

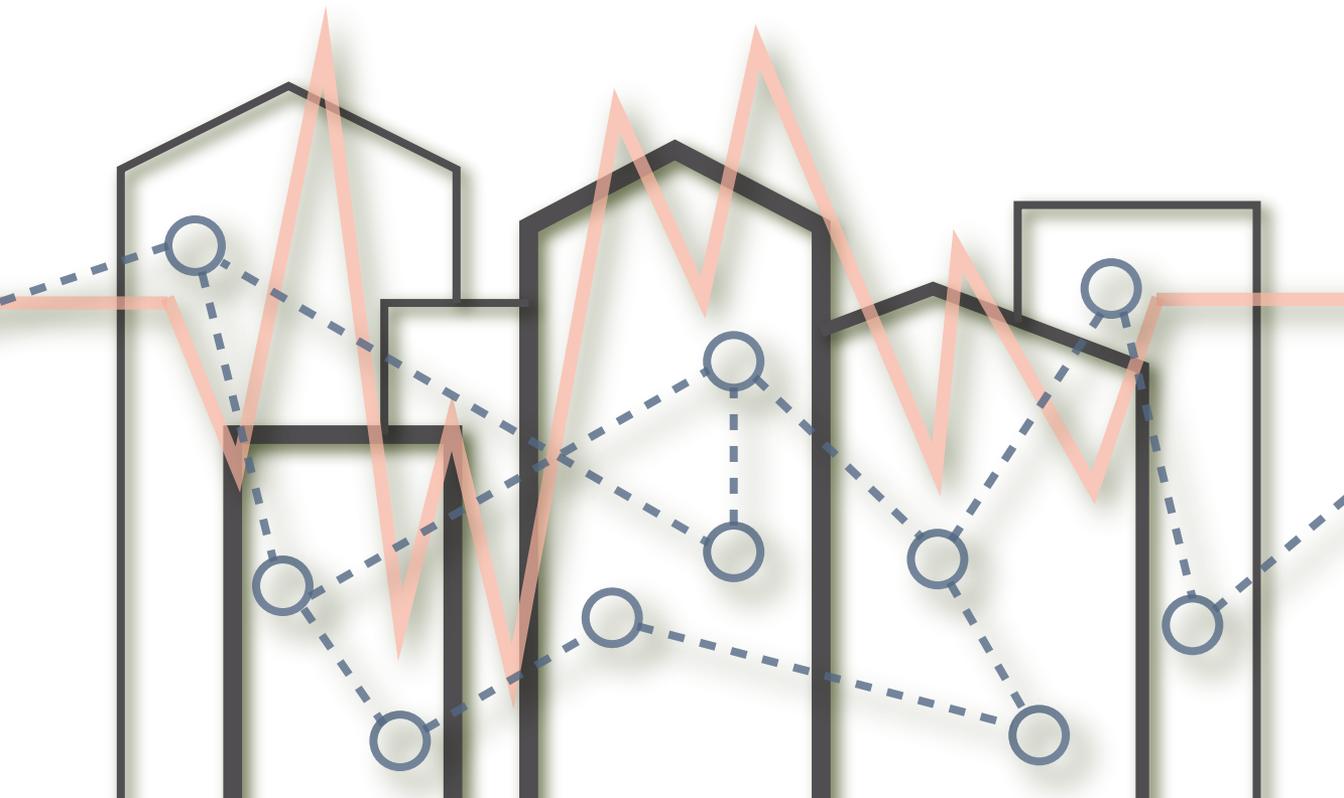
Energy Web

Conoscenza Condivisa, Intelligenza Collettiva e Nuove Tecnologie
per il contenimento dei consumi energetici a scala urbana

Massimiliano Condotta

relatore prof. Luigi Di Prinzio
correlatore prof. Vittorio Spigai

A.A. 2011 - 2012 - 2013



Energy Web

Conoscenza Condivisa, Intelligenza Collettiva e Nuove Tecnologie
per il contenimento dei consumi energetici a scala urbana

Massimiliano Condotta

relatore prof. Luigi Di Prinzio

correlatore prof. Vittorio Spigai

A.A. 2011 - 2012 - 2013

Massimiliano Condotta. *Energy Web. Conoscenza Condivisa, Intelligenza Collettiva e Nuove Tecnologie per il contenimento dei consumi energetici a scala urbana.*
Venezia, 2014.

Versione stampata il 13 febbraio 2014.

email: massimiliano.condotta@iuav.it



Quest'opera è distribuita con Licenza Creative Commons:
Attribuzione - Non commerciale - Non opere derivate, 3.0 Italia.
(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/>)

Sommario

| | |
|---|----|
| Introduzione | 15 |
| · Premessa | 16 |
| · Gli ambiti di ricerca del dottorato | 17 |
| Il tema <i>Smart City / Smart Community</i> | |
| Le connessioni tra i temi di ricerca dei dottorandi | |
| · La struttura della tesi | 22 |
| · Il contributo di chi scrive | 22 |
| 1. La questione energetica | 25 |
| Il problema dei consumi energetici e delle emissioni delle aree urbane | |
| · Energia e città | 26 |
| · I consumi degli edifici | 28 |
| · Gli scenari possibili | 30 |
| 2. <i>Vision</i> e strategia | 33 |
| Conoscenza Condivisa e Intelligenza Collettiva come strumenti di supporto al contenimento dei consumi energetici delle città | |
| · La <i>vision</i> | 34 |
| · La strategia proposta | 35 |

Parte I - Lo scenario di riferimento

| | | |
|----|---|----|
| 3. | Il contesto <i>Smart City</i> | 41 |
| | L'ambito culturale e le utopie. Il rapporto <i>Smart City</i> - Energia | |
| | · La <i>Smart City</i> secondo la letteratura corrente | 42 |
| | · Realtà, o marketing ed utopia del XXI secolo? | 44 |
| | · <i>Smart</i> ad ogni costo? | 46 |
| | · <i>Smart City</i> ed Energia | 47 |
| | · Conclusioni: una visione di <i>Smart City</i> | 48 |
| 4. | Le politiche comunitarie e nazionali sull'energia | 51 |
| | Direttive, norme e strumenti legislativi a sostegno delle politiche energetiche | |
| | · La Direttiva 2012/27/UE | 52 |
| | · Il piano Energetico Comunale | 54 |
| | · I Piani di Azione per l'Energia Sostenibile (PAES) | 55 |
| | Il contesto dei PAES: il Patto dei Sindaci | |
| | La struttura del PAES | |
| | · Conclusioni: gli intenti degli strumenti legislativi | 57 |
| 5. | Il contesto urbano | 59 |
| | La città come sistema di sistemi: il contesto fisico, sociale, culturale di <i>Energy Web</i> | |
| | · Il contesto fisico delle nostre città | 60 |
| | · La componente sociale | 63 |
| | · Verso il modello Rifkin | 68 |
| | · Conclusioni: città e contenimento dei consumi. I presupposti. | 71 |

Parte II - *Energy Web*, conoscenza condivisa e intelligenza collettiva

| | | |
|----|--|-----|
| 6. | Stato dell'arte | 75 |
| | Conoscere e comprendere. Esperienze in corso | |
| | · “ <i>NYC Building Energy Map!</i> ” | 76 |
| | · “ <i>Negawatt mining</i> ” | 78 |
| | · “ <i>Grid-based map for Urban Energy Demand</i> ” | 80 |
| | · “ <i>Gainesville Green</i> ” | 82 |
| | · “ <i>Urban EcoMap</i> ” | 84 |
| | · “ <i>EnergyCity</i> ” | 86 |
| | · “ <i>ACEEE Local Energy Efficiency Self-Scoring Tool</i> ” | 88 |
| | · Conclusioni: innovazioni e debolezze delle esperienze in corso | 89 |
| 7. | Cos'è <i>Energy Web</i> | 91 |
| | Il senso di <i>Energy Web</i> : conoscenza condivisa e intelligenza collettiva per la riduzione dei consumi a scala urbana | |
| | · Portatori di interessi e di diritti | 92 |
| | · La struttura concettuale di <i>Energy Web</i> | 95 |
| | · Il <i>City Model</i> | 97 |
| | · Il <i>City Sensing</i> | 99 |
| | · Il <i>City Energy Model</i> e il <i>FEU Index</i> | 100 |
| | · Il processo collaborativo e conoscenza 2.0 | 102 |
| | · Lo <i>Smart Energy Model</i> | 103 |
| | · Conclusioni. Verso il laboratorio <i>Energy Web Feltre</i> | 103 |

Parte III - Il laboratorio *Energy Web Feltre*

| | | |
|-----|--|-----|
| 8. | Il prototipo <i>EWF (Energy Web Feltre)</i> | 107 |
| | Lo sviluppo attraverso il laboratorio progettuale di Feltre | |
| | · L'area studio di Feltre | 108 |
| | · Il progetto <i>Energy Web Feltre</i> | 110 |
| 9. | Il <i>City Model</i> | 115 |
| | Le operazioni di acquisizione dei dati e le procedure di elaborazione per la costruzione del <i>City Model</i> | |
| | · Le operazioni di acquisizione | 116 |
| | Rilievo LiDAR | |
| | Ortofoto ad alta risoluzione | |
| | Laser-scanner terrestre | |
| | Livelli informativi ancillari | |
| | · Le operazioni di elaborazione | 129 |
| | La fusione dei rilievi digitali | |
| | L'utilizzo del <i>City Model</i> | |
| | La definizione degli "elementi edilizi" | |
| | Determinazione dell'impronta al suolo degli edifici | |
| | Calcolo del volume degli <i>elementi edilizi</i> | |
| | Contabilizzazione del <i>City Model</i> | |
| | Insolazione media annua delle coperture degli edifici | |
| | Contabilizzazione dei fronti edilizi | |
| | Contabilizzazione degli elementi urbani | |
| | · Conclusioni: la base dati del <i>City Model</i> in <i>EWF</i> | 147 |
| 10. | Il <i>City Sensing</i> | 149 |
| | L'insieme dei flussi informativi sui dati energetici e sulle componenti sociali per la costruzione del <i>City Sensing</i> | |
| | · Le fasi di acquisizione dei dati di <i>Sensing</i> | 150 |
| | Rilievo ad infrarossi | |
| | I dati sui consumi energetici | |
| | I consumi reali di gas metano degli edifici | |
| | Le differenti tipologie di riscaldamento | |
| | L'anagrafe dei residenti | |
| | · Elaborazione dei dati di <i>Sensing</i> | 160 |
| | Le termografie degli edifici | |
| | Geo-referenziazione, ed utilizzo dei dati di <i>Sensing</i> | |
| | La bonifica della base dati della numerazione civica | |
| | Utilizzo dei dati di <i>Sensing</i> | |
| | · Conclusioni: la base dati del <i>City Sensing</i> in <i>EWF</i> | 177 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 11. | Il <i>City Energy Model</i> Mappatura del comportamento energetico della città e della <i>Firma Energetica Urbana</i> | 179 |
| | · Granularità dell'analisi a scala urbana | 180 |
| | · Gli indicatori del <i>City Energy Model</i> | 184 |
| | I consumi energetici reali degli edifici | |
| | La situazione media dei consumi in Italia ed Europa | |
| | Calcolo dell'apporto energetico delle fonti a metano | |
| | Stima dell'apporto energetico delle fonti a legna | |
| | Stima dell'apporto energetico delle caldaie a gasolio | |
| | Le emissioni di CO ₂ | |
| | Il <i>termomapping urbano</i> | |
| | La componente famiglia | |
| | · Il <i>FEU index</i> | 205 |
| | Il concetto di <i>FEU index</i> | |
| | La "firma energetica" di un edificio | |
| | Il modello concettuale della <i>Firma Energetica Urbana Index</i> | |
| | La costruzione del <i>FEU index</i> : il caso di Feltre | |
| | · Conclusioni | 215 |
| 12. | Processo collaborativo e <i>Conoscenza 2.0</i> Condivisione, comunicazione e visualizzazione delle informazioni in <i>Energy Web</i> a supporto della partecipazione multi-attore | 217 |
| | · Il processo collaborativo | 218 |
| | Attori coinvolti e comunicazione della conoscenza | |
| | Interazione e partecipazione <i>communitybased</i> | |
| | Il <i>(geo)-socialnetwork</i> | |
| | · Conoscenza 2.0 | 220 |
| | · Strategie e strumenti per il processo collaborativo e la <i>Conoscenza 2.0</i> | 222 |
| | La soluzione web e le funzionalità richieste | |
| | Il <i>City Platform</i> di EWF | |
| | Strumenti per la (geo)-visualizzazione delle informazioni | |
| | Strumenti per la (geo)-localizzazione di informazioni e <i>community</i> | |
| | La tipologia di utenza | |
| | Modalità di accesso alla conoscenza: gestione e visualizzazione | |
| | La <i>Community</i> : gestione e visualizzazione | |
| | · Conclusioni | 237 |
| 13. | Lo <i>Smart Energy Model</i> Il modello della conoscenza condivisa e dell'intelligenza collettiva per il contenimento energetico a scala urbana | 239 |
| | · Il concetto di <i>Smart Energy Model</i> | 240 |
| | La definizione di <i>Smart Energy Model</i> | |

| | |
|--|-----|
| · Lo <i>Smart Energy Model</i> a Feltre | 242 |
| Dialogo cittadini - professionisti | |
| <i>Energy Web</i> come strumento per tutte le politiche energetiche ed ambientali urbane | |
| · Conclusioni | 245 |

Parte IV - *Beyond EnergyWeb*

| | |
|--|-----|
| 14. Sviluppi futuri | 249 |
| Criticità e problemi procedurali, tecnici e politici. Soluzioni e nuove prospettive | |
| · La qualità della base di dati | 250 |
| Possibili sviluppi della base dati del <i>City Sensing</i> | |
| Sviluppi ed implementazione del <i>City Model</i> | |
| La questione degli <i>Open Data</i> | |
| · Siatel: interscambio anagrafe tributarie | 254 |
| · Il flusso temporale dei dati | 255 |
| Storico aggiornato dei consumi e della base anagrafica | |
| Il <i>termomapping</i> continuo | |
| · Le potenzialità del <i>Crowdsourcing</i> | 262 |
| · Nuove metodologie per la visualizzazione 3D | 264 |
| · Conclusioni | 265 |
| 15. Conclusioni | 267 |
| I risultati scientifici e gli obiettivi raggiunti. Riepilogo critico e considerazioni finali | |
| · Riflessioni personali | 268 |
| · Risultati scientifici ottenuti | 268 |
| Il contributo della struttura concettuale di <i>Energy Web</i> | |
| Il <i>FEU index</i> | |
| I risultati dell'applicazione progettuale | |
| · Analisi degli obiettivi raggiunti | 270 |
| · Considerazioni finali | 271 |

Parte V - Appendice

| | |
|--|-----|
| Schede tecniche | 275 |
| Approfondimenti e riferimenti sui software utilizzati, sulle strumentazioni impiegate e sulla strutturazione della base dati | |
| · Strumentazioni di rilievo e acquisizione | 276 |
| Laser-scanner terrestre e avionico | |
| Camera termica | |
| · Strumenti di elaborazione | 280 |
| Data Base Management System: PostgreSQL | |
| Strumenti GIS | |
| Quantum GIS | |
| SAIG Kosmo Desktop GIS | |
| Autodesk Map 3D | |
| Spatial Data Infrastructure: Geoserver, Geonode | |
| Content Management System: Drupal | |
| · La struttura della base di dati | 290 |
| Le tabelle alfanumeriche e di entità geografiche | |
| | |
| Bibliografia | 299 |

Riferimenti alle soluzioni sviluppate

La piattaforma web sviluppata dalla ricerca è raggiungibile all'indirizzo: www.urbanenergyweb.eu e scegliendo la sezione del *City Platform*, oppure direttamente da: portal.urbanenergyweb.eu.

Una versione precedente è su: energywebfeltre.lab.unisqy.it

Ringraziamenti

Luigi Di Prinzio, il relatore, per la convinzione e tenacia con cui mi ha spronato
a migliorare sempre più i risultati della ricerca;

Vittorio Spigai, per gli insegnamenti ricevuti in tutti questi anni e i consigli nella
conclusione di questo lavoro;

Il gruppo di ricerca del dottorato e soprattutto Giovanni Borga e Stefano Picchio;

Nuccio Bucceri e il suo team per il lavoro svolto sul campo e avermi assecondato
nelle numerose richieste di sperimentazione;

Elisa Zatta e Andrea Mancuso per il lavoro svolto all'interno dei progetti di
ricerca applicata;

La Fondazione per l'Alta Cultura in provincia di Belluno;

L'Amministrazione Comunale di Feltre e soprattutto l'assessore Valter Bonan e
il sindaco Paolo Perenzin che con convinzione hanno sostenuto questo progetto;

Alberto Cottica per le riflessioni sugli Open Data e sulla gestione delle community.

dedicato a Elena

Introduzione

Premessa

Lo studio che qui si presenta, pur trattandosi di una tesi di dottorato, non va inteso come una dissertazione scritta su un argomento attinente a una delle tante discipline presenti nella Scuola di dottorato. Non è neppure un saggio o un resoconto dell'approfondimento personale di un tema. È bensì la storia di un'idea, di come è nata, si è sviluppata divenendo progetto; dei risultati che ha prodotto. Ma ancora, è il racconto di un gruppo di lavoro; della collaborazione di chi scrive con i componenti del gruppo di ricerca in “Nuove Tecnologie e Informazione Territorio e Ambiente.”¹ Persone con competenze diverse, ognuna speciale per una propria caratteristica, con le quali ho avuto il piacere di collaborare per portare a termine il progetto.

Energy Web è l'idea, maturata nel gruppo *NT&ITA* diretto dal prof. Di Prinzio, su come l'uso intelligente delle *Nuove Tecnologie* potesse contribuire in modo efficace al dibattito su *energia e città*, fornendo soluzioni innovative per il governo di tale rapporto complesso.

In quel momento, all'inizio del corso di dottorato, ho colto le potenzialità di tale idea – anche avendovi contribuito in modo sostanziale – iniziando un percorso di approfondimento che mi ha condotto a sviluppare questa nascente iniziativa sino a farla diventare il tema principale della ricerca.

Energy Web Feltrina (EWF) è il progetto che ne è seguito, che ha trasformato questo spunto iniziale in un programma di ricerca e successivamente nel prototipo *Energy Web Feltrina*: un sistema di supporto alle azioni di miglioramento delle condizioni energetiche delle città basato sulle *Nuove Tecnologie*, la *Conoscenza Condivisa* e l'*Intelligenza Collettiva*.

Molte sono le circostanze e le motivazioni che mi hanno condotto verso questa scelta. Innanzitutto il background formativo e professionale di architetto e progettista attento alle problematiche del contesto urbano, ma anche la mia competenza in attività di ricerca nel campo dell'integrazione tra l'*Information Technology*² e i processi del *problem solving*,³ oltre che le esperienze di cooperazione internazionale

1 “Nuove Tecnologie e Informazione Territorio e Ambiente” (*NT&ITA*) è il corso curriculare all'interno della scuola di Dottorato Iuav in “Architettura, Città e Design” in cui è stato svolto questo studio.

2 Per *Information Technology* (IT) si intende l'uso delle tecnologie informatiche e dei relativi mezzi di comunicazione come il web per la diffusione e la gestione della conoscenza.

3 Per un approfondimento su questa linea di ricerca si veda: Massimiliano Condotta, Ezio Arlati, Elena Bogani, Alberto Giretti e Marco Masera, “Improving the MACE Architectural Learning Portal with Practice of Community knowledge generation,” in *IMSCI 2011. The 5th International Multi-Conference on Society, Cybernetics and Informatics*, Edited By N. Callaos, J. V. Carrasquero, A. Oropeza, A. Treman-

nei sistemi di *knowledge management* per la gestione della conoscenza condivisa nei settori dell'architettura.⁴ Quello che però ha influenzato maggiormente il carattere della ricerca è stata la passione per la città – o meglio la *polis*, intesa come l'interazione tra uno spazio fisico e il mondo sociale – e il desiderio di comprenderla, sperimentando nuove metodologie e strategie per la sua analisi, la sua progettazione, il suo governo. È iniziato così il percorso, anche formativo personale, che ha portato a concretizzare questa idea prima in una metodologia operativa e poi in uno strumento a supporto delle politiche di *governance* intelligenti del binomio *energia e città*. Il processo si è concluso con la messa a punto di un sistema informativo territoriale e urbano per la creazione di conoscenza condivisa e collaborativa per il contenimento energetico a scala urbana: *Energy Web*.⁵

Gli ambiti di ricerca del dottorato

Il tema *Smart City / Smart Community*

Nel 2010, periodo in cui maturava questa idea e iniziava il progetto, il tema della *Smart City* è stato scelto come filo conduttore dell'intero ciclo della scuola di dottorato e delle relative attività formative e di ricerca. Sono state individuate cinque specifiche dimensioni che rientrano nel più ampio concetto di *Smart City* concepite in modo che possano essere utilmente raccordate alle raccomandazioni della Commissione Europea (“*UE e Smart Cities*”).

Il seguente elenco le descrive nella modalità in cui sono state declinate nel programma della Scuola.

- **Mobilità.** Una città smart è una città in cui gli spostamenti sono agevoli, che garantisce una buona disponibilità di trasporto pubblico innovativo e sostenibile, che promuove l'uso dei mezzi a basso impatto ecologico, che regola l'accesso ai centri storici privilegiandone la vivibilità (aree pedonalizzate); una città smart adotta soluzioni avanzate di *mobility management* e di info-mobilità per gestire gli spostamenti quotidiani dei cittadini e gli scambi con

te, F. Welsch, Volume II, 214-219. Orlando, Florida, 2011.

⁴ Un riepilogo del lavoro svolto dai precedenti ricerche Iuav si trova in: Massimiliano Condotta, “Using Controlled Vocabularies for a Creative Interpretation of Architectural Digital Resources,” *Getty Research Journal* (Getty Research Institute, Los Angeles) no. 5 (2013): 157-163.

⁵ La versione più aggiornata di tale sistema è consultabile da www.urbanenergyweb.eu scegliendo la sezione “*City Platform*” mentre una versione precedente di sviluppo e test è consultabile su <http://energywebfeltre.lab.unisky.it>.

le aree limitrofe;

- **Ambiente.** Una città smart promuove uno sviluppo sostenibile che ha come paradigmi la riduzione dell'ammontare dei rifiuti, la differenziazione della loro raccolta, la loro valorizzazione economica; la riduzione drastica delle emissioni di gas serra tramite la limitazione del traffico privato, l'ottimizzazione delle emissioni industriali, la razionalizzazione dell'edilizia così da abbattere l'impatto del riscaldamento e della climatizzazione; la razionalizzazione dell'illuminazione pubblica; la promozione, protezione e gestione del verde urbano; lo sviluppo urbanistico basato sul risparmio di suolo, la bonifica delle aree dismesse;
- **Turismo e cultura.** Una città smart promuove la propria immagine turistica con una presenza intelligente sul web; virtualizza il proprio patrimonio culturale e le proprie tradizioni e le restituisce in rete come "bene comune" per i propri cittadini e i propri visitatori; usa tecniche avanzate per creare percorsi e "mappature" tematiche della città e per renderle facilmente fruibili; promuove un'offerta coordinata ed intelligente della propria offerta turistica in Internet; offre ai turisti un facile accesso alla rete e dei servizi online in linea con le loro esigenze;
- **Economia della conoscenza e della tolleranza.** Una città smart è un luogo di apprendimento continuo che promuove percorsi formativi profilati sulle necessità di ciascuno; offre un ambiente adeguato alla creatività e la promuove incentivando le innovazioni e le sperimentazioni nell'arte, nella cultura, nello spettacolo; si percepisce e si rappresenta come un laboratorio di nuove idee; privilegia la costruzione di una rete di reti non gerarchica, ma inclusiva, in cui i vari portatori di interesse possano avere cittadinanza e voce; sviluppa alleanze con le università; dà spazio alla libera conoscenza e privilegia tutte le forme in cui il sapere è libero e diffuso;
- **Trasformazioni urbane per la qualità della vita.** Una città smart ha una visione strategica del proprio sviluppo e sa definire in base a questa scelte e linee di azione; considera centrale la manutenzione del suo patrimonio immobiliare e la sua efficiente gestione e usa tecnologie avanzate per questo obiettivo; fonda la propria crescita sul rispetto della sua storia e della sua identità e privilegia in questo senso il riuso e la valorizzazione dell'esistente in un rinnovamento che si basa sulla conservazione; nel suo sviluppo fisico crea le condizioni per promuovere la coesione e l'inclusione sociale ed elimina le barriere che ne impediscono la sua completa accessibilità per tutti i cittadini.

Le connessioni tra i temi di ricerca dei dottorandi

All'interno di questo scenario, ogni dottorando del corso ha individuato i suoi indirizzi di ricerca personali declinando i vari temi della *Smart City* alle proprie aspirazioni e peculiarità. Si è venuta a quindi a creare una rete tematica che ha connesso tra loro le varie esperienze e attività di ricerca. Una struttura di connessioni materializzata e gestita da un *tool* di visualizzazione dinamico (fig. 1) tramite il quale indicizzare le avarie attività. I nodi sono rappresentati da sottoinsiemi delle 5 dimensioni della *Smart City*, dagli stessi dottorandi, e dalle loro linee di ricerca personali mentre le trame indicano le reciproche connessioni.

Questo intreccio tematico ha offerto terreno fertile allo sviluppo del progetto *Energy Web*. L'energia, le persone, le reti di connessione tra le persone, l'ambiente urbano, la conoscenza della città via sistemi *IT*, sono solo alcuni punti fissi del paradigma *Smart City*.⁶ Il mio percorso di ricerca si è quindi focalizzato su alcune linee di lavoro specifiche declinate allo sviluppo della ricerca:

- *City Sensing* e *City Model* per ampliare il quadro conoscitivo dell'efficienza energetica a scala urbana;
- Efficienza Energetica a dimensione della città come strategia delle trasformazioni urbane;
- Sistemi ICT e semantica verso un ambiente web creativo a supporto della conoscenza condivisa;
- La domanda informativa e gestione della conoscenza dello stato energetico urbano.

Il grafico (figura 1) evidenzia le trame, i link che connettono gli indirizzi di ricerca di chi scrive con i temi *Smart City*. Mostra inoltre le relazioni con gli altri dottorandi dello stesso ciclo, con i quali, grazie a tali connessioni, si sono condivisi momenti di reciproco scambio formativo.

⁶ Al tema *Smart City* e sulla influenza in questo lavoro è dedicato un capitolo specifico.

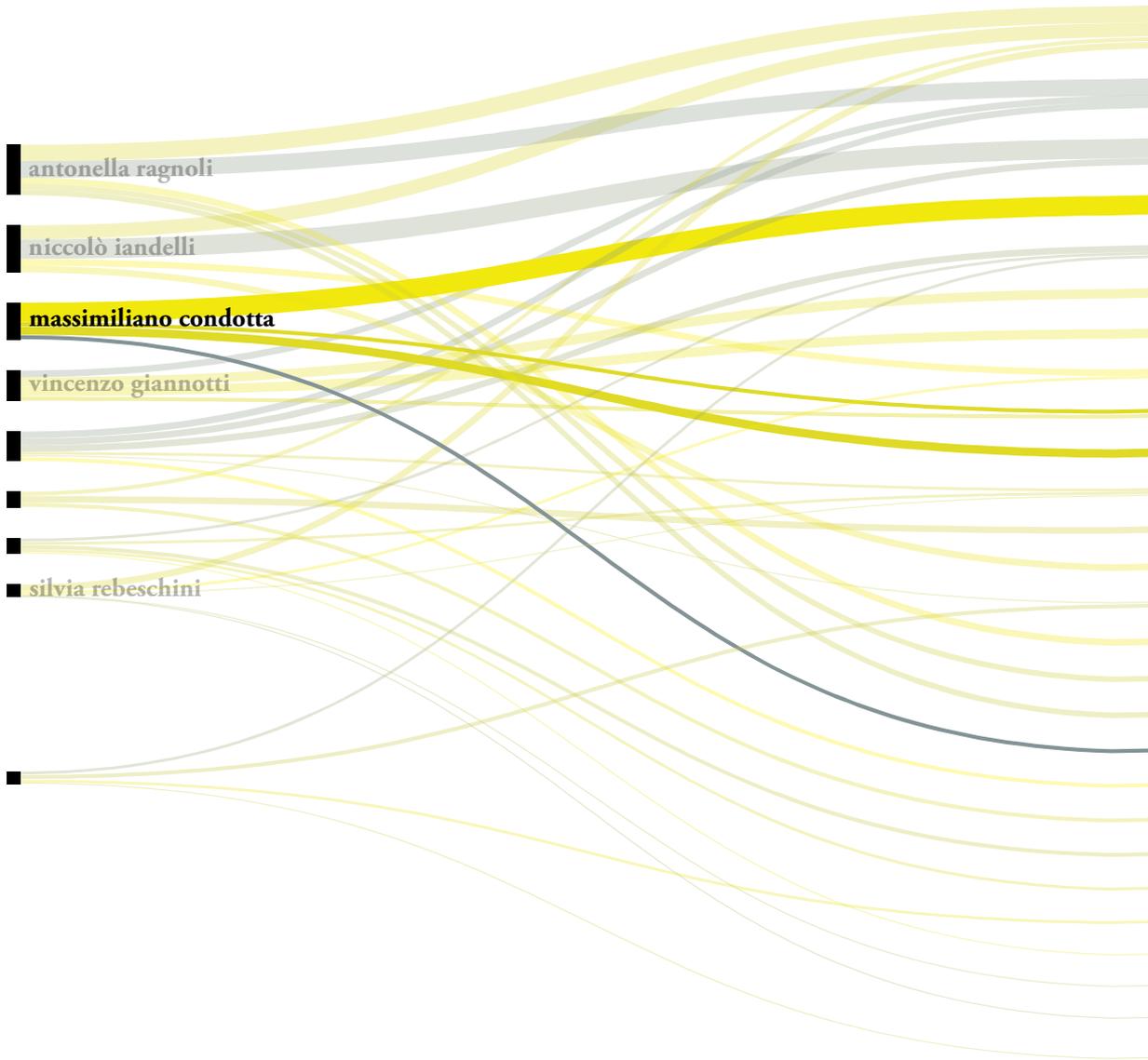
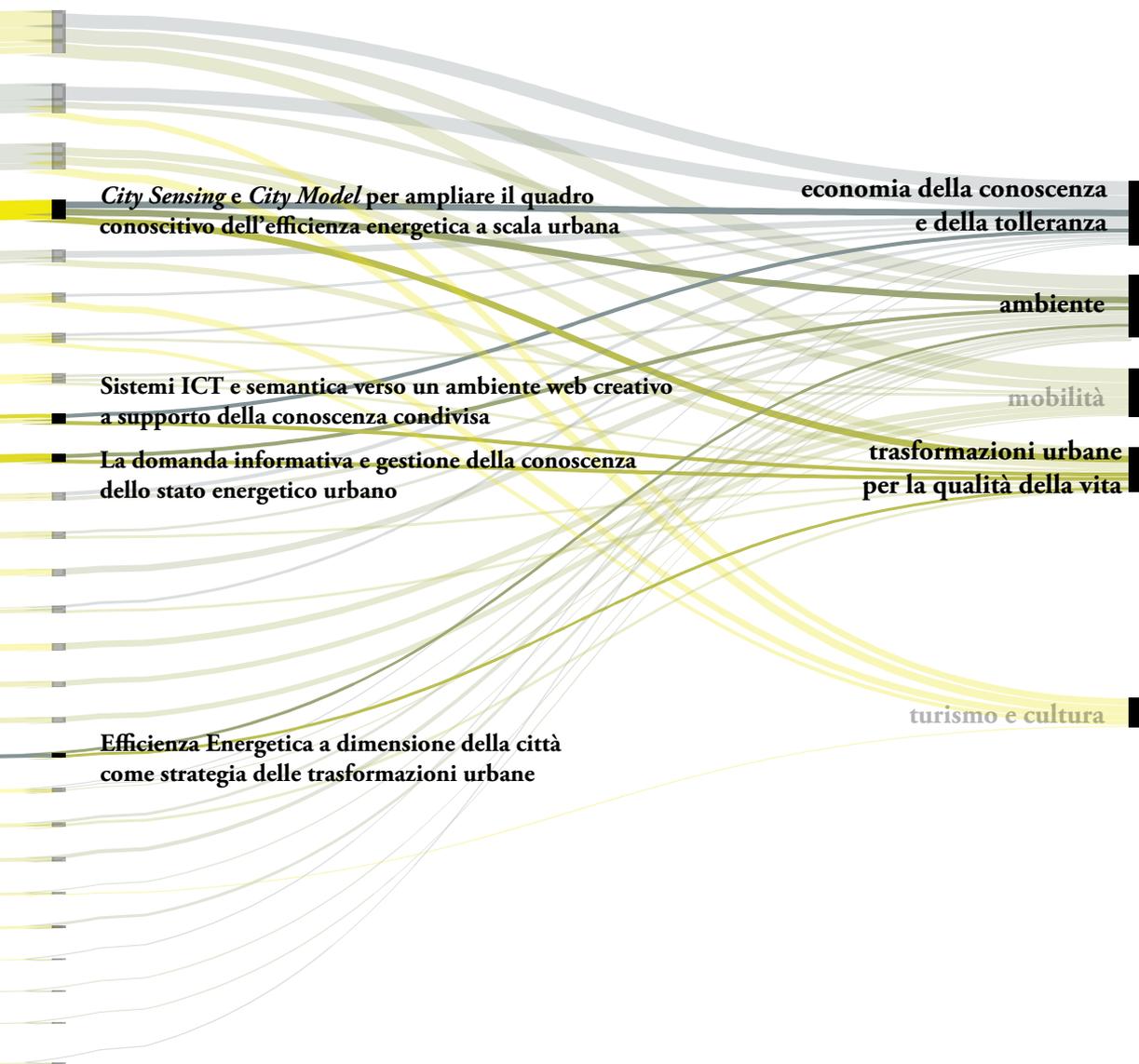


Fig. 1. Diagramma che rappresenta le varie connessioni tra: le 5 dimensioni *Smart City* assunte a tema della scuola di dottorato; i dottorandi; le linee di ricerca personali. L'immagine è una rielaborazione "statica" del grafico "interattivo" che è in continuo aggiornamento su: <http://www.ricercasit.it/Dottorato/Content.aspx?page=290>. (Grafico e utilizzo del *tool* a cura di M. Condotta. *Developed using Fineo. DensityDesign Research Lab - Politecnico di Milano*).



La struttura della tesi

Il presente testo, alla luce delle premesse precedenti, tratta in primo luogo del percorso svolto nello sviluppo del progetto *Energy Web* e ne illustra gli aspetti tecnici e procedurali. In secondo luogo affronta le strategie utilizzate per la gestione della base informativa a supporto dei processi di *governance* delle città.

I primi capitoli saranno dedicati all'inquadramento delle problematiche energetiche dei nostri habitat urbani, delle nostre città, alla *vision* concepita per affrontare tali problematiche e alla conseguente strategia sviluppata. Questa prima parte si conclude con la descrizione degli scenari di riferimento dai quali il percorso di ricerca si è mosso.

Viene quindi descritto lo stato dell'arte sulle attuali esperienze ed infine una introduzione sintetica alle strategie adottate per il sistema *Energy Web*.

La parte centrale illustra il modello concettuale di *Energy Web* e i casi applicativi in cui è stato sperimentato. Il primo di questi è il progetto "*Energy Web Feltre*" (*EWf*), coordinato dal sottoscritto per conto dello Spin-off UniSky s.r.l (che ha lavorato in partnership con l'Università Iuav di Venezia). Il progetto è stato finanziato dalla Fondazione per l'Alta Cultura in provincia di Belluno. Il secondo è il progetto "*Urban Energy Web*" (*UEb*), finanziato all'interno del programma di cooperazione transfrontaliera Interrg IV Italia-Austria. Il prof. Di Prinzio ne è il responsabile per conto di Iuav, mentre il sottoscritto coordina le attività operative e scientifiche del gruppo *NT&ITA* e dell'intero consorzio transfrontaliero.

La parte finale trae le conclusioni della ricerca e riassume i risultati ottenuti. Partendo dall'esperienza maturata con *EWf* e *UEb*, illustra una serie di sviluppi tecnico/metodologici e socio/politici auspicabili per migliorare il sistema *Energy Web*. Sono nuovi capitoli ancora da scrivere affinché questa storia continui con nuovi episodi.

In appendice sono riportati paragrafi di carattere tecnico dove, per una visione completa del lavoro, sono descritti gli strumenti hardware, software e la struttura del database, utilizzati per sviluppare il sistema *Energy Web*.

Il contributo di chi scrive

Come si evince da queste pagine, *Energy Web* è un progetto complesso che contempla sia fasi di concezione che di sviluppo applicativo. Allo stesso tempo coinvolgendo una pluralità di competenze ed esperienze diverse. Per chiarezza, sembra

quindi opportuno descrivere il ruolo personale di chi scrive all'interno del progetto.

Da un punto di vista generale, compito del sottoscritto è stato il coordinamento del gruppo di lavoro e dei temi del programma sotto la regia generale del prof. Di Prinzio. Vi è inoltre stata un'intensa attività di ricerca e sviluppo condotti in prima persona. Senza questo personale impegno di "manodopera scientifica" il progetto *Energy Web* non avrebbe potuto concretizzarsi.

Il gruppo di ricerca è stato composto oltre che dal prof. Di Prinzio e dal sottoscritto, da Giovanni Borga⁷ che ha apportato la sua esperienza sulla creazione di sistemi informativi territoriali e sui database, di Stefano Picchio⁸ sul trattamento dei dati telerilevati, di Nuccio Bucceri⁹ sui rilievi di *Model* e *Sensing*, di Andrea Mancuso¹⁰ sull'utilizzo degli *Spatial Data Infrastructure*. Oltre a queste persone, che fanno parte del gruppo di lavoro *NT&ITA*, hanno apportato le loro competenze, Michele Busetto¹¹ e il suo team nello sviluppo della piattaforma web e Elisa Zatta¹² nel verificare sul posto dei dati rilevati.

La collaborazione di equipe è stata indispensabile per sviluppare e mettere a punto la struttura concettuale di *Energy Web*, come descritta nel seguito.

Ciò per quanto riguarda la parte teorica della ricerca. Relativamente alla fase applicativa, svolta a Feltre, il contributo del sottoscritto è consistito in:

- supervisione dei rilievi in città e delle operazioni di creazione del *City Model*;
- raccolta delle informazioni per la costruzione del *City Sensing*;
- ideazione degli algoritmi per l'elaborazione dei dati del *Model* e del *Sensing*;
- sviluppo della base di dati e delle query di elaborazione;
- mappatura della conoscenza su piattaforme geografiche tramite sistemi *IT*;
- *info-design* dell'insieme delle informazioni prodotte;
- progettazione e *design* della piattaforma web (successivamente sviluppata da una ditta specializzata).

Nel corso della ricerca sono state realizzate numerose pubblicazioni. Le più rilevanti in bibliografia.

⁷ Giovanni Borga, dottore di ricerca in NT&ITA.

⁸ Stefano Picchio, dottorando in NT&ITA.

⁹ Nuccio Bucceri, legale rappresentante di *LTS Land Technology and Services* partner di UniSky s.r.l.

¹⁰ Andrea Mancuso, dottorando in NT&ITA.

¹¹ Michele Busetto, legale rappresentante di *Egea Tecnologie Informatiche*.

¹² Elisa Zatta, collaboratrice al progetto *Urban Energy Web*.



Londra, Il grande *smog* del dicembre 1952.

1. La questione energetica

Il problema dei consumi energetici e delle emissioni delle aree urbane

“Subject to the provisions of this Act, dark smoke shall not be emitted from a chimney of any building, and if, on any day, dark smoke is so emitted, the occupier of the building shall be guilty of an offence.” Questo è il testo del comma 1 del “*Clean Air Act 1956*”¹, uno dei primi regolamenti sulle emissioni degli edifici in ambiente urbano, emanato nel Regno Unito a seguito del *Big Smog* avvenuto a Londra nel Dicembre del 1952. Lo si può considerare come l’evento inaugurale di una lunga serie di provvedimenti sul controllo delle emissioni degli edifici.

La questione energetica è un problema non nuovo, che le città sono costrette ad affrontare sin dal secolo scorso, ma che negli ultimi anni sta assumendo un ruolo predominante. Il capitolo a seguire introduce la questione energetica nel suo rapporto con l’urbanesimo fino a scinderne la parte relativa al rapporto consumi-edifici sul quale si concentrerà il progetto.

¹ Clean Air Act 1956, http://www.legislation.gov.uk/ukpga/1956/52/pdfs/ukpga_19560052_en.pdf

Energia e città

“Negli anni '80 del secolo scorso venivano posti a confronto ‘ecosistema naturale’ ed ‘ecosistema metropoli’; molti ecologi, anche se nelle metropoli si è andato raccogliendo oltre il 50% della popolazione umana, negano che la città possa essere definita un ecosistema e molti pianificatori del territorio - urbanisti, architetti, ingegneri energetici, sociologi – sostengono comunque che è un ecosistema vulnerabile proprio dal punto di vista energetico. Analisi economiche recentissime (l’ultimo rapporto McKinsey¹ ad esempio) evidenziano che l’80% del PIL è prodotto nei grandi agglomerati urbani, dove si consuma anche l’80% dell’energia primaria a dimostrazione del legame sinergico esistente tra energia, capitale e crescita.”² Le città sono sempre più i centri nevralgici della società moderna e l’energia è l’elemento indispensabile per la loro sopravvivenza.

Nonostante questo forte incremento di consumo energetico avvenuto negli ultimi decenni, il livello di inquinamento delle nostre città sembra migliorato notevolmente rispetto alle giornate del *Big Smog* di Londra del 1952. Lo *smog* invernale è però ancora particolarmente rilevante negli agglomerati urbani ed anzi, al contrario del 1952, è caratterizzato non solo dall’accumulo di nebbia e polveri nell’atmosfera, ma anche da altri inquinanti (benzene, particolato, ossidi d’azoto, monossido di carbonio), senza considerare le emissioni di CO₂. Il problema più evidente causato dagli elevati consumi energetici è quindi la qualità dell’aria e l’inquinamento più in generale. Ma non è l’unico.

L’energia, nella società attuale, è infatti un bene essenziale, quasi primario, “un fattore fondamentale dello sviluppo. La disponibilità di energia pulita a prezzi equilibrati è necessaria per la generazione del reddito. Essa inoltre ha profonde influenze sulla salute, sull’ambiente, sulla demografia stessa, sui rapporti sociali, sull’istruzione. Nei Paesi ricchi siamo abituati a dare per scontata questa disponibilità, ma non è detto che sia sempre così. Si parla spesso oggi di povertà energetica nei paesi in via di sviluppo, come l’impossibilità di accedere ai servizi necessari a prezzi ragionevoli; indici importanti sono l’accesso all’elettricità e la disponibilità di fonti non inquinanti ed efficienti per cuocere i cibi. Vi è tuttavia anche un problema di povertà energetica nei Paesi industrializzati, quando una persona o una famiglia spendono una frazione considerevole del proprio reddito per procurarsi i servizi energetici considerati indispensabili. Studi in questo senso

1 Società di consulenza fondata a Chicago nel 1926. www.mckinsey.com.

2 Giancarlo Chiesa, “Riflessioni sulla sostenibilità energetica nell’ambiente costruito,” *Energia in Città*, (Centro di Cultura Scientifica Alessandro Volta, 2012), 19.

sono stati svolti soprattutto nel Regno Unito.³ In molti casi si è dimostrato che gli strati più poveri della popolazione finiscono per pagare un prezzo unitario per i servizi energetici superiore a quello pagato dagli strati più privilegiati. Questo accade di regola quando una soluzione energetica economicamente più conveniente richiede investimenti iniziali che le famiglie meno abbienti non hanno la possibilità di sostenere.”⁴

Il problema *energia e città* è quindi molto vasto e con ricadute su molteplici aspetti sia ambientali che sociali. Questo, considerando solo gli effetti localizzati all’interno della città. Le ricadute interessano però non solo i luoghi di consumo dell’energia ma anche i luoghi di estrazione delle fonti primarie (gas, petrolio, carbone) innescando situazioni socio-politiche con conseguenze a volte drammatiche.



Fig. 1. *Obagi oil installation, Rivers, Nigeria.* © Yann Arthus Bertrand.

³ House of Commons. Business and Enterprise Committee. Energy prices, fuel poverty and Ofgem. London. The Stationery Office Limited. 2008. <http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200708/cmselect/cmbert/293/293i.pdf>.

⁴ Ugo Farinelli, “Energia, urbanesimo e società sostenibile: una chiave di lettura”, *Energia in Città*, (Centro di Cultura Scientifica Alessandro Volta, 2012), 27.

I consumi degli edifici

Spostando l'attenzione sugli elementi ed utilizzatori finali del consumo energetico, va considerato che "approssimativamente metà delle riserve di energia mondiali sono impiegate per il controllo climatico degli ambienti interni e le richieste di energia per la climatizzazione e gestione degli edifici superano quelli per i trasporti e gli usi industriali."⁵ "I maggiori consumi diretti di energia nella città sono [quindi] i consumi degli edifici e quelli per i trasporti. In Italia, il consumo prevalente degli edifici è quello per il riscaldamento invernale (quasi il 70%). Segue l'illuminazione, la produzione di acqua calda, gli elettrodomestici, il condizionamento (in rapida crescita) e l'elettronica. E' anche da tenere in conto l'energia spesa per costruire gli edifici [anche se] (quando la si "spalma" sulla lunga vita degli edifici risulta assai inferiore a quella per il loro funzionamento)."⁶

Relativamente alla qualità dell'aria, gran parte dell'inquinamento urbano è dovuto ovviamente al traffico veicolare. Facendo riferimento però ad una media annuale dell'intero ciclo stagionale, il 10% dell'inquinamento è causato dai sistemi di climatizzazione degli edifici,⁷ media che sale al 30% considerando il periodo invernale.^{8,9}

È quindi lecito affermare che una delle maggiori sfide della società contemporanea sia quella di ridurre il consumo energetico e abbattere l'inquinamento dell'ambiente urbano causati dalle richieste di energia degli edifici. La soluzione è duplice. Da un lato diminuire i consumi; dall'altro rendere più efficaci e meno inquinanti i sistemi di trasformazione dell'energia usati per la climatizzazione degli ambienti interni oltre che aumentare l'efficienza degli elettrodomestici e tutti gli apparecchi elettrici. Le normative attuali, nazionali ed europee, stanno giustamente imponendo elevate prestazioni energetiche per le nuove costruzioni, per i sistemi di riscaldamento e raffrescamento, per gli apparecchi elettrici. A questo va aggiunto l'obbligo (già presente) di installare sistemi di produzione energetica da fonti alternative, ma con normative più efficaci che considerino l'edificio parte di

5 Carlo, Ratti, Nick Baker, e Koen Steemers. "Energy consumption and urban texture." *Energy and Buildings*. Volume 37, n. 7 (2005), 762-776.

6 Ugo Farinelli, "Energia, urbanesimo e società sostenibile: una chiave di lettura", 31.

7 Gianmarco Altoè, "Introduzione al tema dell'inquinamento atmosferico urbano e dei suoi effetti sulla salute", ARPAV. http://www.arpa.veneto.it/prevenzione-e-salute/ambiente-e-salute/file-e-allegati/documenti/inquinamento-atmosferico/as_intro_tema_inq_atm.pdf.

8 European Environmental Agency, "Air Quality in Europe, 2011," Copenhagen. (Technical Report No. 12/2011), www.eea.europa.eu/publications.

9 E. P. Weijers, M. Schaap, L. Nguyen, J. Matthijssen, H. Denier van der Gon, H.M. ten Brink, and R. Hoogerbrugge, R., "Anthropogenic and natural constituents in particulate matter in the Netherlands." *Atmospheric Chemistry and Physics*, n°11 (2011): 2281-2294. doi:10.5194/acp-11-2281-2011.

un contesto urbano e non un elemento isolato.

È facile pensare come una ipotetica città costruita oggi dal nulla, con i parametri delle normative attuali, non avrebbe molti dei problemi delle città in cui tutti noi viviamo. Esse sono composte da un tessuto edilizio concepito, costruito e sviluppatosi in un'epoca energetica dell'abbondanza o addirittura protagonista e coetaneo del *big smog* di Londra di cui all'inizio di questo paragrafo. Altre volte coincide con un patrimonio edilizio di valore storico e artistico concepito per stili di vita diversi.

Vi è quindi la necessità di affrontare il problema *energia e città* partendo da presupposti innovativi.

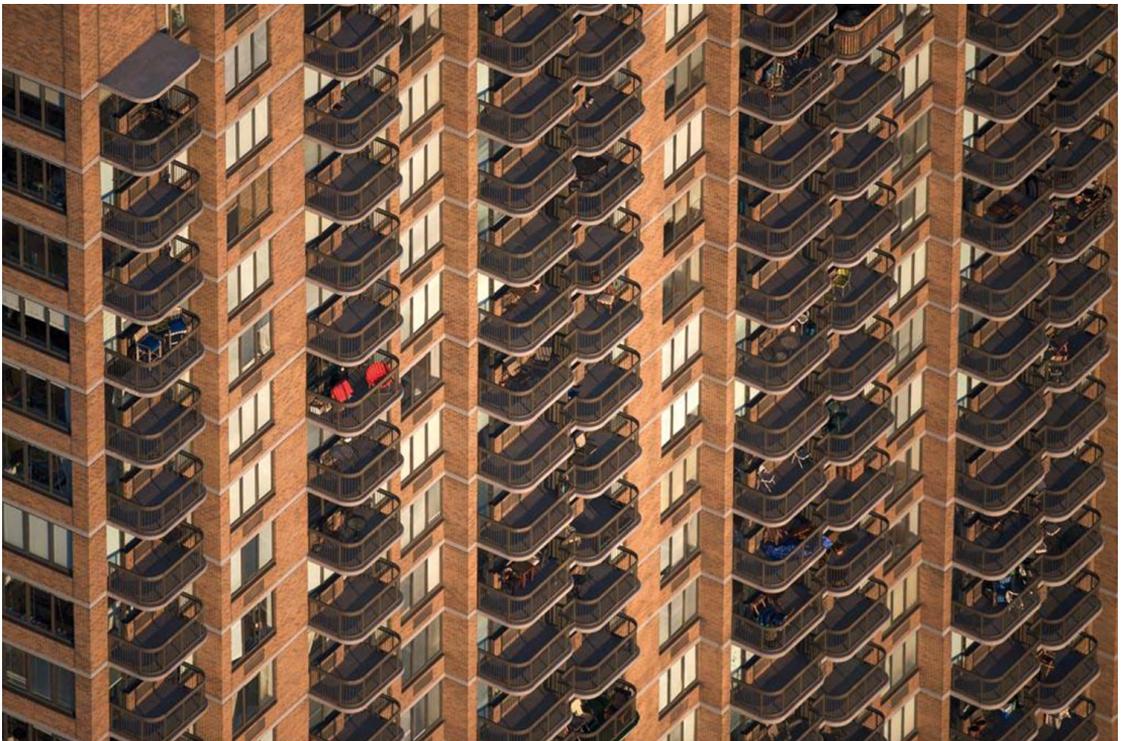


Fig. 2. *Buildings of Manhattan, New York, United States.* © Yann Arthus Bertrand.

Gli scenari possibili

La soluzione al problema del consumo energetico e dell'inquinamento dell'ambiente urbano dovuti dalla gestione degli edifici nelle città contemporanee – che appartengono a questo tempo ma cresciute e sviluppatasi in momenti storici diversi - coinvolge diverse tematiche relative all'energia:

- la produzione;
- la distribuzione;
- il consumo (lo spreco);
- i comportamenti delle persone.

La produzione da fonti rinnovabili è senz'altro la via maestra da seguire, ma, se non è abbinata ad un contesto adeguato ed efficiente, poco può contribuire al miglioramento della situazione generale. Serve anche una buona gestione della sua rete di distribuzione per portare notevoli risparmi e rendere concorrenziale tale tecnologia. Affinché ciò avvenga, la rete deve essere gestita da sistemi intelligenti in grado di pilotare i flussi energetici. L'integrazione di “sistemi nervosi digitali”¹ all'interno delle città stanno quindi divenendo degli attori fondamentali nella pianificazione urbana e del territorio. Tutto ciò ha senso però solo se riduciamo notevolmente i consumi eliminando gli sprechi.

L'attenzione va quindi rivolta verso le strutture che costituiscono i sistemi urbani che usano, consumano e disperdono l'energia, quali gli edifici pubblici e privati. Sistemi innovativi di miglioramento delle performance energetiche edilizie e di climatizzazione si stanno diffondendo ma con metodologie e strategie che “considerano gli edifici come entità auto definite trascurando l'importanza del fenomeno a scala urbana.”² Infine, un altro elemento focale, spesso sottovalutato, sono i comportamenti delle persone che, attraverso il loro modo di gestire ed usare gli edifici, sono i consumatori finali dell'energia. Politiche di innesco di comportamenti virtuosi sono sempre più diffuse ma legate a processi di presa di coscienza di quelle che sono le reali condizioni energetiche della città.

Il problema del consumo energetico e della qualità ambientale urbana va quindi affrontato con un approccio multi o interdisciplinare che in modo quasi olistico prenda in considerazione simultaneamente queste tre tematiche. Non è più possibile demandare la soluzione del problema energetico a singole normative o decre-

1 William J. Mitchel, *Smart Cities: Vision*, <http://smartcities.media.mit.edu/frameset.html>.

2 Carlo, Ratti, Nick Baker, e Koen Steemers. “Energy consumption and urban texture.” *Energy and Buildings*. Volume 37, n. 7 (2005), 762-776.

ti. Serve un approccio che vada oltre al sistema di divieti e proibizioni inaugurato nel 1956, anche se paradossalmente, gran parte del parco immobiliare delle nostre città risale proprio a quell'epoca.

Oggi, è necessario convergere verso una gestione diversa. Le politiche e le azioni da attuare sul territorio e sulla città devono essere guidate da approcci interdisciplinari³ non più basati sul *piecemeal approach*,⁴ multi-attoriali⁵ e accompagnati da modelli sociali virtuosi. Perché ciò sia possibile servono però nuovi e adeguati strumenti, in grado di supportare questo scenario. Esso rappresenta una possibile soluzione al problema del contenimento dei consumi e più in generale alle tematiche relative al binomio *energia e città*.

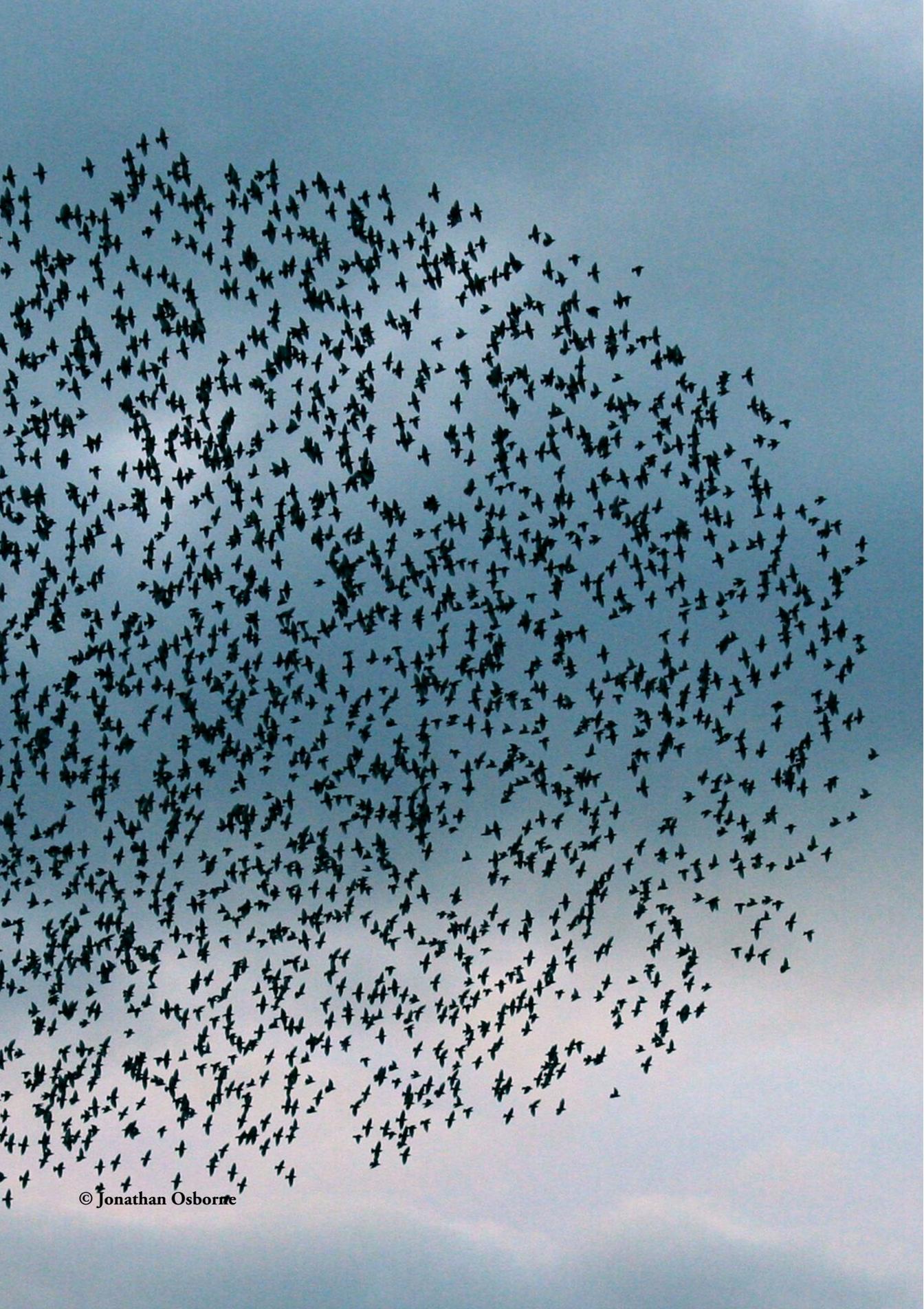


Fig. 3. *Solar thermal power plant in Sanlúcar la Mayor, near Seville, Andalusia, Spain.* © Yann Arthus Bertrand.

3 Che abbraccia unitariamente più discipline che non sempre interagiscono tra loro.

4 Locuzione anglosassone che sta ad indicare l'approcciarsi ad un problema per piccoli passi. Il termine si è diffuso nella letteratura urbanistica per indicare processi di gestione del territorio che non integrano tra loro domini diversi ma affrontano i problemi urbani settorialmente.

5 Che coinvolge tutti gli attori del sistema città: amministratori, utenti, progettisti, sistema produttivo.



2. *Vision* e strategia

Conoscenza Condivisa e Intelligenza Collettiva
come strumenti di supporto al contenimento
dei consumi energetici delle città

La *vision*

“Molti studi hanno stimato che il miglioramento dell’efficienza energetica nelle abitazioni e negli edifici pubblici potrebbe ridurre il consumo elettrico e di gas, nel 2030, di oltre il 20% senza nessun costo netto per la società. L’efficienza energetica è l’opzione più conveniente per la mitigazione a larga scala delle emissioni e dei consumi energetici. Tuttavia, trovare soluzioni che con successo promuovano una buona efficienza in tutte le case, edifici e comunità ha dimostrato di essere un obiettivo ambizioso.”¹

La risposta alla questione energetica è quindi a portata di mano, le tecnologie esistono, possono essere ancora migliorate, ma non è questo il principale ostacolo al raggiungimento di tale traguardo o di risultati ancora migliori. Quello che serve è una visione più ambiziosa che tenda a definire quei modelli smart di approccio al problema *energia e città* suggeriti nella conclusione del precedente capitolo.

Ad oggi infatti, “l’efficienza energetica è un obiettivo affrontato prevalentemente attraverso programmi individuali. Le azioni sono promosse attraverso politiche e strumenti che aumentano la responsabilità del singolo utente. Display intelligenti installati nelle case e negli edifici pubblici per comunicare in modo intuitivo le complesse informazioni sul consumo di energia anche a persone non educate su questo aspetto, si stanno sempre più diffondendo,”² ma questo non è sufficiente. Ricerche al MIT nell’ambito dell’*Energy Efficiency Strategy Project*³ stanno dimostrando che “l’innovazione nel presentare i dati e le relativi analisi dei consumi energetici non più a livello individuale ma a livello di comunità, migliora i processi di implementazione di efficienza energetica. Essi infatti motivano modelli collettivi di cambiamento innescati dalla condivisione delle esperienze e la pressione sociale. Azioni collettive organizzate, supportate da servizi programmati, *tool* e sistemi di informazione e supportate da adeguare risorse economiche promosse da gruppi di comunità e dal governo locale, possono essere la chiave per far diffondere in modo ampio e con efficacia l’efficienza energetica degli edifici.”⁴ La ricerca ha inoltre dimostrato che entrambi i poli della domanda e dell’offerta – da un lato i consumatori finali e dall’altro le compagnie di utilities – “possono mutualmente

1 Tratto da: “MIT Energy Efficiency Strategy Project”, Massachusetts Institute of Technology, 2012, <http://web.mit.edu/energy-efficiency>.

2 Lindsay K. Reul, Harvey G. Michaels, “Mapping Energy Efficiency for Community-Level Engagement,” MIT Energy Efficiency Strategy Project, 2012. http://web.mit.edu/energy-efficiency/docs/EESP_Reul_MappingForEngagement.pdf, 2.

3 L’*Energy Efficiency Strategy Project* è un programma di ricerca in che si prefigge di migliorare lo stato dell’arte dell’efficienza energetica tramite focus sul *Community Engagement* come percorso trasformativo. <http://web.mit.edu/energy-efficiency>.

4 Reul and Michaels, “Mapping Energy Efficiency for Community-Level Engagement,” 2012, 2.

beneficiare di questo processo incrociando i rispettivi bisogni di efficienza, in un approccio *community based*. Questo modello di ‘efficienza energetica comunitaria’ sta guadagnando sempre più favori tra *policy makers* e *regulators*, ma per un pieno successo, è necessario che le comunità vengano dotate di strumenti e sistemi di supporto innovativi.”^{5,6}

Allo stesso modo, i Piani Energetici strutturati in varie forme e nomi come i PEC (Piani Energetici Comunali) o i PAES (Piani di Azione per l’Energia Sostenibile) o i già più completi *Climate Action Plan*,⁷ sviluppati sinora, si sono dimostrati inefficaci. Perché queste iniziative diano dei risultati concreti, tali piani e politiche non dovranno più essere demandati ad azioni dall’alto dell’amministrazione pubblica. Dovranno bensì instaurare iniziative miste tra amministrazioni ed enti imprenditoriali verso una *governance* orientata a processi di “retrofitting urbano” che integrino azioni pubbliche con azioni private basate su *networking and partnership* tra i vari attori del sistema città.

Per andare oltre gli attuali processi, è quindi necessario innovare i rigidi schemi attuali, che contemplano l’applicazione e l’intervento sui “singoli”, verso strategie di più ampio respiro caratterizzate da approcci “*communitybased*” di gestione della conoscenza urbana sui temi energetici.

La strategia proposta

Come già anticipato, la soluzione che si propone è di convergere verso dei modelli *smart* di approccio al problema *energia e città*, che contemplino una gestione intelligente e consapevole delle politiche e delle azioni da attuare sul territorio e, allo stesso tempo, promuovano modelli di comportamento sociale virtuosi. Perché ciò sia possibile servono però degli strumenti adeguati, in grado di tendere verso lo scenario/*vision* sopra descritti.

Ma cosa significa “gestione intelligente e consapevole delle politiche e delle azioni” e “modelli di comportamento sociale virtuosi”? Per comprenderli appieno è necessario prima introdurre tre paradigmi che sono alla base del lavoro di ricerca.

Il primo, è che tutti (cittadini, utilizzatori e non solo gli amministratori pub-

5 Reul and Michaels, “Mapping Energy Efficiency for Community-Level Engagement,” 2012, 2.

6 Harvey G. Michael, “Enabling Deep and Scalable Energy Efficiency in Communities: Report of Energy Efficiency Practicum 11.946,” Cambridge, MIT, 2009, http://web.mit.edu/energy_efficiency/docs/MIT_CommunityEnergyPracticum.pdf.

7 I *Climate Action Plan* sono il corrispettivo dei PAES o SEAP europei, dotati però di strumenti efficaci ed attuativi che hanno un impatto reale ed efficace sulle emissioni di CO₂. Si veda ad esempio il *Climate Action Plan* di Boulder in Colorado: <http://www.colocode.com/boulder2/chapter3-12.htm>.

blici) sono parte dell'organismo urbano e quindi responsabili del suo trend energetico. Ognuno può dare il proprio contributo, ma perché ciò possa avvenire, è necessario che gli attori coinvolti (qualsiasi sia la loro funzione di amministratori, progettisti *policy makers* o cittadini) posseggano le informazioni utili per partecipare al processo in modo consapevole. In sintesi, “conoscenza come assunzione di responsabilità”.

Il secondo è direttamente conseguente al primo. Riprende la necessità di disporre delle informazioni necessarie; si rifà quindi alla qualità di tale conoscenza, che deve essere adeguata allo scopo. Nel caso specifico rappresentare in modo chiaro lo stato di fatto energetico “reale” della città e non ipotizzato o desunto per mezzo di protocolli più o meno collaudati.

Il terzo considera la “cooperazione tra una pluralità di soggetti” quale elemento fondamentale per andare oltre gli schemi attuali.

Il modello che questi tre paradigmi vanno a identificare e soprattutto, la loro integrazione in un sistema di cooperazione tra soggetti diversi, è stato sino ad oggi considerato impossibile o anzi negativo, dato che i diversi attori sono visti come contrapposti e motivati da interessi opposti (i cittadini consumare meno, le compagnie di servizi vendere più energia, le amministrazioni a ridurre gli investimenti verso processi che coinvolgono i privati). Il presupposto è invece l'opposto. Come recenti studi stanno dimostrando, la cooperazione tra soggetti diversi porta a innescare processi di efficienza virtuosi.⁸ La trasformazione dei cittadini da “consumatori anonimi e passivi” a “produttori attivi e indipendenti”⁹ incrementa il loro senso di appartenenza e di coinvolgimento. Questo modello di gestione, in cui il potere è restituito alle persone, può generare un uso consapevole dell'energia che porta ad una riduzione dei consumi, un processo che estremizzando può essere visto come una fonte di energia alternativa. Questo pilastro della visione di Rifkin è in grado di concretizzarsi solo in un contesto adeguato, caratterizzato dalla condivisione di conoscenze e cooperazione tra i vari soggetti coinvolti nel processo.

“Conoscenza come assunzione di responsabilità”, “stato di fatto energetico reale della città” e “cooperazione tra una pluralità di soggetti” sono quindi i tre paradigmi fondamentali che hanno guidato questo lavoro. Una ricerca verso una metodologia e uno strumento di supporto alla gestione intelligente delle politiche e delle azioni da attuare sul territorio. Allo stesso tempo un progetto in grado di promuovere modelli di comportamento sociale virtuosi. L'obiettivo è di sviluppare *Energy*

8 Harvey G. Michael, “Enabling Deep and Scalable Energy Efficiency in Communities: Report of Energy Efficiency Practicum 11.946.”

9 Jeremy Rifkin, *La terza rivoluzione industriale*, (Milano: Mondadori, 2011).

Web: metodologia/strumento in grado di integrare e condividere un quadro di conoscenza il più reale e attendibile possibile sullo stato di fatto energetico urbano all'interno di un sistema di cooperazione e condivisione tra la pluralità di soggetti coinvolti nel sistema città. L'intento di tale integrazione è di innescare un processo per mezzo del quale produrre conoscenza condivisa ed elicitare processi di intelligenza collettiva in grado di: supportare una gestione intelligente delle politiche energetiche; promuovere azioni di retrofitting urbano; incoraggiare modelli di comportamento sociali virtuosi.

Per raggiungere questo obiettivo e rendere effettiva la *vision* e la strategia sin qui descritte, la ricerca si è svolta attraverso *step* successivi:

- un'attività di studio e analisi del contesto ambientale, legislativo, sociale, e culturale che rappresentano lo scenario in cui si andrà ad operare e allo stesso tempo l'insieme delle esigenze che dovrà soddisfare;
- la teorizzazione della struttura logica di *Energy Web*;
- lo sviluppo del progetto *Energy Web*;
- la sperimentazione concreta che ha visto come caso studio la Città di Feltre in provincia di Belluno.

Parte I

Lo scenario di riferimento

Questa sezione ha lo scopo di presentare il contesto che ha fatto da riferimento al percorso progettuale in modo da contestualizzare l'intero lavoro. Nei capitoli a seguire saranno descritti il quadro normativo all'interno del quale i prodotti della ricerca si trovano e troveranno costretti ad integrarsi ed adattarsi oltre che il panorama delle tendenze e delle visioni rappresentate dal movimento *Smart City* dai quali trarre ispirazione ma anche confrontarsi in modo critico e costruttivo. Verranno poi analizzati il contesto rappresentato dal sistema città, vero e proprio scenario reale sul quale l'idea *Energy Web* va plasmata, adattata ed applicata e le nuove tendenze di *governance* messe in campo – anche se non ancora recepite dal nostro paese – dalla Commissione Europea, nonché i modelli più avanzati di gestione del sistema energia nelle città, come il modello Rifkin.



M. Condotta. *Los Angeles vista dal Getty Research Institute.*

3. Il contesto *Smart City*

L'ambito culturale e le utopie. Il rapporto *Smart City* - Energia

È da sottolineare, come già illustrato nell'introduzione, che il XXVI ciclo di dottorato – quello in cui rientra la ricerca qui descritta – è stato il primo di una serie di cicli accomunati dalla tematica che fa riferimento al paradigma della *Smart City* e al suo contesto sociale e tecnologico. Il *leit-motiv* è l'integrazione della *mission* e degli insegnamenti tipici del dottorato “Nuove Tecnologie e Informazione Territorio e Ambiente” con le tematiche che gravitano attorno al modello *Smart City*. Questi concetti si rifanno alla complessità delle problematiche connesse alla gestione del territorio e dell'ambiente – sicurezza, qualità, efficienza – che comportano una crescente domanda di conoscenze sullo stato e sulle trasformazioni del territorio in tutti i suoi aspetti fisici, socioeconomici e istituzionali.

L'intento del dottorato è quello di costruire un profilo di ricercatore nell'area ICT orientato verso i temi della pianificazione, del governo e della gestione del territorio e della città. Un intento che, almeno da una prima impressione, si sposa benissimo con i temi della smart city.

Nelle prossime pagine sono riassunte, spesso tramite citazioni di altri autori, alcune delle attuali visioni e definizioni della combinazione delle parole *smart* e *city*. Di seguito la personale esperienza di approccio ai concetti *Smart City* e di come alcuni suoi spunti interessanti siano stati fatti propri durante i tre anni di scuola. Tuttavia, una parte consistente delle riflessioni che seguono restituiscono un quadro abbastanza critico su questo tema, che non hanno però scoraggiato il gruppo di lavoro, ma anzi, hanno suggerito quale potesse essere la via corretta per affrontare i problemi proposti e il progetto *Energy Web*.

La *Smart City* secondo la letteratura corrente

Il termine *Smart City* oggi non ha una definizione univoca. A volte viene modellato su misura a seconda delle necessità. Dalla versione dello “*Smart Cities – Ranking of European medium-size cities*” si può trarre la seguente definizione del termine. “*Smart cities can be identified (and ranked) along six main axes or dimensions. These axes are: a smart economy; smart mobility; a smart environment; smart people; smart living; and, finally, smart governance. These six axes connect with traditional regional and neoclassical theories of urban growth and development. In particular, the axes are based – respectively – on theories of regional competitiveness, transport and ICT economics, natural resources, human and social capital, quality of life, and participation of citizens in the governance of cities. A city can be defined as ‘smart’ when investments in human and social capital and traditional (transport) and modern (ICT) communication infrastructure fuel sustainable economic development and a high quality of life, with a wise management of natural resources, through participatory governance*”¹

Un'altra autorevole fonte, lo “*Smart Cities Group*” del MIT di Boston cita: “*The Smart Cities Group pursues sustainability, livability, and social equity through technological and design innovation. We take the particular perspective that cities are systems of systems, and that there are emerging opportunities to introduce digital nervous systems, intelligent responsiveness, and optimization at every level of system integration – from that of individual devices and appliances (a traditional concern of the Media Lab) to that of buildings, and ultimately to that of complete cities and urban regions. Furthermore, through cross-communication among digital nervous systems – for example those of a city’s mobility systems and its energy systems – it becomes possible to coordinate the operation of different systems to achieve significant efficiencies and sustainability benefits. In designing smart products, buildings, and urban systems we simultaneously consider both their synchronic and diachronic aspects. Synchronic views – as shown in maps, CAD models, and data snapshots – reveal the more persistent spatial and functional relationships among elements and subsystems. Diachronic views bring into focus supply and removal chains, fabrication processes, assembly and disassembly, actuation and motion, and the choreography of activities and interactions. This approach radically reframes many traditional design problems, and opens up possibilities for new products, services, and business models*”²

1 Rudolf Giffinger, Christian Fertner, Hans Kramar, Robert Kalasek, Nataša Pichler-Milanovic e Evert Meijers. “Smart cities – Ranking of European medium-sized cities”. <http://www.smart-cities.eu/>. (Vienna: Centre of Regional Science, 2007).

2 William J. Mitchel, *Smart Cities: Vision*, <http://smartcities.media.mit.edu/frameset.html>.

| | |
|--|--|
| SMART ECONOMY (Competitiveness) <ul style="list-style-type: none"> Innovative spirit Entrepreneurship Economic image & trademarks Productivity Flexibility of labour market International embeddedness <i>Ability to transform</i> | SMART PEOPLE (Social and Human Capital) <ul style="list-style-type: none"> Level of qualification Affinity to life long learning Social and ethnic plurality Flexibility Creativity Cosmopolitanism/Open-mindedness Participation in public life |
| SMART GOVERNANCE (Participation) <ul style="list-style-type: none"> Participation in decision-making Public and social services Transparent governance <i>Political strategies & perspectives</i> | SMART MOBILITY (Transport and ICT) <ul style="list-style-type: none"> Local accessibility (Inter-)national accessibility Availability of ICT-infrastructure Sustainable, innovative and safe transport systems |
| SMART ENVIRONMENT (Natural resources) <ul style="list-style-type: none"> Attractivity of natural conditions Pollution Environmental protection Sustainable resource management | SMART LIVING (Quality of life) <ul style="list-style-type: none"> Cultural facilities Health conditions Individual safety Housing quality Education facilities Touristic attractivity Social cohesion |

Fig. 1. Caratteristiche e componenti della *Smart City* secondo www.smart-cities.eu e “*Smart Cities – Ranking of European medium-size cities*”



Fig. 2. Il logo dello “Smart Cities Group.” Immagine tratta da <http://smartcities.media.mit.edu/frameset.html>.

Realtà, o marketing ed utopia del XXI secolo?

Gli esempi del paragrafo precedente possono far comprendere come il concetto di *Smart City* stia assumendo connotazioni sempre più varie. Esse vanno dall'introduzione di "*technological and design innovation*" all'interno della vita della città – come inteso dallo *Smart Cities Group* del MIT – ad una visione quasi evolucionistica secondo la visione di *Smart-Cities.eu*, dove varie componenti "*smart*" si uniscono a dare vita al "Sistema Città" che diviene esso stesso "*smart*". Una visione che rischia però di rimanere incompiuta se le singole componenti non riescono ad interagire tra loro come avviene effettivamente in un organismo reale, in cui ogni elemento singolo gioca un ruolo fondamentale nel funzionamento del sistema generale.

Anche se affascinati da queste suggestioni, mentre ragioniamo su queste teorie e visioni, non dobbiamo però dimenticare che, come lo erano nel passato all'epoca delle città-stato greche, nel periodo delle Repubbliche Marinare ed in molti altri momenti storici, anche nell'epoca moderna le città sono tra loro in competizione. Il campo di battaglia non sono più gli altopiani della penisola Ellenica o i mari del mediterraneo; oggi il confronto si gioca sulla concorrenza mediatica, le battaglie si giocano a colpi di quote di mercato turistico o rendite immobiliari. In questo contesto l'aggettivo "*smart*" è la moderna arma segreta: un potente strumento di marketing, un *brand* che troppo spesso viene usato al solo fine di creare attrattiva.

Anche in questo caso purtroppo – come in molte altre occasioni in cui si auspicava la ricetta perfetta per la città del futuro – a scapito dei propositi che hanno dato vita e mosso il concetto di *Smart City*, si sta assistendo ad un'inversione dei processi e degli obiettivi. Le persone e il cittadino, coloro i quali trasformano un insieme di infrastrutture immobili in una città viva, rischiano di trovarsi ancora una volta gli elementi terminali, i consumatori finali e non i protagonisti del sistema urbano. Il risultato non è una città che si adatta alle persone in modo intelligente, ma sono gli abitanti che si devono adattare ad essa, sempre più oggetto di business concorrenziale dove paradossalmente anche gli aspetti di *smart environment* e *smart living* fanno punteggio.

Stiamo assistendo ancora una volta ad un'utopia della città perfetta dove, col miraggio dell'efficienza e della misura d'uomo, l'uomo stesso scompariva confinato nei ruoli a lui assegnati? Risulta immediato il confronto con alcune utopie urbanistiche del XX secolo, come la *Ville Radieuse*, il modello di città futura nella quale si dovrebbe poter ristabilire il rapporto uomo-natura, oppure con il progetto ipotetico di Frank Lloyd Wright per la *Broadacre City*.

Per evitare questo, a mio avviso, è importante mettere sempre in primo piano le esigenze della città e delle persone, ed utilizzare la tecnologia come mezzo, quando necessaria, e non come scopo. Non bisogna assolutamente invertire questo schema. Quello che deve essere *smart* è il risultato, non il mezzo.

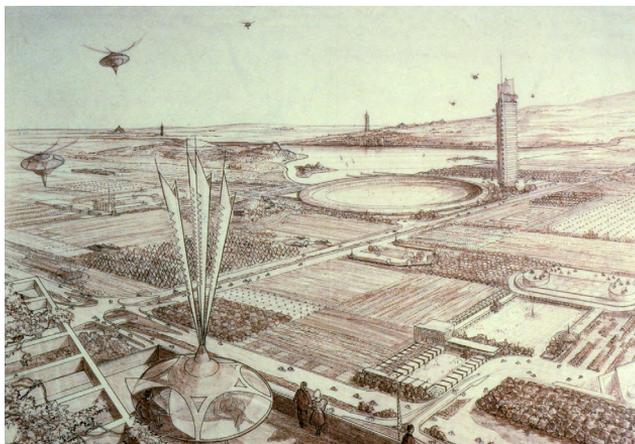


Fig. 3. *Broadacre City, pencil on trace paper. (Images courtesy of The Frank Lloyd Wright Foundation).*

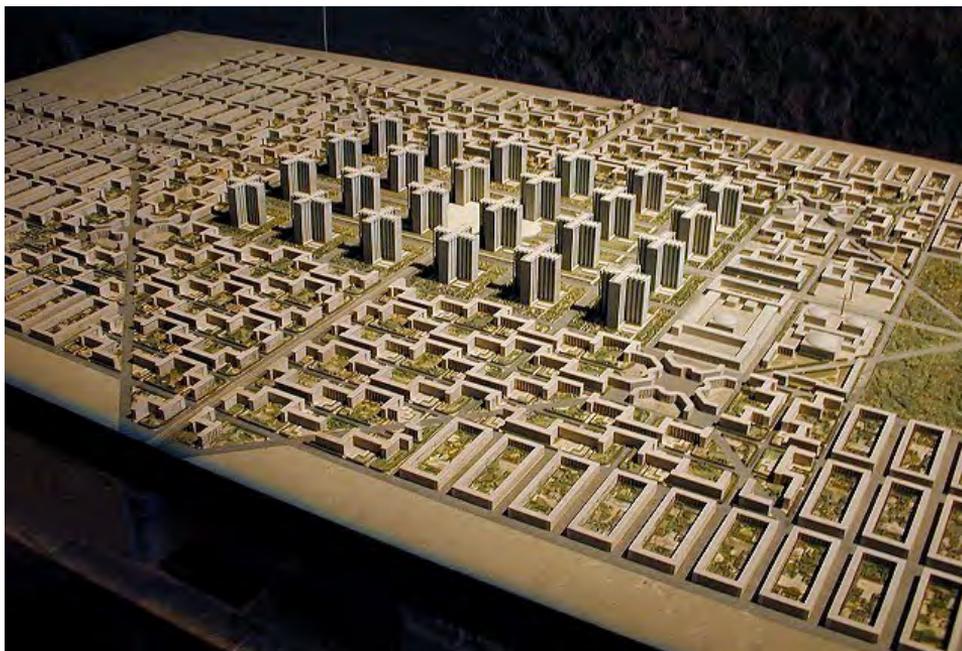


Fig. 4. *Ville Radieuse, Le Corbusier.*
Immagine tratta da <http://www.archdaily.com/411878/>

Smart ad ogni costo?

“Trovo più intelligente quel servizio che ha gli orari sulle paline scritti in un cartoncino plastificato, ma che garantisce l’arrivo del bus entro 10 minuti, piuttosto che il servizio della mia città attrezzato in alcune zone con pannelli elettronici che mi avvisano immancabilmente che il bus arriverà dopo 30 o 40 minuti. Il fatto che ‘informa in tempo reale’ è secondario e in qualche caso irritante.”³ Questo pensiero tratto dall’articolo “Appunti per la città intelligente” del settembre 2012 di Mario Spada, riassume con parole non mie quella che è la visione, critica, che chi scrive ha sviluppato durante l’approfondimento di questo tema. Sempre nello stesso articolo, Spada scrive: “venti anni fa mi trovavo in Mozambico per svolgere un incarico del Ministero degli Esteri che riguardava la rimodulazione di programmi di sviluppo rurale finanziati dalla Cooperazione internazionale. In una regione del nord era stato installato un sistema di irrigazione con una tecnologia obsoleta per i paesi industrializzati ma avanzata per il Mozambico che presto si guastò. Mancavano alcuni pezzi di ricambio e l’unico operaio specializzato che era stato formato per la manutenzione non fu in grado di provvedere. Per evitare che le culture a mais andassero in malora furono adottati in ritardo i metodi tradizionali di irrigazione che i contadini tramandavano da secoli. Un agronomo mi disse che con i soldi spesi per quell’impianto che non funzionava si sarebbero irrigati non 300 ma 3000 ettari con i sistemi tradizionali che naturalmente richiedevano un uso intenso di manodopera. Nelle condizioni in cui il paese stava i metodi tradizionali avrebbero realizzato un bilancio costi/benefici assai più favorevole”.⁴

Il rischio che si corre è proprio questo: voler a tutti i costi introdurre in ogni servizio che la città offre elementi ICT (*Information and Communication Technology*) o sistemi ad alta tecnologia (o alto impatto mediatico?) con l’intento di fare qualcosa di *smart*. Ma *smart* non sempre è sinonimo di alta tecnologia, di informatica, di *Information Technology*. Si possono seguire altre strade per fare una città *smart*.

“Nel nostro paese si vive l’infelice condizione di quelli che stanno a metà del guado, tra una fase di declino del sistema industriale e una fase postindustriale non ancora delineata (Torino è la città che con più urgenza ed efficacia si è posta il problema). Il passaggio alla fase postindustriale richiede una grande visione comune che riunisca architettura e urbanistica, istituzioni, cittadini ed imprese. È necessaria un’operazione di riorganizzazione territoriale integrata, impostata sulla

³ Mario Spada, “Appunti per la città intelligente,” 2012, Forum PA, <http://saperi.forumpa.it/story/69499/appunti-la-citta-intelligente#.UpNzv5H-ZwE>

⁴ Mario Spada, “appunti per la città intelligente,” 2012.

cooperazione tra industria, scuola, università, cultura, investimenti innovativi con l'obiettivo di produrre un elevato valore sociale. Sarà questa la sfida competitiva tra città nel prossimo futuro.”⁵

Ritenendo valide queste ultime considerazioni, e riallacciandosi al paragrafo iniziale, un'ulteriore definizione, questa volta tratta da un articolo di Boyd Cohen, appare più concreta e soprattutto più in linea con le idee e convinzioni che sono anche alla base del lavoro *Energy Web*. Cohen scrive che “*the term ‘smart cities’ is a bit ambiguous. Some people choose a narrow definition—i.e. cities that use information and communication technologies to deliver services to their citizens. I prefer a broader definition: Smart cities use information and communication technologies (ICT) to be more intelligent and efficient in the use of resources, resulting in cost and energy savings, improved service delivery and quality of life, and reduced environmental footprint—all supporting innovation and the low-carbon economy.*”⁶

Smart City ed Energia

L'ultima definizione citata sulla *Smart City*, quella di Boyd Cohen, è decisamente orientata all'efficienza nelle sue varie forme. Se pensiamo che l'efficienza è l'elemento che guida l'evoluzione, è facile concordare con questa visione. Smart indica una “*quick-witted intelligence*”⁷ (abilità di pensare, rispondere o adattarsi in modo veloce ed efficace), peculiarità essenziale per un adattamento alle diverse situazioni dove “solo gli individui più efficienti nel far fronte alle congiunture ambientali sopravviveranno.”⁸

Se, come suggeriscono le diverse teorie di approccio olistico o metabolico al sistema urbano, consideriamo la città un organismo, allora il consumo di energia è una delle caratteristiche che prima di tutte deve evolversi in modo *smart*. Ogni settore funzionante della città deve raggiungere un nuovo equilibrio, si va dalla mobilità pubblica a quella privata, all'illuminazione in tutte le sue varie forme, alla gestione dei rifiuti ed ovviamente alla climatizzazione e funzionamento degli edifici.

Nel concetto di *Smart City*, tutte queste sfide sono accomunate dalla possibilità di essere affrontate in modo funzionale con l'uso attento delle tecnologie IT e

5 Mario Spada, “appunti per la città intelligente,” 2012.

6 Boyd Cohen, “The Top 10 Smart Cities On The Planet,” 2012. <http://www.fastcoexist.com/1679127/the-top-10-smart-cities-on-the-planet>

7 *New Oxford American Dictionary*, s.v. “smart”.

8 Luciana Migliore, “Evoluzione”, in *Enciclopedia Italiana - V Appendice* (1992). Edizioni Treccani.

tramite “*cross-communication among digital nervous systems*” in modo che le varie azioni che sulla città si vengono ad attuare possano lavorare non autonomamente ma in sinergia tra loro. Molto spesso infatti si assistono ad iniziative pregevoli, come la sostituzione delle lampadine dell’illuminazione pubblica con luci a led e conseguente notevole risparmio energetico, pubblicizzate come evento *smart city*. Si tratta in realtà solo di un’iniziativa di buon senso. L’inserimento di questa iniziativa in un piano più vasto diverrebbe un’iniziativa *smart*. Ad esempio trasformando quegli stessi lampioni già dotati di lampade a led anche in punti per il monitoraggio ambientale e del traffico e, allo stesso tempo, in nodi di una rete dati basata sul *power line communication* (PLC) in grado di raccogliere sia le informazioni che essi stessi producono ma anche quelle sui consumi dei diversi isolati; questo porterebbe alla creazione di un sistema nervoso urbano a supporto di molte attività della città, un sistema *smart* a supporto delle politiche di risparmio energetico.

Conclusioni: una visione di *Smart City*

La ricerca sull’essenza di una *Smart City*, su come dovesse funzionare, è continuata consultando innumerevoli fonti, ma via via che il tempo passava, le informazioni divenivano sempre più numerose e allo stesso tempo confuse. A questo stadio della ricerca, alla luce delle varie versioni e definizioni di *Smart City* sono stati selezionati i concetti realmente importanti ed innovativi sintetizzandoli in una visione di *smart city* compatibile con la visione personale della città. In realtà, l’idea è di evitare di allungare la lista ed evitare un’altra inutile definizione. Ci si limita quindi ad inquadrare uno scenario a cui i progetti per la *città intelligente* dovrebbero tendere: un contesto di città che riconcili urbanistica ed architettura, impresa e cultura, cittadini ed istituzioni, spazio pubblico e spazio privato, alimentato da programmi *bottom-up* di *retrofitting urbano* connessi con sistemi di networking e partnership tra i vari attori che compongono il sistema città.

Il lavoro che si descrive in questo testo non è un progetto di *Smart City*, ma da quel mondo comunque innovativo di vedere la vita della città, colgo alcuni spunti che ritroveremo poi in *Energy Web*. Si tratta dei paradigmi del *bottom-up*, dove l’informazione non è solo fruita dalle persone ma anche generata da esse, e del *networking*, ossia la continua interazione tra le persone e tra le persone e le informazioni, ma anche il *cross-communication* in modo far interagire tra loro concetti

9 William J. Mitchel, “Smart Cities: Vision”.

e informazioni appartenenti a settori disciplinari differenti. Ma l'aspetto più importante a cui si farà sempre riferimento è appunto l'idea che *smart* devono essere soprattutto i risultati, e non i mezzi, che *smart* devono essere le persone e le loro azioni, i comportamenti, aiutati questo sì dalle nuove tecnologie a cui possiamo accedere a basso costo.



4. Le politiche comunitarie e nazionali sull'energia

Direttive, norme e strumenti legislativi a sostegno delle politiche energetiche

Accanto agli scenari culturali e a volte visionari visti nel capitolo precedente, il progetto *Energy Web* ha tratto e trae nutrimento, forse inaspettatamente, anche da un insieme di strumenti legislativi e visioni politiche illuminate. Un insieme di regole e dettami, ma anche suggestioni, con cui qualsiasi sviluppo di *Energy Web* dovrà confrontarsi e “convivere”.

Nei paragrafi seguenti è sintetizzato il lavoro di analisi dell'insieme dei riferimenti normativi sul tema energia e città in tre paradigmi fondamentali, *ristrutturazione, misurazione e informazione*, ritrovati in modo più o meno esplicito nei vari riferimenti studiati. Successivamente questi termini sono diventati dei filtri per estrarre gli spunti utili allo sviluppo di *Energy Web* ma anche singoli obiettivi da raggiungere.

La Direttiva 2012/27/UE

Una “direttiva,” nell’ambito del diritto dell’Unione europea, è uno degli atti che il Parlamento europeo, congiuntamente con il Consiglio dell’Unione europea, può adottare per l’assolvimento dei compiti previsti dai trattati, finalizzato ad ottenere un’omogeneizzazione delle normative degli stati membri. “La direttiva vincola lo Stato membro cui è rivolta per quanto riguarda il risultato da raggiungere, salva restando la competenza degli organi nazionali in merito alla forma e ai mezzi.”¹

Nel 2012, l’Unione Europea ha visto la necessità di promuovere un’armonizzazione delle normative e delle iniziative dei vari stati membri sul tema dell’efficienza energetica con la direttiva 2012/27. Il testo, visto con gli occhi del documento legislativo, evidenzia una serie di indirizzi da seguire nello sviluppo delle normative nazionali, ma se letto con una visione un po’ più ampia può essere visto come una panoramica sulle future sfide che i diversi attori del binomio energia e città saranno costretti ad affrontare. Una lista di esigenze e strumenti da mettere a disposizione di amministratori, tecnici, progettisti, pianificatori.

Il modo migliore per esporre questo importante scenario di riferimento è quello di raccontarlo usando le sue stesse parole, riportando dei brevi estratti del testo originale a volte introducendoli o interponendovi qualche osservazione personale.

Innanzitutto l’obiettivo. La direttiva “stabilisce un quadro comune di misure per la promozione dell’efficienza energetica nell’Unione al fine di garantire il conseguimento dell’obiettivo principale dell’Unione relativo all’efficienza energetica del 20% entro il 2020 e di gettare le basi per ulteriori miglioramenti dell’efficienza energetica al di là di tale data.”²

Per raggiungere questo obiettivo, “tenuto conto che le conclusioni del Consiglio del 10 giugno 2011 sul piano di efficienza energetica 2011 hanno sottolineato che gli immobili rappresentano il 40% del consumo finale di energia dell’Unione” si giunge alla conclusione che “gli Stati membri dovrebbero mettere a punto una strategia a lungo termine al di là del 2020 per mobilitare gli investimenti nella ristrutturazione di edifici residenziali e commerciali al fine di migliorare la prestazione energetica del parco immobiliare.”³

La direttiva assegna quindi un ruolo rilevante alla ristrutturazione degli immo-

1 Art. 288 del TFUE (Trattato sul funzionamento dell’Unione europea), 3° comma.

2 “Direttiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 ottobre 2010,” (Gazzetta Ufficiale dell’Unione Europea), (315/10).

3 “Direttiva 2012/27/UE,” (315/3).

bili che deve trovare spazio nelle legislazioni nazionali affermando che “gli Stati membri stabiliscono una strategia a lungo termine per mobilitare investimenti nella ristrutturazione del parco nazionale di edifici residenziali e commerciali, sia pubblici che privati. Tale strategia comprende:

- a) una rassegna del parco immobiliare nazionale fondata, se del caso, su campionamenti statistici;
- b) l’individuazione di approcci alle ristrutturazioni efficaci in termini di costi, pertinenti al tipo di edificio e alla zona climatica;
- c) politiche e misure volte a stimolare ristrutturazioni degli edifici profonde ed efficaci in termini di costi, comprese profonde ristrutturazioni per fasi;
- d) una prospettiva rivolta al futuro per guidare le decisioni di investimento dei singoli individui, del settore dell’edilizia e delle istituzioni finanziarie;
- e) una stima fondata su prove del risparmio energetico atteso, nonché dei benefici in senso lato.”⁴

La ristrutturazione gioca quindi un ruolo fondamentale nella strategia europea. Si tratta di una scelta saggia sulla quale si ritornerà nei paragrafi successivi. Ma un secondo pilastro fondamentale della direttiva fa riferimento alla consapevolezza dei consumi. Si consiglia infatti che “gli Stati membri provvedono affinché, nella misura in cui ciò sia tecnicamente possibile, finanziariamente ragionevole e proporzionato rispetto ai risparmi energetici potenziali, i clienti finali di energia elettrica, gas naturale, tele-riscaldamento, tele-raffreddamento e acqua calda per uso domestico, ricevano a prezzi concorrenziali contatori individuali che riflettano con precisione il loro consumo effettivo e forniscano informazioni sul tempo effettivo d’uso.”⁵

Il terzo pilastro riguarda la trasparenza, l’informazione e la formazione stabilendo che “gli Stati membri provvedono affinché le informazioni in merito ai meccanismi di efficienza energetica e ai quadri finanziari e giuridici disponibili siano trasparenti e divulgate largamente a tutti i pertinenti attori del mercato, quali consumatori, costruttori, architetti, ingegneri, auditor ambientali e dell’energia e installatori di elementi edilizi quali definiti alla direttiva 2010/31/UE.”⁶

Riassumendo, la direttiva è incentrata sull’efficienza energetica degli edifici sia pubblici che privati, sulle prestazioni energetiche dei nuovi edifici, sulle metodo-

⁴ “Direttiva 2012/27/UE,” (315/13).

⁵ “Direttiva 2012/27/UE,” (315/18).

⁶ “Direttiva 2012/27/UE,” (315/23).

logie e tecnologie di riscaldamento e raffrescamento, sulle normative e sulle politiche fiscali. Per concludere, ad una lettura che esula dai singoli provvedimenti, emergono quelli che, alla luce del presente lavoro, sono i tre pilastri fondamentali di questa direttiva:

- la ristrutturazione e l'audit energetico del patrimonio edilizio esistente;
- la misurazione in tempo reale dei consumi energetici;
- l'informazione e la formazione dei cittadini.

Il piano Energetico Comunale

Il "Piano Energetico Comunale" (PEC), è uno strumento urbanistico previsto dalla legge 10/91 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia," che nell'articolo 5 prescrive, per i Comuni con popolazione superiore ai cinquantamila abitanti, l'adozione di uno specifico piano relativo all'uso delle fonti rinnovabili e del risparmio energetico.

Lo stesso articolo prevede anche che le regioni e le province autonome predispongano dei Piani Energetici Regionali (o Provinciali) relativi all'uso di fonti rinnovabili di energia. La legge da in questo caso (cosa che non fa per la PEC) da delle indicazioni sui contenuti di tali piani:

- a) il bilancio energetico regionale o provinciale;
- b) l'individuazione dei bacini energetici territoriali;
- c) la localizzazione e la realizzazione degli impianti di teleriscaldamento;
- d) l'individuazione delle risorse finanziarie da destinare alla realizzazione di nuovi impianti di produzione di energia;
- e) la destinazione delle risorse finanziarie, secondo un ordine di priorità relativo alla quantità percentuale e assoluta di energia risparmiata, per gli interventi, di risparmio energetico;
- f) la formulazione di obiettivi secondo priorità di intervento;
- g) le procedure per l'individuazione e la localizzazione di impianti per la produzione di energia fino a dieci megawatt elettrici per impianti installati al servizio dei settori industriale, agricolo, terziario, civile e residenziale, nonché per gli impianti idroelettrici.⁷

La legge, in merito alla definizione dei contenuti del piano, non fa altrettanto

⁷ Sara Verones e Bruno Zanon, *Energia e pianificazione urbanistica. Verso un'integrazione delle politiche urbane*, Franco Angeli, collana Università-Economia, 2013.

per quanto riguarda i Piani Energetici Comunali. Si è quindi venuto a delineare un modus operandi sulla base di esperienze fatte e sulla scia di linee guida dell'ENEA. “A partire da obiettivi di razionalizzazione del consumo energetico e di diversificazione e sostituzione delle fonti energetiche tradizionali con quelle rinnovabili, il PEC dedica una sezione conoscitiva alla quantificazione dei flussi energetici in termini di domanda e offerta (il cosiddetto Bilancio Energetico Comunale). Si richiede pertanto il calcolo di indicatori di consumo (es.: pro capite, in totale e per fonte), indicatori settoriali (consumo per unità spaziali, per numero di dipendenti, in relazione al valore aggiunto prodotto ecc.), indicatori di performance, come le tecnologie energetiche utilizzate, i sistemi di qualificazione ed economico-finanziari. Su questa base è redatto un piano d'azione nel quale sono definiti gli specifici strumenti d'intervento.”⁸

Risulta evidente come il PEC sia uno strumento già superato se paragonato alle nuove indicazioni ed aspettative della direttiva europea. Resta però – per fortuna o purtroppo – una normativa tuttora in vigore, ed allora conviene coglierne gli aspetti positivi. Il più importante input che ne deriva è di basare ogni scelta strategica su approfonditi bilanci energetici comunali (il paradigma *misurazione*) corredati dal calcolo di “indicatori di consumo” (il paradigma *informazione*). Un elemento quest'ultimo dell'*indicatore* su cui si tornerà nei prossimi capitoli e che avrà un ruolo fondamentale per la definizione degli output di progetto.

I Piani di Azione per l'Energia Sostenibile (PAES)

Il contesto dei PAES: il Patto dei Sindaci

Dopo l'adozione del Pacchetto europeo su clima ed energia nel 2008, la Commissione europea ha lanciato il Patto dei Sindaci per avallare e sostenere gli sforzi compiuti dagli enti locali nell'attuazione delle politiche nel campo dell'energia sostenibile. I governi locali, infatti, svolgono un ruolo decisivo nella mitigazione degli effetti conseguenti al cambiamento climatico, soprattutto se si considera che l'80% dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂ è associato alle attività urbane.

Per le sue singolari caratteristiche – essendo l'unico movimento di questo genere a mobilitare gli attori locali e regionali ai fini del perseguimento degli obiettivi

⁸ Verones e Zanon, *Energia e pianificazione urbanistica*.

europei – il Patto dei Sindaci è considerato dalle istituzioni europee come un eccezionale modello di *governance multilivello*.

Al fine di tradurre il loro impegno politico in misure e progetti concreti, i firmatari del Patto si impegnano a preparare un inventario di base delle emissioni e a presentare, entro l'anno successivo alla firma, un Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile in cui sono delineate le azioni principali che essi intendono avviare.

Al di là del risparmio energetico, i risultati delle azioni dei firmatari sono molteplici: la creazione di posti di lavoro stabili e qualificati non subordinati alla delocalizzazione; un ambiente e una qualità della vita più sani; un'accresciuta competitività economica e una maggiore indipendenza energetica. Queste azioni vogliono essere esemplari per gli altri, in modo particolare con riferimento agli "Esempi di eccellenza", una banca dati di buone prassi creata dai firmatari del Patto. Il Catalogo dei Piani d'azione per l'energia sostenibile è un'altra eccezionale fonte d'ispirazione, in quanto mostra a colpo d'occhio gli ambiziosi obiettivi fissati dagli altri firmatari e le misure chiave che questi hanno identificato per il loro raggiungimento.

La struttura del PAES⁹

L'impegno formale di ridurre le proprie emissioni di CO₂ oltre l'obiettivo del 20% deve essere perseguito attuando dei Piani di Azione per l'Energia Sostenibile (PAES). Il PAES è quindi lo strumento essenziale per raggiungere tale obiettivo. Per questo motivo, il Centro Comune di Ricerca (*Joint Research Centre, JRC*) – Istituto per l'Energia (IE) e Istituto per l'Ambiente e la Sostenibilità (*Institute for Environment and Sustainability, IES*) – della Commissione europea ha ricevuto mandato di fornire supporto tecnico e scientifico al Patto dei Sindaci. Il *JRC*, in collaborazione con la Direzione Generale dell'Energia (DG Energia) della Commissione, l'Ufficio del Patto dei Sindaci e con il supporto e il contributo di numerosi esperti di comuni, di autorità regionali, di altre agenzie o società private ha quindi elaborato delle linee guida per la redazione dei PAES. L'obiettivo delle linee guida è quello di aiutare i firmatari a rispettare gli impegni presi aderendo al Patto dei Sindaci e, in particolare, a preparare, entro un anno dall'adesione ufficiale, i seguenti documenti:

- un Inventario di Base delle Emissioni (IBE);

⁹ Il paragrafo è tratto da: Paolo Bertoldi, Damian Bornás Cayuela, Suvi Monni e Ronald Piers de Raveschoot. "Linee guida 'come sviluppare un piano di azione per l'energia sostenibile - paes'". JRC. 2010.

- un Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile (PAES).

L'IBE fornisce indicazioni sulle fonti di CO₂ presenti sul territorio comunale. Si tratta quindi di un prerequisito per l'elaborazione del PAES, in quanto permette di individuare gli interventi più appropriati. Gli inventari effettuati negli anni successivi permetteranno di valutare il livello di riduzione di CO₂ e, se necessario, di prendere ulteriori provvedimenti. I firmatari del Patto possono seguire la struttura del modulo PAES per elaborare i Piani di Azione per l'Energia Sostenibile.

I contenuti suggeriti comprendono molti documenti specifici la cui lista risulterebbe superfluo elencarla, ma è sufficiente ricordarne alcuni che riprendono e confermano i tre paradigmi descritti nell'introduzione di questo capitolo:

- coinvolgimento dei cittadini e degli stakeholder;
- misure di monitoraggio e verifica previste.
- inventario di Base delle Emissioni e informazioni correlate, inclusa l'interpretazione dei dati

Anche in questo caso, quello che emerge, è la necessità di disporre di strumenti e metodologie in grado di *misurare* le emissioni e i consumi e di strategie per *informare* i cittadini.

Conclusioni: gli intenti degli strumenti legislativi

Come già anticipato nell'introduzione al capitolo, dal lavoro di analisi del panorama normativo sul rapporto *energia e città* emerge una volontà generale, ma soprattutto la necessità di promuovere, all'interno delle nostre città, iniziative, azioni e politiche di risparmio energetico per mezzo di azioni di *ristrutturazione* del patrimonio edilizio esistente, supportate da *misurazioni* dei consumi e delle emissioni urbane il tutto all'interno di un processo di *informazione* verso i cittadini ma anche verso le figure di governance.

Si tratta di tre indirizzi che si integrano perfettamente il progetto *Energy Web* e ne rappresentano, come vedremo in seguito, elementi fondamentali della sua struttura. La conclusione ovvia è che questa affinità rappresenta un notevole punto a favore del progetto garantendone forti possibilità di impiego reale sul territorio e sostenendo anche la sua validità concettuale. Per questo motivo, lo sviluppo dell'idea *Energy Web* dovrà tener conto di questi aspetti normativi sia a livello nazionale che comunitario.



M. Condotta. Strada di Sofia.

5. Il contesto urbano

La città come sistema di sistemi: il contesto fisico, sociale, culturale di *Energy Web*

Molte delle teorie semiotiche concordano sul fatto che un *segno* può essere interpretato (compreso) e quindi trasformato in *significato* solo se l'interprete (colui che sta leggendo il segno) condivide con l'oggetto lo stesso contesto culturale. Capire e comprendere il contesto in cui si opera è quindi un principio basilare, perfino per la innata abilità della lingua. Per sviluppare *Energy Web* è quindi necessario comprendere oltre all'ambiente fisico in cui andrà applicato (le città), il contesto delle tendenze scientifiche sui problemi energetici urbani e l'insieme delle componenti sociali che influiscono sul rapporto energia e città.

Il contesto fisico delle nostre città

Tra il 1980 e il 1990, la città di Friburgo, in Germania sud orientale, iniziava a soffrire di problemi energetici; la mancanza di energia elettrica spinse il governo federale a promuovere la costruzione di una centrale nucleare. Fu in questo momento che gli abitanti della città, *brainy people*¹ – come li chiama Wulf Daseking dell'ufficio di pianificazione di Friburgo – sostenuti dall'Università locale, si opposero a questa nuova centrale non limitandosi alla sola protesta, ma proponendo invece una soluzione, una via diversa: risparmiare energia. Nacque in questo l'esperienza di Friburgo e del quartiere Vauban (fig. 1, 2). Si tratta di un nuovo quartiere sorto al posto di un ex zona militare e sviluppato interamente con criteri di risparmio energetico. È in questo quartiere che nasce in Europa il primo gruppo di edifici completamente autosufficienti dal punto di vista energetico grazie all'energia prodotta dai pannelli solari collegati tra loro mediante una *mini-grid*. Il surplus energetico generato è poi convogliato nella rete cittadina della città vecchia.

Se tutte le città fossero come il caso descritto, non ci sarebbe bisogno della nuova direttiva europea 2012/27/UE che promuove il recupero energetico degli edifici esistenti e non ci sarebbe la necessità di sviluppare sistemi sofisticati per analizzare i consumi urbani degli edifici per la semplice ragione che i consumi sarebbero quasi inesistenti. Le città italiane ed europee non sono però insediamenti abitativi ex-novo, ma bensì il risultato prezioso della storia di un popolo, di una civiltà (fig. 3 e 4). Una delle critiche che viene infatti mossa alla “nuova Friburgo”, da parte degli stessi abitanti, è la “carenza di carattere e fascino, o più specificamente, per essere brutta.”² Le città reali, quelle in cui viviamo ogni giorno, sia le parti storiche che gli inserimenti recenti, ma anche le espansioni dell'ultimo secolo, con i loro pregi e i loro difetti, fanno parte del patrimonio culturale e rappresentano il contesto delle nostre vite. Appunto per questo sono spazi vivi. Le esperienze di nuovi quartieri ad impatto energetico quasi nullo come l'esempio di Vauban, sono, secondo il parere di chi scrive, esperienze interessanti, ma non possono essere considerati una possibile soluzione su larga scala. Considerando anche il fatto che il consumo di suolo è uno dei grossi problemi dell'Europa e soprattutto dell'Italia, risulta impensabile costruire nuovi quartieri sull'esempio di Friburgo.

1 Andrew Purvis. “Is this the greenest city in the world?” *The Guardian*, Sunday 23 March 2008. <http://www.theguardian.com/environment/2008/mar/23/freiburg.germany.greenest.city>.

2 Alex Denham, “How Freiburg Ended up with Utopian ‘Green’ Districts+More,” 2012, <http://www.planningobserver.com/index.php/how-freiburg-ended-up-with-utopian-green-districts-more/>



Fig. 1. “Case solari” a Vauban ecoquartiere in Friburgo, Germania. Yann Arthus Bertrand. *Solar houses in the Vauban ecoquarter in Freiburg im Breisgau, Germany.* © Yann Arthus Bertrand.



Fig. 2. Yann Arthus Bertrand. *Sustainable model district of Vauban, Freiburg im Breisgau, Bade-Wurtemberg, Germany.* © Yann Arthus Bertrand.



Fig. 3. Yann Arthus Bertrand. *Grande Arche de La Défense and Paris at the background (Arc de Triomphe), France.* © Yann Arthus Bertrand.



Fig. 4. Yann Arthus Bertrand. *Scheggino, province of Perugia, Umbria, Italy.* © Yann Arthus Bertrand.

La via da percorrere è di lavorare su quello che già esiste. Città con un cuore storico ed un tessuto urbano cresciuto in epoche successive ed in “periodi energetici” altrettanto diversi. L'idea di *Energy Web* è stata pensata per questi contesti, dove non si inizia dalla tabula rasa, ma da un contesto vivo, dinamico e molto complesso dove la componente edile ed infrastrutturale rappresenta solo una parte modesta dell'intero habitat.

La componente sociale

Le nostre città non sono quindi solo edifici, strade e piazze, ma sono anche e soprattutto storia e persone. Come nel considerare una casa nel suo insieme non la possiamo intendere solo come *house* (o casa), ma va compresa nella sua funzione di *home* (o dimora), anche la città va considerata congiuntamente alla componente sociale e all'uso che tale componente ne fa, sino a considerarla quasi un organismo funzionante/vivente. “Capire come il metabolismo urbano funziona ci aiuta ad analizzare le modalità con cui le società – soprattutto quelle localizzate nelle aree urbane – usa le risorse, l'energia e il suolo, tutti elementi del sistema ambiente.”³

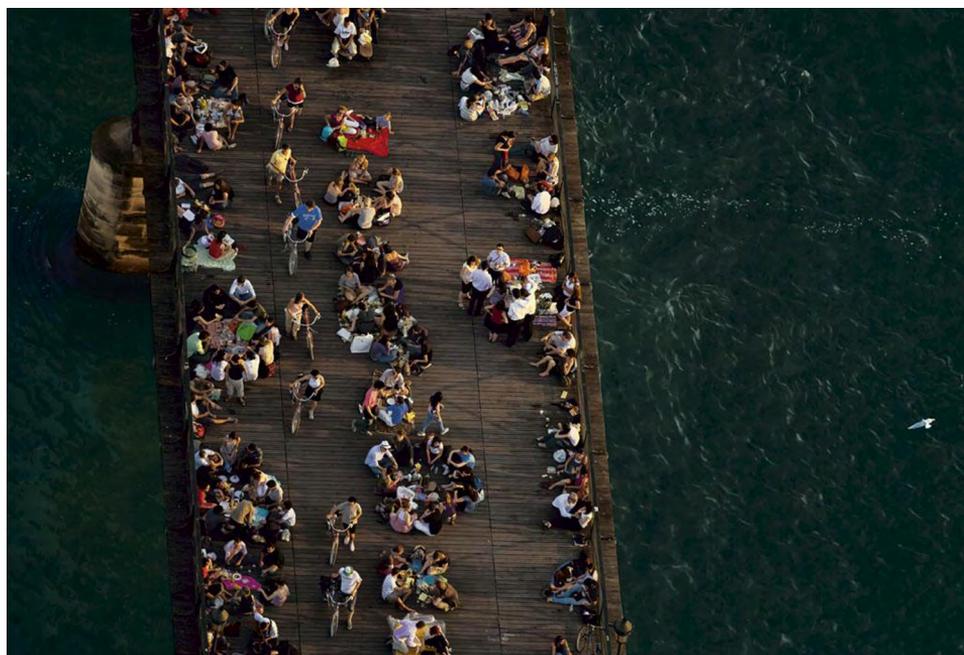


Fig. 5. Yann Arthus Bertrand. *Pont des Arts, Paris, France*. © Yann Arthus Bertrand.

³ Tratto dagli output di “BRIDGE - project funded by the European Commission within the 7th Framework Programme of the European Union, 2008”.

Alla luce di queste considerazioni l'attenzione va posta verso i nuovi modi di considerare il rapporto tra gli elementi in gioco: da un lato le risorse, gli utilizzi e gli utenti, dall'altro l'ambiente, urbano e naturale. Ci sono due ragioni per fare questo.

La prima. Si è fatta strada un'insoddisfazione diffusa per un approccio al problema energia basato sulla sola misura delle quantità in entrata e in uscita dei processi di utilizzo e produzione di energia. “Le considerazioni meccanicistiche su come ottimizzare il rapporto tra le risorse energetiche in input e gli output attesi non bastano più. Entrano in discussione argomenti quali la consapevolezza delle condizioni ambientali, i comportamenti, la soddisfazione per l'ambiente in cui si vive, eccetera. Si fanno strada, cioè, elementi soggettivi, che narrano la relazione tra i soggetti coinvolti nel processo, i loro comportamenti, le loro conoscenze e percezioni nei riguardi dell'utilizzo di fonti energetiche e dei risultati in termini di benessere e qualità ambientale.”⁴

La seconda. Una cittadinanza sempre più istruita e – grazie alla pervasività di Internet – sempre più connessa, ha dimostrato in varie occasioni di disporre di preziosa conoscenza esperta. Questi fenomeni trovano una spiegazione teorica nella teoria dei sistemi, in particolare nell'interpretazione che ne danno i teorici della complessità. L'intuizione di base è che un gran numero di agenti che interagiscono tra di loro danno luogo a fenomeni emergenti che si muovono su una scala superiore a quella degli agenti stessi. Lévy ha coniato l'espressione *intelligenza collettiva*⁵ per descrivere questa capacità di gruppi di umani connessi in rete di condurre analisi complesse, condividerle e comportarsi di conseguenza. Se le reti energetiche vengono discusse e progettate in gruppi di dimensione sub-critica, l'intelligenza collettiva rischia di rimanere inutilizzata.

Questi due ordini di considerazioni consigliano quindi un approccio al problema metabolico e aperto.

Le ragioni sono abbastanza condivise, anche se non sempre messe in pratica. La comunità scientifica già da tempo sostiene che “non si possono escludere dal computo le conoscenze e le valutazioni personali degli attori coinvolti e la loro interazione nel determinare i comportamenti concreti.”^{6,7} Vi è quindi l'esigenza di

4 Rina Camporese, “La componente ‘famiglie’ nel consumo energetico urbano,” A cura di Massimiliano Condotta, *Conoscenza condivisa e collaborativa della città e dello stato energetico a scala urbana*, (Venezia: Giornale Università Iuav di Venezia) no. 129, (2013):13.

5 Pierre Lévy, *L'intelligence collective. Pour une anthropologie du cyberspace*, Paris, La Découverte, 1994.

6 Campbell, Angus, Philip E. Converse and William R. Rogers. *The quality of American life: perceptions, evaluations and satisfactions*. Russel Sage Foundation, 1976.

7 Robert W. Marans, Robert J. Stimson, ed. *Investigating Quality of Urban Life*. Springer, 2011.



Fig. 6. Yann Arthus Bertrand. *Working-class area of Belfast, County Antrim, Northern Ireland (Ulster), United Kingdom.* © Yann Arthus Bertrand.

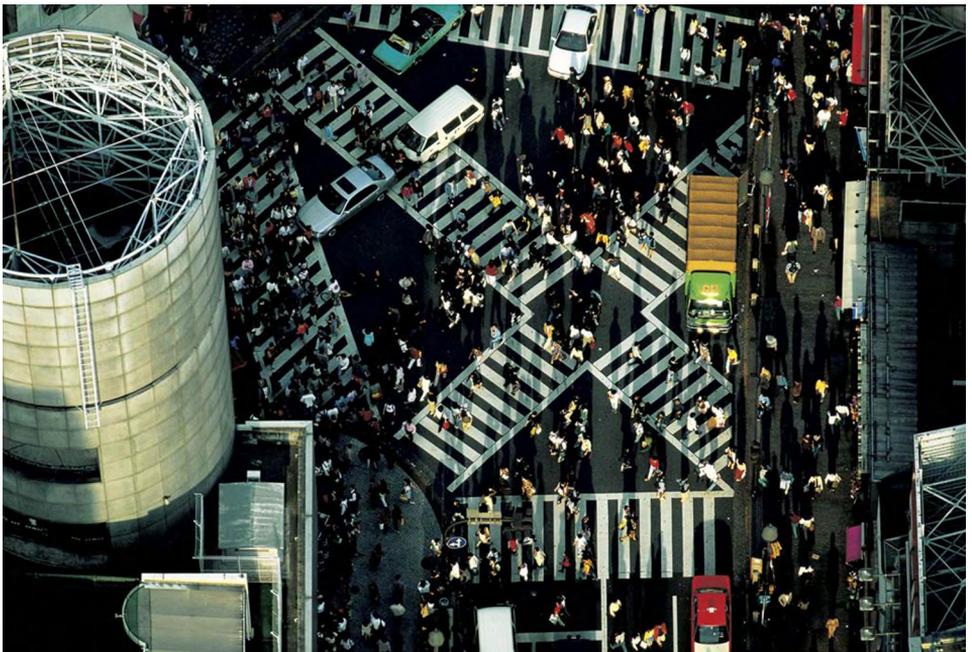


Fig. 7. Yann Arthus Bertrand. *Pedestrians on the streets of Tokyo, Honshu, Japan.* © Yann Arthus Bertrand.

considerare come parte del contesto applicativo non solo le condizioni fisiche ed ambientali ma anche i comportamenti di tutti gli attori coinvolti.

L'ambiente urbano, la città, non vanno visti come un'entità chiusa, ma come un sistema integrato di componenti fisiche – naturali ed antropiche – piani, programmi e strategie politiche, stati di fatto e comportamenti dei vari attori (cittadini, imprese, enti di governo, associazioni). La città, quindi, viene considerata come un Sistema di Sistemi: demografico, naturale, abitativo, economico, di trasporti, servizi, cultura, sicurezza. In quest'ottica, sia i comportamenti degli individui, sia le scelte delle amministrazioni e delle imprese sono rilevanti nel determinare lo stato dell'ambiente. Di conseguenza, per comprendere appieno i fenomeni ambientali e improntare delle strategie di miglioramento è importante studiarli integrando i punti di vista dei vari "portatori di interesse".

Le ragioni di un approccio aperto sono improntate all'idea di sfruttare al meglio i fenomeni di intelligenza collettiva. Si noti che questo comporta un cambio di prospettiva rispetto alla partecipazione dei cittadini intesa in senso tradizionale. Non si tratta più di mappare le preferenze e i comportamenti di cittadini e imprese, in modo che gli esperti possano tenerne conto per elaborare soluzioni; si tratta, invece, di utilizzare cittadini e imprese come progettisti, portatori di competenze di analisi e non solo di dati. "Un movimento globale è nato negli anni Duemila per stimolare processi di intelligenza collettiva e integrarli nelle decisioni pubbliche: si tratta del movimento per il governo aperto (*open government*), visto da molti autori come un completamento naturale della democrazia rappresentativa."⁸

"Se queste sono le esigenze, il contesto sociale è pronto ad affrontare questa sfida? Come in ogni discussione complessa, vi sono sia elementi sia a favore di un approccio decisamente olistico e aperto che elementi contrari ad esso.

Nella discussione pubblica si sostiene spesso che il modello aperto sarebbe eccessivamente idealistico, perché si basa su una sopravvalutazione dell'impegno e del livello intellettuale del cittadino comune. Chi sostiene questa tesi semplicemente non riesce a credere che l'uomo medio, che normalmente mantiene l'attenzione sulla propria vita privata, lo sport e l'intrattenimento di evasione, abbia tempo e capacità da dedicare a problemi complessi e fortemente tecnici come la progettazione di politiche energetiche. I fautori dell'intelligenza collettiva respingono questa critica, perché – sostengono – si basa su un fraintendimento della teoria dei sistemi che ne sta alla base. Un sistema intelligente, argomentano, non è un sistema le cui componenti sono intelligenti, ma uno in cui le componenti sono

8 Alberto Cottica, *Wikicrazia. L'azione di governo al tempo della rete* (Palermo: Navarra Editore, 2010).

commesse tra loro in modo intelligente. A riprova della loro tesi, citano i fenomeni più studiati di intelligenza collettiva, in cui emerge che la maggior parte del lavoro viene svolto da una minoranza attiva e informata. L'apertura del sistema non serve a ripartire il lavoro in modo uniforme, ma a non escludere nessuno; evitare duplicazioni; e permettere alle persone più capaci e autorevoli di auto selezionarsi per fare il lavoro che sono brave a fare.”⁹

Altri hanno sostenuto che il modello aperto comporta una perdita di privacy. L'utilizzo di dati molto dettagliati sui comportamenti e le tecnologie di visualizzazione di tali informazioni, possono infatti generare preoccupazione riguardo alla potenziale violazione della sfera personale e della riservatezza. Vi sono tutte le ragioni per tenere alta l'attenzione su questi aspetti, ma i sostenitori del modello aperto affermano vi sono anche argomenti che ne mitigano l'importanza. Essi sono sostanzialmente tre.

- L'ultimo decennio ha visto la crescente affermazione di una tendenza a condividere liberamente la conoscenza. Alcuni contenuti sono condivisi in rete proprio per essere fruiti da tutti, con l'intenzione esplicita di costituire ed alimentare *commons* digitali. Questo accade in moltissimi ambiti: *Wikipedia* (enciclopedia), *OpenStreetMap* (geodati e mappe), *StackOverflow* (soluzioni a problemi di programmazione e sviluppo software), *MathOverflow* (prove matematiche di teoremi). Questa tendenza si è venuta strutturando in un movimento vero e proprio, con strumenti giuridici (licenze aperte come *Creative Commons*), scientifici (“come la costellazione di riviste accademiche basate su *open access*, i cui contenuti sono disponibili gratuitamente e liberamente riutilizzabili semplicemente citando la fonte”¹⁰), perfino politici (la costellazione di organizzazioni non profit come la *Electronic Frontier Foundation* statunitense e, più recentemente, l'insorgere di partiti politici *single-issue* preoccupati di garantire la condivisione libera e sicura in rete, come i Partiti Pirata svedese, tedesco e islandese). È chiaro che per questi contenuti non si pone nessun problema di privacy.
- Sta emergendo una nuova concezione della riservatezza riguardo alle informazioni che ci riguardano personalmente. Vengono pubblicati su web contenuti destinati a essere condivisi con qualcuno in particolare (ad esempio,

⁹ Clay Shirky, *Here Comes Everybody: How Change Happens when People Come Together*, New York, Penguin, 2009.

¹⁰ Hilda Bastian, “Open access 2013: A year of gaining momentum,” *Scientific American Blogs*, 26 dicembre 2013, <http://blogs.scientificamerican.com/absolutely-maybe/2013/12/26/open-access-2013-a-year-of-gaining-momentum>.

Twitter, fotografie, notizie e link per amici, parenti e colleghi), ma si è aperti al fatto che gli stessi contenuti siano disponibili per tutti, in modo più o meno consapevole. Le generazioni più giovani, sostengono alcuni, sono più aperte alla condivisione delle informazioni personali allo scopo di accumulare informazioni utili alla collettività.

- La privacy è tecnologicamente e politicamente insostenibile. Lo scandalo PRISM-NSA del 2013 ha portato alcuni commentatori a concludere che discutere di privacy oggi è tempo sprecato.¹¹ Visto che gli apparati di sicurezza ci osservano comunque, tanto vale riutilizzare le nostre interazioni anche per fini terzi, come appunto la progettazione di migliori politiche energetiche.

La seconda e la terza argomentazione sono controverse e molto lontane dall'essere risolte anche in teoria, e risolverle solo in teoria non sarebbe sufficiente. In pratica, ci troviamo oggi a progettare politiche energetiche nell'ambito di quadri normativi che non si sono ancora adattati a queste evoluzioni.¹² La prima, invece, non dà luogo a particolari problemi e rende immediatamente praticabili esperimenti di intelligenza collettiva su piattaforme dedicate, il cui fine sia esplicitamente quello di condividere conoscenza sull'energia. Essa è anche compatibile con la spinta che l'Agenda Digitale Europea e il suo recepimento da parte del governo italiano intendono apportare all'interno delle pubbliche amministrazioni ma anche verso la componente sociale. I pilastri di questa "rivoluzione" sono la diffusione di "servizi innovativi per i cittadini" e il concetto di "dati e informazioni in formato aperto e accessibile."

Verso il modello Rifkin

Jeremy Rifkin, autore di decine di libri sull'impatto della tecnologia e della scienza sull'economia, da molti anni si è fatto portatore di un pensiero innovativo e rivoluzionario riguardo il destino di energia, industria, economia.

In un'intervista rilasciata dallo stesso Rifkin a "Greenews.info" a margine della Conferenza "Rinasci_mente", organizzata da "ANTER" a Firenze nel dicem-

¹¹ Tra le ricostruzioni di questa complessa vicenda, quella del quotidiano britannico Guardian è una delle più complete: Ewen Macaskill and Gabriel Dance, "NSA files: decoded. What the revelations mean for you." The Guardian. Prodotto da Feilding Cage and Greg Chen. London, 2013. <http://www.theguardian.com/world/interactive/2013/nov/01/snowden-nsa-files-surveillance-revelations-decoded#section/1>.

¹² In Europa, il Consiglio d'Europa è da circa trent'anni impegnato in uno sforzo di armonizzazione delle normative nazionali per la protezione dei dati, e nel dibattito giuridico ed etico che esso comporta. http://www.coe.int/t/dghl/standardsetting/dataprotection/convention_en.asp.

bre 2010, Rifkin sostiene che “oggi abbiamo un’opportunità di andare oltre i paradigmi precedenti, di avviare una terza rivoluzione industriale: passare dalla comunicazione distributiva all’energia distribuita, arrivare a un nuovo modello economico collaborativo di società, in cui ognuno ha la responsabilità di creare la propria energia e distribuirla attraverso un sistema simile a quello già esistente per lo scambio di informazioni su internet. Dalla teoria alla pratica la strada è lunga e dobbiamo impegnarci, ma le trasformazioni del passato sono avvenute rapidamente. Nella prima rivoluzione industriale, del secolo scorso, un ruolo importante hanno avuto le nuove comunicazioni, i treni, le scuole, le infrastrutture. Nella seconda, abbiamo avuto il telefono, insieme all’utilizzo delle fonti fossili. Adesso abbiamo un nuovo modello comunicativo. Nel 2025 potremo già essere a metà strada e per il 2050 dovremmo aver superato completamente il vecchio modello energetico con un modello economico completamente diverso, distribuito, collaborativo. Certo, non so se arriveremo là: dipende dalla leadership politica e dalle nostre scelte. Siamo liberi di scegliere.”¹³

Per raggiungere questo traguardo, Rifkin sostiene che “sono necessari cinque pilastri, cinque fondamenta. Il primo è la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile. Il secondo, fondamentale, pilastro è la conversione delle abitazioni in unità di produzione di energia, attraverso, ad esempio, tetti fotovoltaici o energia da minieolico. Inoltre, è necessario trovare nuove modalità per stoccare l’energia prodotta dalle fonti rinnovabili e trasformare la rete elettrica in un modello simile a internet, *peer-to-peer*, distribuito. Infine, dobbiamo sviluppare le tecnologie *plug-in*: come le auto elettriche, ricaricabili. Per rendere la rivoluzione energetica possibile, tutti questi pilastri devono svilupparsi allo stesso tempo. Se solo uno non si realizzerà, non ci saranno le basi della trasformazione al nuovo modello.”¹⁴

I pilastri della terza rivoluzione industriale teorizzata da Rifkin devono quindi crescere contemporaneamente, altrimenti tutta la costruzione sarà destinata a crollare. Il passaggio alle energie rinnovabili dovrà quindi andare di pari passo con il progressivo spostamento della produzione verso piccoli e piccolissimi impianti, allo stesso tempo però dovranno essere sviluppate e installate ovunque tecnologie di *storage* basate anche sull’idrogeno per accumulare l’energia che non potrà essere prodotta nei momenti di intermittenza delle rinnovabili, inoltre, dovrà essere sviluppata una enorme rete capillare, una sorta di *Energy Internet Grid*, accessi-

13 Emilia Blanchetti, “La terza rivoluzione industriale. Come il mondo cambierà faccia nel prossimo mezzo secolo secondo Jeremy Rifkin,” <http://www.festivaldellenergia.it/energia-spiegata/scenario/la-terza-rivoluzione-industriale-il-futuro-secondo-jeremy-rifkin>.

14 Jeremy Rifkin, *La terza rivoluzione industriale*, (Milano: Mondadori, 2011).

bile a chiunque per approvvigionare e per distribuire energia, anche per rendere effettivamente possibile il passaggio alla mobilità elettrica per tutti. Tutto questo non porterà soltanto, si fa per dire, a una totale trasformazione dei sistemi di sfruttamento e di trasformazione delle risorse in chiave economica e industriale, ma contemporaneamente porterà a un paradigma economico e sociale completamente nuovo, basato sulla sostenibilità e sulla collaboratività, il *Lateral Power*.

Se tutto questo ci sembra improbabile o perlomeno molto futuristico, pensiamo alle rivoluzioni degli ultimi anni, che hanno portato in pochissimo tempo miliardi di persone ad essere connesse tra loro in maniera orizzontale e con costi bassissimi attraverso Internet. Questa democratizzazione delle comunicazioni ha permesso rapidamente ad un terzo dell'umanità di condividere musica, conoscenza, informazioni e vita sociale in uno spazio aperto e accessibile, di fatto attuando uno dei passaggi evolucionistici più straordinari in tutta la storia dell'umanità.

Se facciamo un passo indietro, secondo Rifkin, vediamo come la prima e la seconda rivoluzione industriale siano collegate ad un sistema gerarchico di produzione e distribuzione di energia. I carburanti fossili – carbone, petrolio e gas naturale – sono energie elitarie, poiché si trovano esclusivamente in determinati posti sul pianeta. Richiedono investimenti militari significativi per assicurarne l'accesso e una continua gestione geopolitica per garantirne la disponibilità. Inoltre richiedono un'organizzazione gerarchica e ingenti capitali per portarli dalle profondità della terra al consumatore finale. Questo sistema centralizzato pone le condizioni per tutto il resto dell'economia, incoraggiando modelli simili in tutti i settori produttivi.

La stessa cosa accadrà con la terza rivoluzione industriale. I nuovi modelli collaborativi e distribuiti che caratterizzeranno la produzione e la distribuzione di energia, faranno da spinta inarrestabile per andare a modificare tutti i modelli e i sistemi produttivi alla base di ogni ambito economico. Sarà trasformato il modo in cui le aziende condurranno i loro business. Andremo sempre di più verso microproduzioni personalizzate, locali, basate su investimenti minimi di capitale.”¹⁵

Dall'analisi delle idee di Rifkin emerge chiaramente come vi siano due presupposti essenziali affinché sia possibile lo sviluppo e la realizzazione di questo nuovo modello di gestione di energia e quindi nuovo modello di città. Si tratta di due condizioni essenziali e necessarie anche allo sviluppo dei “cinque pilastri” ele-

15 Emilia Blanchetti, “La terza rivoluzione industriale. Come il mondo cambierà faccia nel prossimo mezzo secolo secondo Jeremy Rifkin,” <http://www.festivaldellenergia.it/energia-spiegata/scenario/la-terza-rivoluzione-industriale-il-futuro-secondo-jeremy-rifkin>.

menti fondamentali del suo pensiero. Il primo è la possibilità di disporre della conoscenza dello stato di fatto della città, del suo stato energetico ma anche fisico, sociale e culturale. Ritorna quindi il concetto di *misurazione*, già visto nei precedenti capitoli. Senza questa base di conoscenza risulterebbe infatti impossibile qualsiasi attività di implementazione di strategie energetiche (come ad esempio sviluppare una *Smart Grid*) a livello urbano. La seconda condizione necessaria è la presenza di un modello collaborativo che comprenda la comunità dei vari attori coinvolti nel sistema città, modello che deve necessariamente essere basato sull'*informazione*.

Conclusioni: città e contenimento dei consumi. I presupposti.

L'analisi del contesto urbano, sociale e culturale delle nostre città e del nostro tempo, restituisce un quadro in cui, per poter evolvere verso un sistema urbano più efficiente, vi è la necessità di innestare, all'interno del sistema città, processi di diffusione della conoscenza basati sulla cooperazione e supportati da strumenti tecnologici avanzati. Considerata la particolarità del contesto urbano – così come emerge dalle descrizioni dei paragrafi precedenti – vi sono due principali ambiti di conoscenza da condividere. Il primo è relativo alla città stessa, alla sua struttura morfologica e alla conformazione fisica dei suoi edifici. Il secondo è relativo alla componente energetica, a flussi dei consumi, alle componenti sociali.

La sfida non è semplice, soprattutto per le difficoltà, descritte nei paragrafi precedenti, sull'uso delle informazioni urbane e sociali. Il contesto però si sta lentamente muovendo verso questo nuovo status di dati aperti all'interno di un modello collaborativo urbano. Anche il modello Rifkin si basa con fiducia su questa possibilità.

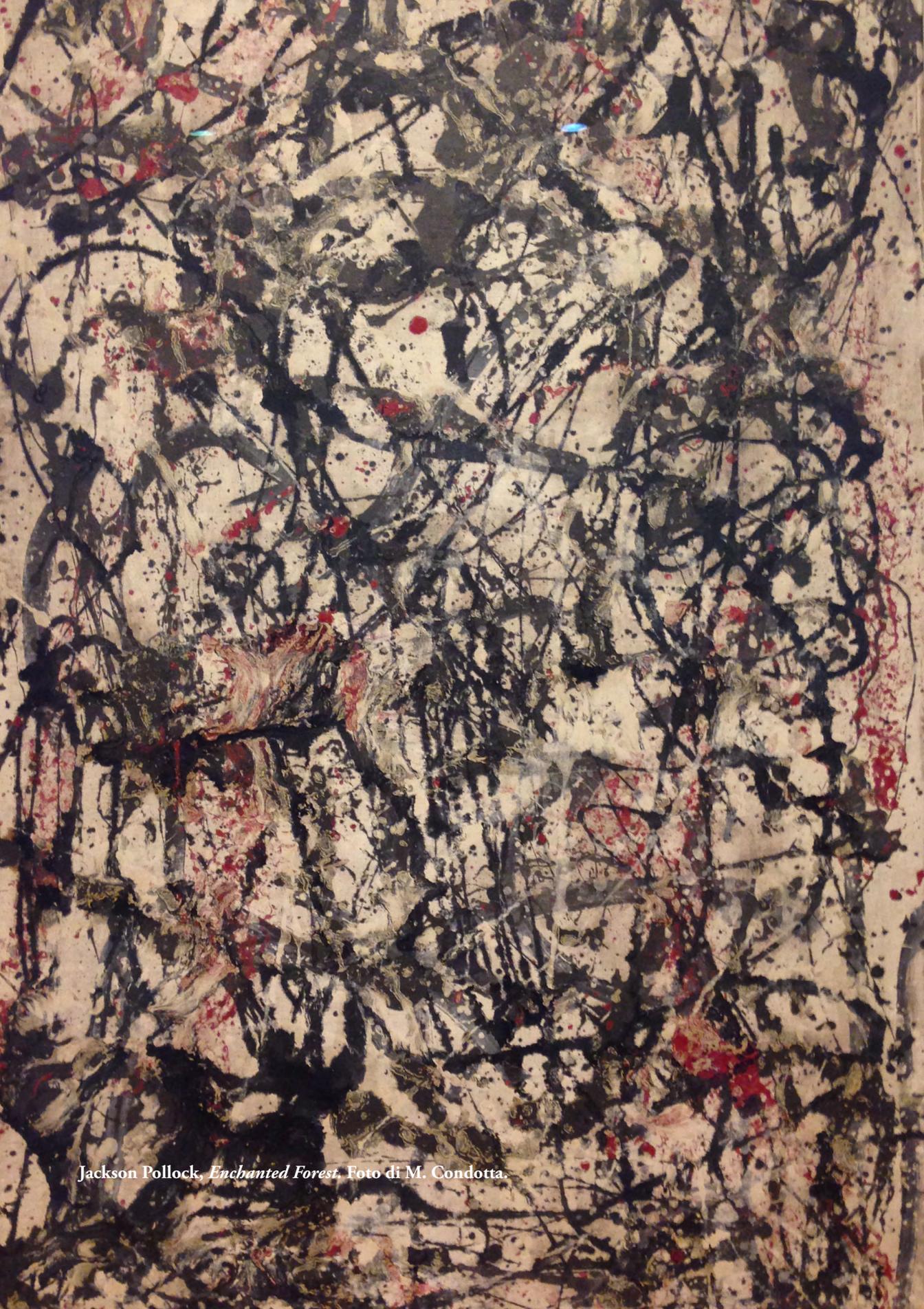
Nel concepire l'uso di *Energy Web*, questo appena descritto è il contesto ipotizzato. Forse futuribile, certamente ottimista, di sicuro è la tendenza dei prossimi anni. È preferibile immaginare uno strumento innovativo e già pronto ad assorbire i cambiamenti sociali – anche se non utilizzabile appieno da subito – piuttosto che una metodologia che rischia di nascere già superata ed inadeguata a supportare le nuove sfide della società. *Energy Web* non risolve tutte le problematiche e nemmeno individua soluzioni tecnologiche per sviluppare le grandi infrastrutture tecnologiche necessarie, ma lo scenario urbano illustrato è il punto di riferimento con cui mi sono confrontato e che sostiene lo sviluppo dall'idea *Energy Web*.

Parte II

Energy Web, conoscenza condivisa e intelligenza collettiva

I primi due capitoli hanno presentato le problematiche. Le possibili soluzioni, sono guidate da *vision* in tre paradigmi: “conoscenza come assunzione di responsabilità”, “stato di fatto energetico reale della città” e “cooperazione tra una pluralità di soggetti”. *Energy Web* teorizza un modello concettuale; lo sviluppa e infine ne propone una sperimentazione concreta su di un caso studio reale: la Città di Feltre.

La Parte II a seguire è quindi dedicata alla struttura concettuale di *Energy Web*, descrivendo come un “idea” è divenuta una metodologia e un “sistema-proptotipo” sperimentale.



Jackson Pollock, *Enchanted Forest*. Foto di M. Condotta.

6. Stato dell'arte

Conoscere e comprendere. Esperienze in corso

Stato dell'arte, o meglio il termine anglosassone *state-of-the-art*, intende il più alto livello di sviluppo o conoscenza finora raggiunto da una tecnologia o da una metodologia. O anche un prodotto innovativo dove trovano applicazione le ultime novità scientifiche, le idee più recenti e gli ultimi sviluppi tecnologici. È prassi abituale iniziare ogni attività di ricerca o sviluppo con un'analisi di quello che già esiste, per evitare di spendere energie inutili in false scoperte; ma soprattutto per aver a disposizione tutti gli strumenti e le ultime conoscenze per approcciarsi alla nuova sfida.

La tematica affrontata in questa ricerca copre aspetti tecnologici, scientifici e concettuali. In questo capitolo dedicato allo stato dell'arte sono riassunti e descritte alcune esperienze che presentano delle analogie con *Energy Web*. Saranno quindi illustrati progetti di ricerca, strumenti web e iniziative, basati su metodologie per analizzare, visualizzare e comunicare, i comportamenti energetici delle città.

“*NYC Building Energy Map!*”

Si tratta di un interessante iniziativa del MIT, tra le prime studiate e che ha notevolmente influenzato il presente lavoro soprattutto sugli aspetti dell'*interface design*. Il risultato principale di questo progetto è la *New York City Building Energy Map!*,¹ una cartografia interattiva via web che illustra i consumi stimati di energia di tutti gli edifici della città di New York. I risultati sono basati su un modello che stima il consumo energetico per il riscaldamento, l'acqua calda sanitaria e l'energia elettrica per il funzionamento dell'intero edificio, espresso in kWh/m² di superficie di terreno occupato dall'edificio. Il modello assume che l'intensità di consumo dipenda in primo luogo dalla funzione dell'edificio (per esempio residenziale, educativo o terziario) e non dalle caratteristiche tecniche dell'edificio o dall'epoca di costruzione. I dati dei consumi di elettricità, gas naturale, gasolio e vapore (teleriscaldamento) del 2009 desunti dal database *mapPLUTO (NYC Department of City Planning geographic database)*, sono stati raggruppati per distretto usando il ZIP-code. La suddivisione del consumo all'interno del singolo distretto è stata successivamente fatta usando i criteri della destinazione d'uso. Le categorie d'uso considerate sono state: residenziale (1-4 famiglie); residenziale plurifamiliare; scuole; sanità; magazzini; uffici; negozi. Sulla base dei dati delle campagne di rilievo ufficiali dei consumi degli edifici residenziali (*residential energy consumption survey (RECS)*) e degli edifici commerciali (*commercial building energy consumption survey (CBECS)*) sono stati stimati i consumi medi delle diverse tipologie di utilizzo.

Uno degli aspetti più interessanti del progetto è la mappa interattiva. Molto dinamica e veloce, è di facile comprensione. La sua qualità migliore sta però nel modo con cui aggrega i dati riportando granularità differenti a seconda del livello di zoom.

Relativamente alla qualità delle informazioni, su questo punto vi sono grosse perplessità. Il dato, infatti, rappresenta solo una stima del consumo che non prende in considerazione le caratteristiche fisiche degli edifici. Siamo quindi lontani dal poter utilizzare questo strumento per rappresentare l'efficienza energetica della città nelle sue varie zone geografiche; al contrario può essere utilizzato per studiare le localizzazioni ideali per installare le infrastrutture della rete energetica.

1 Modi Research Group, “Estimated Total Annual Building Energy Consumption at the Block and Lot Level for NYC,” (Columbia University, 2012), <http://modi.mech.columbia.edu/resources/nycenergy/about.html>.

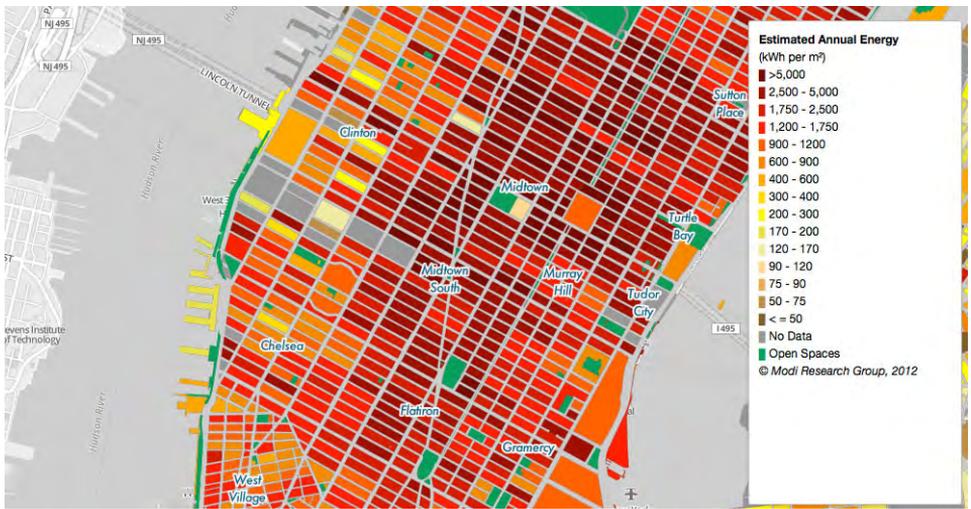
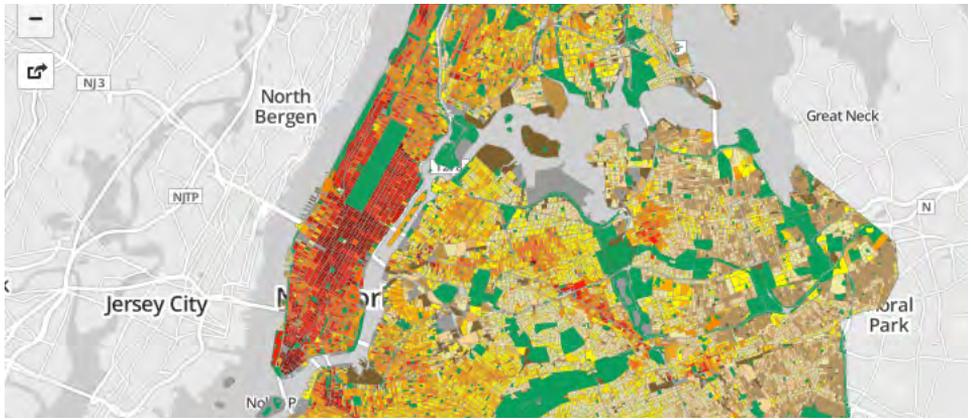


Fig. 1. Screenshots della *New York City Building Energy Map* con tre differenti livelli di zoom.

“Negawatt mining”

“Negawatt”² è un neologismo coniato dal prof. Sanjay Sarma dell’*MIT Field Intelligence Laboratory* che sta ad indicare l’insieme dell’energia che si potrebbe risparmiare se, in un dato edificio, fossero attivati dei comportamenti o delle azioni di retrofitting per diminuire il consumo energetico. Ogni watt risparmiato rappresenta un *negawatt*, un’energia potenziale, che può quindi essere mappata a livello urbano. È una metodologia che si basa sull’acquisizione ad infrarossi di intere vie analizzando quindi i singoli edifici di estese aree urbane. L’acquisizione avviene mediante camere IR ad alta risoluzione, montate su un veicolo, che poi vengono successivamente mosaicate ottenendo un risultato simile a *Street View*. Queste riprese sono rese possibili da una tecnologia sviluppata al MIT nei laboratori del Professor Sarma’s che ha sviluppato una tecnologia chiamata *Kinetic Super Resolution* (KSR).³ Dall’analisi delle immagini termografiche vengono estrapolati dei parametri legati all’efficienza energetica come ad esempio il ritorno di investimento e l’individuazione di aree urbane con forti potenzialità di risparmio. I dati vengono poi clusterizzati in gruppi di edifici per evidenziare la presenza dei *negawatt*, cioè casi e situazioni potenziali in cui è possibile agire per recuperare energia.

Il sistema appare molto affascinante anche se non è chiaro come venga effettuata la “lettura” delle riprese termografiche. Sembra che il team di ricerca stesse sviluppando un software in grado di estrarre automaticamente dalle immagini stime di possibili efficienze od inefficienze energetiche, ma i dati e le procedure di calcolo non sono ancora stati divulgati. Questo è il punto più debole del progetto, mentre risulta di grande interesse la tecnologia di acquisizione su larga scala *one-shot* di interi isolati di edifici. Il vantaggio di questa tecnologia non sta solo nella rapidità di acquisizione delle immagini, ma soprattutto nel poter disporre di immagini termografiche di molti edifici nelle stesse condizioni ambientali. Questo permette una più fedele comparazione dei dati tra i vari edifici ed indubbiamente agevola la scrittura di software in grado di analizzare in modo automatico le immagini termografiche per trarne giudizi qualitativi e quantitativi sulle dispersioni energetiche dell’edificio.

2 Sanjay Sarma, Jonathan Jesneck, Long N. Phan, “Negawatt Mining,” (MIT Field Intelligence Laboratory), <http://video.mit.edu/watch/mit-field-intelligence-laboratory-negawatt-mining-7112/>

3 Catherine Clabby, “Narrowing In on Negawatts. Innovations in longwave-infrared imaging allow scientists to “see” radiant energy leaks, one block at a time.” *American Scientist*, 99, n.6 (November-December 2011):490-491, doi: 10.1511/2011.93.490.

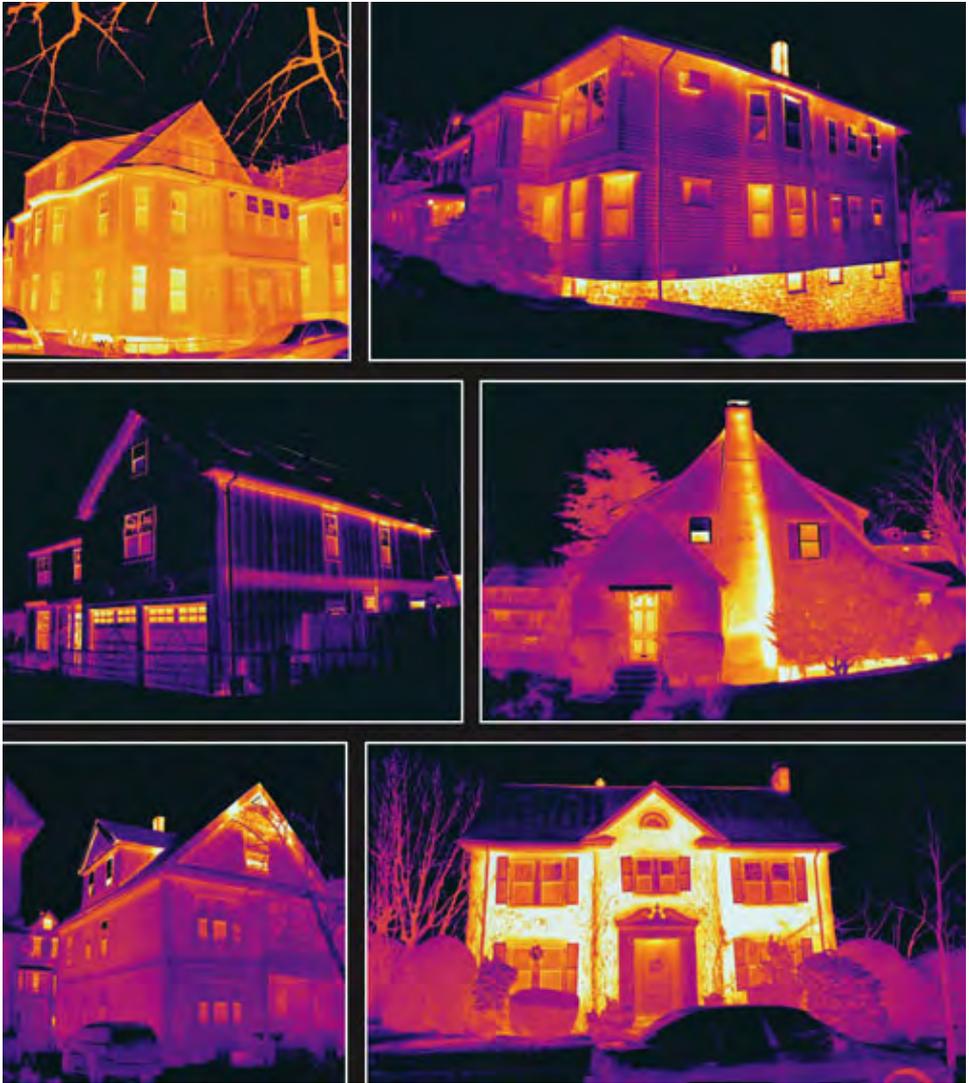


Fig. 2. Esempi di scatti termografici ripresi con la tecnologia *Kinetic Super Resolution*.

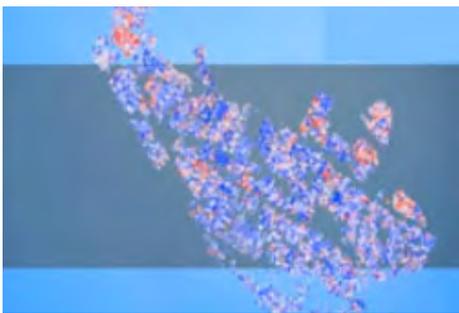


Fig. 3. Mappa dei *negawatt* di un isolato ottenuta analizzando le termografie dei vari edifici.

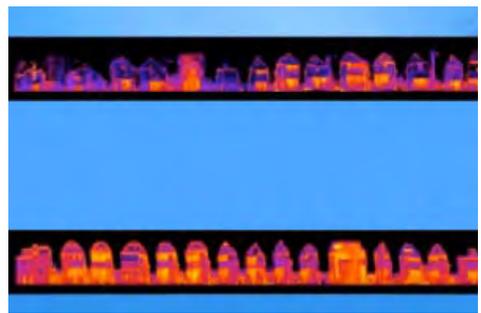


Fig. 4. Mosaicatura delle riprese termografiche di un'intera via.

“*Grid-based map for Urban Energy Demand*”

Il progetto descritto in questo paragrafo consiste in una metodologia, o meglio in uno strumento, sviluppato dalla *Technische Universitat Munchen* in occasione del progetto *Urban Planners with Renewable Energy Skills (UP-RES)*, un progetto finanziato dal programma *Intelligent Energy Europe*. Si tratta di uno strumento GIS, sviluppato per il territorio della Germania, che genera una *Grid-based map* del fabbisogno energetico annuale di una città o di un quartiere. Il fabbisogno indicato prende in considerazione l'energia usata per il riscaldamento degli ambienti degli edifici e per l'acqua calda sanitaria. I dati su cui si basa il *tool* sono un layer dei poligoni dei profili degli edifici e una tabella di dati ad essi collegata nella quale sono descritti la tipologia funzionale dell'edificio e il numero di piani. Dati opzionali sono l'anno di costruzione e l'eventuale consumo di energia effettivo registrato con strumenti di misurazione o contatori dedicati. L'output web del progetto, la *Grid-based map*, è un layer raster che aggrega i dati dei consumi su una griglia di 200x200 metri.^{4,5}

Risulta evidente che tale dato non rappresenta il consumo reale dei vari edifici, ma bensì ne stima un valore basandosi sulle caratteristiche di tipologia di utilizzo, dimensioni ed età, facendo riferimento a dati di consumo energetico medi calcolati su tutto il territorio della Germania nel 2002.

L'utilità di questo strumento è però limitata. La *Grid-based map* infatti, non può essere utilizzata per definire strategie specifiche e mirate al singolo edificio, dato che le informazioni sono presunte e non realistiche, ma può trovare qualche utilità nel valutare la fattibilità o la convenienza dell'installazione, in particolari zone urbane, di tecnologie di riscaldamento alternative, come ad esempio il teleriscaldamento. Molto interessante risulta invece il sistema di visualizzazione delle informazioni, basato su una griglia regolare. Questa strategia, se a scala di dettaglio risulta poco agevole perché non permette di distinguere a quale categoria i singoli edifici appartengono, è però molto interessante quando si vogliono visualizzare i dati a scala urbana, dove i singoli edifici non sono più identificabili e quello che interessa è una visione d'insieme.

4 Johannes Dorfner, “GIS-based Mapping Tool for Urban Energy Demand,” (Building Services, Mechanical and Building Industry Days Conference, Debrecen, 2011), http://www.energycity2013.eu/media/Documents%20Centre/WP2/mid-term%20conference/presentations/05_Dorfner.pdf.

5 Johannes Dorfner, “GIS-based Mapping Tool of Urban Energy Demand for room heating and hot water”, Mechanical and Building Industry Days Urban Energy Conference, Debrecen, 2011, 31-35.



Fig. 5. La *Grid-based map* visualizzata ad un dettaglio di zoom a livello urbano.

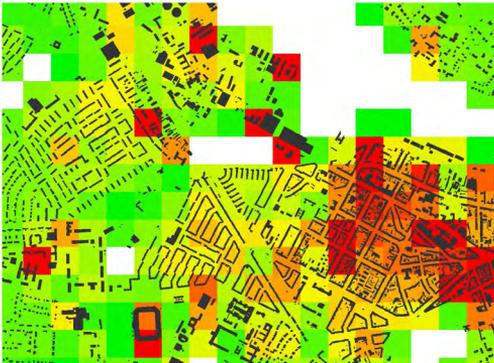


Fig. 6. La *Grid-based map* visualizzata ad un dettaglio di zoom a livello di quartiere.



Fig. 7. Il sistema di interrogazione dei dati su mappa.

“Gainesville Green”

Gainesville è una città degli Stati Uniti, capoluogo della Contea di Alachua, nello Stato della Florida. La città è servita da una *energy utility* (multiservizi comunale) di proprietà pubblica e grazie al *Freedom of Information Act*, i dati sulle forniture di energia in possesso dell'*energy utility* sono liberamente accessibili e possono essere divulgati senza dover aggregati. Partendo da questa situazione favorevole, “EnergyIT”, una società che produce software per la gestione dei dati energetici, ha sviluppato un *tool* dedicato alla città di Gainesville chiamato “Gainesville Green.” In questo portale⁶ per ogni edificio della città sono riportati i dati sui consumi elettrici, di acqua e gas, oltre che una stima delle emissioni di CO₂. Andando nel dettaglio di un singolo edificio, i dati sono anche rappresentati, tramite grafici, in comparazione con la media della città e anche con una media storica che inizia dal 2000 e giunge al 2012.

Il livello di precisione di dati sui consumi che questo sistema è in grado di diffondere è notevole e raramente è possibile aver a disposizione tali informazioni per una intera città. Si tratta infatti di consumi reali, per ogni singola abitazione e non stimati. Di contro, un punto a sfavore riguarda il design grafico dell’interfaccia, rappresentando un tale patrimonio di informazioni in maniera poco elegante. Il risultato è una interfaccia grafica poco attraente e al tempo stesso poco funzionale. Un difetto da tener in considerazione per evitare di commettere errori simili e sminuire di molto l’efficacia del lavoro fatto.

⁶ EnergyIT, “Gainesville Green,” 2012, <http://gainesville-green.com>

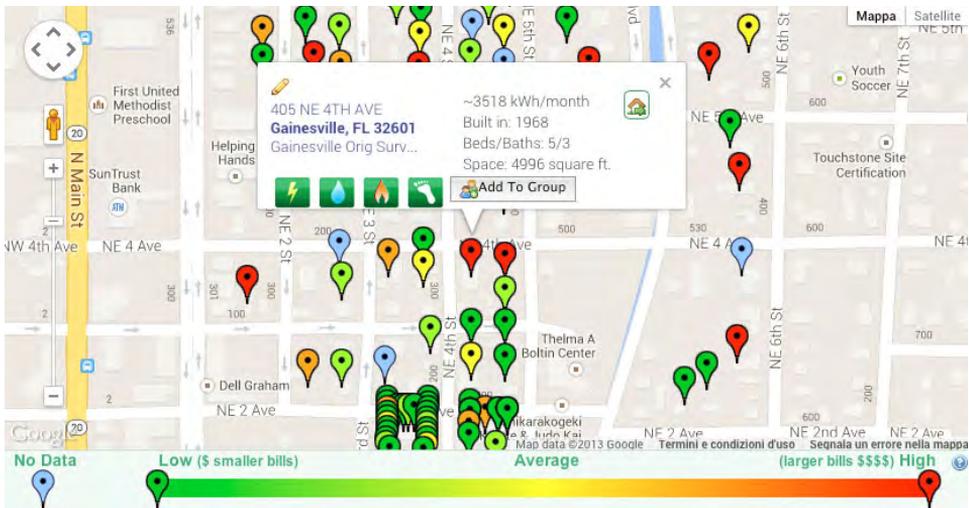
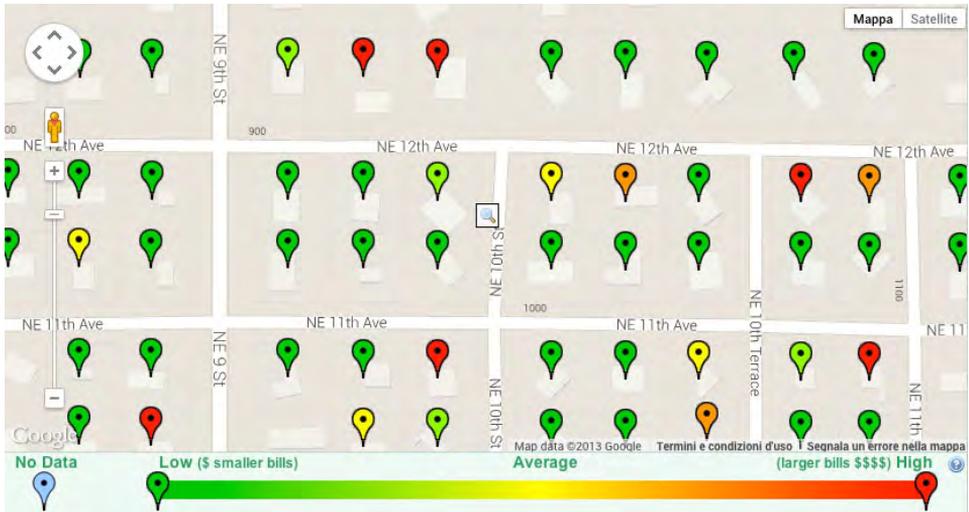
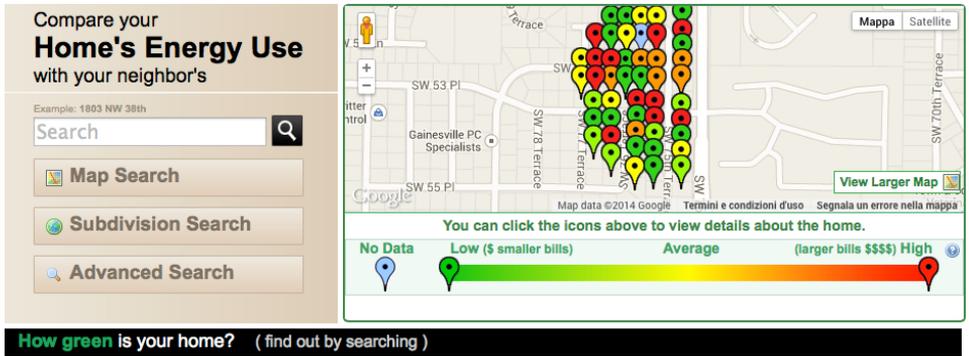


Fig. 8. Screenshot di una parte della home page della mappa interattiva portale *Gaineville Green*. La mappa mostra il livello dei consumi di ogni abitazione tramite una legenda colorata e, selezionando un edificio, mostra i dettagli delle emissioni, dei consumi di gas, di elettricità e di acqua del singolo fabbricato.

“Urban EcoMap”

“Urban Ecomap”⁷ ambisce ad essere uno spazio decisionale interattivo che consente ai singoli cittadini di prendere decisioni sulle loro abitudini quotidiane e gli permette di partecipare alla vita delle loro comunità, essendo informati sul livello di impatto ambientale del loro quartiere. Il sistema, sviluppato da *Cisco System* ed applicato sinora alle città di Amsterdam e San Francisco, visualizza, a livello di quartiere, le emissioni di CO₂ e gas serra dovute al traffico, ai consumi energetici urbani e alla gestione dei rifiuti. Il sistema offre anche la possibilità di visualizzare i dati delle emissioni o come somma dei vari apporti (traffico, edifici, rifiuti) oppure anche singolarmente. In questo modo è possibile valutare nelle diverse circoscrizioni quale sia l’elemento che influisce in modo maggiore sull’inquinamento urbano.

Il livello di aggregazione dei dati, (come si può vedere dalle figure a lato) è fatto per quartiere o circoscrizione. Questo lo rende poco utile per supportare azioni mirate sul patrimonio edilizio o sul singolo edificio, ma svolge invece una buona funzione di “motivatore” sia per i privati cittadini che per le amministrazioni dei vari distretti. Infatti, oltre alla sezione di visualizzazione dei dati sulle emissioni urbane, il portale ospita anche una sezione informativa per i cittadini, dove sono descritti possibili azioni e comportamenti virtuosi che possano essere intrapresi per ridurre le emissioni.

Relativamente alla qualità ed affidabilità delle informazioni, non è chiaro come i valori delle emissioni vengano calcolate, ma sicuramente derivano da dati in possesso dell’amministrazione cittadina, quasi sicuramente quindi si tratta di dati attendibili, ma per contro, essendo dati sensibili, sono aggregati per quartieri in modo da eludere problemi di privacy. La *EcoMap* funziona quindi come un “motivatore politico o strumento di marketing territoriale più che come un sistema informativo per individuare e poi risolvere problemi energetici della città.”⁸ Forse anche per questo motivo l’aspetto comunicativo del portale è molto semplice ed intuitivo e mette sullo stesso piano le risorse informative sui dati e le altre sezioni dedicate alla descrizione dei comportamenti virtuosi da intraprendere, alla divulgazione dei piani che l’amministrazione comunale vuole intraprendere, ed ad altre vetrine di “motivazione” o “marketing.”

7 Connected Urban Development, Cisco System, “Urban Ecomap,” <http://urbanecomap.org>

8 Lindsay K. Reul and Harvey G. Michaels, “Mapping Energy Efficiency for Community-Level Engagement,” (MIT Energy Efficiency Strategy Project, 2012), 16, http://web.mit.edu/energy-efficiency/docs/EESP_Reul_MappingForEngagement.pdf.

Explore Amsterdam's Greenhouse Gas Emissions by District

Toggle Units

Click on a district for details. Use the icons to the right to see emissions by source.

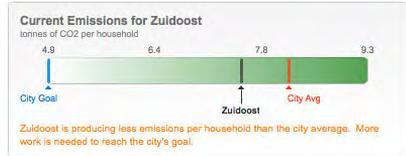
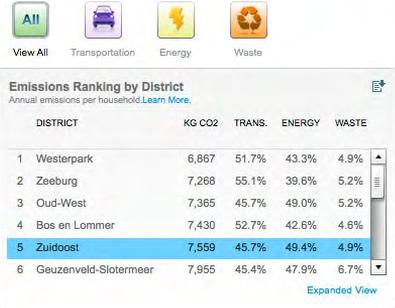
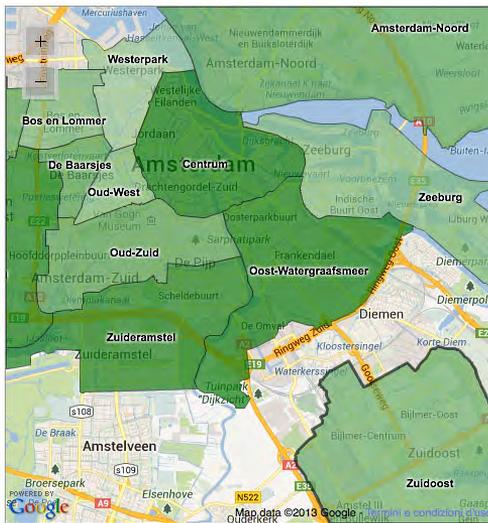


Fig. 9. Screenshot del portale di *UrbanEcoMap* dove viene visualizzata la situazione delle emissioni nei vari quartieri della città di Amsterdam.

Explore Amsterdam's Greenhouse Gas Emissions by District

Toggle Units

Click on a district for details. Use the icons to the right to see emissions by source.

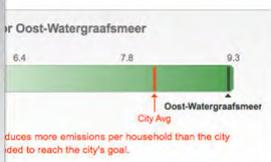
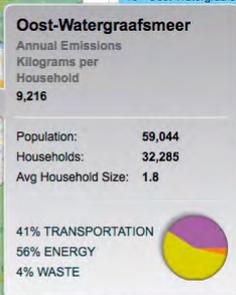
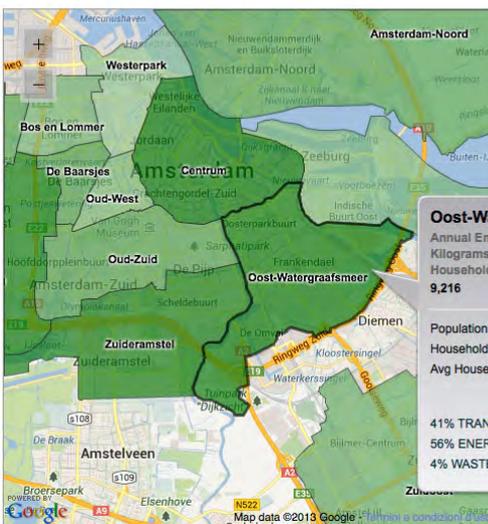


Fig. 10. La stessa schermata precedente ma con il dettaglio di un singolo quartiere selezionato dall'utente.

“EnergyCity”

“Energy City: Reducing Energy Consumption and CO₂ Emissions in Cities Across Central Europe”⁹ è stato un progetto di ricerca finanziato dalla Comunità Europea all’interno del programma “Central Europe.”¹⁰ Il cuore del progetto riguarda l’acquisizione di termografie aeree su alcune parti di 7 città dell’Europa centrale (Budapest, Praga, Monaco di Baviera, Bologna, Treviso, Ludwigsburg e Velenje) che successivamente vengono rielaborate e implementate in un sistema web di visualizzazione e condivisione delle informazioni chiamato *Spatial Decision Support System (SDSS)*.¹¹ Il sistema/software sviluppato (l’SDSS) combina funzionalità di mapping, nella forma di supporto decisionale spaziale basato sul web, con un sistema di misurazione dell’efficienza energetica degli edifici al fine di delineare le strategie urbane per la riduzione delle emissioni di CO₂.

La schermata iniziale del portale web contiene informazioni sul consumo specifico di energia per il riscaldamento primario (il consumo di apparecchi elettrici non è considerato), e le emissioni di CO₂. Utilizzando una serie di funzioni di interrogazione, l’SDSS permette all’utente di interrogare il sistema per ottenere il dato sulla temperatura della copertura dei singoli edifici registrata durante i rilievi termografici.

Partendo dalla temperatura misurata del tetto e da dati supplementari sugli aspetti architettonici degli edifici, l’SDSS calcola/stima il consumo finale di energia per il riscaldamento di ogni edificio. Utilizzando le funzioni di interrogazione sul web della mappa è quindi possibile selezionare ogni singolo edificio e consultare il valore di questo parametro. Il sistema SDSS in base all’intensità dei consumi stimati, calcola anche la specifiche emissioni di CO₂ (senza l’emissione di apparecchi elettrici supplementari) per i vari edifici.

Questo approccio progettuale e il sistema SDSS basano il calcolo - o potremmo dire la stima - dei consumi energetici, sulle termografie da aereo, sui dati volumetrici degli edifici e sulla data di costruzione degli stessi. Un metodo che restituisce delle informazioni più realistiche di altri esempi visti sinora, ma che comunque si basa sempre su delle simulazioni che possono essere influenzate da molti parametri ambientali che il lavoro descritto non prende in considerazione. Un esempio di possibili “anomalie” contestuali possono essere edifici con tetti “freddi” cioè

9 <http://www.energycity2013.eu>

10 <http://www.central2013.eu>

11 EnergyCity2013, “Reducing Energy Consumption and CO₂ Emissions in Cities Across Central Europe,” 2013, http://www.energycity2013.eu/media/final-publication_preview.pdf

con sottotetto non abitato e dotato di sistemi di ventilazione con l'esterno, che ovviamente presentano delle coperture fredde e quindi dalle termografie possono apparire più efficienti di altri edifici, pur se ben isolati, ma con sottotetto "caldo" (cioè con sottotetto non ventilato ed abitato). Altre situazioni particolari, come sistemi di climatizzazione e di ricircolo dell'aria installati sulle coperture, o la differente inerzia termica del manto di copertura, possono influenzare questo sistema di giudizio con il rischio di fornire informazioni con errori grossolani. Ultima considerazione è che la copertura di un edificio rappresenta solo una porzione delle sue superfici disperdenti e una sua generalizzazione a rappresentare la qualità dell'intero involucro edilizio risulta alquanto grossolana.

A scapito di queste perplessità sull'analisi dei dati, l'interfaccia di visualizzazione web del sistema offre però spunti molto interessanti. Primo fra tutti la possibilità di selezionare gli edifici a scale differenti (selezione singola, multipla o per area) e i dati sui consumi e sulle emissioni sono quindi mostrati come dettaglio singolo od aggregati per insieme di selezione.

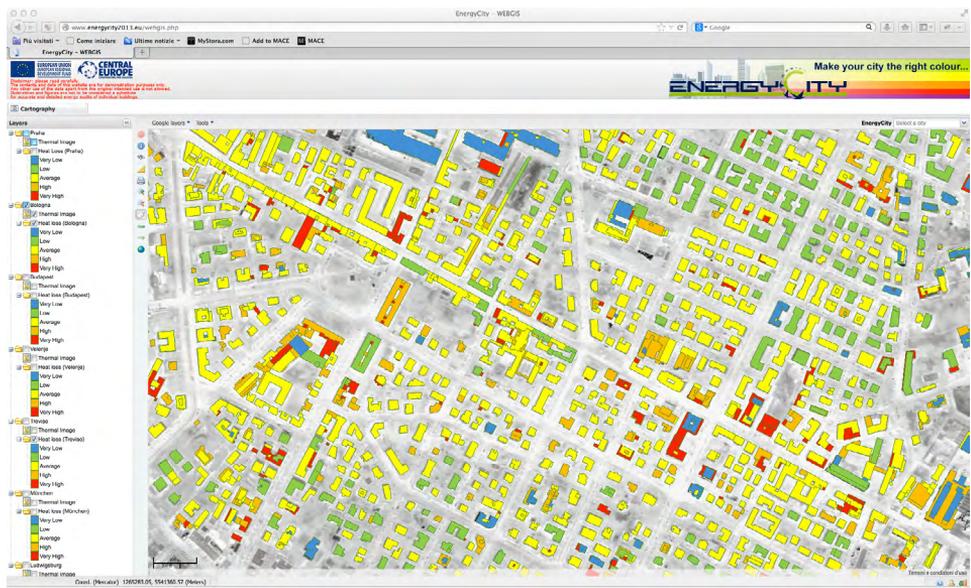


Fig. 11. Screenshot dell'interfaccia web di *EnergyCity2013.eu* dove sono rappresentati gli edifici e una loro categorizzazione in base ai consumi energetici calcolati dal sistema. Sullo sfondo l'immagine termografica da aereo in scala di grigi.

“ACEEE Local Energy Efficiency Self-Scoring Tool”

Il *Local efficiency Self-Scoring Tool* è uno strumento sviluppato negli USA dall’*American Council for an Energy-Efficient Economy*. Attraverso di esso ogni cittadino può misurare il punteggio relativo all’efficienza energetica della propria comunità. Si tratta di un software (fig. 12) scaricabile gratuitamente che, attraverso una semplice modulistica, analizza le politiche strategiche adottate e le giudica. Offre alle piccole e medie comunità la capacità di giudicare i loro sforzi per l’efficienza energetica mediante la valutazione dei programmi a livello locale e le politiche attuate attraverso operazioni locali di governo, iniziative a livello di comunità, politiche immobiliari, politiche di trasporto. Attraverso il calcolo del punteggio, la cui metodologia è stata messa a punto basandosi sul *2013 City Energy Efficiency Scorecard*,¹² e la conseguente analisi, gli sforzi di efficienza energetica delle comunità possono essere raffrontati con altre comunità di dimensioni simili che hanno dimostrato la leadership in questa materia. L’analisi non restituisce solo un punteggio, ma presenta alle comunità pratiche energetiche innovative che sono state attuate e collaudati con successo.

L’obiettivo di questa iniziativa, messa in pratica attraverso lo strumento descritto, è di creare maggiore consapevolezza ma anche instaurare processi competitivi al fine di migliorare la situazione energetica e ambientale della comunità e in generale della nazione.

| Local Government Operations | | | |
|--|---|---|--|
| Policy Types | | Score | |
| Initial Energy Management Policies for Government Operations | | 0 (out of 4) | |
| Transparent Government Energy Usage | | 0 (out of 2) | |
| Comprehensive Energy Management Strategy for Government Operations | | 0 (out of 9) | |
| Program and Policy Metrics | | | |
| Local Government Energy Efficiency Targets | | | |
| Metric | Question | Answer (Document programs and policies) | Scoring Criteria (Select best option from dropdown) |
| Local Government Energy Efficiency Targets | Has the local government adopted an energy efficiency target, or an energy-related target of another sort (such as a greenhouse gas reduction target or energy productivity target), for local government operations? | Yes, in 2005, the Town X City Council adopted the Energy Action Plan, which contained a 20% energy reduction target for government operations by 2020 | |
| <small>In a future plan, been adopted through Executive Order as City Executive Energy efficiency targets have been identified, but not formally adopted. No targets have been set, but an agency stakeholder group is convening to discuss this. No, no targets have been adopted nor are being planned.</small> | | | |
| Energy Strategy Implementation | | | |
| Metric | Question | Answer | |
| Dedicated Staff | How many full-time employees does the local government employ to oversee operational energy management of public buildings and coordinate efficiency efforts across local government departments? | | |

Fig. 12. Schermata di esempio del *ACEEE Local Energy Efficiency Self-Scoring Tool*.

12 Si tratta di un indice usato per giudicare la bontà e l’impatto delle politiche ambientali delle città. Anche questo indice è stato sviluppato dalla *ACEEE*.

Conclusioni: innovazioni e debolezze delle esperienze in corso

Nel descrivere i vari progetti studiati si è cercato di identificare per ognuno i punti di forza e le debolezze. È però opportuno al termine di questa carrellata riassumere in pochi punti quali sono le migliori innovazioni utili da riproporre e i possibili errori da evitare nella fase di sviluppo di *Energy Web*.

L'elemento che più è in evidenza in tutti i progetti è la mappatura delle informazioni. Nei progetti migliori essa è dinamica, veloce, di facile comprensione, graficamente gradevole ed aggrega i dati in modalità differenti a seconda del livello di zoom. È invece da evitare l'utilizzo di mappe graficamente banali e poco attraenti. Anche informazioni rilevanti e di grande valore scientifico potrebbero essere banalizzate e scarsamente utilizzate se visualizzate con metodi grossolani.

Relativamente alla qualità delle informazioni, su questo punto vi sono grosse debolezze su quasi tutti i progetti. In molti casi il dato, infatti, rappresenta solo una stima del consumo che non prende in considerazione né i dati reali né le caratteristiche fisiche degli edifici. Solo alcuni progetti si spingono a raccogliere le informazioni direttamente dai fornitori di servizi, ma proprio questi sono i casi in cui un buon dato viene gestito in modo poco efficiente.

Un altro aspetto rilevante, che non va sottovalutato, è relativo alle modalità con cui i vari dati vengono rielaborati e trasformati in informazioni. Molti dei progetti studiati non sono trasparenti su questo aspetto, anzi, alcuni fanno riferimento a complesse procedure di calcolo che non possono essere divulgate. Il risultato per l'utente finale è alquanto frustrante. Pubblicare dati in modo aperto, ma nascondere le metodologie con cui essi generano le informazioni è alquanto paradossale e rischia di far nascere forti perplessità rispetto ad un loro utilizzo.

Ultimo elemento da non sottovalutare e spesso usato in queste iniziative – soprattutto nel mondo anglosassone – è la promozione di processi di competizione. La competitività è alla base della società statunitense ed anglosassone in genere e questa tendenza è sfruttata in modo positivo per spingere le comunità a migliorare i loro comportamenti virtuosi.

Nella fase di concezione della struttura concettuale e di sviluppo di *Energy Web* è essenziale avere sempre presente queste riflessioni, e il ritornare anche più volte sullo stesso esempio in fasi diverse dello sviluppo del progetto ha permesso di migliorare le fasi operative.



M. Condotta. *Thinking*

7. Cos'è *Energy Web*

Il senso di *Energy Web*: conoscenza condivisa e intelligenza collettiva per la riduzione dei consumi a scala urbana

Le riflessioni dei capitoli precedenti rappresentano lo scenario di riferimento all'interno del quale *Energy Web* da "idea" è divenuto prima una struttura concettuale. Successivamente, una metodologia/strumento, infine, un prototipo. Allo stesso modo, esse rappresentano anche l'insieme degli stimoli che hanno condotto alla maturazione della ricerca e del percorso formativo.

Il progetto *Energy Web*, tramite l'integrazione di servizi innovativi, realizza un quadro di conoscenze socialmente condivise della città. Su di esso si innestano reti di partnership tra i vari stakeholder coinvolti (cittadini, amministrazione, imprese). Supporta la gestione intelligente dell'energia a scala urbana innescando attività e comportamenti virtuosi di efficienza energetica. Riprendendo la terminologia del capitolo sul quadro normativo, l'impatto che l'uso di questa metodologia/strumento di *misurazione e informazione* porta alla città è un insieme di condizioni imprescindibili per sviluppare iniziative di mitigazione, razionalizzazione e innovazione (leggasi *ristrutturazione*); crea prospettive di utilizzo spinto delle rinnovabili in uno scenario di produzione/consumo locale nel modello di "generazione diffusa"; instaura modelli di intelligenza collettiva e comportamenti virtuosi a servizio della riduzione dei consumi a scala urbana.

Il capitolo a seguire è dedicato alla descrizione del *framework* concettuale del progetto *Energy Web*.

Portatori di interessi e di diritti

Una delle funzioni di *Energy Web* è di creare e condividere *informazione*. Nel far ciò le risorse informative necessarie alla realizzazione della base di conoscenza vanno strutturate in base alle necessità e modalità/funzionalità di accesso e utilizzo delle informazioni da parte dei diversi soggetti coinvolti. Occorre quindi in prima battuta individuare ruoli e profili dei diversi attori. Ne emergono sia gli elementi necessari per avere un prospetto completo dei livelli informativi utili a supportare le diverse attività in capo ad ogni attore, sia quelli per progettare le modalità di accesso alle informazioni, le funzionalità interattive e le caratteristiche di usabilità delle interfacce sviluppate per ciascun profilo utente.

Generalmente è possibile distinguere tre categorie di soggetti determinate in base al ruolo ricoperto nell'ambito dei processi che si sviluppano sui temi di riferimento.

La prima categoria viene generalmente chiamata "portatori di interessi." Fa sostanziale riferimento a soggetti che agiscono in funzione di un proprio ritorno o beneficio più o meno indipendentemente da istanze di carattere etico/sociale o da mandati e vincoli normativi. Appartengono quasi sempre a questa categoria i soggetti economici che operano sul territorio di riferimento, quindi industrie, imprese, professionisti, esercizi commerciali e altri soggetti assimilabili ma anche associazioni o singoli cittadini che esprimono individualmente esigenze legate ad attività proprie o della propria famiglia.

Si distinguono dai portatori di interessi i "portatori di diritti." Si tratta dei soggetti che esprimono legami col territorio e con i processi che su di esso si sviluppano, di cui è necessario tener conto in ragione di diritti acquisiti in forme diverse tra i quali, in primis, il diritto ad essere informati sulle trasformazioni che altri soggetti operano sul medesimo contesto territoriale per effetto di regolamenti e/o operazioni di carattere economico. Come facilmente si può intuire, la natura del coinvolgimento dei portatori di diritti può differire sostanzialmente da quella del coinvolgimento di soggetti mossi da ragioni più direttamente connesse alla propria attività principale, soprattutto per quanto riguarda le possibilità di interazione bi-direzionale con il sistema di conoscenza e supporto.

Una terza categoria di attori infine è quella delle "istituzioni." Essa raggruppa sostanzialmente soggetti che rivestono ruoli quali gestione, governo, controllo, tutela del territorio o di processi che su di esso si sviluppano. Questi soggetti si caratterizzano per il fatto di operare quasi esclusivamente nell'ambito di un

quadro di riferimento definito dalla normativa vigente. Si tratta di un aspetto di fondamentale importanza nel definire informazioni e funzionalità offerte dal sistema in quanto le istituzioni sono fortemente dipendenti dalle caratteristiche e dalle dinamiche dell'insieme di norme e regolamenti legislativi.

Il contesto di *Energy Web* è quindi caratterizzato sostanzialmente da tre figure di portatori di interessi e diritti:

- I cittadini. Tipicamente considerati portatori di diritti, in questo caso esprimono anche specifici interessi legati ad aumentare l'efficienza della propria abitazione o dei propri comportamenti.
- Le imprese. Operanti nei settori dell'edilizia, dell'energia e dei sistemi di produzione di energie rinnovabili; tipicamente portatori di interessi legati alle logiche del mercato.
- L'amministrazione comunale. Ovvero soggetto di carattere istituzionale con ruolo e mandato definito dal quadro delle leggi vigenti.

Queste figure esprimono di fatto esigenze di conoscenza diverse, indirizzate da diversi interessi dovuti ai modi propri di vivere la città.

Le esigenze dei cittadini sono essenzialmente riferibili a tre principali questioni. La prima è quella di prendere coscienza della situazione energetica del proprio edificio, ovvero valutare il comportamento energetico dell'immobile anche confrontandolo con quello di edifici limitrofi comprendendo eventuali criticità o potenzialità. La seconda è di conoscere nuove opportunità per accedere a finanziamenti e strumenti legislativi di supporto. La terza è di poter stimare le potenzialità del proprio edificio in termini di minor consumo (soluzioni di efficientamento e *retrofitting*) o di potenzialità di autoproduzione di energia (ad esempio l'energia fotovoltaica potenziale in relazione alla morfologia del proprio edificio e del contesto in cui esso è inserito).

Per quanto riguarda le imprese, come ipotesi di fondo, si assume che queste potrebbero operare sul territorio in modo più mirato avendo a disposizione un quadro complessivo delle inefficienze/problematiche su base geografica. Le opportunità offerte da un quadro di conoscenze strutturato e coerente sono diverse in relazione alle attività di ogni tipologia di azienda. Ad esempio, con riferimento a imprese che realizzano impianti, il sistema deve anche ad esempio permettere di conoscere le parti di città dove più è concentrato il consumo energetico. In presenza di edifici con sistemi di riscaldamento centralizzato risulta infatti più efficiente la creazione di nuovi sistemi di micro-teleriscaldamento basati su sistemi di geotermia, cogenerazione, biomasse. Per le imprese e le ESCO che lavorano sul

fotovoltaico il sistema invece potrebbe ad esempio fornire dati sulla potenzialità di produzione di energia da fotovoltaico in base alla morfologia delle coperture degli edifici. La disponibilità di informazioni di dettaglio sui vari immobili può infine agevolare la realizzazione di proposte progettuali di recupero energetico più calzanti e quindi, con più possibilità di trovare un riscontro da parte del proprietario dell'immobile.

Il ruolo dell'Amministrazione comunale virtuosa è quello di migliorare le condizioni della città, diminuire gli sprechi energetici degli edifici pubblici, ma anche migliorare la condizione dell'intero tessuto urbano tramite piani energetici e piani di recupero. Il Patto dei Sindaci è, ad esempio, il principale movimento europeo che vede coinvolte le autorità locali e regionali impegnate ad aumentare l'efficienza energetica e l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili nei loro territori. La natura e le caratteristiche peculiari dei dati sulle emissioni, calcolati sulla base di un sistema di misure di grande dettaglio, permetterebbero una effettiva e reale comparazione dell'andamento delle emissioni di CO₂ a seguito di interventi atti a ridurre la produzione. L'amministrazione pubblica può inoltre, se dotata degli strumenti adeguati, ricoprire un ruolo di facilitatore e motivatore sviluppando piani di incentivazione agli interventi di efficientamento o di disincentivazione di cattive pratiche sulla base di un quadro di riferimento solido e condiviso.

Alla luce di queste considerazioni è necessario sviluppare e promuovere soluzioni in grado di supportare le esigenze dei vari stakeholder al fine di innescare modelli virtuosi per promuovere l'efficienza energetica delle nostre città. Dall'analisi delle esigenze emerge un quadro che può essere riassunte in due insiemi principali:

- conoscere il contesto sul quale si va ad operare; il che significa possedere un quadro di conoscenze sulla città e sullo stato energetico urbano;
- instaurare un processo collaborativo per generare nuove possibilità, nuova conoscenza.

Questi due insiemi combaciano perfettamente con il quadro di esigenze già emerso dall'esame del contesto fisico, sociale e culturale delle nostre città (Capitolo 5), dallo studio del quadro legislativo di riferimento (Capitolo 4) e dall'analisi critica del modello *Smart City* (Capitolo 3).

Il modello *Energy Web* ha l'obiettivo di definire una metodologia con la quale produrre conoscenza condivisa e intelligenza collettiva a supporto delle iniziative di contenimento energetico a scala urbana; il tutto assecondando le esigenze degli attori coinvolti che dovranno convergere in un adeguato quadro di conoscenze inserito in una altrettanto adeguata struttura logica del sistema *Energy Web*.

La struttura concettuale di *Energy Web*

Si riassume, alla luce delle considerazioni sin qui fatte, l'obiettivo della ricerca. Sviluppare *Energy Web*, una metodologia/strumento interdisciplinare, in grado di condividere un quadro di conoscenza reale sullo stato di fatto energetico urbano inserendolo all'interno di un sistema di cooperazione e condivisione multi-attore a livello della città. L'intento di tale integrazione è produrre conoscenza condivisa ed elicitare processi di intelligenza collettiva per una gestione intelligente delle politiche energetiche, la promozione di azioni di retrofitting urbano, l'incoraggiamento di modelli di comportamento sociali virtuosi.

Per rendere effettiva questa visione, la struttura concettuale di *Energy Web* (fig. 1 nella pagina successiva) è imperniata sulla interconnessione dinamica di due strati conoscitivi tra loro distinti, ma interconnessi in un meccanismo ciclico di *re-design*. Essi sono:

- la costruzione di un quadro di conoscenze condiviso sulla città e sul suo comportamento energetico a livello urbano;
- la condivisione e comunicazione della conoscenza all'interno di un processo collaborativo di dialogo e confronto, in grado di generare nuova conoscenza collettiva.

I due strati sono tra loro interconnessi in modo che le informazioni contenute nel “quadro di conoscenze condiviso” siano a loro volta continuamente integrate dalla “nuova conoscenza” generata dal processo collaborativo.

Il primo strato (conoscenza condivisa della città) si basa sull'interazione di due strutture di dati. Una è il “*City Model*” che fa riferimento al piano fisico quale elemento conoscitivo digitale multi-livello degli aspetti geometrici e materici che va dalla struttura morfologica della città, alle caratteristiche dimensionali e materiali dei suoi edifici. La seconda è il “*City Sensing*”, che si riferisce al piano energetico e delle componenti sociali ovvero “il flusso di informazioni sui fenomeni legati ai consumi e le dispersioni di energia dei singoli edifici, agli usi e le abitudini delle diverse famiglie.”¹ L'integrazione reciproca del *City Model* e del *City Sensing* genera il “*City Energy Model*,” una struttura di dati rielaborati in informazioni sullo stato energetico urbano e si frappone come elemento di filtro, connessione e condivisione tra la base di conoscenza e l'utenza multi-attore.

¹ Massimiliano Condotta e Giovanni Borga, “Sensing’ the city model to improve effectiveness of digital resources,” *Territorio Italia. Governo del Territorio, Catasto, Mercato immobiliare*, anno XII, n. 2 (2012), 85-93. (Roma: Agenzia delle Entrate).

Il secondo strato (condivisione, comunicazione e processo collaborativo) riprende la struttura di dati del *City Energy Model* e la mette a disposizione dei portatori di interessi. All'interno di un processo collaborativo, essi rielaborano e utilizzano tali informazioni generando nuova conoscenza.

L'interazione di questi due livelli genera lo "*Smart Energy Model*," lo *step* finale dell'intera struttura concettuale, ma peraltro coincide con l'inizio del processo che si viene ad innescare nel mondo reale.

I prossimi paragrafi sono dedicati alla descrizione dei singoli elementi che compongono la struttura logica del progetto.

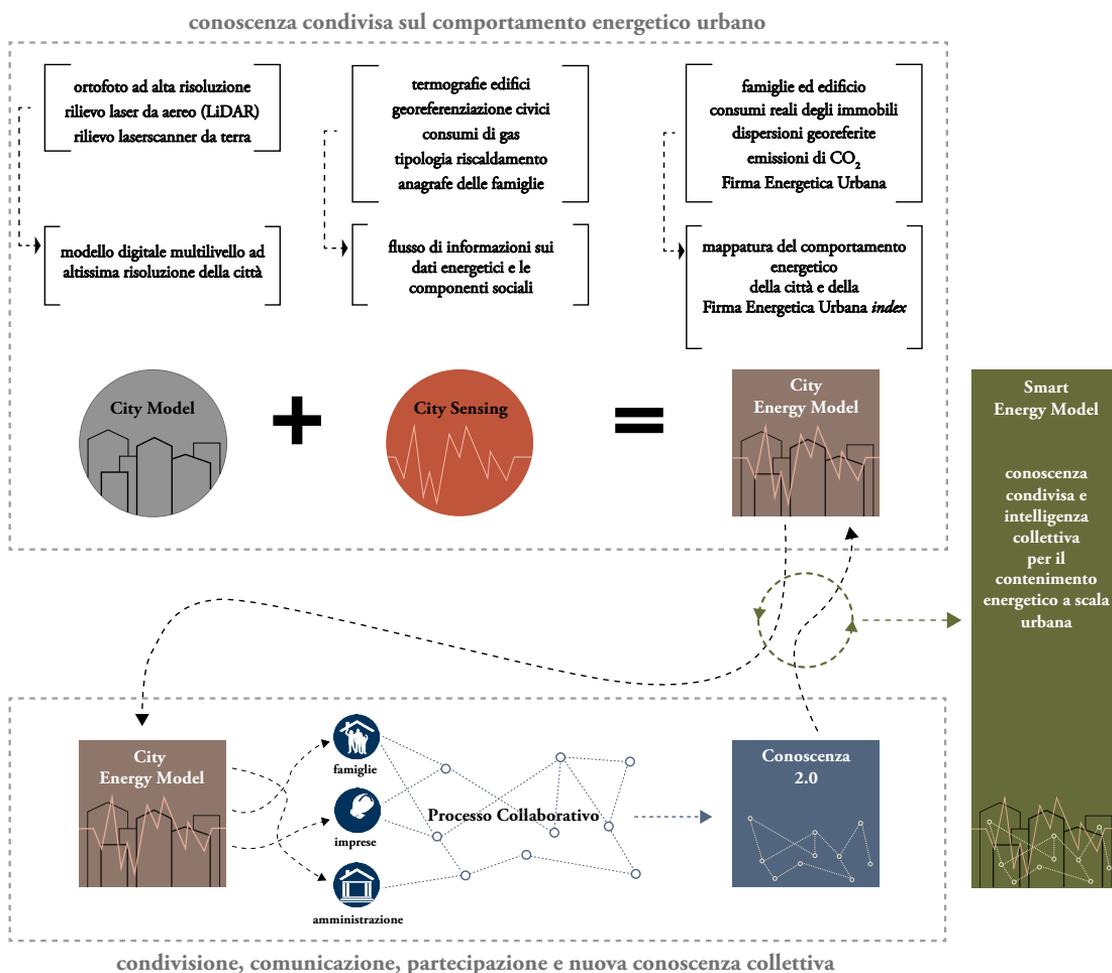


Fig. 1. Diagramma dello schema concettuale di *Energy Web*

Il *City Model*

In “Shaping Things,” spiegando come la forma che possiamo dare agli oggetti possa influenzare ed essere influenzata dal nostro modo di interagire con loro, Sterling² scrive: “a volte mi serve veramente un oggetto, ‘the thing qua thing,’ l’entità stessa, fisicamente lì, a portata di mano. Molte altre volte invece, in molti momenti decisionali cruciali, mi trovo più a mio agio con una rappresentazione di tale oggetto.”³

Il punto centrale del concetto di *City Model*, chiaramente evidenziato da Sterling, è la possibilità di mettere a disposizione di una comunità una rappresentazione della realtà tridimensionale ed estremamente dettagliata in modo interattivo. La possibilità di condividere un modello di un organismo urbano caratterizzato da un’altissima densità informativa e di potere integrare un quadro di conoscenze condiviso con contributi offerti da sensibilità diverse, in momenti e luoghi diversi, è un’opportunità inedita di operare in modo collaborativo alla costruzione di scenari evolutivi e di sviluppare progettualità e azioni migliorative per la città e il territorio.

Da questo punto di vista il concetto di *City Model* è fortemente legato alla dimensione sociale dell’informazione e per questo motivo costituisce un elemento fondante di *Energy Web* che sulla condivisione e partecipazione basa gran parte delle scelte progettuali.

City Model è inoltre un elemento informativo che trae significato pieno dall’integrazione con i dati di *Sensing*. Si intuisce come *Model* e *Sensing* siano termini da considerare nella loro valenza più ampia. Come si avrà modo di comprendere meglio continuando la lettura, si tratta di due componenti informative che acquistano un particolare valore aggiunto nella loro integrazione: da un lato (*Model*) le informazioni sulla forma fisica della città, dall’altro (*Sensing*) le informazioni sulle dinamiche che si verificano nel contesto urbano e che possono essere determinate dalle attività dell’uomo e della natura. Più concretamente, le informazioni che costituiscono il *City Model* ci restituiscono una rappresentazione statica per quanto estremamente dettagliata della città, mentre le informazioni del *City Sensing* registrano quanto avviene all’interno di essa e come essa risponda alle diverse sollecitazioni. Il primo ha come caratteristica principale la tridimensionalità e l’altissima risoluzione, il secondo invece i flussi di dati in tempo reale, i monitoraggi

2 Michael Bruce Sterling (Brownsville, 14 aprile 1954) è un autore di fantascienza statunitense, che si è dedicato anche alla scrittura di saggi sulla forma degli oggetti. Collabora al mensile *Wired*.

3 Bruce Sterling, *Shaping Things*, (Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2005).

successivi e i giacimenti informativi a manutenzione costante e garantita.

Tornando ora al concetto di *City Model*, il saggio di Sterling sopra citato fa esplicito riferimento al supporto creativo che i modelli digitali possono apportare ai processi di *problem solving*. Si comprende il motivo per cui si è accennato nel capitolo introduttivo il concetto del *problem solving*. L'esperienza in questo campo di chi scrive ha permesso di contribuire allo sviluppo di *Energy Web*. L'intera struttura concettuale può essere infatti considerata un processo di *problem solving*, oltre che, come descritto in precedenza, essere basata sul *re-design*, in un sistema ciclico di produzione di conoscenza per l'efficienza energetica urbana.

Il modello digitale come supporto creativo quindi, dove le nuove tecnologie, basate su sistemi laser-scanner, offrono l'opportunità di "sviluppare un nuovo modello di 'codice'⁴ globale digitale per la città moderna"⁵ potendo disporre non più solo di semplici mappe tematiche, ma di dati geometrici che descrivono l'aspetto fisico della città molto dettagliati e precisi, cioè una rappresentazione digitale del contesto urbano, una simulazione tridimensionale, georiferita e fedele della realtà. Un sistema di conoscenza multi-livello del piano fisico della città, costituito dalla sovrapposizione di più strati informativi che generano un modello digitale in formato di nuvola di punti ad alta risoluzione e georiferito, integrato con livelli informativi ancillari come le carte numeriche o altri sistemi informativi "tradizionali." Il modello, utilizzabile in strumenti CAD così come in strumenti GIS, può essere usato per dedurre svariate informazioni con una precisione molto elevata. Ad esempio per calcolare la quantità e l'estensione delle superfici disperdenti dei fronti edilizi di una via, ottenere sezioni orizzontali e verticali di interi comparti urbani, calcolare il volume dei vari edifici, disporre di un modello preciso di dettagli costruttivi, ma anche di estrarre parametri di uso del suolo a scala urbana.

La qualità del modello così ottenuto è di molto superiore di quella degli esistenti modelli 3D basati su *mesh* (come quelli ad esempio utilizzati in *Google Earth*) rendendo possibile collegare un insieme di informazioni legate all'uso della città - il *City Sensing* - non più a schematizzazioni dell'insieme urbano, ma ad un "substrato particolarmente ricco, dettagliato e aggiornato di informazioni come finora mai ottenuto:"⁶ il *City Model*.

4 Per "codice" si intende in questo passaggio un insieme di nozioni ed informazioni sull'insieme delle corrispondenze urbane.

5 Massimiliano Condotta e Giovanni Borgia, "Sensing' the city model to improve effectiveness of digital resources."

6 Massimiliano Condotta e Giovanni Borgia, "Sensing' the city model to improve effectiveness of digital resources."

Il *City Sensing*

Il concetto di “*Sensing*” nella sua definizione generica, fa riferimento a tutte le operazioni orientate ad acquisire conoscenza sugli elementi di carattere “dinamico”⁷ che insistono sul contesto urbano con l’obiettivo di integrare le informazioni del *City Model* e ottenere la migliore rappresentazione possibile della città.

È evidente che il *City Sensing* deve essere declinato alla specifica tematica affrontata, ovvero, nel nostro caso, quella dell’efficienza energetica. Come già accennato nei paragrafi precedenti, in *Energy Web* il *City Sensing* si riferisce al piano energetico e delle componenti sociali ovvero il flusso di informazioni sui fenomeni legati ai consumi, alle dispersioni di energia dei singoli edifici e agli usi/abitudini delle diverse famiglie. Il modello integrato di conoscenza mira infatti a ricostruire le dinamiche di questi fenomeni ed ad associarle con la base di dati del *Model*. Considerare le dinamiche significa di fatto voler comprendere le variazioni di alcuni aspetti della città nel tempo; ovvero strutturare un modello conoscitivo che possa gestire dati e informazioni sui cambiamenti che caratterizzano gli aspetti di interesse. In un modello astratto (non contestualizzato da precise tematiche) il *City Sensing* può essere distinto in tre classi di informazioni in base alla loro modalità di aggiornamento che è poi conseguenza diretta della natura stessa dei dati.

La prima classe di informazioni è quella alimentata da flussi in tempo reale. Ad esempio i più tipici sono la temperatura, l’umidità, l’andamento del livello di inquinamento acustico di una strada, il traffico veicolare. Questa tipologia di livelli informativi è ottenibile per lo più mediante l’utilizzo di sensori connessi in rete.

La seconda classe di informazioni è invece caratterizzata da monitoraggi successivi e dalle relative elaborazioni finalizzate ad analisi multi-temporali. Appartengono a questa categoria i livelli informativi ottenibili mediante procedure di elaborazione, anche complesse, applicate a dataset acquisiti con cadenza periodica (es. *change detection* o consumi energetici desunti dalle banche dati dei fornitori di energia, calcolo di indicatori e trend).

La terza classe di livelli informativi si costituisce di giacimenti informativi, correttamente mantenuti e strutturati, per i quali la rapidità di aggiornamento non è elemento caratterizzante. Un esempio piuttosto chiaro è offerto dai *dataset* analogici che riportano i dati sugli abitanti di un comune. Si tratta di set di informazioni solidamente strutturate e alimentate con protocolli standardizzati e

⁷ “Dinamico” in contrapposizione al carattere “statico” degli elementi trattati dal *Model* che sono invariabili nel breve periodo.

collaudati ma che, per natura dei processi dai quali dipendono, possono in genere essere aggiornati ad intervalli periodici e non in tempo reale. Va tuttavia ricordato che in questi casi, l'aggiornamento in tempo reale del dato, non è requisito imprescindibile pertanto assume maggiore importanza la definizione di un protocollo efficace e sicuro di allineamento delle banche dati provenienti dalle diverse fonti.

I dati del *Sensing* sono quindi gli elementi che “animano” il modello digitale della città dando origine ad una rappresentazione integrata. Con le tecnologie a nostra disposizione è possibile rendere esplorabile questa rappresentazione, a piccola scala o in dettaglio, in modo interattivo e amichevole, stimolando lo scambio di conoscenza e di istanze progettuali tra soggetti appartenenti ad una stessa comunità.

Il *City Energy Model* e il *FEU Index*

City Model e *City Sensing* sono strutture di dati utilizzabili in svariati ambiti tematici. Uno di questi è l'energia, ma anche la mobilità, la sicurezza, ed altro ancora. Le informazioni che contengono – se opportunamente declinate ad una specifica tematica e ad uno specifico obiettivo, che risponda alle relative esigenze informative dei portatori di interessi e di diritti – possono quindi essere utilizzate a supporto delle diverse esigenze che la gestione della complessità urbana comporta. *City Energy Model* è il risultato della loro declinazione orientata al tema energia, con l'obiettivo di creare una struttura di informazioni condivise sul comportamento energetico della città. È il risultato della fusione di dati appartenenti a domini diversi e il suo risultato genera nuova conoscenza sul comportamento energetico della città. I dati dei consumi, delle dispersioni, dei comportamenti sociali, che compongono il *City Sensing*, sono informazioni che “animano” il modello digitale “statico” della città (il *City Model*) dando origine ad una rappresentazione integrata di informazioni orientata allo studio dei comportamenti energetici urbani. Le informazioni che contiene consentono di prendere coscienza della reale condizione del rapporto *città e energia*, mentre i diversi attori sono messi nella condizione di poter contribuire con le proprie competenze, comportamenti e responsabilità, al miglioramento del trend energetico della città intera.

Il *City Energy Model* è una struttura di informazioni sui consumi di energia di ogni singolo edificio, sulle loro emissioni di CO₂, sulle dispersioni attraverso l'involucro edilizio, sul loro livello di densità abitativa, sulle abitudini ed usi delle famiglie nell'usare l'energia e le fonti alternative.

Quello appena descritto restituisce una struttura di informazioni multi-livello di forte utilità, ma sempre rappresentata da singoli fattori. L'uso di questo insieme di conoscenza per gestire le problematiche della complessità urbana rischia quindi di non discostarsi dal *piece-meal approach* che ci si era proposti di superare. Per andare oltre questo limite, e convergere verso un approccio integrato, la presente ricerca ha sviluppato una metodologia innovativa,⁸ di correlazione dei diversi fattori che influiscono sul comportamento energetico degli edifici e quindi della città. Si tratta dell'*Indice di Firma Energetica Urbana*. Un indice che grazie alle sue caratteristiche – che verranno illustrate in dettaglio nel capitolo 11 – misura l'“inefficienza energetica” dei vari edifici in relazione al contesto urbano a cui appartengono, ma allo stesso tempo diviene un indicatore dell'“efficientamento potenziale residuo.” Il risultato è uno strumento fondamentale per comprendere sia il reale impatto che ogni singolo edificio ha sui consumi urbani e sulle emissioni all'interno della città, ma anche una mappatura dell'efficientamento potenziale residuo che individua dove sia possibile attuare interventi di efficientamento per ridurre i consumi energetici a livello urbano.

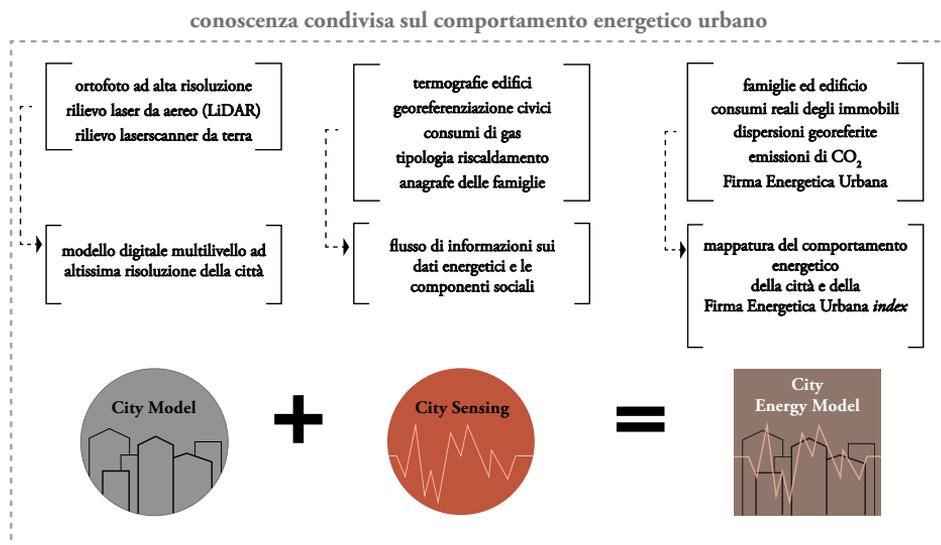


Fig. 2. Schema della struttura concettuale di *Energy Web* relativa alla parte di costruzione del quadro di conoscenza sul comportamento energetico urbano.

⁸ Come più avanti descritto nel capitolo 15, non ci risulta esistano studi o sperimentazioni analoghi a quanto fatto con il presente lavoro.

Il processo collaborativo e conoscenza 2.0

City Energy Model racchiude informazioni che nel sistema *Energy Web* sono esplorabili, a piccola scala o in dettaglio, in modo interattivo e amichevole, stimolando lo scambio di conoscenza e di istanze progettuali, tra soggetti appartenenti ad una stessa comunità suddivisi in tre diverse figure: famiglie, amministrazione, imprese. Un approccio 2.0 che permette di migliorare l'incontro tra domanda e offerta, promuovere nuove opportunità, ma anche fornire servizi e prodotti in modo trasversale sviluppando sinergie tra settori della comunità locale.

Si viene a creare in questo modo un processo in cui, i portatori di interessi e di diritti, non sono solo fruitori/fornitori di informazioni e dati, ma divengono parte attiva e produttori di conoscenza. Un ecosistema sociale urbano all'interno del quale la comunità acquisisce gli elementi conoscitivi fondamentali per comprendere lo stato urbano, per raggiungere la consapevolezza del sistema città, del suo comportamento energivoro, ma soprattutto per prendere coscienza che il cittadino stesso può e deve contribuire al miglioramento energetico.

Peraltro, l'aspetto più importante di questo approccio, è il contributo che la comunità attiva, composta da tutti gli attori coinvolti e non solo dai cittadini, può apportare alla informazioni esplorabili attraverso il sistema *Energy Web*. Il risultato della partecipazione attiva, basata sulla conoscenza esplicita (*expert knowledge*) del *City Energy Model*, è la conoscenza inedita (*common knowloedge*), collaborativa, partecipativa; in una parola, *Conoscenza 2.0*. Un bagaglio di informazioni preziose che nel modello concettuale di *Energy Web* – basato sul *re-design* – viene valorizzato. La *Conoscenza 2.0* prodotta, torna ad implementare le strutture di dati di partenza in un processo ciclico di continuo arricchimento e crescita.



Fig. 3. Schema della struttura concettuale di *Energy Web* relativa alla parte di condivisione, comunicazione e partecipazione verso la *Conoscenza 2.0*.

Lo *Smart Energy Model*

Più volte si è fatto riferimento in questo capitolo al termine *model*. Sin qui è stato inteso come la “rappresentazione di qualcosa.” Il *City Model* come riproduzione tridimensionale della città fisica; il *City Energy Model* come la rappresentazione dello stato di fatto energetico e delle componenti sociali della città. Ma vi è un altro significato del termine: quello di esempio da seguire e da imitare. Con questa diversa accezione, *Smart Energy Model*, incarna il risultato dell’interazione tra la conoscenza interdisciplinare che, resa accessibile e condivisa, si integra ed interagisce con la *Conoscenza 2.0*. Lo *Smart Energy Model* è quindi l’insieme delle esperienze intelligenti, delle buone pratiche di governo e sociali che grazie alla metodologia *Energy Web* possono trovar voce all’interno del sistema città e trasformarsi in risparmio energetico e in uno sviluppo più *smart*.

Conclusioni. Verso il laboratorio *Energy Web Feltre*

La struttura logica sin qui descritta è funzionale al raggiungimento dell’obiettivo del progetto. Come descritto nel Capitolo 2, è di sviluppare uno strumento, *Energy Web*, in grado di integrare un quadro di conoscenza il più reale e attendibile possibile sullo stato di fatto energetico urbano all’interno di un sistema di cooperazione e condivisione tra la pluralità di soggetti coinvolti nel sistema città. Tale integrazione genera *Conoscenza Condivisa* e *Intelligenza Collettiva* in grado di supportare un gestione intelligente delle politiche e delle azioni da attuare e di promuovere modelli di comportamento sociali virtuosi.

Il primo *step* dell’attività di ricerca è stato dedicato all’attività di studio e analisi delle esperienze in corso e dei vari contesti di riferimento. I risultati di queste analisi hanno restituito lo stato dell’arte sull’attuale legislazione, sullo scenario reale e sulle esigenze delle città attuali, sulle tendenze e i bisogni delle componenti sociali. Utilizzando questi risultati come base di partenza, il secondo *step* – descritto in questo capitolo – ha riguardato la teorizzazione di una struttura concettuale sulla quale basare lo sviluppo del progetto *Energy Web*. Il risultato è la sequenza logica degli elementi descritti in queste pagine e rappresentato anche in forma di diagramma nella figura 1. Tale struttura ha fatto quindi da guida a tutte le attività di progetto. Su di essa è modellata la struttura del testo delle prossime pagine, dedicando un capitolo ad ognuno degli elementi qui introdotti.

Parte III

Il laboratorio *Energy Web Feltre*

I capitoli della parte precedente hanno riguardato la concezione della struttura concettuale del sistema *Energy Web*. I prossimi riguardano la sua trasformazione in metodologia da applicare a casi reali. Il progetto prevede l'uso di modelli e strumenti sinora mai testati. Per tale motivo, il suo sviluppo ha richiesto una fase di ricerca sperimentale. L'occasione è stata il caso studio di Feltre.

Nei prossimi capitoli si tratta di questa ricerca sperimentale e sono descritti in modo dettagliato i vari componenti della struttura concettuale di *Energy Web* precedentemente illustrati.



La Cittadella di Feltre, foto di di Elisa Zatta, 2012.

8. Il prototipo *EWF* (*Energy Web Feltre*)

Lo sviluppo attraverso il
laboratorio progettuale di Feltre

Come anticipato nell'introduzione di questa Parte III, l'occasione per sviluppare, testare e migliorare la metodologia *Energy Web* è stata la sua applicazione al caso studio di Feltre, nel contesto di due distinti progetti di ricerca. Il progetto "*Energy Web Feltre*" - un'iniziativa di ricerca ideata dallo Iuav e finanziata dalla Fondazione per l'Alta Cultura in Provincia di Belluno - e il progetto transfrontaliero "*Urban Energy Web*" - finanziato all'interno del programma Interreg IV Italia-Austria.

Il presente capitolo presenta quello che è divenuto un vero e proprio laboratorio progettuale dedicato allo sviluppo del prototipo *Energy Web*. Sono di seguito illustrati il contesto urbano di Feltre e i due progetti sopra citati.

L'area studio di Feltre

La città di Feltre ed in particolare il suo centro storico hanno rappresentato un contesto laboratoriale ottimale. Il territorio infatti è già oggetto di una pluralità di progetti di ricerca e sperimentazioni nell'ambito delle attività che l'Università Iuav di Venezia e appunto il corso di dottorato *NT&ITA* hanno condotto tramite il braccio operativo del suo Spin-off UniSky. Si tratta di fatto di un "territorio adottato," un contesto fisico, una amministrazione sensibile e una comunità pro-attivamente coinvolte nello sviluppo di soluzioni innovative per il futuro della città. Usando la terminologia tipica dei progetti di ricerca, Feltre è un *pilot case* collaudato e rappresenta quindi un *test bed* ideale per le ricerche che – come *Energy Web* – sono allo stesso tempo sperimentazione e sviluppo.

La particolarità morfologica del centro urbano di Feltre può sembrare limitare la sperimentazione ad un caso peculiare ed isolato. In realtà, ricordando le considerazioni fatte nel Capitolo 5, Feltre è un caso studio esemplare. La gran parte delle città italiane ed europee sono caratterizzate da un tessuto edilizio - come lo è il tessuto urbano di Feltre – concepito, costruito e sviluppatosi in un "epoca energetica" diversa da quella attuale, oramai da considerarsi non più sostenibile. La città presenta infatti un patrimonio edilizio di valore storico e artistico di grande interesse, una parte di edificati che risalgono alla fine del '800 ma anche un tessuto edilizio di recente espansione costruito nella seconda metà del '900.

Questa ricchezza è dimostrata dalla sua storia. Cittadina principale del Feltrino, è situata nella provincia di Belluno, a ovest del fiume Piave e alle pendici delle Dolomiti, in particolare delle Vette Feltrine. L'insediamento più antico della città – chiamato la "cittadella" – è cinto da mura e si sviluppa lungo le pendici del "Colle delle Capre." Di origine paleoveneta e retica, "Feltria" diventò Municipium di Roma a partire dal II secolo a.C. e conobbe un notevole sviluppo grazie alla vicinanza alla via Claudia Augusta, che partendo da Altino giungeva in Baviera. Con la caduta dell'Impero e le invasioni di Unni e Goti la città subì un rilevante impoverimento, fu distrutta e ricostruita diverse volte. A testimonianza della successiva dominazione Longobarda rimane il castello denominato "di Alboino", sulla sommità del colle. Sotto il forte potere episcopale divenne libero comune e tra il XIII e il XIV secolo fu assoggettata a diverse signorie, in particolare a quella dei Carraresi, per sfuggire alla mire dei quali nel 1404 si donò alla Repubblica di Venezia e sotto di essa conobbe uno stato di pace fino al periodo della guerra della Lega di Cambrai. La ricostruzione che ebbe luogo dal 1512 permise alla città di fiorire nuovamente a livello non solo economico ma anche architettonico, con la



Fig. 1. La città di Feltre vista dal lato sud della vallata e sullo sfondo le alpi. Foto di Elisa Zatta.



Fig. 2. La piazza della “cittadella” di Feltre.

costruzione dei palazzi che ancora esistono lungo le vie principali del centro storico. In seguito alla caduta di Venezia passò in mano francese e fu occupata dagli Austriaci. Nel 1866 fu annessa al Regno d'Italia.

L'ultima tappa dello sviluppo della città è quello tipico di tutte le cittadine storiche italiane. Una forte espansione avvenuta in modo disordinato e con edilizia povera a partire dal secondo dopoguerra. Ma anche questa è città, edifici da riscaldare, da raffrescare, da far funzionare.

È evidente da questa breve descrizione come Feltre rappresenti un *test bed* ideale, che rispecchia fedelmente le considerazioni fatte nel Capitolo 5 sulla città intesa come “sistema di sistemi”. Incarna anche il caso tipico di applicazione delle normative descritte nel Capitolo 4 e soprattutto della Direttiva 2012/27/UE dove il concetto di *ristrutturazione* combacia in modo perfetto con le esigenze della città. Questo aspetto risalta in modo ancor più evidente se si considera un'iniziativa *smart*, molto importante, attuata dall'amministrazione di Feltre, che ha deciso di attuare una politica di freno del consumo di suolo puntando sul recupero di aree già urbanizzate.

Feltre è dunque un luogo dove è necessario intervenire con progetti di retrofitting urbano e politiche di *energy saving* sia a livello del singolo edificio sia a livello di comparto urbano. Una sfida difficile considerando la complessità intrinseca della città, nella quale l'obiettivo del miglioramento delle performance energetiche a livello urbano può venir perseguito tenendo costantemente sotto controllo non solo gli aspetti puramente energetici, ma anche i valori morfologico-insediativi, storici e socio-culturali della città. Un caso studio ideale per sviluppare in modo applicato la metodologia *Energy Web*.

Il progetto *Energy Web Feltre*

Le attività di indagine, rilievo e sviluppo, che saranno descritte a partire dal Capitolo 9, finalizzate a trasformare la struttura concettuale di *Energy Web* in un prototipo funzionante, sono state svolte all'interno dei due progetti di ricerca applicata prima citati e che saranno di seguito illustrati. Il modo migliore per descrivere il funzionamento della metodologia/sistema *Energy Web* è quello di raccontarlo tramite le attività che nei due progetti sono state svolte. In questo capitolo sono sinteticamente descritti questi progetti, mentre a partire dal prossimo, saranno spiegati il lavoro, i ragionamenti e le soluzioni attuate nel caso applicativo *EWf* (*Energy Web Feltre*).

L'idea di *Energy Web* nasce nel novembre 2010, ma si concretizza e diffonde all'interno della scuola *NT&ITA*¹ nei primi mesi del 2012, in coincidenza con l'inizio del percorso di dottorato. I primi mesi del 2012 sono serviti non solo per iniziare a sviluppare gli aspetti teorici e metodologici ma a progettare e programmare iniziative di applicazione reale. La svolta è stata l'accordo con la Fondazione per l'Alta Cultura in Provincia di Belluno,² che esaminata la nostra proposta ha deliberato di cofinanziarla assieme a Iuav. In particolare la Fondazione ha contribuito ai costi delle attività di rilievo e indagine svolte direttamente nel territorio. Iuav, tramite il gruppo di ricerca *NT&ITA*, e lo Spin-off UniSky ha sviluppato le fasi di ricerca e sviluppo, che chi scrive ha avuto il piacere di coordinare.

Essenziale è stato anche il contributo dell'amministrazione della Città di Feltre che – usando le parole dell'Assessore all'ambiente Valter Bonan – “ha dato il suo appoggio, pieno contributo e collaborazione all'iniziativa *Energy Web Feltre*.”³

In questo contesto favorevole, si è quindi potuto trasferire sul campo *Energy Web* – divenuto quindi *EFW (Energy Web Feltre)* – in un processo di “sviluppo in corso d'opera” caratterizzato da un approccio circolare tipico del *problem solving*, nel quale i problemi riscontrati nella pratica operativa influenzano e ri-disegnano la struttura concettuale ipotizzata. Nell'autunno del 2011 sono iniziate le indagini sulle tipologie di dati disponibili mentre la parte operativa di raccolta e bonifica dei database acquisiti si è svolta durante tutto il 2012. Sempre nel 2011 sono state effettuate le campagne di rilievo che si sono concluse nei primi mesi del 2012. Essendo questa la prima sperimentazione reale, la zona di indagine è stata circoscritta alla parte centrale della città di Feltre (fig. 3). L'obiettivo era infatti di testare la metodologia ideata e una eccessiva mole di dati da elaborare avrebbe sposato molte energie su lavori di acquisizione, bonifica ed elaborazione dei dati trascurando la messa a punto delle metodologie operative.

Il progetto *EFW* – che può essere considerato la prima fase di sviluppo delle metodologie operative di *Energy Web* – si è concluso nei primi mesi del 2013 con risultati incoraggianti sia dal punto di vista dei risultati ottenuti che delle prospettive di ulteriore sviluppo.

1 La scuola di dottorato in “Nuove tecnologie e Informazione Territorio e Ambiente”.

2 La Fondazione è un ente senza fini di lucro la cui finalità è di promuovere e sostenere iniziative culturali e scientifiche nonché attività formative di alto profilo. [Www.unibl.it](http://www.unibl.it).

3 Valter Bonan e Paolo Perenzin, “Un progetto per la città,” a cura di Massimiliano Condotta, *Conoscenza condivisa e collaborativa della città e dello stato energetico a scala urbana*, (Giornale Università Iuav di Venezia) no. 129, (2013): 2.



Fig. 3. Vista aerea della città di Feltre. L'area tratteggiata delimita la zona della cittadella e la parte del centro storico sulla quale è stata circoscritta l'indagine nel progetto Energy Web Feltre.

Mentre il progetto entrava nella sua fase di sviluppo più importante, Iuav con il gruppo di ricerca *NT&ITA* e sempre in collaborazione con la Fondazione e la Città di Feltre, hanno colto un'altra opportunità per sviluppare ulteriormente il progetto. Si tratta del programma Interreg IV Italia - Austria per il quale il consorzio ha proposto un progetto di ricerca. Si tratta del progetto "*Urban Energy Web: conoscenza condivisa per il contenimento dei consumi energetici e sviluppo di energie rinnovabili a scala urbana.*" Il partenariato è composto, oltre che dallo Iuav e dalla Fondazione, anche dai partner Austriaci del "*Research Studios iSPACE,*" specialisti per la ricerca nel campo della geo-informatica applicata, e dal "*SIR,*" istituto salisburghese per pianificazione territoriale e l'edilizia.

Il progetto è stato scritto⁴ nel febbraio 2012 e, dopo l'iter di valutazione e approvazione, è iniziato nell'autunno del 2012; la sua conclusione è prevista per gennaio 2014. Questa nuova iniziativa, che è ancora in corso e si concluderà a gennaio 2015, ha dato l'opportunità di sviluppare ulteriormente *Energy Web*, garantendo i fondi necessari per estendere l'area di lavoro a tutto il comune di Feltre non limitandola alla sola parte del centro storico, ma anche per migliorare alcune soluzioni metodologiche e tecnologiche. Un'altra importante occasione che il programma Interreg offre è quella di poter testare la metodologia *Energy Web* anche

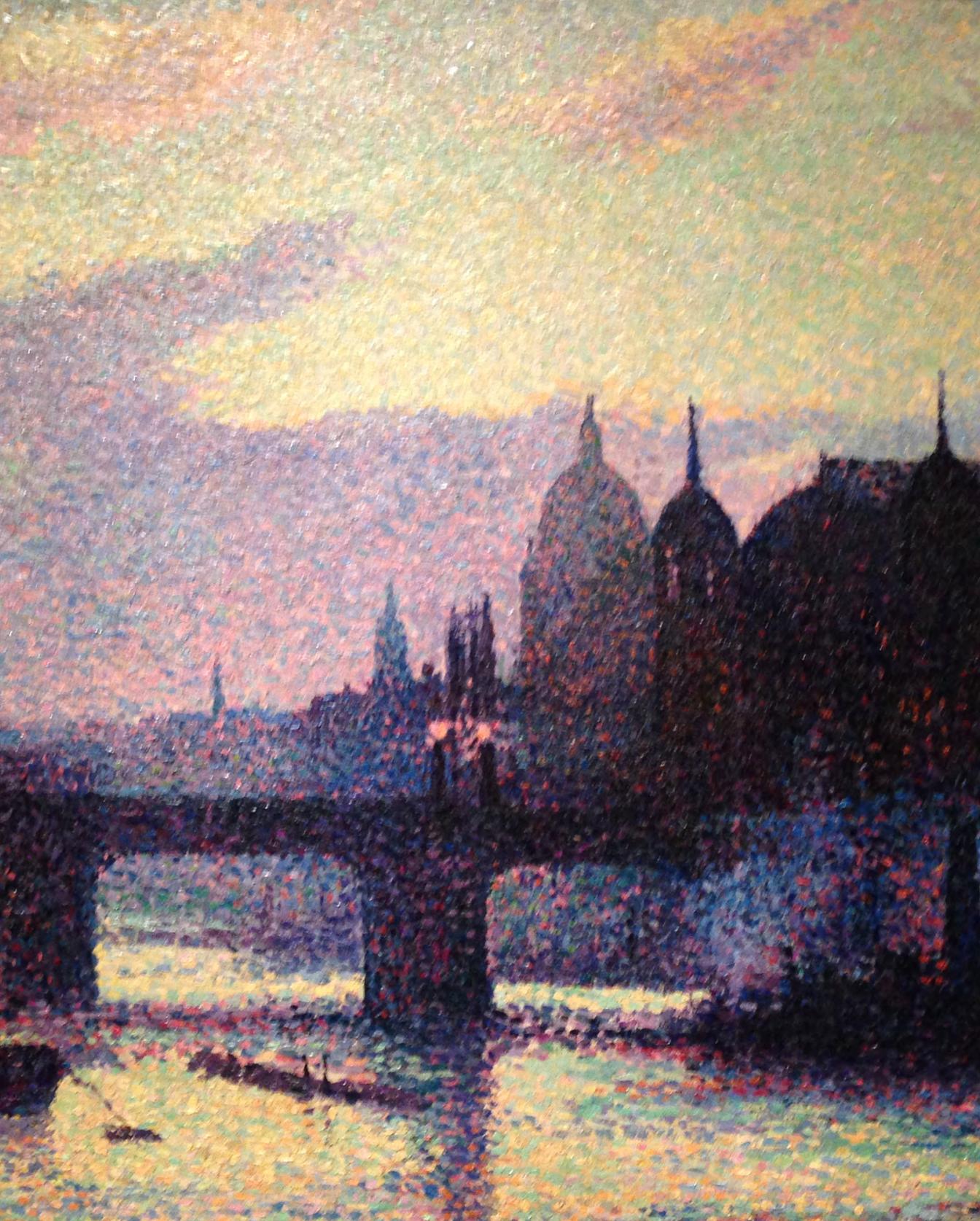
⁴ La fase di redazione del progetto come quella di coordinamento è stata curata da chi scrive

in altre realtà. Il programma prevede infatti che le attività di ricerca siano svolte anche nel territorio del Pinzgau Pongau, in Austria, e nello specifico nella città di Zell Am See. Ciò offre la possibilità di testare il sistema in un altro caso studio e quindi di astrarre il progetto dal caso specifico di Feltre verso la definizione di un sistema aperto e flessibile applicabile nei diversi contesti urbani. Quest'ultima fase di sviluppo è ancora in corso e nei prossimi capitoli si faranno quindi solo alcuni riferimenti al lavoro specifico fatto per il contesto Austriaco.

Le due sperimentazioni fatte a Feltre saranno invece, per semplicità, presentate come un'unica fase di ricerca sperimentale che ha coinvolto l'intero territorio Comunale della città di Feltre.



Fig. 4. Vista del lago Zell e della città di Zell Am See in Austria, regione del Pinzgau Pongau. © Stadtgem Zell Am See.



Maximilien Luce (1858-1941). *Vue De Londres (Cannon Street)*. Foto di M. Condotta.

9. Il *City Model*

Le operazioni di acquisizione dei dati e le procedure di elaborazione per la costruzione del *City Model*

Il *City Model* è “l’elemento conoscitivo digitale multi-livello degli aspetti geometrici e materici della città”. È costituito dalla sovrapposizione di un modello digitale formato da una nuvola di punti ad alta risoluzione e georiferito, con livelli informativi ancillari (come le carte numeriche o altri sistemi informativi “tradizionali”). La sua definizione – intesa sia come messa punto del concetto teorico – e la sua creazione – come ingegnerizzazione della sua costruzione – è stata applicata al caso di Feltre.

I paragrafi seguenti, facendo riferimento alla ricerca applicata su Feltre, illustrano sia i vari livelli informativi che costituiscono il *City Model* e sia il processo metodologico usato per fonderli ed integrarli generando la sua costruzione.

Il capitolo è quindi diviso in due sezioni, la prima dedicata alla fase di “acquisizione” dei dati (rilievi e utilizzo banche dati esistenti), la seconda dedicata alle operazioni di “elaborazione” degli stessi, finalizzate alla costruzione del *City Model*.

Le operazioni di acquisizione

Il *City Model* di *Energy Web* è un modello digitale multi-livello che integra, per l'appunto, livelli informativi di caratteristiche differenti. La sua costruzione avviene mediante la fusione di più tipi e categorie di dati: a) il rilievo in nuvola di punti ottenuto dal rilievo laser avionico; b) le immagini dell'ortofoto ad alta risoluzione ottenute dal rilievo aereo; c) numerosi modelli tridimensionali in nuvola di punti con colori reali ottenuti dai rilievi laser-scanner da terra; d) ulteriori livelli informativi ancillari.

Rilievo LiDAR

Tra le tecniche di rilievo utilizzate per generare modelli di aree urbane, un ruolo di grande importanza è assunto dai sistemi avionici quali i sistemi LiDAR.¹ Tali tipologie di rilievo 3D, associate a quelle condotte con analoghi sensori da terra, consentono di realizzare modelli di grande dettaglio anche se riferiti a estese aree edificate. Il rilievo LiDAR viene eseguito attraverso voli aerei dedicati che vedono l'impiego di aeromobili equipaggiati con sistemi laser, IMU²-GPS e dispositivi fotografici. Nel campo dei rilievi finalizzati alla costruzione del *City Model*, i voli LiDAR mirano a fornire modelli 3D delle coperture degli edifici – altrimenti non misurabili da terra – e modelli del suolo, delle strade, della vegetazione, con risoluzioni variabili tra 3 e 15 punti a mq.

Nel caso studio di Feltre, i rilievi avionici mediante dispositivo LiDAR hanno interessato l'intera area del centro storico, acquisendo nuvole di punti tridimensionali con densità variabile tra i 5 e i 15 punti/m², una risoluzione ottenuta con una quota di volo di circa 900m dal suolo. I dati, opportunamente elaborati e georiferiti attraverso stazioni GPS di terra, sono stati elaborati e classificati per estrarre informazioni metriche 3D utili per le finalità del progetto. Le nuvole di punti rappresentanti il modello complessivo dell'area scansionata, sono state suddivise in modelli tematici mediante l'estrazione ragionata di sottoinsiemi di dati ottenuti attraverso idonee procedure software e mirati algoritmi di classificazione basati sulle informazioni di rifrazione che l'oggetto al suolo ritrasmette al sensore laser. Tra i sottoinsiemi estratti, sono stati catalogati i punti quota del suolo "*Ground*" (utile per la produzione del modello digitale del terreno DTM), i

¹ Acronimo di *Light Detection And Ranging*.

² Con IMU, acronimo di *Inertial Measurement Unit*, si intende uno strumento in grado di misurare la velocità, l'orientamento e l'inclinazione di un aereo.

punti riconducibili alla vegetazione “*Vegetation*”, i punti appartenenti alle coperture degli edifici “*Buildings*” e i punti denominati “*OverGround*” rappresentanti la totalità dei punti acquisiti dal laser (fig.1, 2, 3).

Al fine di produrre un esaustivo modello delle aree d’interesse i dati LiDAR, elaborati e classificati, sono stati utilizzati per integrare il modello 3D dell’area urbana ottenuto dalle riprese terrestri, consentendo il completamento degli edifici altrimenti privi dei tetti non completamente rilevabili dal basso. Le tecniche d’integrazione dei dati provenienti dalle due piattaforme (terrestre ed avionico), vedono l’applicazione di procedure di elaborazione che mirano inoltre a migliorare l’accuratezza del dato avionico (10-15cm) sfruttando i dati laser terrestri, caratterizzati da ben più accurati livelli di accuratezza e di precisione topografica.

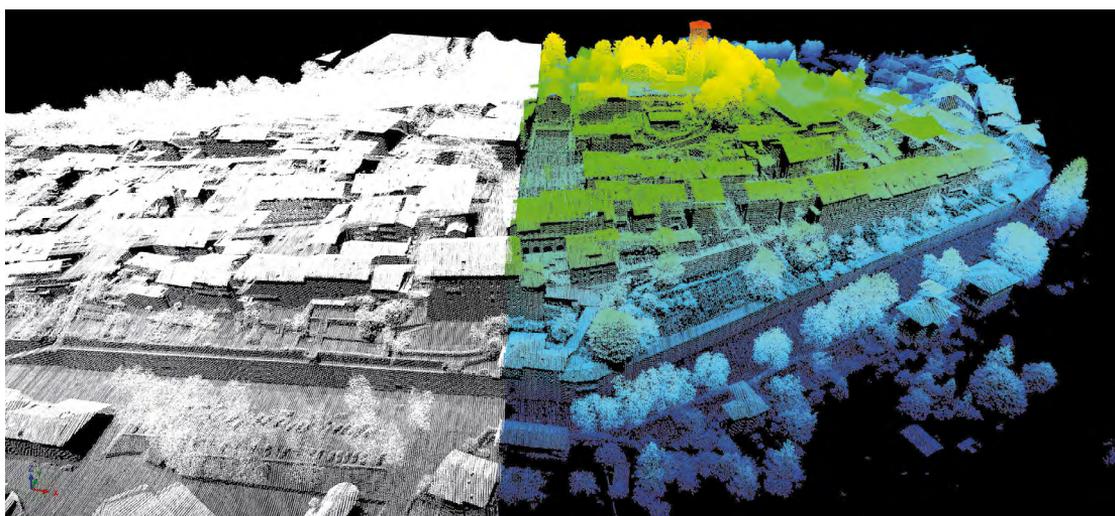


Fig. 1. Modello digitale in nuvola di punti ottenuto dal rilievo LiDAR. Nella parte a colori i vari punti sono stati colorati in base alla loro elevazione rispetto al suolo.

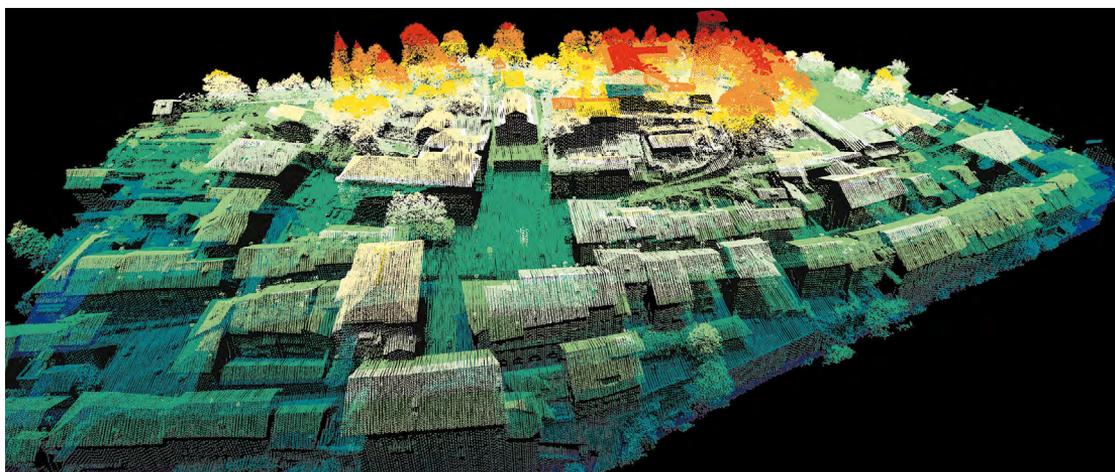


Fig. 2. Modello in nuvola di punti di parte del centro storico, ottenuto dal rilievo LiDAR.

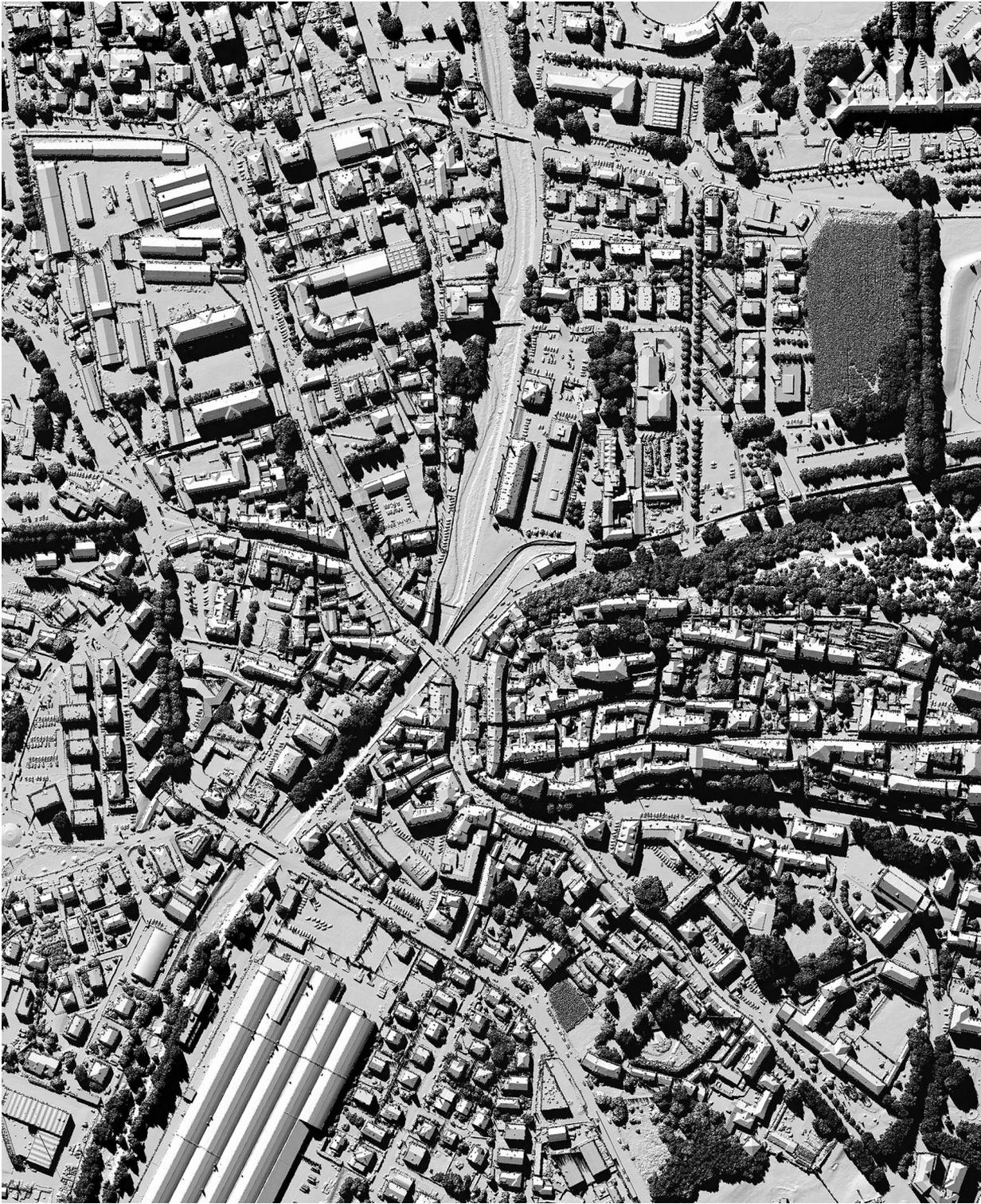
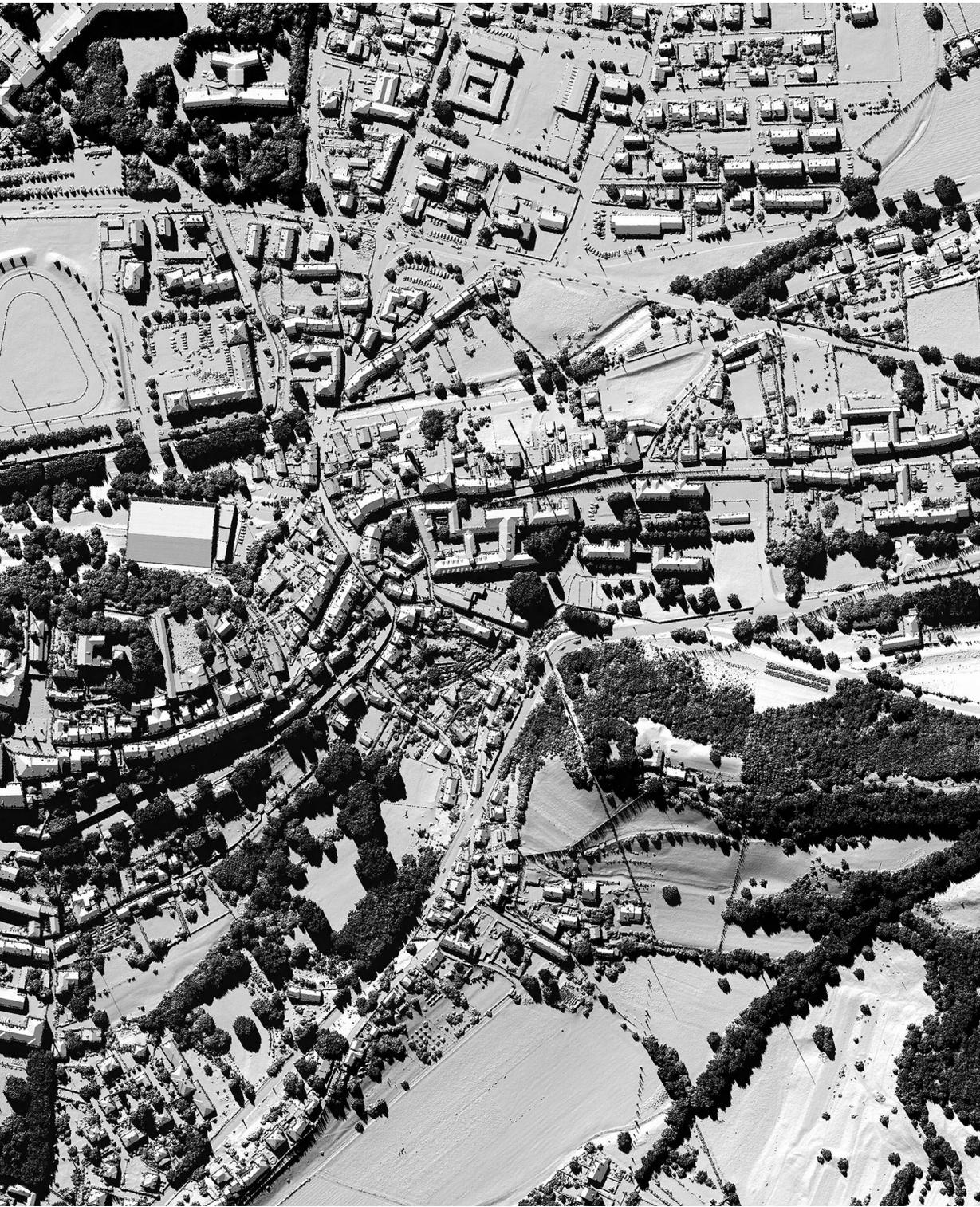


Fig. 3. Planivolumetrico del centro storico di Feltre generato da un rendering del modello digitale ottenuto dal rilievo LiDAR.



Ortofoto ad alta risoluzione

Contestualmente al rilievo LiDAR, oltre al rilievo laser, sono state prodotte immagini a colori reali utilizzando una camera fotogrammetrica digitale montata sulla stessa piattaforma aerea, che ha consentito di acquisire 170 fotogrammi ad una risoluzione di circa 39 Megapixel producendo una copertura ortofotografica dell'area della parte centrale della città di Feltre.

Il risultato è un ortofoto, cioè una fotografia aerea che è stata geometricamente corretta (tramite il procedimento di ortorettifica) e geocodificata in modo tale che la scala di rappresentazione della fotografia sia uniforme in tutti i settori, consentendo quindi di misurare su di essa le distanze reali tra gli elementi presenti sul territorio rappresentato. Si tratta sostanzialmente di uno dei prodotti della fotogrammetria aerea, una tecnica di rilievo che permette di acquisire dati metrici di un oggetto (forma e posizione) tramite l'analisi di coppie di fotogrammi che si sovrappongono in parte sfruttando il principio della stereoscopia. Esistono processi analoghi anche nella fotogrammetria terrestre che trova campo di applicazione principalmente nei rilievi dei prospetti architettonici di edifici e monumenti. Attualmente la fotogrammetria rappresenta una delle tecniche di acquisizione di dati riferiti ad un territorio tra le più affidabili, economiche e precise, consentendo di costruire una base di riferimento di immediata lettura sulla quale si costruiscono studi, analisi e progetti riguardanti gli assetti e le trasformazioni del territorio.

Le fasi operative per produrre un'ortofoto iniziano con il rilievo aereo (che comprende la pianificazione del volo, la taratura e calibrazione degli strumenti di bordo e la fase di volo e rilievo vero e proprio), segue poi la fase di post elaborazione delle immagini scattate durante il volo che comprende l'orientamento delle immagini per la ricostruzione del modello tridimensionale attraverso le tecniche stereoscopiche, il processo di ortorettifica e la restituzione degli oggetti grafici in forma numerica.

Nel rilievo di Feltre sono stati scattati 170 fotogrammi utilizzando una camera fotogrammetrica digitale Hasselblad H39 a bordo della piattaforma aerea DA42 *MPP (Multi-Purpose Platform)* e *GPS/IMU IGI AeroControl*³. In totale sono state effettuate 9 strisciate (fig. 4) acquisite ad una quota relativa di volo media di circa 400 metri per garantire una copertura di circa 255 ettari. Ogni strisciata ha un *footprint* al terreno di circa 400 metri e la distanza tra i centri di presa dei singoli fotogrammi all'interno della singola strisciata è pari a 110 metri garantendo quin-

3 Una descrizione dettagliata degli strumenti utilizzati è riportata in Appendice.

di una sovrapposizione tra i fotogrammi superiore al 75% e tra le strisciate del 60%; requisiti essenziali per garantire la stereoscopia e una accurata procedura di ortorettifica e mosaicatura.

I fotogrammi sono stati ortorettificati seguendo la procedura della triangolazione aerea di un blocco di immagini che ricostruisce l'orientamento interno ed esterno della presa e utilizzando il modello digitale del terreno acquisito contestualmente con il sensore laser (paragrafo precedente). In questo modo vengono eliminati gli effetti dovuti alla distorsione della lente e all'orientamento della macchina fotografica grazie all'utilizzo dei parametri di assetto del velivolo (acquisiti dalla *IMU/GPS* di bordo) e l'inserimento di opportuni *GCP* (*Ground Control Point*) da parte dell'operatore.

La risoluzione spaziale finale dell'ortofoto è pari a 5 cm/pixel ed è composto da singole immagini suddivise seguendo una tassellazione di forma quadrata di dimensione pari a 25 ettari (500 metri di lato).

La caratteristica finale del prodotto (fig. 5), data l'elevata risoluzione geometrica, consente di visualizzare e restituire con grande dettaglio tutti gli oggetti presenti sul territorio come le coperture degli edifici, i monumenti, le infrastrutture stradali e ferroviarie, i manufatti, le opere e gli arredi urbani, le aree a verde pubblico. Tecniche avanzate di classificazione consentono inoltre di estrarre informazione territoriale e ambientale con associato il database georiferito che consente di misurare e calcolare gli oggetti con un'elevata accuratezza geometrica.

A differenza delle riprese satellitari (come ad esempio le mappe di Google), l'ortofoto aereo offre quindi diversi vantaggi, tra cui una maggiore precisione (un ortofoto ad alta risoluzione ottenuto da satellite arriva a circa 50cm/pixel contro i 5cm/pixel dell'ortofoto aereo), e una maggiore precisione essendo rettificato contestualmente al rilievo laser.

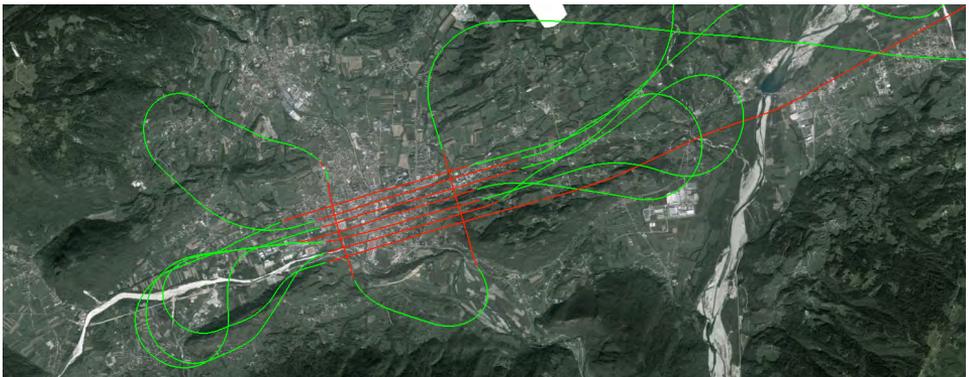


Fig. 4. Tracciato del volo aereo che è stato fatto per il rilievo LiDAR e ortofoto su Feltre. Le linee in rosso corrispondono ai tratti durante il quale i sensori erano accesi.



Fig. 5. Ortofoto realizzato del centro di Feltre.



Laser-scanner terrestre

Le tecniche di acquisizione laser scanning 3D da terra, chiamate *TLS* (*Terrestrial Laser Scanner*) consentono di ottenere una rappresentazione metrica ad alta risoluzione delle aree e degli elementi urbani come ad esempio edifici, viabilità, arredo, vegetazione. Le elevate prestazioni della strumentazioni laser utilizzate,⁴ consentono di rappresentare con grandissima precisione anche i più piccoli dettagli architettonici e strutturali degli edifici.

La campagna di rilievi eseguita a Feltre per *Energy Web*, ha visto l'utilizzo combinato della strumentazione laser sia in modalità statica (sensori montati su treppiedi) che in modalità dinamica (sensori montati su mezzi come *quad-bike* o autoveicoli.) Tali rilievi hanno consentito di formare un esaustivo modello tridimensionale delle aree di interesse, in formato di nuvola di punti. La risoluzione raggiunta con la modalità dinamica è dell'ordine dei 5-10 punti per dm² (in funzione della velocità del veicolo e della distanza tra il sensore ed il bersaglio), mentre con i rilievi statici, detti anche *Stop and Go*, il massimo del dettaglio possibile è di circa 10-50 punti per dm². Il modello ottenuto è arricchito con i valori di riflettenza dei materiali rilevati e con immagini fotografiche ad alta risoluzione, attraverso le quali è possibile conferire il valore RGB alle nuvole di punti (altrimenti monocromatica) e/o produrre ortofoto metriche ad altissima risoluzione.

Nel lavoro di Feltre, i rilievi hanno interessato l'area del centro storico della cittadella e la sua estensione verso sud. Quest'area urbana è caratterizzata da edifici di elevato pregio architettonico e per questo si è ritenuto opportuno progettare gli interventi di rilievo e le successive elaborazioni in modo da raggiungere il più alto dettaglio possibile. Sempre in quest'ottica, attraverso un preventivo coordinamento con l'amministrazione cittadina e con le forze di polizia, è stato possibile limitare, durante i rilievi, la presenza di traffico ed auto in sosta, consentendo agli operatori di realizzare un elevatissimo numero di riprese (alcune centinaia di scansioni) e di coprire con perizia tutte le facciate degli edifici di interesse, comprese le porzioni basali tipicamente più difficili da acquisire a causa degli ostacoli presenti.

Il risultato finale è la realizzazione di un modello tridimensionale ad altissima risoluzione, georiferito e metricamente corretto, delle superfici verticali degli edifici (prospetti), capace sia di rappresentare con grande accuratezza anche i più piccoli dettagli architettonici sia di supportare tutte le successive elaborazioni CAD o GIS.

⁴ Una descrizione approfondita della strumentazione impiegata è riportata in Appendice.



Fig. 6. La strumentazione laserscanner durante le fasi di rilievo a Feltre. Nell'immagine si può notare il sensore laser e la fotocamera reflex montato sopra di esso per registrare i colori reali degli elementi rilevati.

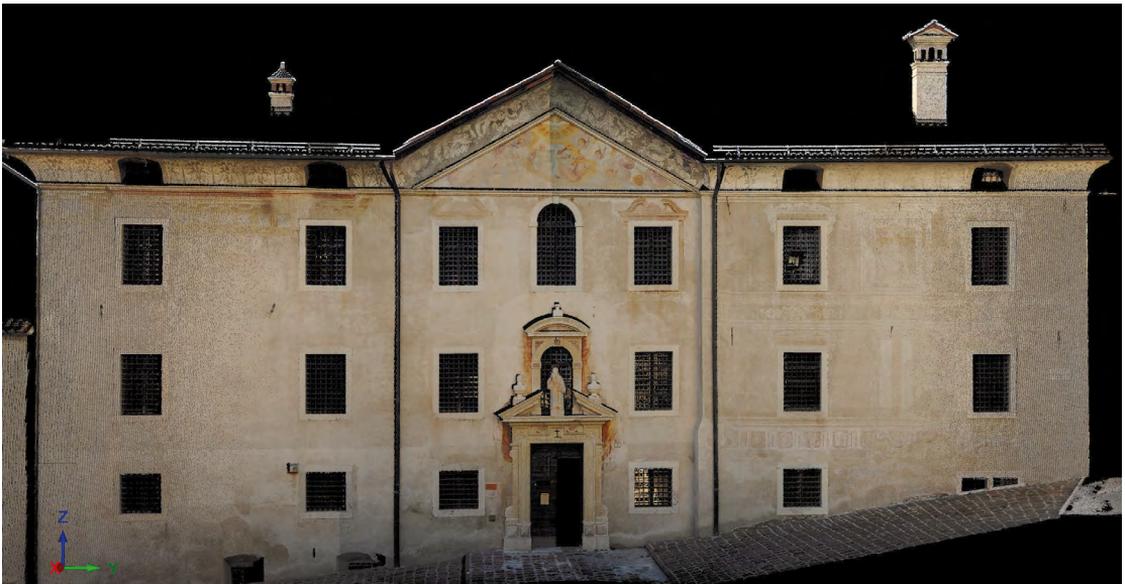
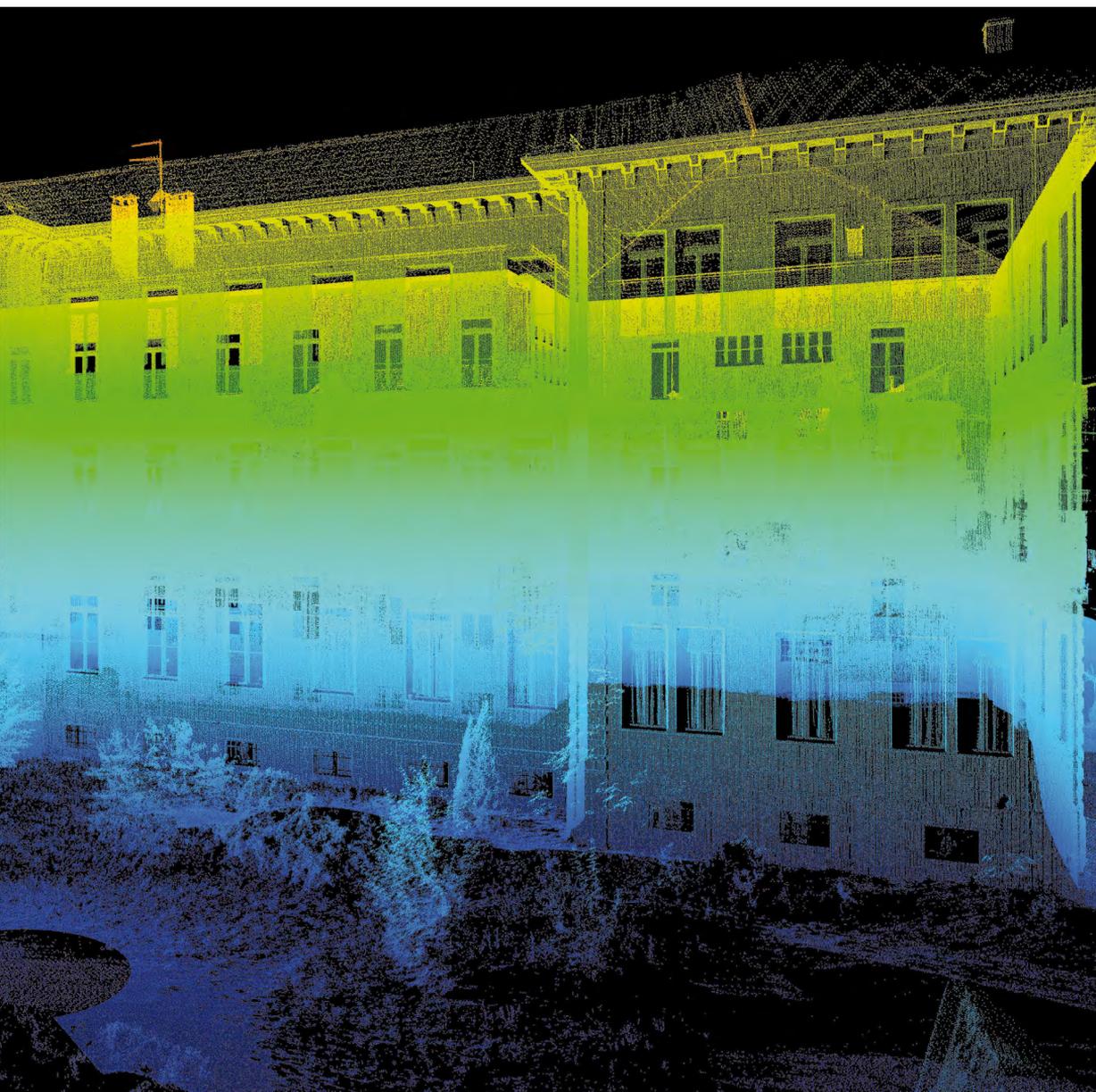


Fig. 7. Ortofoto prospettico, metricamente corretto, di un fronte edilizio. L'immagine non è il risultato di un raddrizzamento di scatti fotografici ma è una vista frontale del modello tridimensionale, colorato con le componenti RGB desunte dalle immagini fotografiche.



Fig. 8. Modello digitale 3D in nuvola di punti della scuola elementare Vittorino da Feltrina ottenuto dal rilievo laserscanner da terra. La nuvola di punti della parte destra è stata colorata in base alla quota mentre la parte sinistra con i colori reali dell'edificio. Elaborazione grafica Land Technology & Services s.r.l. e UniSky s.r.l.



Livelli informativi ancillari

La fase di elaborazione dei rilievi digitali finalizzata alla costruzione del *City Model* – che sarà descritta in modo dettagliato nel capitolo seguente – necessita anche di dati geografici tradizionalmente utilizzati e consolidati. Essi sono la Carta Tecnica Regionale e i dati catastali, su cui “appoggiare” i rilievi ad alta risoluzione o integrarli nel caso alcune zone non siano coperte dalle attività di rilievo; il geo-database della numerazione civica, tramite il quale agganciare poi alcuni dati del *Sensing*. Nella costruzione del *City Model* e nelle successive elaborazioni, sono stati usati alcuni livelli vettoriali della Carta Tecnica Regionale e del catasto Comunale, le ortofoto AGEA⁵ e i dati vettoriali della numerazione civica provenienti da tre fonti diverse: l’ufficio anagrafe, l’ufficio urbanistica e l’ufficio che gestisce il sistema informativo del Comune.

I livelli elencati presentavano però dei difetti. Forti errori dimensionali e di posizionamento che non garantivano né una perfetta corrispondenza reciproca né un loro allineamento con i rilievi digitali. Per risolvere questo problema è stata eseguita una prima rettifica sovrapponendo all’interno di un software GIS i livelli della Carta Tecnica e del catasto e di volta in volta confrontando e selezionando i dati migliori. In seconda istanza tali livelli sono stati confrontati con il rilievo LiDAR. A seguito di queste due operazioni di riallineamento si è ottenuto una omogeneizzazione di tutti i livelli disponibili. Si è così resa disponibile una base vettoriale dell’edificato del comune di Feltre.



Fig. 9. Base vettoriale dell’edificato di Feltre ottenuto incrociando i dati della carta Tecnica, del catasto e dell’ortofoto AGEA 2013.

⁵ AGEA (Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura) è un’agenzia del Governo che regola i contributi Comunitari e periodicamente esegue dei rilievi aerei di tutto il territorio nazionale per monitorare le tipologie di colture.

Le operazioni di elaborazione

La fusione dei rilievi digitali

I dati acquisiti nelle diverse campagne di rilievo precedentemente descritte, consentono di costruire un modello digitale complessivo grazie all'integrazione tra i diversi dataset. Nel lavoro di Feltre sono state realizzate due diverse fusioni:

- Ortofoto + LiDAR
- LiDAR + laser scanner da terra

La prima integrazione è la fusione delle immagini dell'ortofoto con la nuvola di punti LiDAR acquisita contestualmente dallo stesso rilievo avionico. L'ortofoto è caratterizzata da tre bande nello spettro RGB, mentre la nuvola di punti LiDAR è costituita da una semina di punti nello spazio caratterizzata dalle coordinate x , y , z , a cui non è associata l'informazione del colore reale dell'oggetto che rappresenta. La fusione tra questi due dataset restituisce una nuova nuvola di punti caratterizzata dalle informazioni spaziali ma colorata con i colori reali. Operativamente la fusione avviene con funzioni di processing tipo “*point on raster*” presenti nei più diffusi software GIS e che consentono di estrarre le informazioni RGB dalle tre bande dell'ortofoto e associarle ai punti che ricadono nelle rispettive celle. Le immagini della pagina seguente mostrano un esempio di fusione tra ortofoto e LiDAR.

La seconda delle integrazioni è la fusione del dato LiDAR con il rilievo laserscanner terrestre. Questa operazione è di fondamentale importanza. Permette di integrare i due rilievi con le informazioni reciprocamente mancanti. Il rilievo aereo infatti non registra i fronti edilizi mentre quello da terra non rileva le coperture degli edifici e le masse arboree. Dalla loro fusione è quindi possibile ottenere un modello completo. In questo caso la struttura delle banche dati è già in formato nuvola di punti x , y , z , in entrambi i dati e, nel caso specifico del dato laser terrestre, la colorazione RGB è già integrata. Operativamente la fusione avviene con funzioni di “*union*” presenti nei più diffusi software GIS combinando i record delle due banche dati. La figura 14 mostra un esempio di fusione tra dati laser-scanner terrestre e LiDAR eseguita su un'area del centro storico della città di Feltre.

Il risultato di queste operazioni successive di fusioni di dati, è un modello digitale complessivo in nuvola di punti che costituisce l'elemento fondamentale del *City Model*.



Fig. 10. Nuvola di punti da rilievo LiDAR senza dato RGB del colore reale



Fig. 11. Nuvola di punti da rilievo LIDAR colorata con le informazioni dell'ortofoto

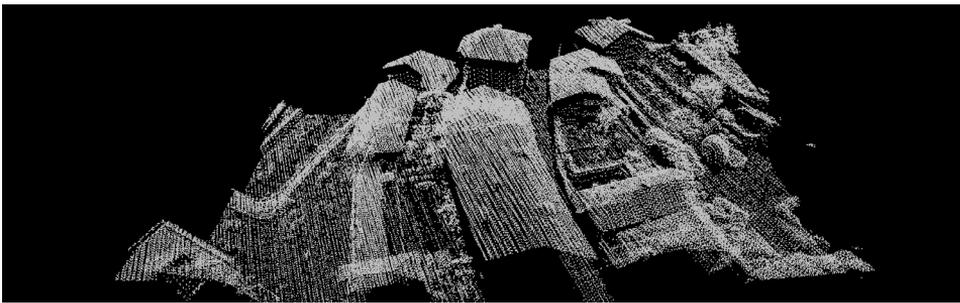


Fig. 12. Vista 3D della nuvola prima dell'operazione di fusione con l'ortofoto

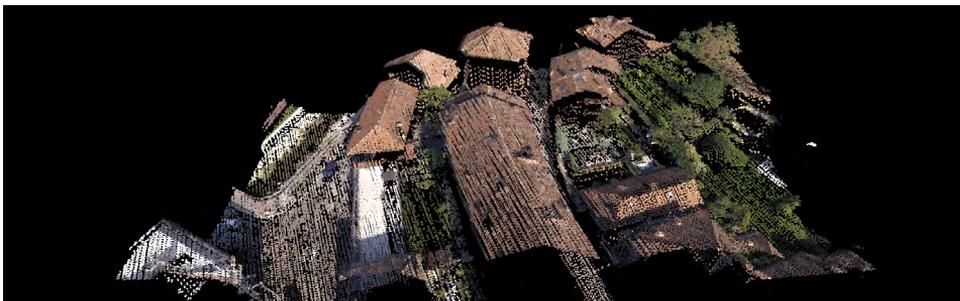


Fig. 13. Vista 3D della nuvola di punti a colori reali

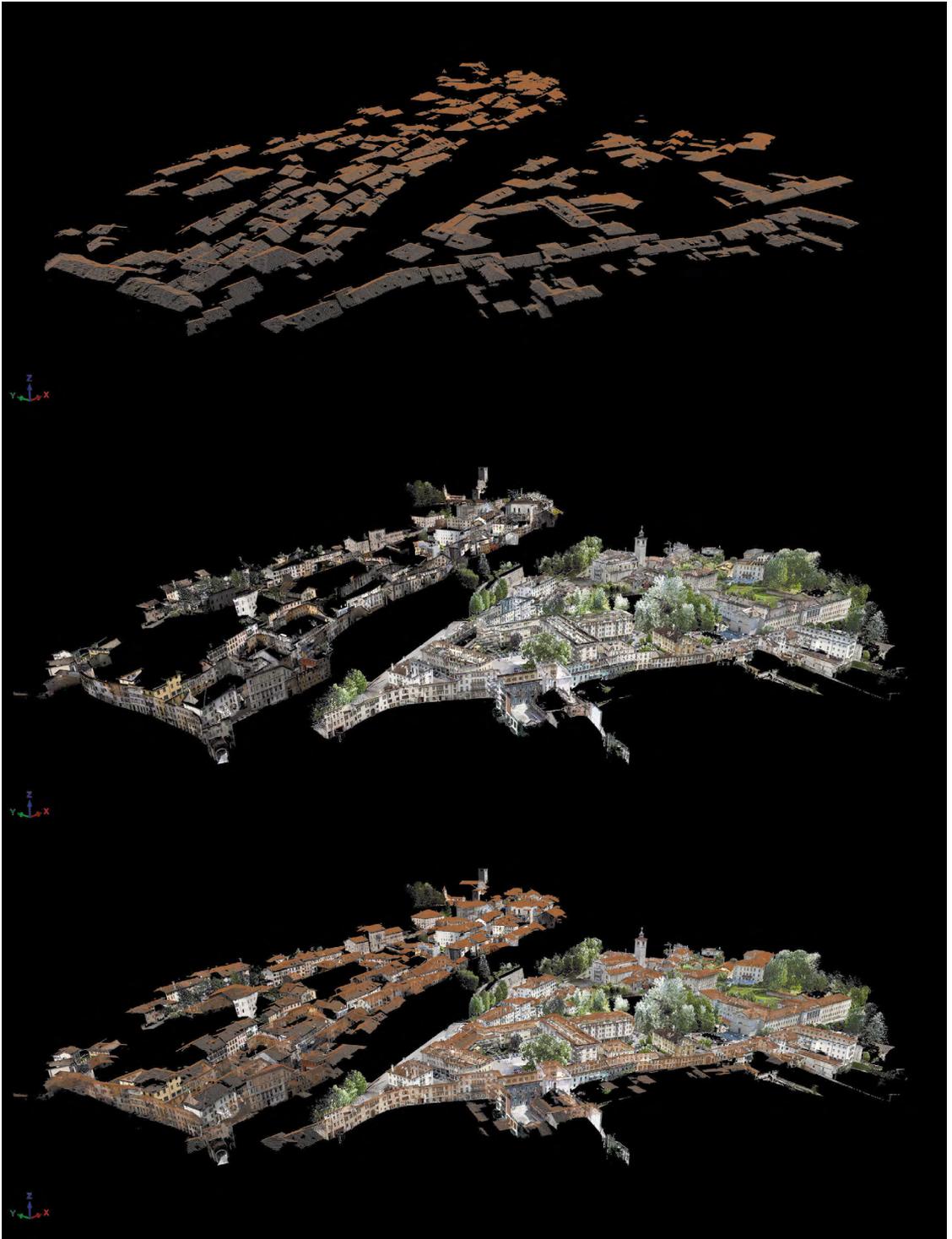


Fig. 14. Immagine che illustra il processo di costruzione del modello digitale complessivo. I dati delle coperture derivanti dal rilievo LiDAR e colorati con l'ortofoto, sono fusi al modello delle facciate dei fronti edilizi ottenuto dal rilievo laser-scanner terrestre, generando il modello digitale complessivo a colori reali.

L'utilizzo del *City Model*

L'insieme dei dati geografici tradizionalmente usati (come la già citata Carta Tecnica Regionale), degli strati informativi desunti dai rilievi digitali, e del modello complessivo generato dalla loro fusione, compone quello che nelle pagine precedenti è stato definito come il *City Model*. Elemento conoscitivo digitale multi-livello degli elementi fisici che va dalla struttura morfologica della città, alle caratteristiche geometriche e materiali dei suoi edifici. La fase descritta precedentemente fa riferimento alle operazioni necessarie per costruire, a partire da rilievi e fonti di dati differenti, il modello digitale multi-livello del *City Model*. A partire da esso è possibile successivamente ricavare numerose informazioni, da usare in vari contesti con scopi e finalità diverse. In *Energy Web*, il modello è stato utilizzato per estrarre le informazioni utili all'analisi del comportamento energetico della città.

La definizione degli “*elementi edilizi*”

La componente fisica maggiormente coinvolta nell'analisi dei fattori energetici di una città è il tessuto edilizio. Nell'applicare il modello di *Energy Web* al caso studio di Feltre, il *City Model* è stato utilizzato per definire l'unità minima della base di dati e quindi l'elemento di riferimento sul quale calcolare i consumi energetici degli edifici.¹ Una unità minima che rappresenta però una unità fisica, realmente esistente, che nella terminologia urbanistica viene definita come “unità edilizia” e che si configura come una unità fisica morfologicamente e/o tipologicamente omogenea. Essa può essere costituita da più unità immobiliari inserite all'interno di un corpo di fabbrica omogeneo (come ad esempio un condominio, una palazzina, etc.) o da abitazioni unifamiliari, ma anche da aggregati di più edifici che per caratteristiche fisiche e morfologiche possono essere considerati come un unico corpo di fabbrica. Per tener conto di tale estesa casistica si è adottato il termine più generico di “*elemento edilizio*.”

Il *City Model* è stato uno strumento fondamentale per l'individuazione degli *elementi edilizi*, soprattutto per la parte del centro storico dove l'aspetto multi-livello ha consentito di analizzare il tessuto urbano sotto diversi punti di vista. Oltre al processo di individuazione delle unità *elementi edilizi*, un'altra operazione fondamentale è stata il calcolo dei parametri fisici di tali unità per poterli relazionare con i dati di *Sensing* e parametrizzarli in base al loro volume

¹ Una trattazione dettagliata delle unità minime di riferimento e sulla granularità su cui effettuare le analisi energetiche della città è descritta nel Capitolo 11.

Determinazione dell'impronta al suolo degli edifici

Per individuare gli elementi edilizi della zona del centro storico, sono state sfruttate le potenzialità del modello digitale complessivo. Per la restante parte del territorio comunale, dove i rilievi laser non erano disponibili, ci si è basati sui dati tradizionali della carta tecnica. Questo secondo dato fa riferimento alla sagoma dell'elemento edilizio comprensiva della sporgenza delle falde di copertura e non all'attacco a terra degli edifici (*area* in riferimento alla fig. 19). Un'informazione che se da un lato risulta utile per il calcolo delle quantità che mettono in gioco la superfici del tetto, non è allo stesso modo valido per tutte le operazioni (come il calcolo dei volumi, dell'indice di copertura dei suoli, etc..) che contemplano la superficie realmente occupata dal corpo di fabbrica (*area_reduc*). Per calcolare questo dato sarebbe necessario un rilievo puntuale del perimetro murario di ogni edificio. Dal modello complessivo è però possibile ricavare delle sezioni orizzontali (fig. 15) che rappresentano appunto il perimetro murario dei vari corpi di fabbrica. Facendo questa operazione sulla parte di città di cui si dispone del modello complessivo, si è potuto calcolare (tabella di fig. 16) un fattore di riduzione medio (pari a 0,86) da applicare a tutti gli edifici del territorio comunale dei quali si dispone della sola sagoma della copertura e risalire quindi alla dimensione reale dell'edificio (attacco al suolo, *area_reduc*). Riassumendo (e in riferimento sempre alla fig. 19): $area_reduc = area \cdot 0,86$.



Fig. 15. Sezione di una parte del centro storico di Feltre ottenuta dal modello digitale complessivo.

| elemento edilizio | superficie tetto | superficie al suolo | differenza | riduzione percentuale specifica | Riduzione percentuale media |
|-------------------|------------------|---------------------|------------|---------------------------------|-----------------------------|
| ED337 | 103 | 77 | 26 | 0,77 | |
| ED16 | 44 | 34 | 10 | 0,77 | |
| ED341 | 502 | 391 | 111 | 0,78 | |
| ED220 | 180 | 141 | 39 | 0,78 | |
| ED320 | 192 | 152 | 40 | 0,79 | |
| ED373 | 116 | 92 | 24 | 0,79 | |
| ED330 | 99 | 79 | 20 | 0,80 | |
| ED232 | 446 | 358 | 88 | 0,80 | |
| ED5 | 61 | 49 | 12 | 0,80 | |
| ED521 | 363 | 292 | 71 | 0,80 | |
| ED233 | 272 | 219 | 53 | 0,81 | |
| ED317 | 240 | 194 | 46 | 0,81 | |
| ED245 | 43 | 35 | 8 | 0,81 | |
| ED231 | 115 | 94 | 21 | 0,82 | |
| ED306 | 554 | 453 | 101 | 0,82 | |
| ED312 | 385 | 316 | 69 | 0,82 | |
| ED234 | 123 | 101 | 22 | 0,82 | |
| ED329 | 149 | 123 | 26 | 0,83 | |
| ED201 | 276 | 228 | 48 | 0,83 | |
| ED223 | 363 | 300 | 63 | 0,83 | |
| ED11 | 242 | 200 | 42 | 0,83 | |
| ED219 | 297 | 249 | 48 | 0,84 | |
| ED202 | 1209 | 1014 | 195 | 0,84 | |
| ED322 | 201 | 169 | 32 | 0,84 | |
| ED199 | 122 | 103 | 19 | 0,84 | |
| ED196 | 478 | 404 | 74 | 0,85 | |
| ED339 | 491 | 415 | 76 | 0,85 | |
| ED343 | 234 | 198 | 36 | 0,85 | |
| ED6 | 137 | 116 | 21 | 0,85 | |
| ED236 | 235 | 199 | 36 | 0,85 | |
| ED303 | 115 | 98 | 17 | 0,85 | |
| ED308 | 589 | 502 | 87 | 0,85 | |
| ED318 | 353 | 301 | 52 | 0,85 | |
| ED401 | 119 | 102 | 17 | 0,86 | |
| ED386 | 203 | 174 | 29 | 0,86 | |
| ED363 | 241 | 208 | 33 | 0,86 | |
| ED197 | 220 | 190 | 30 | 0,86 | |
| ED338 | 244 | 211 | 33 | 0,86 | |
| ED192 | 432 | 375 | 57 | 0,87 | |
| ED249 | 190 | 165 | 25 | 0,87 | |
| ED198 | 525 | 456 | 69 | 0,87 | |
| ED382 | 140 | 122 | 18 | 0,87 | |
| ED230 | 306 | 267 | 39 | 0,87 | |
| ED310 | 314 | 274 | 40 | 0,87 | |
| ED191 | 346 | 302 | 44 | 0,87 | |
| ED332 | 592 | 519 | 73 | 0,88 | |
| ED402 | 65 | 57 | 8 | 0,88 | |
| ED354 | 98 | 86 | 12 | 0,88 | |
| ED383 | 399 | 351 | 48 | 0,88 | |
| ED370 | 291 | 256 | 35 | 0,88 | |
| ED385 | 84 | 74 | 10 | 0,88 | |
| ED360 | 356 | 314 | 42 | 0,88 | |
| ED331 | 187 | 165 | 22 | 0,88 | |
| ED319 | 425 | 375 | 50 | 0,88 | |
| ED190 | 650 | 574 | 76 | 0,88 | |
| ED367 | 91 | 81 | 10 | 0,89 | |
| ED342 | 157 | 140 | 17 | 0,89 | |
| ED323 | 697 | 622 | 75 | 0,89 | |
| ED384 | 121 | 108 | 13 | 0,89 | |
| ED210 | 149 | 133 | 16 | 0,89 | |
| ED388 | 234 | 209 | 25 | 0,89 | |
| ED387 | 131 | 118 | 13 | 0,90 | |
| ED328 | 541 | 488 | 53 | 0,90 | |
| ED200 | 359 | 324 | 35 | 0,90 | |
| ED365 | 103 | 93 | 10 | 0,90 | |
| ED369 | 83 | 75 | 8 | 0,90 | |
| ED311 | 993 | 898 | 95 | 0,90 | |
| ED212 | 318 | 290 | 28 | 0,91 | |
| ED368 | 256 | 235 | 21 | 0,92 | |
| ED366 | 51 | 47 | 4 | 0,92 | |
| ED248 | 77 | 71 | 6 | 0,92 | |
| ED235 | 597 | 551 | 46 | 0,92 | |
| ED362 | 120 | 111 | 9 | 0,93 | |
| ED13 | 319 | 297 | 22 | 0,93 | |
| ED211 | 247 | 232 | 15 | 0,93 | |
| ED12 | 363 | 344 | 19 | 0,93 | |
| ED364 | 176 | 167 | 9 | 0,93 | |
| ED390 | 97 | 93 | 4 | 0,96 | |

0,862523

Fig. 16. Tabella di calcolo del fattore medio di riduzione dell'area dell'elemento edilizio che deve essere applicato al valore desunto dal LiDAR o dalla carta tecnica per ottenere la superficie dell'attacco a terra degli edifici.

Calcolo del volume degli *elementi edilizi*

Tramite il modello digitale del *City Model* e l'utilizzo di software di gestione delle nuvole di punti (ad esempio "*Point Tool*" o "*Autocad Map 3D*"),² è stato possibile semplificare il modello complessivo e trasformarlo in formato CAD (fig. 17). Dal modello vettoriale così ottenuto, importandolo in qualsiasi software CAD, è possibile estrarre con precisione vari parametri degli edifici. Tra di essi il volume

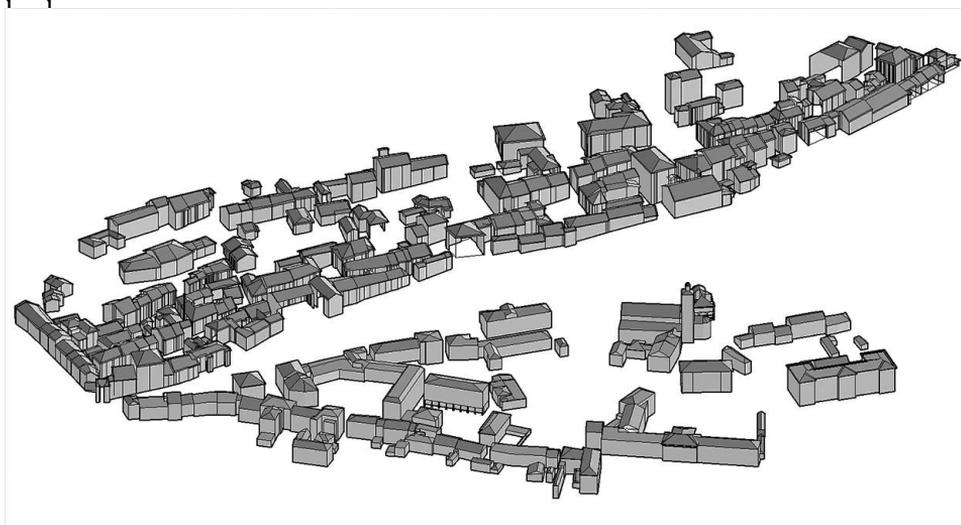


Fig. 17. Schematizzazione delle sagome degli edifici ottenuta dalla rielaborazione della nuvola di punti all'interno di un software CAD. Dal modello semplificato così ottenuto è possibile calcolare il volume di ogni singolo edificio. Elaborazione grafica Land Technology & Services s.r.l. e UniSky s.r.l.

Per gli obiettivi di *Energy Web*, il volume degli *elementi edilizi* è evidentemente un dato importante. Rappresenta difatti l'elemento su cui parametrizzare i consumi. Passando al caso applicativo si sono rese necessarie delle ulteriori considerazioni. Il volume che possiamo dedurre dal *City Model* è infatti un dato "lordo", cioè che considera tutte le parti dell'edificio, ma ai fini energetici è necessario riferirsi al Volume Riscaldato (V_{risc}), un dato cioè che non tiene conto dei sottotetti non abitati, dei vani scala comuni e dei semiinterrati non riscaldati.

Utilizzando il modello semplificato di cui sopra, questa operazione può essere fatta dall'operatore che, caso per caso, valuta con precisione e seleziona il volume da considerare. Un'operazione fattibile solo per casi circoscritti o dove la complessità del tessuto edilizio lo renda necessario, come il caso del centro storico di Feltre (la zona di cui alla fig. 17). Ma per calcolare i volumi in situazioni urbane decisamente più estese (come nel caso della restante parte del territorio comunale

² Una descrizione dettagliata degli strumenti software utilizzati è riportata nell'appendice.

di Feltre), vi è la necessità di soluzioni alternative. Per questo motivo si è messo a punto una metodologia che, applicata al caso studio, ha restituito risultati soddisfacenti. Sono inoltre stati verificati tramite un controllo a campione utilizzando come dato di riferimento i certificati energetici di alcuni edifici che riportavano i dati volumetrici del volume riscaldato. La metodologia è stata pensata per poter essere usata su aree urbane vaste di cui si ha a disposizione il solo modello LiDAR (e non il modello complessivo).

La metodologia si basa sulla possibilità di ricavare in modo automatico il valore medio delle altezze di ogni edificio (fig. 18 e nel grafico di fig. 19 indicato con *mean*) usando i dati del solo livello del LiDAR

Questo dato non rappresenta però un valore utilizzabile per il calcolo del “Volume Riscaldato.” Tale misura va corretta per scorporare il volume delle zone non riscaldate e per eliminare dal valore di altezza media i contributi delle parti di edificio ausiliarie (come i comignoli) che influiscono sui risultati di calcolo dell’altezza media così come vengono elaborati dai software che analizzano i dati LiDAR. Facendo riferimento al grafico di fig. 19, il “Volume Riscaldato” si calcola moltiplicando la superficie a terra *area_reduc* per *h_riscaldata*. Ovviamente le variabili *a* che entrano nella formula di calcolo di *h_riscaldata* vanno fissate di volta in volta (per ogni città o zona di città analizzata) in base al caso specifico e alle tipologie edilizie. Inoltre, in base alla superficie a terra usata nel calcolo, si può decidere se considerare il “Volume Riscaldato” comprensivo o meno dello spessore delle murature perimetrali dell’edificio; nel secondo caso si ottiene il “Volume Riscaldato Netto” (*volume_risc_netto*). A Feltre è stato utilizzato il “Volume Riscaldato Netto,” applicando un fattore di riduzione di 0,88 al “Volume Riscaldato.”

Riassumendo, e in riferimento al lavoro di Feltre:

$$volume_risc_netto = area_reduced \cdot h_riscaldata$$

h_riscaldata si calcola sottraendo da *mean* il valore *a* (dove *a* vale 1,45 quando *max - mean* è compreso tra 3 e 1 metro, mentre vale 3,24 quando *max - mean* è superiore a 3m).

Come descritto in precedenza, i due valori della variabile *a* sono stati definiti tramite delle indagini su un campione di edifici e sono quindi validi solo per il caso specifico di Feltre.

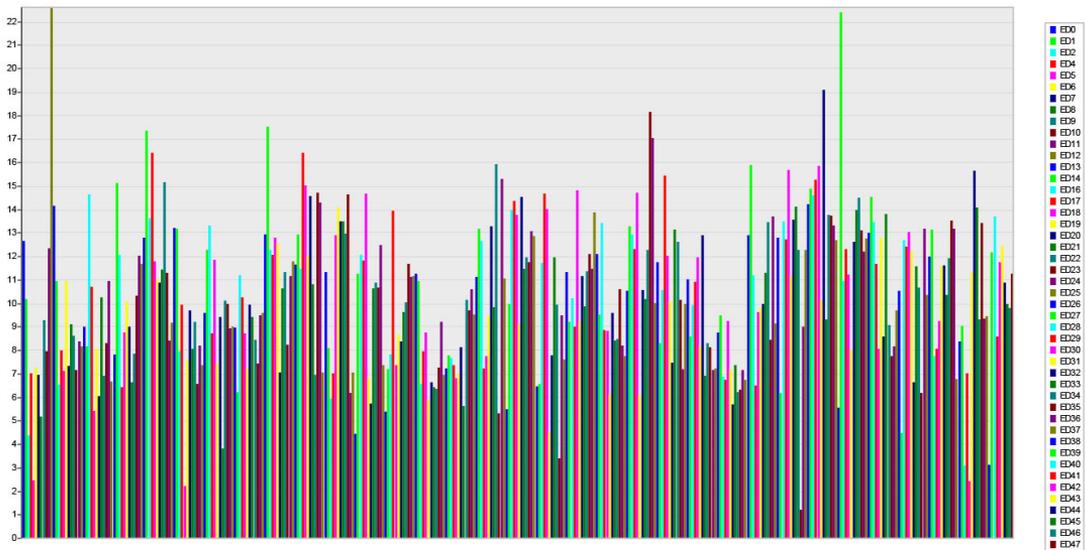


Fig. 18. Grafico che sintetizza il calcolo delle altezze medie (*mean*) di un gruppo di edifici della zona del centro storico di Feltre. Ad ogni barra verticale corrisponde un edificio. Come si può vedere dal grafico per alcuni edifici risultano valori non coerenti. Tali incongruenze, dovuti alla presenza di elementi di interferenza come antenne e comignoli, sono state eliminate nella fase di elaborazione.

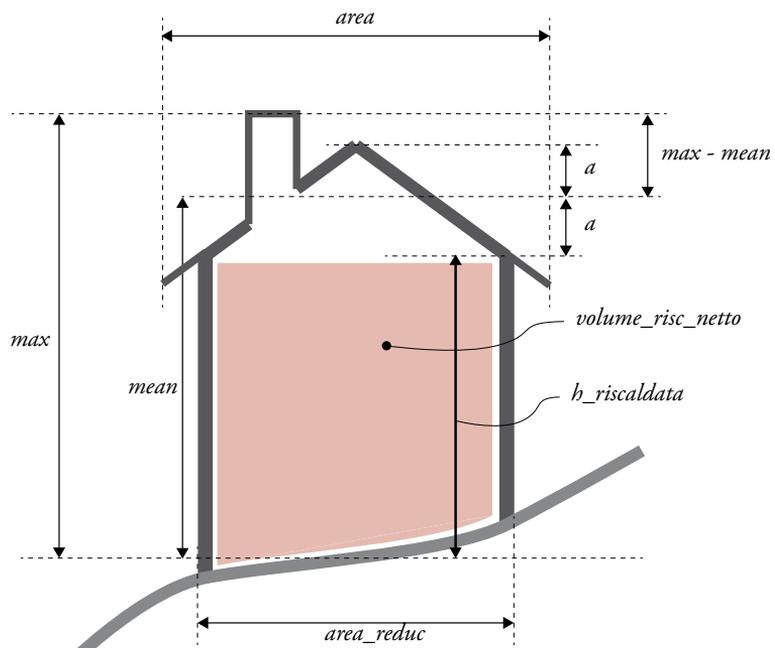


Fig. 19. Schema riassuntivo dei valori e delle variabili utilizzate per il calcolo del volume riscaldato degli *elementi edilizi*.

Contabilizzazione del *City Model*

Dal *City Model* è possibile, oltre che calcolare i volumi degli elementi edilizi come descritto nel paragrafo precedente, eseguire altre analisi. Sia a livello dell'edificato che di altri elementi urbani (come strade, piazze, alberi e aree verdi, arredi etc.).

Relativamente all'edificato sono molti i parametri che è possibile dedurre oltre al volume. Nel caso studio di Feltre, dove le operazioni di elaborazione del *City Model* sono state ovviamente declinate agli aspetti rilevanti per quanto riguarda i temi dell'energia, ne sono stati utilizzati principalmente altri due. Il primo è relativo alle coperture degli edifici. Sono state quantificate le dimensioni di ogni possibile falda, catalogate in base all'inclinazione ed esposizione e ne è stata calcolata la potenzialità fotovoltaica. Il secondo è una "contabilizzazione" dei fronti per ricavarne l'estensione e la superficie delle parti finestrate.

Anche per quanto riguarda gli elementi urbani il numero dei parametri che è possibile studiare è notevole, ma il più rilevante per gli studi sul comportamento energetico e delle emissioni è la classificazione dell'uso del suolo e la contabilizzazione di tali categorie (edificato, alberi/bosco, prato/terreno, strade/piazze).

Insolazione media annua delle coperture degli edifici

Come è noto per "irraggiamento solare" (o insolazione) si intende la misura della quantità di radiazione emessa dal sole che raggiunge una data superficie. L'intensità della radiazione solare al suolo dipende dall'angolo d'inclinazione della radiazione stessa: minore è l'angolo che i raggi del sole formano con una superficie orizzontale e maggiore è lo spessore dell'atmosfera che essi devono attraversare e di conseguenza minore è la radiazione che raggiunge la superficie.

Il *City Model* di Feltre "ha consentito di calcolare la radiazione solare incidente che raggiunge il territorio con un dettaglio specifico per le singole coperture degli edifici dove il valore finale è funzione della latitudine, della pendenza e dell'orientamento della singola falda del tetto e degli ostacoli presenti nel territorio."³ Il calcolo è stato effettuato a partire dalla nuvola di punti acquisita dal LiDAR. Il valore così ottenuto considera la radiazione solare globale (espressa in Wh/m²anno) come somma della componente di "insolazione diretta" e della componente di "insolazione diffusa". Il termine "insolazione diretta" definisce la quantità di

3 Stefano Picchio. "Quadro di conoscenza della radiazione solare come supporto decisionale ad iniziative di smart grid." A cura di Massimiliano Condotta. *Conoscenza condivisa e collaborativa della città e dello stato energetico a scala urbana*. (Giornale Università Iuav di Venezia) no. 129, (2013): 8.

radiazione solare che raggiunge direttamente la superficie terrestre attraverso l'atmosfera senza interagire con i gas atmosferici; l'“insolazione diffusa” è invece la quantità di radiazione che viene diffusa o riflessa dall'atmosfera. I valori di insolazioni utilizzati normalmente nei software di calcolo sono dettati dalla norma UNI 10349 che utilizza un valore medio per la zona di interesse e sono divulgati dall'*European Commission Joint Research Centre (JRC)* di Ispra. Lo stesso dato è divulgato in Italia da Enea che dispone di un archivio climatico nel quale si definisce come “insolazione media annua” la media di tutti i valori registrati giornalmente e mensilmente nel periodo 1994-1999. L'archivio fornisce i valori stimati della radiazione solare globale al suolo sul piano orizzontale per i comuni italiani. L'unità di misura usata è il MJ/m² (per ottenere il valore in kWh/m² va diviso per 3,6). Utilizzando i dati Enea si è stimato che nel territorio di Feltre l'insolazione media annua globale assume valori di 1'330 Wh/m² riferiti al piano orizzontale.⁴

Questo dato però si riferisce appunto al piano orizzontale e non può essere utilizzato per le superficie inclinate come le falde dei tetti. Nei calcoli normalmente utilizzati per stimare la produzione di un pannello fotovoltaico si usano dei fattori di riduzione standard definiti in base all'esposizione e all'inclinazione della falda. Utilizzando software specializzati si può invece calcolare esattamente l'insolazione tramite dei processi di simulazione che tengono conto dei parametri geometrici e fisici. Nel caso di Feltre tale elaborazione è stata fatta con *SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses)*. I risultati dell'analisi però non tengono conto della copertura nuvolosa, ma solamente dei parametri geometrici (dimensioni, orientamento, inclinazione,), geografici (latitudine, elevazione), così come della riduzione dovuta agli ostacoli naturali (alberi, montagne) od artificiali (edifici alti, campanili, muri). Il dato ottenuto va corretto apportando una riduzione che tenga conto delle condizioni meteorologiche. Il fattore di riduzione è stato ottenuto confrontando il dato medio della radiazione solare globale di alcune superfici poste sul piano orizzontale dei calcoli fatti con *SAGA* (1'850kWh/m²anno), con lo stesso dato indicato dalle tabelle Enea per la zona di Feltre (1'330kWh/m²anno). Il confronto ha evidenziato che il dato statistico Enea è pari al 72% del dato analitico di *SAGA*. Per considerare quindi gli effetti della copertura nuvolosa, i valori ottenuti con il metodo analitico sono stati ridotti moltiplicandoli per 0,72. Questi valori di insolazione saranno utilizzati nel *City Energy Model* per stimare la produzione fotovoltaica delle coperture degli edifici.

⁴ Come termine di paragone, il valore di insolazione media di Milano è di 1'372 kWh/m² anno, di Roma 1'737 kWh/m² anno e di Trapani 1'963 kWh/m² anno.



Fig. 20. Il risultato dell'analisi dell'irraggiamento solare medio annuo sulla città di Feltre. Il dato è stato ottenuto dalla fusione tra l'irraggiamento diretto e l'irraggiamento diffuso.



Contabilizzazione dei fronti edilizi

Un elemento rilevante che influisce sui consumi di un edificio è ovviamente il suo involucro. Interventi mirati al caso singolo necessitano di analisi dettagliate da eseguire in maniera puntuale. Per studi a livello urbano è invece di notevole utilità la contabilizzazione dell'estensione delle facciate e la percentuale di finestrate per procedere a classificazioni tipologiche. La figura 22 è un esempio dello studio di due fronti edilizi del centro di Feltre. È intuitivo che tale contabilizzazione può essere usata in prima approssimazione per supportare interventi di restauro o retrofitting degli edifici.

Contabilizzazione degli elementi urbani

Considerando l'analisi ad un livello territoriale, dal *City Model* è anche possibile classificare e successivamente quantificare l'estensione in m² o km² di elementi urbani come l'edificato, il verde, le infrastrutture stradali, le acque superficiali, le superfici agricole, le aree nude. Essi sono definiti "*elementi urbani*." Sfruttando la componente spettrale acquisita dalle immagini aeree, i software di "*Image Intelligence*"⁵ creano una struttura di oggetti vettoriali in corrispondenza ad aree ove i pixel sono omogenei in base alle caratteristiche spettrali e/o geometriche. Maggiore è la risoluzione spettrale⁶ delle immagini di partenza, migliore è la qualità del risultato di questo processo chiamato "segmentazione dinamica dell'immagine." L'ortofoto mette a disposizione dello strumento di classificazione solamente tre bande acquisite nello spettro del visibile ma consente comunque di discriminare in maniera efficace le classi di copertura della vegetazione rispetto al resto del territorio sfruttando la discreta riflettanza⁷ presente nella banda del verde rispetto al blu o al rosso. In questo modo è possibile creare una prima classificazione che distingue le aree permeabili da quelle impermeabili. In seguito è possibile istruire il classificatore assegnando delle aree campioni per ciascuna classe individuata. Con l'integrazione nel classificatore anche dell'informazione 3D derivata dal dato LiDAR, è possibile perfezionare la classificazione e distinguere gli *elementi urbani*. Ad esempio le aree verdi a terra (prati) dalle chiome degli alberi. Nel caso di Feltre le classi individuate sono l'edificato, le alberature, i prati, gli incolti e le siepi, le infrastrutture stradali. L'immagine a lato è un estratto di questa classificazione.

5 Si tratta di software come eCognition chiamati classificatori ad oggetti.

6 Nelle immagini acquisite, la risoluzione spettrale indica il numero di livelli riferiti a porzioni diverse dello spettro elettromagnetico (una normale fotografia RGB ne ha 3).

7 La riflettanza rappresenta la proporzione di luce incidente che una superficie è in grado di riflettere. Indica il rapporto tra l'intensità del flusso radiante riflesso e l'intensità del flusso radiante incidente.



Fig. 21. Risultato della classificazione tematica degli *elementi urbani* ottenuta dal processamento integrato dell'ortofoto (immagine sopra) e dell'informazione 3D del dato LiDAR.

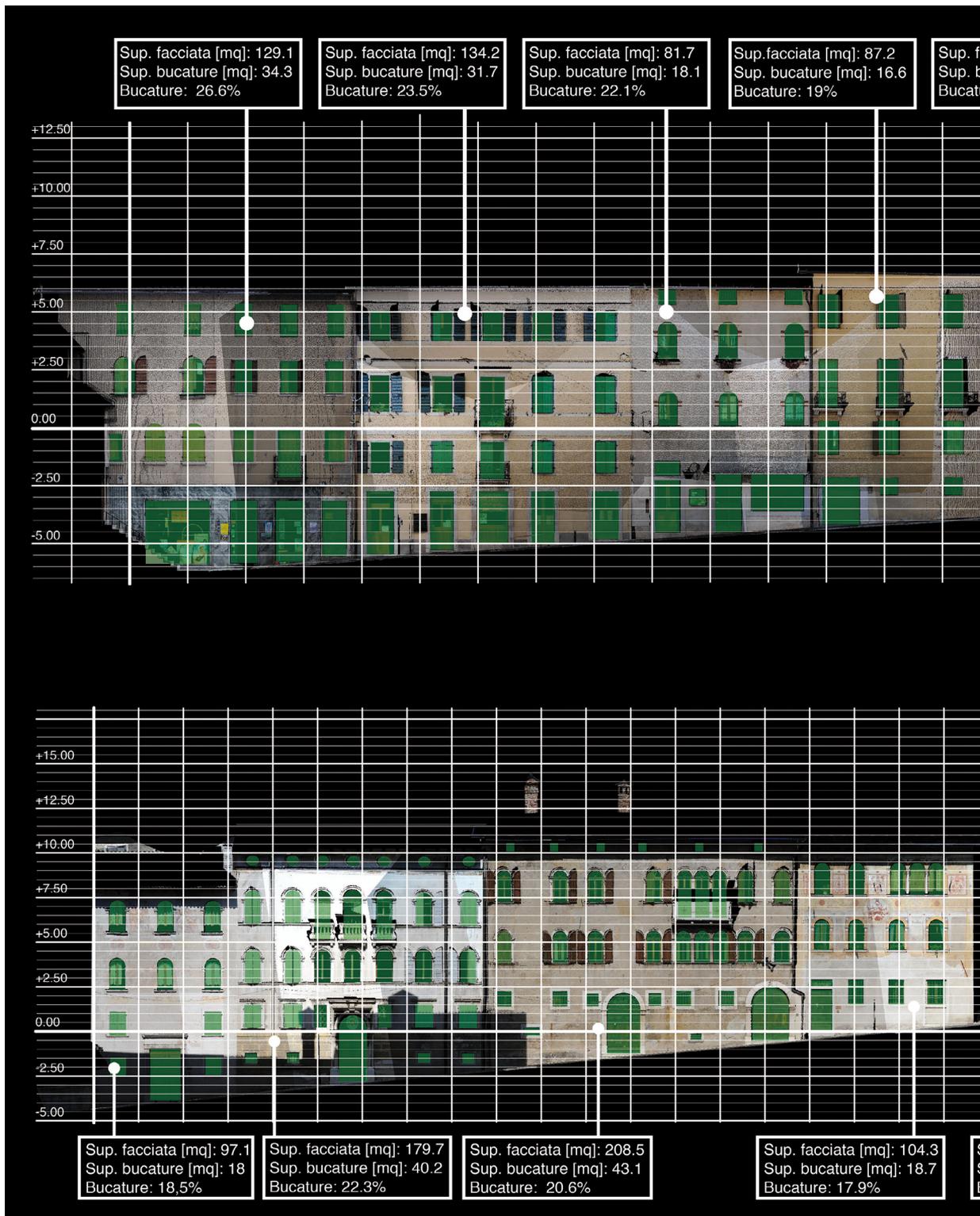


Fig. 22. Contabilizzazione dei fronti edilizi di due vie del centro storico di Feltre. L'immagine dei prospetti non è ottenuta da fotografie ma da viste ortogonali del modello digitale.

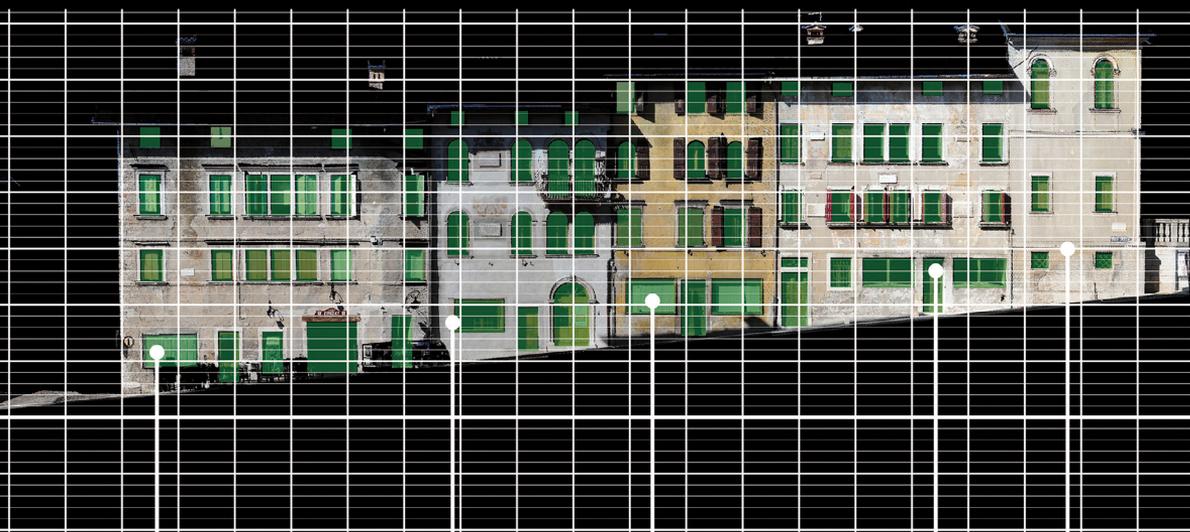
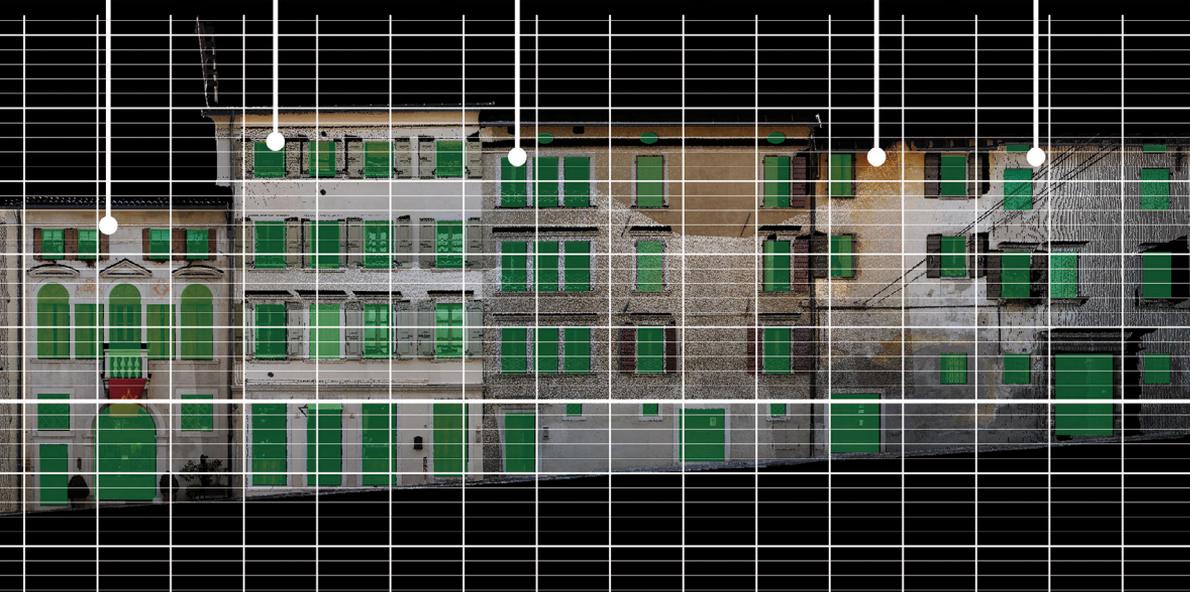
Sup. facciata [mq]: 71.9
Sup. bucature [mq]: 26.4
Bucature: 36.6%

Sup. facciata [mq]: 113.2
Sup. bucature [mq]: 32.2
Bucature: 28.4%

Sup. facciata [mq]: 130.2
Sup. bucature [mq]: 26.7
Bucature: 20.5%

Sup. facciata [mq]: 66.8
Sup. bucature [mq]: 8.7
Bucature: 13%

Sup. facciata [mq]: 70.7
Sup. bucature [mq]: 14.7
Bucature: 20.8%



Sup. facciata [mq]: 158.3
Sup. bucature [mq]: 36.6
Bucature: 23.1%

Sup. facciata [mq]: 88.1
Sup. bucature [mq]: 23.8
Bucature: 27%

Sup. facciata [mq]: 85.1
Sup. bucature [mq]: 21
Bucature: 24.7%

Sup. facciata [mq]: 110.9
Sup. bucature [mq]: 29.4
Bucature: 26.5%

Sup. facciata [mq]: 69.2
Sup. bucature [mq]: 6.1
Bucature: 8.8%

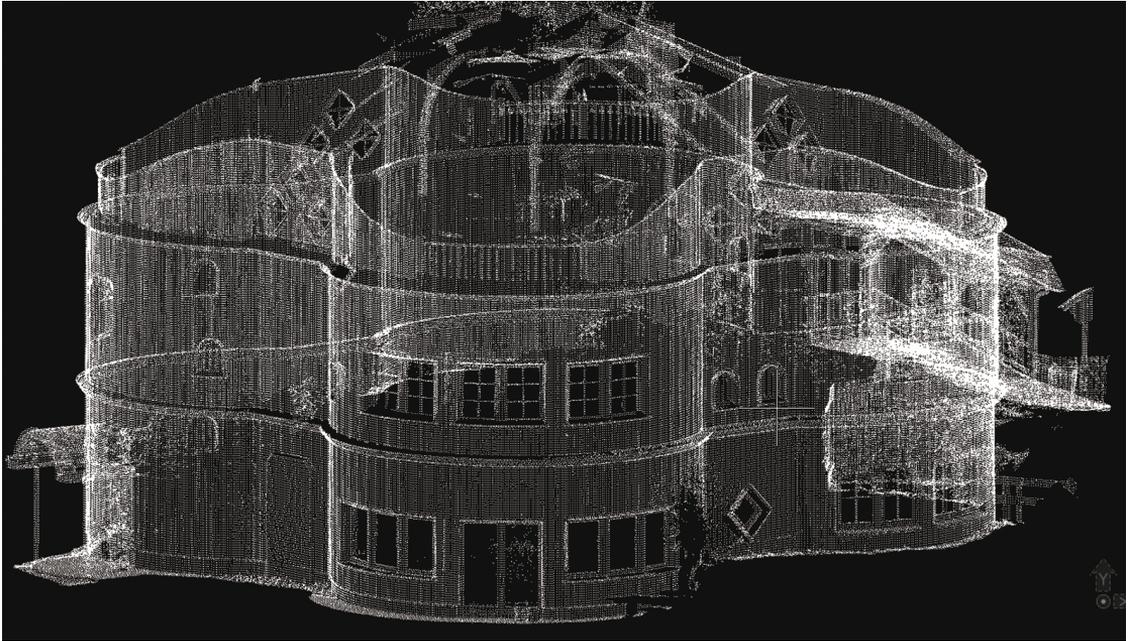


Fig. 24. Modello tridimensionale del *Kindergarten* della città di Zell-Am-See visualizzato in *wireframe* all'interno di un software CAD.



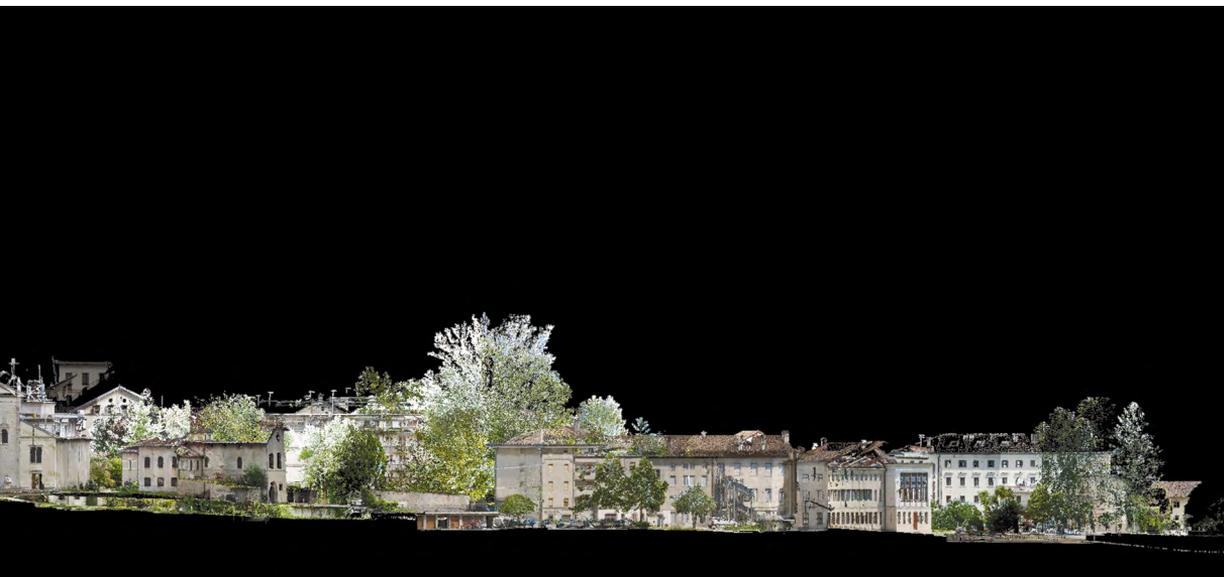
Fig. 23. Sezione del centro storico di Feltre ottenuta dal modello digitale complessivo del *City Model*.

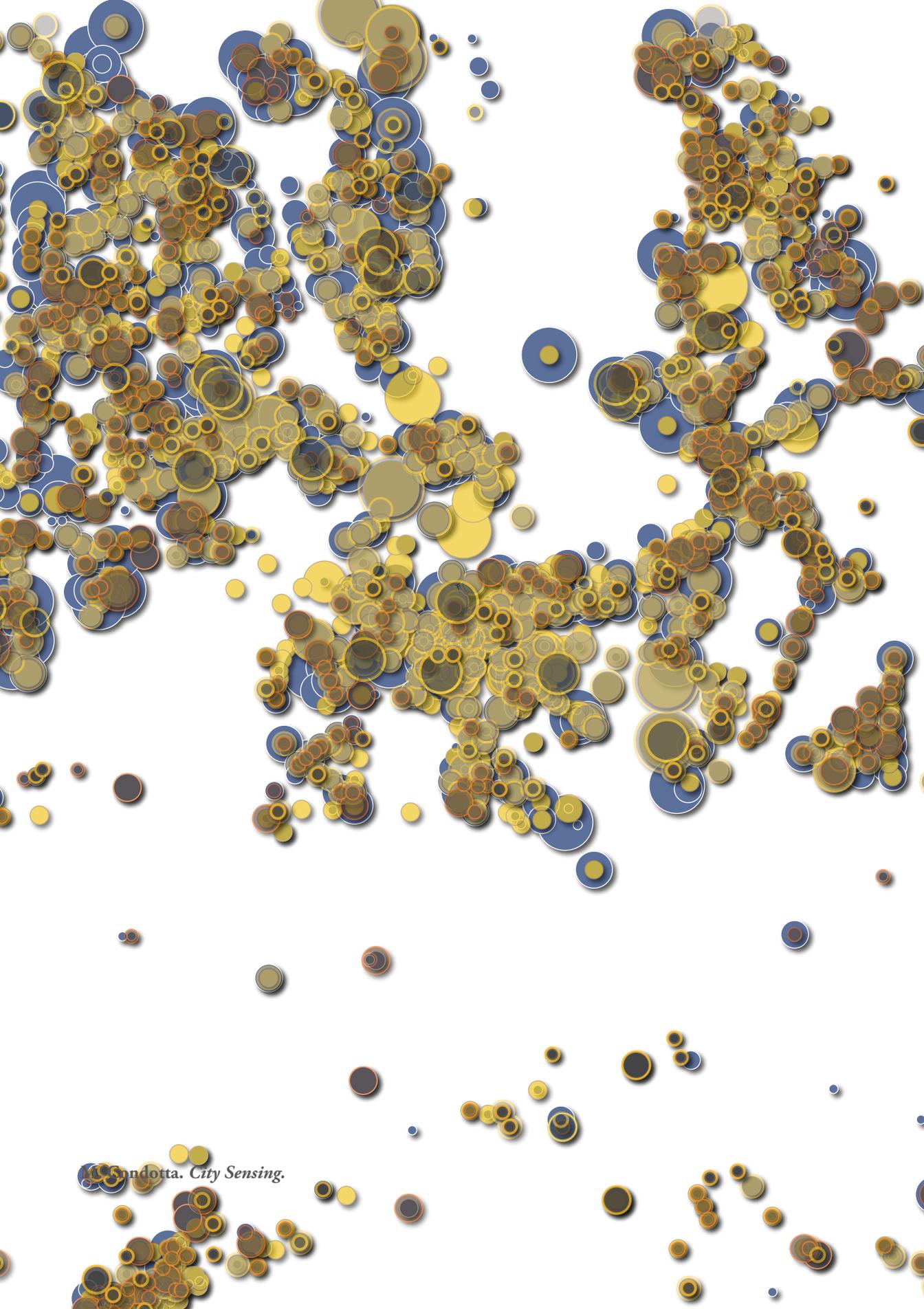
Conclusioni: la base dati del *City Model* in *EFW*

Il capitolo ha illustrato, attraverso il lavoro fatto a Feltre, come avviene la costruzione del *City Model* partendo dalla fase di acquisizione dei dati sino alla successiva fase di elaborazione. Il risultato di questo lavoro è ovviamente un modello tridimensionale multi-livello come più volte descritto. Esso però, non è solo restituito in un modello vettoriale CAD, ma è anche implementato nel complesso database geografico che forma il *back-end* di *EFW* (la descrizione tecnica del database e dell'impostazione logica della base di dati è descritta nell'appendice).

Rappresenta quindi il primo tassello di dati sui quali verranno effettuate tutte le elaborazioni del progetto. Posizione geografica di ogni *elemento edilizio*, area, altezza, volume ed altre informazioni sono registrate nel database per mezzo di un codice univoco assegnato ad ogni elemento edilizio.

Questa doppia identità del *City Model* ne permette di essere considerato un substrato particolarmente ricco, dettagliato e aggiornato di informazioni come finora mai ottenuto sul quale innestare innumerevoli altre informazioni sulla città.





McSondotta. *City Sensing.*

10. Il *City Sensing*

L'insieme dei flussi informativi sui dati energetici e sulle componenti sociali per la costruzione del *City Sensing*

La definizione del *City Sensing*, allo stesso modo di come si è proceduto con *City Model*, è stata messa a punto durante lo sviluppo della ricerca sul caso studio di Feltre. Per *City Sensing in Energy Web* si intende l'insieme dei dati che si riferiscono al piano energetico e alle componenti sociali. È il flusso di informazioni sui fenomeni legati ai consumi e le dispersioni di energia dei singoli edifici, sugli usi e le abitudini in tema di energia delle diverse famiglie.

Anche la struttura del capitolo rispecchia quella del *City Model*. È diviso in due sezioni. La prima è dedicata alla fase di “acquisizione” dei dati (rilievi e utilizzo banche dati esistenti); la seconda alle operazioni di “elaborazione” degli stessi finalizzate alla costruzione del *City Sensing*.

Le fasi di acquisizione dei dati di *Sensing*

I dati di *Sensing* utilizzati, se suddivisi in base alla loro metodologia di acquisizione, appartengono a due categorie:

- dati acquisiti da campagne di rilievo;
- dati acquisiti da giacimenti informativi esistenti.

Per quanto riguarda i rilievi sul campo, questi sono consistiti nell'acquisizione di immagini termografiche delle facciate degli edifici al fine di dedurne la dispersione energetica.

Nel *Sensing*, i dati acquisiti dai giacimenti informativi esistenti hanno un peso notevole, sono numerosi e molti sono legati alle questioni energetiche. A questo proposito si apre uno scenario delicato sull'uso aperto di tali dati, ma la questione sarà affrontata più avanti. In questo capitolo saranno invece descritte le operazioni di acquisizione e rielaborazione dei dati usati nel caso applicativo di Feltre: consumi del gas, tipologie dei sistemi di riscaldamento, anagrafe civica.

Rilievo ad infrarossi

Con il termine *termomapping urbano*, in *Energy Web*, si intende un processo di monitoraggio che mette in relazione il rilievo di anomalie termiche di edifici attraverso l'impiego di sensori digitali ad infrarossi (termografie)¹ con il *City Model*. È finalizzato alla mappatura di estese aree edificate e alla conseguente definizione di giudizi sulla qualità degli involucri edilizi e relative dispersioni energetiche.

Per realizzare il termomapping² è quindi necessario procedere all'acquisizione delle anomalie termiche degli edifici. Il rilievo viene eseguito attraverso l'impiego di camere ad infrarossi e condotto sia mediante dispositivi terrestri che avionici. “Nel caso di Feltre, le acquisizioni sono state prodotte usando unicamente camere termiche terrestri. La particolare struttura urbana del borgo storico (edifici estremamente ravvicinati tra loro e vie strette) ha fortemente condizionato la tecnica di rilievo costringendo l'operatore, nell'impossibilità di porsi in posizione frontale rispetto all'edificio, a frazionare la ripresa di ogni singolo prospetto in un elevato numero di fotogrammi.”³ Questo comporta la necessità di ricostruire a posteriori,

1 Una descrizione dettagliata della tecnologia è riportata in appendice.

2 La procedura usata è descritta nel prossimo paragrafo dedicato alla elaborazione dei dati di *Sensing* e nel Capitolo 11.

3 Nuccio Buccheri e Stefano Picchio. “Termomapping urbano.” A cura di Massimiliano Condotta. *Conoscenza condivisa e collaborativa della città e dello stato energetico a scala urbana*. (Giornale Università Iuav di Venezia) no. 129, (2013): 10.

in fase di post-processing, la ricomposizione (mosaicatura) dei singoli prospetti (fig. 2, 3). Questa procedura non è usuale. Nella prassi comune, ci si accontenta di singoli scatti anche se questi restituiscono solo viste parziali dell'edificio. Nel caso di *Energy Web* invece, questa metodologia è necessaria per ottenere dei dati sufficientemente precisi per le successive elaborazioni del *termomapping urbano*.

Vi sono poi altri aspetti da precisare sulle modalità di acquisizione. Innanzitutto il rilievo va fatto su tutte le pareti esposte, e registrate le condizioni di contesto al momento del rilievo, come temperatura dell'aria e meteo. Ma soprattutto, affinché le informazioni desunte siano il più attendibili possibile, l'edificio va opportunamente "preparato" prima di eseguire gli scatti termografici. Significa accendere il sistema di riscaldamento e tutti i termosifoni, chiudere le finestre ma lasciare aperti gli scuri. L'aspetto più importante è comunque la scelta del momento e dell'ora dello scatto. Questo va fatto ovviamente nel periodo più freddo dell'anno, dopo il tramonto del sole, meglio ancora alla mattina presto, prima dell'alba, quando l'influenza dei raggi solari sulle pareti è scemata e il calore superficiale è dovuto esclusivamente alle perdite di calore dell'involucro edilizio dall'interno verso l'esterno attraverso la facciata.

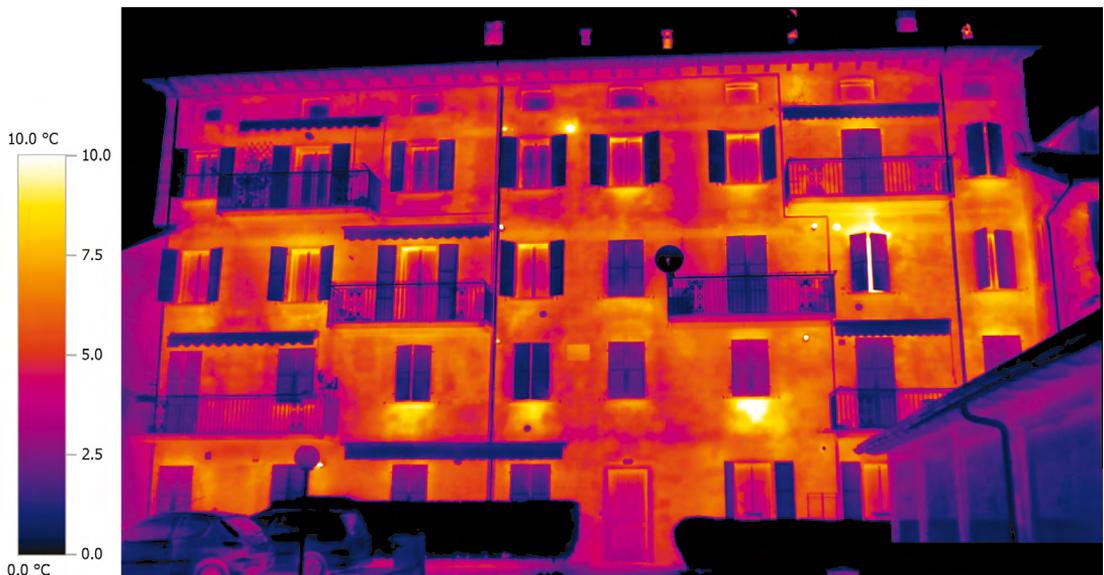


Fig. 1. Esempio di termografia con la relativa scala cromatica delle temperature superficiali registrate dalla termocamera. Dall'immagine sono evidenti le anomalie termiche. La loro individuazione mette in evidenza carenze sia generali che puntuali dell'involucro edilizio come ad esempio le forti dispersioni localizzate sotto le finestre in corrispondenza dei termosifoni.

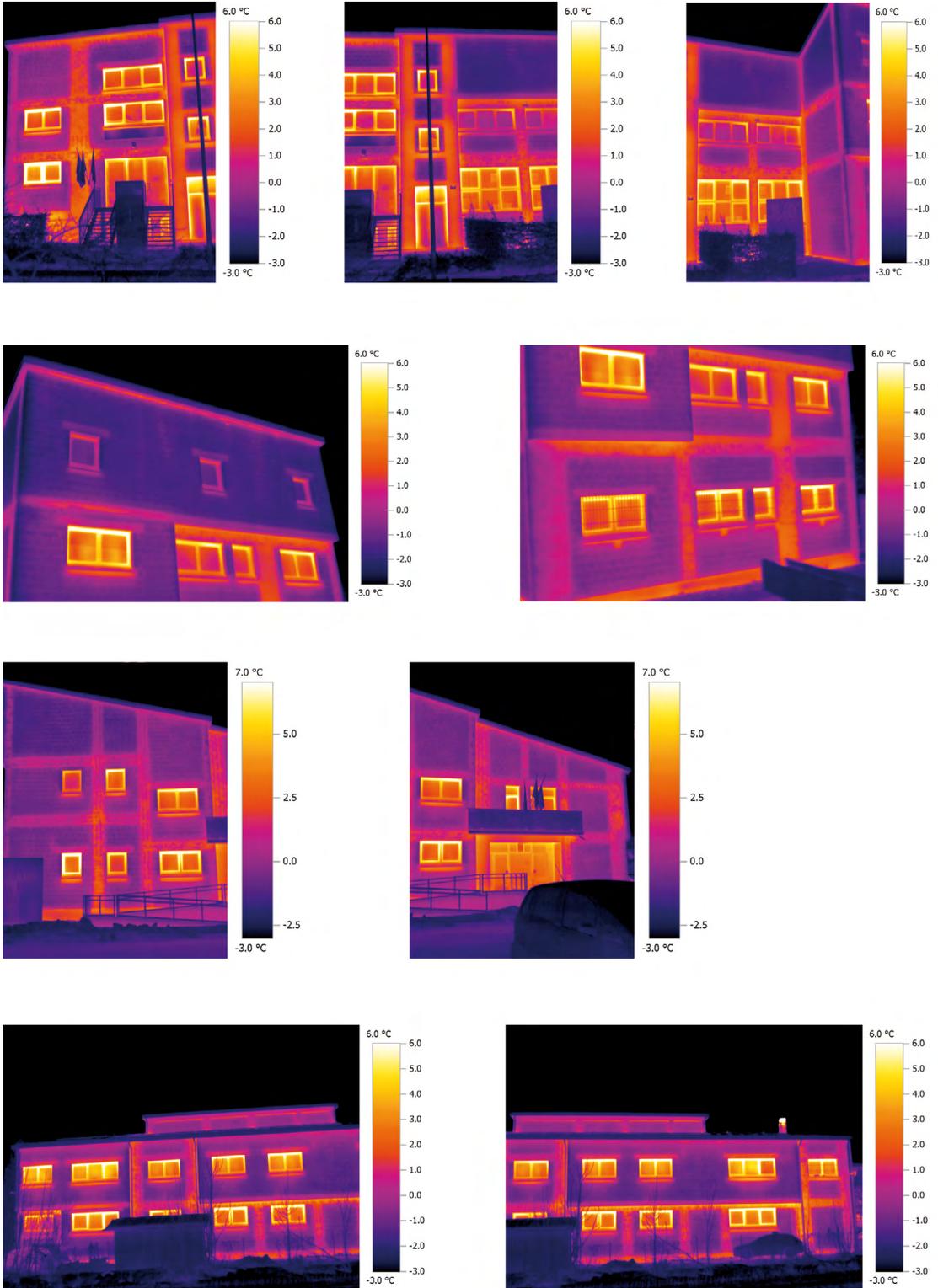


Fig. 2. Esempio di singole riprese termografiche di un edificio. Il risultato della mosaicatura delle singole immagini è rappresentato in figura 9.

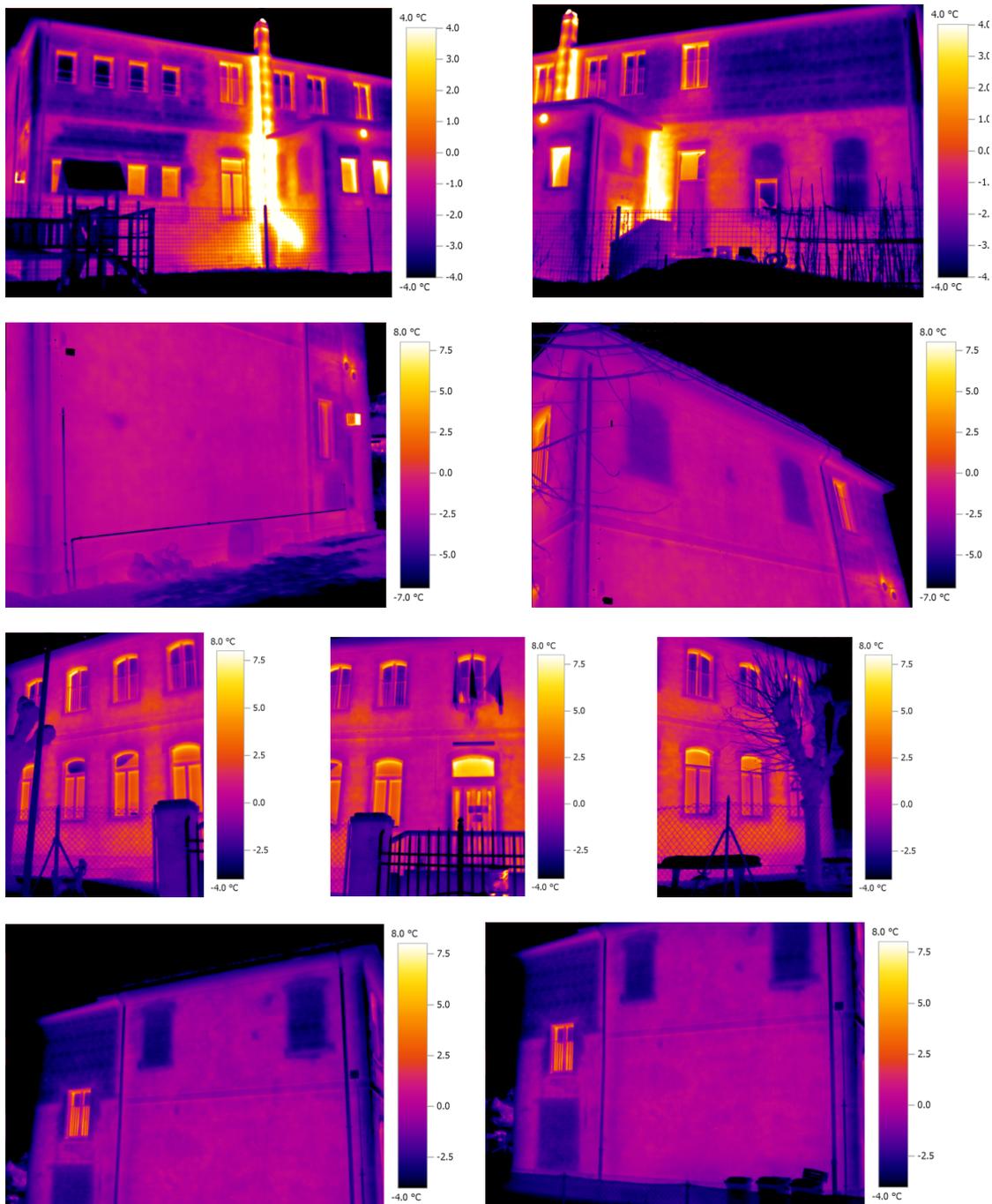


Fig. 3. Altro esempio di singole riprese termografiche di un edificio. Il risultato della mosaicatura delle singole immagini è rappresentato in figura 10.

I dati sui consumi energetici

Recentemente stiamo assistendo ad un proliferare di sistemi di attestazione energetica degli edifici. La loro funzione va dal *certificare* il rispetto delle norme edilizie sul risparmio energetico fino al definire un *ranking* prestazione dell'edificio da usare nel mercato immobiliare dove la prestazione energetica è diventato un parametro molto influente sul prezzo finale dell'immobile. L'elemento che accomuna questi protocolli è di basare il loro giudizio su una richiesta di fabbisogno energetico teorica, dedotta in base a sofisticati calcoli di termodinamica, che tengono in considerazione innumerevoli parametri relativi sia alla zona climatica che alle caratteristiche volumetriche e tecnico costruttive dell'immobile.

Per scopi legislativi o per la determinazione di un valore prestazione di un edificio - tralasciando in questa considerazione le varie discussioni su quale sistema attestazione risulti migliore, se CasaClima, DOCET, *LEED*, ecc.. - i protocolli sinora utilizzati risultano coerenti. Ma quando le stesse metodologie e gli stessi parametri vengono utilizzati con altri scopi, come ad esempio stimare i consumi di un intero quartiere o di una città o per calcolare e monitorare la quantità di emissioni di CO₂, il rischio è di ottenere risultati che si discostano in modo sensibile dalla realtà.

Per questo motivo – come già ampiamente affermato – il concetto alla base di *Energy Web* è di basarsi su dati reali, effettivi, non stimati. Questo concetto vale anche e soprattutto per i consumi energetici. Seppur con forti difficoltà,¹ e grazie all'iniziativa di alcune persone di vedute più ampie, nel caso studio di Feltre (appunto perché ricerca universitaria) è stato possibile ottenere i dati dei consumi reali degli edifici. Le fonti sono state: i dati forniteci dal gestore della rete di gas metano; il risultato dei questionari preparati dall'amministrazione comunale sul censimento delle diverse fonti di riscaldamento usate nelle abitazioni (gas, gasolio, legna, pellet).

In questo modo, grazie a queste sorgenti informative, è possibile avere una visione complessiva, a scala urbana, non dei consumi *presunti* ottenuti applicando i protocolli di cui sopra, ma bensì dei consumi *reali* di ogni immobile, che non dipendono dai soli aspetti fisici dell'edificio, ma da molti altri fattori: stili di vita dei proprietari; gestione dell'abitazione da parte delle persone; diverse sensibilità culturali degli abitanti; reale efficienza dell'impianto di riscaldamento; dalla disponibilità economica delle famiglie che lo abitano.

¹ I delicati aspetti sulla diffusione libera dei dati dei consumi energetici sono trattati nel Capitolo 12 e 14.

I consumi reali di gas metano degli edifici

I dati dei consumi di gas metano ci sono stati forniti da uno dei maggiori gestori delle reti di gas italiano che ci ha permesso di utilizzare un estratto del loro database nazionale. Il dato è composto da un foglio di calcolo con 8'897 record corrispondenti ad altrettanti "PdR" (punti di riconsegna, in pratica ogni singolo contatore) di tutto il territorio del Comune di Feltre con indicazione di via, civico, caratteristiche del contatore e soprattutto i consumi di gas del 2011 espressi in metri cubi. Nel foglio di calcolo (fig. 4), per garantire l'anonimato, sono stati stralciati i nominativi dei proprietari.

Come si può facilmente intendere, questo database rappresenta un insieme di dati estremamente importante in quanto da esso si possono estrarre informazioni rilevanti sui consumi reali di molti degli edifici della città di Feltre, ed escludere quelli che non utilizzano il metano. Sono infatti circa 9'500 le famiglie di Feltre, a fronte di circa 8'900 contatori, a dimostrazione che non tutti gli alloggi utilizzano il gas. Con questa informazione è quindi possibile avere un quadro quasi completo sullo stato dei consumi di tutti gli edifici della città.

| Numero contatore | Toponimo | Via | Edificio | Piano | Interno | Numero civico | Numero civico2 | CAP | Provincia | Stato sistema | Consumi da perequazione 2011 |
|------------------|----------|---------------------------|----------|-------|---------|---------------|----------------|-------|-----------|---------------|------------------------------|
| 1000018451 | VIA | VILLABRUNA | | | | 3 | 0000 | 32032 | BL | CREA | 798 |
| 1000018452 | VIA | CASONETTO | | | | SN3 | | 32032 | BL | CREA | 384 |
| 1000018453 | VIA | NUOVA | | | | 2 | | 32032 | BL | CREA | 803 |
| 1000018454 | VIA | ANCONETTA | | | | SN6 | | 32032 | BL | CREA | 348 |
| 1000018455 | VIA | FERDINANDO MAGELLANO | | | | SN | | 32032 | BL | CREA | 720 |
| 1000018456 | VIA | MEZZATERRA | | | | 22 | | 32032 | BL | CREA | 2.439 |
| 1000018457 | VIA | CISMON | | | | 19 | | 32032 | BL | CREA | 8 |
| 1000018458 | VIA | NUOVA | | | | 4 | | 32032 | BL | CREA | 729 |
| 1000018461 | VIA | FERDINANDO MAGELLANO | | | | SN | | 32032 | BL | CREA | 901 |
| 1000018463 | VIA | NUOVA | | | | 4 | | 32032 | BL | CREA | 520 |
| 1000018464 | VIA | NUOVA | | | | 4 | | 32032 | BL | CREA | 1.073 |
| 1000018466 | PIAZZA | TRENTO E TRIESTE | | | | 9 | | 32032 | BL | CREA | 1.062 |
| 1000018467 | VIA | FRANCESCO CRISPI | | | | 2 | | 32032 | BL | CREA | 495 |
| 1000018468 | VIA | DON ANTONIO PELLIN | | | | SN | | 32032 | BL | CREA | 347 |
| 1000018470 | VIALE | GIAN BATTISTA SANGUINAZZI | | | | SN | | 32032 | BL | CREA | 905 |
| 1000018471 | VIA | FERDINANDO MAGELLANO | | | | SN | | 32032 | BL | CREA | 28 |
| 1000018476 | VIA | UNIERA | | | | 1 | | 32032 | BL | CREA | |
| 1000018477 | FRAZIONE | VIGNUI | | | | 13 | | 32032 | BL | CREA | 429 |
| 1000018481 | VIA | LORENZO LUZZO | | | | 15 | | 32032 | BL | CREA | 1.452 |
| 1000018486 | VIA | ANCONETTA | | | | 12/m | | 32032 | BL | CREA | 1.454 |
| 1000018487 | VIA | ANTONIO PIGAFETTA | | | | 5 | | 32032 | BL | CREA | 1.057 |
| 1000018492 | VIA | FERDINANDO MAGELLANO | | | | SN | | 32032 | BL | CREA | 419 |
| 1000018497 | VIA | BOSCARIZ | | | | SN | 0000 | 32032 | BL | CREA | 877 |
| 1000018758 | VIA | VIGNIGOLE | | | | 2 | | 32032 | BL | CREA | |
| 1000018812 | VIA | LORENZO LUZZO | | | | 10 | | 32032 | BL | CREA | 6.097 |
| 1000029764 | VIA | MEZZATERRA | | | | 15 | | 32032 | BL | CREA | 264 |
| 1000029802 | VIA | NASSA | | PT | | 24 | | 32032 | BL | CREA | 3.956 |
| 1000029805 | VIA | RIENZA | | | | 11 | | 32032 | BL | CREA | 192 |
| 1000029807 | VIA | ANCONETTA | | | | SN20 | | 32032 | BL | CREA | 393 |
| 1000032125 | VIA | CRISTOFORO COLOMBO | | | | 18 | | 32032 | BL | CREA | 85.437 |
| 1000039224 | VIA | NUOVA | | | | 13/b | | 32032 | BL | CREA | 496 |
| 1000039225 | VIA | ANZÙ | | | | SN4 | | 32032 | BL | CREA | 459 |
| 1000039227 | VIA | GIUSEPPE BIASUZ | | | | SN20 | | 32032 | BL | CREA | 1.733 |
| 1000039237 | VIA | GENERALE UGO LUCA | | | | 2/A | 0000 | 32032 | BL | CREA | 862 |
| 1000039240 | VIA | ANZÙ | | | | SN4 | | 32032 | BL | CREA | 421 |
| 1000039241 | VIA | CENTRALE | | | | SN/6 | | 32032 | BL | CREA | 335 |
| 1000039242 | VIA | NUOVA | | | | 13/A | | 32032 | BL | CREA | 433 |
| 1000039245 | VIA | BAGNOLS SUR CEZE | | | | 22 | | 32032 | BL | CREA | 240 |
| 1000039343 | VIALE | MONTÈ GRAPPA | | | | 3/a | | 32032 | BL | CREA | 19.262 |
| 1000070577 | VIA | CISMON | | | | SN14 | | 32032 | BL | CREA | 613 |

Fig. 4. Database dei PdR (Punti di Riconsegna) del gas metano. La tabella mostra un esempio di alcuni dei 8'897 record dei quali, per ognuno, sono riportati i campi principali e i consumi di gas in mc.

Le differenti tipologie di riscaldamento

Ovviamente il metano non rappresenta l'unica fonte energetica di riscaldamento per le case di Feltre. Alcune frazioni o settori di città non sono raggiunti dalla rete di distribuzione, mentre altre abitazioni utilizzano sistemi alternativi in sostituzione o in integrazione dei sistemi a gas. Le informazioni sui consumi di gas vanno quindi integrate con altri dati.

A questo scopo, l'ufficio anagrafe ci ha fornito i dati in loro possesso sulla tipologia dei sistemi di riscaldamento usati nel Comune di Feltre (metano, gasolio, legna, stube, pellet) oltre che sulla presenza di solare termico o fotovoltaico. I dati sono stati raccolti con un questionario in occasione della consegna ai cittadini delle chiavette per i raccoglitori di rifiuti. I dati forniteci dal comune comprendono 9'144 record dove ad ognuno dei quali corrisponde un utenza che quindi può essere associata ad un nucleo familiare.

Questo database non riporta la quantità dei consumi, ma solo la tipologia usata. Ciò nonostante rappresenta un'informazione molto importante che, incrociata con il database precedentemente, restituisce un quadro più dettagliato dei consumi urbani. Ad esempio è possibile verificare se i consumi di gas metano molto ridotti siano dovuti ad alte prestazioni in termini di efficienza energetica o, invece, alla presenza di fonti di riscaldamento integrative come quelle a legna o le caldaie a gasolio.

Per il caso specifico della città di Feltre è inoltre una fonte di informazioni importante per la questione inquinanti atmosferici. La città ha infatti un triste primato di elevato inquinamento nel periodo invernale da benzopirene.² La fonte locale principale di questo inquinante è la combustione di legna, soprattutto poco stagionata e mediante stufe poco efficienti, mentre la conformazione fisica della valle fa sì che durante l'inverno i venti non siano in grado di ripulire l'aria.

Altra informazione rilevante che è possibile trarre da questo database è la diffusione, ancora presente, dei sistemi di riscaldamento a gasolio, che rappresentano una fonte di inquinamento non trascurabile. In un comune, come quello di Feltre, composto oltre che da un nucleo urbano principale anche da molte frazioni spesso non raggiunte dalla rete del gas metano, poter disporre in modo sintetico e rapido di un quadro sulla diffusione di questi sistemi (legna e gasolio) può essere di grande aiuto per intraprendere azioni mirate per migliorare l'inquinamento atmosferico, almeno per le cause dovute alla climatizzazione degli edifici.

² Il benzo[a]pirene è un idrocarburo policiclico aromatico della classe dei benzopireni, ed è una delle prime sostanze di cui si è accertata la cancerogenicità.

Non ultimo, questa base di dati, contemplando anche la diffusione di sistemi solari (sia fotovoltaico che termico), restituisce un quadro poco incoraggiante sulla diffusione di tali fonti energetiche alternative. Per ragioni culturali, ma soprattutto economiche, la fonte così detta “alternativa” della legna ha il sopravvento. Queste considerazioni sono derivate dall’osservazione diretta del *Sensing*. La successiva rielaborazione e integrazione con il *Model* produrrà nuove informazioni altrettanto rilevanti.

| ind_ute | civ_ubar | usi_comp | no_comp | <40mq | no_giard | non_iniz | metano | gasolio | legna | stube | pellet | solare | fotov |
|----------------------|----------|----------|---------|-------|----------|----------|--------|---------|-------|-------|--------|--------|-------|
| BORGIO DEI MENEGAT | 2 | | S | S | | | S | | | | | | |
| BORGIO DEI MENEGAT | 9 | | S | S | | | | | S | | | | |
| BORGIO DEI MENEGAT | 10 | | S | | | | | | S | | | | |
| BORGIO DEI MENEGAT | 12 | S | | | | | | | S | | | | |
| BORGIO DEI MENEGAT | 13 | | S | S | | | | | S | | | | |
| BORGIO DEI MENEGAT | 17 | S | | | | | | | | | S | | |
| BORGIO DEI MENEGAT | 20 | | S | | | | | | | | S | | |
| BORGIO DEI MENEGAT | 21 | | S | | | S | | | S | | | | |
| BORGIO DEI MENEGAT | 22 | S | | | | | S | | | | | | |
| BORGIO DEI MENEGAT | 24 | S | | | | | S | | S | | | | |
| BORGIO DEI MENEGAT | 27 | S | | | | | S | | | | | | |
| BORGIO DEI MENEGAT | 28 | S | | | | | S | | S | | | | |
| BORGIO DEI MENEGAT | 33 | S | | | | | S | | | | | | |
| BORGIO LA PRESIDENZA | 5 | S | | | | | S | | | | | | |
| BORGIO LA PRESIDENZA | 6 | S | | | | | | S | | | | | |
| BORGIO LA PRESIDENZA | 7 | S | | | | | S | | | | | | |
| BORGIO LA PRESIDENZA | 15 | | S | | | S | | | | | S | | |
| BORGIO LA PRESIDENZA | 17 | | S | | | S | S | | | | | | |
| FRAZIONE ANZU' | 145 | B | S | | S | | S | | | | | | |
| FRAZIONE ARSON | 31 | | | | | S | | S | | | | | |
| FRAZIONE ARSON | 126 | S | | | | | | | S | | | | |
| FRAZIONE ARSON | 128 | | | | | | | | | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 2 | S | | | | | | | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 3 | S | | | | | S | | | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 5 | S | | | | | | | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 5 | S | | | | | | | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 6 | A | S | | | | S | | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 6 | S | | | | | | S | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 7 | A | S | | | | S | | S | | | S | |
| FRAZIONE CANAL | 7 | B | S | | | | S | | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 7 | S | | | | | S | | | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 7 | S | | | | | S | | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 8 | A | S | | | | S | | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 8 | S | | | | | | S | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 9 | S | | | | | S | | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 12 | S | | | | | S | | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 14 | S | | | | | | S | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 15 | S | | | | | S | | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 17 | S | | | | | | | | S | | | |
| FRAZIONE CANAL | 18 | S | | | | | S | | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 19 | A | S | | | | | | S | S | | | |
| FRAZIONE CANAL | 19 | S | | | | | | | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 19 | S | | | | | | S | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 21 | S | | | | | S | | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 22 | S | | | | | S | | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 26 | S | | | | | S | | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 28 | S | | | | | | S | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 31 | S | | | | | | | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 34 | S | | | | | | | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 40 | S | | | | | S | | S | | | | |
| FRAZIONE CANAL | 41 | S | | | | | | | S | | | | |
| FRAZIONE CROCI | 22 | S | | | | | | | S | | | | |
| FRAZIONE GRUM | 1 | S | | | | | | S | S | | | | |
| FRAZIONE GRUM | 2 | | S | | | S | | | S | | | | |

Fig. 5. Database delle diverse tipologie di riscaldamento usate all’interno del Comune di Feltre. La tabella è un esempio di alcuni record (dei 9'144 totali). Ad ognuno corrisponde un utenza, quindi una singola unità abitativa.

L'anagrafe dei residenti

Nel paragrafo precedente si è sottolineato come il comportamento energetico di un edificio non è solo legato ad elementi oggettivi e quindi alle sue caratteristiche fisiche e tecnico costruttive, ma anche ad elementi soggettivi; cioè dipendenti dalla relazione tra utenti e edifici. I loro comportamenti, le loro conoscenze, le percezioni nei riguardi dell'utilizzo di fonti energetiche e dei risultati in termini di benessere e qualità ambientale, influiscono sulla gestione e sulle performance energetiche dell'edificio stesso.

I modelli di rappresentazione utilizzati devono quindi essere la sintesi di condizioni oggettive, risposte soggettive e risultati: indicatori di stato ambientale, politiche energetiche, strategie per l'ambiente, misure di comportamento, consapevolezza e percezione degli attori coinvolti. In particolare, non si possono escludere dal computo le conoscenze e le valutazioni personali degli attori coinvolti e la loro interazione nel determinare i comportamenti concreti.^{1,2}

In quest'ottica, sia i comportamenti degli individui, sia le scelte delle amministrazioni e delle imprese sono rilevanti nel determinare lo stato dell'ambiente. Di conseguenza, per comprendere appieno i fenomeni ambientali e improntare delle strategie di miglioramento è importante studiarli integrando i punti di vista dei vari "portatori di interesse."

Un primo passo fondamentale per convergere in questa direzione è di integrare il *City Sensing* con un altro strato informativo fondamentale per supportare l'analisi della componente "persone" che vivono nella città, che occupano e usano gli edifici che la compongono. Per disporre di tale componente con le sue svariate sfumature – che saranno descritte in seguito nel paragrafo dedicato all'elaborazione dei dati di *Sensing* – è necessario partire dalle informazioni presenti nell'anagrafe comunale.

Nell'applicazione di *Energy Web* al caso di Feltre, grazie alla piena collaborazione dell'amministrazione, è stata acquisita la banca dati dell'anagrafe comunale. Per ovvie ragioni di privacy, ai dati che ci sono stati consegnati sono state eliminate alcune informazioni sensibili tra cui il nome e cognome delle persone. La banca dati, in forma di foglio di calcolo, è composta da 21'023 record, per ognuno dei quali corrisponde una persona residente nel Comune. Per ogni record, nonostante

1 Angus Campbell, Philip E. Converse and William R. Rogers, *The quality of American life: perceptions, evaluations and satisfactions* (Russel Sage Foundation, 1976).

2 Marans, Robert W., Robert J. Stimson, ed. *Investigating Quality of Urban Life*. Springer, 2011.

alcuni dati sensibili siano stati omessi (come si può vedere dalla figura 5), sono comunque presenti molte informazioni utili. Prima di tutto l'indirizzo di residenza – indispensabile per collocare le persone all'interno del contesto fisico della città – ma poi la data di nascita, la professione, il titolo di studio e l'aggregazione in nuclei familiari. A partire da questo insieme di record è possibile eseguire delle elaborazioni di aggregazione e analisi per includere, nel quadro di conoscenze sullo stato energetico urbano, le valutazioni personali degli attori coinvolti e la loro interazione nel determinare i comportamenti concreti.

| nucleo | codice | codvia | indirizzo | civ | bar | int | ANNO | codpr | professione | codtit | titolo studio | numcomp |
|--------|--------|--------|---------------------|-----|-----|-----|------|-------|--------------------------|--------|--------------------------------|---------|
| 1 | 19841 | 1069 | VIA ANCONETTA | 5 | | | 1929 | 1049 | CASALINGA | 1200 | LICENZA ELEMENTARE | 1 |
| 5 | 8 | 1069 | VIA ANCONETTA | 5 | | | 1923 | 768 | PENSIONATO | 1200 | LICENZA ELEMENTARE | 1 |
| 6 | 13 | 1068 | VIA ADIGE | 1 | | | 1931 | 1049 | CASALINGA | 1200 | LICENZA ELEMENTARE | 3 |
| 6 | 14 | 1068 | VIA ADIGE | 1 | | | 1963 | 1211 | ELETRICISTA | 2300 | LICENZA MEDIA INFERIORE | 3 |
| 6 | 16 | 1068 | VIA ADIGE | 1 | | | 1967 | 1054 | INSEGNANTE | 4404 | DIPLOMA ISTITUTO MAGISTRALE | 3 |
| 7 | 18 | 1068 | VIA ADIGE | 1 | | | 1930 | 767 | PENSIONATA | 1200 | LICENZA ELEMENTARE | 1 |
| 8 | 21 | 1211 | VIA TAGLIAMENTO | 14 | | | 1943 | 731 | OPERAT. SCOLASTICO | 1200 | LICENZA ELEMENTARE | 3 |
| 8 | 23 | 1211 | VIA TAGLIAMENTO | 14 | | | 1963 | 1298 | COLLABORATORE SCOLASTICO | 2300 | LICENZA MEDIA INFERIORE | 3 |
| 8 | 24 | 1211 | VIA TAGLIAMENTO | 14 | | | 1974 | 78 | ARTIGIANO | 2300 | LICENZA MEDIA INFERIORE | 3 |
| 9 | 25 | 1068 | VIA ADIGE | 2 | | | 1938 | 768 | PENSIONATO | 2300 | LICENZA MEDIA INFERIORE | 2 |
| 9 | 26 | 1068 | VIA ADIGE | 2 | | | 1943 | 1049 | CASALINGA | 2300 | LICENZA MEDIA INFERIORE | 2 |
| 10 | 31 | 1068 | VIA ADIGE | 3 | | | 1933 | 767 | PENSIONATA | 1200 | LICENZA ELEMENTARE | 1 |
| 11 | 33 | 1068 | VIA ADIGE | 3 | | | 1935 | 768 | PENSIONATO | 1200 | LICENZA ELEMENTARE | 2 |
| 11 | 34 | 1068 | VIA ADIGE | 3 | | | 1939 | 1049 | CASALINGA | 1200 | LICENZA ELEMENTARE | 2 |
| 12 | 37 | 1068 | VIA ADIGE | 3 | | | 1931 | 768 | PENSIONATO | 1200 | LICENZA ELEMENTARE | 3 |
| 12 | 38 | 1068 | VIA ADIGE | 3 | | | 1933 | 1049 | CASALINGA | 1200 | LICENZA ELEMENTARE | 3 |
| 12 | 41 | 1068 | VIA ADIGE | 3 | | | 1975 | 327 | IN ATTESA OCCUR. | 2300 | LICENZA MEDIA INFERIORE | 3 |
| 14 | 50 | 1068 | VIA ADIGE | 5 | | | 1937 | 768 | PENSIONATO | 2300 | LICENZA MEDIA INFERIORE | 1 |
| 17 | 57 | 1068 | VIA ADIGE | 5 | | | 1932 | 767 | PENSIONATA | 1200 | LICENZA ELEMENTARE | 2 |
| 17 | 59 | 1068 | VIA ADIGE | 5 | | | 1961 | 1238 | AUTISTA | 2300 | LICENZA MEDIA INFERIORE | 2 |
| 18 | 61 | 1068 | VIA ADIGE | 12 | | | 1936 | 767 | PENSIONATA | 1200 | LICENZA ELEMENTARE | 2 |
| 18 | 62 | 1068 | VIA ADIGE | 12 | | | 1967 | 537 | INFERMIERE PROF. | 3999 | DIP.INFERM.PROFESS. | 2 |
| 19 | 65 | 1068 | VIA ADIGE | 20 | | | 1937 | 1049 | CASALINGA | 1200 | LICENZA ELEMENTARE | 1 |
| 20 | 70 | 1068 | VIA ADIGE | 10 | | | 1922 | 768 | PENSIONATO | 1200 | LICENZA ELEMENTARE | 2 |
| 20 | 44449 | 1068 | VIA ADIGE | 10 | | | 1956 | 725 | OPERAI TESSILE | 3703 | DIST.PROFESSION. | 2 |
| 22 | 74 | 1068 | VIA ADIGE | 6 | | | 1924 | 768 | PENSIONATO | 4404 | DIPLOMA ISTITUTO MAGISTRALE | 1 |
| 23 | 75 | 1068 | VIA ADIGE | 8 | | | 1916 | 767 | PENSIONATA | 1200 | LICENZA ELEMENTARE | 1 |
| 25 | 81 | 1068 | VIA ADIGE | 18 | | | 1942 | 1049 | CASALINGA | 1200 | LICENZA ELEMENTARE | 1 |
| 27 | 97 | 1148 | VIA ITA | 6 | | | 1947 | 1072 | MEDICO CHIRURGO | 5601 | LAUREA IN MEDICINA E CHIRURGIA | 2 |
| 27 | 239 | 1148 | VIA ITA | 6 | | | 1930 | 1222 | COMMERCIANTE | 2300 | LICENZA MEDIA INFERIORE | 2 |
| 28 | 99 | 1079 | VIA BELLUNO | 35 | A | | 1946 | 768 | PENSIONATO | 2300 | LICENZA MEDIA INFERIORE | 2 |
| 28 | 1608 | 1079 | VIA BELLUNO | 35 | A | | 1959 | 86 | ASS. GERIATRICA | 2300 | LICENZA MEDIA INFERIORE | 2 |
| 29 | 100 | 1173 | VIA MONTE ORTIGARA | 13 | | | 1943 | 513 | IMPIEGATO | 4406 | DIPLOMA ISTITUTO COMMERCIALE | 1 |
| 29 | 101 | 1173 | VIA MONTE ORTIGARA | 13 | | | 1947 | 1049 | CASALINGA | 2300 | LICENZA MEDIA INFERIORE | 3 |
| 29 | 102 | 1173 | VIA MONTE ORTIGARA | 13 | | | 1967 | 607 | LIBERO PROFESSIONISTA | 4444 | DIP.IST.RAGIONER. | 3 |
| 30 | 103 | 1101 | VIA CULIADA | 112 | A | | 1950 | 768 | PENSIONATO | 2300 | LICENZA MEDIA INFERIORE | 4 |
| 30 | 104 | 1101 | VIA CULIADA | 112 | A | | 1958 | 1049 | CASALINGA | 2300 | LICENZA MEDIA INFERIORE | 4 |
| 30 | 105 | 1101 | VIA CULIADA | 112 | A | | 1978 | 714 | OPERAI | 4444 | DIP.IST.RAGIONER. | 4 |
| 30 | 21953 | 1101 | VIA CULIADA | 112 | A | | 1984 | 961 | STUDENTESSA | 2300 | LICENZA MEDIA INFERIORE | 4 |
| 31 | 106 | 1245 | VIALE G. MAZZINI | 24 | | | 1950 | 515 | IMPIEGATO | 4929 | DIP. SCUOLA SUP. | 2 |
| 31 | 107 | 1245 | VIALE G. MAZZINI | 24 | | | 1954 | 514 | IMPIEGATA | 4404 | DIPLOMA ISTITUTO MAGISTRALE | 2 |
| 32 | 109 | 1072 | VIA AURORA | 3 | | | 1949 | 767 | PENSIONATA | 5615 | LAUREA IN LINGUE | 1 |
| 33 | 110 | 1081 | VIA BOSCARIZ | 27 | D | | 1941 | 767 | PENSIONATA | 5609 | LAUREA IN LETTERE | 2 |
| 33 | 112 | 1081 | VIA BOSCARIZ | 27 | D | | 1973 | 1054 | INSEGNANTE | 5617 | LAUREA IN SCIENZE BIOLOGICHE | 2 |
| 34 | 113 | 8036 | VIA SORELLE AGRIZZI | 12 | | | 1931 | 768 | PENSIONATO | 4406 | DIPLOMA ISTITUTO COMMERCIALE | 2 |
| 34 | 114 | 8036 | VIA SORELLE AGRIZZI | 12 | | | 1941 | 767 | PENSIONATA | 4444 | DIP.IST.RAGIONER. | 2 |
| 35 | 117 | 1221 | VIA V. BONSEMBIANTE | 10 | | | 1940 | 846 | PSICOLOGO | 5600 | LAUREA | 2 |
| 35 | 118 | 1221 | VIA V. BONSEMBIANTE | 10 | | | 1945 | 767 | PENSIONATA | 5615 | LAUREA PEDAGOGIA | 2 |
| 36 | 121 | 1072 | VIA AURORA | 3 | | | 1950 | 515 | IMPIEGATO | 4407 | DIPLOMA ISTITUTO GEOMETRI | 2 |
| 36 | 122 | 1072 | VIA AURORA | 3 | | | 1951 | 1054 | INSEGNANTE | 5615 | LAUREA IN LINGUE | 2 |
| 37 | 125 | 1108 | VIA DELLE FOSSE | 15 | A | | 1938 | 768 | PENSIONATO | 4406 | DIPLOMA ISTITUTO COMMERCIALE | 3 |
| 37 | 126 | 1108 | VIA DELLE FOSSE | 15 | A | | 1944 | 767 | PENSIONATA | 5609 | LAUREA IN LETTERE | 3 |
| 37 | 127 | 1108 | VIA DELLE FOSSE | 15 | A | | 1974 | 514 | IMPIEGATA | 5605 | LAUREA IN INGEGNERIA | 3 |
| 38 | 128 | 22010 | VIA FAORI | 7 | | | 1948 | 140 | BIRRAIO | 3955 | DIPLOMA BIRRAIO | 2 |
| 38 | 129 | 22010 | VIA FAORI | 7 | | | 1955 | 734 | OPERATORE ASSISTENZA | 1200 | LICENZA ELEMENTARE | 2 |
| 39 | 132 | 1072 | VIA AURORA | 3 | | | 1951 | 768 | PENSIONATO | 2300 | LICENZA MEDIA INFERIORE | 2 |
| 39 | 133 | 1072 | VIA AURORA | 3 | | | 1954 | 712 | OPERAI | 2300 | LICENZA MEDIA INFERIORE | 2 |
| 40 | 137 | 1088 | VIALE C. RIZZARDA | 5 | | | 1940 | 1097 | INGEGNERE | 5605 | LAUREA IN INGEGNERIA | 3 |
| 40 | 138 | 1088 | VIALE C. RIZZARDA | 5 | | | 1941 | 767 | PENSIONATA | 4406 | DIPLOMA ISTITUTO COMMERCIALE | 3 |
| 40 | 140 | 1088 | VIALE C. RIZZARDA | 5 | | | 1972 | 1071 | MEDICO | 5601 | LAUREA IN MEDICINA E CHIRURGIA | 3 |
| 41 | 141 | 1177 | VIA MONTE TOMAFICO | 10 | | | 1949 | 1073 | MEDICO CHIRURGO | 5601 | LAUREA IN MEDICINA E CHIRURGIA | 3 |
| 41 | 142 | 1177 | VIA MONTE TOMAFICO | 10 | | | 1956 | 710 | ODONTIATRA | 5600 | LAUREA | 3 |

Fig. 6. Esempio di alcuni record del database dell'anagrafe civica. Ogni record corrisponde ad un residente nel Comune di Feltre, per un totale di 21'023 residenti (il dato risale al 2011). Il campo "nucleo" fa riferimento ai vari gruppi familiari e quindi all'aggregazione delle diverse persone in famiglie.

Elaborazione dei dati di *Sensing*

Come per il *City Model*, anche per il *City Sensing*, alla fase di raccolta e creazione della struttura di dati segue una fase di elaborazione. Occorre rendere utilizzabili le informazioni ed estrarre, tramite rielaborazioni sui dati grezzi, altri strati informativi declinati alle problematiche di *Energy Web*. Nei paragrafi seguenti sono descritte le fasi di processamento e analisi dei rilievi ad infrarosso per generare le termografie delle facciate degli edifici; di rielaborazione dei database sui consumi di gas e sulle tipologie di riscaldamento per quantificare in consumi energetici e le emissioni; di accorpamento e studio del database dell'anagrafe per dedurne i fattori legati al comportamenti delle persone.

Le termografie degli edifici

Al termine delle misurazioni condotte durante la fase di rilievo sul campo, alcune migliaia di immagini termiche devono essere elaborate al fine di omogeneizzare la risposta cromatica di ogni singolo scatto e mosaicare per rappresentare ogni prospetto (fig. 7, 8). Il mosaico di immagini riferite ad ogni prospetto mostra la temperatura superficiale dell'involucro rilevata dalla termocamera in una scala cromatica omogeneizzata nei range di valori assunti (fig. 9, 10).

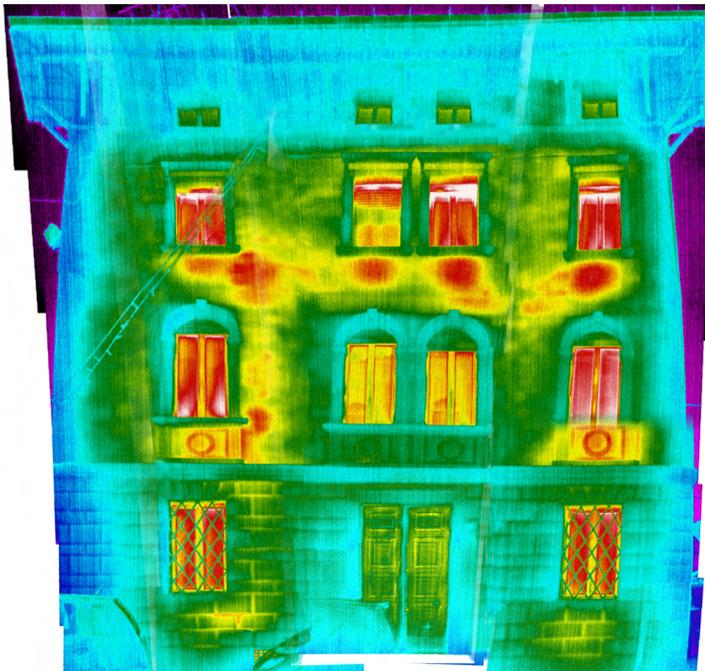


Fig. 7. Esempio immagine termografica di una singola facciata di un edificio del centro storico di Feltre, ottenuta dalla mosaicatura dei singoli fotogrammi dell'immagine a lato.

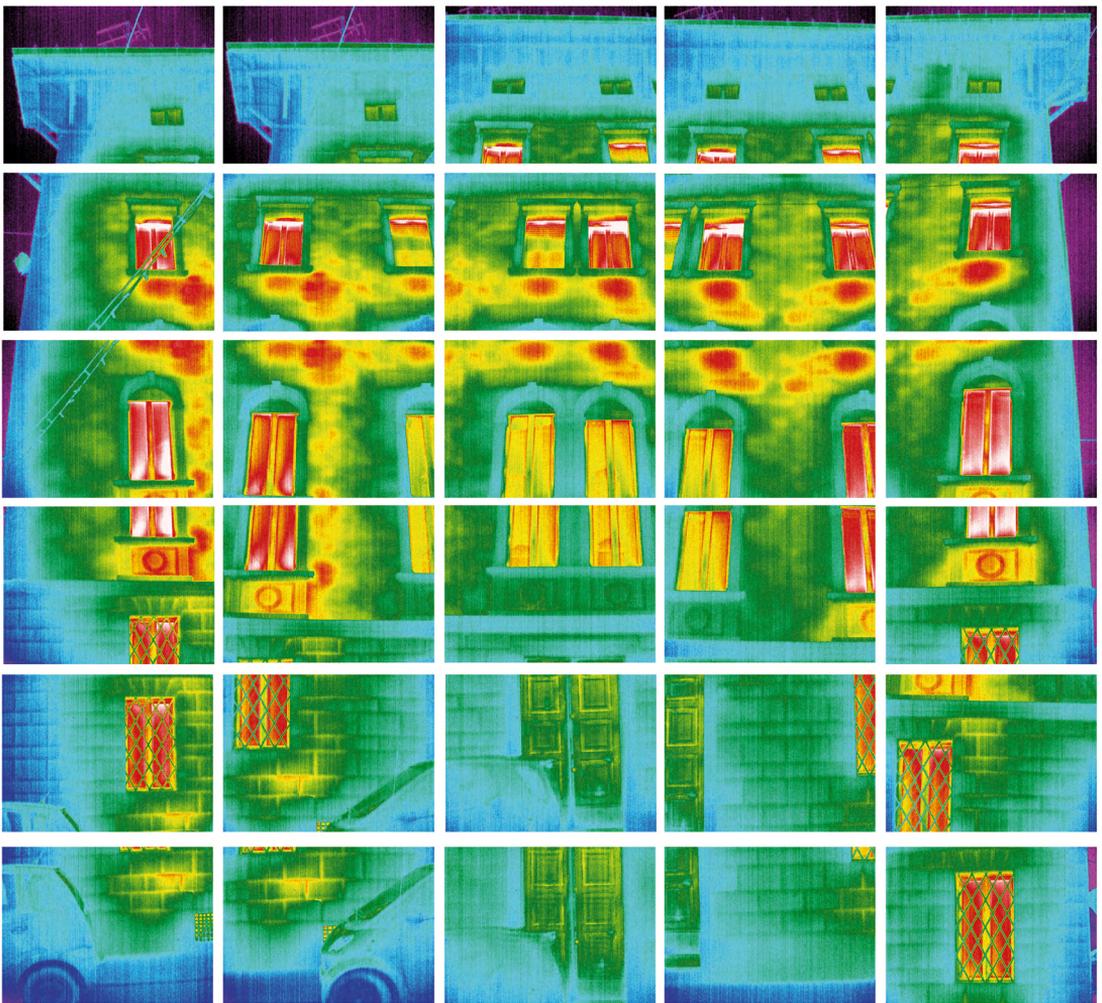


Fig. 8. Risultato del rilievo ad infrarossi prima delle operazioni di mosaicatura. L'immagine della figura 7 della pagina precedente è ottenuta mediante la mosaicatura di serie di singoli scatti. In questa figura è rappresentata una selezione dei singoli scatti.

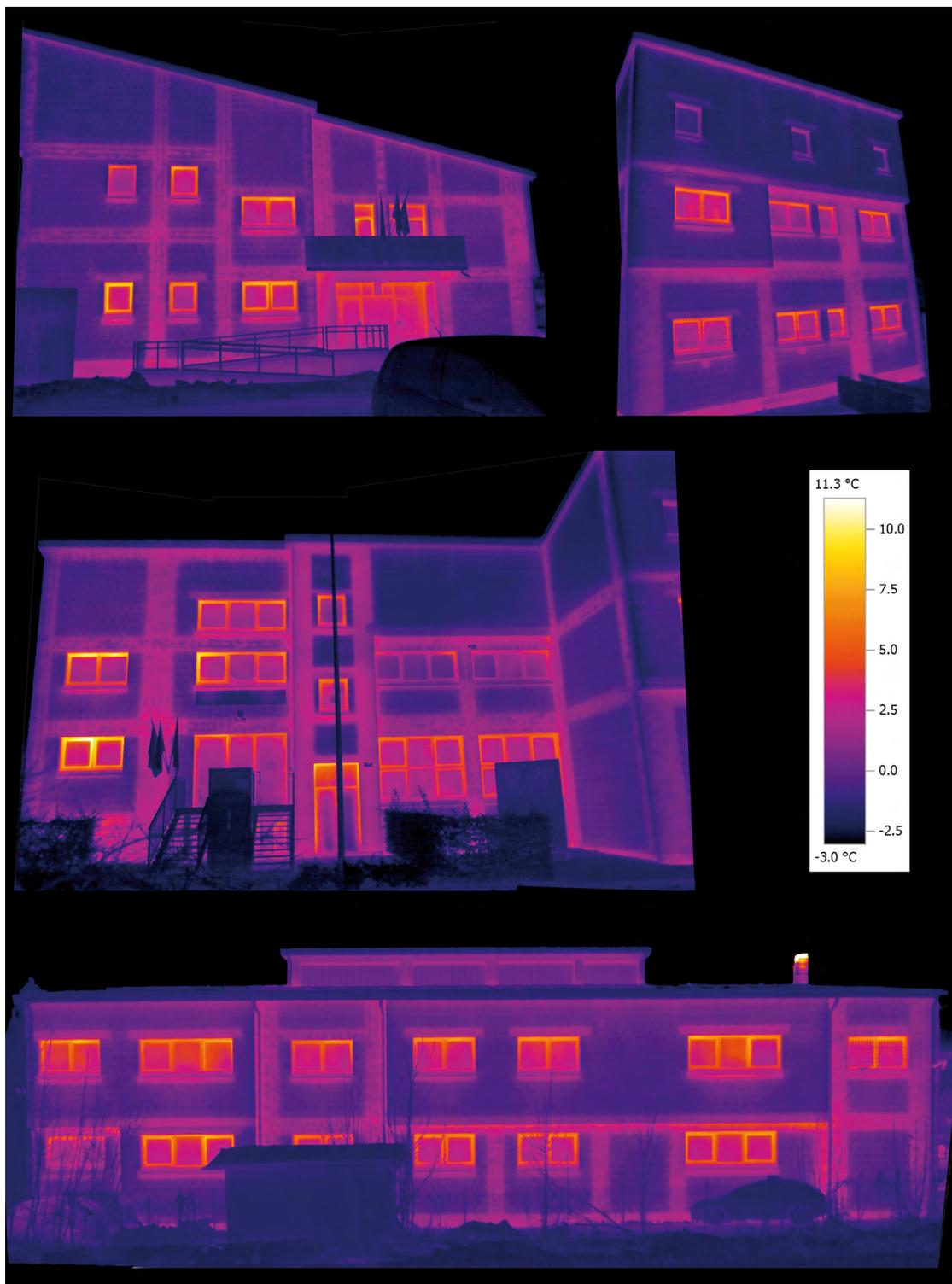


Fig. 9. Esempio di indagine termografica completa, su tutte le pareti esterne, di un edificio comunale della città di Feltre. Sono evidenti le anomalie dovute ai ponti termici del telaio in calcestruzzo armato e le dispersioni di calore attraverso i telai degli infissi.

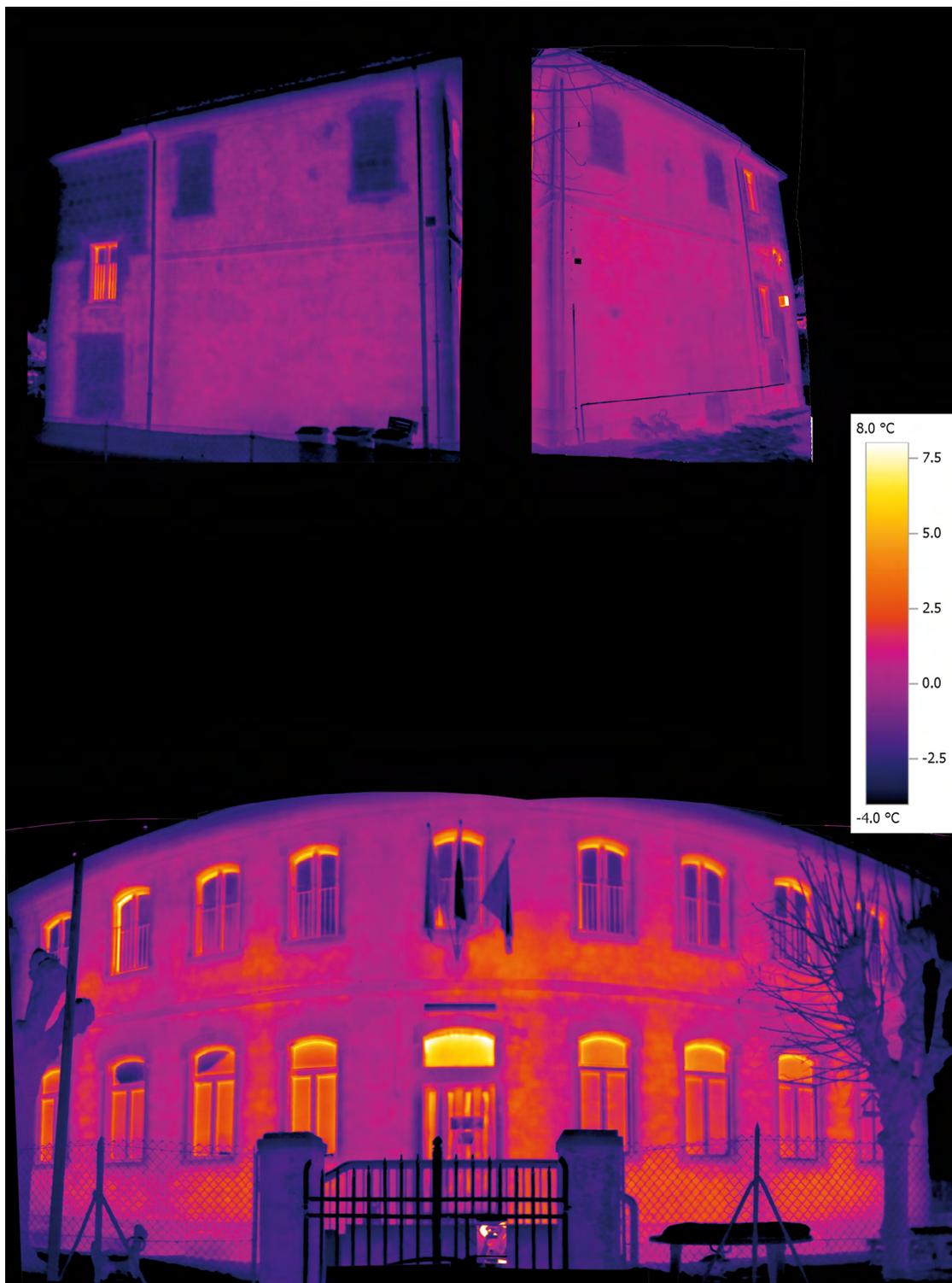


Fig. 10. Esempio di indagine termografica completa di una scuola della città di Feltre. Sono evidenti le anomalie dovute ai ponti termici del telaio degli infissi e alle discontinuità delle murature.

Geo-referenziazione, ed utilizzo dei dati di *Sensing*

A parte le componenti del *Sensing* desunte dai rilievi – come le indagini termografiche precedentemente illustrate – gli altri dati, ottenuti dall’analisi di giacimenti informativi esistenti, sono per così dire “scollegati” dall’ambiente fisico della città; in parole semplici non sono riferibili ad un luogo, ad una casa, ad un punto esatto del territorio. Per questo motivo, essi vanno georiferiti e contemporaneamente collegati con il *City Model*.

La strategia per far interagire tra loro *Model* e *Sensing*, è stata quella di utilizzare un livello informativo intermedio. Il livello che si pone a metà strada tra il *Model* e il *Sensing* è il sistema della numerazione civica. I numeri civici, infatti, sono l’unica struttura di gestione delle informazioni disponibile in tutte le città. Possiede la caratteristica di essere sia elemento di riferimento di dati non geografici (ad esempio l’anagrafe) sia un sistema di localizzazione geografica precisa all’interno del sistema città. Utilizzando come strato di connessione questo livello intermedio è quindi possibile creare una corrispondenza tra gli edifici e le varie informazioni del *Sensing*.

La bonifica della base dati della numerazione civica

Perché l’associazione sia univoca anche dal punto di vista spaziale è necessario avere a disposizione un dato georiferito e accurato. La metodologia prevede quindi una bonifica preventiva della numerazione civica e della sua geo-referenziazione. Successivamente l’aggregazione e la rielaborazione dei dati di *Sensing* attorno allo stato informativo della numerazione civica. Il lavoro fatto a Feltre esemplifica questo processo.

Tutte le amministrazioni comunali, e i rispettivi uffici tecnici, dispongono di uno strato informativo georiferito dei numeri civici. Tuttavia, in molti casi, come a Feltre, e soprattutto nel centro storico della città, questo dato non è ne completo e ne è aggiornato ed oltretutto riporta degli errori. L’incongruenza tra i dati disponibili e la situazione reale è da imputarsi a due cause. La principale è la sovrapposizione dei diversi sistemi di numerazione che si sono susseguiti nel tempo, situazione facilmente percepibile e verificabile dal fatto che alcuni edifici riportano ancora i sistemi di numerazione più vecchi (fig. 11, 12). I cittadini, così come vari enti di fornitura di servizi, fanno spesso riferimento ancora a questa numerazione, a volte anche per l’assenza di indicazioni sugli ingressi, creando quindi fraintendimenti e dubbi sulla corretta identificazione del numero civico. La seconda causa è dovuta alla struttura dei dati forniti dall’amministrazione.



Fig. 11. Esempio di incongruenza della numerazione civica a causa di sovrapposizioni di sistemi appartenenti a periodi temporali diversi. (Centro storico di Feltre). Foto di Elisa Zatta



Fig. 12. Altro esempio di successive modifiche della numerazione civica. (Centro storico di Feltre). Foto di Elisa Zatta.

L'anagrafe, infatti, possiede una numerazione ufficiale che fa riferimento ai nuclei familiari, ma che non è georiferita. L'ufficio tecnico comunale invece, possiede un livello informativo georiferito della numerazione civica, ma che fa riferimento agli accessi e non ai nuclei familiari, creando una proliferazione di punti civici con una numerazione dedotta e quindi ridondante.

La conseguenza è un'incoerenza di base tra le varie numerazioni: quella riportata dall'anagrafe, quella riportata dagli enti di gestione dei servizi (nel caso di Feltre il database dei consumi di gas) e quella riportata all'interno delle cartografie tecniche.

Per questo motivo è stato necessario svolgere un lavoro di bonifica dei dati suddiviso in due momenti distinti. A Feltre, un lavoro di *matching* è stato condotto tra il dato dell'anagrafe e il dato dell'ufficio tecnico; tramite un processamento su database, sono state isolate tutte le incongruenze sulle quali è stata in seguito eseguita una verifica condotta sia con campagne di rilievi sul campo, acquisendo le informazioni con maggior accuratezza, sia attraverso un confronto attivo con gli uffici comunali che gestiscono la numerazione civica e l'anagrafe. L'interazione diretta con i residenti o i vicini, o il confronto incrociato tra i nominativi dei pannelli e le varie fonti di dati, ha permesso di risolvere molte delle incongruenze o lacune. Nei casi in cui non è stato possibile risolvere le incongruenze si è attivato un dialogo con l'Ufficio anagrafe per risolvere la mancanza puntuale di informazioni relative ai numeri civici.

Anche dopo una completa bonifica dei dati tuttavia, non è stato possibile (e non è generalmente non lo è) ottenere un'identificazione esatta di ogni unità immobiliare. Di conseguenza non si ha a disposizione una esatta corrispondenza tra dati ed edifici. La mancanza in molti casi di una sub-numerazione (barrato e interno) sia sui record del *Sensing* (ad esempio i database dei consumi di gas o dell'anagrafe), e sia sulla numerazione degli edifici, impedisce la corrispondenza puntuale. Questo non costituisce in realtà un problema rilevante poiché l'unità spaziale minima di riferimento delle analisi in *Energy Web*, di fatto l'*elemento edilizio*, identifica un blocco edificato omogeneo dal punto di vista tipologico, funzionale, e formale e non singoli alloggi. I vari appartamenti di un edificio multipiano, i vari alloggi di un edificio plurifamiliare, o le varie unità abitative di piccoli complessi residenziali, sono considerati come appartenenti ad un unico elemento edilizio. L'accorpamento crea inoltre un'informazione aggregata che garantisce un livello di riservatezza e di privacy delle informazioni accettabile.

Scendendo nel dettaglio del lavoro di bonifica, la base dati relativi ai civici al

database dell'Ufficio Tecnico Urbanistica comprende n°8'640 "ingressi" ad unità immobiliare (residenze, uffici, esercizi commerciali) di cui 3'332 senza numero civico (il 39% del totale), mentre analizzando i dati dell'anagrafe risultano 9'470 famiglie a cui deve corrispondere (anche in maniera non univoca) un numero civico. Il database dei numeri civici relativi agli ingressi degli immobili ha quindi richiesto un accurato lavoro di bonifica. Come descritto precedente per poter usare la numerazione civica come elemento di connessione con i dati dei consumi di gas e dell'anagrafe, rispetto agli edifici, vi è la necessità di procedere ad un'operazione di accorpamento per *elemento edilizio* dei punti civici (vedi figura sotto).

La correlazione e l'aggregazione delle diverse informazioni disponibili è stata

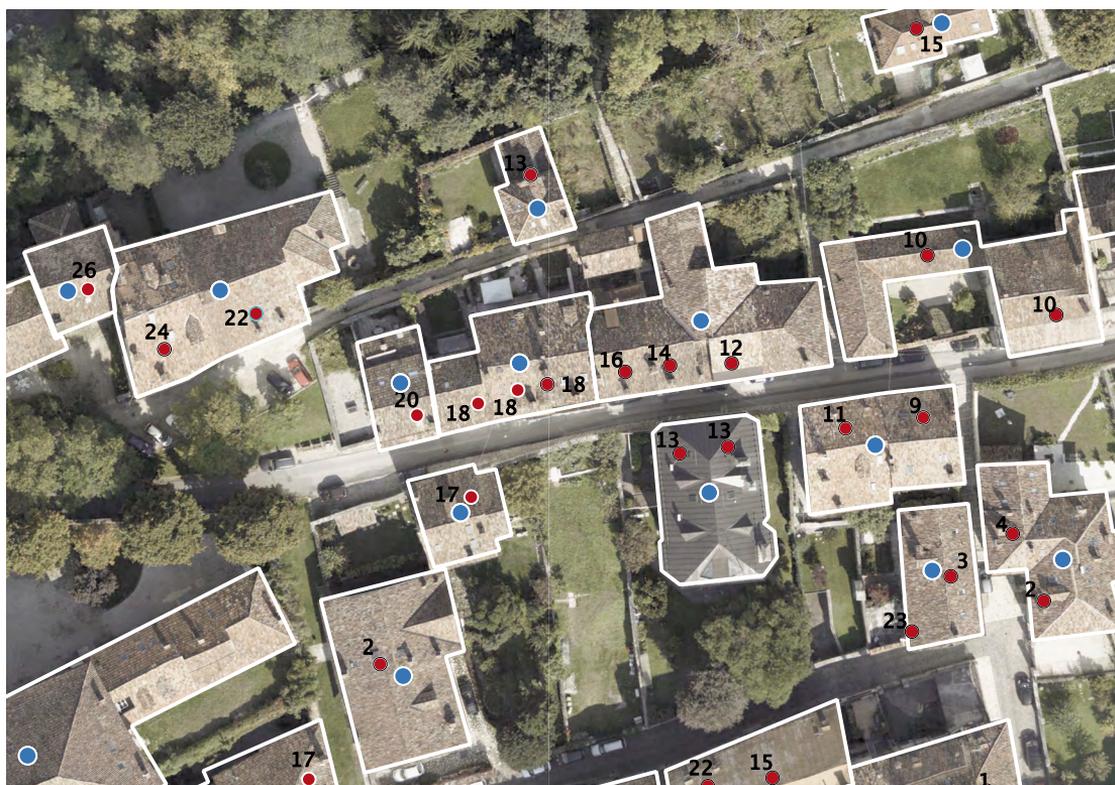


Fig. 13. L'immagine è una schematizzazione del processo di bonifica del livello vettoriale della numerazione civica e di aggregazione dei dati di *Sensing*. All'interno del perimetro di un *elemento edilizio* (bordo bianco) la numerazione civica (punti rossi) deve essere univoca (ad esempio non possono esistere due numeri 22 a meno che non abbiano un esponente diverso come nel caso del numero 13 al centro della figura). Tutte le informazioni associate ai vari punti rossi compresi all'interno di uno stesso perimetro di edificio vengono teoricamente accorpate in un unico dato (simbolicamente rappresentato dal punto blu).

ottenuta sviluppando un modello dati e una serie di procedure (*query*) all'interno dell'ambiente *DBMS (Data Base Management System)* "PostgreSQL" con estensione geografica "PostGIS", un ambiente software potente ed evoluto appartenente alla categoria dei prodotti di libero utilizzo (*Free Open Source Software*).¹ Utilizzando il geo-database sono stati inizialmente organizzati e bonificati i dati sulla numerazione civica. Come già anticipato, questa banca dati ha valenza strategica in quanto cerniera di collegamento tra dati anagrafici e dei consumi e quelli del *City Model*, in particolare delle unità edilizie. Utilizzando le funzioni di analisi geografica fornite dal geo-database sono stati aggregati, in modo dinamico, tutti i civici associati ad un unico *elemento edilizio* mantenendo però la relazione uno-molti che consente di collegare i dati dei singoli residenti o dei singoli contatori alla geometria dell'edificio corrispondente. Ciò consente di rappresentarne i valori di sintesi (sommatorie, valori medi) sotto forma di mappa tematica.

Contestualmente all'operazione di aggregazione si è ottenuta l'eliminazione delle ridondanze (come ad esempio la presenza più numeri civici che riportano la stessa numerazione a causa dell'assenza di sub-numerazione) livellando inoltre le diverse accuratèzze proprie dei vari data-set (ad esempio l'assenza di sub-numerazione sui dati dei fornitori di servizi).

L'utilizzo del geo-database consente di dare completa flessibilità e scalabilità alla base conoscitiva di *Energy Web*. Grazie all'aggregazione dinamica dei civici rispetto agli edifici, ogni data-set può essere aggiornato singolarmente in base alle tempistiche consentite senza comportare una nuova esecuzione della catena delle elaborazioni. Le relazioni tra banche dati, sia numeriche sia geografiche, sono infatti gestite tramite query dinamiche, ovvero procedure informatiche che garantiscono coerenza e congruenza tra i dati del *City Model* e del *City Sensing*, sia nel momento dell'inserimento sia durante le fasi di aggiornamento periodico delle informazioni, permettendo di visualizzare sul web la situazione realmente aggiornata e corrispondente all'ultima modifica inserita nel sistema.

Utilizzo dei dati di *Sensing*

Per soddisfare le esigenze informative degli attori coinvolti è necessario trasformare – come fatto per i rilievi termografici – i dati contenuti nei giacimenti informativi analizzati, in informazioni comprensibili ed utilizzabili, individuando dei parametri, degli indicatori o un insieme di informazioni utili a soddisfare queste esigenze. In *Energy Web* questo avviene in due fasi distinte. La prima, tramite

1 Le tecnologie impiegate e le procedure (*query*) utilizzate sono descritte in dettaglio in appendice.

aggregazioni di dati e combinazione delle informazioni, si limita a riproporre in modo diverso ma immediatamente comprensibile ed utilizzabile le informazioni già contenute nei giacimenti informativi analizzati; la seconda – che sarà descritta nel capitolo dedicato al *City Energy Model* – genera nuova informazione dall'integrazione e rielaborazione delle basi di conoscenza del *Model* e del *Sensing*.

In questa prima fase, l'insieme dei dati riorganizzati per poter essere gestiti e comunicati in modo semplice, intuitivo e soprattutto utilizzabile sono:

- i consumi di gas in mc, accorpati per ogni elemento edilizio (fig. 14);
- la presenza di sistemi di riscaldamento alternativi al gas metano suddivisi in gasolio o legna (comprendendo nella legna tutte le varianti come stube, pellet, camino) (fig. 16);
- il numero degli occupanti di ogni edificio, oltre ad una classificazione in base al numero dei bambini (0-14 anni), al numero degli anziani (dai 70 anni in su), alla struttura familiare (se la famiglia è composta da soli anziani, se vi sono bambini, o se vi sono persone laureate) (fig. 15).

La riorganizzazione dei dati è stata fatta sempre in ambiente *DBMS* utilizzando *PostgreSQL* restituendo nuove *query* dinamiche che possono essere utilizzate sia per generare grafici e mappe tematiche “statiche” – come le immagini delle pagine seguenti, che sono una rappresentazione grafica di queste informazioni estesa a gran parte del territorio comunale – sia per essere collegate a sistemi web interattivi² tramite i quali interrogare in modo dinamico le informazioni del *City Sensing*.

² In *Energy Web* l'obiettivo principale è di includere tutte le informazioni nel un sistema web dinamico descritto nel Capitolo 12. Le mappe tematiche delle pagine seguenti utilizzano comunque una grafia delle informazioni riproposta anche all'interno del sistema web di condivisione delle informazioni.

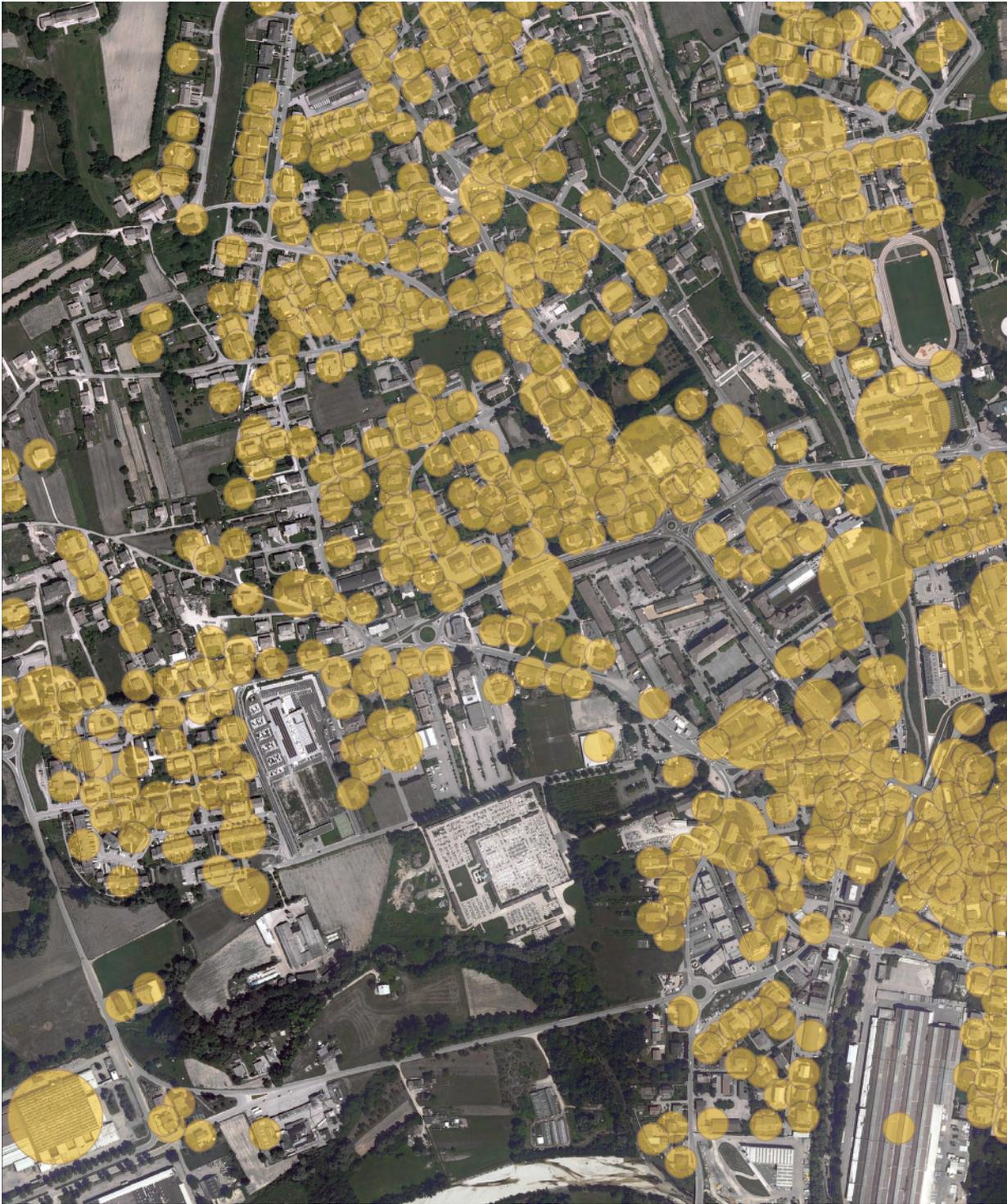


Fig. 14. L'immagine è una rappresentazione su mappa dei consumi di gas dei vari edifici di Feltre. Al crescere della dimensione del simbolo corrisponde un maggior consumo di gas. Una simile rappresentazione fa emergere alcune "anomalie" di edifici nei quali il consumo è notevole e spesso si tratta di edifici pubblici.



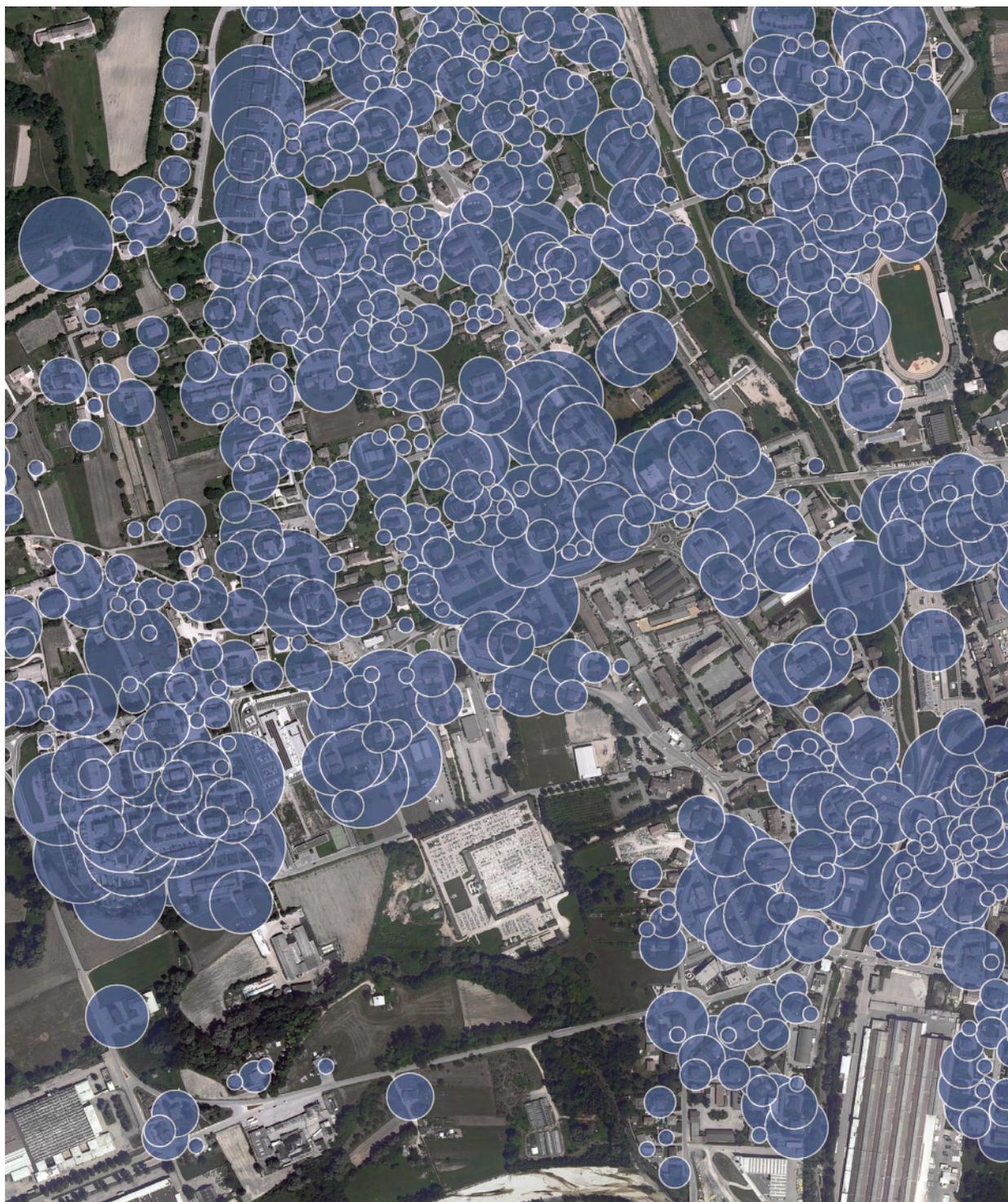
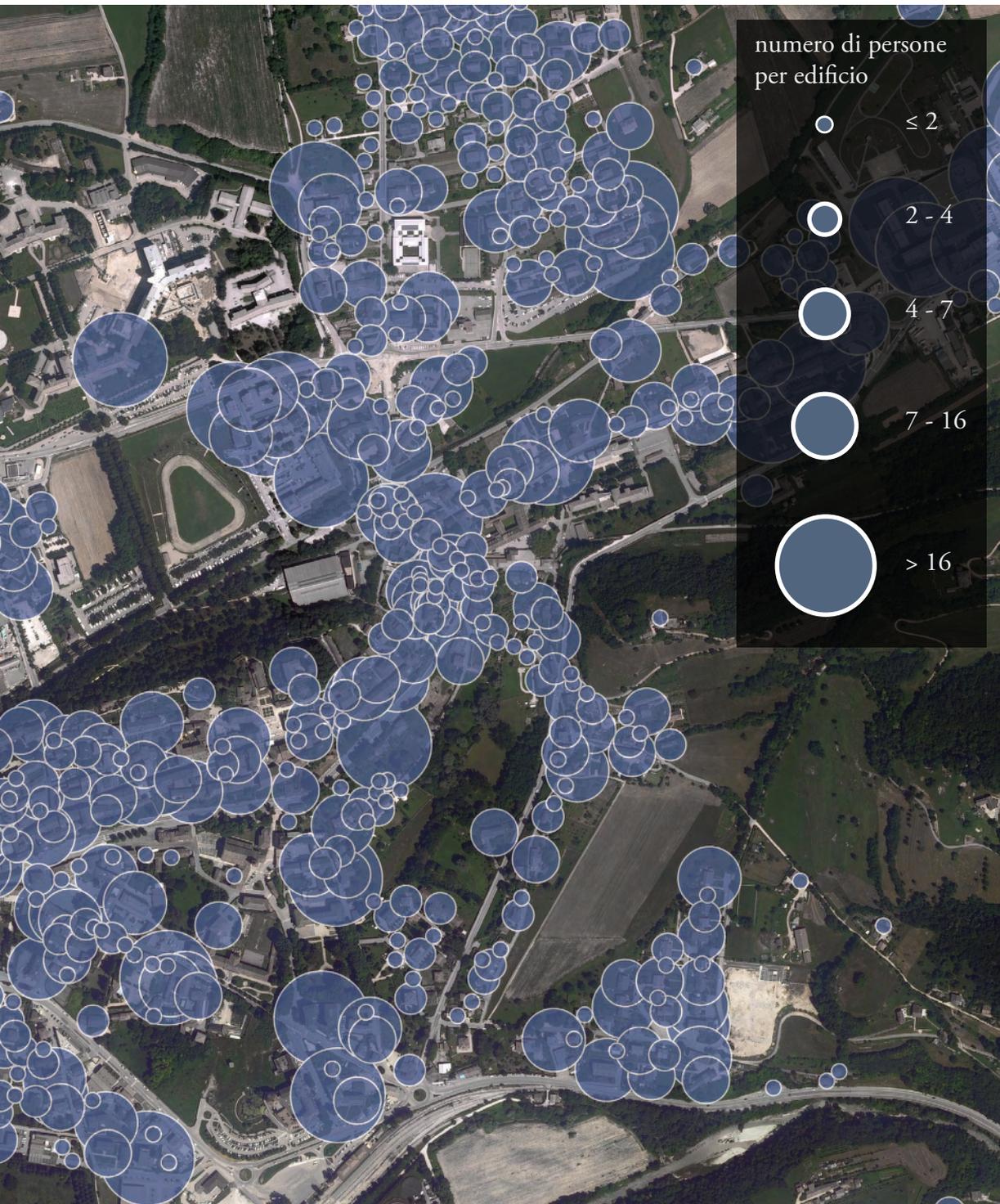


Fig. 15. L'immagine è una rappresentazione su mappa del numero di persone che vivono in ogni edificio. Essendo il dato basato sull'anagrafe comunale, restano esclusi da questa analisi il numero di occupanti di edifici pubblici, come gli ospedali, le scuole. La rappresentazione restituisce comunque una prima informazione utile al confronto con le analisi dei consumi.



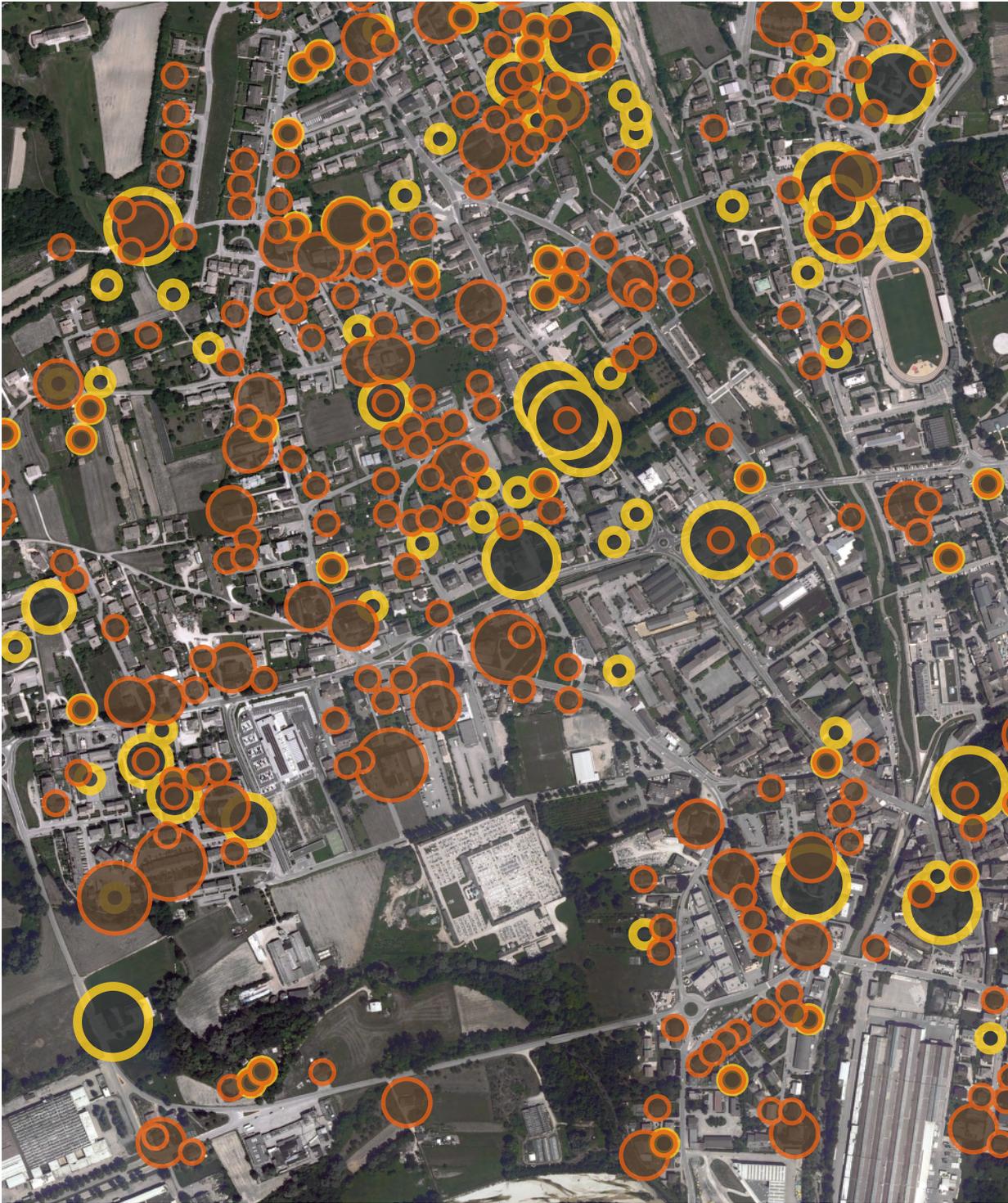
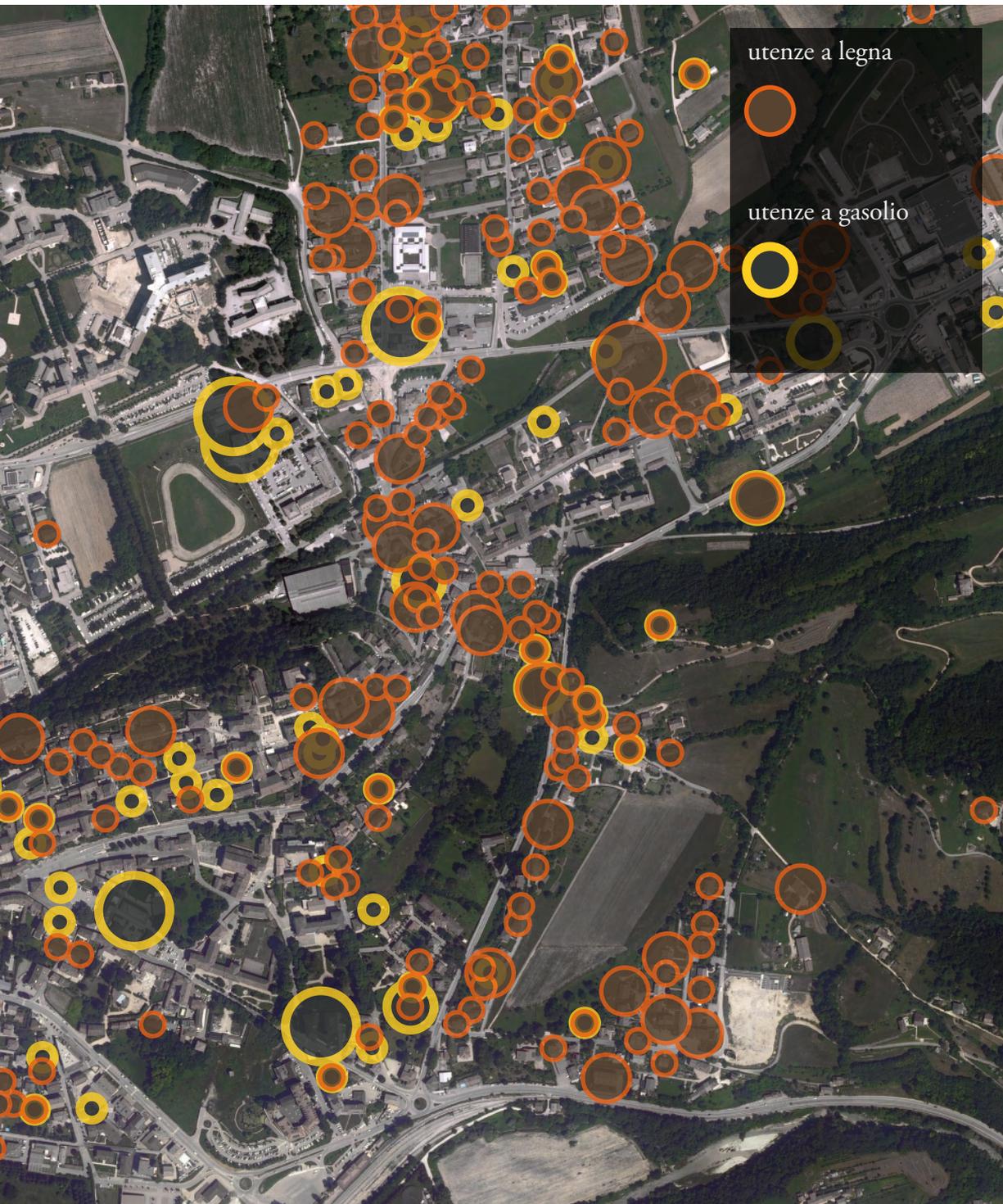


Fig. 16. L'immagine è una rappresentazione su mappa dei sistemi di riscaldamento alternativi al gas, quali la legna e il gasolio. Le dimensioni dei simboli sono proporzionali al numero di utenze. Si noti come la legna (simbolo marrone con bordo arancio) sia fortemente utilizzata. Le utenze a gasolio (simbolo scuro con bordo giallo) sono meno frequenti.



A05_C017_C01701_6060_1000018451_2081_200402506314183_2401025_00885100345304_000350-6060-PCM_99990101_00905811006_1_1_58_00_25_07_022_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_4516_20110110_VIA,VILLABRUNA,,,3,0000,32032,BL,CREA,7975,5824

A05_C017_C01701_6060_1000018452_2081_200402506314184_2401025_00885100280147_000350-6060-PCM_20040922_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_4878_20120327_VIA,CASONETTO,,,SN3,32032,BL,CREA,383,83653

A05_C017_C01701_6060_1000018453_2081_200402506314185_2401025_00881907412876_000350-6060-PCM_20040330_00905811006_1_1_58_00_25_09_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_8707_20111129_VIA,NUOVA,,,4,32032,BL,CREA,603,56729

A05_C017_C01701_6060_1000018454_2081_200402506314186_2401025_00881907517948_000350-6060-PCM_20040312_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_18168_20110224_VIA,MEZZATERRA,,,2,32032,BL,CREA,2438,608188

A05_C017_C01701_6060_1000018457_2081_200402506314189_2401025_00885100345569_000350-6060-PCM_99990101_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_1897_20120327_VIA,ANCONETTA,,,SNG,32032,BL,CREA,347,945322

A05_C017_C01701_6060_1000018458_2081_200402506314187_2401025_00885100587491_000350-6060-PCM_20040922_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_1622_20120404_VIA,FERDINANDO MAGELLANO,,,SN,32032,BL,CREA,719,811816

A05_C017_C01701_6060_1000018456_2081_200402506314188_2401025_00881902186493_000350-6060-PCM_19791213_00905811006_1_1_58_00_25_06_004_001_002_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_3904_20110224_VIA,MEZZATERRA,,,2,32032,BL,CREA,1072,483228

A05_C017_C01701_6060_1000018460_2081_200402506314190_2401025_00881902188922_000350-6060-PCM_20040330_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_1510_20120330_VIA,CISMON,,,19,32032,BL,CREA,7,975824

A05_C017_C01701_6060_1000018461_2081_200402506314191_2401025_00881907412900_000350-6060-PCM_20040330_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_10_0_4415_20110110_VIA,NUOVA,,,4,32032,BL,CREA,520,422516

A05_C017_C01701_6060_1000018464_2081_200402506314196_2401025_00881907412918_000350-6060-PCM_20040330_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_10_0_4601_20110110_VIA,NUOVA,,,4,32032,BL,CREA,728,790918

A05_C017_C01701_6060_1000018466_2081_200402506314198_2401025_00881902187993_000350-6060-PCM_20040330_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_7428_20120404_VIA,FERDINANDO MAGELLANO,,,SN,32032,BL,CREA,901,268112

A05_C017_C01701_6060_1000018463_2081_200402506314195_2401025_00881907412892_000350-6060-PCM_20040330_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_10_0_4415_20110110_VIA,NUOVA,,,4,32032,BL,CREA,520,422516

A05_C017_C01701_6060_1000018467_2081_200402506314199_2401025_00881902188587_000350-6060-PCM_19860915_01287460057_1_1_58_00_25_03_002_021_002_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_0_0_4549_20120404_VIA,FRANCESCO CRISPI,,,2,32032,BL,CREA,495,498066

A05_C017_C01701_6060_1000018468_2081_200402506314200_2401025_00885100280147_000350-6060-PCM_20040330_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_3904_20110224_VIA,MEZZATERRA,,,2,32032,BL,CREA,2438,608188

A05_C017_C01701_6060_1000018470_2081_200402506314202_2401025_00881902187933_000350-6060-PCM_19741215_00905811006_1_1_58_00_25_06_004_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_8564_20110113_PIAZZA,TRENTO E TRIESTE,,,9,32032,BL,CREA,1061,78157

A05_C017_C01701_6060_1000018477_2081_200402506314205_2401025_00881902188587_000350-6060-PCM_19860915_01287460057_1_1_58_00_25_03_002_021_002_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_0_0_4549_20120404_VIA,FRANCESCO CRISPI,,,2,32032,BL,CREA,495,498066

A05_C017_C01701_6060_1000018478_2081_200402506314203_2401025_00885100587525_000350-6060-PCM_20040922_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_8179_20120404_VIA,FERDINANDO MAGELLANO,,,SN,32032,BL,CREA,27,915384

A05_C017_C01701_6060_1000018479_2081_200402506314204_2401025_00881902187933_000350-6060-PCM_20040330_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_4879_20090730_VIA,UNIERA,,,1,32032,BL,CREA,0

A05_C017_C01701_6060_1000018477_2081_200402506314200_2401025_0088190216488_000350-6060-PCM_20030722_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_15_0_2876_20110104_FRAZIONE,VIGNUN,,,13,32032,BL,CREA,428,70054

A05_C017_C01701_6060_1000018481_2081_200402506314213_2401025_00881902189558_000350-6060-PCM_19801015_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_2659_20110129_VIA,NUOVA,,,12,32032,BL,CREA,3956,000704

A05_C017_C01701_6060_1000018486_2081_200402506314218_2401025_00881902187933_000350-6060-PCM_20040330_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_11680_20120327_VIA,ANCONETTA,,,12/M,32032,BL,CREA,1453,599294

A05_C017_C01701_6060_1000018487_2081_200402506314219_2401025_00881907358111_000350-6060-PCM_20030731_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_8996_20120329_VIA,ANTONIO PIGAFETTA,,,5,32032,BL,CREA,1056,79668

A05_C017_C01701_6060_1000018492_2081_200402506314224_2401025_00885100280147_000350-6060-PCM_20040330_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_3708_20120404_VIA,FERDINANDO MAGELLANO,,,SN,32032,BL,CREA,418,73076

A05_C017_C01701_6060_1000018497_2081_200402506314229_2401025_00885100490530_000350-6060-PCM_99990101_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_11680_20120327_VIA,ANCONETTA,,,12/M,32032,BL,CREA,1453,599294

A05_C017_C01701_6060_1000018487_2081_200402506314219_2401025_00881907358111_000350-6060-PCM_20030731_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_8996_20120329_VIA,ANTONIO PIGAFETTA,,,5,32032,BL,CREA,1056,79668

A05_C017_C01701_6060_1000018492_2081_200402506314224_2401025_00885100280147_000350-6060-PCM_20040330_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_3708_20120404_VIA,FERDINANDO MAGELLANO,,,SN,32032,BL,CREA,418,73076

A05_C017_C01701_6060_1000018497_2081_200402506314229_2401025_00885100490530_000350-6060-PCM_99990101_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_025_0123_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_11680_20120327_VIA,ANCONETTA,,,12/M,32032,BL,CREA,1453,599294

A05_C017_C01701_6060_1000018758_2081_20040302674439_2401025_00885100323186_000350-6060-PCM_20031010_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_002_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_030_0297_2004_072004_5_23_0_0_0_M_10_0_5231_20120111_VIA,VIGNOGOLE,,,2,32032,BL,CREA,0

A05_C017_C01701_6060_1000018819_2081_20040302676294_2401025_00881902187933_000350-6060-PCM_19951025_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_030_0297_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_43395_20120413_VIA,LORENZO LUZZO,,,10,32032,BL,CREA,6096,52047

A05_C017_C01701_6060_1000019764_2081_200403026762904_2401025_00881902187933_000350-6060-PCM_19750415_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_030_0297_2004_072004_5_23_0_0_0_M_0_0_0_0_0_VIA,MEZZATERRA,,,15,32032,BL,CREA,264,19917

A05_C017_C01701_6060_1000022980_2081_20040302676294_2401025_00885100155562_000350-6060-PCM_20031215_00905811006_1_1_58_00_25_07_022_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_030_0297_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_5150_20120327_VIA,ANCONETTA,,,SN20,32032,BL,CREA,392,809332

A05_C017_C01701_6060_1000029805_2081_20040302676294_2401025_00885100155562_000350-6060-PCM_20031215_00905811006_1_1_58_00_25_07_022_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_030_0297_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_5150_20120327_VIA,ANCONETTA,,,SN20,32032,BL,CREA,392,809332

A05_C017_C01701_6060_1000029807_2081_20040302676294_2401025_00881907524753_000350-6060-PCM_20040318_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_030_0297_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_3825_20111125_VIA,RIENZA,,,11,32032,BL,CREA,192,416754

A05_C017_C01701_6060_1000029807_2081_20040302676294_2401025_00881907524753_000350-6060-PCM_20040318_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_030_0297_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_3825_20111125_VIA,RIENZA,,,11,32032,BL,CREA,192,416754

A05_C017_C01701_6060_1000029807_2081_20040302676294_2401025_00881907524753_000350-6060-PCM_20040318_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_030_0297_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_3825_20111125_VIA,RIENZA,,,11,32032,BL,CREA,192,416754

A05_C017_C01701_6060_1000022125_2081_20040302676294_2401025_00885100134285_000350-6060-PCM_20030823_0229960306_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_030_0297_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_4000_2004_0000000_6_00_0_0_0_M_7_0_57133_20120328_VIA,CRISTOFORO COLOMBO,,,18,32032,BL,CREA,85437,210131

A05_C017_C01701_6060_1000039224_2081_200403026747803_2401025_00885100203925_000350-6060-PCM_20040330_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_030_0297_2004_072004_5_23_0_0_0_M_10_0_2885_20120220_VIA,NUOVA,,,13/B,32032,BL,CREA,496,495044

A05_C017_C01701_6060_1000039225_2081_200403026747804_2401025_00885100203937_000350-6060-PCM_20040330_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_030_0297_2004_072004_5_23_0_0_0_M_10_0_2885_20120220_VIA,NUOVA,,,13/B,32032,BL,CREA,496,495044

A05_C017_C01701_6060_1000039225_2081_200403026747804_2401025_00885100203937_000350-6060-PCM_20040330_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_030_0297_2004_072004_5_23_0_0_0_M_10_0_2885_20120220_VIA,NUOVA,,,13/B,32032,BL,CREA,496,495044

A05_C017_C01701_6060_1000039241_2081_200403026747818_2401025_00885100591105_000350-6060-PCM_20040630_0665971007_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_030_0297_2004_072004_5_23_0_0_0_M_15_0_3914_20110311_VIA,GENERALE UGO LUCA,,,2/A,0000,32032,BL,CREA,862,38597

A05_C017_C01701_6060_1000039240_2081_200403026747822_2401025_00885100204014_000350-6060-PCM_20040330_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_030_0297_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_1613_20120329_VIA,CISMON,,,18/15,32032,BL,CREA,201,389556

A05_C017_C01701_6060_1000039241_2081_200403026747823_2401025_00881906057900_000350-6060-PCM_19950630_00905811006_1_1_58_00_25_07_041_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_030_0297_2004_072004_5_23_0_0_0_M_12_0_6132_20120404_VIA,CENTRALE,,,SN/6,32032,BL,CREA,334,984608

A05_C017_C01701_6060_1000039242_2081_200403026747823_2401025_00881906057900_000350-6060-PCM_19950630_00905811006_1_1_58_00_25_07_041_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_030_0297_2004_072004_5_23_0_0_0_M_12_0_6132_20120404_VIA,CENTRALE,,,SN/6,32032,BL,CREA,334,984608

A05_C017_C01701_6060_1000039242_2081_200403026747824_2401025_00885100203990_000350-6060-PCM_20040330_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_002_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_030_0297_2004_072004_5_23_0_0_0_M_15_0_4116_20111110_VIA,NUOVA,,,13/A,32032,BL,CREA,452,688452

A05_C017_C01701_6060_1000039245_2081_200403026747827_2401025_00881907524795_000350-6060-PCM_20040318_00905811006_1_1_58_00_25_07_022_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_030_0297_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_6143_20120329_VIA,CISMON,,,18/18,31,32032,BL,CREA,729,787896

A05_C017_C01701_6060_1000039343_2081_20030175414294_2401025_0088000099413_000350-6060-PCM_20050906_03138650173_1_1_242_00_04_004_021_001_001_000022_10_10_101_206_035_000_25_00_017_0118_2003_032000_6_03_0_0_M_2_0_121229_20120413_VIALE,MONTI GRAPPA,,,3/A,32032,BL,CREA,19261,61496

A05_C017_C01701_6060_1000070577_2081_200401757804065_2401025_00885100345742_000350-6060-PCM_99990101_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_030_0297_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_5710_20120329_VIA,CISMON,,,SN14,32032,BL,CREA,613,14147

A05_C017_C01701_6060_1000078067_2081_200403026769115_2401025_00881907412892_000350-6060-PCM_99990101_00905811006_1_1_58_00_25_07_031_001_001_000022_10_10_00_29_00_026_000_6_00_030_0297_2004_072004_5_23_0_0_0_M_9_0_6593_20120329_VIA,ANTONIO PIGAFETTA,,,SN3,32032,BL,CREA,802,56729

A

Conclusioni: la base dati del *City Sensing* in *EFW*

Come per il *Model*, anche il presente capitolo ha illustrato, attraverso il lavoro fatto a Feltre, come avviene la costruzione del *City Sensing* partendo dalla fase di acquisizione dei dati sino alla successiva fase di elaborazione. A differenza del *Model* però, il risultato del *Sensing*, tranne per le immagini delle termografie che sono immediatamente tangibili, è quasi esclusivamente legato al database in cui i dati sono implementati. Le informazioni sono in fatti racchiuse nei record memorizzati nel database di *EFW* (la fig. 17 ne è un esempio). Ma è proprio questa sua forma che gli permette di innestarsi sul substrato del *Model*. I dati di senso della città si combinano all'interno della struttura della base dati con i dati della struttura urbana creando un nuovo livello di informazioni che sarà affrontato nel prossimo capitolo.

L'immagine che introduce il capitolo (pag. 148) assume ora senso. L'insieme di simboli e colori è una rappresentazione della base dati del *Sensing* ma slegata dalla struttura urbana. Ma quando queste informazioni vengono fatte relazionare con gli spazi urbani (siano essi luoghi od oggetti), tutto acquista senso, significato.



Foto di sfondo di M. Condotta. New York.

11. Il *City Energy Model*

Mappatura del comportamento energetico della città e della *Firma Energetica Urbana*

City Model (modello digitale multi-livello ad altissima risoluzione della città) e *City Sensing* (flusso di informazioni sui dati energetici e le componenti sociali) sono strutture di dati per la conoscenza diffusa della città. Le informazioni che contengono, opportunamente declinate alle esigenze informative dei portatori di interessi e di diritti, possono essere utilizzate a supporto di esigenze diverse per la gestione di altrettante tematiche legate alla complessità urbana. Il modo con cui queste strutture di dati sono state utilizzate in *Energy Web*, declinandole cioè allo studio dei comportamenti energetici del sistema città, ha portato alla creazione del *City Energy Model*. Il sistema riassume il comportamento energetico della città. Integrato e mappato nel sistema web collaborativo di *Energy Web* diviene *Conoscenza Condivisa* tra Amministrazione, Famiglie e Imprese.

Il *City Energy Model* permette ai diversi attori coinvolti di prendere coscienza della reale condizione del rapporto *energia e città*. Allo stesso tempo, li mette in grado di contribuire – con le proprie competenze, comportamenti e responsabilità – al miglioramento del trend energetico della città. Si può così attivare un'*Intelligenza Collettiva* per il contenimento dei consumi energetici e delle emissioni in atmosfera.

Granularità dell'analisi a scala urbana

Per mappare a livello urbano la nuova conoscenza prodotta nel *City Energy Model* è necessario definire le unità minime mediante le quali scomporre la complessità urbana. Su di esse accorpare i vari dati di *Model*, di *Sensing* e le successive elaborazioni del *City Energy Model*.

Come già accennato ed anticipato nel capitolo 9, l'utilizzo come elemento minimo o dell'unità abitativa (ad esempio appartamento in caso di condominio o singola unità in caso di bifamiliare) o dell'unità di superficie (metri quadrati della singola unità abitativa,) non è né una scelta ottimale e nemmeno un'operazione attuabile. I database usati infatti, fanno riferimento all'indirizzo dell'intero edificio e non alle singole unità immobiliari. Senza i nominativi delle singole persone non è possibile collegare i dati con le rispettive unità, ma solamente con l'intero edificio (come descritto nel Capitolo 10). Inoltre, a causa di imprecisioni dei dati relativi ai civici (dovuti ad una struttura della numerazione civica vecchia) tale operazione sarebbe stata ancora più complicata e avrebbe restituito risultati poco attendibili.

Oltre a questa difficoltà pratica, si aggiungono comunque considerazioni di utilizzo delle informazioni e di privacy. Per gli obiettivi di *Energy Web*, l'unità di misura minima a livello della singola unità immobiliare, risulterebbe troppo dettagliata, soprattutto in quelle parti di città caratterizzate da edifici di grandi dimensioni al cui interno sono presenti molti appartamenti. Utilizzando l'intero edificio come unità minima invece, la comprensione dello stato energetico urbano risulta più agevole e mirata; oltretutto, in questo modo anche i dati sensibili vengono accorpati rendendo impossibile risalire ai singoli proprietari (tranne nel caso di abitazioni unifamiliari). Per una analisi puntuale dello stato energetico urbano, l'*elemento edilizio* è quindi l'unità minima più efficace (fig. 1).

Quando l'analisi si sposta ad un'area più estesa, anche la granularità dell'*elemento edilizio* risulta troppo dettagliata, rendendo le informazioni non utilizzabili e mal rappresentabili mediante mappe tematiche. Per questo motivo è necessario definire una seconda unità minima, slegata questa volta dalle forme degli edifici ma relativa alla scala territoriale.

Sulla base di queste riflessioni, le due unità minime sulle quali basare la granularità dell'analisi sono:

- l'*elemento edilizio*, definito come l'unità edilizia minima caratterizzata da una struttura morfologicamente e/o tipologicamente omogenea, come ad esempio

un condominio, un abitazione unifamiliare, ma anche aggregati di più edifici che per caratteristiche fisiche e morfologiche possono essere considerati come un unico corpo di fabbrica;

- una griglia regolare sul territorio, delle dimensioni di 100x100 metri, con l'obiettivo di interpretare le informazioni a scala territoriale in maniera molto più rapida ed intuitiva.

Nel caso di Feltre sono stati individuati, tramite uno studio comparato dell'ortofoto, del rilievo LiDAR e del rilievo laser terrestre, 11'000 *elementi edilizi* (fig. 1). L'intero territorio comunale è stato anche suddiviso in 10'398 celle di lato 100x100 metri (fig. 2) di cui 3'108 ricadono in zone dove sono presenti edifici e (quindi contemplano dati sui consumi), le altre ricadono in aree agricole o di bosco e quindi saranno escluse dai calcoli del *City Energy Model*.



Fig. 1. Alcuni degli *elementi edilizi* identificati nel territorio di Feltre.

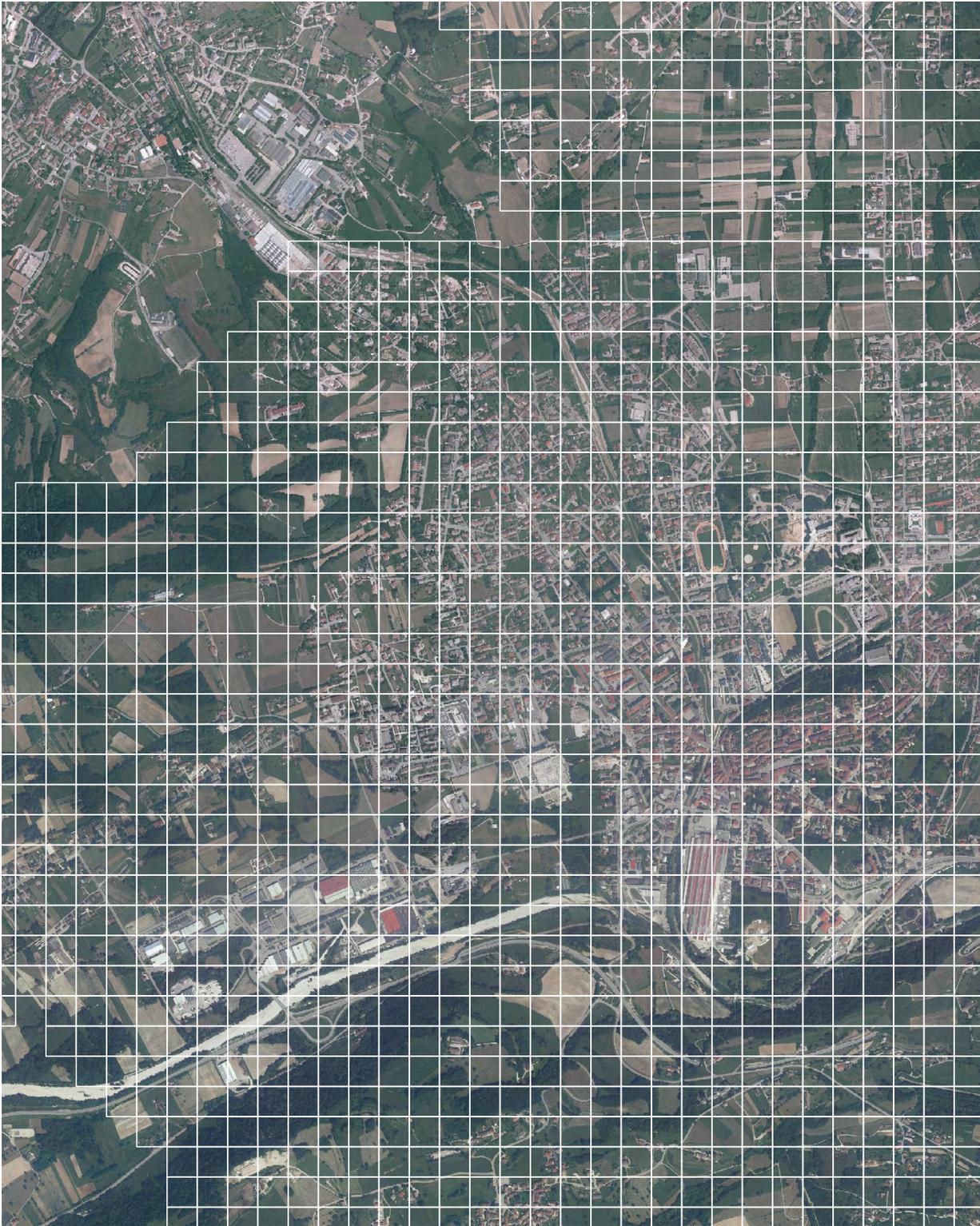
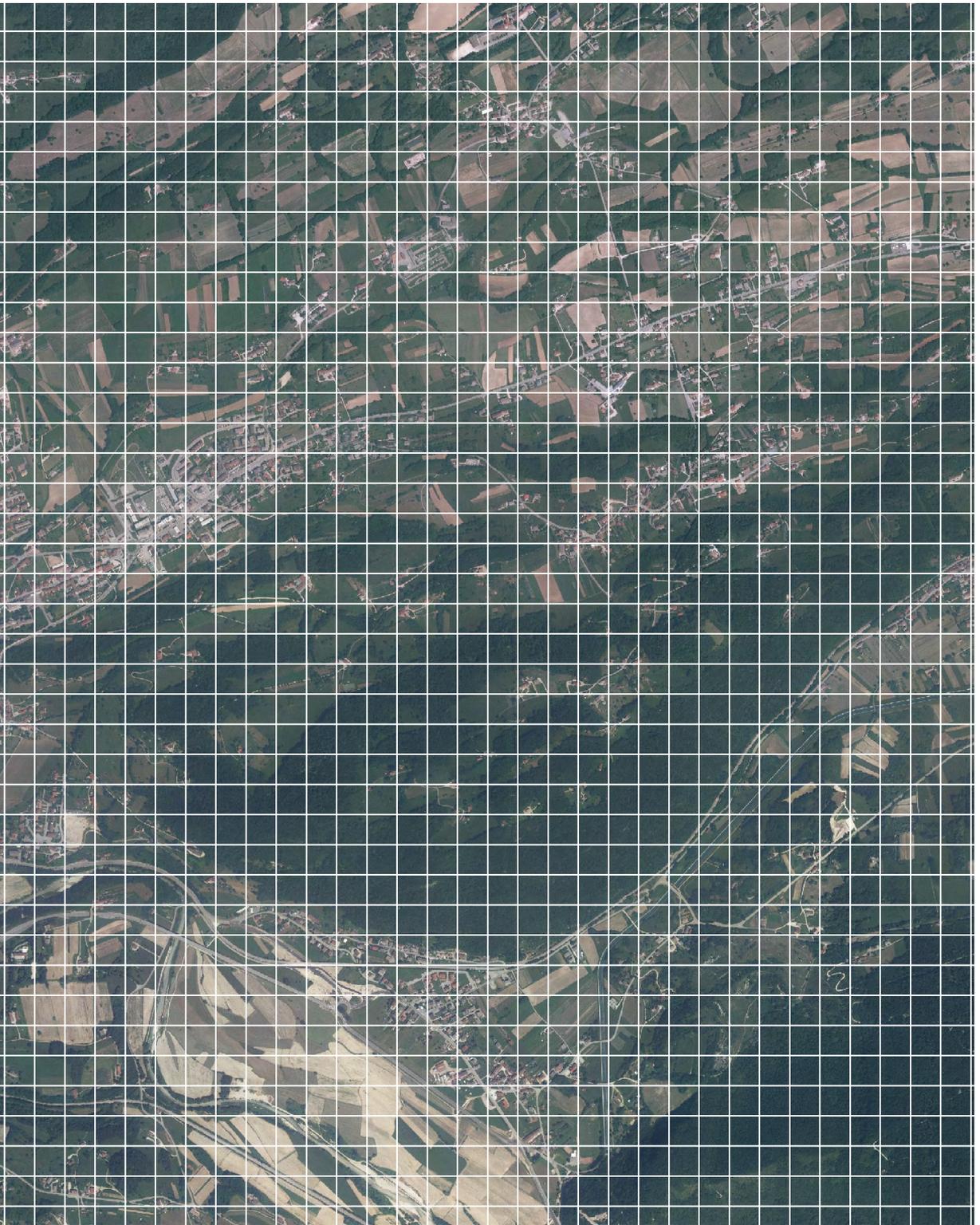


Fig. 2. La suddivisione del territorio comunale della città di Feltre con una griglia a maglia quadrata dove ogni elemento ha una dimensione di 100x100 metri.



Gli indicatori del *City Energy Model*

City Model e *City Sensing* sono strutture di dati che, grazie alle operazioni di elaborazione avvenute al loro interno, generano informazione. Rappresentano quindi due componenti della “conoscenza condivisa sul comportamento energetico urbano” (fig. 3). Peraltro si tratta di informazioni “semplici,” di primo livello. Sono il risultato della esplicitazione dei dati “grezzi” del *Model* e del *Sensing*, valori decontestualizzati e adimensionali. Si pensi, ad esempio, facendo riferimento al Capitolo 10, all’informazione sui metri cubi di gas consumato da ogni edificio. Si tratta di un valore assoluto, che non tiene conto delle dimensioni dell’edificio e pertanto poco confrontabile con gli altri. Per soddisfare tutte le esigenze informative degli attori coinvolti nel sistema città, le strutture di dati del *Model* e del *Sensing* necessitano di ulteriori rielaborazioni oltre che un’integrazione reciproca. Attraverso di essa, i dati di *Sensing* animano il *Model* portando alla creazione del *City Energy Model*. Si tratta di un’operazione che genera nuova conoscenza sul comportamento energetico del sistema città. *Model*, *Sensing* e *City Energy Model* sono quindi i tre elementi che compongono il “quadro di conoscenze condiviso sulla città e sul suo comportamento energetico a livello urbano.”

Le ulteriori elaborazioni del *Model* e del *Sensing* sono mirate al calcolo di nuovi parametri ed indicatori ritenuti utili ad affrontare le problematiche energetiche della complessità urbana. Essi sono:

- il “consumo energetico urbano” di ogni edificio parametrizzato in base alle sue dimensioni (volume riscaldato e non m²) ed espresso in kWh/mc anno;
- le emissioni di CO₂ di ogni edificio espresse in tonnellate prodotte;
- la valutazione delle dispersioni energetiche attraverso l’involucro;
- l’influenza dei comportamenti delle persone sull’andamento dei consumi.

Questi indicatori, se considerati singolarmente aiutano a comprendere il funzionamento energetico dei vari edifici della città. Si tratta però di un *piecemeal approach*, dove ogni informazione viene analizzata all’interno di uno specifico dominio. Uno degli obiettivi principali di *Energy Web* è invece quello di offrire un quadro di conoscenze il più possibile completo e basato su un approccio integrato delle conoscenze, dove l’intersezione di domini differenti crea innovazione e nuova conoscenza.

Da questa riflessione, più volte discussa all’interno del gruppo di ricerca, nasce l’idea di sviluppare un nuovo indice, la *Firma Energetica Urbana*, composto dall’integrazione dei quattro indicatori precedentemente elencati. Gli indicatori

delle emissioni, dei consumi, delle dispersioni e dei comportamenti, sommati tra loro mediante un algoritmo dinamico, generano appunto Il *FEM Index* (*Firma Energetica Urbana Index*). È un indice dell'*inefficienza energetica* dei vari edifici in relazione al contesto urbano a cui appartengono. Visto con una accezione positiva,¹ può essere anche inteso come un indicatore dell'*efficienza potenziale residua*. È infatti un indice molto utile per comprendere quale sia il reale impatto che ogni singolo edificio ha sui consumi urbani e sulle emissioni all'interno della città e quindi individuare dove sia possibile attuare interventi di efficientamento per ridurre i consumi energetici a livello urbano.

Nei paragrafi seguenti sono illustrati nel dettaglio i singoli indicatori e la metodologia per il calcolo del *Firma Energetica Urbana Index*.

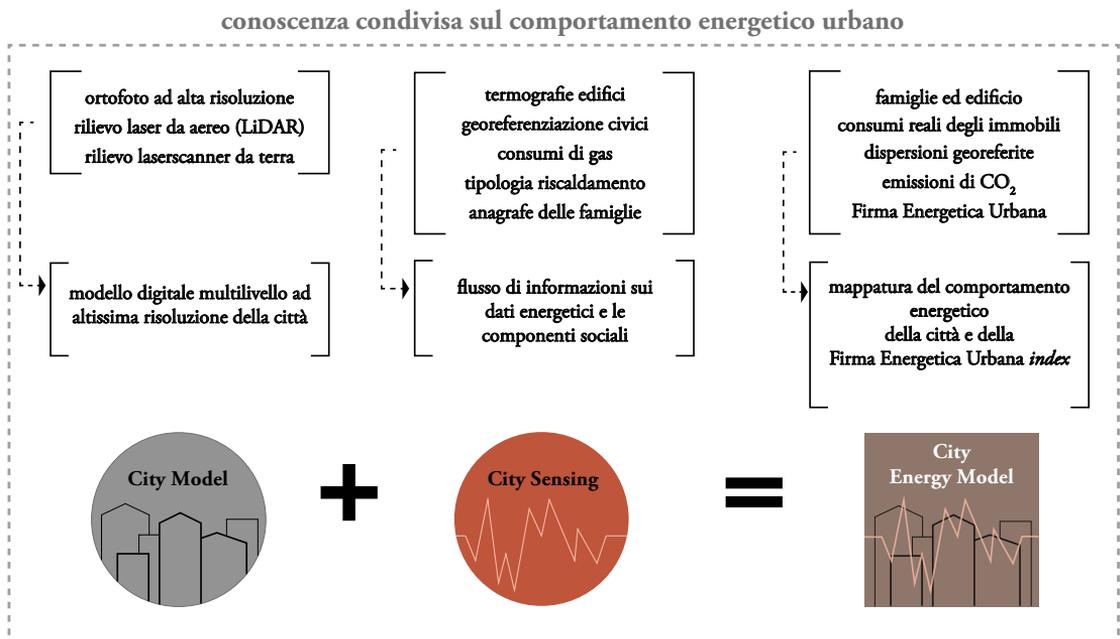


Fig. 3. Parte dello schema della struttura concettuale di *Energy Web* relativa al quadro di conoscenze condiviso sulla città e sul suo comportamento energetico a livello urbano.

¹ Questa considerazione è analoga a quella del progetto *Negawatt Mining*, descritto nel Capitolo 6.

I consumi energetici reali degli edifici

Secondo i sistemi di certificazione energetica, e secondo le normative nazionali ed europee, il fabbisogno energetico di un edificio è l'energia totale richiesta per mantenere la temperatura ambiente a 20 °C per l'intero periodo di riscaldamento come stimata da metodologie di calcolo definite da norme UNI.² Nel protocollo di certificazione energetica nazionale, entra nel calcolo sia l'energia usata/consumata dal sistema di riscaldamento, che quella necessaria al funzionamento del sistema (ad esempio l'energia elettrica per far funzionare le pompe dell'impianto). Il fabbisogno energetico di un edificio dipende quindi dalle caratteristiche dell'involucro edilizio (tipologia di muratura, di infissi, qualità dell'isolamento termico, etc.), ma anche dalle prestazioni del sistema di riscaldamento (caratteristiche ed efficienza della caldaia, dei terminali di riscaldamento e delle componenti intermedie).

Energy Web considera il consumo energetico urbano come somma dei consumi dei vari edifici. Esso riprende il concetto del fabbisogno energetico di un edificio, ma fa riferimento non all'energia stimata (necessaria per mantenere l'edificio a temperatura costante), ma all'energia effettivamente consumata (nel corso della sua gestione). Per calcolare l'energia usata in un intero anno solare dall'edificio sono stati sommati gli apporti energetici desunti da:

- consumi effettivi di gas metano (in metri cubi);
- consumi di legna (in kg);
- consumi di gasolio (in litri).

La conversione dei quantitativi di materia prima (litri di gasolio, metri cubi di gas, kg di legna, etc..) in watt, permette di calcolare l'energia effettivamente usata/consumata da ogni edificio nel corso della sua gestione. Il calcolo delle conversioni è stato fatto usando diverse fonti³ e comunque confrontando i risultati con statistiche reali per validare le metodologie usate.

La situazione media dei consumi in Italia ed Europa

Prima di introdurre il calcolo dei consumi reali degli edifici, è utile riassumere alcuni valori medi per avere dei termini di paragone. "Oggi in Italia si stimano

² La prima legge Nazionale ad introdurre il concetto è stata la legge n°10 del 1991, successivamente modificata più volte anche in relazione alle normative Comunitarie. Le modifiche principali sono state introdotte dal decreto legislativo 30 maggio 2008, n. 115, che ha recepito la direttiva europea 2006/32/CE.

³ I riferimenti sono indicati nei paragrafi successivi.

circa 32 milioni di unità abitative (12,1 milioni di edifici residenziali), che richiedono 32 miliardi di euro di spesa energetica complessiva annua. In base alle stime dell'Enea, escludendo le nuove costruzioni solo una piccola parte dello stock abitativo esistente, dal 5 al 7%, si trova nelle classi energetiche più efficienti: A, B e C (standard minimo per le nuove costruzioni) in genere consumano meno di 75 kWh/mq all'anno, dato variabile a seconda della zona climatica e delle caratteristiche dell'edificio. Il fabbisogno medio di un'unità residenziale, invece, in Italia si attesta intorno ai 180 kWh/mq anno di energia primaria, il valore più alto nell'UE. Seguono la Spagna con circa 160 kWh e la Francia con 150 kWh (fonte: Mip Politecnico di Milano, su dati Eurima).⁴

Per facilitare i paragoni, si ricorda che utilizzando l'unità di misura scelta in *Energy Web* per esprimere il consumo energetico urbano – cioè i metri cubi al posto dei metri quadri – il fabbisogno energetico delle abitazioni in Italia pari a 180 kWh/mq anno equivale a circa 60 kWh/mc anno.

Calcolo dell'apporto energetico delle fonti a metano

Uno dei parametri di maggiore rilevanza usati per il calcolo del consumo energetico urbano degli edifici è la quantità di gas metano utilizzato. Per trasformare i mc di gas utilizzati in consumo di energia espresso in kWh si è dovuto procedere a delle conversioni. I dati di corrispondenza tra fonti energetiche e potere calorifero usati, desunti dalla letteratura sono:⁵

- gas metano 8'250 / 8'300 Kcal/mc;
- olio combustibile 9'870 Kcal/Kg;
- gasolio 10'210 Kcal/Kg. GPL 27'000 Kcal/mc.

I fattori di conversione utilizzati sono stati:

$$1 \text{ kcal/h} = 4'186,8/3'600 \text{ W}; \text{ quindi } 1 \text{ kcal/h} = 1'163 \text{ W}$$

questo considerando che:

$$1 \text{ Kcal} = 4'186,8 \text{ Joule};$$

$$1 \text{ ora} = 3'600 \text{ secondi};$$

$$1 \text{ kWh} = 3'600'000 \text{ Joule}.$$

⁴ Michela Finizio, "Efficienza in casa: il salto di classe energetica taglia i costi del 25%," *Casa 24 Plus. Il Sole 24 ore*, 23 maggio 2012, <http://www.casa24.ilsolare.com/art/mercato-immobiliare/2012-05-23/efficienza-casa-salto-classe-165415.php>

⁵ La fonte è la norma UNI 10389 recepita dal Governo Italiano con Legge n. 317 del 21 giugno 1986.

Per il calcolo di conversione si è quindi proceduto nel modo seguente. Innanzitutto, sottraendo al totale di consumo di gas una percentuale del 5% considerata per usi di cucina (il valore originario del consumo in mc è stato quindi moltiplicato per 0,95 per ottenere quello effettivamente usato per riscaldamento ed acqua calda sanitaria). Per convertire i mc di gas in Kcal il risultato è stato moltiplicato per 8'300. Moltiplicando poi questo valore per 4'185,⁶ le Kcal sono state convertite in Joule. Dividendo i Joule per 3'600'000⁷ si ottiene il valore espresso in kWh. Ne risultano i seguenti fattori di conversione:

1mc gas = 9,65 kWh; quindi 1kWh = 1mc · 9,65;

e altri fattori di conversione dove:

1kWh = 0,10 mc gas;

1MWh = 103mc gas.

Per ottenere dai metri cubi di gas bruciati l'energia consumata si applica quindi la seguente formula: kWh = (mc di gas · 8'300 · 4'185) / 3'600'000.

Stima dell'apporto energetico delle fonti a legna

Mentre per i consumi di metano si dispone dell'effettivo consumo in mc, per le altri fonti di riscaldamento come legna e gasolio, dal questionario dell'anagrafe comunale è possibile dedurre solo se tale sistema è utilizzato.

Dopo una prima analisi dei consumi urbani fatta considerando solo le fonti a gas, sono emersi valori molto bassi proprio in coincidenza con degli edifici che fanno anche uso di stufe a legna. Escludere l'apporto di tali sistemi, solo perché non c'è a disposizione il valore della quantità di legna usata, è sembrato quindi non corretto. La tesi adottata in questa ricerca sostiene quindi che, usando nel calcolo un valore medio stimato di consumo di legna, il risultato dei consumi si avvicini di più alla realtà di quanto lo sarebbe senza considerare tale apporto.

“Dall'elaborazione dei dati di una recente ricerca condotta da APAT Lombardia emerge che in Veneto si consumano mediamente circa 2 milioni di tonnellate all'anno di legna da ardere e 41'000t di pellet, destinati agli apparecchi termici domestici. Il 90% sono apparecchi domestici tradizionali, di cui il 56% sono stufe a legna; meno del 10% sono stufe a legna tecnologicamente avanzate e stufe a pellet. Nelle valli montane oltre il 50% delle famiglie usa la legna come fonte primaria per il riscaldamento e più del 70% come fonte secondaria. L'apparecchio

⁶ Una caloria termochimica equivale a 4,185 Joule.

⁷ Il chilowattora equivale a 3 600 000 J

domestico più diffuso (64%) è la stufa economica.”^{8,9}

Il consumo di legna per il riscaldamento domestico è quindi molto diffuso nel Veneto. Considerando che secondo l'amministrazione comunale nella zona del Feltrino lo è ancora più, risulta evidente che trascurare questa particolarità porterebbe a risultati poco affidabili.

Per stimare l'apporto energetico dei sistemi a legna sono stati quindi considerati i seguenti parametri:

- il consumo medio annuo per abitazione pari a circa 4,7t;¹⁰
- il rendimento medio stimato è del 80%, ma si considera comunque una produzione di energia di 4kWh/Kg per la legna da ardere.¹¹

La stima quindi considera un consumo energetico per ogni utenza a legna di 4'700Kg/anno corrispondenti a 18'800kWh/anno.

Stima dell'apporto energetico delle caldaie a gasolio

Le caldaie a gasolio sono oramai scarsamente usate nelle pianure; peraltro nelle zone montane isolate sono ancora frequenti. Così a Feltre, proprio a causa della conformazione del territorio e dell'elevato numero di frazioni. Anche in questo caso, non si dispongono dei dati di consumo in litri delle varie utenze. Analogamente a quanto fatto per la legna, è necessario stimare i consumi medi.

I dati di *GDF SUEZ Energie* parlano di consumi medi di 3'000 litri di gasolio per un utenza domestica, mentre altre fonti la stimano in 1'500 i litri. Considerando a) il fabbisogno energetico medio di 180 kWh/mq (vedi paragrafi precedenti pag. 187), b) le dimensioni di una casa media pari a 100mq; c) l'efficienza di una caldaia in 10 kWh ogni litro di gasolio bruciato, se ne deduce che il consumo risulterebbe invece pari a 1'800 litri.¹²

Nel caso di Feltre si è quindi utilizzato un valore medio di 2'000 litri di gasolio ad utenza, pari a di 20'000 kWh/anno, valore che si avvicina molto alla stima dell'energia usata da riscaldamento a legna.

8 Valter Francescato e Eliseo Antonini . *La combustione del legno. Fattori di emissione e quadro normativo*. Vento Agricoltura. Legnaro, Padova.

9 Roberto Piol, "L'inventario delle emissioni in atmosfera in Valbelluna," *Valutazione Integrata della Qualità dell'aria in val Belluna*, ARPAV, Regione del Veneto, 2007.

10 Francescato et al. *La combustione del legno. Fattori di emissione e quadro normativo*.

11 The Biomass TradeCentre II project. www.biomassstradecentre2.eu/Biomass-Trade-CentreII/

12 Ovviamente si tratta di stime basate sull'utilizzo delle caldaie a gasolio tradizionali, e non i nuovi sistemi a condensazione.

Le emissioni di CO₂

Un indicatore molto importante che i dati del *Sensing* permettono di calcolare con precisione è la quantità delle emissioni di CO₂. Nel caso di Feltre sono state stimate in base ai dati sulle tipologie dei sistemi di riscaldamento e soprattutto sui consumi di gas. Le emissioni calcolate in questo modo fanno riferimento alle emissioni “dirette,” cioè dovute ai sistemi di riscaldamento degli edifici; quindi prodotte ed emesse in ambiente direttamente nel medesimo luogo. Non sono contemplate le emissioni “indirette” quali potrebbero essere quelle dovute al consumo di energia elettrica, la cui produzione e quindi immissione in ambiente avviene però in un luogo geografico diverso.

Per calcolare la CO₂ emessa si sono confrontati parametri provenienti da varie fonti. Le due principali sono state il manuale per la redazione dei PAES “*How to develop a Sustainable Energy Action Plan (SEAP)*”¹³ a cura della *European Commission* e la Deliberazione del Ministero dell’Ambiente contenente le “Linee guida per monitoraggio e comunicazione emissioni gas serra del 10 aprile 2009, n. 14.”¹⁴

Da queste fonti si sono dedotti i seguenti valori:

- CO₂ prodotta da una caldaia a gas si stimano 1,9Kg di CO₂ ogni mc di gas bruciato;
- CO₂ prodotta da una caldaia a gasolio si considerano 2,65 Kg di CO₂ ogni litro di gasolio bruciato (oppure, usando altre unità di misura spesso usate: 0,265 t ogni MWh prodotto, od ancora 2,65t ogni 0,85 kg); sulla base delle considerazioni precedenti si assume come consumo medio di gasolio 2'000 litri, risultano quindi 5,3t di CO₂ per ogni utenza.

Il ragionamento sulla produzione di anidride carbonica delle utenze a legna merita una rapida riflessione. Usualmente infatti si considera la produzione di CO₂ dovuta alla combustione del legno pari a 0 perché l’anidride carbonica che produce fa parte di un ciclo continuo. La combustione del legno è un processo neutro rispetto alle emissioni di CO₂, cioè non ne aggiunge al ciclo complessivo. Il carbonio presente nella legna viene rilasciato nella stessa misura in cui lo sarebbe se l’albero si trovasse nel suo ambiente. In pratica, si sostiene che la pianta nella sua vita, prima assorbe la CO₂ e poi, con la sua morte (o bruciando il suo legname), la rilascia, mantenendo invariato il bilancio totale. Questo è vero, per l’appunto,

¹³ European Commission, *How to develop a Sustainable Energy Action Plan (SEAP) – Guidebook*, Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2010.

¹⁴ Ministero dell’Ambiente. “Deliberazione MinAmbiente 10 aprile 2009, n. 14. Attuazione decisione 2007/589/Ce - Linee guida per monitoraggio e comunicazione emissioni gas serra.”

all'interno di un bilancio su scala globale. Non sempre però il legno utilizzato è stato raccolto nello stesso luogo, anzi, molte volte proviene da paesi lontani oltretutto trasportato usando mezzi di trasporto inquinanti. Per questo motivo e per l'elevato numero di utenze a legna presenti a Feltre, si è deciso di inserire nel calcolo anche la CO₂ prodotta dalla combustione della legna (comunque bassa) secondo le seguenti stime:

- CO₂ prodotta dalla combustione della legna pari a 0,084t di CO₂ ogni tonnellata di legna bruciata;¹⁵ usando il valore assunto in precedenza di 4,7t di consumo medio, ogni utenza a legna produce quindi 0,39t di CO₂ all'anno.

La mappatura a livello urbano delle emissioni di anidride carbonica (fig. 4) è un ottimo mezzo di sensibilizzazione. Inoltre è uno strumento utile per dare il via a studi e approfondimenti sugli altri tipi di emissioni inquinanti.

¹⁵ Il dato è ripreso dagli studi fatti da Marco Bertelli di "Energia Dai Boschi srl".

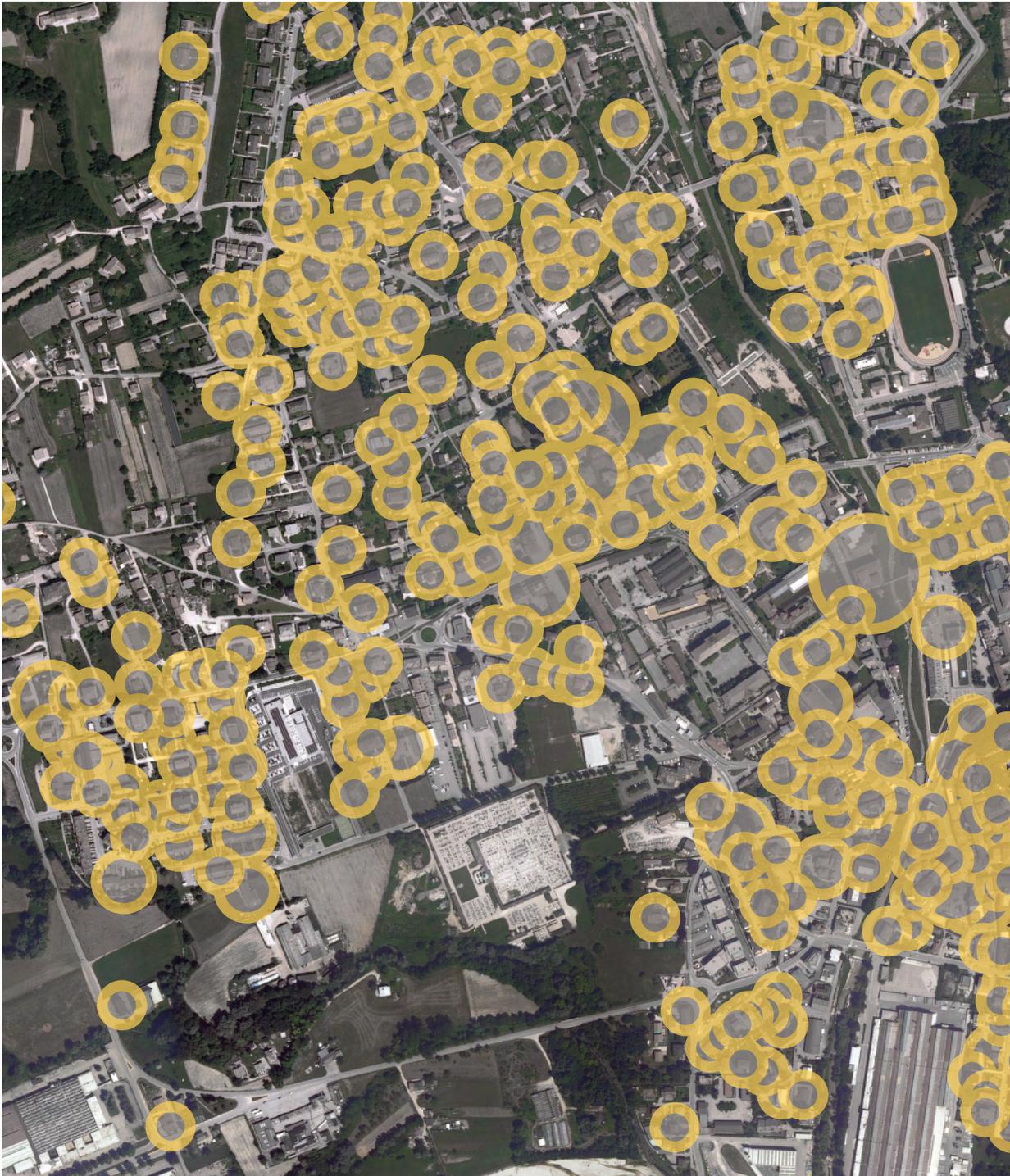
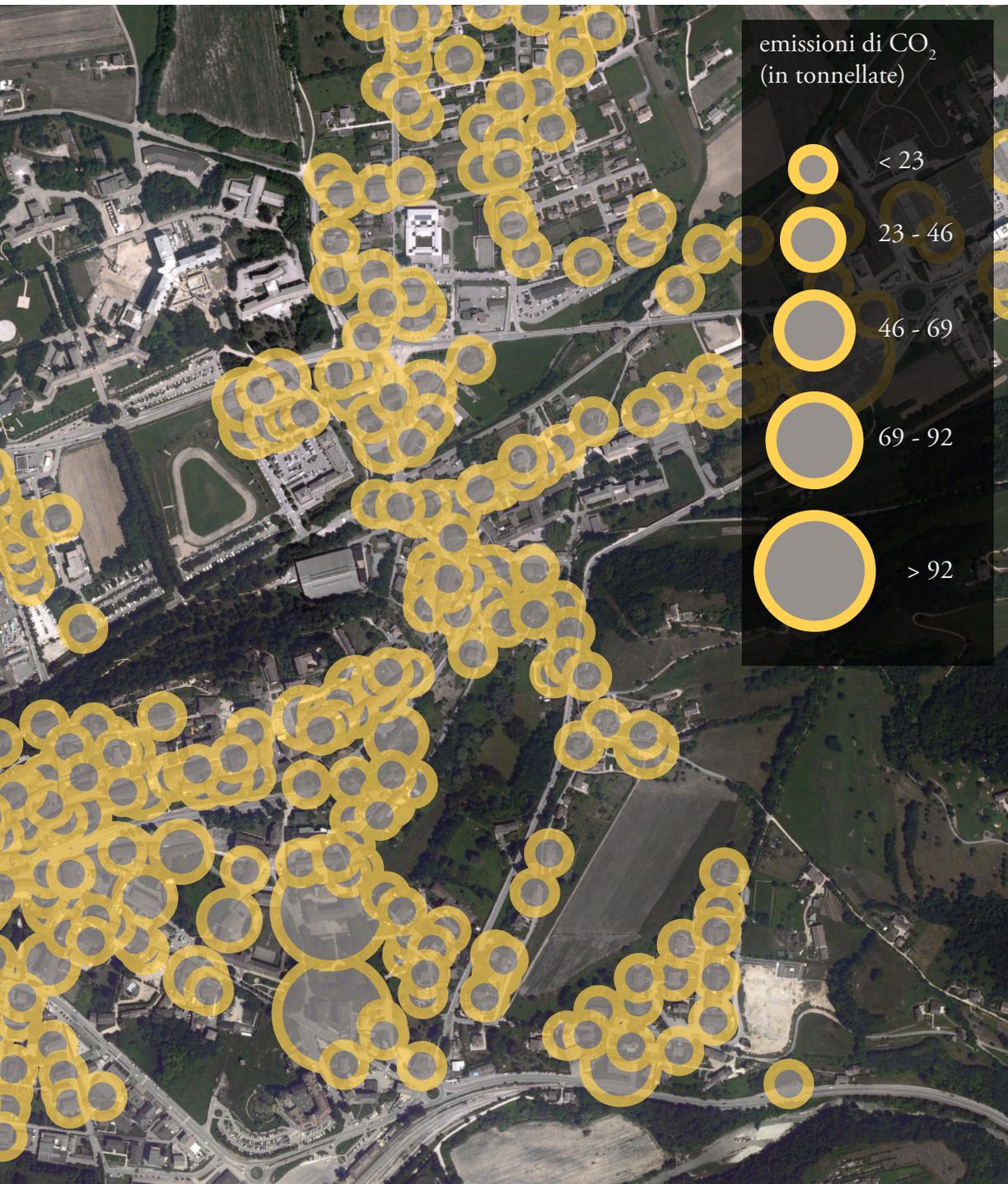


Fig. 4. Rappresentazione su mappa delle emissioni di CO₂ dei vari edifici. Un confronto comparato con le mappe dei consumi di gas e delle diverse tipologie di sistemi di riscaldamento farebbe emergere una corrispondenza non diretta tra kW ed emissioni, ma influenzata appunto dalla tipologia di combustibile usato. La *Firma Energetica Urbana Index* farà proprie queste considerazioni.



Il termomapping urbano

Il *termomapping urbano*¹⁶ è quel processo che tramite la mappatura delle anomalie termiche di estese aree edificate porta ad una classificazione della componente delle dispersioni energetiche dei vari edifici.

Come descritto nel Capitolo 10, al termine delle misurazioni condotte durante la fase di rilievo, alcune migliaia di immagini termiche sono state pre-elaborate al fine di omogeneizzare la risposta cromatica di ogni singolo scatto e successivamente mosaicate per rappresentare ogni singolo prospetto. Il processo che porta al termomapping urbano non è però ancora concluso. È necessaria una ulteriore fase di post-elaborazione, classificazione e contabilizzazione della risposta termica delle singole facciate per ottenere un giudizio complessivo sull'intero edificio.

Il mosaico di immagini di ogni singolo prospetto, mostra la temperatura superficiale dell'involucro in una scala cromatica omogeneizzata nei range di valori assunti. Nella post-elaborazione (vedi figura 5), l'immagine ottenuta viene successivamente (geo)-codificata e, grazie all'abbinamento con il modello digitale del *City Model*, mappata in un sistema di riferimento metrico che consente di misurare accuratamente le lunghezze e le superfici degli oggetti e delle strutture rappresentate (aperture, infissi, balconi, elementi di pregio architettonico, ecc). Tale sovrapposizione di livelli è interrogabile all'interno di qualsiasi ambiente CAD o GIS. In seguito, l'immagine termica geometricamente esatta, viene sottoposta ad una procedura di classificazione tematica dei valori con l'obiettivo di discretizzare e contabilizzare la risposta termica e aggregarla per classi di temperatura. Il fine è di enfatizzare eventuali dispersioni termiche fornendo un ottimo strumento di supporto all'analisi critica delle dispersioni. Ad esempio, contabilizzare l'estensione dei ponti termici o la quantità di superfici particolarmente disperdenti. Questo tipo di analisi è possibile grazie a strumenti di classificazione delle immagini di ultima generazione.¹⁷ Essi consentono di interpretare la risposta spettrale delle termografie creando direttamente gruppi di oggetti omogenei al loro interno, evitando di produrre i difetti tipici di una classificazione tradizionale per singoli pixels. Il processo inizia individuando gli elementi da escludere dalla classificazione, come ad esempio le aperture e i serramenti, per poi creare un livello vettoriale di poligoni topologicamente corretto. Successivamente si crea una legenda tematica che raggruppa i valori assunti dall'immagine in classi di temperatura omogenee. L'operatore istruisce l'algoritmo di classificazione assegnando per ciascuna classe

¹⁶ La definizione è stata già introdotta nel Capitolo 10.

¹⁷ Si tratta degli stessi software di classificazione ad oggetti a cui ho fatto riferimento nel Capitolo 9.

i *samples* (aree campioni), calcolando i valori statistici per ciascuno di essi e valutando la matrice di confusione che il software elabora. L'insieme di oggetti così ottenuti, con associata la banca dati alfanumerica, permette di contabilizzare e misurare con estrema accuratezza le aree per ciascuna classe di temperatura. L'output di questa elaborazione consente di fare un'analisi critica delle componenti delle singole facciate sia nell'ottica di individuare in maniera speditiva e non invasiva le aree da indagare, sia per elaborare indici sintetici della risposta termica dell'involucro. Il risultato di questo processo è illustrato in figura 5.

A questo proposito è necessario sottolineare che la termografia acquisita è riferita ad un istante ben preciso e rappresenta la risposta termica dell'involucro dell'edificio esclusivamente legata al momento dell'acquisizione. E' chiaro quindi che, se la termografia rileva in una porzione dell'edificio una bassa temperatura, può significare che la parete ha un buon isolamento oppure che la stanza retrostante al momento dello scatto non fosse riscaldata. Professionisti esperti del settore possono valorizzare il dato rilevato – che rappresenta lo stato di fatto oggettivo – grazie alle loro conoscenze specifiche ed esperienze acquisite nel campo.

A supporto di questo processo di analisi si è ritenuto opportuno mettere a punto una procedura codificata di valutazione che conclude il lavoro di definizione del *termomapping urbano*. L'obiettivo è duplice. Agevolare il lavoro "manuale" di analisi della qualità dell'involucro edilizio e disporre di un insieme di dati standardizzati in modo da poter essere tra loro confrontati ed inseriti in un database appositamente creato.

La procedura è illustrata tramite degli esempi nelle figure 6, 7, 8, 9. Ad ogni facciata si assegna un punteggio a cui corrisponde una scala di giudizi e, successivamente, calcolando la media di tutte le facciate si ottiene il punteggio totale dell'edificio. La valutazione che ne risulta è da considerarsi propedeutica ad ulteriori approfondimenti mirati. Non dà un giudizio definitivo sulla qualità dell'involucro edilizio, ma si limita a definire un "livello di attenzione;" segnala la necessità di un ulteriore approfondimento a cui l'edificio andrebbe posto. La definizione del punteggio della singola facciata è dato dalla somma dei singoli gradi di *performance* secondo lo schema della pagina seguente. Per ognuno dei quattro parametri va inserito un punteggio da 1 (buona qualità, buona efficienza termica e quindi basso livello di attenzione) a 3 (pessima qualità, forti dispersioni termiche e conseguente necessità di approfondimenti e interventi di miglioramento). La tabella seguente, a pagina 197, è un esempio della procedura adottata per l'analisi di una singola facciata dell'edificio di fig. 6 (pag. 198).

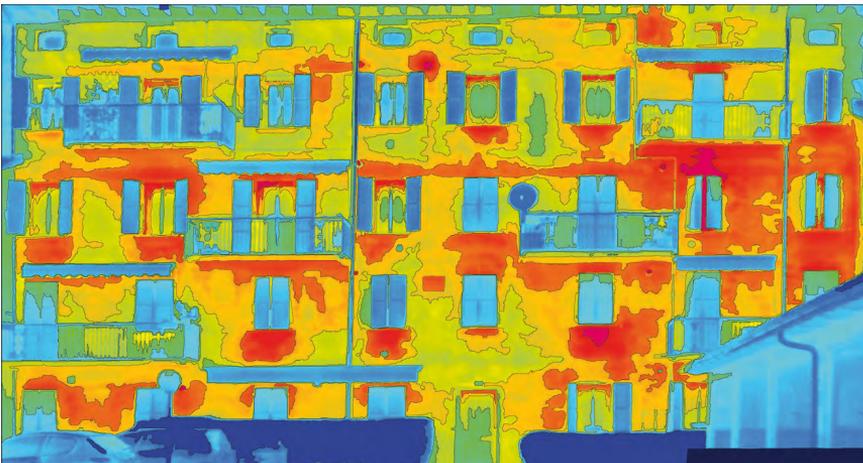
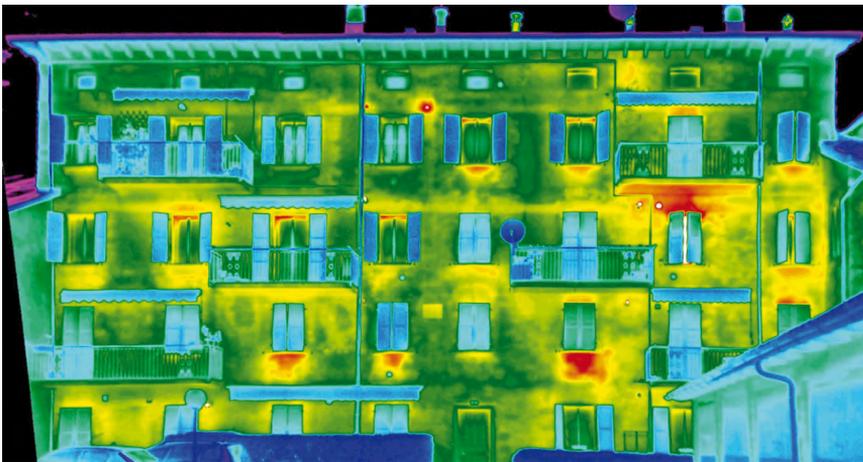


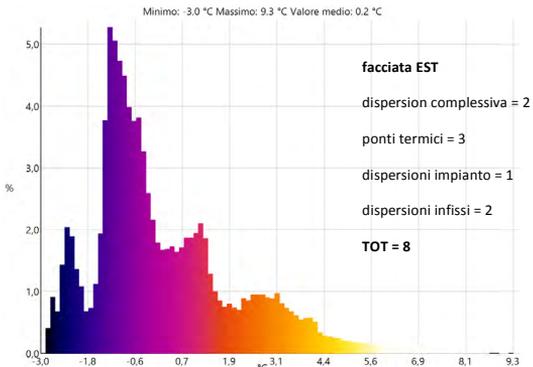
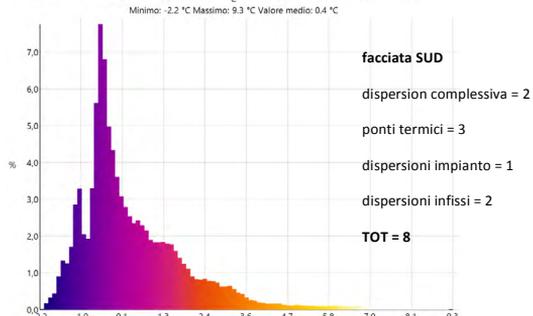
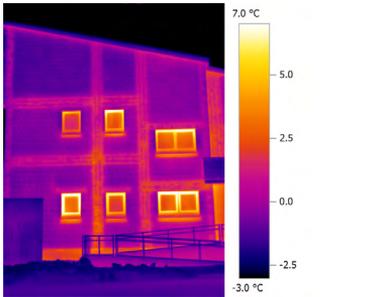
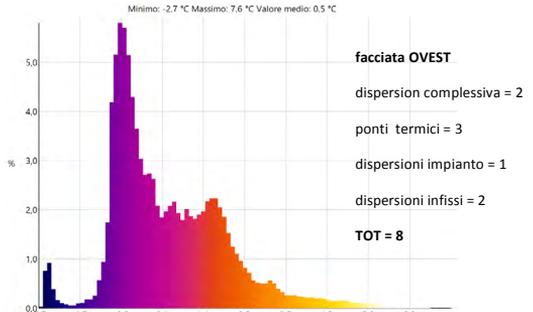
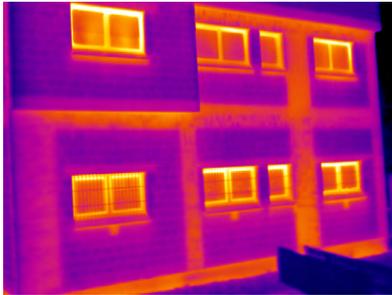
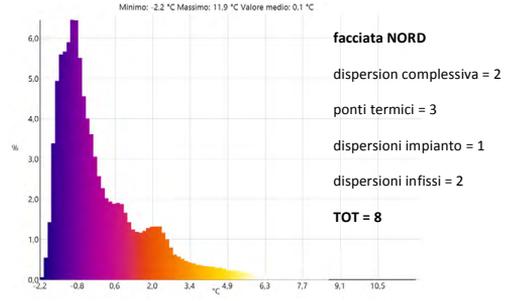
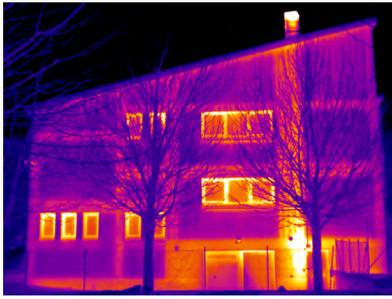
Fig. 5. Esempio di contabilizzazione delle dispersioni energetiche di un fronte di un edificio. La prima immagine è il modello digitale del prospetto dell'edificio, la seconda l'immagine termografica della facciata. In basso la contabilizzazione delle dispersioni mediante suddivisione in classi omogenee di temperatura superficiale (temperatura aria esterna -2°C).

| livello di attenzione e approfondimento necessario: | basso | medio | alto |
|--|-----------|-------|------|
| punteggio: | 1 | 2 | 3 |
| PARAMETRI DI ANALISI | PUNTEGGIO | | |
| La qualità e l'omogeneità di comportamento termico generale della facciata, considerata nel suo complesso, desunta dall'analisi dell'istogramma delle temperature superficiali; | | 2 | |
| La presenza e la quantità di ponti termici; | | | 3 |
| Presenza di aree nelle quali è evidente la dispersione di calore a causa di una mancata integrazione tra involucro e sistema di riscaldamento (ad esempio radiatori in nicchia sotto le finestre senza interposto isolamento tra il corpo radiante e la parete); | 1 | | |
| Qualità degli infissi. | | 2 | |
| Totale | 8 | | |

Con questa metodologia, dove il lavoro di analisi delle termografie è notevolmente agevolato potendo usufruire dei risultati del processo di contabilizzazione delle dispersioni (fig. 5) e utilizzando una procedura di classificazione standardizzata, è possibile catalogare tutti gli edifici di una intera area urbana o di tutta la città, ottenendo il *termomapping urbano*.

Un ulteriore fase di sviluppo, che sarà meglio descritta nel Capitolo 14, consiste nell'adottare una procedura automatizzata per classificare i vari edifici senza la necessità di doversi affidare al lavoro "manuale" di esperti. In questo modo si ampliano le possibilità di rendere più veloci i rilievi e l'estensione delle aree di indagine. Potrà così essere affrontato lo studio di aree urbane anche molto estese.

EDIFICIO 1009, pubblico, Via Gaggia – Polizia Locale e Giudice di Pace



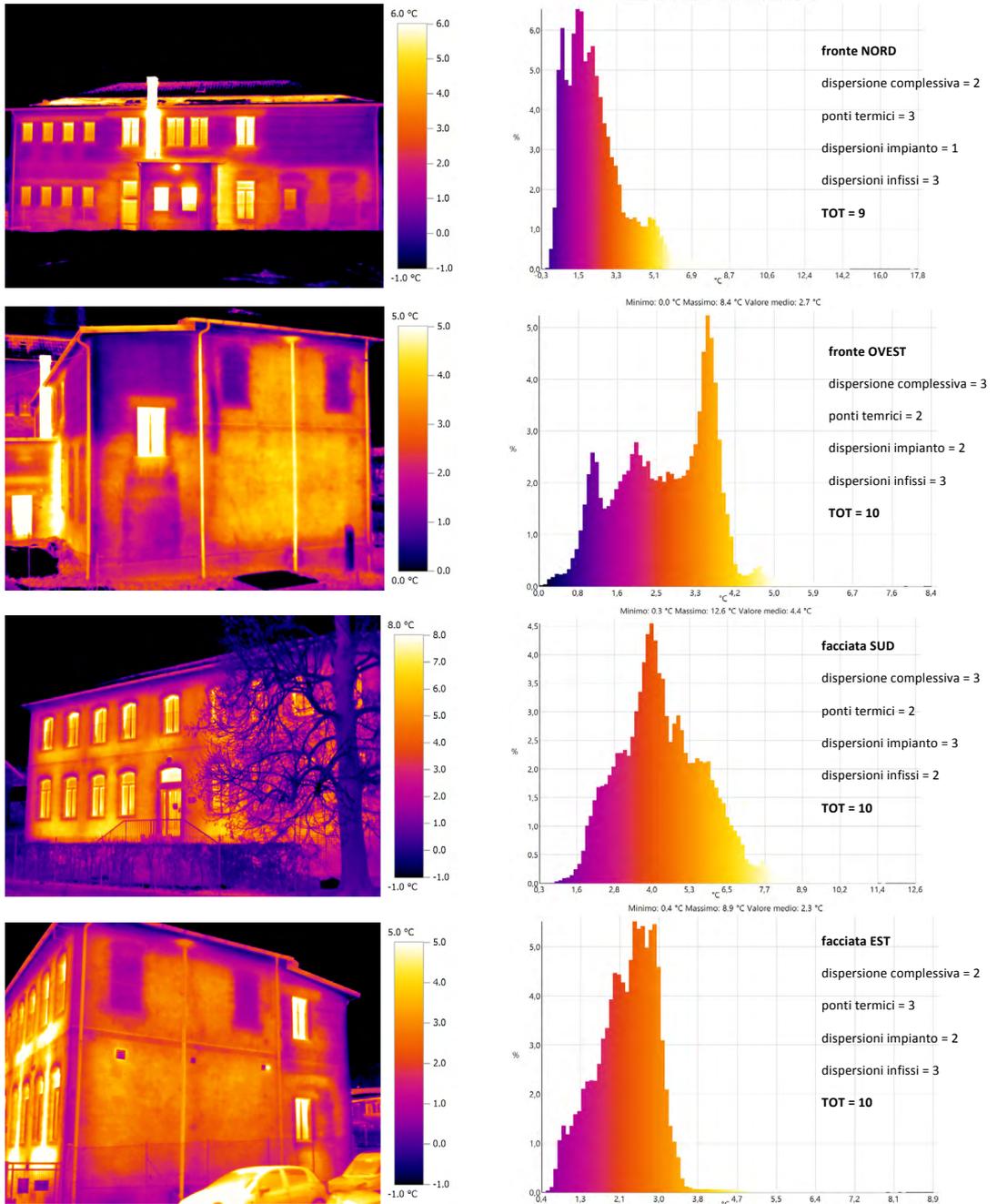
Valutazione finale termomapping: livello attenzione necessario = 8

minimo livello di attenzione (buon isolamento, basse dispersioni) = 4

massimo livello di attenzione (isolamento scarso, dispersioni notevoli) = 12

Fig. 6. Esempio di applicazione, su un edificio pubblico di Feltre, della procedura di valutazione associata al termomapping urbano. La valutazione complessiva è ottenuta dalla media di tutti i fronti esposti.

EDIFICIO 1005, pubblico, Via P. Celi – Scuola infanzia di Vellai

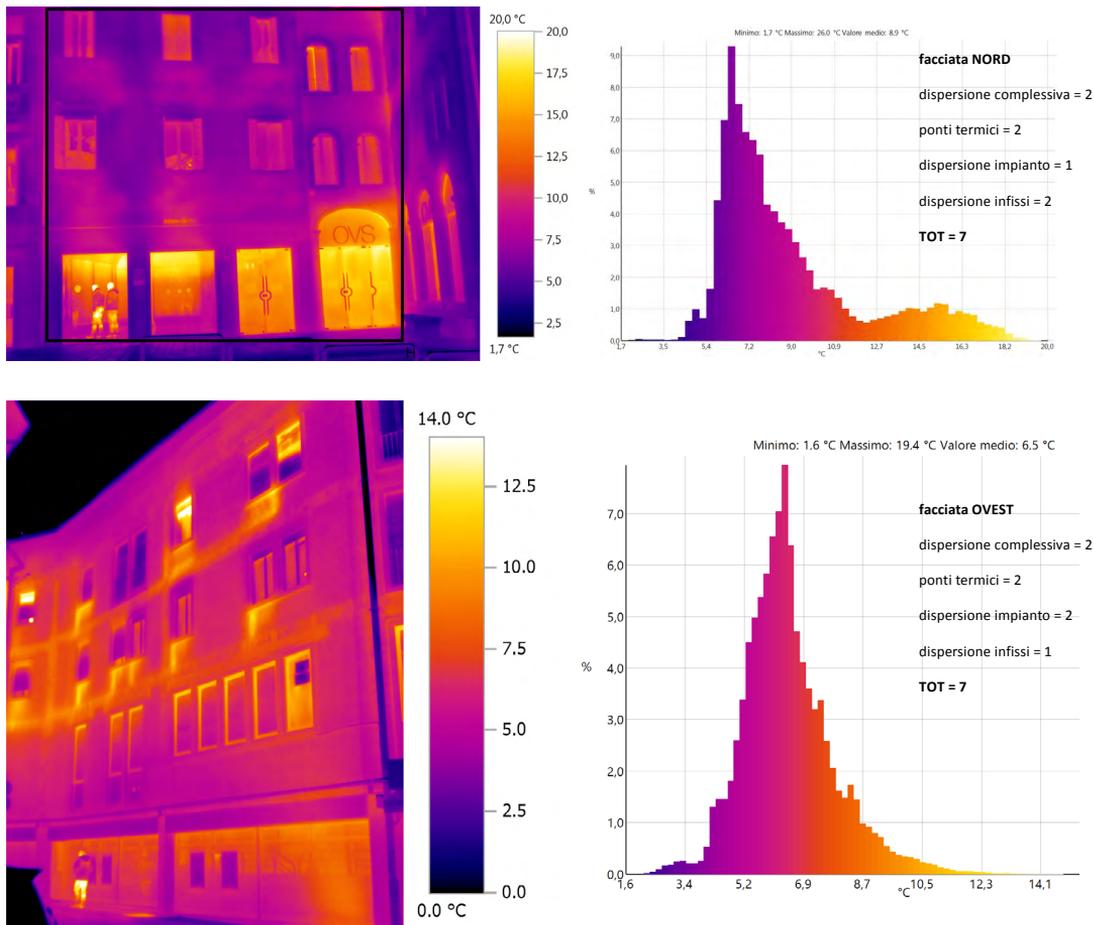


Valutazione finale termomapping: livello attenzione necessario = 9,75

minimo livello di attenzione (buon isolamento, basse dispersioni) = 4
 massimo livello di attenzione (isolamento scarso, dispersioni notevoli) = 12

Fig. 7. Esempio di applicazione, su un edificio pubblico di Feltre, della procedura di valutazione associata al termomapping urbano. La valutazione complessiva è ottenuta dalla media di tutti i fronti esposti.

EDIFICIO 113, privato Largo Castaldi 9



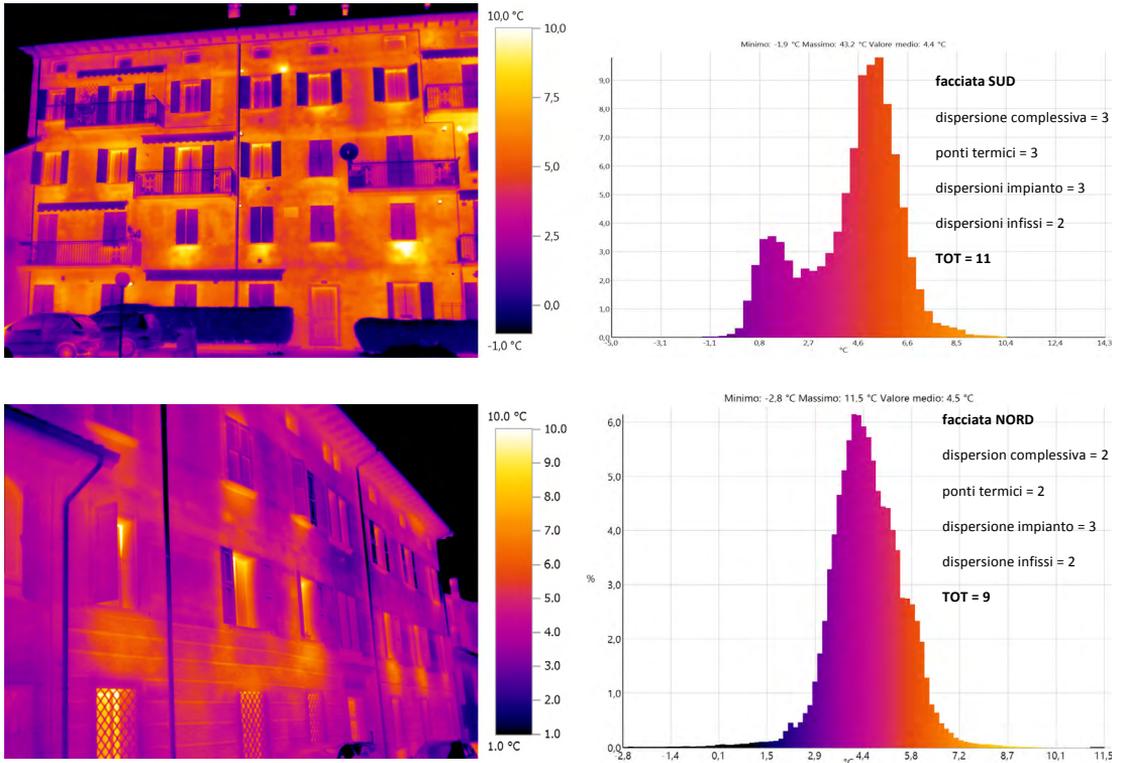
Valutazione finale termomapping: livello attenzione necessario = 7

minimo livello di attenzione (buon isolamento, basse dispersioni) = 4

massimo livello di attenzione (isolamento scarso, dispersioni notevoli) = 12

Fig. 8. Esempio di applicazione, su un edificio privato del centro storico di Feltre, della procedura di valutazione associata al termomapping urbano. La valutazione complessiva è ottenuta dalla media dei soli due prospetti esposti.

EDIFICIO 76, privato, Via Nassa 8



Valutazione finale termomapping: livello attenzione necessario = 10

minimo livello di attenzione (buon isolamento, basse dispersioni) = 4

massimo livello di attenzione (isolamento scarso, dispersioni notevoli) = 12

Fig. 9. Esempio di applicazione, su un edificio privato del centro storico di Feltre, della procedura di valutazione associata al termomapping urbano. La valutazione complessiva è ottenuta dalla media dei soli due prospetti esposti.

La componente famiglia

Il *City Energy Model* visualizza, sull'immagine della città, dati demografici e consumi energetici dettagliati, edificio per edificio. Gli edifici sono indicizzati in base alle persone e alle famiglie che vi abitano. In particolare, sulla base della rielaborazione dei dati di *Sensing*, vengono classificati in base al numero di residenti, al numero di bambini, anziani e persone laureate, alla presenza di famiglie di soli anziani. In tal modo si evidenziano tipologie demografiche e familiari che, tendenzialmente, adottano strategie energetiche diverse. In generale, le spese per consumi di una famiglia sono strettamente legate al numero e alle caratteristiche dei suoi componenti.¹⁸ Tuttavia, nel caso delle spese energetiche, si realizzano forti economie di scala all'interno del nucleo familiare/edificio e le strategie, in questo caso, sono legate a esigenze di tutela della salute (presenza di bambini), scarsità di risorse o abitudini radicate (più frequenti in famiglie di soli anziani), attenzione alle tematiche ambientali (collegate ad un titolo di studio più elevato).

Ipotesi queste non sempre valide ed anzi non confermate appieno dalla letteratura scientifica. Prima di utilizzare questi presupposti nella definizione di parametri di influenza della composizione del nucleo familiare sui consumi energetici da inserire all'interno delle elaborazioni del *City Energy Model* e della *Firma Energetica Urbana Index*, si è ritenuto opportuno fare delle verifiche a campione utilizzando i dati del *Sensing*.

La struttura stessa dei dati ha però influenzato le procedure di verifica. Si riassume brevemente questo aspetto di fondamentale importanza. I consumi energetici sono basati sull'analisi dei consumi di gas dei quali si dispongo i valori per ogni singolo contatore. È quindi possibile abbinare i consumi di gas ad uno specifico edificio nel suo complesso. Nel caso di edificio plurifamiliare (sia piccole bifamiliari che grandi condomini) il consumo (desunto dalla somma dei singoli contatori) è riferito all'intero edificio senza possibilità di assegnarlo ad uno specifico alloggio e quindi ad una specifica famiglia (dato che non è possibile collegare il singolo contatore alla rispettiva unità abitativa per la mancanza di informazioni quali l'interno a cui si riferisce il contatore o il nome del proprietario dell'utenza). L'unico caso in cui è possibile avere una corrispondenza diretta tra consumo di gas e famiglia è nelle abitazioni unifamiliari. Una prima analisi è stata quindi fatta sull'intero campione di edifici unifamiliari presenti nel Comune di Feltre. Tra tutti questi, sono stati selezionati quelli con consumi annui di gas compresi tra 300 e 3'000 mc. Il campione risultante è di 1'603 abitazioni e altrettante famiglie. Le

¹⁸ Istat, *I consumi delle famiglie. Anno 2009*, Istat Servizio Editoria, Roma, 2011.

categorie usate e i risultati sono:

| | |
|---|---------|
| consumo medio famiglie con bambini: | 1'321mc |
| consumo medio famiglie con anziani: | 1'399mc |
| consumo medio famiglie senza anziani o bambini: | 1'334mc |
| consumo medio famiglie con persone laureate: | 1'605mc |

Dai risultati emersi si può affermare che la presenza o meno di persone anziane o bambini all'interno del nucleo familiare non incide sui consumi energetici. Sembrerebbe invece che la presenza di persone laureate, e quindi probabilmente con reddito maggiore, comporti un maggior consumo di energia, forse dovuto anche alla maggior dimensione dell'edificio che tali gruppi familiari posseggono. Il calcolo statistico fatto sul campione analizzato ha dimostrato che, in media, le abitazioni delle famiglie con persone laureate sono più grandi di 40m².

Una seconda analisi ha preso in considerazione questa volta l'intero parco edilizio, ma usando una strategia diversa. Gli edifici sono stati suddivisi in 16 classi di consumi all'interno di un range dai 500mc fino ai 5'000mc (fig. 11). Per ogni classe è stata calcolata la percentuale con cui ogni tipologia familiare incideva sul totale delle famiglie. Il risultato, riassunto dal grafico di fig. 10, mostra anche in questo caso un'incidenza pressoché costante della percentuale dei vari gruppi familiari per ognuna delle 16 classi di consumi. Solo l'andamento delle famiglie con laureati (linea viola) mostra una leggera crescita, a conferma dell'analisi precedente.

Per concludere, il risultato mostra comunque un'influenza quasi irrilevante della componente familiare sui consumi. Questa considerazione avrà il suo peso nella definizione delle metodologie di calcolo della *Firma Energetica Urbana*.

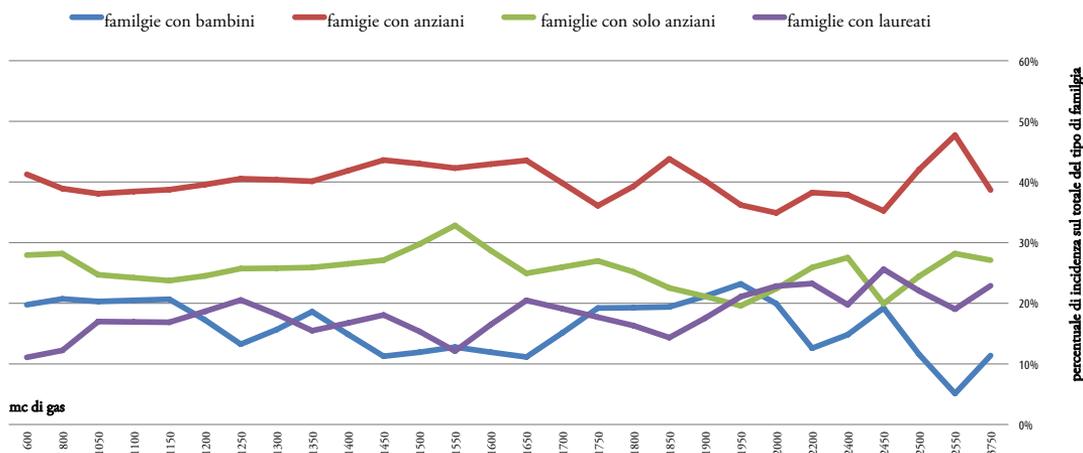


Fig. 10. Grafico riassuntivo dell'analisi dell'influenza della composizione del nucleo familiare sui consumi. Il dato è riferito all'intero parco edilizio del Comune di Feltre. In ascissa i consumi di gas, in ordinata la percentuale di incidenza della specifica tipologia familiare.

— famiglie con bambini — famiglie con anziani — famiglie con solo anziani — famiglie con laureati

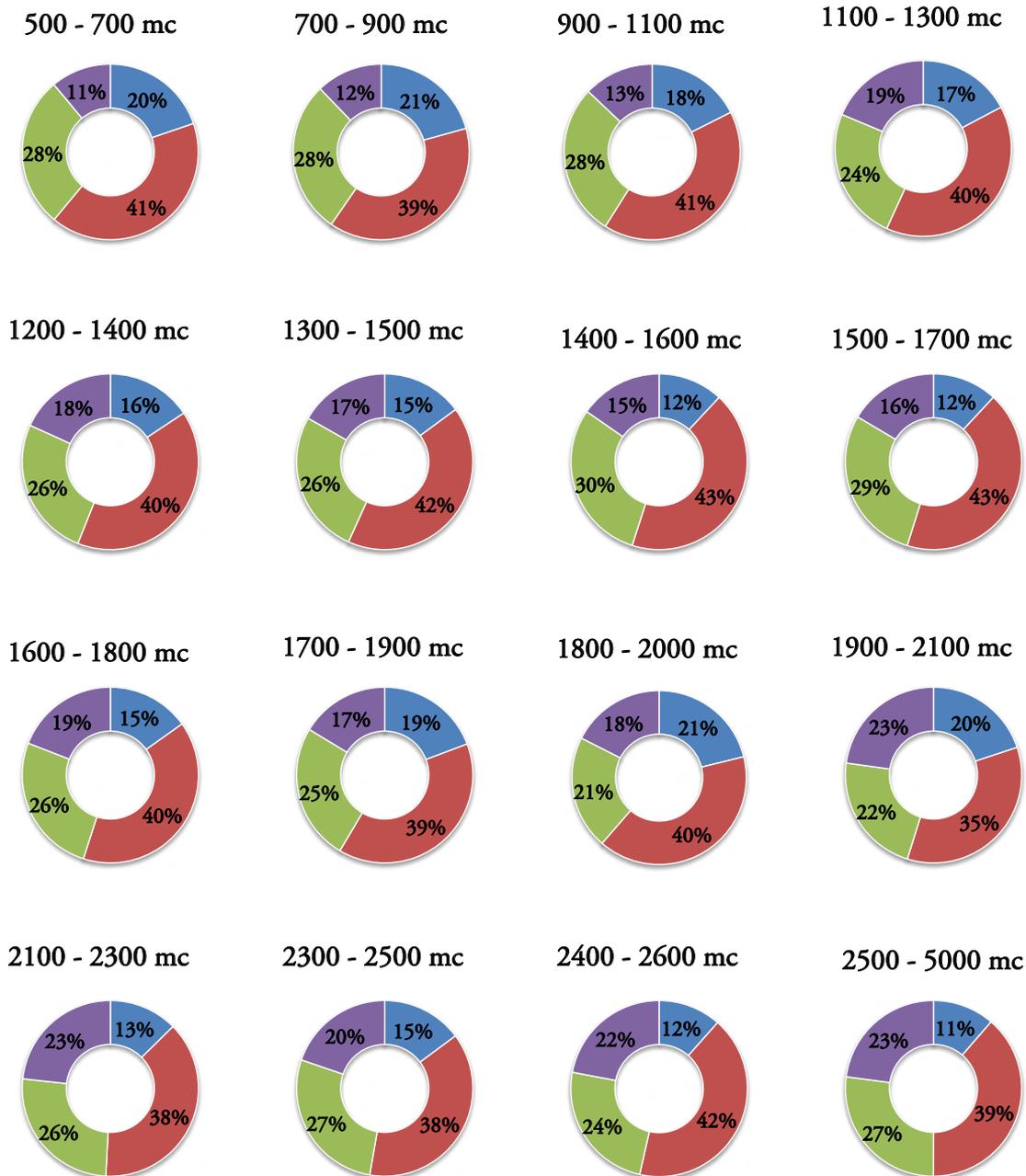


Fig. 11. Insieme di grafici a torta dell'analisi dell'influenza della composizione del nucleo familiare sui consumi. Il dato è riferito all'intero parco edilizio del Comune di Feltre. Ogni grafico è riferito ad una delle 16 classi di consumo degli edifici, i differenti settori indicano la percentuale di incidenza (sul totale delle famiglie) della specifica tipologia familiare.

Il *FEU index*

Il concetto di *FEU index*

Il concetto di *FEU index* (*Firma Energetica Urbana Index*) è stato introdotto nel Capitolo 2 con una doppia definizione: a) “indice dell’inefficienza energetico-ambientale degli edifici in relazione al contesto urbano a cui appartengono,” b) “indice dell’efficienza potenziale residua di un edificio o di una porzione di territorio urbano.” In questa definizione il termine *indice* si intende come “grandezza, in genere adimensionata, che esprime quantitativamente l’entità di un fenomeno,”¹⁹ o meglio, usando la più idonea concezione anglosassone, come “*indicator, sign, or measure of something.*”²⁰ Non deve quindi essere inteso con il significato più diffuso nella lingua italiana di tale termine, cioè come il “rapporto, talora espresso percentualmente, oppure differenza fra i valori numerici di due grandezze.”²¹

La particolarità di questo indice o meglio *index* è di non essere assoluto, ma come suggerisce la definizione stessa, di essere in relazione al contesto urbano. Sia il nome e sia la caratteristica di essere “relativo” mettono in evidenza l’analogia con un altro indice già diffuso da tempo nei paesi del nord Europa, cioè la “firma energetica” di un edificio.

La “firma energetica” di un edificio

La “firma energetica” è una metodologia di verifica delle prestazioni degli edifici che in Italia si sta diffondendo solo da qualche anno. “La firma energetica verifica il comportamento edificio-impianto al variare delle condizioni climatiche esterne. Ogni edificio ha la sua firma energetica che viene calcolata utilizzando dati reali di consumi (kWh, mc, etc.) e temperature.”²² In pratica “la firma energetica è uno strumento che permette di rappresentare graficamente [fig. 12] un consumo energetico (calore, elettricità, acqua) in funzione di un parametro esterno (solitamente temperatura esterna). Attraverso delle misure settimanali dei consumi si ottiene una ‘nuvola’ di punti intorno ad una curva (o retta) fittizia: questa curva è la ‘firma energetica’ dell’edificio che rappresenta il reale consumo del sistema edificio – impianto. La firma energetica è uno strumento molto utile sia ad utenti

19 Dizionario delle Scienze Fisiche (1996), Treccani, s.v. “indice”.

20 New Oxford American Dictionary, s.v. “index”.

21 Vocabolario Treccani, s.v. “indice”.

22 Entropia Zero srl, “Firma e Certificazione Energetica,” *Entropia Zero*, <http://www.entropiazero.it/categoria/soluzioni/name/firma-e-certificazione-energetica>.

privati che ad enti pubblici che vogliono conoscere e migliorare le prestazioni energetiche del proprio sistema edificio/impianto. Serve inoltre ad utenti professionali (energy manager / società di gestione / utility management) per realizzare una corretta contabilità energetica degli edifici e definire al meglio gli obiettivi che si vogliono perseguire.”²³

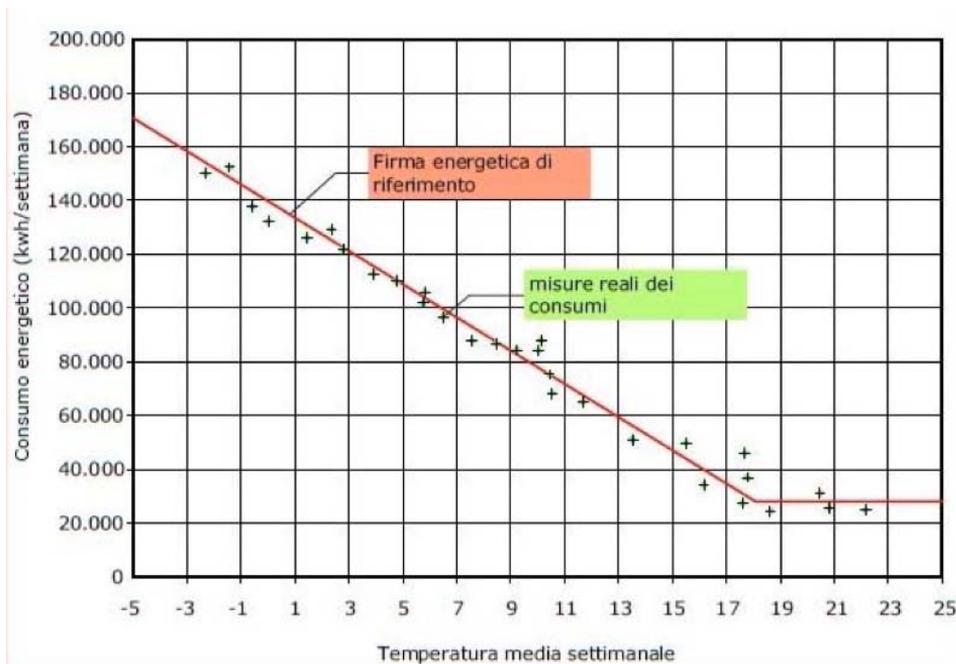


Fig. 12. Esempio di Firma Energetica di un edificio (o per meglio dire del sistema edificio-impianto) che rappresenta il consumo settimanale di calore in funzione della temperatura esterna. Immagine tratta da www.firmaenergetica.info.

Il modello concettuale della *Firma Energetica Urbana Index*

Unendo le intuizioni che hanno portato alla definizione del *FEU Index* con i concetti appena illustrati, la ricerca è giunta alla definizione del nuovo strumento *Firma Energetica Urbana Index*. Il suo obiettivo è di misurare le prestazioni del “sistema edificio” considerato parte del “sistema città” al variare di una serie di condizioni contestuali urbane e sociali.

La *FEU* si basa su un indice (o *index*) che è funzione di vari parametri ognuno dei quali è un indicatore, rispetto ad uno specifico aspetto, della qualità del com-

²³ Firmaenergetica.info, *Cos'è la firma energetica*, www.firmaenergetica.info.

portamento energetico di un edificio: un *performance indicator*. Occorre precisare che l'obiettivo del *FEU Index* non è quello di "classificare" un edificio, ma di mappare e segnalare a livello urbano, le aree, i quartieri o i singoli edifici che meritano attenzione perché presentano un comportamento energetico inefficiente oppure perché, tramite il loro eventuale recupero, sono occasione di risparmio energetico.

I *performance indicator* che, in via teorica, si è ritenuto inserire nel calcolo del *FEU index* sono elencati nella tabella seguente. Si deve comunque tener presente che ogni parametro va ovviamente rivalutato e settato in base al contesto reale in cui viene applicato.

| | |
|---|---|
| <p>Il consumo di energia termica reale dell'edificio. Il parametro indica i consumi energetici per riscaldamento e acqua calda sanitaria ottenuti con consumo diretto di combustibili fossili (gas metano, gasolio, legna, etc..).</p> |  |
| <p>Il consumo di energia elettrica. Consumo reale complessivo di energia elettrica (illuminazione, elettrodomestici, climatizzazione sia estiva che invernale degli ambienti).</p> |  |
| <p>Le dispersioni. La qualità e le performance dell'involucro edilizio valutate in base alla procedura del <i>termomapping urbano</i>.</p> |  |
| <p>Le emissioni di CO₂. Sulla base dei consumi reali e in base all'effettivo combustibile utilizzato si stima la produzione di CO₂ dell'edificio</p> |  |
| <p>La componente delle persone e dei comportamenti. Questo parametro prende in considerazione comportamenti o tipologie familiari che influenzano l'andamento dei consumi. Inoltre, in base al numero di persone che utilizzano l'alloggio, l'incidenza dei consumi per persona (e non per mq o mc) evidenzia una sorta di impatto ambientale pro-capite.</p> |  |

Nel seguito si descrive come i vari parametri si combinano assieme per ottenere il *FEU index*. Si utilizzerà come esempio esplicativo la sua applicazione al caso Feltre, vero e proprio *test-bed*, utilizzato per la messa a punto del sistema di calcolo del *FEU index*. Senza tale sperimentazione sarebbe rimasto solo un'ipotesi non realizzata e nemmeno definita nei suoi principi generali.

La costruzione del *FEU index*: il caso di Feltre

Prima di spiegare come funziona il *FEU index*, è opportuno ricordare e introdurre alcune premesse importanti che si configurano anche come obiettivi:

- La prima riguarda lo scopo del *FEU index* che non è quello di “classificare” un edificio, ma di mappare a livello urbano, le aree, i quartieri o i singoli edifici che necessitano di attenzione perché hanno un comportamento energetico anomalo (inefficiente) oppure perché, tramite il loro eventuale recupero ed adeguamento, sarebbero occasione di risparmio energetico.
- La seconda è che lo strumento *FEU index* è pensato all’interno di un quadro di conoscenze condiviso via web. Si tratta quindi di un *tool* pensato per il web. Dovrà quindi essere usato all’interno di tale ambiente che ha la caratteristica di essere aperto, flessibile e dinamico.
- La terza prende in considerazione una apparente incongruenza concettuale. Alcuni dei parametri che entrano in gioco infatti, sono reciprocamente influenzati e funzione gli uni e degli altri. Ad esempio, uno scarso isolamento delle pareti esterne (quindi bassa qualità del parametro delle dispersioni) è causa di un elevato consumo energetico (anche in questo caso con bassa qualità del parametro consumi). Sommando i due parametri si sommano tra loro causa ed effetto, considerando quindi due volte lo stesso elemento. Il *FEU index* deve considerare e risolvere questa incongruenza formale.

Mettendo sul tavolo contemporaneamente queste tre premesse/obiettivi, si è giunti alla simultanea definizione della metodologia e progettazione dello strumento. L’elemento chiave che risolve tutti e tre i presupposti è quello di concepire il *FEU index* come un indice dinamico e personalizzabile dove il peso²⁴ di ogni *performance indicator* può essere scelto dall’utilizzatore in base alle sue specifiche esigenze. In questo modo, rispondendo ai vari presupposti:

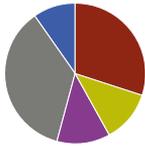
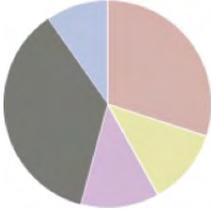
- l’utilizzatore può scegliere di concentrare il suo studio o la sua ricerca su uno specifico aspetto (ad esempio la qualità degli involucri edilizi valutando il parametro delle dispersioni) trascurandone altri (perché in quel momento interessato agli edifici che necessitano di manutenzione delle facciate);
- si garantisce dinamicità allo strumento e una sua funzionalità adatta all’ambiente web (difficile integrare la *customizzazione* dei parametri utilizzando media non informatici);

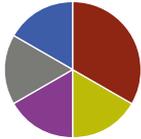
²⁴ Si intende il peso statistico, cioè “il coefficiente per il quale viene moltiplicato il termine generico di una successione di valori sui quali si calcola una media ponderata, esprimente l’importanza relativa del termine”. Tratto da Enciclopedia Treccani.

- si ovvia al problema delle dipendenze reciproche di causa ed effetto tra i diversi parametri. Dando all'utente la possibilità di variare l'incidenza di ognuno di essi, gli si offre la scelta di decidere fino a che punto "accettare" la somma di due *performance indicator* tra loro legati oppure di escludere questa possibile anomalia riducendo il peso di uno dei due.

La tabella a fondo pagina è un esempio che spiega il concetto della personalizzazione dei pesi dei *performance indicator*. La dimensione del grafico a torta indica l'inefficienza di uno specifico edificio (più il cerchio è grande e più è inefficiente), composta dalla somma delle singole inefficienze (i colori riprendono i colori dei simboli della tabella precedente). In questo esempio si sono presi in considerazione due edifici diversi ("a" e "b") che con i pesi di tutti i parametri uguali (configurazione 1) hanno la stessa inefficienza. L'edificio "a" ha la caratteristica di produrre elevate emissioni a parità di energia consumata (ad esempio perché utilizza una caldaia a gasolio), al contrario l'edificio "b" produce meno emissioni di CO₂ (perché ad esempio utilizza una caldaia a gas abbinata ad un sistema a legno molto efficiente). Si nota come aumentando il peso dell'indicatore "emissioni" (settore grigio) l'inefficienza complessiva dell'edificio "a" aumenta mentre quella dell'edificio "b" diminuisce.

Variazioni simili, ma più complesse, avvengono quando la variazione dei pesi avviene su più parametri contemporaneamente.

| edificio "a" | |
|---|--|
| configurazione 1 | configurazione 2 |
| Pesi uguali | Peso maggiore alle emissioni. |
|  |  |

| edificio "b" | |
|---|--|
| configurazione 1 | configurazione 2 |
| Pesi uguali | Peso maggiore alle emissioni. |
|  |  |

Questo metodo è stato applicato al caso di Feltre. Qui però non disponiamo dei dati del consumo elettrico. I parametri sono quindi 4: consumi (C), dispersioni (D), emissioni (E), persone (P). Indicando con “ α ” il peso dell’indicatore specifico, la formula per il calcolo è la seguente:

$$FEU\ index = (C \cdot \alpha_c + D \cdot \alpha_d + E \cdot \alpha_e + P \cdot \alpha_p) / (\alpha_c + \alpha_d + \alpha_e + \alpha_p)$$

Affinché questa formula sia applicabile, è necessario attribuire un valore ad ognuno dei *performance indicator*. Nel caso di Feltre, i valori dei vari parametri sono calcolati in base ai seguenti indicatori:

| | |
|--|---|
| Consumi: kWh annui al metro cubo consumati. |  |
| Dispersioni: valutazione del <i>termomapping urbano</i> . |  |
| Emissioni: emissioni di CO ₂ al mc. |  |
| Persone: kWh annui per persona. |  |

Ognuno dei parametri sopra elencati da come risultato un numero, ma con unità di misura e grandezze diverse, tra loro non sommabili. La soluzione è stata quella di normalizzare i risultati in base ad un indicatore comune a tutti che fosse quindi sommabile. Prima di tutto si è definita una scala di 5 valori del *FEM Index* (da un valore minimo che significa bassa inefficienza e quindi buon comportamento energetico dell’edificio, sino ad un valore massimo che significa alta inefficienza, passando per tre valori intermedi). Tale suddivisione in 5 classi deve essere riportata anche per ogni singolo parametro. Si sono quindi individuati, per ogni *performnce indicator*, i valori soglia di ognuna delle 5 classi. Ad ogni classe corrisponde un valore che va da 1 a 5. A questo punto il calcolo del *FEU Index* è semplice. I valori di “C”, “D”, “E” e “P” così calcolati (variano quindi da 1 a 5) vanno inseriti all’interno della formula. I valori di “ α ” variano in base alla sensibilità che si vuol dare al sistema di personalizzazione. Più sono i possibili valori di “ α ”, e più

la regolazione sarà fine. Nel caso di Feltre si sono scelti 5 valori ognuno dei quali è il doppio del precedente: 1, 2, 4, 8, 16. In questo modo ad ogni *performance indicator* può essere assegnato un peso nullo o quasi nullo (1), o un peso massimo (16), un valore medio (4) e due pesi intermedi (4, e 8). La tabella seguente illustra le relazioni tra i valori dei singoli indicatori di ogni parametro e il corrispondente valore del *performance indicator*.

| | |  |  |  |  |
|------------------------------|-------------|---|---|--|---|
| <i>performance indicator</i> | | Consumi | Dispersioni | Emissioni | Persone |
| (inefficienza) | (punteggio) | KWh/annuo mc | Termomapping urbano | Ton CO ₂ /mc | kWh/anno pers |
| molto alta | 5 | > 53 | 11 - 12 | >0,010 | >6000 |
| alta | 4 | >40 ≤ 53 | 9 - 10 | >0,007 <0,01 | >4000 ≤6000 |
| media | 3 | >30 ≤ 40 | 7 - 8 | >0,005 <0,007 | >2333 ≤40 |
| bassa | 2 | >20 ≤ 30 | 5 - 6 | >0,003 <0,005 | >1600 ≤2333 |
| molto bassa | 1 | ≤ 20 | 4 | 0,003 | ≤ 1600 |

$$FEU\ index = (C \cdot \alpha_c + D \cdot \alpha_d + E \cdot \alpha_e + P \cdot \alpha_p) / (\alpha_c + \alpha_d + \alpha_e + \alpha_p)$$

la formula restituisce un valore di *FEU Index* che può variare tra 1 (bassa inefficienza, buon comportamento energetico) e 5 (alta inefficienza, pessimo comportamento energetico).

L'immagine della pagina seguente è un esempio dell'applicazione del *FEU index* a Feltre. Si ricorda che i valori di corrispondenza tra i diversi *performance indicator* e il valore ad esse attribuito (tabella sopra) è calibrato in base alle caratteristiche locali. A Feltre sono state desunte da una analisi statistica che ha permesso di discriminare le 5 soglie di inefficienza confrontandole anche con alcuni parametri tipici delle classi di certificazione energetica.

Nel capitolo successivo è illustrata l'interfaccia dinamica di generazione del *FEU index*.

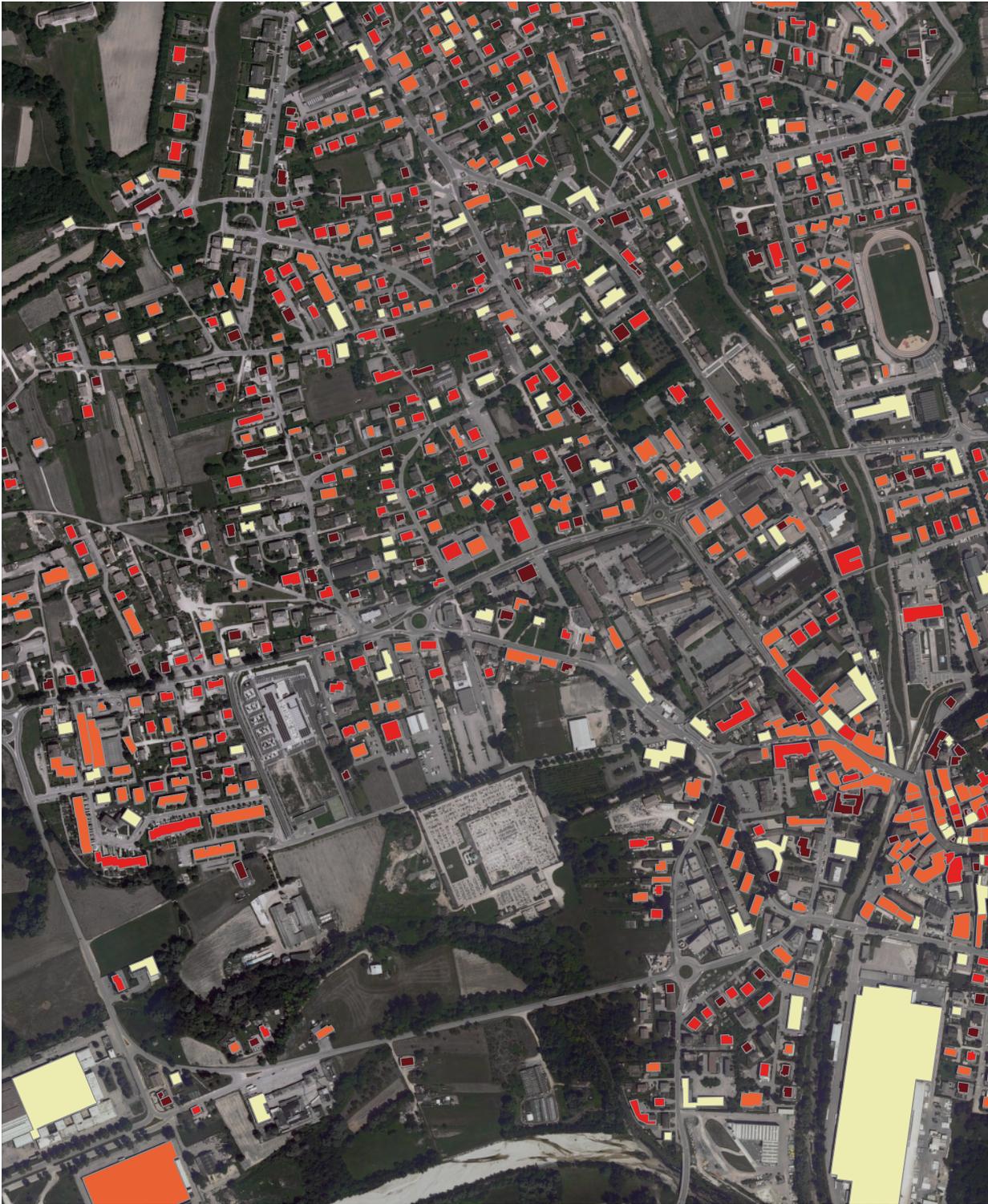


Fig. 13. Mappatura a livello urbano del *FEU index*. Questo esempio è stato ottenuto impostando un peso uguale a tutti i *performance indicator*. L'immagine simula la visualizzazione che *Energy Web* propone all'interno della piattaforma web.

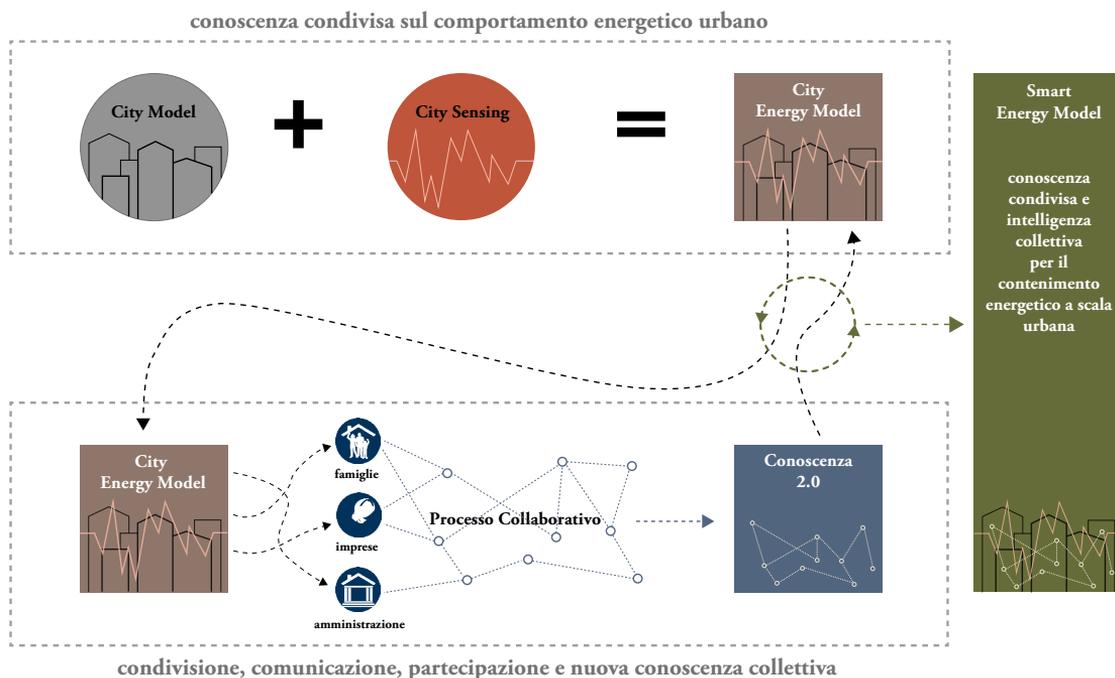


Conclusioni

Il capitolo ha illustrato come il *City Model* e il *City Sensing* sono stati opportunamente declinati alle esigenze informative dei portatori di interessi e di diritti sui temi dei comportamenti energetici. Ricordando lo schema generale della struttura logica di *Energy Web*, il *City Energy Model* è lo *step* conclusivo del processo di creazione della conoscenza. Da questo punto in poi, l'obiettivo è di utilizzare e sfruttare questa conoscenza instaurando tutti i conseguenti processi di partecipazione e rielaborazione delle informazioni.

Per concludere, è opportuno ricordare che far interagire tra loro i dati di *Sensing* e di *Model* è possibile perché entrambi queste strutture sono inserite nel database di *Energy Web*. Allo stesso modo, *City Energy Model* è strutturato dentro il database (fig. 14). Questo aspetto ne garantisce la sua usabilità all'interno degli strumenti *ICT* sia di calcolo che di disseminazione.

I prossimi capitoli saranno quindi dedicati a questi due *step*. A come, a partire dal *City Energy Model*, si genera *Processo Collaborativo* e *Conoscenza 2.0*.





Montage of 53,498 photos from Tokyo sorted by time © 2015 Phototrails

12. Processo collaborativo e *Conoscenza 2.0*

Condivisione, comunicazione e visualizzazione delle informazioni in *Energy Web* a supporto della partecipazione multi-attore

Riassumendo, la concezione di *Energy Web* si basa su due strutture principali: a) un insieme di informazioni composta dal *City Model*, *City Sensing* e *City Energy Model* che si configura come una *expert knowledge* sul comportamento energetico urbano; b) un processo collaborativo di utilizzo condiviso e partecipato di tale sapere, con conseguente produzione di nuova conoscenza collaborativa e condivisa: *Conoscenza 2.0*. Le due strutture necessitano quindi di una base comune all'interno di un sistema in grado di:

- mettere a disposizione, trasmettere e comunicare la struttura di informazioni all'utenza multi-attore;
- far interagire tra loro e in modo collaborativo i diversi attori coinvolti all'interno di tale struttura di conoscenza.

In merito a questi obiettivi, il capitolo prima affronta la questione del processo collaborativo, della comunicazione delle informazioni e della conoscenza 2.0 dal punto di vista concettuale; si sofferma poi sulla sua trasposizione all'interno della struttura logica di *Energy Web*. Si descrive come dal punto di vista metodologico sono stati affrontati e risolti i due punti di cui sopra. La parte finale illustra la realizzazione della piattaforma tecnologica web 2.0 *Energy Web*, che offre funzioni di visualizzazione e condivisione delle informazioni, *social networking* e interazione tra gli utenti.

Il processo collaborativo

Attori coinvolti e comunicazione della conoscenza

Come si è descritto, *City Model*, *City Sensing* e *City Energy Model*, sono strutture di dati per la conoscenza diffusa della città. Le informazioni che contengono, opportunamente declinate alle esigenze informative dei portatori di interessi e di diritti, diventano conoscenza, da utilizzare a supporto della multi-attorialità delle dinamiche in ambito urbano.

Vi è quindi un passaggio essenziale all'interno della struttura logica di *Energy Web* dove l'informazione, nel momento in cui viene condivisa con famiglie, amministrazione e imprese, diviene conoscenza. Senza questo scatto logico, l'intero sistema non avrebbe senso. Ma affinché ciò avvenga (l'informazione diventi conoscenza) è essenziale trasmetterla e comunicarla in modo adeguato.

Esistono varie strade per farlo. Il modello *Energy Web* prevede di utilizzare in modo pervasivo strategie di geo-visualizzazione integrate a modelli di *infodesign*¹ e comunicazione grafica delle informazioni. Il concetto di base – e l'obiettivo a cui si è mirato – è di usare l'*infoaesthetics*² per trasformare l'informazione in conoscenza. Alcune immagini riportate nei capitoli del *City Sensing* e del *City Energy Model* sono un tentativo che va in questa direzione e che – come vedremo in seguito – è stato ripreso nel web di *EWf*. La convinzione è che un sistema basato sulla percezione visiva e la semplicità, ma anche in grado di incuriosire ed attrarre attenzione, garantisce la miglior fruizione possibile delle informazioni da parte di tutti gli attori coinvolti. La comunità locale acquisisce conoscenza reale sugli aspetti energetici ed ambientali della città, consentendole di prendere atto della reale condizione del rapporto *energia e città*. I diversi attori sono messi nella condizione di poter contribuire con le proprie competenze, comportamenti e responsabilità al miglioramento del trend energetico della città.

Altra importante peculiarità della base informativa di *Energy Web* è di essere modulare, dinamica e aperta a future integrazioni con altre strutture di dati. Ciò può migliorare la lettura dei fenomeni e supportare più efficacemente valutazioni e decisioni. Si tratta di una base informativa di *bac-kend*³ che oltre ad essere

1 *Infodesign* o *Information design* è la pratica di presentare le informazioni in modo grafico affinché sia incrementata la loro comprensione e quindi il loro utilizzo.

2 Lev Manovich, *Info-aesthetics: information and form*, <http://www.manovich.net/IA/>

3 Nel campo della progettazione software il *front-end* è la parte che gestisce l'interazione con l'utente, il *back-end* è la parte che elabora i dati di base o generati dal *front-end*.

aggiornabile in tempo reale è anche adattabile in base alle esigenze del contesto urbano in cui viene applicata. È un supporto informativo dinamico ed efficace, che permette maggiore coerenza nelle impostazioni di azioni di politica energetica a grande scala, sulla base delle informazioni visualizzate a livello urbano, ma egualmente in interventi mirati a singoli blocchi edilizi. Va da sé, che la versatilità della struttura informativa, va replicata anche nel sistema di visualizzazione, così da adeguarlo alle esigenze degli utenti e del contesto.

Le modalità pratiche per comunicare queste informazioni sono varie. Ovviamente c'è il web – tecnologia che come vedremo in seguito è stata usata in *EWf* – integrabile però con altre metodologie *ICT*. Così la realtà aumentata per una esperienza in tempo reale all'interno della città stessa; o metodi tradizionali, ma sempre validi, come l'uso di installazioni e mostre in luoghi strategici come scuole, edifici pubblici, piazze.⁴

Interazione e partecipazione *communitybased*

La sola trasmissione della conoscenza, così come auspicata dal paragrafo precedente, non è però sufficiente. È necessario che questo sistema di gestione di un insieme di saperi inneschi interrelazioni tra i vari attori fino a configurare una *community*. Per trasformare tale potenzialità in realtà è necessario il supporto di un sistema di aiuto al dialogo, integrato con il sistema di visualizzazione/condivisione, che permetta ed agevoli alcuni elementi essenziali:

- la creazione di un luogo di interazione tra le persone; un deposito di informazioni, competenze e passioni nate dalla creatività, dalla capacità di visione e dal dialogo di tutti i cittadini, i professionisti e gli amministratori attivi;
- la possibilità di attivare discussioni e argomenti legati a situazioni e problematiche di una zona specifica del territorio o della città (come ad esempio una singola abitazione, un edificio pubblico, un quartiere, una frazione);
- il collegamento reciproco tra luoghi/edifici - persone - argomenti, in modo che il dialogo possa iniziare indistintamente dagli argomenti, o dalle persone o dai luoghi, ma potendo sempre risalire ai legami reciproci (ad esempio collegare una persona che pone delle specifiche problematiche al quartiere in cui risiede).

⁴ Nel caso applicativo a Feltre, ad esempio, per il progetto *Urban Energy Web* è stata preparata una mostra all'interno di un istituto tecnico superiore della città, inaugurata con un evento di presentazione.

Il (geo)-socialnetwork

Per soddisfare le esigenze prima elencate, è necessario che il sistema di supporto alla *community* contempra e gestisca contemporaneamente tre elementi: persone, argomenti e luoghi. È da precisare sin da subito che con il termine (geo)-social-network non si intende il fenomeno di evoluzione dei *social network* tradizionali nei nuovi *geo-social network* come ad esempio “Foursquare”, “Gowalla”, “Facebook Places”, etc..⁵ In questi sistemi la localizzazione fa riferimento ad una particolare posizione spaziale dell’utente in un determinato periodo temporale, in coincidenza con l’immissione nella rete di un particolare commento. La (geo)-localizzazione alla quale ci si riferisce è invece legata a due entità:

- alla individuazione all’interno del contesto urbano dell’oggetto di una discussione (ad esempio un edificio) per poterlo analizzare con gli strumenti di accesso alle informazioni;
- al collegamento tra l’autore degli interventi nella *community* e il suo quartiere o edificio di residenza, che sarà successivamente individuato all’interno del sistema di accesso alle informazioni.

Se uno strumento di supporto al dialogo con queste caratteristiche, viene messo in relazione con la struttura di dati generata dal *City Model*, *City Sensing* e *City Energy Model*, la conoscenza ufficiale (*expert knowledge*) diviene base per sviluppare nuova conoscenza collaborativa e partecipativa: *Consocenza 2.0*.

Consocenza 2.0

Il termine “Consocenza 2.0” non trova ancora una definizione universalmente riconosciuta. Il neologismo, comunque diffuso, risulta dalla fusione dei due termini “Consocenza” e “Web 2.0”.

“Web 2.0” è utilizzato per indicare l’attuale stadio di evoluzione del *World Wide Web*, rispetto alla condizione precedente. Nel web di oggi sono infatti diffuse e consolidate le applicazioni online che permettono un elevato livello di interazione tra il sito web e l’utente.⁶ Si tratta di una evoluzione verso un livello dinamico del precedente Web 1.0 in cui la comunicazione era solo monodirezionali (gli

⁵ Una carrellata di tali sistemi la si può avere consultando: Paolo Ratto, “Geo-Social Network: l’evoluzione e il momento attuale [4.1],” *GEOLocalizzazione e SOCIAL WEB*, 2012, <http://www.paoloratto.com/geosocialweb/geo-social-network-evoluzione-4-1/>

⁶ Ad esempio: i blog, i forum, i wiki, le piattaforme di condivisione come Flickr, YouTube, Vimeo; i social network come Facebook, Twitter, Google+, LinkedIn.

utenti potevano solo ricevere informazioni, un po' come la TV, e non inserirle). Il termine Web 2.0 è stato usato per la prima volta durante “una sessione di lavoro tra Tim O'Reilly⁷ e la Medialive International⁸”⁹ in preparazione della conferenza “O'Reilly Media” tenutasi nel 2004 a San Francisco. Il web quindi come luogo virtuale dove si genera conoscenza.

Ma anche “la città possiede una ‘sua intelligenza’ e da tempo si è sviluppata un'intelligenza collettiva. Nella città complessa alcuni comportamenti collettivi appaiono coordinati grazie all'ausilio di tecnologie.”¹⁰ *Energy Web* cattura queste due tipologie di conoscenza, quella generata nella rete e quella urbana di cui si fanno portatori in modo inconscio gli attori coinvolti. Le fonde poi assieme mediante il *Processo Collaborativo* creando nuova conoscenza inedita: *Conoscenza 2.0*.

In questo lavoro di ricerca, la *Conoscenza 2.0* è quindi assunta come “l'insieme della conoscenza prodotta da *Processi Collaborativi* in rete, basati su un quadro di conoscenze partecipate, e costantemente consolidata e condivisa.”¹¹

7 Tim O'Reilly (6 giugno 1954) è un editore irlandese naturalizzato statunitense, fondatore della O'Reilly Media.

8 La “MediaLive International, Inc.” è una società statunitense che organizza e promuove conferenze ed eventi legate all'industria dell' *Information Technology*.

9 Paul Graham, “Web 2.0,” *Paulgraham.com*, novembre 2005. <http://www.paulgraham.com/web20.html>.

10 Luca De Biase, *Smart Cities*, Lectio Magistralis allo Iuav, Venezia, 5 aprile 2012. <http://www.ricercasit.it/dottorato/Content.aspx?page=285>

11 Massimiliano Condotta e Giovanni Borga durante un *brainstorming* all'interno del gruppo di ricerca NTeITA.

Strategie e strumenti per il processo collaborativo e la *Conoscenza 2.0*

La soluzione web e le funzionalità richieste

Le problematiche relative ai contesti urbani, comprese quelle legate ai temi dell'efficienza energetica, sono fortemente caratterizzate da aspetti multi-attoriali e geografico-territoriali. Questo ne determina di fatto l'imprescindibilità dell'adozione di una sistema di accesso a tale conoscenza e di interazione tra attori diversi, basato sulla rete Internet e strumenti *ICT*. Attualmente le tecnologie del web mettono a disposizione numerosi strumenti innovativi e di grande interesse. Tralasciando i dettagli (che saranno descritti in Appendice) è opportuno sottolineare due potenzialità, offerte dell'impiego di strumenti web, per visualizzare e condividere le informazioni:

- le possibilità offerte dalle piattaforme geografiche interoperabili *opensource*, che consentono di rendere comprensibili i fenomeni urbani, potendone gestire la caratterizzazione geografica mediante l'utilizzo di strumenti amichevoli ed efficaci basati sulla comunicazione visiva ed interattiva;
- le opportunità derivate dall'inserimento di strumenti di *social-networking* nei processi decisionali e di coinvolgimento delle comunità locali orientati allo sviluppo della propria realtà urbana.

Entrambe sono caratteristiche supportate dalle piattaforme web. Si ha in questo modo la possibilità di farle convergere ed interagire all'interno di un unico ambiente virtuale che sia però condiviso con cittadinanza, amministrazione e imprese, tramite strumenti web improntati alla semplicità e intuitività d'uso.

Il *City Platform* di *EWF*

I due progetti applicativi, *Energy Web Feltre* ed *Urban Energy Web*, hanno permesso di sperimentare e testare i concetti sopra descritti sviluppando l'*EWF City Platform*, la soluzione web del progetto. Il modo più semplice di illustrare questa esperienza e le soluzioni adottate è quello di mostrare, commentandole, alcune schermate della piattaforma web sviluppata.

Prima però, è opportuno ed utile sottolineare che il passaggio dai propositi e dagli obiettivi teorici al sistema web funzionante non è né immediato e né semplice,

ma va preceduto da un attento studio ed un attenta fase di *design*¹² delle funzionalità e dell'interfaccia di *front-end*. L'immagine seguente riprende parte dei *mock-up* preparati nelle fasi di design. Essi simulano i percorsi di navigazione all'interno del sistema in combinazione con le soluzioni grafiche dei vari componenti interattivi e delle finestre dedicate alla visualizzazione delle informazioni. Un'attività di *interface design*¹³ che riveste un ruolo di fondamentale importanza spesso sottovalutata come si ha avuto modo di dedurre dall'analisi dello stato dell'arte.



Fig. 1. Insieme degli *storyboard* e *mock-up* preparati nella fase di design del portale web.

¹² *Design* va inteso in questo caso sia come “progettazione”, sia come volontà di raggiungere un profilo estetico adeguato con l’obiettivo di essere al tempo stesso intuitivo e comprensibile.

¹³ *Interface design*, è comunemente intesa come l’attività di progettazione dell’interfaccia utente di un qualsiasi sistema informatico e software che dialoga con l’utente attraverso uno schermo.

Strumenti per la (geo)-visualizzazione delle informazioni

Tra gli obiettivi principali vi è quindi quello di permettere la visualizzazione delle informazioni del sistema di conoscenza associate al contesto fisico a cui esse si riferiscono. Esistono numerosi siti web che pubblicano mappe dinamiche e interattive in grado di gestire informazioni georiferite con varie metodologie (tecnicamente web-GIS). Tuttavia la gran parte di queste piattaforme sono rivolte ad un'utenza tecnica e non risultano quindi di facile utilizzo per la *community* urbana. Molto spesso inoltre, richiedono l'installazione di software particolari e non di rado presentano incompatibilità con i dispositivi mobili (smartphone o tablet). Da qualche anno, in chiara controtendenza alla specializzazione spinta di queste tecnologie per il *web mapping*, si sono imposti sistemi per la produzione di mappe web interattive per il grande pubblico. *Google Map*, *Bing*, *Yahoo Maps* sono solo alcuni dei prodotti che hanno gettato le basi della *new geography*.¹⁴ Grazie alla popolarità ottenuta in Internet e ad una estrema usabilità e accessibilità di contenuti e funzioni, in breve tempo sono divenuti lo standard de facto per le mappe sul web.

Con riferimento a *Energy Web*, al caso di Feltre e alla necessità di condividere informazioni geografiche sul web, quest'ultima classe di strumenti, che a prima vista potrebbe sembrare la più appropriata, presenta però alcune importanti limitazioni. Di fatto con questi strumenti non è possibile gestire la mole di informazioni, la tipologia e la dinamicità dei livelli informativi che caratterizzano la struttura delle conoscenze di *EFW*, basata com'è su complessi *database* di *back-end*.

Per ottenere la combinazione voluta di accessibilità ed efficacia comunicativa, dal punto di vista degli strumenti software utilizzati, si è quindi optato per un approccio ibrido. Si tratta della combinazione di una piattaforma *CMS* (*Content Management System*) con la quale creare l'ambiente web complessivo, e una di *mapping* basata sugli standard internazionali di interoperabilità per i dati geografici (*Open Geospatial Consortium*) con la quale visualizzare le informazioni a livello urbano.¹⁵ Il primo strumento, il *CMS* (che in *EFW* è *Drupal*), consente la gestione dell'intero sito web. Il secondo, denominato *Geonode*, è invece un ambiente che consente di gestire mappe online operando direttamente sul geo-database di *back-end* che contiene tutte le informazioni del *Model*, del *Sensing* e del *City Energy Model*. In sostanza, *Geonode* è la piattaforma di *mapping* e costituisce l'ambiente che gestisce

¹⁴ Andrew Turner, "Introduction to Neogeography," *Short Cuts*. O'Reilly Media, Sebastopol, CA, 2006: 2.

¹⁵ Gli strumenti utilizzati saranno descritti in dettaglio nell'Appendice.

le informazioni legate alla componente geografica ed urbana; il CMS è il sistema per gestire l'interfaccia pubblica composta sia da pagine di carattere informativo-divulgativo sia da pagine interattive contenenti le mappe generate da *Geonode*.

Strumenti per la (geo)-localizzazione di informazioni e *community*

Il raggiungimento degli obiettivi di (geo)-localizzazione e correlazione multipla "utenti - edifici - informazioni" è reso possibile tramite la mappatura degli edifici, identificati con il loro indirizzo (via e civico). Ciò consente di associare l'utente (che sia famiglia, impresa, o amministrazione) alla propria abitazione o edificio di pertinenza.

Durante la fase di registrazione, l'utente sceglie da un menù preimpostato, la via e il numero corrispondenti all'indirizzo del suo edificio (che corrisponderà all'*elemento edilizio* così come definito e descritto nel Capitolo 11). Se più famiglie risiedono quindi su uno stesso edificio (es. un condominio) e tutte risultano iscritte al sistema, ognuna condividerà le informazioni inerenti. Per garantire un certo livello di *privacy* però, le informazioni di uno specifico edificio potranno essere accessibili solo ed esclusivamente alle famiglie ad esso associate e non saranno visibili ad altri utenti, tranne ad una categoria di utenti *superpartes* come particolari amministratori comunali, o almeno che sia lo stesso utente a "liberalizzare" le informazioni. L'intera banca dati georeferenziata sarà pertanto filtrata in base al tipo di utente, in modo da garantire la *privacy* delle informazioni e lasciare l'opportunità ai singoli residenti se rendere o meno pubblici i dati relativi al loro edificio.

Il sistema è sviluppato per auto-alimentarsi poiché consente agli utenti stessi di essere fornitori di dati. Indirizzo, via e civico potranno essere proposti all'atto della registrazione mediante una funzionalità che permette di aggiungere un indirizzo non ancora presente nel database del sistema. In tal modo, l'amministratore del sistema, potrà inserire nuove informazioni e mantenere sempre aggiornata la banca dati degli indirizzi.

La tipologia di utenza

Il sistema *EFW* prevede che in fase di registrazione l'utente scelga la categoria di utente a cui appartiene (fig. 2). Ne sono previste quattro: famiglia residente a Feltre, amministrazione, impresa, utente generico. L'ultima figura rappresenta tutte le persone interessate a contribuire ai dialoghi e ai dibattiti sull'energia, ma non residenti nel Comune di Feltre. La suddivisione in tipologie di utenza serve a gestire nel modo migliore le diverse relazioni che si possono instaurare tra gli utenti.

Tramite il sistema così implementato, l'utente Famiglia può dialogare con le Imprese iscritte al portale (ad esempio per richiedere preventivi) e con l'Amministrazione del Comune (ad esempio per richiedere l'ultima normativa per l'installazione di impianti fotovoltaici). L'utente Impresa può proporsi e, successivamente dialogare, con le Famiglie di uno specifico edificio relativamente agli argomenti rappresentati in mappa dal sistema oppure con l'Amministrazione del Comune. In modo analogo, l'utente Amministrazione (responsabili del Comune) può dialogare con tutte le Famiglie e tutte le Imprese iscritte al sistema; oppure rispondere direttamente alle richieste specifiche di un particolare utente. In tal modo l'amministrazione ha la possibilità di avere un quadro d'insieme esaustivo ed aggiornabile relativo al fabbisogno energetico del territorio e può intervenire attivamente affinché la domanda e l'offerta dei servizi correlati garantiscano il raggiungimento di determinati obiettivi (ad esempio riduzione di emissioni di CO₂, riduzione delle spese energetiche degli edifici pubblici, etc.).

Queste funzionalità di dialogo, pertanto, consentono di attivare relazioni tipiche di un *socialnetwork*, con l'aggiunta della multi-attorialità e della (geo)-localizzazione delle tematiche e degli argomenti in gioco. Il tutto si configura come un sistema di supporto al dialogo per la gestione *communitybased* della conoscenza

Crea nuovo profilo Accedi Richiedi nuova password

SCEGLI LA TUA CATEGORIA

Famiglia di Feltre Comune Impresa Altro utente

CARICA RITRATTO, E' MOLTO IMPORTANTE PER LA NOSTRA COMMUNITY!

Scegli file nessuno selezionato

Il tuo volto virtuale o ritratto. Le immagini con dimensioni superiori a 1024x1024 pixel saranno ridimensionate.

NOME UTENTE *

Gli spazi sono permessi; la punteggiatura non è ammessa ad eccezione di punti, trattini, apostrofi e underscore.

INDIRIZZO E-MAIL *

Un indirizzo e-mail valido. Il sistema invierà tutte le e-mail a questo indirizzo. L'indirizzo e-mail non sarà pubblico e verrà utilizzato soltanto se desideri ricevere una nuova password o se vuoi ricevere notizie e avvisi via e-mail.

NOME *

COGNOME *

VIA *

Selezionare una VIA tra quelle proposte dal sistema. Dopo la selezione della VIA selezionare il CIVICO tra quelli proposti.

CIVICO *

Fig. 2. L'immagine è uno *screenshot* dell'interfaccia di registrazione utente. Si nota nella parte superiore la scelta della categoria di utente, in basso la possibilità di inserire l'indirizzo di residenza.

Modalità di accesso alla conoscenza: gestione e visualizzazione

La piattaforma di *EWF* si apre ovviamente con una home page. Oltre a presentare le funzionalità di accesso e registrazione, è divisa in due settori principali (come illustrato nella grafica in fig. 3). Il primo, fa riferimento all'insieme della conoscenza del *Model*, *Sensing* e *City Energy Model* che si configurano come la *expert knowledge* sul comportamento energetico urbano; il secondo alla *community*.

1

Energy Web City Platform è lo strumento interattivo e collaborativo della città di Feltre.

Diffonde conoscenza condivisa sullo stato energetico urbano e promuove processi di intelligenza collettiva per il contenimento dei consumi energetici della città.

Conoscenza Condivisa sul comportamento energetico urbano Vai ai dati ►

City Sensing: termomapping

2

La Community per una intelligenza collettiva sul fabbisogno energetico

Ultimi Commenti

Briscio Ketty ha commentato:
Caro Cristian, ci potresti elencare la tua idea? Magari in qualche scuola la potremmo anche applicare.

Argomento: Il consumo energetico degli edifici pubblici
6 sec fa

Cecchet Cristian ha commentato:
In realtà il problema è ben più grosso se si parla di edifici scolastici cara Ketty; il problema e la domanda principale è la seguente: "quanto salubri e sani sono gli edifici dove mandiamo a scuola"

Argomento: Il consumo energetico degli edifici pubblici
21 ore 36 min fa

Fig. 3. Screenshot della home page di *EWF*. La pagina è divisa in due sezioni principali: in alto la descrizione e l'accesso alla sezione delle informazioni sullo stato energetico urbano; in basso la zona della *community*.

Attraverso la sezione dedicata alle informazioni, si accede ad un sistema di mappatura a livello urbano delle informazioni. I vari livelli informativi del *Model*, *Sensing* e *City Energy Model*, sono consultabili ed interrogabili da questa interfaccia grafica. Sulla mappa sono riportati con diagrammi disegnati ad hoc le informazioni a scala urbana, mentre sui box informativi più sotto sono riportati in dettaglio le informazioni dettagliate di uno specifico edificio selezionato.

L'immagine di figura 4 ad esempio, è il risultato della mappatura a livello urbano dei consumi di gas dalla quale è possibile comprendere le zone in cui questi sono più elevati e, all'interno di esse, gli edifici che hanno consumi maggiori.

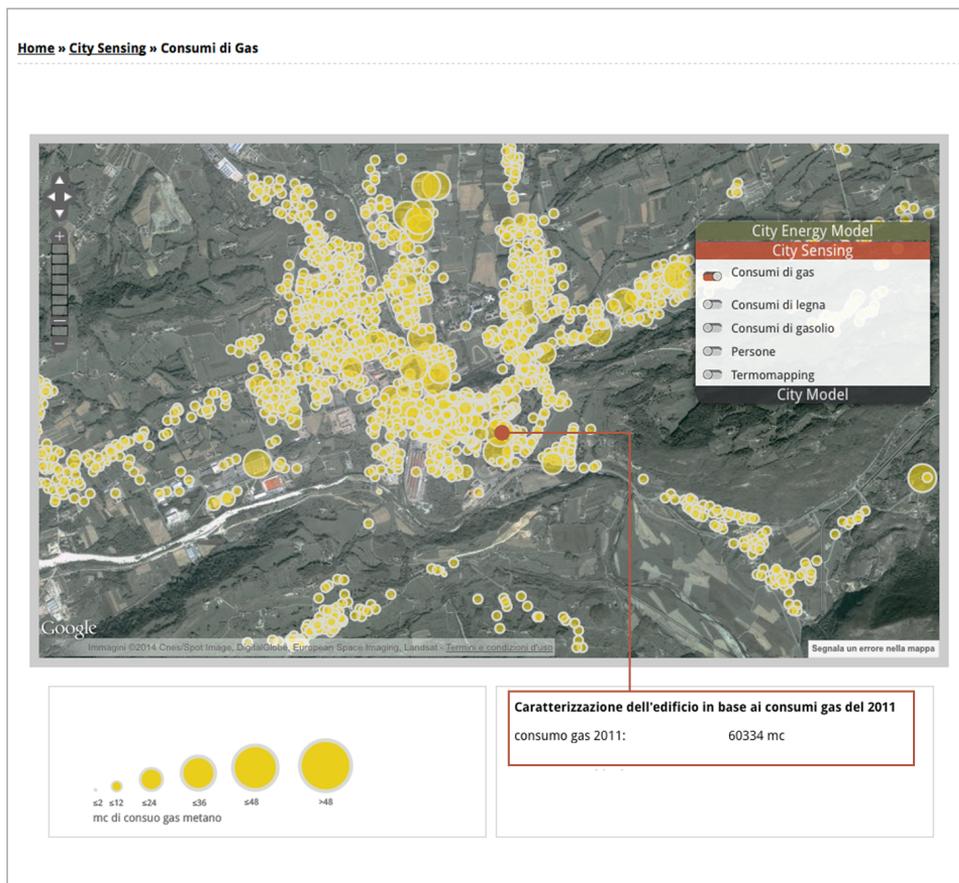


Fig. 4. Screenshot parziale della sezione del portale *EWF* dedicata alla visualizzazione delle informazioni sul comportamento energetico urbano. La schermata mostra il livello informativo del *City Sensing* relativo ai consumi di gas metano. Sotto la mappa la legenda dei simboli e i dati dettagliati dell'edificio selezionato. La grafica arancione simula la corrispondenza tra edificio e dati sui consumi

Nella figura 5 è rappresentato il livello del *City Sensing* relativo al *termomapping*. Degli edifici di cui si dispone il rilievo ad infrarossi, attraverso l'interfaccia grafica è possibile vedere l'anteprima delle termografie dell'edificio, che viene visualizzata nel box sotto alla mappa a sinistra. Dal box di destra è successivamente possibile fare il download della documentazione completa sul rilievo termico.

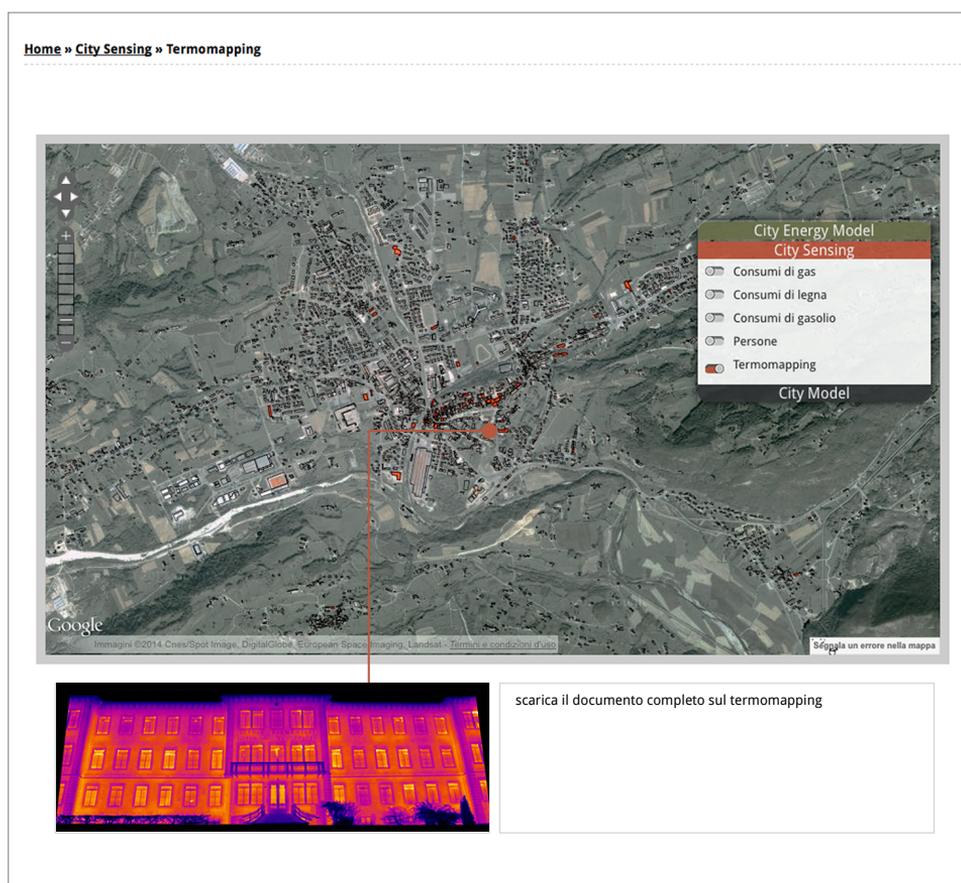


Fig. 5. Screenshot della sezione del portale EWF dedicata alla visualizzazione delle informazioni sul comportamento energetico urbano. La schermata mostra il livello informativo del *City Sensing* relativo al *termomapping*. Sotto la mappa l'anteprima delle termografie dell'edificio selezionato. In destra i dettagli delle condizioni di ripresa e il link per scaricare la documentazione completa del lavoro di analisi delle dispersioni. La grafica arancione simula la corrispondenza tra edificio e dati sui consumi

Tra i livelli informativi a cui è possibile accedere dalla sezione del *City Energy Model* c'è quello delle emissioni di CO₂. Anche per questo indicatore il sistema offre una visualizzazione delle informazioni a scala urbana basata sull'infografica (fig. 6).

In figura 7 invece, è riportata la mappatura del *FEU index*. Come descritto nel Capitolo 11, si tratta di un indicatore flessibile e gestibile da parte dell'utente che, direttamente dal *widget*, può selezionare il peso di ogni singolo indicatore. La regolazione degli *slider*, in uno dei 5 gradi di rilevanza previsti per ognuno dei *performance indicator*, restituisce in tempo reale le variazioni sulla mappa. Per questo livello informativo di particolare rilevanza, la visualizzazione cambia in base al livello di zoom. A scala territoriale viene visualizzata una griglia a cui corrisponde al suolo un lato di 100 metri, mentre, scendendo con il livello di zoom, la mappatura è fatta a scala del singolo edificio.

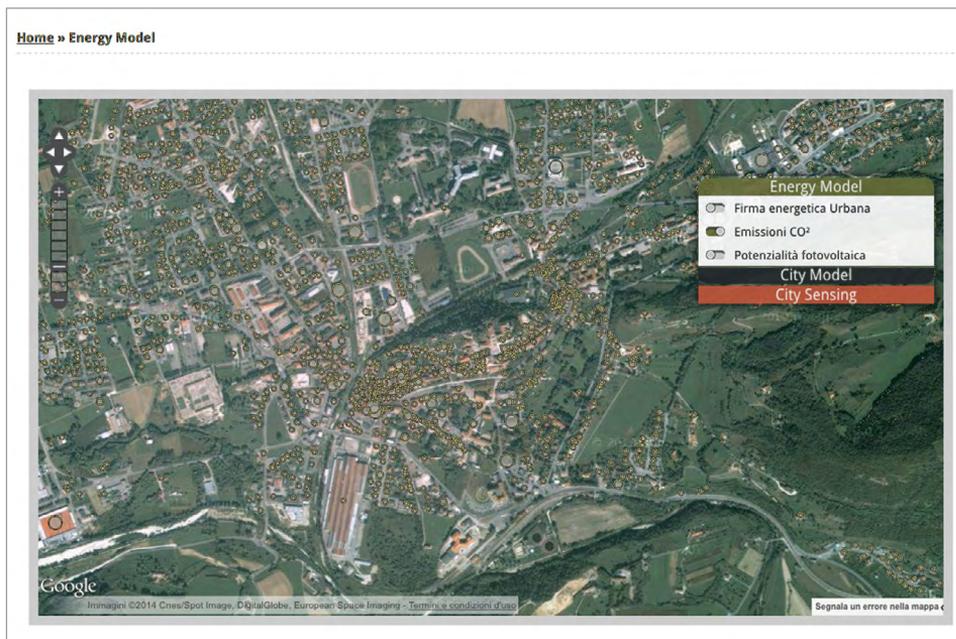


Fig. 6. Screenshot della sezione del portale EWF dedicata alla visualizzazione delle informazioni sul comportamento energetico urbano. La schermata mostra il livello informativo del *City Energy Model* relativo alle emissioni di CO₂.

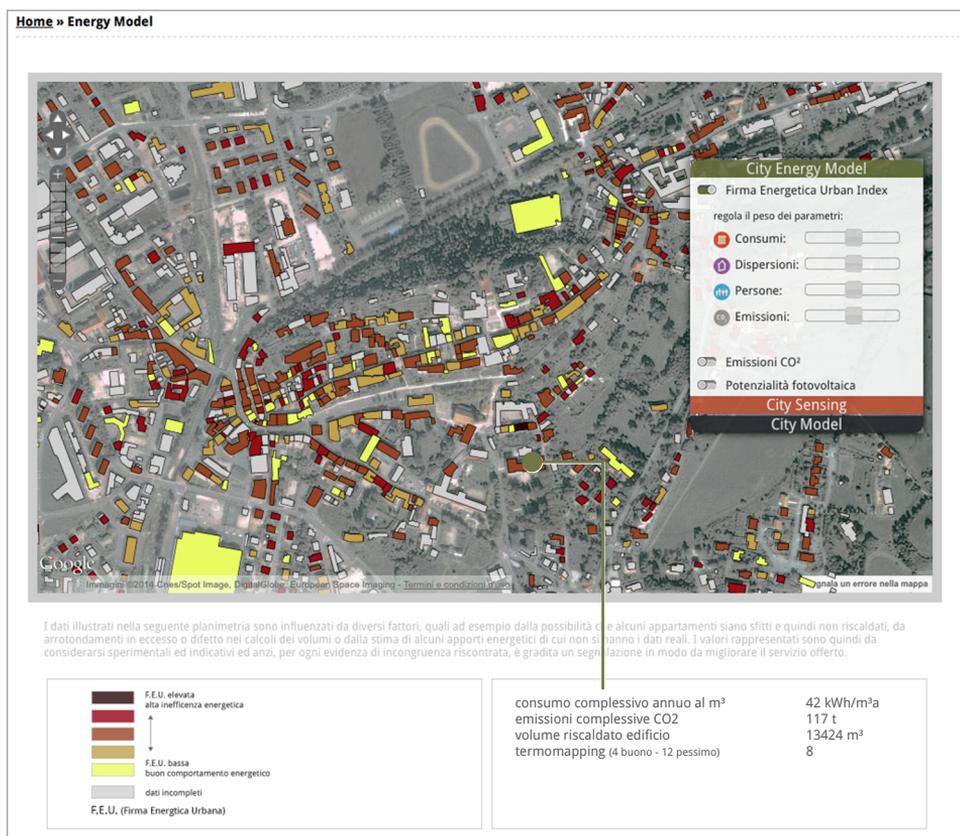


Fig. 7. Screenshot della sezione del portale EWF. La schermata mostra il livello informativo del *City Energy Model* relativo al *Firma Energetica Urbana Index*. Nel *widget* interno alla mappa sono evidenti gli *slider* per settare i pesi dei vari indicatori. Sotto la mappa la legenda e i dati dettagliati dell'edificio selezionato. L'immagine in alto è relativa alla visualizzazione a scala territoriale dove la mappatura avviene attraverso una griglia da 100metri.

La *Community*: gestione e visualizzazione

Nel paragrafo dedicato alla trasmissione della conoscenza, si è sottolineata l'importanza della comunicazione e la relativa visualizzazione delle informazioni, caratteristica importante quanto lo sono i dati stessi. Il luogo virtuale di interazione della *community* deve essere altrettanto efficace dal punto di vista comunicativo ed espressivo.

Le caratteristiche che si ritengono prioritarie sono:

- facile ed immediata riconoscibilità dei partecipanti, sia da parte degli altri utenti sia da parte degli utenti stessi, che devono percepire la loro appartenenza alla *community*;
- semplicità d'uso, chiarezza e possibilità di distinguere all'interno dei vari contributi degli utenti tra gli argomenti/discussioni e i singoli commenti/risposte;
- visualizzazione delle relazioni tra le persone, e tra le persone e gli argomenti da loro proposti o discussi.

La fase di analisi e studio della metodologia e tecnologia, sulla quale basare lo sviluppo del luogo virtuale della *community*, ha investito una parte rilevante del lavoro di *design* dell'intero sistema web. Una soluzione "pronto all'uso" che integrasse le caratteristiche funzionali volute non esisteva. Si è quindi scelto di partire da un prodotto esistente ed adattarlo alle esigenze. L'esempio e l'applicazione di partenza sono stati individuati nell'esperienza di Matera.¹⁶ La città, infatti, si è candidata per diventare capitale europea della cultura 2019 e il "Comitato Matera 2019" ha costruito un luogo di interazione sul web per promuovere una partecipazione più ampia possibile alla costruzione della candidatura di Matera a capitale europea della cultura 2019.

Questo sistema misto tra *socialnetwork*, e *blog*, offre molte delle caratteristiche desiderate. Le persone sono facilmente identificabili e presenti grazie alle icone con le loro foto che le rappresentano; la successione dei commenti e degli argomenti è abbastanza chiara, ma soprattutto, il *back-end* del sistema registra molti dati relativi alle interazioni tra gli utenti. Il sistema va però migliorato per quanto riguarda la riconoscibilità degli autori dei vari argomenti e/o commenti, ma soprattutto va integrato con un sistema di visualizzazione delle connessioni reciproche tra le persone e gli argomenti.

Il sistema di supporto della *Community* di EWF è quindi un'evoluzione della versione di Matera. Il sistema è basato su un *plugin* di *Drupal* chiamato *Organics*

¹⁶ <http://community.matera-basilicata2019.it>

Groups che è stato appositamente integrato con altre funzioni per raggiungere l'obiettivo prefissato.

Nel *City Platform* di EWF, La seconda delle due sezioni della home page è dedicata alla *community*. Sin da subito (fig. 8) si mostra un mosaico di tutte le facce delle persone che ne fanno parte. Il concetto che si è voluto adottare con questa soluzione grafica è di far percepire in modo immediato e chiaro agli utenti l'esistenza di questa realtà. Inoltre, la presenza delle foto delle persone diviene un elemento di stimolo e partecipazione. A supportare questa strategia, le dimensioni delle facce sono proporzionate al livello di coinvolgimento della persona. Una sorta di sana competizione interna alla *community* come insegnano alcuni esempi analizzati nel Capitolo sullo stato dell'arte.



Fig. 8. Screenshot della parte di home page di EWF dedicata alla *community*. Il mosaico di foto rappresenta l'insieme della *community* recentemente attiva. Le dimensioni delle immagini sono legate al livello di partecipazione dello specifico utente. L'idea è che questo sistema di visualizzazione incentivi la partecipazione e instauri un processo di sana competizione tra i partecipanti.

Di lato al mosaico vi è l'elenco degli ultimi commenti e argomenti inseriti. Da questa lista è possibile andare direttamente su una delle tematiche specifiche oppure scegliere di sfogliarne l'elenco.

La pagina degli argomenti rappresenta l'insieme di tutte le tematiche oggetto di dibattito e discussione. Sempre con l'obiettivo di rendere l'interfaccia grafica immediatamente comprensibile, ad ogni argomento è legata un'immagine rappresentativa. Così come ogni utente mette la sua faccia, anche le tematiche discusse hanno un aspetto subito riconoscibile.

Da questa sezione è quindi possibile sfogliare le varie tematiche, vedere l'autore che ha promosso ogni singolo argomento o ancora aggiungerne di nuovi da condividere e da sottoporre alla *community*.

The screenshot shows the 'All topics of the community' section of the EWF web portal. At the top right, there is a button labeled 'Crea nuovo argomento di discussione'. Below the title, there is a search bar with the text 'CERCA PER TITOLO' and two buttons: 'Cerca' and 'Annulla'. The list of topics is as follows:

- MILD HOME a Feltre**
MILD HOME "My Modular, Intelligent, Low cost, Do it Yourself, nearly zero Energy house for our Eco Green Village" è un progetto co-finanziato dall'Unione europea tramite il Programma Sud Est Europa 2007 - 2013. Il progetto, iniziato in ottobre 2012, ha come obiettivo stimolare l'ideazione e la costruzione di una tipologia innovativa di abitazione civile (denominata "MILD HOME"), rispettando le seguenti caratteristiche:
Argomento creato da Sara Momi il 05/02/2014 - 17:05
- Il consumo energetico degli edifici pubblici**
Dai dati elaborati si vede chiaramente come gli edifici pubblici siano grandi consumatori di energia. Come si può affrontare questo problema? Bisogna tenere conto di una casistica estremamente varia, dai palazzi del centro storico alle scuole delle frazioni, queste ultime stesse molto differenti tra di loro per via delle varie epoche in cui sono state costruite.
Argomento creato da Elisa Zatta il 12/12/2013 - 13:47
- Il verde urbano**
Ultimamente assisto ad un gran numero di abbattimenti di alberi ad alto fusto dovuti ad esigenze edilizie. Credo sia un errore anche dal punto di vista energetico. Se pensiamo, l'utilizzo crescente degli impianti di condizionamento è dovuto in molti casi alle isole di calore che si creano nelle aree urbane anche a causa della totale assenza di alberature. Oltre ad assorbire CO2 quindi, gli alberi hanno un ruolo importante nel mitigare il fenomeno del surriscaldamento di zone densamente edificate in cui si viene a creare un circolo di calore che viene espulso dalle abitazioni in quantità considerevole e che aumenta di alcuni gradi la temperatura esterna a ridosso degli edifici. Siamo veramente sicuri che far posto ad edifici eliminando il verde sia un vantaggio economico? Sì, perché dal punto di vista della qualità della vita credo non ci siano dubbi :)
Argomento creato da GiovanniBorga il 12/12/2013 - 13:23
- Come analizzare le dispersioni del proprio edificio**
Guardate la termografia di questo edificio. Cosa ne pensate? Sicuramente c'è del lavoro da fare sull'involucro esterno.
Argomento creato da Stefano Picchio il 11/12/2013 - 16:56
- Il problema delle fonti di riscaldamento a legna**
Le fonti di riscaldamento a legna, come stufe, pellet, caminetti e stube sono considerate "fonti alternative" e con nulla o scarsissima produzione di CO2. Questo è in parte vero, ma va ricordato che creano problemi di emissioni di altre sostanze inquinanti come il benzopirene. A Feltre, data la sua conformazione geografica questo problema è particolarmente sentito.
Argomento creato da Massimiliano Co... il 11/12/2013 - 16:00

Fig. 9. Screenshot della sezione del portale web di EWF dedicata agli argomenti della *community*. Da questa pagina è possibile sfogliare l'elenco di tutte le tematiche che sono discusse dalla ma anche proporre di nuove.

Una *community* è fatta di persone, delle loro riflessioni e passioni. Ma è fatta soprattutto di relazioni tra le varie persone che dialogando tra loro instaurando delle connessioni reciproche che, se analizzate, possono restituire informazioni interessanti. Una delle funzionalità pensate ed aggiunte al *socialnetwork* appositamente sviluppate per *EFW* è appunto la possibilità di mostrare, attraverso un grafico interattivo, le connessioni tra le varie persone in base alla loro attività all'interno della *community*. I tipi di relazioni possono essere diversi come mostrato dalla legenda grafica. Infatti si può riferire ad uno scambio di commenti tra due persone, oppure al contributo all'interno di un argomento del quale uno dei due ne è il promotore.

Il grafico offre inoltre un'altra opportunità. Quella di navigare all'interno dei vari protagonisti della *community*. Infatti, selezionando uno dei nodi, si può saltare alla pagina personale di quell'utente. Una modalità di esplorazione inedita, che porta ad una scoperta di risultati inattesi e spesso creativi. Una sorta di *serendipity* all'interno dell'*Intelligenza Collettiva* della *community*.

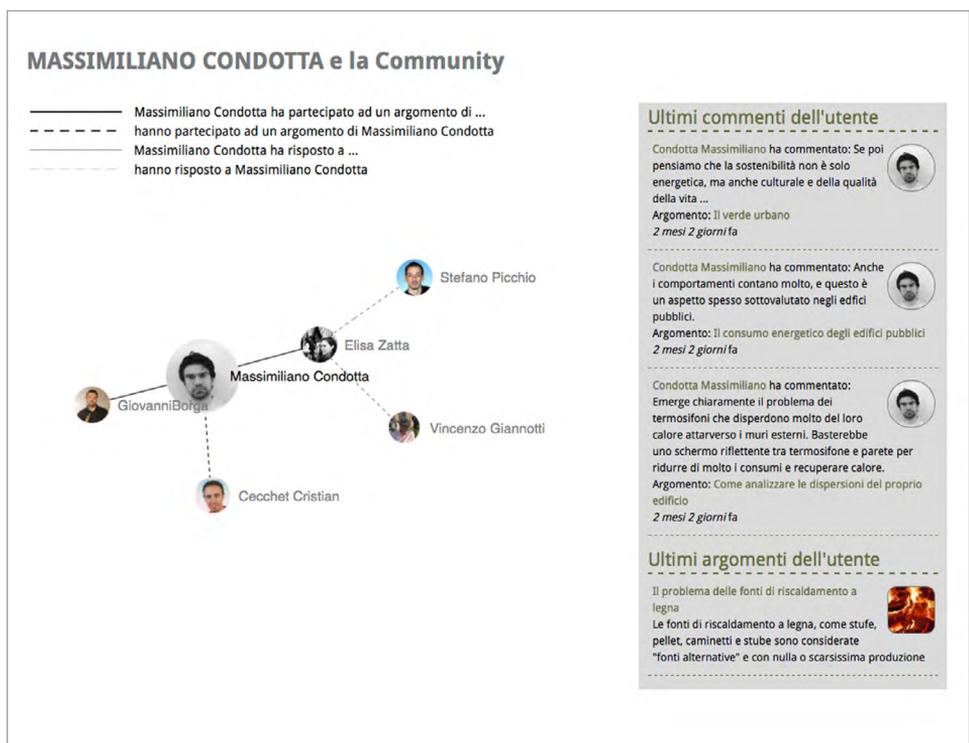


Fig. 10. Screenshot della pagina dedicata ad un utente (in questo caso il sottoscritto). La pagina, seppur incentrata sull'attività di una specifica persona all'interno della *community*, non è riservata ma visibile a tutti. Tramite il grafico è possibile indagare le relazioni tra i vari attori della *community* in base alle relazioni elencate nella legenda del grafico. Sulla destra gli ultimi contributi e gli argomenti che la persona ha proposto come tematica di discussione.

CECCHET CRISTIAN e la Community

- Cecchet Cristian ha partecipato ad un argomento di ...
- - - - - hanno partecipato ad un argomento di Cecchet Cristian
- Cecchet Cristian ha risposto a ...
- - - - - hanno risposto a Cecchet Cristian



Ultimi commenti dell'utente

Cecchet Cristian ha commentato: In realtà il problema è ben più grosso se si parla di edifici scolastici cara Ketty; il problema è la domanda principale è la seguente: "quanto salubri e sani sono gli edifici dove mandiamo a scuola i nostri figli" (pensa solo a polvere microbi batteri) Anche in questo caso ci sarebbe una soluzione
 Argomento: Il consumo energetico degli edifici pubblici
 1 giorno 3 ore fa

Cecchet Cristian ha commentato: Premesso che quanto dici è vero... (la CO2 Neutra esiste solo sulla carta stilata da qualche autorevole tecnico/filosofo) mi sento di dissentire almeno in parte su questa cosa; E' ben vero che la conformità geografica del comune (inserito in una vallata chiusa) favorisce il ristagno delle polveri s
 Argomento: Il problema delle fonti di riscaldamento a legna
 1 giorno 4 ore fa

Cecchet Cristian ha commentato: per fortuna le nicchie di alloggio dei termosifoni tendenzialmente non si fanno più proprio per la tipologia di radiatori esistenti sul mercato.....
 Argomento: Come analizzare le dispersioni del proprio edificio
 1 giorno 4 ore fa

1 di 2 [seguinte >](#)

Ultimi argomenti dell'utente

Nessun dato

Fig. 11. Ulteriore *screenshot* della pagina dedicata ad un utente che mostra connessioni diverse con gli altri utenti.

ELISA ZATTA e la Community

- Elisa Zatta ha partecipato ad un argomento di ...
- - - - - hanno partecipato ad un argomento di Elisa Zatta
- Elisa Zatta ha risposto a ...
- - - - - hanno risposto a Elisa Zatta



Ultimi commenti dell'utente

Zatta Elisa ha commentato: Purtroppo questa è una problematica molto diffusa anche in costruzioni più recenti nelle quali la posizione dei corpi scaldanti è ricavata nelle nicchie sotto le finestre, con un conseguente assottigliamento dello spessore murario senza ipotizzare nel contempo delle soluzioni che bilancino le dis
 Argomento: Come analizzare le dispersioni del proprio edificio
 1 settimana 6 giorni fa

Zatta Elisa ha commentato: Certamente i comportamenti rivestono un'importanza fondamentale, è anche vero però che in molti casi per garantire il benessere igrotermico necessario (ad esempio nel caso dei bambini a scuola) se le strutture sono vecchie e non isolate lo spreco di energia è inevitabile a meno di interventi sull
 Argomento: Il consumo energetico degli edifici pubblici
 1 settimana 6 giorni fa

Ultimi argomenti dell'utente

Il consumo energetico degli edifici pubblici
 D

Fig. 12. Ulteriore *screenshot* della pagina dedicata ad un utente che mostra connessioni diverse con gli altri utenti.

Conclusioni

Il capitolo ha illustrato come la parte della struttura concettuale di *Energy Web* relativa alla condivisione della conoscenza e alla partecipazione attiva degli attori del sistema città, sia stata tradotta in un sistema di supporto. Come si è cercato di spiegare, si tratta di una piattaforma basata sul web attraverso la quale accedere a tutte le informazioni sullo stato energetico urbano e instaurare *Processi Collaborativi*.

Tornando all'*EFW City Platform*, dal punto di vista operativo, si tratta dell'interfaccia tra tutti gli elementi della struttura logica di *EFW* e la sua contestualizzazione nel mondo reale. È il mezzo attraverso il quale si genera lo *Smart Energy Model*, che verrà affrontato nel prossimo capitolo.

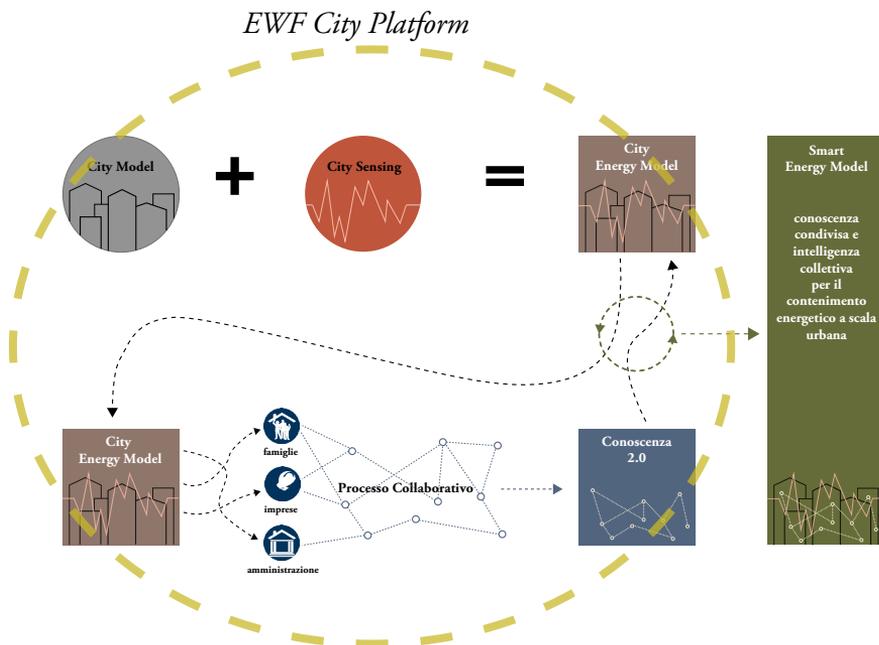




Foto di sfondo: M. Condotta. *New York.*

13. Lo *Smart Energy Model*

Il modello della conoscenza condivisa e dell'intelligenza collettiva per il contenimento energetico a scala urbana

Nel capitolo che segue si conclude la descrizione della struttura concettuale di *Energy Web*. Più che lo *step* finale e terminale di un processo, è il primo passo verso un possibile nuovo modello comportamentale e sociale. È l'applicazione al contesto reale della struttura logica di *Energy Web*. Una mano tesa tra il sistema sviluppato, i suoi dati e la sua conoscenza. Le sue funzionalità e gli attori del sistema città.

Il capitolo connette la descrizione del lavoro fatto all'interno del progetto *Energy Web* con la parte dedicata agli sviluppi futuri, al *Beyond Energy Web*.

Il concetto di *Smart Energy Model*

È questo il capitolo che conclude il percorso della trasformazione dell'idea di *Energy Web* in prodotto. *Smart Energy Model* infatti – come indicato anche dal grafico del modello concettuale – è sì l'elemento di arrivo dell'intero processo di *Energy Web*, ma è anche, e soprattutto, un collegamento. In primo luogo è l'elemento di connessione a doppio senso tra gli elementi che caratterizzano la struttura delle informazioni (*City Model* + *City Sensing* = *City Energy Model*) con la parte sociale (Processo Collaborativo) e la conseguente *Conoscenza 2.0*, permettendo a quest'ultima di arricchire la struttura informativa sullo stato energetico urbano (*City Energy Model*) e contemporaneamente di esserne alimentata. Ma è anche la sua contestualizzazione nel mondo reale, verso l'applicazione di *Energy Web* al territorio, verso la sua diffusione sino a farlo divenire “conoscenza condivisa e intelligenza collettiva per il contenimento dei consumi energetici a scala urbana.”

Smart Energy Model può benissimo essere descritto attraverso l'immagine che introduce il capitolo. Una città, il *Model*, fatta di edifici, strade, parchi, spazi; una linea segmentata arancione, che rappresenta il *Sensing* urbano, la sua vitalità, le persone che la vivono, la usano e la consumano. Uniti formano il *City Energy Model*. Su questo si innescano dei nodi e una rete di connessioni. I nodi rappresentano le persone che abitano la città e tutti gli attori coinvolti; sono i punti neurali di un'intelligenza collettiva.

La definizione di *Smart Energy Model*

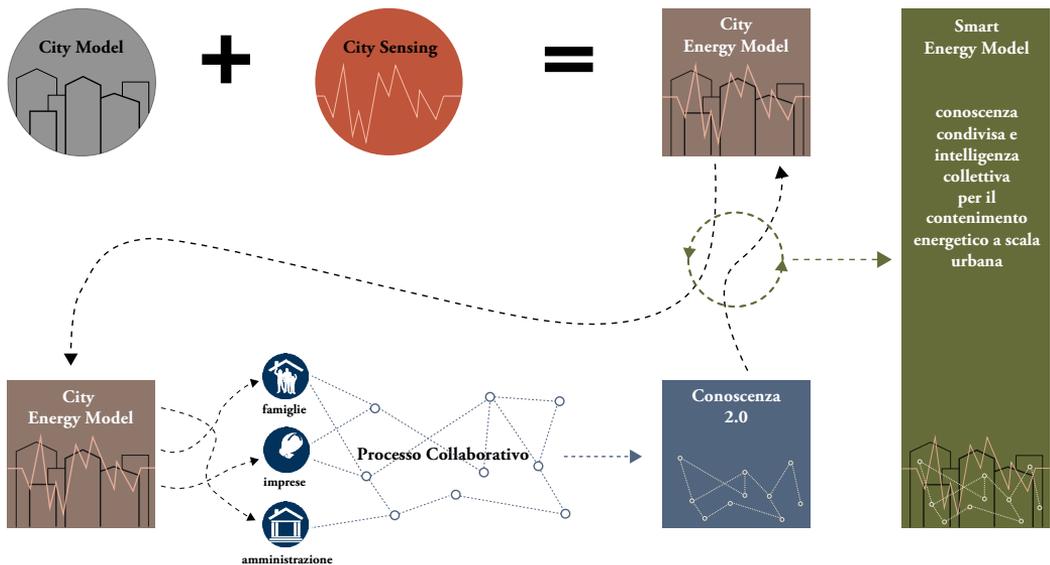
Su questo concetto si basa la definizione di *Smart Energy Model*. Il termine “model,” in questo caso, più che ad indicare un modello inteso come riproduzione (o rappresentazione di un oggetto o di un fenomeno), vuole significare un esempio da seguire o da imitare, o meglio ancora a un modello comportamentale: un insieme di comportamenti virtuosi e intelligenti, che affrontano il problema energetico in modo *smart*, tali da dover essere assunti a modello.

Essi sono il risultato dell'applicazione di *Energy Web* al territorio e consistono essenzialmente in due modelli operativi e comportamentali:

- una gestione *smart* dei saperi all'interno di uno scenario di intelligenza collettiva dove la *Conoscenza 2.0* prodotta dalla *community* interagisce in modo ciclico con le informazioni condivise del *City Energy Model* generando nuova conoscenza;
- un insieme di comportamenti virtuosi, volti a ridurre il consumo energeti-

co, maturati ed innescati dall'impatto che l'applicazione di *Energy Web* ha sull'habitat urbano; il risultato sono procedure e soluzioni *smart* di gestione dei problemi energetici urbani

Lo *Smart Energy Model* è la concretizzazione sul territorio della *vision* e degli obiettivi che ci si erano posti all'inizio. *Energy Web* è una metodologia/strumento. Fa integrare un quadro di conoscenza, il più reale e attendibile possibile sullo stato di fatto energetico urbano, all'interno di un sistema di cooperazione e condivisione tra la pluralità dei soggetti coinvolti nel sistema città. La sua applicazione sul contesto urbano innesca un processo che produce *conoscenza condivisa* ed elicitati processi di *intelligenza collettiva* in grado supportare una gestione intelligente delle politiche energetiche, promuovere azioni di retrofitting urbano, incoraggiare modelli di comportamento sociali virtuosi. Questo è *Smart Energy Model*



Lo *Smart Energy Model* a Feltre

Smart Energy Model non è quindi un prodotto diretto di *Energy Model*, ma quello che la sua applicazione promuove sul territorio. Più che di un *output* si tratta di un *outcome* a lungo termine. Nel caso di Feltre, le ricadute dell'applicazione di *Energy Web* sono ancora in divenire, ma si sono ottenuti già due risultati:

- primi segnali di interazione tra cittadini e professionisti;
- la volontà dell'amministrazione di usare il *City Platform* di EWF come strumento operativo a sostegno delle politiche energetiche della città.

Dialogo cittadini - professionisti

L'immagine a lato è un estratto di un'installazione preparata in occasione della mostra del progetto *Urban Energy Web*¹, tenutasi nel mese di dicembre 2013 in una scuola superiore della città. L'immagine rappresenta e sintetizza uno dei primi processi di condivisione e partecipazione che si sono instaurati. I proprietari infatti hanno liberamente esposto i dati del loro edificio accogliendo le proposte di alcuni professionisti del luogo che, basandosi sul quadro di conoscenza condiviso, hanno volontariamente iniziato a "commentare" la situazione dell'edificio. L'immagine ovviamente si limita a rappresentare in modo schematico l'inizio di questo processo. La conoscenza del *City Energy Model* è stata usata dai proprietari per prendere coscienza delle problematiche del loro edificio e allo stesso modo i professionisti hanno potuto avere un quadro di riferimento sul quale basare le loro riflessioni condivise poi con le famiglie.

L'immagine come detto è una rappresentazione. La realtà è più complessa, ma soprattutto è fatta da tutto quello che ne seguirà, dalle possibilità che saranno offerte ai condomini per migliorare la situazione energetica del loro edificio e da come questi ultimi decideranno di metterle in pratica per migliorarne la condizione.

Questo è l'inizio di un processo a divenire, ma si tratta comunque di un primo passo verso la costruzione di un modello di gestione *smart* del patrimonio edilizio dei privati. Un processo che si svolge in modo spontaneo, attraverso uno strumento pubblico, ma senza la necessità di affidarsi alla burocrazia pubblica. Si tratta quindi di un modello di gestione basato e condotto dalla *community*.

¹ Come descritto nel capitolo 8 si tratta del progetto in cui è stato sviluppato *Energy Web* all'interno del programma Interreg IV Italia Austria.

Il dettaglio dello stato energetico dell'edificio in via Nassa 2

Consumi energetici dell'intero edificio per il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria:
 consumo complessivo annuo: 98510 kWh/a
 consumo complessivo annuo al m³: 48 kWh/m³a
 volume riscaldato considerato: 2049 m³
 consumi da metano: 79710 kWh/a
 consumi da gasolio: 0 kWh/a
 consumi stimati da sistemi a legna: 18800 kWh/a

Emissioni di CO² dell'intero edificio: 16 t/a

Potenziale di produzione di energia fotovoltaica:

utilizzando per intero le falde dell'edificio esposte a SUD, SUD-EST o SUD-OVEST, utilizzando celle policristalline colorate rosa mattone l'edificio potrebbe garantire una produzione annua di 8854 KWh

Area considerata pannelli: 65 mq

Firma Energetica Urbana:

Lo studio della F.E.U. ha restituito un valore negativo (bassa efficienza e necessità di interventi di miglioramento energetico).

Le considerazioni del tecnico

Gli appartamenti dell'immobile sono inseriti all'interno di un edificio "storico" e quindi confinanti con tra altri appartamenti e locali non riscaldati ma comunque a temperatura superiore a quella esterna.

In alcuni appartamenti sono stati fatti degli interventi migliorativi (sostituzione degli infissi) e dal punto di vista dei consumi energetici non è così scadente come si potrebbe pensare.

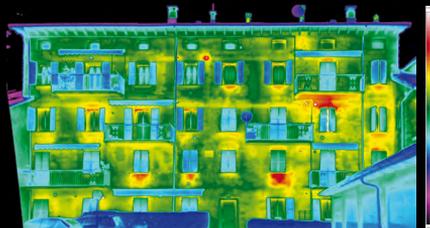
Infatti, considerando la data di realizzazione dell'edificio nella sua globalità, basterebbero solo alcuni interventi di ristrutturazione a garantire dei notevoli miglioramenti e risparmi (come ad esempio l'isolamento della zona di muratura posta dietro ai termosifoni).

La spessa muratura in pietra garantisce inoltre una buona prestazione estiva.

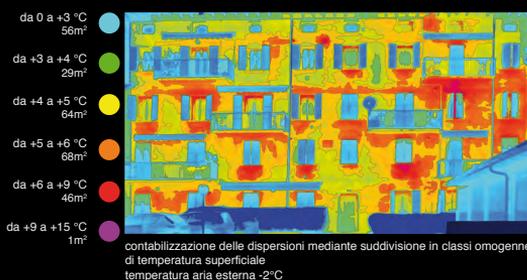
Dai dati energetici ricavati dal *City Energy Model* risultano delle analogie tra i consumi reali ed i consumi stimati con le procedure di calcolo del fabbisogno energetico.



modello digitale del prospetto dell'edificio



termografia della facciata e studio delle dispersioni



I dati sono il risultato di elaborazioni sperimentali e basati su fonti di dati che a volte possono essere affette da errori. Le informazioni contenute in queste mappe sono quindi indicative e possono necessitare di ulteriori approfondimenti.

Fig. 1. L'immagine è l'estratto di un pannello espositivo preparato in occasione di una mostra del progetto *Energy Web*. Rappresenta l'intero processo di analisi, pubblicazione e condivisione delle informazioni sullo stato energetico di un edificio a cui ha fatto seguito l'instaurarsi di un processo collaborativo.

Energy Web come strumento per tutte le politiche energetiche ed ambientali urbane

Oltre all'iniziativa di alcuni privati, il secondo segnale che dimostra la vitalità dello *Smart Energy Model* è il desiderio dell'Amministrazione comunale di rendere il sistema *Energy Web* strumento operativo delle politiche energetiche e ambientali che coinvolgono la città. Il proposito espresso è di usare il *City Platform* di EWF sia per condividere le iniziative di partecipazione che già erano state avviate – come quella della Casa dei Beni comuni di seguito illustrata – e sia come portale di monitoraggio delle azioni attuate sul territorio.

La Casa dei beni Comuni è “un progetto/processo di democrazia partecipativa, inclusiva ed orizzontale, promosso dall'Amministrazione Comunale per favorire e valorizzare proposte e priorità deliberative dei cittadini nelle scelte di governo della città. Il regolamento attuativo e di gestione della casa dei Beni Comuni, definito e condiviso preliminarmente attraverso il confronto ed il dibattito in decine di assemblee ed incontri pubblici, è stato definitivamente approvato dal Consiglio Comunale il 26 marzo 2013. La Casa dei Beni Comuni è articolata ed organizzata in sette Laboratori, in un Forum generale, in Assemblee tematiche e frazionali. Chiunque sia domiciliato, residente, o svolga attività prevalenti nella città di Feltre, può portare in questi spazi partecipativi e processi democratici continuativi, il proprio contributo di proposte, di progetti, di saperi, di critiche, di azioni utili e finalizzate a migliorare la qualità della vita e delle relazioni sociali nel nostro territorio e a difendere ed estendere il governo e la gestione partecipata dei beni comuni.”²

L'assessore Bonan, che si occupa di ambiente, comunicazione ed innovazione, ha promosso l'iniziativa su descritta ed è colui che propone l'integrazione con *Energy Web* avendone intuito le potenzialità. In questo contesto può infatti essere usato come braccio operativo dei laboratori che si occupano di energia e ambiente. *Energy Web* metterebbe quindi in connessione strutture di dati con persone che, con il loro lavoro, contribuiscono al governo e alla gestione del territorio. Ma il suo uso è orientato e previsto a divenire anche strumento di attuazione e monitoraggio delle iniziative di pianificazione energetica del Comune, come ad esempio il PAES, recentemente firmato dall'amministrazione, o il progetto di creare una zona di mini teleriscaldamento nel quartiere degli edifici di servizio pubblico ai piedi della cittadella storica.

2 Valter Bonan, “Casa dei beni Comuni. Il progetto,” *Sito istituzionale Comune di Feltre*, <http://partecipazione.comune.feltre.bl.it/il-progetto>.

Conclusioni

Questa interazione tra la base di conoscenza generata dalle strutture di dati di *Energy Web* e la conoscenza prodotta dalla *community* – che già esiste ma cercava solo un casa virtuale dove esprimersi e dove sedimentare le proprie idee – è un output che si può definire *Smart Energy Model*. I modelli sviluppati in questo processo hanno infatti delle ricadute reali sui comportamenti delle persone, sulle azioni dell'amministrazione, sul territorio, sulla città.



Fig. 2. Alcune delle iniziative di Feltre in tema di ambiente e risparmio energetico presenti ed attive nel sito istituzionale del Comune.



Fig. 3. L'iniziativa della "Casa dei Beni Comuni". Logo del progetto e un momento dei Laboratori di Cittadinanza.

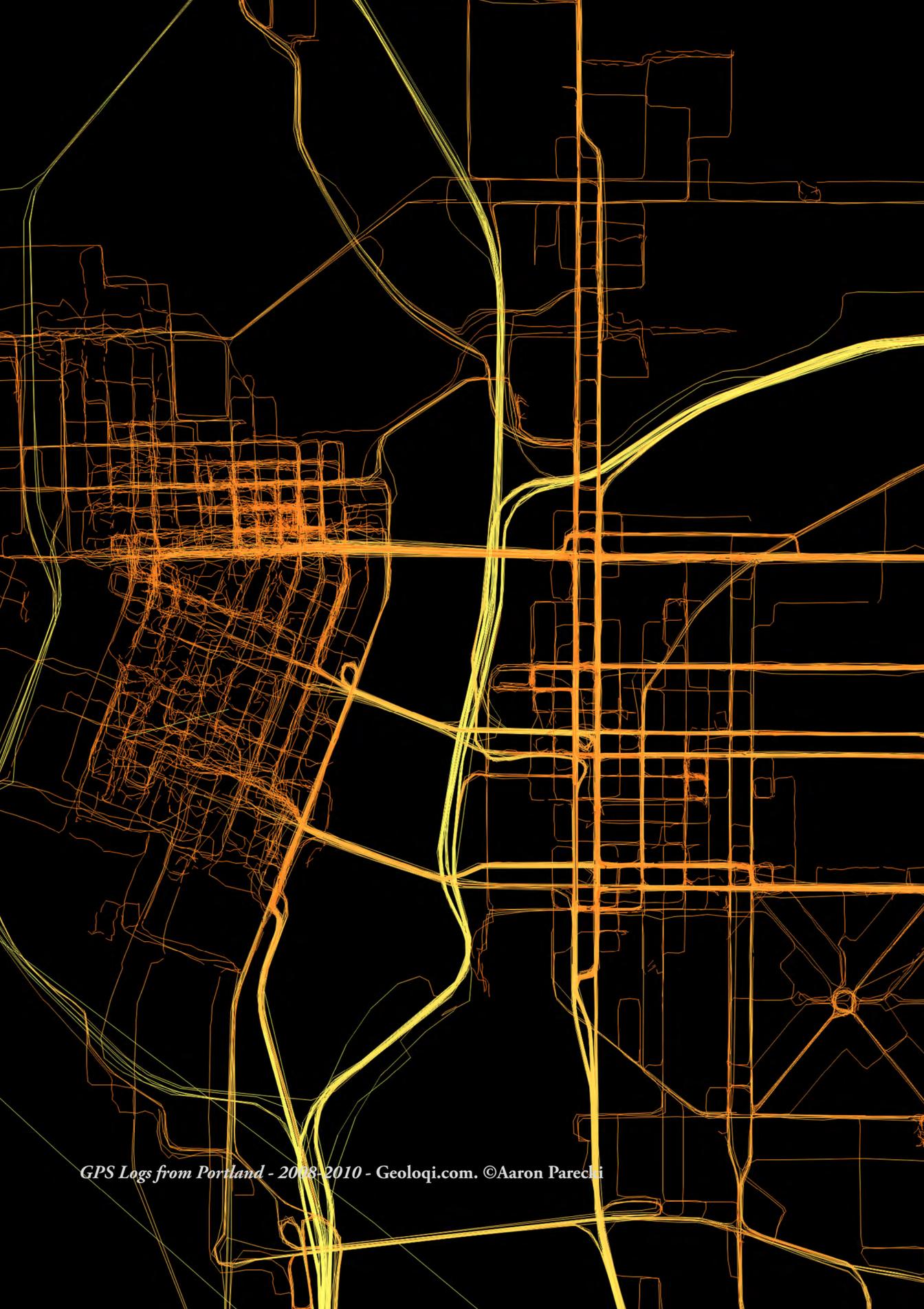
Parte IV

Beyond Energy Web

Energy Web è il risultato di ricerca teorica abbinata ad una fase di sviluppo applicato. All'interno di un processo di *problem solving*, per successivi step di *re-design*, sono stati messi a punto la base teorica del modello concettuale di *Energy Web* e le metodologie applicative.

L'attuale stadio di *Energy Web* è quindi il frutto di successive fasi di *re-design*. Per arrivare ad un prodotto ancora migliore sono però necessari ulteriori perfezionamenti, ma anche condizioni culturali e legislative alternative a quelle esistenti.

La presente Parte IV del testo è dedicata a questi due aspetti. Un momento di revisione critica del modello *Energy Web* sviluppato ma anche una raccolta di riflessioni generali su alcune questioni legate al binomio *energia e città*. Non ci si limita però solo a constatare tali difficoltà. L'intento di questa sezione è di andare oltre, illustrando proposte di miglioramento del progetto e soluzioni alle problematiche in cui ci si è imbattuti.



GPS Logs from Portland - 2008-2010 - Geoloqi.com. ©Aaron Parecki

14. Sviluppi futuri

Criticità e problemi procedurali, tecnici e politici. Soluzioni e nuove prospettive

Come accennato nell'introduzione alla Parte IV, rimangono ancora alcuni lati incerti nel sistema *Energy Web*, anche se a ben vedere sono limitati a due categorie: quella relativa alla qualità dei dati – siano essi di *Model* o di *Sensing* – e quella relativa ai limiti procedurali e tecnologici. Alcune di queste criticità dipendono dalle attuali barriere, legislative e politiche, di accesso ai dati. Esse influenzano i processi di costruzione del *Model*, del *Sensing* e la possibilità di una piena condivisione delle informazioni.

Il capitolo affronta queste problematiche in modo integrato. Evidenza cosa ancora non funziona in *Energy Web*, ma allo stesso tempo propone soluzioni per un suo miglioramento. Nell'ultima parte del capitolo le basi verso nuove prospettive.

La qualità della base di dati

La forza di *Energy Web* è legata ai dei livelli di conoscenza che produce e quindi, ne consegue, alla ricchezza della sua base di dati. Se da un punto di vista concettuale non c'è limite ai dati e alle informazioni che possono essere integrate nel sistema, l'applicazione concreta mostra delle carenze e delle problematiche ancora da risolvere. Nel seguito sono descritte quelle riscontrate nel caso di studio a Feltre. Pur essendo un caso sperimentale e usato come *test-bed* di sviluppo, le fa emergere in modo chiaro. Queste riflessioni quindi ci riportano ad un ambito generale.

Possibili sviluppi della base dati del *City Sensing*

I dati di *Sensing* utilizzati a Feltre rappresentano un interessante base di riferimento, soprattutto in ragione della disponibilità dei dati granulari sui consumi di gas, fatto che rappresenta già di per se un'eccezione a livello nazionale. Le prospettive di miglioramento della base conoscitiva sono tuttavia altrettanto promettenti soprattutto nell'ottica dell'integrazione dei dati esistenti con alcuni altri *dataset* verosimilmente in teoria semplici da reperire e utilizzare; ci si riferisce in particolare ai dati relativi a:

- consumi elettrici per singolo edificio reperibili dalle banche dati delle aziende fornitrici o dai gestori delle linee di distribuzione;
- consumi istantanei o per fasce temporali ricavati dall'impiego di strumenti di *metering* nell'ambito di programmi di coinvolgimento attivo e cooperazione tra istituzioni e popolazione;

In riferimento al primo punto si pensi ai contatori elettrici già installati nelle nostre abitazioni attraverso i quali il gestore e distributore calcolano l'importo della nostra bolletta. È un dato già "pronto" e a disposizione già in formato elettronico, quindi facilmente integrabile nel database di *Energy Web* (o di altre iniziative analoghe), basterebbe solo che venisse messo a disposizione degli utenti. Senza arrivare alla piena ed aperta condivisione, sarebbe sufficiente che questo dato potesse essere fornito agli enti pubblici che ne facessero richiesta (come ad esempio i Comuni).

L'alternativa, o un'integrazione, potrebbero essere gli strumenti di *auto-metering*. Si tratta di piccole apparecchiature elettroniche che, collegate al contatore di casa misurano e monitorano i consumi elettrici. Potrebbero essere una alternativa ai dati dei gestori, anche se si dovrebbe costruire e sviluppare un sistema di raccolta dati che potrebbe far insorgere complessità non superabili anche a causa dei

costi. Risulterebbe invece uno strumento validissimo per il monitoraggio di alcuni casi pilota potendo valutare se, la presenza di strumentazione di aiuto alla comprensione dei consumi e di acquisizione di consapevolezza, porta ad un effettivo risparmio energetico. Agli inizi di Energy Web, nella fase di sviluppo dell'idea, vi era la volontà di testare ed installare nel caso applicativo di Feltre un centinaio di questi strumenti di *metering*, ma poi difficoltà nel finanziarne l'acquisto ne hanno bloccato la sperimentazione.

Sviluppi ed implementazione del *City Model*

Altri dati che sarebbero molto utili nella sperimentazione di Feltre sono le informazioni dettagliate degli edifici. Il *City Model* offre una base di dati formidabile per affrontare l'analisi a scala urbana, ma si limita all'involucro esterno. Per raffinare la parametrizzazione dei consumi e per inserire altre informazioni sulla *F.E.U.*, altre informazioni non reperibili dalle campagne di rilievo sarebbero di grande utilità:

- caratteristiche dimensionali interne e superfici utili delle abitazioni;
- data di costruzione o ristrutturazione dell'immobile;

Ulteriore dato che durante la sperimentazione a Feltre si è visto sarebbe stato molto utile è la dimensione interna degli alloggi e la loro effettiva superficie abitabile. Anche questa informazione esiste già nei database di ogni ufficio tributi dei comuni od eventualmente dei consorzi nei casi di piccoli comuni che hanno esternalizzato questo servizio.¹ In ogni caso, qualunque sia la procedura che il comune adotta, i cittadini pagano le tasse (ad esempio la TARSU) in base alla metratura delle loro case. Il dato è quindi già presente nei database comunali.

La data di costruzione degli edifici sembra più facile da reperire di altri, ma se si vuole avere a disposizione un quadro preciso, edificio per edificio, la questione si fa complicata. Alcuni comuni registrano nel loro database dell'ufficio tributi anche la data di costruzione e/o restauro (presente anche questo nelle schede catastali), altri la integrano nei sistemi informativi gestiti dall'Ufficio urbanistica. Resta comunque un dato la cui reperibilità è demandata alla volontà del Comune stesso.

¹ L'amministrazione acquisisce i dati da varie fonti come il catasto o in alcuni casi tramite società che forniscono un servizio di costruzione e gestione del database degli immobili del comune

La questione degli *Open Data*

I due paragrafi precedenti fanno capire come un netto miglioramento ed incremento delle potenzialità del modello *Energy Web* dipende dalla possibilità di accedere a dati che già esistono. Il concetto sembra banale, ma non lo è. “I dati dei consumi delle utenze di energia elettrica e gas sono già da tempo in possesso degli enti locali: infatti, a partire dalla finanziaria del 2005 (art. 1 commi 332, 333 e 334 della legge n. 311 del 31/12/2004), l’Agenzia delle entrate mette a disposizione dei comuni questi dati attraverso il SIATEL, al fine di effettuare verifiche tributarie.”² È possibile inoltre disporre di un quadro di riferimento degli “immobili che contengono impianti che producono energia da fonti rinnovabili. In questo caso chi possiede le informazioni è GSE, società pubblica che autorizza gli impianti di produzione di energia.”³

La questione si sposta quindi da un problema tecnico (di raccolta e catalogazione dei dati), già superato, ad un problema di diffusione dei dati: la questione degli *Open Data*.

“La nozione di dati aperti - open data, e più specificatamente dati aperti del settore pubblico - open government data, intesa come informazione, pubblica o no, accessibile e riutilizzabile da chiunque e per qualunque fine, è utilizzata da diversi anni. L’uso comune del concetto inizia nel 2009, quando diversi governi (come gli Stati Uniti d’America, il Regno Unito, il Canada e la Nuova Zelanda) hanno annunciato nuove iniziative per l’apertura della loro informazione pubblica.”⁴ La definizione che fa Laura Newman della *Open Knowledge Foundation* sostiene che “i dati aperti sono dati che possono essere liberamente utilizzati, riutilizzati e ridistribuiti da chiunque, soggetti eventualmente alla necessità di citarne la fonte e di condividerli con lo stesso tipo di licenza con cui sono stati originariamente rilasciati.”⁵

Estendendo questa definizione, si può dire che sono tre le caratteristiche degli *Open Data*:

- “Disponibilità e accesso: i dati devono essere disponibili nel loro complesso, per un prezzo non superiore ad un ragionevole costo di riproduzione, preferi-

2 Patrizia Saggini, “Ecco come risparmiare in bolletta grazie all’open data,” *Smart&Green City*. In *CheFuturo! Il Sole* 24 ore. 23 Dicembre 2013. <http://www.chefuturo.it/2013/12/saggini-ecco-come-risparmiare-in-bolletta-grazie-allopen-data/>

3 Saggini, “Ecco come risparmiare in bolletta grazie all’open data.”

4 Open Knowledge Foundation Italia, *Il manuale degli Open Data*, 2012, <http://opendatahandbook.org/it/>

5 Open Knowledge Foundation Italia, *Il manuale degli Open Data*.

bilmente mediante scaricamento da Internet. I dati devono essere disponibili in un formato utile e modificabile.

- Riutilizzo e redistribuzione: i dati devono essere forniti a condizioni tali da permetterne il riutilizzo e la redistribuzione. Ciò comprende la possibilità di combinarli con altre basi di dati.
- Partecipazione universale: tutti devono essere in grado di usare, riutilizzare e redistribuire i dati. Non ci devono essere discriminazioni né di ambito di iniziativa né contro soggetti o gruppi. Ad esempio, la clausola ‘non commerciale’, che vieta l’uso a fini commerciali o restringe l’utilizzo solo per determinati scopi (es. quello educativo) non è ammessa.”⁶

Ovviamente, i concetti espressi sinora non possono essere riferiti a tutti i tipi di dati. La stessa *Open Data Foundation*⁷ precisa “quali tipi di dati sono aperti, o potrebbero diventarlo e, cosa altrettanto importante, quali non sono adatti per essere aperti. La questione centrale è che nel momento si decida di rilasciare dati in formato aperto, ci si concentri su dati non personali, quelli cioè che non contengono informazioni su singoli individui. Allo stesso modo altre categorie di dati pubblici non possono essere aperte per ragioni di sicurezza nazionale.”⁸

Molti di questi, usati in *Energy Web*, potrebbero essere considerati personali o comunque contenenti informazioni sui singoli individui. La metodologia con cui vengono aggregati rende però impossibile risalire alle singole persone rendendo questa questione meno problematica. In ogni caso, studiando metodologie di gestione dell’accesso ai dati – come ad esempio è stato fatto in *Energy Web* e come è descritto nel Capitolo 12 – molti di questi problemi si possono superare, soprattutto se a promuovere un’iniziativa simile a quella fatta a Feltre è l’amministrazione comunale che si fa garante della protezione della privacy dei singoli cittadini.

Molti dei problemi sulla qualità della base di dati sono quindi di natura politica e non tecnica. In questo particolare periodo di transizione verso un auspicato scenario di *open data*, tali difficoltà vanno affrontate caso per caso durante ogni nuova applicazione della metodologia *Energy Web*.

Sin qui sono stati descritti i problemi “politici”. Nei prossimi paragrafi sono illustrate le difficoltà tecnologiche riscontrate e le idee di possibili sviluppi futuri.

⁶ Open Knowledge Foundation Italia, *Il manuale degli Open Data*.

⁷ La *Open data Foundation* è un’associazione *no-profit* dedicata all’adozione di standard globali di metadata e lo sviluppo di soluzioni *open-source* che promuovono l’uso libero dei dati statistici.

⁸ Open Knowledge Foundation Italia, *Il manuale degli Open Data*.

Siatel: interscambio anagrafe tributarie

A partire dalla finanziaria del 2005 con l'art. 1 commi 332, 333 e 334 della legge n. 311 del 31/12/2004, che modificano il Decreto del Presidente della Repubblica 29 settembre 1973, n. 605, e a seguito delle successive conversioni e applicazioni, è stato istituito il SIATEL (acronimo di Sistema interscambio anagrafe tributarie enti locali). Si tratta di uno strumento telematico voluto dal Ministero dell'Economia e delle Finanze che consente lo scambio attivo di informazioni anagrafiche e tributarie fra Amministrazione pubblica centrale e gli enti locali. Comuni, province, regioni, consorzi di bonifica e comunità montane possono così consultare i dati posseduti dalla banca dati del Ministero.

“Siatel v2.0 – PuntoFisco”⁹ è lo strumento informatico vero e proprio, che costituisce il canale a disposizione degli Enti per la consultazione on-line dei dati presenti in Anagrafe Tributaria, a seguito della stipula di appositi accordi convenzionali tra l'Agenzia e l'Ente denominati “Convenzioni di Cooperazione informatica”.

I Comuni, oltre alle funzionalità specifiche riservate agli Uffici Demografici, possono consultare i dati dei versamenti Tares, Imu, Ici ed Iscop (per i comuni che hanno deliberato tale imposta) o altri tributi alternativi o sostitutivi e i riepiloghi contabili dei versamenti di addizionale comunale all'IRPEF. Ma soprattutto, possono consultare e scaricare i record dei:

- Informazioni relative ai contratti di somministrazione di energia elettrica (consumi e fatturazione di ogni singolo contratto);
- Informazioni relative ai contratti di somministrazione di gas (consumi in mc e fatturazioni);
- Informazioni relative ai bonifici bancari riferiti a ristrutturazioni edilizie e riqualificazione energetica

Gli enti locali a loro volta cooperano allo scambio aggiornando i dati anagrafici della popolazione residente nel proprio comune, comunicando nascite, decessi, cambi di residenza con un'operazione che si chiama allineamento con l'anagrafe tributaria. Gli enti accedono nell'ambito dell'espletamento delle proprie funzioni ai sensi del D. Lgs. n. 196/2003 e successive modificazioni e integrazioni.

A differenza degli strumenti dei paragrafi precedenti, che impongono o suggeriscono l'attuazione di piani o azioni per migliorare la situazione energetica delle

⁹ Il servizio dell'agenzia delle entrate è raggiungibile all'indirizzo: <http://www.agenziaentrate.gov.it/wps/content/Nsilib/Nsi/Home/Servizi+online/Servizi+per+enti/Siatel/>

città, il Siatel è un vero e proprio strumento legislativo che da risposte e non pone quesiti.

In realtà l'intero iter legislativo e il conseguente Siatel, è stato avviato una con la finalità di contrastare l'evasione fiscale. Lo strumento consente infatti la partecipazione dei comuni all'accertamento fiscale dotandoli degli strumenti necessari per segnalare al ministero presunti casi di evasione. Questo non significa che non possa essere usato anche per altri scopi. Infatti potrebbe divenire una fonte di informazioni essenziale a supporto delle politiche messe in atto, appunto rispondere alle domande "quanto consumano gli edifici della città?" divenendo risorsa essenziale per monitorare l'efficacia dei piani energetici. Ma di questo aspetto ne parlerò nel capitolo 15. Per ora era indispensabile far presente l'esistenza dei regolamenti legislativi che prevedono la possibilità che i Comuni, mediante previo accordo con il Ministero delle Finanze, acquisiscano in modo continuato i dati sui consumi dettagliati delle abitazioni del loro territorio.

Il flusso temporale dei dati

Gli aspetti sulla qualità della base di dati e su possibili integrazioni da altre fonti, sono state trattate nei paragrafi precedenti. Ci si sofferma in questo e nei seguenti paragrafi in un aspetto della qualità della base dei dati. Si descrive un aspetto di fondamentale importanza: il flusso temporale delle informazioni.

La metodologia di *Energy Web* si prefigge di instaurare dei processi virtuosi che portino al miglioramento delle situazioni energetiche dei singoli edifici e conseguentemente di tutta la città tramite la promozione di politiche mirate. Per valutarne l'efficacia è però indispensabile che il monitoraggio dei consumi, delle dispersioni e più in generale di tutti i dati alla base di *Energy Web* non si limitino ad uno singolo *snapshoot*, ma sia ripetuto nel tempo a distanze temporali prefissate e costanti.

Per i dati che costruiscono il *City Model* è ragionevole immaginare un aggiornamento complessivo con scadenze temporali piuttosto ampie. Potrebbe essere sufficiente mantenendo un aggiornamento parziale del database basato sui cambiamenti desunti dalle pratiche edilizie.

È invece essenziale poter aggiornare in modo continuo il *City Sensing*, struttura di dati che per sua stessa natura acquisisce importanza se monitorata in modo continuo.

Storico aggiornato dei consumi e della base anagrafica

Tra i livelli di dati che costituiscono il *City Sensing* vi sono i consumi e la struttura delle famiglie. Entrambi subiscono variazioni continue e il loro monitoraggio con cadenza annuale diviene un aspetto fondamentale e rilevante. A tale importanza corrisponde (o meglio corrisponderebbe) una facilità di acquisizione banale. Entrambe le informazioni sono infatti già registrate in continuazione su database in continuo aggiornamento.

Come già detto nei paragrafi precedenti, i consumi (sia elettrici che del gas) sono letti e registrati in appositi database dalle società di gestione della rete elettrica o del gas e utilizzati per la fatturazione delle bollette. Le variazioni dell'anagrafe sono invece gestite dal Comune che istantaneamente, ad ogni operazione svolta dall'ufficio anagrafe, aggiorna in tempo reale il database.

Siamo quindi di fronte ad informazioni che già esistono e che sarebbero facilmente e rapidamente condivisibili. La possibilità di ottenere uno storico delle informazioni dei consumi energetici e della base anagrafica non è quindi un problema tecnologico, né di risorse economiche, ma solamente un problema politico, di inerzia delle amministrazioni pubbliche abbinata ad una sorta di "ignoranza" sui vantaggi che ne deriverebbero.

Il *termomapping* continuo

Le termografie degli edifici rappresentano uno *snapshot* di uno specifico momento temporale della vita dell'edificio, in un particolare contesto ambientale (temperatura e condizioni climatiche) e condizionato dal comportamento dei proprietari in quella determinata occasione. Un singolo scatto, sebbene dia notevoli indicazioni sulla qualità dell'involucro edilizio, non può dare però informazioni sull'andamento energetico dell'edificio nel tempo e nelle diverse condizioni ambientali. Tantomeno può dare informazioni sull'efficacia di misure di contenimento delle dispersioni energetiche se i rilievi non vengono ripetuti nel tempo e soprattutto dopo l'esecuzione dei lavori.

La ripetizione nel tempo con un monitoraggio programmato può quindi fornire molte più indicazioni di un singolo scatto, utili sia allo studio di soluzioni retrofitting sia ad un monitoraggio dell'andamento delle dispersioni sia a livello del singolo edificio e sia a livello urbano.

Mentre l'aggiornamento dei dati relativi ai consumi o alla base anagrafica è un'operazione che non richiederebbe attività di rilievo sul campo, il monitoraggio

temporale delle dispersioni degli involucri edilizi comporta però delle difficoltà maggiori. Difficoltà non tecniche, ma legate alla necessità di procedere con rilievi effettuati “manualmente” da tecnici esperti e quindi con costi non trascurabili anche se le campagne potrebbero essere limitate ai soli edifici che hanno subito dei lavori di ristrutturazione e non all’intero comparto studiato, perdendo però in questo modo una parte di informazioni importati.

Una possibile soluzione sarebbe l’utilizzo di webcam termiche disposte in punti chiave della città. Una sorta di *web-termomapping* in grado di generare un flusso di informazioni con cadenze programmate. Attualmente però non sono disponibili apparecchiature simili a basso costo. La figura 2 mostra una sperimentazione che va in questa direzione, ma effettuata con una normale videocamera termica. Il mercato si sta comunque muovendo in questo senso e ad esempio con termocamere a basso costo (fig. 1) da installare su piattaforme hardware open source come Arduino.¹⁰

Una soluzione, intermedia alle due sopra citate, e simile alle sperimentazioni del MIT nel progetto *Negawatt Mining* (si veda capitolo 6) è quella di usare una telecamera termica abbinata ad una telecamera che registra la componente visibile ed installarle su un mezzo che percorre le vie della città. In questo modo si possono analizzare molti più edifici in un minimo lasco di tempo, riducendo di molto i costi. Questa tecnica è in fase di sperimentazione (fig. 3 e 4) per poter essere applicata ad una ulteriore campagna termografica che verrà effettuata a Feltre nell’ambito del progetto *Urban Energy Web*.



Fig. 1. Termocamera economica sviluppata e venduta da Max Ritter, <http://www.cheap-thermocam.net>.

¹⁰ Arduino è una schedina elettronica con un micro-controllore e circuiteria di contorno per realizzare in maniera relativamente rapida e semplice piccoli dispositivi come sensori di luce, temperatura e umidità e molti altri progetti che utilizzano sensori, attuatori e comunicazione con altri dispositivi.

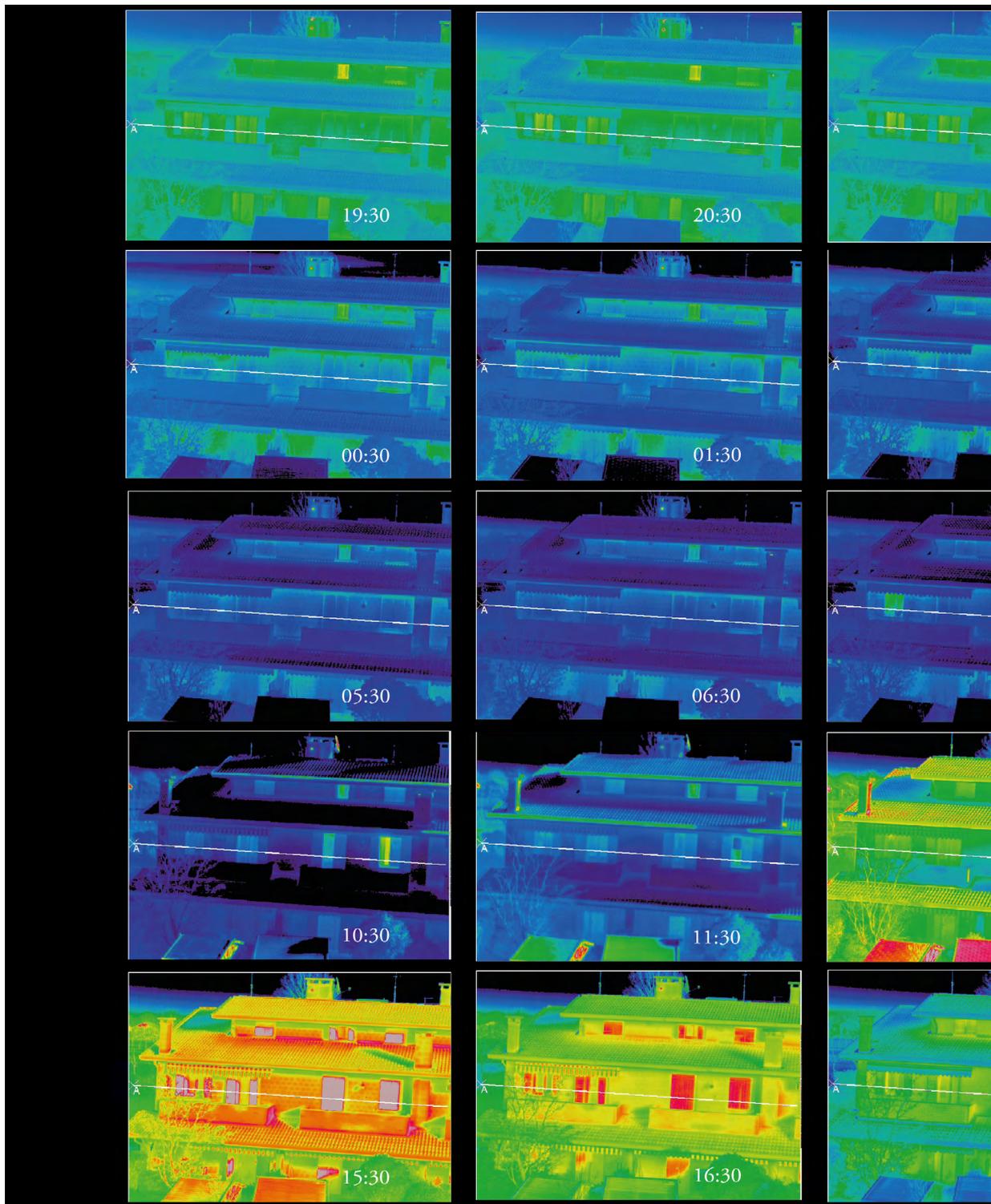
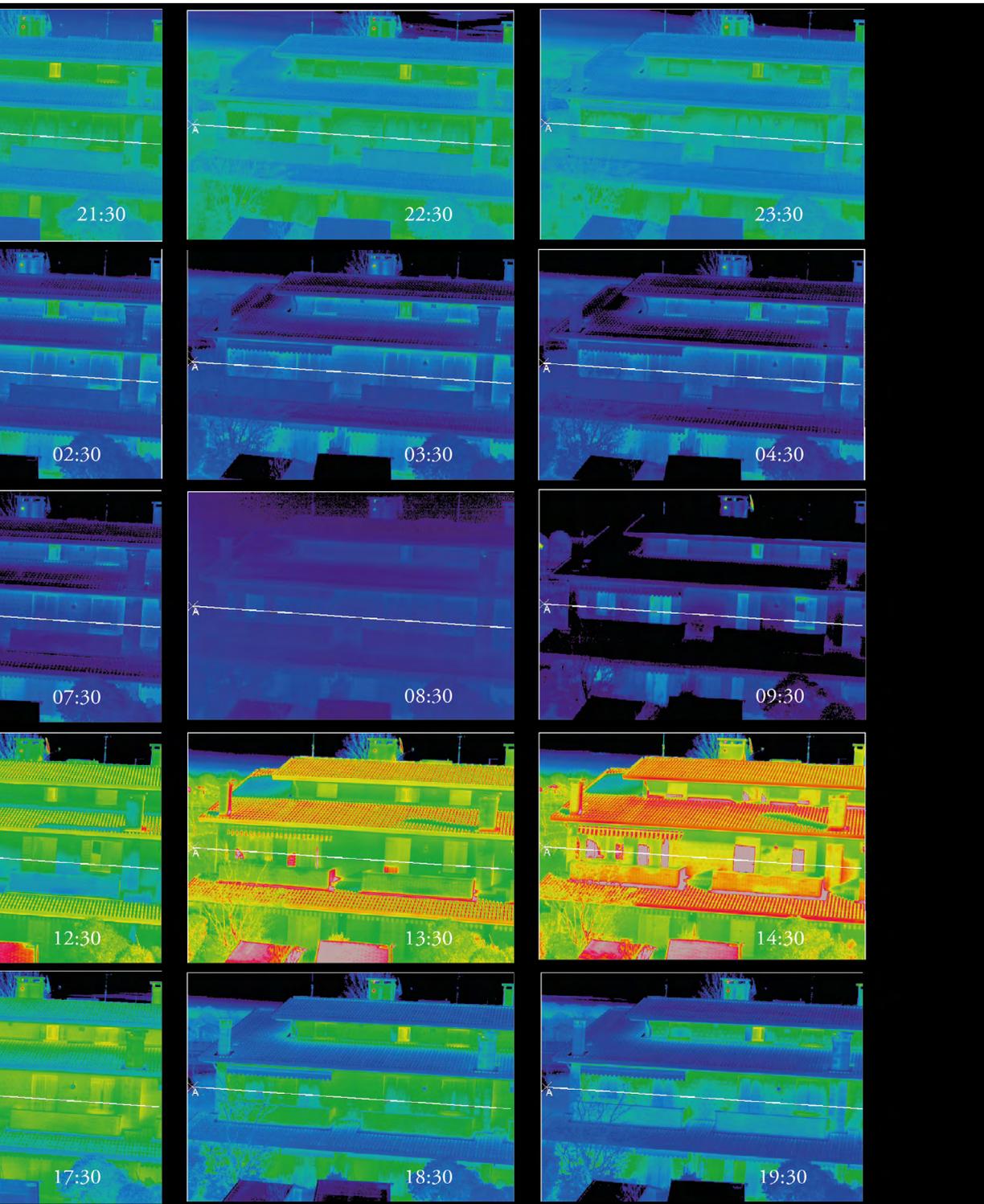


Fig. 2. Esempio di “monitoraggio continuo termografico”. L'immagine è stata ottenuta posizionando la video-termocamera in un punto fisso ed eseguendo uno scatto ogni 24 ore. © Land Technology & Services s.r.l.



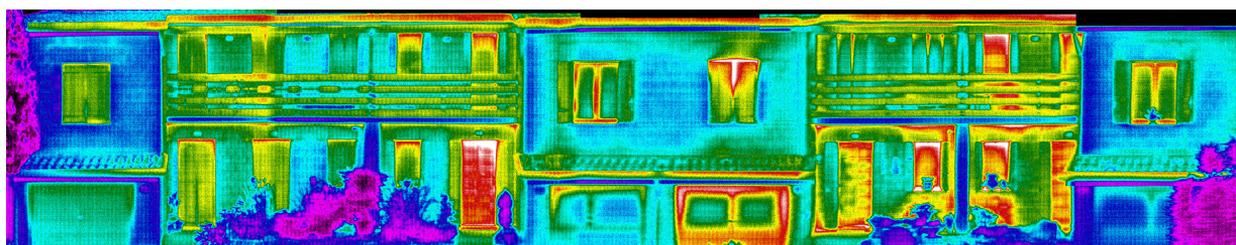


Fig. 3. Esempio di termografia cinematica di un tratto di via urbana. L'immagine è stata elaborata durante delle fasi di sperimentazione e messa a punto del sistema. Il processo consiste nell'estrarre dei frame dalla ripresa video ad infrarossi, e poi di mosaicarli in un'unica immagine raster. © Land Technology & Services s.r.l.

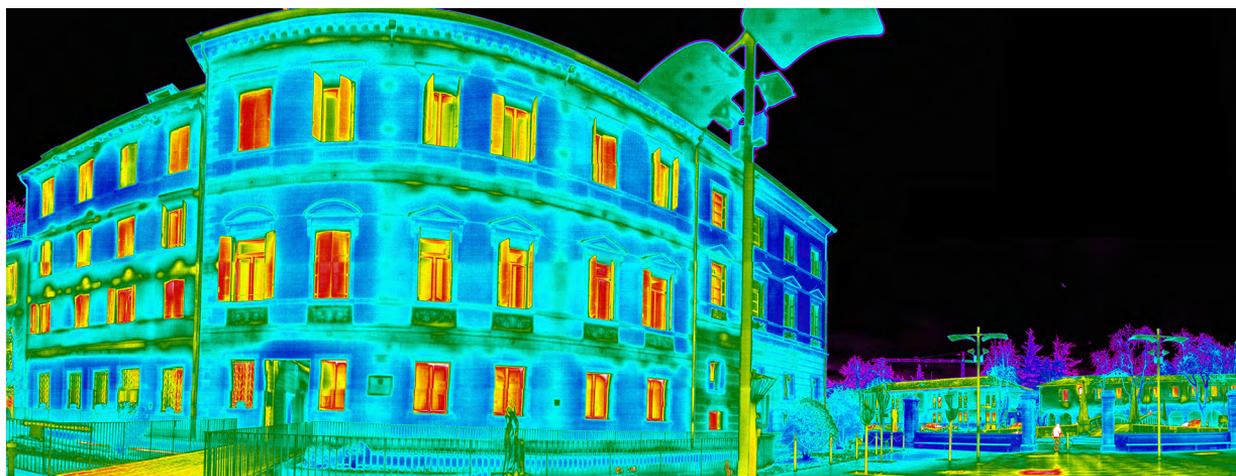
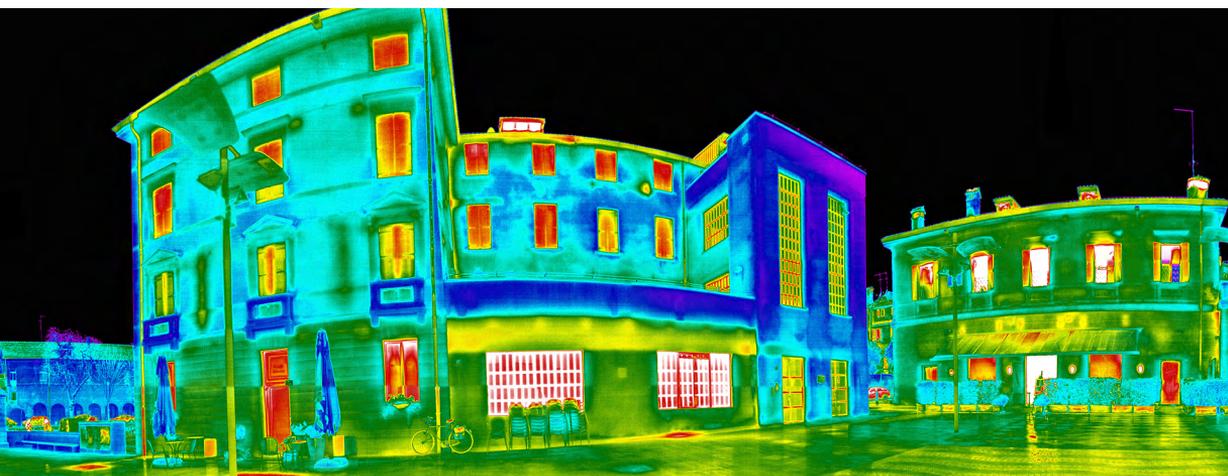
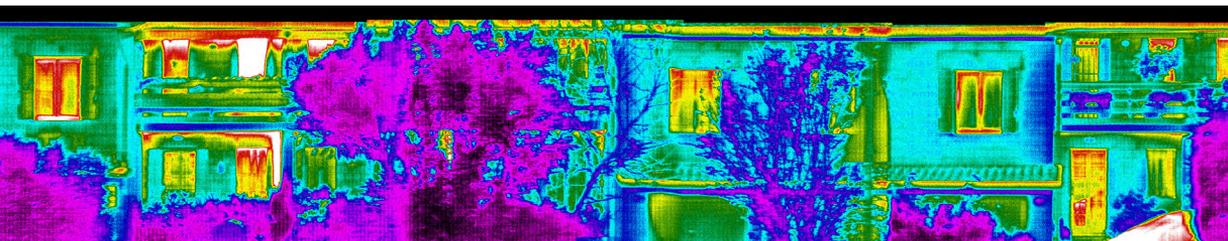


Fig. 4. Esempio di termografia cinematica di una piazza del centro storico di Treviso, lungo riviera Garibaldi. L'immagine è stata ottenuta posizionando la termocamera in un punto centrale della piazza ed effettuando una ripresa a 360 gradi. © Land Technology & Services s.r.l.



Le potenzialità del *Crowdsourcing*

Sul tema dell'integrazione dei dati, della loro acquisizione per implementare ed arricchire le strutture del *Sensing* e del *Model*, vale la pena spendere qualche parola. In particolare sulle opportunità offerte dagli strumenti *web 2.0* e dal cosiddetto *crowdsourcing*. Una tecnica che potrebbe venire in contro a molte delle esigenze espresse nei precedenti paragrafi.

Il recente e rapido sviluppo di piattaforme collaborative in rete ha oggi reso di fatto possibile l'adozione di strumenti di coinvolgimento attivo di considerevoli segmenti delle comunità locali basati sulle logiche del *social networking*. Le caratteristiche principali dell'interazione sociale sul web che rendono percorribile l'ipotesi di estendere questi meccanismi alla governance della città sono diversi, ma forse la possibilità di raggiungere grandi numeri nella partecipazione grazie alla possibilità di interagire in modo asincrono alimentando progressivamente banche dati di qualsiasi natura è l'aspetto centrale nell'affrontare tematiche come quelle della governance della città.

Non si deve incorrere nell'errore di considerare i meccanismi del *crowdsourcing* come alternative alle altre tecniche di acquisizione di dati. Spesso infatti è più vantaggioso pensare a come realizzare delle sinergie tra diverse fonti di informazioni. Si potrebbero fare molti esempi a riguardo. Prendendo a riferimento le fonti informative ipoteticamente integrabili di cui si è discusso nei paragrafi precedenti, i consumi elettrici possono essere sia misurati con sistemi hardware, sia comunicati dagli utenti stessi tramite la gestione dei propri account di utilizzo di piattaforme di *social networking* opportunamente sviluppate. Le stesse misure di consumo ottenute con appositi sensori possono essere trasmesse direttamente online dal sensore stesso, se questo lo consente, oppure lette e riportate online periodicamente nell'ambito di un programma di coinvolgimento attivo degli utenti della *community*. Si risolve in questo modo uno dei problemi emersi nei ragionamenti precedenti. Inutile dire che le diverse tecniche possono infine essere ibridate purché ogni meccanismo sia tale da far confluire il dato in un unico database.

Un secondo aspetto del *crowdsourcing* riguarda però il suo punto debole. Ovvero il rischio di scarsa attività degli utenti, dovuta sia alla poca numerosità di soggetti sia alla limitata attività di ognuno di essi. In contesti di pubblica amministrazione esiste ancora, ben radicato, il timore di aprire siti istituzionali alla libera espressione della comunità locale. Tuttavia va rammentato per l'ennesima volta che il fallimento di progetti di cooperazione web è sempre decretato dalla poca o nulla interazione degli utenti e non, come si teme, dall'uso sconsiderato da parte di qualche

soggetto isolato di un canale di comunicazione di grande portata come Internet. Non ci si addentra in questa sede in questioni non attinenti, ma tale riflessione è centrale nell'affermare la necessità di ridurre al minimo i meccanismi di carattere burocratico a cui gli utenti devono sottostare per entrare nelle *community*. Le soluzioni sono registrazioni quanto più light possibile, moderazione limitata se non assente, meccanismi di salvaguardia della privacy ridotti al minimo; pena un incremento vertiginoso dei rischi di fallimento delle iniziative.

Un terzo e ultimo aspetto, sempre connesso al *crowdsourcing*, riguarda la possibilità di "sfruttare" le capacità della *community*. Non coinvolta solo per fornire contributi in forma di dati, ma anche in forma di lettura, analisi, interpretazione delle informazioni. Di fatto i meccanismi di commento incrociato presenti in tutti i *social network* sono strumenti, spesso sottovalutati, che consentono di far interagire le persone sulla base di stimoli diversi. In questo caso è importante approfondire sia gli stimoli da offrire alla *community*, sia le strutture di dati che possono essere progettate per estrarre informazioni di sintesi dall'interazione utente-utente. Per quanto riguarda gli stimoli va in sostanza sviluppata con attenzione la base di conoscenza su cui si innesta tutto il processo di cooperazione, sia sul versante della sintesi delle informazioni (indicatori, indici, mappe, grafici ecc.), sia su quello delle forme di comunicazione (analisi dei profili utente, design dell'informazione e delle interfacce). Per ciò che concerne invece le strutture di dati per l'analisi dell'interazione, è possibile adottare tecniche di indicizzazione semantica, *data-mining*, *sentiment analysis*. Si tratta di strategie, attualmente oggetto di ricerca e sperimentazione in diversi settori e contesti, nei quali ci si pone l'obiettivo di interpretare i trend di variazione di fenomeni complessi le cui dinamiche sono generate da un gran numero di variabili.

Nel modello concettuale di *Energy Web*, la partecipazione degli utenti e quindi della *community* – come ampiamente descritto e come si nota dallo schema concettuale nel capitolo 7 – ha un ruolo rilevante. Più complicato è trasformare questi concetti in realtà. Nel caso di Feltre – come descritto nel capitolo 12 – per raggiungere questo obiettivo è stato progettato ed implementato il sistema di partecipazione del *geo-socialnetwork*. Resta da testare e capire ora come questo sistema si sviluppa e cresce. Molto del lavoro che andrà fatto per sviluppare ulteriormente *Energy Web* dovrà essere incentrato su questi aspetti *social*. Dal punto di vista concettuale e di sviluppo il prototipo di Feltre ha raggiunto livelli molto buoni, resta da sviluppare l'integrazione di strumentazione che permetta il *crowdsourcing*, per ora limitato alla sola segnalazione del proprio indirizzo di residenza se non già presente nella banca dati del sistema.

Nuove metodologie per la visualizzazione 3D

L'immagine che introduce il capitolo del *City Model* è un dipinto appartenente alla corrente del neo-impressionismo francese. Il quadro è una sorta di “rilievo” dal vero, dove l'immagine è restituita tramite una serie di singoli punti colorati che accostati fittamente gli uni agli altri, fanno percepire all'osservatore l'oggetto reale che rappresentano. L'analogia con il modello digitale in nuvola di punti del *City Model* è notevole. Una rappresentazione della realtà fatta di “punti” può sostituire una qualsiasi altra rappresentazione che sia essa fotografica o video, ed anzi, può avere qualche potenzialità maggiore. Cioè comunicare qualcosa in più, come avviene per il quadro di Maximilien Luce rispetto ad una normale foto della City di Londra.

Una delle criticità che si possono notare nel lavoro di Feltre è legata alla modalità di rappresentazione – o per meglio dire della non-rappresentazione – del modello 3D all'interno dell'interfaccia web di visualizzazione delle informazioni. I livelli informativi sono restituiti su una mappa a due dimensioni di tipo tradizionale, facendo apparire inutile l'esistenza stessa del *City Model*. In realtà, il *City Model* non è solo un modello 3D, avendolo definito come l'elemento conoscitivo digitale multi-livello degli aspetti geometrici e materici della città, si configura come un struttura informativa complessa di dati relativi alla agli aspetti fisici della città; dati che sono stati utilizzati nel generare la conoscenza del *City Energy Model*. Ciò non toglie che, se questa conoscenza fosse visualizzata anche all'interno di un ambiente tridimensionale l'intero sistema di comunicazione di *Energy Web* ne gioverebbe moltissimo.

Che ostacoli vi sono quindi? Essenzialmente di tipo tecnico. Gestire un modello tridimensionale in nuvola di punti ai cui oggetti sono associate informazioni, il tutto all'interno di un sistema di visualizzazione web in tempo reale non è attualmente fattibile. È una sfida che il gruppo di ricerca del dottorato sta cercando di affrontare, con dei risultati per ora solo parziali. Al momento il concetto del modello 3D in nuvola di punti, navigabile dagli utenti come se fosse *Street View* ed interrogabile resta solo un proposito a cui però guardare con ottimismo, sapendo che i possibili usi di tale tecnologia sono già stati pensati.

Abbandonata questa ipotesi, una soluzione potrebbe consistere nell'usare un modello semplificato a “blocchi”, similmente ai modelli 3d di *Google Earth*. Questo non darebbe vantaggi in più rispetto all'attuale sistema di visualizzazione o rispetto a quanto si può già ottenere usando *Street View*, strumento liberamente consultabile da chiunque.

Conclusioni

Nel trarre le conclusioni di questo capitolo ci si è resi conto che affinché *Energy Web* vada oltre il lavoro di ricerca che è stato, oltre anche al prototipo che ne è seguito, oltre i suoi limiti e *beyond*, sono necessari dei progressi in tre ambiti: tecnologico; sociale; politico.

Per quanto riguarda il primo, come si è potuto comprendere dai pur brevi accenni nei paragrafi precedenti, le soluzioni sono già in fase di studio e test. Se c'è la volontà e necessità di utilizzarle non vi sono grosse difficoltà in merito. Quelli tecnologici sono quindi limiti superabili.

Anche per quanto riguarda le complessità nella gestione dei comportamenti sociali e nell'affrontare le attuali resistenze alla partecipazione diffusa e alla diffusione dei dati, le difficoltà non sono insuperabili. La sensazione è che le persone e la *community* dei cittadini, aspetti solo dei segnali incoraggianti dal mondo della governance.

Il nodo che ancora resta da sciogliere è quindi sul terzo ambito. È la politica che deve iniziare a tagliare i legacci che frenano gli sviluppi di processi di gestione intelligente dei fenomeni energetici nelle città, ma soprattutto, e prima di tutto quei nodi che legano lei stessa ai rigidi schemi del passato basati sull'autoreferenzialità e individualità della gestione urbana.

Attendere però non porterà grandi risultati. Quello che serve è iniziare a smuovere la situazione agendo sia dal basso, informando le community urbane delle possibilità che esistono, che dall'alto, sperimentando iniziative in collaborazione con le poche amministrazioni che sono disposte a mettersi in gioco.

Energy Web Feltre è stato (ed è tuttora) un'iniziativa, una visione di prospettiva che va in questo senso.



M. Condotta. *Conclusione.*

15. Conclusioni

I risultati scientifici e gli obiettivi raggiunti.
Riepilogo critico e considerazioni finali

La chiusura del percorso di dottorato rappresenta la conclusione di due diversi cammini. Uno personale, all'interno della comunità scientifica e di un gruppo di lavoro; uno scientifico, legato allo sviluppo del tema di ricerca e ai risultati ottenuti.

Su entrambi gli aspetti si traggono brevemente le conclusioni, alla luce di un riepilogo critico che conduce alle considerazioni finali.

Riflessioni personali

Nel capitolo introduttivo si è accennato a come il taglio della ricerca sia dovuto all'interazione tra diverse competenze, derivate dalla preparazione di chi scrive nei campi della progettazione architettonica e urbana, dell'integrazione tra *Information Technology* e processi di *problem solving*, e ancora nelle esperienze di cooperazione internazionale sui sistemi di *knowledge management*. È stato anche sottolineato – all'interno di una visione complessiva alle problematiche della città, intesa come l'interazione tra spazio fisico e sociale – il desiderio di sperimentare nuove metodologie e strategie per la sua conoscenza e il suo governo per un habitat più visibile e sostenibile.

L'interazione tra queste competenze è stata determinante nella concezione di *Energy Web* e nella sua applicazione al caso Feltre. Si è contemporaneamente iniziato un itinerario formativo in nuovi settori di conoscenza e di tecniche, necessari per lo sviluppo del progetto di ricerca. Si riassumono qui solo brevemente, rimandando i dettagli ai capitoli che precedono e seguono. Hanno riguardato principalmente nuove *skill* nell'uso dei (geo)-database e sistemi GIS, nell'elaborazione dei dati derivati dagli strumenti di rilievo laser e termografico, nella gestione e visualizzazione dei dati attraverso piattaforme web. Dal punto di vista teorico, sono state approfondite le conoscenze sulle questioni legati agli *open-data*, sui sistemi di pianificazione energetica, sulle problematiche ambientali nei contesti urbani.

Non è stato un percorso facile, soprattutto perché molte delle nuove competenze e abilità acquisite non rientravano nei precedenti formativi di chi scrive. Ciò ha prodotto una forte crescita personale, oltre che del gruppo di lavoro coinvolto nel progetto.

Risultati scientifici ottenuti

“Conoscenza come assunzione di responsabilità”, “stato di fatto energetico reale della città” e “cooperazione tra una pluralità di soggetti” sono i tre paradigmi fondamentali. Nel capitolo dedicato alla *vision* di progetto, sono stati indicati come piloti della ricerca fino alla costituzione del sistema *Energy Web*. Hanno fatto seguito obiettivi generali, raggruppabili in due categorie::

- nuove teorie e strutture concettuali di approccio al tema *energia e città*;
- sviluppo prototipale di servizi web e dei relativi *tool* applicativi.

Il contributo della struttura concettuale di *Energy Web*

Dal punto di vista teorico – in relazione al primo punto – la ricerca ha prodotto alcuni modelli organizzativi della conoscenza rispetto le varie istanze, nel piano fisico e in quello sociale, imposte dalla complessità urbana. All'interno del dottorato NTelITA, i concetti operativi di *City Model* e *City Sensing* erano già stati definiti in precedenti studi. La presente ricerca li ha applicati alle esigenze reali integrandoli al binomio *energia e città*. Ne è conseguita la formalizzazione di altri due concetti operativi: il *City Energy Model* e lo *Smart Energy Model*.

Nel corso della definizione di questi concetti si è sperimentata la loro applicazione al caso di studio di Feltre. La loro interazione, in un percorso logico imperniato sulle problematiche reali, ha reso possibile definire e mettere a punto il modello concettuale di *Energy Web*. Da qui, si è successivamente sviluppato un protocollo operativo la sua applicazione al territorio. Una sorta di *metaprogetto*¹ sul quale poter sviluppare, di volta in volta in base al caso specifico, sistemi di gestione e condivisione della conoscenza relativa al tema *energia e città*.

Il *FEU index*

Un ulteriore *step* significativo della ricerca e output a livello teorico concettuale, è stata la definizione di un nuovo indice per studiare lo stato energetico di una città chiamato: *Firma Energetica Urbana Index (FEU Index)*. Un risultato sperimentato a Feltre che, per una sua completa validazione e perfezionamento, necessita di ulteriori test. Dallo stato dell'arte non risulta peraltro l'esistenza di sistemi analoghi. Il risultato, anche se ancora sperimentale, va quindi colto sotto diversi aspetti:

- l'ideazione concettuale del *Firma Energetica Urbana Index*;
- la messa a punto della procedura metodologica di calcolo dell'indice;
- il *design* e lo sviluppo di tematiche di visualizzazione dell'indice;
- la sua sperimentazione al caso reale.

Si tratta di un processo completo; un risultato tangibile che sembra offrire prospettive interessanti. Vale la pena ricordare che tale indice non va inteso come un sostituto alle metodologie di classificazione energetica e che non si tratta di un protocollo per "attestare" la qualità energetica di un edificio. È invece uno stru-

¹ Neologismo coniato da Andries Van Onck nel 1964. È qui inteso per indicare un *framework* progettuale definito nelle sue procedure ma che allo stesso tempo porta con se un grado di astrazione tale che gli permette di essere declinato in base alle specifiche esigenze. Un processo in cui gli utilizzatori divengono *co-designer* durante lo sviluppo e la vita del sistema (Fischer e Giaccardi).

mento di analisi dello stato di fatto energetico, a scala urbana, per:

- *scouting* degli edifici o delle parti di città che necessitano di particolare attenzione per migliorare il loro trend energetico;
- monitoraggio dei risultati delle azioni volte a migliorare la condizione energetica urbana, tramite comparazione dell'andamento del *FEU Index* nel tempo.

Nel testo sono riportati i presupposti concettuali della *FEU* e le informazioni necessarie per la replica del sistema ad altri casi reali.

I risultati dell'applicazione progettuale

In relazione alla seconda categoria degli obiettivi generali, lo sviluppo prototipale di servizi web e dei relativi *tool* applicativi sono stati raggiunti attraverso l'applicazione concreta dei concetti teorici e metodologici in due progetti di ricerca. Tentano di superare il *gap* di cui ancora soffre la ricerca italiana, di accontentarsi, in modo autoreferenziale, di produrre riflessioni teoriche, senza riuscire a metterle in pratica, a volte proprio a causa del loro elevato grado di astrazione.

Peraltro non si nascondono le difficoltà incontrate e i problemi ancora da risolvere, di cui si è accennato nel capitolo precedente; ma l'aver spinto la ricerca sino ad una fase applicativa ha prodotto dei risultati tangibili e operativi. Si apre così la strada a una prototipazione di applicazioni del tipo *Energy Web* partendo da uno stadio già consolidato.

Analisi degli obiettivi raggiunti

Per concludere la riflessione generale è utile ritornare agli obiettivi specifici della ricerca (introdotti nel Capitolo 2) per un riepilogo critico:

- l'attività di analisi del contesto legislativo, sociale e culturale, che è lo scenario in cui si è inserita la ricerca, ha fornito gli spunti necessari allo svolgimento degli *step* successivi;
- la teorizzazione della struttura logica di *Energy Web* è stata conclusa sino alla definizione di un *metaprogetto* sul quale concretizzare successivamente metodologie che soddisfino appieno le esigenze locali e dei portatori d'interessi;
- lo sviluppo del progetto *Energy Web* è stato definito in dettaglio in base ai caratteri e alle esigenze locali della città di Feltre;
- è stata infine portata a termine la sua sperimentazione concreta nel caso studio di Feltre.

Considerazioni finali

Negli ultimi mesi della ricerca sono emerse novità che prefigurano sviluppi importanti di *Energy Web*. L'approfondimento sulle possibilità offerte dal SIATEL, di cui al Capitolo 15, ha aperto nuove prospettive. È stata verificata la possibilità di disporre dei consumi energetici (elettricità, gas) di tutte le abitazioni di ogni comune italiano. Il dato fornisce tutte le informazioni necessarie per monitorare l'andamento energetico di una città, pertanto l'efficienza delle politiche di pianificazione e delle azioni di retrofitting urbano.

Contemporaneamente, il gruppo di ricerca ha messo a punto una metodologia per rilevare e produrre il *City Model* di un'intera provincia a costi accessibili. Per esempio il rilievo aereo dell'intera provincia di Venezia usando la tecnologia del *Dense Image Matching*² e la sua restituzione di un modello 3D, ha un costo inferiore ai 100.000,00 €.

Se ne conclude che da un lato ci sono finalmente le informazioni così come ipotizzate dal modello concettuale di *Energy Web*. Cioè effettive, aggiornate dinamicamente e georiferite. Dall'altro c'è la metodologia messa a punto in questa ricerca, i relativi strumenti e l'esperienza derivata dall'averli applicati a un caso reale. La ricerca è quindi riuscita nel suo intento di tradurre un'idea in una metodologia e in un'applicazione replicabile.

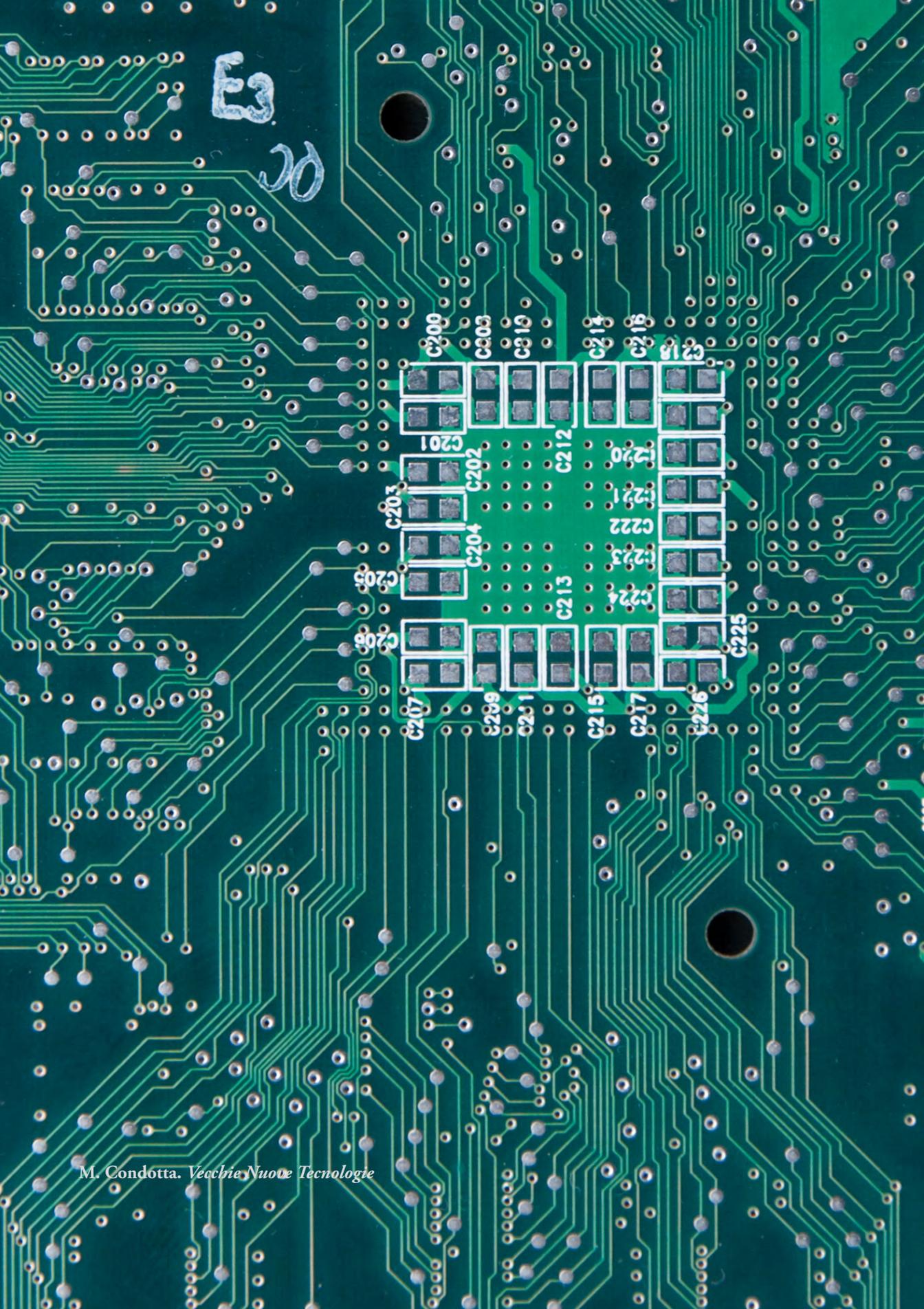
È questo l'aspetto di maggior rilevanza del lavoro. Non dà la soluzione alle problematiche del binomio *energia e città*, ma propone e offre uno strumento completo per affrontare in modo *smart* questi aspetti.

Il prossimo passo a tutti noi: ricercatori, professionisti e cittadini. La città smart è fatta soprattutto dai suoi cittadini, non dai suoi politici. Deve partire dal basso la richiesta di mettere a disposizione le informazioni in modo aperto, di pretendere di essere parte in causa nel governo della città. Spetta al mondo accademico continuare a proporre sperimentazioni all'interno delle città. Spetta ai professionisti andare oltre i tradizionali metodi di analisi e sperimentare strumenti come *Energy Web* nella progettazione urbana e nella redazione dei piani. Il nostro compito consiste nel creare le condizioni adeguate perché si possano finalmente usare la "Conoscenza Condivisa, Intelligenza Collettiva e Nuove Tecnologie per il contenimento dei consumi energetici a scala urbana."

² Il *Dense Image Matching* è una tecnologia che grazie all'acquisizione di un numero elevato di foto aeree tra loro sovrapposte e riprese da posizioni diverse, mediante una loro post elaborazione, genera un modello 3D (in nuvola di punti) del territorio rilevato..

Parte V

Appendice



E3
20

C209 C203 C219 C214 C218 C217
C201 C202 C212 C220 C221 C222 C223 C224 C225
C203 C204 C213 C226
C207 C208 C209 C210 C211 C212 C213 C214 C215 C216 C217 C218 C219 C220 C221 C222 C223 C224 C225 C226

Schede tecniche

Approfondimenti e riferimenti sui software utilizzati, sulle strumentazioni impiegate e sulla strutturazione della base dati

I risultati prodotti nell'ambito di questo lavoro – rilievi del *Model* e del *Sensing*, elaborazione dei dati, realizzazione dell'*EWF City Platform* – sono stati possibili grazie all'applicazione delle “NT”¹ ai concetti e alle idee di progetto. Nei prossimi paragrafi sono descritte nel dettaglio le caratteristiche della strumentazione hardware e software utilizzata in *Energy Web Feltre*. Il capitolo è diviso in due sezioni. La prima è dedicata agli strumenti di rilievo e acquisizione, la seconda agli strumenti di elaborazione dei dati.

¹ NT (Nuove Tecnologie) è il termine usato nel nome del corso di dottorato (Nuove Tecnologie e Informazione Territorio e Ambiente).

Strumentazioni di rilievo e acquisizione

Un settore rilevante delle tecnologie impiegate riguarda la strumentazione utilizzata per eseguire i rilievi territoriali, urbani o di singoli edifici. Tali rilievi, in riferimento ai concetti sviluppati in Energy Web, fanno capo sia al settore del *City Model* che del *City Sensing*. In particolare si tratta delle tecnologie di rilievo geometrico basate su laser-scanner usate per la generazione dei dati del *Model* e delle tecnologie di sensori ad infrarossi delle camere termiche usate per l'acquisizione dei dati di *Sensing*.

Laser-scanner terrestre e avionico

La tecnologia laser scanner ha assunto negli ultimi anni un ruolo sempre più dominante nel campo dei rilievi 3D sia topografici che architettonici. I sensori in questione consentono di acquisire grandi quantità di dati tridimensionali (nuvole di punti) in tempi estremamente ridotti e con grande accuratezza metrica, facilitando la ricostruzione morfometrica degli oggetti o delle aree di interesse, anche a grande distanza. I campi di utilizzo sono innumerevoli: opere di ingegneria civile, architettura, meccanica, geologia, geomeccanica, impiantistica, urbanistica. Inoltre, grazie alla possibilità di utilizzare la strumentazione laser scanner 3D terrestre a bordo di auto/moto veicoli, è possibile operare anche in cinematico, con notevoli vantaggi sulla produttività dei rilievi stessi.

Il laser-scanner terrestre acquisisce, attraverso un impulso laser, le coordinate spaziali di una data porzione di territorio o della superficie di un oggetto anche da grande distanza, in modo automatico, sistematico e veloce. Lo strumento genera un impulso laser infrarosso registrando il segnale riflesso dell'oggetto colpito.



Fig. 1. Il sensore laser Riegl VZ400



Fig. 2. Il laser scanner FARO Focus3D.



Fig. 3. Il sensore laser Riegl LMS-Q560 utilizzato per i rilievi LiDAR.

Ogni singolo punto viene posizionato con coordinate x, y, z relative, registrandone anche l'intensità di segnale in funzione della riflettività del materiale colpito. Le scansioni permettono così di acquisire in tempi brevi milioni di punti in modo automatico, coniugando alla velocità d'esecuzione un'elevata accuratezza.

A seconda della piattaforma utilizzata al sensore laser si integrano anche una fotocamera digitale per l'acquisizione dell'informazione RGB associata al punto x, y, z . L'uso della fotocamera è necessaria per "colorare" la nuvola acquisita dal laser infrarosso che è ovviamente monocromatica. Altri strumenti integrati sono un compensatore bi-assiale, un collegamento con sistema GPS ubicato mediante apposita staffa calibrata sopra la fotocamera, un dispositivo di basculamento (*tilt-mounting*) del laser, e dispositivi *wireless* per controllo in remoto dello scanner e della fotocamera.

Tra le tecniche di rilievo utilizzate per generare modelli tridimensionali del territorio, un ruolo di grande importanza è assunto dai sistemi avionici ad alto rendimento quali i sistemi *LiDAR*. Tali tipologie di rilievo 3D, associate a quelle condotte con analoghi sensori da terra, consentono di realizzare modelli di grande dettaglio riferiti ad aree estese urbane e territoriali.

Il *LiDAR* (*Light Detection And Ranging*) è definito come un sistema aviotrasportato e utilizzato per acquisire coordinate x, y, z del terreno e delle sue caratteristiche (sia naturali che di origine antropica).

Le principali applicazioni di questa moderna tecnologia sono numerose: dalla sicurezza idraulica del territorio, al calcolo degli indici di invarianza idraulica, al catasto 3D, l'aggiornamento dei temi relativi all'edificato, la mappatura del verde urbano, gli studi sulle potenzialità di installazione di impianti fotovoltaici e solare termico, l'analisi degli invasi a scopi idroelettrici, il monitoraggio delle cave, la modellazione avanzata 3D nel campo dell'inquinamento elettromagnetico, la stima delle biomasse e ovviamente, il *City Modelling*.

Dal punto di vista tecnologico si tratta di un sistema laser scanner generalmente montato a bordo di piattaforme aeree o elicotteri che emette un impulso ottico e ne misura accuratamente il tempo di restituzione sia del primo impulso sia dei vari "echi" il quale viene trasformato in distanza rispetto al bersaglio attraverso la velocità nota della luce.

A bordo della piattaforma utilizzata si integrano un ricevitore GPS di bordo, un sistema di scansione, un sistema inerziale *IMU* (*Inertial Measurement Unit*) e le relative stazioni di terra *GRS* (*Ground Reference Stations*). Condizione essenziale per il buon funzionamento della procedura è l'accurata taratura e sincronizzazione

di tutti i singoli componenti. La determinazione dei punti laser viene misurata sull'ellissoide $WGS84^2$ e i valori delle quote sono relative a tale ellissoide.

I dati, opportunamente elaborati e georiferiti attraverso stazioni *GPS* di terra, vengono elaborati e classificati per estrarre informazioni metriche 3D. Le nuvole di punti rappresentanti il modello complessivo dell'area scansionata, sono suddivise in modelli tematici di dettaglio mediante l'estrazione di sottoinsiemi di dati ottenuti attraverso procedure software dedicate e algoritmi mirati di classificazione.

Tra i prodotti generati:

- punti quota del suolo "*Ground*";
- punti riconducibili alla vegetazione "*Vegetation*";
- punti appartenenti alle coperture degli edifici "*Buildings*";
- punti denominati "*OverGround*" rappresentanti la totalità dei punti acquisiti dal laser.

In una apposita fase di post-processing i valori x, y, z , riferiti al sistema $WGS84$ sono generalmente convertiti in un sistema di riferimento locale, e le quote sono trasformate da ellissoidiche a geodetiche (o ortometriche), cioè riferite al livello medio marino.



Fig. 4. Aeromobile equipaggiato con sistemi laser, *IMU-GPS* e dispositivo fotografico utilizzato per il rilievo di Feltre.

² $WGS84$ (*World Geodetic System 1984*) è un sistema di coordinate geografiche geodetiche, mondiale, basato su un ellissoide di riferimento elaborato nel 1984.

Camera termica

La termocamera è una particolare fotocamera o telecamera, sensibile alla radiazione infrarossa, capace di ottenere immagini o riprese termografiche. A partire dalla radiazione rilevata si ottengono dunque delle mappe di temperatura delle superfici. Le termocamere si dividono in radiometriche e non radiometriche. Le prime consentono di misurare il valore di temperatura assoluto per ogni pixel dell'immagine, le seconde restituiscono solo un'immagine a varie gradazioni cromatiche con una legenda di corrispondenza tra colore e temperatura. L'immagine ottenute con le camere radiometriche, infatti, similmente a tutte le immagini raster, è costruita su una matrice di un certo numero di pixel (normalmente 640x480) i cui singoli punti oltre ai dati RGB comprendo anche il dato assoluto di temperatura rilevata. Il software di post-processamento converte poi i valori di temperatura assoluta registrati e genera un'immagine, in bianco e nero o in falsi colori, dell'oggetto osservato, tramite una palette di conversione che associa ad ogni temperatura un determinato colore.

La termocamera rileva le temperature dei corpi analizzati attraverso la misurazione dell'intensità di radiazione infrarossa emessa dal corpo in esame. Questo è possibile dato che tutti gli oggetti ad una temperatura superiore allo zero assoluto emettono radiazioni nel campo dell'infrarosso che vengono registrate dal sensore della camera.

La termografia permette quindi di visualizzare valori assoluti e variazioni di temperatura degli oggetti, indipendentemente dalla loro illuminazione nel campo del visibile. La quantità di radiazioni emessa aumenta in modo direttamente proporzionale alla sua emissività (che varia da 0 a 1) e alla quarta potenza della temperatura assoluta di un oggetto. La termografia permette quindi l'individuazione di anomalie (differenze relative di temperatura) nell'emissione dell'energia e quindi, a parità di emissività, di anomalie termiche.



Fig. 5. La termocamera FLIR P640 utilizzata per le riprese da terra.



Fig. 6. La camera termica Testo890 utilizzata per le riprese da terra.



Fig. 7. La camera termica NEC Thermo Gear R300 da utilizzare su drone.

Strumenti di elaborazione

L'*Information Technology* gioca un ruolo dominante tra le Nuove Tecnologie e tale posizione di rilevanza è rispecchiata anche all'interno di *Energy Web*. L'insieme degli elementi *IT* utilizzati in questo progetto è illustrato nei paragrafi seguenti secondo gli strumenti software impiegati.

Data Base Management System: PostgreSQL

Il server dei dati utilizzato per il progetto è il *Data Base Management System (DBMS)* "PostgreSQL" con estensione "PostGIS" per la componente geografica. *PostgreSQL/PostGIS* consente la gestione di livelli informativi alfanumerici e geografici secondo gli standard definiti dall'*Open Geospatial Consortium (OGC)* che sono gli elementi geometrici (punti, linee e poligoni) e le relative informazioni alfanumeriche.

Com'è ormai consolidato e ampiamente noto, la possibilità di processare dati su base geografica è imprescindibile nella realizzazione di un quadro di conoscenze sul territorio e l'ambiente. Da alcuni anni le soluzioni software per la gestione dei dati sono state integrate con funzionalità specifiche ed evolute per il trattamento della componente geografica del dato. Dalla soluzione commerciale più potente e blasonata "*Oracle Spatial*" a quelle più leggere come "*Spatialite*," il mercato offre oggi soluzioni diverse sia licenziate e sia *Free Open Source*.

Il *GeoDBMS* consente di avere sul dato geografico la stessa flessibilità che si può avere nell'organizzazione dei dati alfanumerici, con la possibilità di utilizzare istruzioni di interrogazione *SQL*³ che operano sulla componente geometrica del dato memorizzato.

PostGIS, estensione geografica dell'*engine PostgreSQL*, è probabilmente la soluzione *Free Open Source Software (FOSS)* attualmente più robusta e potente. *PostGIS* consente sia l'archiviazione di layer GIS sia l'interrogazione spaziale e il *Geo-Processing*. Il software non possiede un visualizzatore integrato della componente geometrica del dato che viene memorizzato in formato binario (campo *BLOB*) per cui, per la visualizzazione dei layer, è necessario utilizzare uno dei numerosi software GIS dotati di driver *PostGIS* come ad esempio "*gvSIG*," "*Quantum GIS*," "*Kosmo Desktop*," oltre a quasi tutti i prodotti GIS commerciali.

³ *SQL (Structured Query Language)* è un linguaggio standardizzato per database basati sul modello relazionale (*RDBMS*) progettato per creare e modificare schemi di database, inserire, modificare e gestire i dati memorizzati.

Uno dei principali vantaggi dell'utilizzo combinato di un *GeoDBMS* e un GIS è dato dalla possibilità di creare layer geografici *on-fly* utilizzando le viste dinamiche del *DBMS*; ad esempio è possibile eseguire la selezione di oggetti che rientrano nell'intorno di un altro oggetto (buffer) senza produrre staticamente il layer del buffer ma semplicemente definendo una vista dinamica in *geo-SQL* col vantaggio di non dover rielaborare il buffer ad ogni aggiornamento dell'oggetto originario.

Nella metodologia *Energy Web*, la struttura della base di dati interagisce in modo coerente e strutturato con tutte le informazioni alfanumeriche e i layer geografici che costituiscono la base di conoscenza del progetto. In linea generale la base dati di *EFW* è costituita da tabelle fisiche relative alle tre principali componenti informative (edifici, anagrafe, consumi) articolate in una o più entità e da viste dinamiche le cui funzioni sono sostanzialmente quelle di aggregare i dati sia singolarmente sia correlati fra di loro. Grazie all'estensione geografica l'operazione di aggregazione può determinare sia nuovi dati di sintesi sia nuove geometrie composte in mappa; essa tuttavia permette in la correlazione di informazioni su base geografica mediante l'utilizzo di operatori di analisi analoghi a quelli presenti nei software GIS.

Per i dettagli della struttura della base dati si rimanda al paragrafo "La struttura della base di dati"

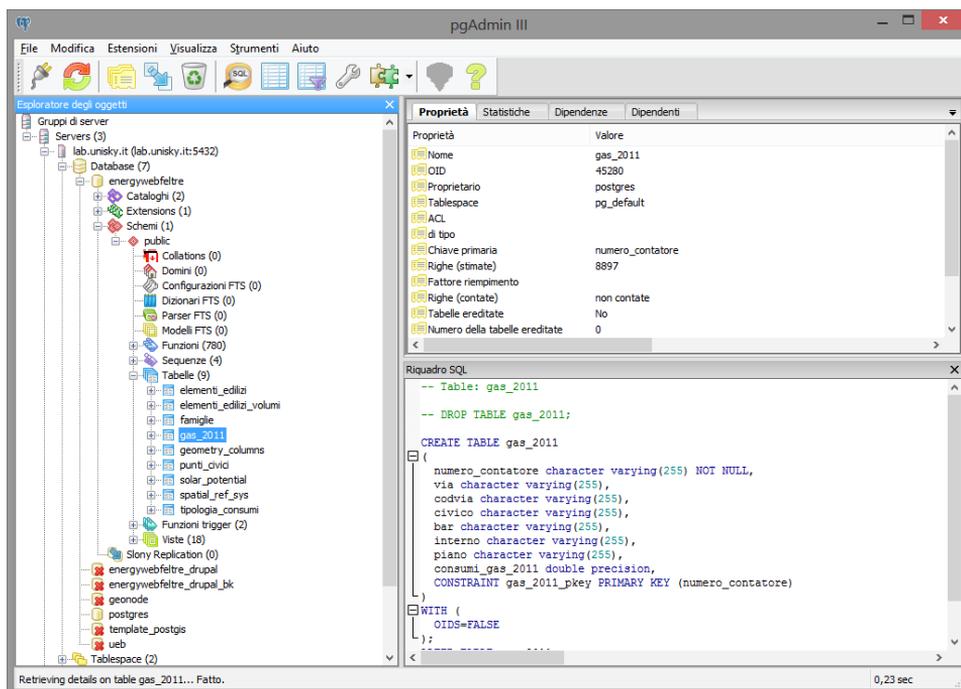


Fig. 8. Interfaccia grafica di *pgAdmin*, client integrato nel pacchetto *PostgreSQL*.

Strumenti GIS

Geographical Information System (GIS) è una classe di prodotti software espressamente creati per gestire basi di dati di tipo geografico e produrre mappe digitali in modo flessibile e dinamico permettendo di correlare gli elementi geografici ad una pluralità di informazioni estratte da diverse banche dati. Dal punto di vista squisitamente funzionale, un software GIS, unisce le funzioni grafiche di un CAD con la flessibilità e scalabilità dei sistemi di gestione dati *DBMS (Data Base Management System)*.

In un sistema GIS, le proprietà geometriche di un elemento “mappabile” e le sue proprietà quali-quantitative gestite come record di attributi costituiscono un’unica entità, spesso denominata “oggetto geografico”, assumendo nell’output finale (stampa, visualizzazione a schermo) un aspetto grafico strettamente associato al valore di una o più delle sue proprietà; in questo caso si parla di “mappa tematica dinamica” in quanto la rappresentazione complessiva di un “layer” (uno strato di elementi omogenei) è di fatto un tema cartografico, non costante, ma facilmente alterabile agendo sul set di dati associati ad esso.

Tra le funzionalità esclusive di questa classe di software, oltre alla creazione di mappe tematiche dinamiche, vi è anche una importante serie di operazioni sul dataset denominata “geoprocessing”. Un sistema GIS permette il “processamento della componente geografica” del dato. Le numerose funzioni appartenenti a questa serie consentono in linea generale diverse analisi di correlazione geografica: dall’analisi di vicinanza, all’intersezione, inclusione / esclusione di elementi, alla combinazione di geometrie o definizione di geometrie ex novo. Le funzioni di geoprocessing sono ampiamente utilizzate nell’analisi complessa delle interferenze fra due o più layers e nella produzione di mappe tematiche di dettaglio o aggregate ottenute per correlazione di informazioni appartenenti a più basi dati denominata in generale “georeferenziazione”.

In *Energy Web Feltre* molte analisi di carattere geografico sono state sviluppate per mezzo di *PostGIS* (l’estensione geografica di *PostgreSQL*) entrambi descritti nel paragrafo precedente. Il lavoro preliminare, di test e alcune particolari operazioni sono peraltro state condotte utilizzando di volta in volta ambienti GIS su computer in locale senza dover ricorrere all’uso del sistema di server messo a punto per il progetto. Questi sistemi, di seguito descritti, sono *Quantum GIS*, *Kosmo*, *Autodesk Map 3D*, tutti prodotti *opensource* o con licenze *educational* ognuno usato per le sue particolarità che li distinguono l’un l’altro.

Quantum GIS

Quantum GIS (QGIS) è definito dalla community di sviluppo che se ne occupa “un Sistema di Informazione Geografica Libero e Open Source”. Come riportato nella pagina di *overview* del sito web, “*QGIS* è un Sistema di Informazione Geografica Open Source facile da usare, rilasciato sotto la *GNU General Public License*. *QGIS* è un progetto ufficiale della *Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)*. Funziona su Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android e supporta numerosi formati vettoriali, raster e database”.

Come evidenziato nella stessa pagina, “*QGIS* offre un numero in continua crescita di funzionalità fornite dalle funzioni fondamentali e dai *plugin*”. L’architettura a *plugin* è probabilmente uno dei punti di forza di questo prodotto che si è imposto sul panorama dei *GIS Open Source* come ambiente estremamente amichevole e con una discreta stabilità.

Attualmente rilasciato nella versione 2.0.1, conta più di 90 *plugin* sviluppati da terze parti e liberamente utilizzabili per operazioni e analisi diverse.

Un secondo punto di forza di *QGIS* è dato dal fatto di essere uno dei pochissimi software di questa tipologia disponibile per i sistemi MacOS.

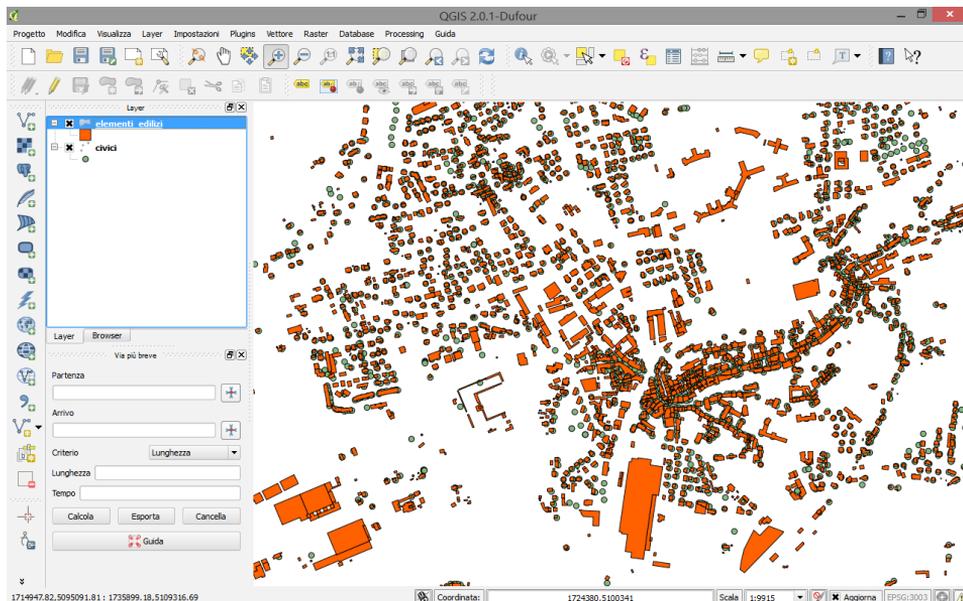


Fig. 9. Screenshot dell’interfaccia di *QGIS*.

SAIG Kosmo Desktop GIS

“*Kosmo Desktop*” è un software GIS che include molte librerie comunemente utilizzate dalla community degli sviluppatori *Open Source*. Sviluppato da *SAIG*, società con sede in Spagna, è un prodotto *Free Open Source* con funzionalità analoghe ai software della stessa famiglia.

Attualmente disponibile nella versione 2.0 stabile e 3.0 release candidate, presenta come punti di forza una grande stabilità, il *runtime java* portabile (non necessita di *JRE Java Runtime Environment* installato), un rendering vettoriale dalle eccezionali performance ed una eccellente compatibilità con PostGIS. Come punti a sfavore possiamo sostanzialmente evidenziare una minore disponibilità di *plugin*, una community meno vivace e la mancanza di supporto per i sistemi MacOS.

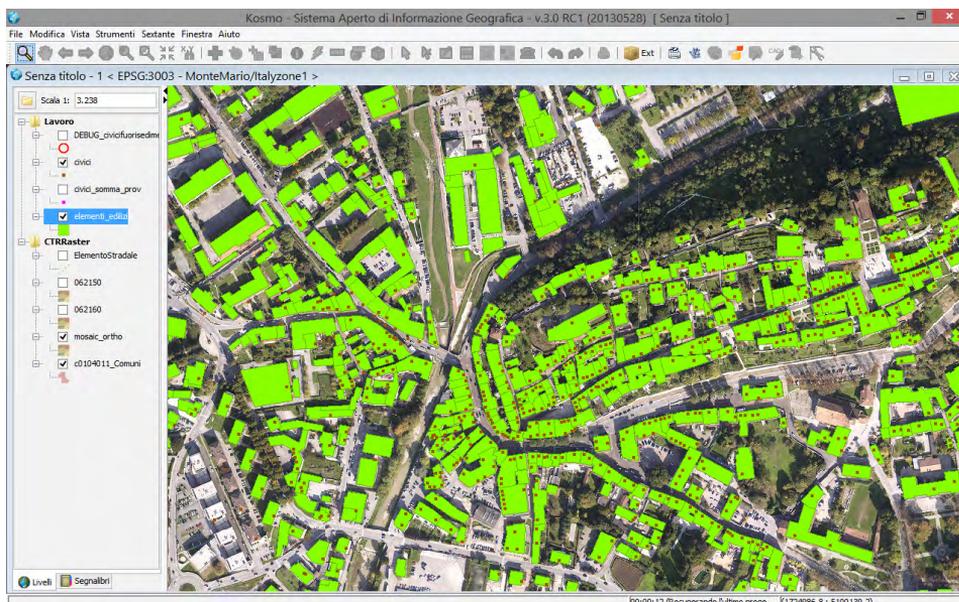


Fig. 10. Screenshot dell'interfaccia di *Kosmo*.

Autodesk Map 3D

“Autodesk Autocad Map 3D”, è il modulo dedicato alla gestione di mappe di “Autodesk AutoCAD”. Basato sul core di quest’ultimo, il modulo *Map* consente l’accesso ai formati di dati GIS e ai *geoDataBase* (es. *PostGIS*) unendo la popolarità e l’usabilità dell’ambiente di editing grafico vettoriale di *Autocad* alle funzioni necessarie per accedere ed elaborare basi di dati geografiche gestendo nel complesso un articolato progetto GIS.

A differenza dei due prodotti precedentemente descritti, *Autodesk Map 3D* è un software commerciale di fascia medio-alta orientato a professionisti e aziende, fornito con garanzie e supporto costante del produttore e aggiornato periodicamente secondo una politica di rilasci mediamente annuale. Dotato di grande stabilità, è disponibile unicamente per sistemi Windows e necessita di elevate prestazioni hardware. Con un’interfaccia dotata di grande usabilità, soprattutto nelle funzioni di editing geometrico, si presta in modo particolare a lunghe sessioni di vettorizzazione o di modifica di mappe; presenta d’altro canto una relativa complessità nell’interfacciamento alle basi dati e alle funzioni verticali di tipo geografico; è dotato di numerosi provider per l’accesso ai diversi formati sia di tipo proprietario sia open source.

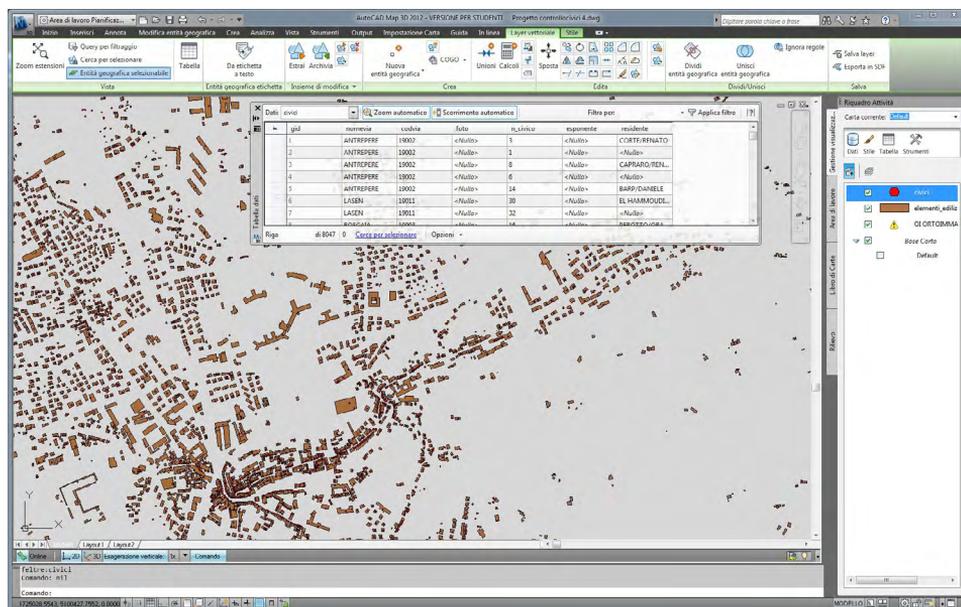


Fig. 11. Screenshot dell’interfaccia di *Autocad Map 3D*.

Spatial Data Infrastructure: Geoserver, Geonode

Una Infrastruttura di Dati Geografici (*Spatial Data Infrastructure – SDI*) è di fatto un'architettura hardware-software web-oriented dedicata alla gestione di grandi basi di dati dotate della componente geospaziale. Dal punto di vista del software, in *Energy Web* si è utilizzata una suite di prodotti open-source chiamata “*Geonode*.” *Geonode* è una suite software che si pone come font-end unificato fra il server di mappe “*Geoserver*” e il sistema di catalogazione standard *GeoNetwork*. Basato sul framework web *Django*, *Geonetwork* consente la gestione di *geo-web services* esposti da *Geoserver* mantenendo l'allineamento con le schede metadati gestite da *Geonetwork* fornendo al contempo un'interfaccia semplice e amichevole.

Le funzionalità offerte da *Geonode* in combinazione con *Geoserver* e *Geonetwork* sono in sintesi:

- Interfaccia pubblica di ricerca e consultazione dati geografici;
- Tool di ricerca dati e mappe;
- Sistema di caricamento via web di nuovi dati;
- Editor di stili grafici per le mappe;
- Catalogazione assistita;
- Esposizione e documentazione di servizi web geografici *OGC compliant*;
- Editor di mappe con possibilità di salvataggio e *embedding*;
- Gestione utenti, gruppi e privilegi di accesso ai dati;
- Download dei dati grezzi.

La componente sostanziale di *Geonode* è il server di mappe *Geoserver*. *Geoserver* è attualmente server di mappe più maturo e performante nel panorama dell'offerta *open-source*; esso permette di esporre, sempre secondo gli standard OGC, i dati contenuti nei database e repository connessi, sotto forma di servizi web e di definire la vestizione di ogni strato geografico.

Gli aspetti connessi all'aderenza agli standard di interoperabilità definiti a livello internazionale dall'*Open Geospatial Consortium* sono centrali in quanto permettono la più ampia flessibilità nella realizzazione di architetture di dati geografici distribuite sul web con le quali diversi attori possono gestire tramite i propri server i propri geo-database esponendo dei servizi web che consentono ad altri attori di utilizzarli in modo flessibile, scalabile ed efficiente. Sotto questo punto di vista, *Geoserver* offre significative garanzie di aderenza ai protocolli internazionali, oltre a dimostrare ottima stabilità e performance.



Fig. 12. Screenshot dell'interfaccia di GeoServer dedicata alla gestione dei vari livelli di dati.

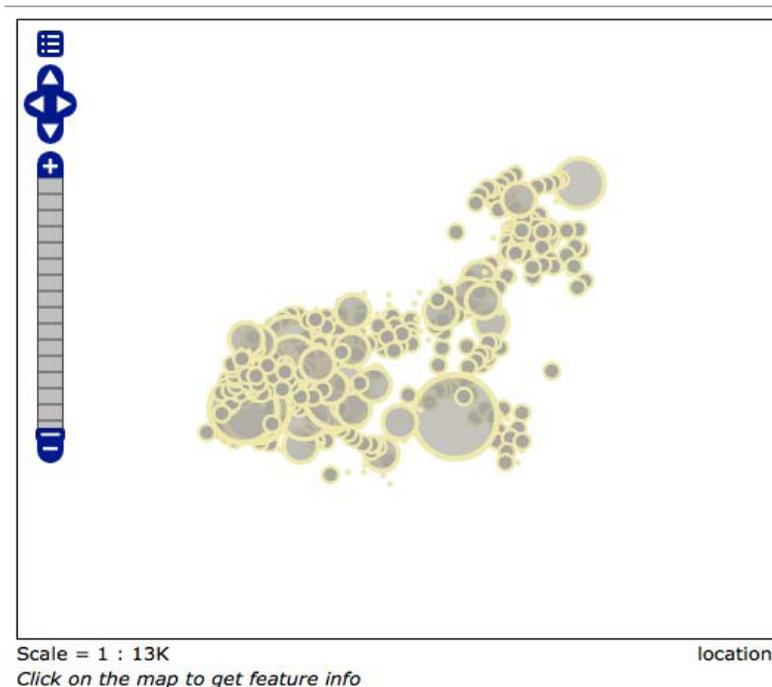


Fig. 13. Screenshot dell'interfaccia di GeoServer che mostra in anteprima la visualizzazione in mappa dei singoli livelli. Il livello di dati e la mappa, come si può intuire dalle altre immagini della pagina seguente, sono le stese gestite e visualizzate dall'interfaccia GeoNode.

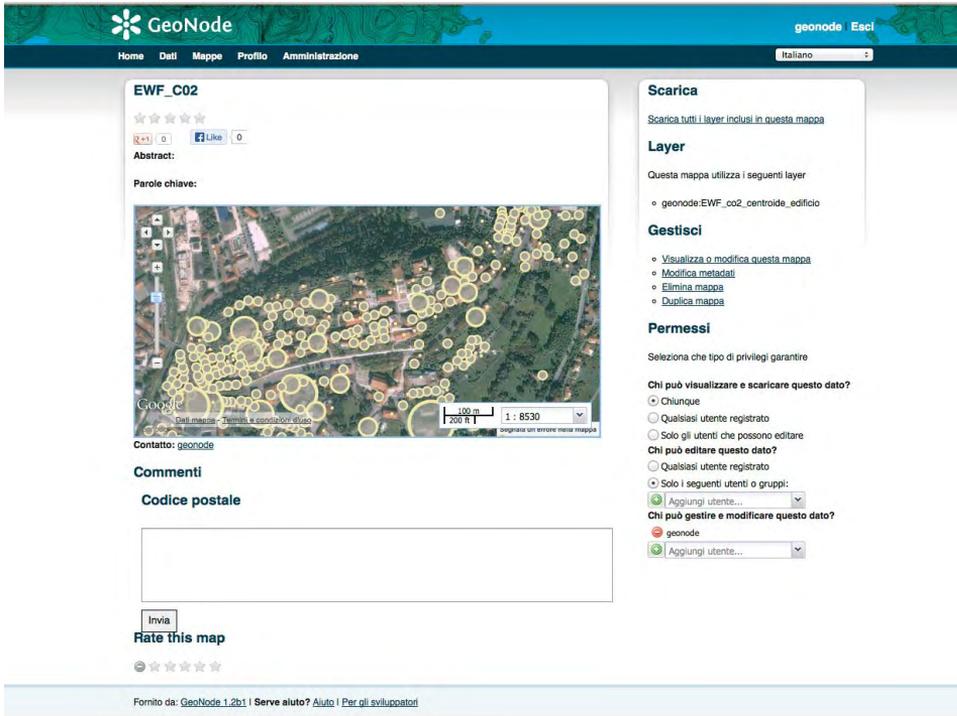


Fig. 14. Screenshot dell'interfaccia di GeoNode per la gestione della visualizzazione in mappa dei singoli livelli di dati.

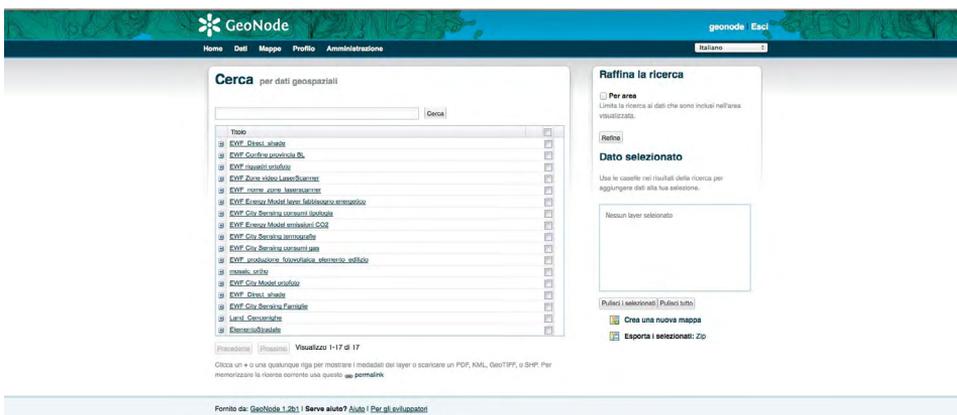


Fig. 15. Screenshot dell'interfaccia di GeoNode per la gestione dei livelli di dati.

Content Management System: Drupal

“*Drupal*” è un *CMS (Content Management System)*, ovvero un gestore di contenuti e di siti Web dinamici realizzato in *PHP* (acronimo ricorsivo di “*PHP: Hypertext Preprocessor*”). Con *Drupal* è possibile realizzare diversi tipi di siti Web o intranet, per pubblicare articoli, insiemi di messaggi/commenti, forum di discussione, blog, raccolte di immagini etc. È un sistema *Open Source*, e può essere liberamente scaricato, distribuito e installato. Gli amministratori con esperienza di programmazione *PHP* possono liberamente accedere al codice sorgente per modificare l'applicativo in base alle loro esperienze.

Drupal consente di organizzare i contenuti in base alla tipologia (pagina, messaggio del forum, immagine, etc) e alla categoria assegnata dall'amministratore: una singola pagina può essere per esempio classificata come articolo, documentazione, descrizione prodotto, etc. Questo consente di dividere i contenuti in modo estremamente flessibile, rendendone semplice l'inserimento e la visualizzazione, e consentendo di realizzare uno schema di navigazione del sito estremamente funzionale

Punti di forza di *Drupal* sono quindi sicuramente l'ampia flessibilità e configurabilità, la robustezza e la gestione della sicurezza e questi sono tra i motivi per cui è stato scelto di usalo per creare e gestire la pagina web di *EWFF*.

Un altro importante motivo è legato al fatto che il sistema consente agli utenti di registrarsi e autenticarsi in modo da tenere traccia di chi è autore di ogni singolo contenuto, e permettere agli amministratori di consentire livelli di accesso differenziati a seconda dei ruoli (utente, moderatore, amministratore, etc.).

Dal punto di vista tecnologico *Drupal* è un applicazione Web. Questo significa che i contenuti vengono inseriti e visualizzati attraverso un Web browser (Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera etc.). E' possibile realizzare siti Web pubblici o locali (intranet). I componenti richiesti per l'installazione di *Drupal* sono fondamentalmente tre:

- Web server: ovvero un server in grado di pubblicare pagine Web. Il Web server predefinito è *Apache*, ma anche *IIS* è previsto. La maggior parte degli Internet Provider mette a disposizione l'uno o l'altro Web server. Per realizzare un'installazione locale, è invece necessario installare localmente un Web server.
- Interprete *PHP*. *Drupal* è un insieme di moduli di codice *PHP*: le pagine Web vengono generate dinamicamente in base alle richieste ricevute, a partire dal codice *PHP*. Il sistema che converte il codice *PHP* in pagine Web fruibili

dall'utente è chiamato, appunto, interprete *PHP*. Per un'installazione Web, è necessario che il provider supporti *PHP*, per un'installazione locale, scaricare (liberamente) l'interprete dal sito php.net.

- *Database SQL*: i dati di configurazione e i contenuti inseriti dagli utenti vengono archiviati in un database *SQL*. Il database predefinito è *MySQL*, ma praticamente qualsiasi database supportato da *PHP* è utilizzabile (compreso *PostgreSQL*).

La struttura della base di dati

Nei paragrafi conclusivi dei capitoli del *Sensing*, *Model* e *City Energy Model*, si accennava al fatto che la conoscenza prodotta, perché possa essere gestita, rielaborata e comunicata con le caratteristiche dalla struttura concettuale di *Energy Web*, deve essere implementata in un database relazionale che si configura come il motore operativo dell'intero sistema. In questo paragrafo si riporta in modo sintetico la descrizione della struttura di dati che compone il database di *Energy Web*.

Le tabelle alfanumeriche e di entità geografiche

I risultati delle operazioni di acquisizione dei dati del *Model* e del *Sensing* sono inseriti all'interno del database con delle tabelle di dati alfanumerici (per i dati del *Sensing*) e di entità geografiche (per i dati del *Model*). Si tratta di un insieme di informazioni elementari, cioè non rielaborate, ma inserite nel modello relazione del database così come sono stati acquisiti o importati da altre banche dati. Uno dei motivi di questa scelta è orientato a semplificare le operazioni di aggiornamento della base di dati relativa al *Sensing*. Usando nel database di *Energy Web* le tabelle così come sono acquisite, senza nessuna operazione intermedia di adattamento, (ad esempio importando il foglio di calcolo in *Excel* così come fornito dall'anagrafe comunale), un successivo aggiornamento risulta più semplice dovendo solo operare una semplice importazione senza nessuna ulteriore conversione.

Lo schema della pagina seguente le elenca e le descrive identificandole con dei simboli e con i nomi effettivi che hanno nel database *Energy Web*. I nomi saranno successivamente usati per descrivere le relazioni all'interno del database tramite lo schema della pagina successiva.

| | |
|--|---|
| | <p>“elementi edilizi”</p> <p>Tabella delle entità geografiche degli <i>elementi edilizi</i>. Tutti gli elementi edilizi in cui è stato suddiviso il patrimonio edilizio del comune di Feltre sono memorizzati in questa tabella. Per ogni record (per ogni edificio) sono memorizzati tutti i dati derivati dal <i>City Model</i> (superficie, altezza, volume calcolato dal rilievo LiDAR, etc.).</p> |
| | <p>“civici”</p> <p>Tabella delle entità geografiche dei numeri civici. Contiene la collocazione spaziale di tutti i punti civici delle abitazioni e degli edifici pubblici del Comune. La base di dati è derivata (come descritto nel capitolo 10) da una revisione e bonifica di vari livelli informativi dedotti da altrettante fonti: anagrafe comunale, sistema informativo territoriale gestito dagli uffici urbanistica, rilievi ISTAT.</p> |
| | <p>“gas2011”</p> <p>Tabella alfanumerica di dati sui consumi di gas. Questa base di dati è derivata direttamente dal dato fornitoci dall'ente gestore. Ogni record corrisponde ad un singolo contatore a cui sono associati i dati dell'indirizzo, le caratteristiche tecniche del contatore e ovviamente i consumi.</p> |
| | <p>“anagrafe”</p> <p>Tabella alfanumerica dell'anagrafe. Anche questa è derivata direttamente dal file così come fornitoci dall'ufficio comunale. Ogni record, in cui il nome è stato sostituito con un numero progressivo per garantire la privacy, è riferito ad un abitante del comune, e per esso sono registrate informazioni relative alla data di nascita, professione, indirizzo di residenza e aggregazione in gruppi familiari.</p> |
| | <p>“tipologiaconsumi2012”</p> <p>Tabella alfanumerica delle tipologie di sistemi di riscaldamento utilizzate nelle varie abitazioni. Anche questo dato è derivato direttamente dal file fornitoci dall'amministrazione comunale. In questa tabella ogni record rappresenta un unità immobiliare e per ognuno è indicato il sistema di riscaldamento usato (gas, legna, etc.. e la presenza di fonti di energia alternative).</p> |

| | |
|---|--|
|  | <p>“cod_via_gas2011”; “cod_via_tipologiaconsumi2012”</p> <p>Tabelle alfanumeriche di corrispondenza tra nomi delle vie e codice-via. A differenza delle altre tabelle, si tratta di un dato elaborato ad hoc durante la fase di sviluppo ed ottenuto mediante operazioni di matching automatico miste ad una fase di bonifica del dato fatta manualmente. Questa tabella serve per omogeneizzare le corrispondenze delle vie che nelle varie fonti utilizzate sono registrati con nomi simili ma semanticamente differenti (per esempio “via Vittorino da Feltre” e “via V. Da Feltre”).</p> |
|  | <p>“ir”</p> <p>Tabella alfanumerica del risultato delle termografie di ogni facciata degli edifici. Questa base di dati riassume i risultati del termomapping urbano.</p> |

I tabulati grezzi sui consumi, sull’anagrafe e sulle tipologie dei sistemi usati, vengono associati ad una tabella di corrispondenza tra la toponomastica originaria (quella cioè registrata nella tabella di origine) e quella codificata nel database *Energy Web* per l’attribuzione di un codice numerico ad ogni via e la conseguente correlazione agli altri elementi del database. Le entità geografiche dei numeri civici infatti, sono legate all’indirizzo usando non la toponomastica – che potrebbe creare errori di similitudini – ma il codice-via e il numero civico.

Dopo questa operazione di corrispondenza i vari dati di *Sensing* sono associati ai singoli elementi geografici dei civici creando una nuova tabella dinamica (“indicatori_xgeocivico”).

Successivamente, tramite una correlazione spaziale, questi dati, ora associati agli elementi geografici puntuali (punti civici) vengono assegnati alle entità spaziali “elemento edilizio”. Quando più punti civici ricadono all’interno di uno stesso elemento edilizio (ad esempio nel caso di un edificio condominiale), questi vengono tra loro accorpati. La fusione tra la tabella degli elementi edilizi (che già è implementata con i dati del termomapping della tabella “ir”), e gli “indicatori_xgeocivico” genera una nuova tabella di dati di entità geografiche (edifici) dove ad ognuna di esse sono associate tutte le informazioni.

L’ultima query genera la tabella che contiene i “*performance indicator*” della FEU elaborando i dati degli “indicatori_xedificio” secondo i criteri descritti nel capitolo 11.

A titolo esemplificativo si riporta nelle prossime pagine il codice di una query in *SQL*.

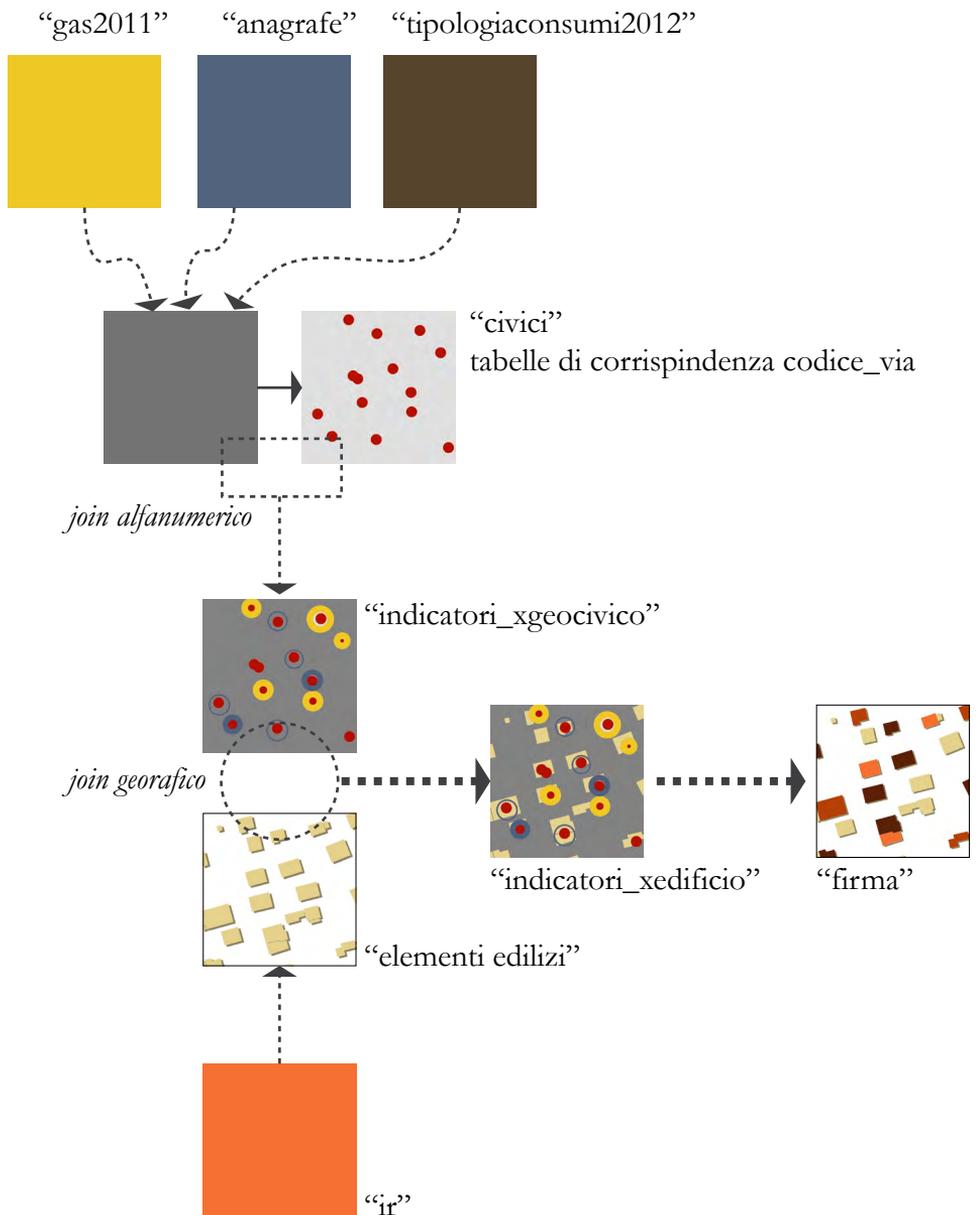


Fig. 16. Schema che rappresenta le relazioni logiche tra le tabelle in *Energy Web Feltre*. Nel caso specifico il database relazione è stato costruito con *PostgreSQL* con estensione *PostGIS*.

La query qui sotto riportata è relativa al processo che genera la tabella degli “indicatori_xedificio” partendo dalla fusione spaziale dei dati con gli elementi edilizi ma allo stesso tempo calcolando una serie di altri indicatori del *City Energy Model* quali ad esempio: consumi energetici al metro cubo, numero di famiglie o persone per edificio, ma ancora consumi energetici per abitante, etc..

```
-- inizio della query che aggiorna i dati all'interno della tabella indicatori_xedificio --
INSERT INTO feltre.indicatori_xedificio

-- espressione che calcola gli indicatori limitatamente alla singola entità geografica del civico --
SELECT elementi_edilizi.gid,
       elementi_edilizi.id_element,
       elementi_edilizi.the_geom,
       elementi_edilizi.quotabas,
       elementi_edilizi.quotagro,
       volume_risc_netto,
       sum(indicatori_xgeocivico.consumi) AS consumi_gas2011,

-- espressione che calcola l'apporto di kw dovuto ai consumi di gas --
CASE volume_risc_netto>0
WHEN true THEN sum(indicatori_xgeocivico.consumi) * 0.95::double precision
* 8300::double precision * 4185::double precision / 3600000::double precision
ELSE 0
END
AS apporto_kw_gas,

-- espressione che calcola l'apporto di kw al mc dovuto ai consumi di gas --
CASE
  volume_risc_netto>0
WHEN true THEN sum(indicatori_xgeocivico.consumi) * 0.95::double precision
* 8300::double precision * 4185::double precision / 3600000::double precision
/ volume_risc_netto
ELSE 0
END
AS apporto_kw_gas_mc,

-- espressione che calcola l'emissione di CO2 dovuta ai consumi di gas --
CASE volume_risc_netto>0
WHEN true THEN sum(indicatori_xgeocivico.consumi) * 1.9::double precision
/ 1000::numeric
ELSE 0
END
AS t_CO2_gas,

-- espressione che calcola l'apporto di kw dovuto ai consumi di legno --
CASE volume_risc_netto>0
WHEN true THEN (sum(indicatori_xgeocivico.legna_stube_pellet) * 18800::numeric)
ELSE 0
END
AS apporto_kw_legno,
```

```

-- espressione che calcola l'apporto di kw al mc dovuto ai consumi di legno
--
CASE volume_risc_netto>0
WHEN true THEN (sum(indicatori_xgeocivico.legna_stube_pellet) * 18800::numeric) / volume_risc_netto
ELSE 0
END
AS apporto_kw_legno_mc,

-- espressione che calcola l'emissione di CO2 dovuta ai consumi di legno --
CASE volume_risc_netto>0
WHEN true THEN sum(indicatori_xgeocivico.legna_stube_pellet) * 4.7::double precision * 0.084::double precision
-- 4,7 sono le tonnellate di legna consumata mediamente da un utenza, 0.084
sono le tonnellate di CO2 prodotte ogni t di legno bruciato --
ELSE 0
END
AS t_CO2_legno,

-- espressione che calcola l'apporto di kw dovuto ai consumi di gasolio --
CASE volume_risc_netto>0
WHEN true THEN (sum(indicatori_xgeocivico.gasolio) * 20000::numeric)::double precision
ELSE 0
END
AS apporto_kw_gasolio,

-- espressione che calcola l'apporto di kw al mc dovuto ai consumi di gasolio --
CASE volume_risc_netto>0
WHEN true THEN (sum(indicatori_xgeocivico.gasolio) * 20000::numeric)::double precision / volume_risc_netto
ELSE 0
END
AS apporto_kw_gasolio_mc,

-- espressione che calcola le emissioni di CO2 dovute ai consumi di gasolio
--
CASE volume_risc_netto>0
WHEN true THEN sum(indicatori_xgeocivico.gasolio) * 2000::numeric * 2.65::double precision / 1000
ELSE 0
END
AS t_CO2_gasolio,

-- espressione che calcola l'apporto di kw al mc dalla somma di tutti i consumi --
CASE volume_risc_netto>0
WHEN true THEN (COALESCE(sum(indicatori_xgeocivico.consumi) * 0.95::double precision * 8300::double precision * 4185::double precision / 3600000::double precision / volume_risc_netto, 0::double precision) + COALESCE((sum(indicatori_xgeocivico.legna_stube_pellet) * 18800::numeric)::double precision / volume_risc_netto, 0::double precision) + COALESCE((sum(indicatori_xgeocivico.gasolio) * 20000::numeric)::double precision / volume_risc_netto, 0::double precision))
ELSE 0
END
AS apporto_kw_totale_mc,

```

```

-- espressione che calcola il consumo di energia procapite --
CASE sum(indicatori_xgeocivico.componenti)>0
WHEN true THEN (COALESCE(sum(indicatori_xgeocivico.consumi) * 0.95::double
precision * 8300::double precision * 4185::double precision / 3600000::dou-
ble precision / sum(indicatori_xgeocivico.componenti), 0::double precision)
+ COALESCE((sum(indicatori_xgeocivico.legna_stube_pellet) * 18800::nume-
ric)::double precision / sum(indicatori_xgeocivico.componenti), 0::double
precision) + COALESCE((sum(indicatori_xgeocivico.gasolio) * 20000::nume-
ric)::double precision / sum(indicatori_xgeocivico.componenti), 0::double
precision))
ELSE 0
END
AS apporto_kw_totale_procapite,

-- espressione che riporta nella nuova tabella tutti gli indicatori --
sum(indicatori_xgeocivico.solare) AS impianti_solare,
sum(indicatori_xgeocivico.fotov) AS impianti_fotov,
sum(indicatori_xgeocivico.metano) AS impianti_metano,
sum(indicatori_xgeocivico.nuclei) AS nuclei,
sum(indicatori_xgeocivico.componenti) AS persone,
sum(indicatori_xgeocivico.fam_bambini) AS fam_bambini,
avg(indicatori_xgeocivico.perc_bambini)::integer AS perc_bambini,
sum(indicatori_xgeocivico.fam_anziani) AS fam_anziani,
avg(indicatori_xgeocivico.perc_anziani)::integer AS perc_anziani,
sum(indicatori_xgeocivico.fam_soloanziani) AS fam_soloanziani,
avg(indicatori_xgeocivico.perc_soloanziani)::integer AS perc_soloanziani,
sum(indicatori_xgeocivico.fam_laureati) AS fam_laureati,
avg(indicatori_xgeocivico.perc_laureati)::integer AS perc_laureati,
( avg(valutazione_totale_facciata))::double precision AS valutazione_di-
spersioni,
row_number() OVER (ORDER BY 1::integer) AS id
FROM feltre.indicatori_xgeocivico

-- espressione che aggrega le entità geografiche degli indicatori riferiti
al punto civico con l'edificio a cui appartengono --
RIGHT JOIN
(SELECT elementi_edilizi.gid,
elementi_edilizi.id_element,
elementi_edilizi.the_geom,
quotabas,
quotagro,

-- funzione che calcola il volume riscaldato netto degli edifici --
COALESCE( CASE elementi_edilizi.v_risc > 0::double precision OR elemen
ti_edilizi.v_risc IS NOT NULL
WHEN true THEN elementi_edilizi.v_risc * 0.88::double precision
WHEN elementi_edilizi.note = 'agenzia entrate' THEN (elementi_edilizi.quo-
tagro - elementi_edilizi.quotabas) * st_area(elementi_edilizi.the_geom) *
0.88::double precision
ELSE (elementi_edilizi.quotagro - elementi_edilizi.quotabas) * st_area(ele-
menti_edilizi.the_geom) * 0.86::double precision * 0.88::double precision
END, 0::double precision) AS volume_risc_netto,
valutazione_totale_facciata

FROM feltre.elementi_edilizi
-- espressione che aggrega le valutazioni di ogni singola facciata del ter-

```

```

momapping all'intero edificio --
LEFT JOIN feltre.ir ON elementi_edilizi.id_element = ir.id_element) AS ele-
menti_edilizi
ON st_intersects(indicatori_xgeocivico.the_geom, elementi_edilizi.the_geom)

GROUP BY elementi_edilizi.gid, sid_element, elementi_edilizi.the_geom, quo-
tabas, quotagro,volume_risc_netto;

-- espressione che calcola l'emissione totale di CO2 dalla somma di tutte
le varie fonti di emissione --
UPDATE feltre.indicatori_xedificio
SET t_co2_totale = COALESCE(t_CO2_gasolio,0) + COALESCE(t_CO2_gas,0) + CO-
ALESCE(t_CO2_legno,0);

-- espressione che calcola l'emissione totale di CO2 al mc di edificio dalla
somma di tutte le varie fonti di emissione --
UPDATE feltre.indicatori_xedificio
SET t_co2_totale_mc = (COALESCE(t_CO2_gasolio,0) + COALESCE(t_CO2_gas,0) +
COALESCE(t_CO2_legno,0))/(volume_risc_netto + 0.1);

```

La *query* qui descritta è una delle innumerevoli operazioni che il database, motore dell'intero sistema di *Energy Web*, elabora in tempo reale, mantenendo la base dati sempre aggiornata.

Bibliografia

Nota al lettore: la seguente bibliografia è stata redatta secondo le indicazioni del *Chicago Manual of Style 16th edition*.

“Direttiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 ottobre 2010.” Gazzetta Ufficiale dell’Unione Europea.

Alex Denham. How Freiburg Ended up with Utopian ‘Green’ Districts+More. 2012. <http://www.planningobserver.com/index.php/how-freiburg-ended-up-with-utopian-green-districts-more/>

Altoè, Gianmarco. “Introduzione al tema dell’inquinamento atmosferico urbano e dei suoi effetti sulla salute.” ARPAV. http://www.arpa.veneto.it/prevenzione-e-salute/ambiente-e-salute/file-e-allegati/documenti/inquinamento-atmosferico/as_intro_tema_inq_atm.pdf.

Baker, Nick e Koen Steemers. *Energy and Environment in Architecture*. London: E&FN Spon, 2000.

Bastian, Hilda. “Open access 2013: A year of gaining momentum.” *Scientific American Blogs*, december 26, 2013. <http://blogs.scientificamerican.com/absolutely-maybe/2013/12/26/open-access-2013-a-year-of-gaining-momentum>.

Batty, Michael, Andrew Crooks, Andrew Hudson-Smith, Richard Milton, Suchith Anand, Mike Jackson e Jeremy Morley. “Data mash-ups and the future of mapping.” *Technology & Standards Watch (TechWatch)*. Bristol: JISC, 2010.

Blanchetti Emilia. *La terza rivoluzione industriale. Come il mondo cambierà faccia nel prossimo mezzo secolo secondo Jeremy Rifkin*. 2013. <http://www.festivaldellenergia.it/energia-spiegata/scenario/la-terza-rivoluzione-industriale-il-futuro-secondo-jeremy-rifkin>.

Bonan, Valter e Paolo Perenzin. “Un progetto per la città.” A cura di Massimiliano Condotto. *Conoscenza condivisa e collaborativa della città e dello stato energetico a scala urbana*. (Giornale Università Iuav di Venezia) no. 129, (2013): 2. Venezia: Grafiche Veneziane.

Bonan, Valter. “Casa dei beni Comuni. Il progetto.” *Sito istituzionale Comune di Feltre*. <http://partecipo.comune.feltre.bl.it/il-progetto>.

Borga, Giovanni. *City Sensing. Approcci, metodi e tecnologie innovative per la Città Intelligente*. Milano: Franco Angeli, 2014.

Bucceri, Nuccio e Stefano Picchio. "Termomapping urbano." A cura di Massimiliano Condotta. *Conoscenza condivisa e collaborativa della città e dello stato energetico a scala urbana*. (Giornale Università Iuav di Venezia) no. 129, (2013): 10. Venezia: Grafiche Veneziane.

Bucceri, Nuccio. "Il rilievo laser avionico." A cura di Massimiliano Condotta. *Conoscenza condivisa e collaborativa della città e dello stato energetico a scala urbana*. (Giornale Università Iuav di Venezia) no. 129, (2013): 5. Venezia: Grafiche Veneziane.

Bucceri, Nuccio. "Il rilievo laser da terra." A cura di Massimiliano Condotta. *Conoscenza condivisa e collaborativa della città e dello stato energetico a scala urbana*. (Giornale Università Iuav di Venezia) no. 129, (2013): 6. Venezia: Grafiche Veneziane.

Campbell, Angus, Philip E. Conversen and William R. Rogers. *The quality of American life: perceptions, evaluations and satisfactions*. New York: Russel Sage Foundation, 1976.

Camporese, Rina. "La componente 'famiglie' nel consumo energetico urbano." A cura di Massimiliano Condotta. *Conoscenza condivisa e collaborativa della città e dello stato energetico a scala urbana*. *Giornale Università Iuav di Venezia*, no. 129, (2013):13. Venezia: Grafiche Veneziane.

Chiesa, Giancarlo. "Riflessioni sulla sostenibilità energetica nell'ambiente costruito." *Energia in Città*, 9-23. Como: Centro di Cultura Scientifica Alessandro Volta, 2012.

Clabby, Catherine. "Narrowing In on Negawatts. Innovations in longwave-infrared imaging allow scientists to "see" radiant energy leaks, one block at a time." *American Scientist*. 99, n.6 (November-December 2011):490-491. doi: 10.1511/2011.93.490. <http://www.americanscientist.org/issues/pub/narrowing-in-on-negawatts>.

Cohen, Boyd. "The Top 10 Smart Cities On The Planet." 2012. <http://www.fastcoexist.com/1679127/the-top-10-smart-cities-on-the-planet>

Condotta Massimiliano, Luigi Di Prinzio, Stefano Picchio e Giovanni Borga. "Energy Web Feltre. Verso la conoscenza condivisa dello stato energetico urbano". *Facility Management Italia*, n.22. Milano: Edicom Edizioni, (2013): 44-50.

Condotta, Massimiliano e Andrea Baggioli. "SPINE: SPIN-Energy Efficiency & Urban development Planning. Case studies for energy efficiency in historical buildings." *Energy Management in Cultural Heritage. International Conference*, (2011). Dubrovnik: UNDP Croatia.

Condotta, Massimiliano, a cura di. *Energy Web Feltre. Conoscenza condivisa e collaborativa della città e dello stato energetico a scala urbana*. *Giornale Università Iuav di Venezia*, no. 129, (2013). Venezia: Grafiche Veneziane.

Condotta, Massimiliano, Ezio Arlati, Elena Bogani, Alberto Giretti e Marco Masera. "Improving the MACE Architectural Learning Portal with Practice of Community knowledge generation." In *IMSCI 2011. The 5th International Multi-Conference on Society, Cybernetics and Informatics*, Edited By N. Callaos, J. V. Carrasquero, A. Oropeza, A. Tremante, F. Wel-

sch, Volume II, 214-219. Orlando: Florida, 2011.

Condotta, Massimiliano, Giovanni Borga. 'Sensing' the city model to improve effectiveness of digital resources. *Territorio Italia. Governo del Territorio, Catasto, Mercato immobiliare*, anno XII n. 2 (2012), 85-93. Roma: Agenzia delle Entrate.

Condotta, Massimiliano. "Energy Web Feltre". *Formazione e ricerca per lo sviluppo del territorio, Giornale Università Iuav di Venezia*, n. 112 (2012), 14-16. Venezia: Grafiche Veneziane.

Condotta, Massimiliano. "Using Controlled Vocabularies for a Creative Interpretation of Architectural Digital Resources." *Getty Research Journal (Getty Research Institute, Los Angeles)* no. 5 (2013): 157-163. Editors: Thomas W. Gaechtgens, Lucy Bradnock. Los Angeles: Getty Publications (The J. Paul Getty Trust).

Connected Urban Development, Cisco System. "Urban Ecomap." <http://urbanecomap.org>

Cottica, Alberto. *Wikicrazia. L'azione di governo al tempo della rete*. Palermo: Navarra Editore, 2010.

De Biase, Luca. *Smart Cities*, Lectio Magistralis allo Iuav, Venezia, 5 aprile 2012. <http://www.ricercasit.it/dottorato/Content.aspx?page=285>

Dorfner, Johannes. "GIS-based Mapping Tool for Urban Energy Demand," presentation at the Building Services, Mechanical and Building Industry Days Conference, Debrecen, 2011, http://www.energycity2013.eu/media/Documents%20Centre/WP2/mid-term%20conference/presentations/05_Dorfner.pdf.

EEA, 2011. Air Quality in Europe, 2011. European Environmental Agency, Copenhagen. www.eea.europa.eu/publications (Technical Report No. 12/2011).

Energycity2013. "Reducing Energy Consumption and CO2 Emissions in Cities Across Central Europe." Final Publication. 2013. http://www.energycity2013.eu/media/final-publication_preview.pdf

EnergyIT. "Gainesville Green." 2012. <http://gainesville-green.com>.

Entropia Zero srl. "Firma e Certificazione Energetica." *Entropia Zero*. <http://www.entropia-zero.it/categoria/soluzioni/name/firma-e-certificazione-energetica>

European Commission. *How to develop a Sustainable Energy Action Plan (SEAP) – Guidebook*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010.

Farinelli, Ugo. "Energia, urbanesimo e società sostenibile: una chiave di lettura". *Energia in Città*, 25-35. Como: Centro di Cultura Scientifica Alessandro Volta, 2012.

Finizio Michela. "Efficienza in casa: il salto di classe energetica taglia i costi del 25%." *Casa 24 Plus. Il Sole 24 ore*. 23 maggio 2012. <http://www.casa24.ilssole24ore.com/art/mercato-immobiliare/2012-05-23/efficienza-casa-salto-classe-165415.php>

Firmaenergetica.info. *Cos'è la firma energetica*. Firmaenergetica.info. www.firmaenergetica.info

Fischer, Gerhard e Elisa Giaccardi. "Meta-design: A Framework for the Future of End_ User Development." H. Lieberman, F. Paternò, & V. Wulf (Eds.), *End User Development - Empowering people to Flexibility Employ Advanced Information and Communication Technology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2004. 427-457

Francescato, Valter e Eliseo Antonini . *La combustione del legno. Fattori di emissione e quadro normativo*. Legnaro: Vento Agricoltura.

Giffinger, Rudolf, Christian Fertner, Hans Kramar, Robert Kalasek, Nataša Pichler-Milanovic e Evert Meijers. "Smart cities – Ranking of European medium-sized cities". <http://www.smart-cities.eu/>. Vienna: Centre of Regional Science, 2017.

Goodchild, Michael F., Donald G. Janelle, eds. *Thinking spatially in the social sciences. Spatially integrated social science*. Oxford: Oxford University Press, 2004.

Graham, Paul. "Web 2.0." *Paulgraham.com*. Novembre 2005. <http://www.paulgraham.com/web20.html>.

House of Commons. Business and Enterprise Committee. *Energy prices, fuel poverty and Ofgem*. London. The Stationery Office Limited. 2008. <http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200708/cmselect/cmberr/293/293i.pdf>.

Howard, B., L. Parshall, J. Thompson, S. Hammer, J. Dickinson e V. Modi. "Spatial distribution of urban building energy consumption by end use." *Energy and Buildings*, n.45, (2012): 141-151.

Istat. *I consumi delle famiglie. Anno 2009*. Roma: Istat Servizio Editoria, 2011.

JRC. Linee Guida "Come Svilappare Un Piano Di Azione Per L'energia Sostenibile - Paes". Paolo Bertoldi, Damian Bornás Cayuela, Suvi Monni, Ronald Piers de Raveschoot. 2010. doi:10.2790/23962.

Koen, Steemers. "Energy and the city: density, buildings and transport." *Energy and Buildings*, n.35, (2003): 3-14

Lévy, Pierre. *L'intelligence collective. Pour une anthropologie du cyberspace*. Paris: La Découverte, 1994.

Macaskill, Ewen and Gabriel Dance. "NSA files: decoded. What the revelations mean for you." *The Guardian*. Prodotto da Feilding Cage and Greg Chen. London, 2013. <http://www.theguardian.com/world/interactive/2013/nov/01/snowden-nsa-files-surveillance-revelations-decoded#section/1>

Manovich, Lev. *Info-aesthetics: information and form*. <http://www.manovich.net/IA/>

Marans, Robert W., Robert J. Stimson, ed. *Investigating Quality of Urban Life*. Springer, 2011.

Michael, Harvey G. "Enabling Deep and Scalable Energy Efficiency in Communities: Report of Energy. Efficiency Practicum 11.946." Cambridge, MIT, 2009. http://web.mit.edu/energy-efficiency/docs/MIT_CommunityEnergyPracticum.pdf

- Migliore, Luciana. "Evoluzione". In *Enciclopedia Italiana - V Appendice* (1992). Treccani.
- Ministero dell'Ambiente. "Deliberazione MinAmbiente 10 aprile 2009, n. 14. Attuazione decisione 2007/589/Ce - Linee guida per monitoraggio e comunicazione emissioni gas serra".
- Mitchell, William J. *Smart Cities: Vision*. <http://smartcities.media.mit.edu/frameset.html>
- Modi Research Group. "Estimated Total Annual Building Energy Consumption at the Block and Lot Level for NYC." Columbia University, 2012. <http://modi.mech.columbia.edu/resources/nycenergy/about.html>.
- Open Knowledge Foundation Italia. *Il manuale degli Open Data*. 2012. <http://opendatahandbook.org/it/>
- Paul, Longley A., Michael f. Goodchild, David J. Maguire and David W. Rhind. (2010). *Geographic Information Systems and Science*. New York: Wiley & Sons, 2010.
- Picchio, Stefano. "Il City Model per quantificare gli elementi urbani." A cura di Massimiliano Condotta. *Conoscenza condivisa e collaborativa della città e dello stato energetico a scala urbana*. (Giornale Università Iuav di Venezia) no. 129, (2013): 9. Venezia: Grafiche Veneziane.
- Picchio, Stefano. "Ortofoto ad Altissima risoluzione." A cura di Massimiliano Condotta. *Conoscenza condivisa e collaborativa della città e dello stato energetico a scala urbana*. (Giornale Università Iuav di Venezia) no. 129, (2013): 4. Venezia: Grafiche Veneziane.
- Picchio, Stefano. "Quadro di conoscenza della radiazione solare come supporto decisionale ad iniziative di smart grid." A cura di Massimiliano Condotta. *Conoscenza condivisa e collaborativa della città e dello stato energetico a scala urbana*. (Giornale Università Iuav di Venezia) no. 129, (2013): 8. Venezia: Grafiche Veneziane.
- Piol, Roberto. "L'inventario delle emissioni in atmosfera in Valbelluna." *Valutazione Integrata della Qualità dell'aria in val Belluna*. ARPAV, Regione del Veneto, 2007.
- Purvis, Andrew. "Is this the greenest city in the world?" *The Guardian*, March 23, 2008. <http://www.theguardian.com/environment/2008/mar/23/freiburg.germany.greenest.city>
- Ratti, Carlo, Nick Baker, e Koen Steemers. Energy consumption and urban texture. *Energy and Buildings*. Volume 37, n. 7 (2005), 762-776.
- Ratto, Paolo. "Geo-Social Network: l'evoluzione e il momento attuale [4.1]." *GEOlocalizzazione e SOCIAL WEB*. 2012. <http://www.paoloratto.com/geosocialweb/geo-social-network-evoluzione-4-1/>
- Reul, Lindsay K. and Harvey G. Michaels. "Mapping Energy Efficiency for Community-Level Engagement." MIT Energy Efficiency Strategy Project, 2012. http://web.mit.edu/energy-efficiency/docs/EESP_Reul_MappingForEngagement.pdf
- Rifkin, Jeremy. *La terza rivoluzione industriale. Come il «potere laterale» sta trasformando l'energia, l'economia e il mondo*. Milano: Mondadori, 2011.

Rifking, Jeremy. *La terza rivoluzione industriale*. Milano: Mondadori, 2011.

Saggini, Patrizia. “Ecco come risparmiare in bolletta grazie all’open data.” *Smart&Green City*. In *CheFuturo! Il Sole 24 ore*. 23 Dicembre, 2013. <http://www.chefuturo.it/2013/12/saggini-ecco-come-risparmiare-in-bolletta-grazie-allopen-data/>

Sarma, Sanjay, Jonathan Jesneck e Long N. Phan. “Negawatt Mining.” MIT Field Intelligence Laboratory. <http://video.mit.edu/watch/mit-field-intelligence-laboratory-negawatt-mining-7112/>

Shirky, Clay. *Here Comes Everybody: How Change Happens when People Come Together*. New York: Penguin, 2009.

Spada, Mario. “Appunti per la città intelligente.” Forum PA. 2012. <http://saperi.forumpa.it/story/69499/appunti-la-citta-intelligente#.UpNzv5H-ZwE>

Stefano, Pili e Massimiliano Condotta. “A smart approach to analyze at urban level buildings energy demand to support energy saving policies. An Italian case study”. *CISBAT 2013 International Conference. Cleantech for Smart Cities & Buildings from nano to urban scale*, (2013). Lausanne: EPFL.

Sterling, Bruce. *Shaping Things*. Cambridge: MIT Press, 2005.

The Biomass TradeCentre II project. <http://www.biomastradecentre2.eu/Biomass-Trade-CentreII/>

Turner, Andrew. “Introduction to Neogeography.” *Short Cuts*. Sebastopol: O’Reilly Media, 2006.

Veronesi, Sara e Bruno Zanon. *Energia e pianificazione urbanistica. Verso un’integrazione delle politiche urbane*. Roma: Franco Angeli, collana Università-Economia, 2013.

Weijers, E. P., M. Schaap, L. Nguyen, J. Matthijssen, H. Denier van der Gon, H.M. ten Brink, and R. Hoogerbrugge, R. “Anthropogenic and natural constituents in particulate matter in the Netherlands.” *Atmospheric Chemistry and Physics*, n°11 (2011): 2281-2294. doi:10.5194/acp-11-2281-2011.

