizzati, mirati a limitare l'esposizione personale a fattori di stress ambientali, da un lato, e a promuovere comportamenti virtuosi in un quadro sostenibile e salutare, dall'altro.

## Bibliografia

- [1] Chen S., Chen B.: *Urban energy consumption: Different insights from energy flow analysis, input-output analysis and ecological network analysis*. In: Applied Energy, vol. 138, n. 15, pp. 99 - 107, 2015
- [2] Garschagen M., Romero-Lankao P.: *Exploring the relationships between urbanization trends and climate change vulnerability*. In: Climatic Change, vol. 133, pp. 37-52, 2015
- [3] Zhao L., Oppenheimer M., Zu Q., Baldwin J., Ebi K. L., Bou-Zeid E., Guan K., Liu X.: *Interactions between urban heat islands and heat waves*. In: Environmental Research Letters, vol. 13, p. 034003, 2018
- [4] Rani W. N. M. W. M., Kamarudin K. H., Razak K. A., Asmawi Z. M.: *Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction in Urban Development Plans for Resilient Cities*. In: The 1st International Conference on Urban Design and Planning, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 2020
- [5] Pioppi B., Pigliautile I., Pisello A. L.: *Human-centric microclimate analysis of Urban Heat Island: wearable sensing and data-driven techniques for identifying mitigation strategies in New York City*. In: Urban Climate, vol. 34, p. 100716, 2020
- [6] Vaziri M., Acheampong M., Downs J., Mohammad R. M.: *Poverty as a function of space: understanding the spatial configuration of poverty in Malaysia for Sustainable Development Goal number one*. In: GeoJournal, vol. 84, pp. 1317 - 1336, 2019
- [7] Bai X., Nath I., Capon A., Hasan N., Jaron D.: *Health and wellbeing in the changing urban environment: complex challenges, scientific responses, and the way forward*. In: Current Opinion in Environmental Sustainability, vol. 4, n. 4, pp. 465 - 472, 2012
- [8] Heaviside C., Vardoulakis S., Cai X.-M.: *Attribution of mortality to the urban heat island during heatwaves in the West Midlands, UK*. In: Environmental Health, vol. 15, p. S27, 2016
- [9] De Sario M., Katsouyanni K., Michelozzi P.: *Climate change, extreme weather events, air pollution and respiratory health in Europe*. In: European Respiratory Journal, vol. 42, pp. 826 - 843, 2013
- [10] Mullins J. T., White C.: *Temperature and mental health: Evidence from the spectrum of mental health outcomes*. In: Journal of Health Economics, vol. 68, p. 102240, 2019
- [11] Bernardini F., Attademo L., Trezzi R., Gobbicchi C., Balducci P. M., Del Bello V., Menculini G., Pauselli L., Piselli M., Sciarma T., Moretti P., Tamantini A., Quaratesan R., Compton M. T., Tortorella A.: *Air pollutants and daily number of admissions to psychiatric emergency services: evidence for detrimental mental health effects of ozone*. In: Epidemiology and Psychiatric Sciences, vol. 29, p. E66, 2019
- [12] Makawana N.: *Disaster and its impact on mental health: A narrative review*. In: Journal of Family Medicine and Primary Care, vol. 8, n. 10, pp. 3090-3095, 2019.
- [13] Cunsolo A., Ellis N. R.: *Ecological grief as a mental health response to climate change-related loss*. In: Nature climate change, vol. 8, pp. 275 - 281, 2018.
- [14] Clayton S., Manning C.: *Psychology and climate change: Human perceptions, impacts, and responses*. Elsevier Academic Press, 2018
- [15] Aldinger F., Schulze T. G.: *Environmental factors, life events, and trauma in the course of bipolar disorder*. In: Psychiatry and clinical Neurosciences, vol. 71, n. 1, pp. 6 - 17, 2016
- [16] EURISPES, Non solo lavoro: città healthy, la salute come bene comune. In: 31mo Rapporto Italia, 2019, p. Scheda 25
- [17] EURISPES, Le Smart City in Italia tra successi e ritardi. In: 30mo Rapporto Italia, 2018, p. Scheda 54
- [18] Elkington J.: *Towards the Sustainable Corporation: Win-Win-Win Business Strategies for Sustainable Development*. California Management Review, 1994.
- [19] Zheng Q., Yang L., Zeng B., Li J., Guo K., Liang Y., Liao G.: *Artificial intelligence performance in detecting tumor metastasis from medical radiology imaging: A systematic review and meta-analysis*. In: EclinicalMedicine, vol. 31, p. 100669, 2021

- [20] Ghebreyesus T. A.: *Addressing mental health needs: an integral part of COVID-19 response*. In: *World Psychiatry*, vol. 19, n. 2, pp. 129 - 130, 2020
- [21] B. project. [Online]. Maggiori informazioni su: <https://www.braine-project.eu/project/>
- [22] EU, Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC, General Data Protection Regulation (GDPR), 2016
- [23] Pigliautile I., Pisello A. L.: *Environmental data clustering analysis through wearable sensing techniques: New bottom-up process aimed to identify intra-urban granular morphologies from pedestrian transects*. In: *Building and Environment*, vol. 171, p. 106641, 2020
- [24] Rosenthal N. E., Sack D. A., Gillin J. C., Lewy A. J., Goodwin F. K., Davenport Y., Mueller P. S., Newsome D. A., Wehr T. A.: *A Description of the Syndrome and Preliminary Findings With Light Therapy*. In: *Archives of General Psychiatry*, vol. 41, n. 1, pp. 72 - 80, 1984
- [25] Shapira A., Shiloh R., Potchter O., Hermesh H., Popper M., Weizman A.: *Admission rates of bipolar depressed patients increase during spring/summer and correlate with maximal environmental temperature*. In: *Bipolar Disorders*, vol. 6, n. 1, pp. 90 - 93, 2004
- [26] Lou Z., Wang L., Shen G.: *Recent Advances in Smart Wearable Sensing Systems*. In: *Advanced Materials Technologies*, vol. 3, n. 12, p. 1800444, 2018

