

I
- - -
U
- - -
A
- - -
V

Scuola di Dottorato IUAV - Venezia
Dottorato di ricerca in “Nuove Tecnologie e Informazione Territorio e Ambiente”
Triennio accademico 2007/08 – 2009/10

INFORMAZIONI CONDIVISE
PER L'ANALISI DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE IN EDILIZIA

Tesi di dottorato di: Silvia Dalla Costa

XXIII CICLO

Tutor interni:
Prof. Domenico Patassini, Prof. Massimo Rumor
Università IUAV di Venezia

Tutor esterni:
Dott. Italo Meroni, Ing. Ludovico Danza, Ing. Lorenzo Belussi
Istituto per le Tecnologie della Costruzione ITC-CNR San Giuliano Milanese (MI)

Revisore:
Dott.ssa Monica Salvia
Istituto di Metodologia per l'Analisi Ambientale IMAA-CNR Tito Scalo (PZ)

“Nella storia, le grandi rivoluzioni economiche si verificano quando nuove tecnologie di comunicazione si fondono con un nuovo regime energetico creando così un nuovo paradigma”

Rifkin, Economia all'Idrogeno, 2002, pag. 243

INFORMAZIONI CONDIVISE PER L'ANALISI DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE IN EDILIZIA

INDICE

Scheda di sintesi.....	6
Premessa	6
Questioni.....	6
Ipotesi di ricerca	6
Metodologia	7
Struttura della tesi.....	7
Abstract.....	10

PARTE PRIMA: QUADRO DI RIFERIMENTO

1 Efficienza, prestazioni e consumi energetici nell'edilizia residenziale	11
1.1 Evidenze: trend dei consumi e dell'efficienza energetica	11
1.2 Misure di efficienza a livello europeo e nazionale.....	14
1.3 Strumenti attuativi e ruolo delle amministrazioni locali.....	19
Bibliografia.....	24
Sitografia	25
2 Base informativa per la rappresentazione delle prestazioni energetiche edilizie	26
2.1 Motivazioni	26
2.2 Requisiti della Base informativa	29
2.2.1 <i>Pratiche correnti</i>	29
2.2.2 <i>Requisiti generali</i>	30
2.3 Scelta dei dati	31
2.3.1 <i>Pre-audit per la diagnosi e la certificazione energetica</i>	31
2.3.2 <i>Equazione di bilancio energetico</i>	32
2.3.3 <i>Integrazione con i dati di contesto e delle utenze</i>	33
2.4 Scelta e scopo degli indicatori	34
2.4.1 <i>Indicatori per comunità sostenibili</i>	35
2.4.2 <i>Evidenze</i>	37
2.5 Sintesi delle ipotesi e della strategia per la costruzione della Base informativa	38
Bibliografia.....	39
3 Tecnologie e informazione geografica per la diagnosi e il monitoraggio energetico.....	41
3.1 Sensori.....	41
3.1.1 <i>Sensori per la diagnosi energetica</i>	41
3.1.2 <i>Sensori per la ricostruzione delle geometrie</i>	44
3.1.3 <i>Sensori per il monitoraggio energetico</i>	45
3.1.4 <i>Sensori per il monitoraggio delle variabili ambientali</i>	45
3.2 Standard OGC per la gestione e condivisione dei dati geografici	46
3.3 Standard OGC per le reti di sensori	46
3.3.1 <i>Applicativi SWE Compliant</i>	50
3.3.2 <i>Standard OGC per la modellazione 3D</i>	51

3.3.3	CityGML 1.0.....	51
3.4	Web Gis per il monitoraggio energetico.....	52
	Bibliografia.....	54
	Sitografia	55
4	Bilancio energetico del patrimonio edilizio esistente	56
4.1	Equazione.....	56
4.2	Norme di riferimento e metodi di calcolo	58
4.3	Strumenti per il calcolo dei fabbisogni e delle prestazioni energetiche.....	59
4.3.1	Utilizzo di DOCET e Convenzione con ITC-CNR.....	60
4.4	Fabbisogno di energia termica per il riscaldamento	61
4.5	Calcolo degli scambi termici.....	61
4.6	Scambio termico per trasmissione	62
4.6.1	Coefficiente globale di scambio termico per trasmissione	62
4.6.2	Radiazione termica verso il cielo	65
4.7	Scambio termico per ventilazione.....	66
4.7.1	Coefficiente globale di scambio termico per ventilazione.....	66
4.8	Calcolo degli apporti termici.....	67
4.9	Flusso termico da sorgenti interne di calore.....	67
4.10	Flusso termico solare	68
4.10.1	Fattore di riduzione per ombreggiatura	68
4.10.2	Area di captazione solare effettiva	69
4.10.3	Irradianza solare media mensile	70
4.11	Parametri dinamici	71
4.11.1	Fattore di utilizzo per il riscaldamento e costante di tempo	71
4.12	Fabbisogno di energia primaria	72
4.13	Calcolo dell'energia primaria	72
4.13.1	Indice di prestazione energetica per il riscaldamento	73
4.13.2	Rendimento medio stagionale degli impianti di riscaldamento	74
4.13.3	Integrazione di calcolo con impianto solare termico e fotovoltaico	74
	Bibliografia.....	76
5	Fonti e dati puntuali e di contesto.....	77
5.1	Dati geometrici-spaziali	77
5.2	Dati termo-fisici	78
5.3	Dati climatici.....	79
5.3.1	Temperatura esterna.....	79
5.3.2	Irradianza solare.....	80
5.4	Dati relativi al contesto.....	83
5.5	Dati sulle modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio	83
5.6	Dati sulle caratteristiche degli impianti.....	83
	Bibliografia.....	85
	Sitografia	86
6	Prestazioni energetiche edilizie e ruolo delle utenze.....	87
6.1	Modellazione delle utenze.....	87
6.2	Interazioni tra utenze e sistema edificio/impianto.....	89
6.3	Dati sulle presenze e sulle caratteristiche degli occupanti.....	90
6.4	Dati sull'utilizzo del sistema edificio/impianto	90

6.5	Dati di comportamento e percezione	91
	Bibliografia.....	92
7	Contributo e responsabilità delle utenze per la costruzione della Base informativa	94
7.1	Pianificazione/partecipazione.....	94
7.1.1	<i>Declinazioni</i>	94
7.1.2	<i>Partecipazione in pratica</i>	95
7.2	Pianificazione energetica e comunità energetiche sostenibili.....	95
7.3	<i>Energy web</i>	98
7.4	Partecipazione e nuove tecnologie per il territorio e l'ambiente	99
7.4.1	<i>Geobrowser</i>	100
7.4.2	<i>Sensor network e citizens as sensor</i>	100
7.5	<i>Feedback</i>	101
7.5.1	<i>Evoluzione tecnologica</i>	101
7.5.2	<i>Evoluzione di significato</i>	101
7.6	Indagine energetica	104
7.7	Integrazione tra <i>feedback</i> e indagine.....	104
	Bibliografia.....	106
8	Firma energetica e monitoraggio partecipato	110
8.1	Metodo della Firma energetica	110
8.1.1	<i>Periodo di osservazione</i>	110
8.1.2	<i>Firma energetica di progetto</i>	111
8.1.3	<i>Firma energetica reale</i>	112
8.1.4	<i>Interpretazioni della Firma energetica</i>	113
8.2	Metodologia e algoritmi di calcolo	113
8.2.1	<i>Indice di correlazione di Pearson</i>	114
8.2.2	<i>Test di Grubbs per l'identificazione di outliers</i>	117
8.3	Sviluppi in corso.....	120
8.4	Possibili fruitori e ruolo delle utenze	121
	Bibliografia.....	123

PARTE SECONDA - MODELLAZIONE DELLA BASE INFORMATIVA

9	Framework della Base informativa.....	124
9.1	Schema.....	125
10	Disegno della base dati.....	126
10.1	Premessa	126
10.2	Definizione delle variabili	127
10.3	Definizione degli indicatori.....	132
11	Modellazione concettuale della base dati	134
11.1	Entità della base dati.....	134
11.2	Relazioni tra entità.....	135
11.3	Schema E-R.....	136
11.4	Generalizzazione della Base informativa per la scala urbana.....	137
11.5	Relazioni tra entità.....	138
11.6	Schema E-R per la scala urbana.....	139
12	Modellazione logica	140

12.1	Esplicitazione delle entità e degli attributi	140
13	Realizzazione della Base informativa.....	145
13.1	Scelta del GeoDBMS	145
13.2	Modellazione 3D in CityGML	146
14	Popolamento e controllo dei dati.....	148
14.1	Analisi di sensibilità dei dati ai fini del risultato.....	148
14.2	Analisi e validazione delle risorse informative	148
14.3	Strategia di integrazione dati	150
15	Fruizione e pubblicazione della Base informativa.....	153
15.1	Costruzione degli indicatori.....	153
15.2	Pubblicazioni dei risultati	153
15.3	Considerazioni sul coinvolgimento degli attori territoriali	153
	Bibliografia per i capitoli dal 9 al 15.....	155

PARTE TERZA - L'ESPERIMENTO

16	Approccio metodologico	156
16.1	Struttura dell'esperimento	156
16.1.1	<i>Suddivisione dei ruoli e delle responsabilità.....</i>	157
17	Area e contesto di riferimento	158
17.1	Caratteristiche territoriali	158
17.2	Piani, programmi e progetti in corso	158
17.2.1	<i>Strumenti urbanistici</i>	158
17.2.2	<i>Adesione al Patto dei Sindaci</i>	160
17.2.3	<i>Convenzione tra Montevoglio Città in Transizione e Amministrazione Comunale.....</i>	161
17.3	Pianificazione dell'esperimento.....	161
17.3.1	<i>Individuazione degli obiettivi della Base informativa</i>	161
17.3.2	<i>Programmazione attività</i>	162
17.3.3	<i>Risorse informative disponibili.....</i>	163
17.3.4	<i>Dati e indicatori da rappresentare.....</i>	163
17.3.5	<i>Scelta del Geodbms.....</i>	164
18	Avvio dell'esperimento sul metodo della Firma energetica.....	165
18.1	Struttura del campione volontario	165
18.2	Raccolta e gestione dei consumi termici	166
18.3	Procedura di calcolo delle temperature medie settimanali.....	167
18.4	Determinazione del coefficiente di dispersione termica.....	171
18.5	Questionario integrativo	172
18.6	Risultati	172
18.6.1	<i>Grafici e interpretazioni</i>	172
18.6.2	<i>Sintesi delle interviste</i>	173
18.6.3	<i>Sito web per l'immissione e la verifica dei consumi.....</i>	174
19	Estensione dell'indagine e avvio della seconda parte dell'esperimento.....	176
19.1	Scelta dell'ambito territoriale e struttura del campione rilevato.....	176
19.2	Analisi di sensitività dei dati.....	180
19.3	Seconda versione del questionario	182
19.3.1	<i>Formazione.....</i>	183

19.3.2	Abaco.....	185
19.3.3	Strategia di erogazione del questionario	186
19.3.4	Popolamento della base dati	187
20	Dati e indicatori di sintesi.....	188
20.1	Sistema Edificio/Impianto.....	188
20.1.1	Andamento dei consumi termici 2006/2009 normalizzati ai GG reali.....	188
20.1.2	Distribuzione delle dispersioni per trasmissione	196
20.1.3	Situazione degli impianti di riscaldamento e ACS	201
20.2	Sistema Edificio/Contesto.....	202
20.2.1	Stima dell'emissione di CO ₂ equivalente	202
20.2.2	Fonti rinnovabili per il riscaldamento e la produzione di ACS	205
20.3	Sistema Edificio/Utenza.....	207
20.3.1	Presenze in casa e modalità di regolazione dell'impianto termico	207
20.3.2	Comportamenti degli utenti, percezione del problema energetico, comfort	209
	Bibliografia per i capitoli dal 16 al 20	211
21	Conclusioni.....	212
21.1	Considerazione sui risultati dell'esperimento.....	212
21.2	Esito generale della ricerca.....	212
	Indice delle figure.....	215
	Indice delle tabelle.....	217
	Bibliografia completa.....	218
	Appendice: Firma energetica, esempi di grafici e interpretazioni	228

Scheda di sintesi

Premessa

Le ricerche per la stesura della tesi di dottorato sono state avviate con l'obiettivo di fare un'analisi e una riflessione sul ruolo delle Nuove Tecnologie (NT) e dell'informazione geografica all'interno di pratiche e processi partecipativi. Nel corso del primo anno, dopo una prima fase orientata alla raccolta di idee e di riferimenti bibliografici, ho preferito dare alla ricerca un taglio applicativo, cercando di individuare una tematica su cui costruire un'ipotesi da validare, che mi consentisse di proseguire l'approfondimento relativo alle NT e al coinvolgimento dei cittadini e di verificarne l'efficacia tramite la realizzazione di un esperimento. Nel corso del periodo di studio e ricerca del secondo anno, svolto presso la *Hafen City University* di Amburgo, grazie al contributo della professoressa Alenka Krek, ho deciso di focalizzare l'attenzione sulla tematica delle prestazioni energetiche in edilizia e di cercare di comprendere come fosse possibile costruire una base informativa su questo ambito, orientata alla pianificazione energetica a scala locale.

Le ragioni della scelta non sono soltanto legate alle recenti direttive europee e nazionali in materia, che ho sintetizzato brevemente nella prima parte della tesi, ma anche a suggestioni che ho assimilato grazie ad alcune letture che enfatizzano il ruolo e il significato delle Nuove Tecnologie e della rete, strumentali all'evoluzione organizzativa energetica, fortemente evocative del ruolo dei cittadini, che hanno influenzato le successive letture e l'approccio alla tesi.

Ho affrontato quindi i temi dell'*energy web* e della generazione distribuita in chiave "sociale" più che tecnologica e li ho utilizzati per approfondire il contributo delle NT per la costruzione e la gestione di informazioni a supporto di comunità energetiche sostenibili.

Nello sviluppo della tesi ho inoltre affrontato il problema della modellazione delle prestazioni energetiche, a partire dall'equazione del bilancio energetico, individuandone gli elementi cardinali e analizzando gli approcci alle rappresentazioni finora adottati, cercando soprattutto di far emergere l'importanza o l'influenza delle variabili "geografiche" in relazione alle prestazioni energetiche, che determinano una serie di considerazioni sul ruolo dell'informazione territoriale stessa e di conseguenza sulle diverse tecnologie oggi disponibili, siano esse piattaforme di acquisizione o di gestione dei dati.

Questioni

Le questioni di ricerca alle quali si intende rispondere verificano la possibilità di definire e costruire un sistema di conoscenze:

1. sulle prestazioni energetiche dell'edilizia residenziale che tenga conto di tutti gli elementi che le influenzano: il sistema edificio/impianto, il contesto, le utenze;
2. a supporto del regime energetico nascente in cui il ruolo delle città, e nello specifico della sfera locale, è sempre più determinante;
3. attraverso gli strumenti, la rete, i sensori, le piattaforme, oggi largamente disponibili, utilizzabili anche come metafora di connessione tra i diversi attori chiamati a pianificare il territorio e l'ambiente, non da ultimo i cittadini.

Ipotesi di ricerca

Si è cercato di rispondere alle questioni sopra riportate ipotizzando l'integrazione di due approcci, quello tecnologico e quello partecipativo, più specificatamente attraverso la valorizzazione delle risorse informative esistenti e di proprietà pubblica, organizzate in un geodatabase, e il coinvolgimento dei diversi attori presenti sul territorio a partire dalla costruzione della Base

informativa, al fine di rendere l'indagine o altre forme di coinvolgimento attivo fasi deliberative propedeutiche al momento decisionale.

Metodologia

Si è scelto di adottare un approccio empirico, ossia di arrivare alla definizione di una Base informativa mediante la dichiarazione di alcune ipotesi, la definizione della proposta, testata successivamente attraverso un esperimento su un territorio campione.

L'esperimento è servito in sostanza alla costruzione di una base dati popolata con informazioni provenienti da risorse informative esistenti a scala locale e da un'indagine condotta sulla popolazione. L'indagine è stata realizzata secondo due modalità: in prima istanza attraverso il monitoraggio dei consumi accompagnato da un'intervista su un campione volontario di cittadini, che ha testato lungo il corso dell'anno il metodo di monitoraggio relativo ai consumi termici della Firma energetica, e, secondariamente, una volta verificato e validato il questionario, tramite l'erogazione dello stesso alla popolazione.

L'esperimento, incentrato fortemente sulla partecipazione, è stato proposto ad una realtà comunale con basi volontaristiche già orientate ad affrontare temi energetico-sostenibili, soprattutto per una questione di supporto organizzativo alla promozione dell'iniziativa e all'erogazione dei questionario, e per verificare il possibile coinvolgimento di queste associazioni nella costruzione di conoscenze locali strutturate.

Struttura della tesi

La tesi è suddivisa in tre parti principali.

La prima delinea il quadro di riferimento entro cui si pone la proposta ed evidenzia le componenti fondamentali che vanno a definire la Base informativa.

Il primo capitolo introduce il tema dell'efficienza e delle prestazioni energetiche e commenta gli strumenti e gli approcci istituzionali e informali alla problematica energetica, evidenziando il ritardo e le difficoltà della pianificazione, anche in relazione al ruolo e al contributo dell'informazione.

Il secondo capitolo, sulla base delle analisi precedentemente effettuate, delinea l'ipotesi e gli elementi generali costituenti la proposta.

Il terzo capitolo costituisce una riflessione sulle potenzialità dei recenti strumenti, sensori e standard per la gestione dell'informazione geografica, a possibile supporto della problematica energetica.

Il capitolo 4 esplicita dettagliatamente l'equazione del bilancio energetico che costituisce il riferimento principale della base dati delineata e descritta nella seconda parte.

I capitoli 5 e 6 completano le riflessioni propedeutiche alla progettazione della proposta offrendo un excursus dei dati e delle fonti necessarie a realizzarla (cap. 5), e una integrazione del bilancio del sistema edificio/impianto con considerazioni di contesto e relative alle utenze (capitolo 6). Utenze che nel caso della proposta non sono solo entità della base dati ma anche specifici attori coinvolti nella sua realizzazione.

Il capitolo 7 propone alcuni spunti per la componente partecipativa della proposta ed espone alcune pratiche di coinvolgimento impiegate in ambito energetico che sono state utilizzate nel corso dell'esperimento e della costruzione della Base informativa.

Nel capitolo 8 si descrive la Firma energetica, un metodo di monitoraggio dei consumi termici settimanali, in corso di analisi e studio da parte dell'ITC-CNR con cui si è avviata una collaborazione (si veda il paragrafo 4.3.1) volta a testare e validare il metodo e a integrare le informazioni raccolte nella Base informativa.

La seconda parte della tesi costituisce la proposta di Base informativa, rappresentata da uno schema (capitolo 9) spiegato in ogni sua componente nei capitoli dal 10 al 15, esplicitando in particolare il modello concettuale (capitolo 11) e logico (12) della base dati, il suo approccio incrementale, che parte da una scala architettonica ed è strutturato nel modello entità-relazione riferito alla zona termica, per poi passare di scala proponendosi a livello urbano, rappresentato da entità aggregate.

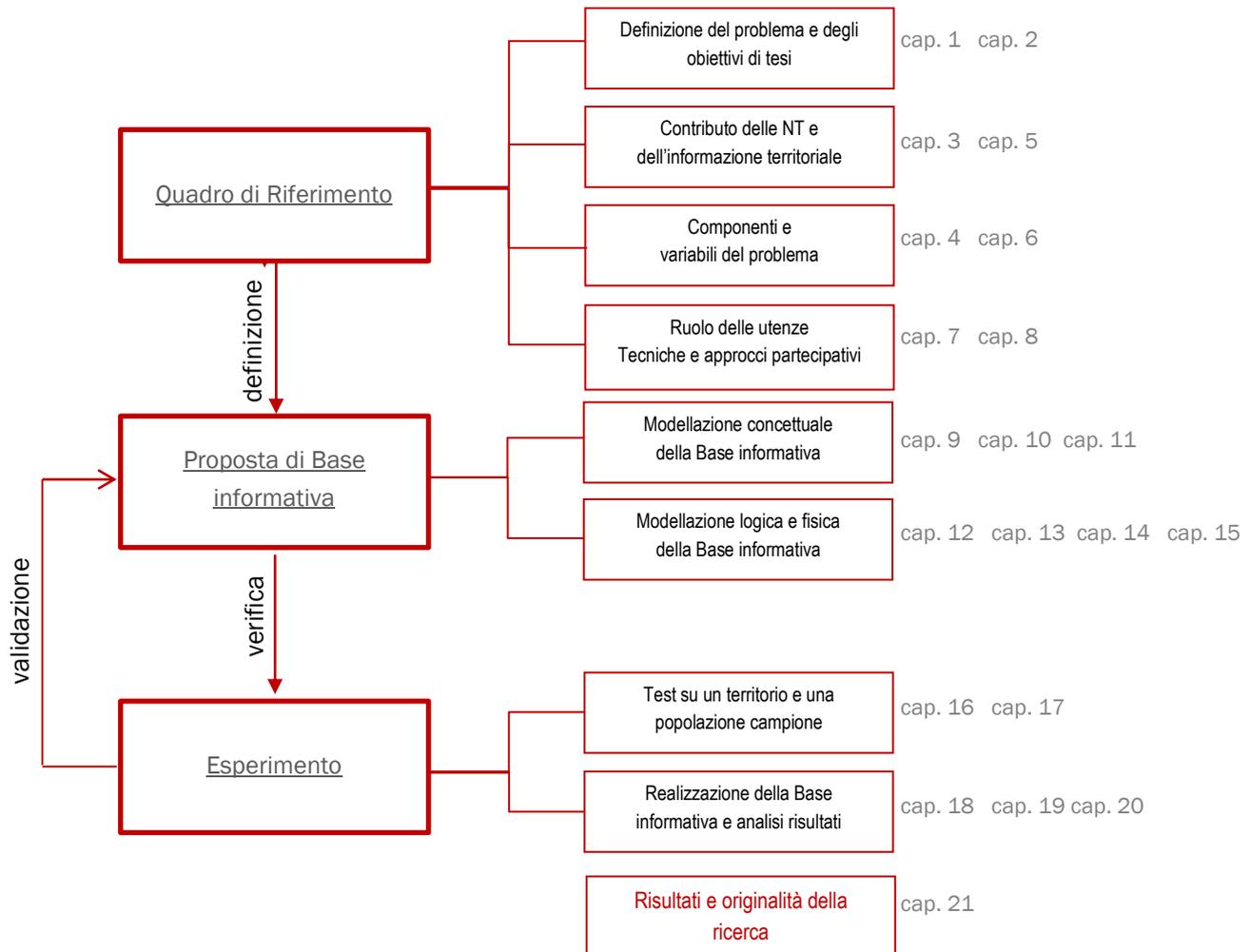
La complessità del problema trattato è molto varia: componenti edilizie, impianti, morfologia e ambiente, e le loro relazioni evidenziano come il dominio più adatto al trattamento dei dati sia lo spazio 3D. Per questa ragione il modello dati disegnato è costituito da entità tridimensionali georiferite. L'applicazione necessita inoltre della presenza di una semantica capillare all'interno del formato e l'espandibilità con proprietà ed elementi personalizzati, al fine di veicolare non solo la geometria ma anche i dati ad essa relativi.

La terza parte della tesi espone la fase sperimentale della ricerca. In particolare il capitolo 16 descrive la struttura dell'esperimento e la suddivisione dei ruoli e delle responsabilità concordate con l'amministrazione locale del territorio investigato. Il capitolo 17 sintetizza le componenti principali del territorio di riferimento e della pianificazione territoriale in corso e programmata, esplicitando di conseguenza gli obiettivi specifici della Base informativa e le diverse fasi per la sua costituzione.

L'organizzazione, la struttura e alcuni esiti dell'esperimento della Firma energetica sono esplicitate al capitolo 18 e all'Appendice B.

Il capitolo 19 delinea le fasi della seconda parte dell'esperimento, svolto attraverso la realizzazione di una indagine sulla popolazione ad adesione volontaria. Infine i risultati dell'indagine e del lavoro di integrazione con le risorse informative esistenti sono descritte al capitolo 20 che riporta quindi dati di sintesi e indicatori costruiti a partire dalla Base informativa.

La tesi si conclude con una sintesi di quanto si crede abbia costituito un contributo ai temi e obiettivi espliciti del Dottorato e con una breve riflessione sui possibili sviluppi della ricerca.



Abstract

ANALYSIS OF ENERGY PERFORMANCES OF BUILDINGS BASED ON MULTISOURCE DATA AND CITIZENS' PARTICIPATION

Energy efficiency, along with the deployment of renewable energy, is one of the priority axes of intervention in European policies and programmes.

In this direction, the biggest saving opportunity is tightly linked to the civil sector, which is one of the most considerable causes of energy inefficiency but on the other hand a key area to reduce energy consumption.

During the last years significant energy efficiency improvements have been gained in the whole Europe thanks to new construction methods and to greener household appliances, according to EU Energy Label directive (D'Arrico, 2006).

Nevertheless in this process, Italy is running late. This misalignment is due to a wide range of causes, among which: the difficulty for the public administration to regulate a private, multi-actor sector, the underestimation of local climate and urban structure in the energy plans drawing up, the lack of suitable information in decision making processes (Enea 2006, 2007, 2009).

With reference to this framework the objective of the thesis is to support the hypothesis of building an information system on energy performance of existing buildings through the contribution of a participatory approach and the use of technologies. In particular the system combines public data, organized into a 3D geodatabase, and the stakeholders' involvement. The shared construction of the system represents the first deliberative step, preliminary to project proposals.

The research is structured into three main phases. The first one focuses on the problem context and the components of the system - variables and data sources - together with participatory techniques adopted in the proposal. The second phase defines the conceptual and logical data model based on an incremental approach - from architecture to urban scale - and three main components, characterizing the building energy performance: the envelope/heating system, the users system and the environmental and territorial system. The last phase of the research proposes a test designed for the construction and validation of the information system. The test has been carried out in collaboration with ITC - CNR by integrating the data analysis and information retrieval with surveys' results and feedback practices fulfilled involving population sample.

References

- D'Arrico, E. 2006. L'Enea per il Risparmio Energetico. *Energia, Ambiente e Innovazione* n. 4/06: 6-28.
- Enea 2004. *Rapporto Energia e Ambiente 2003, Analisi e Scenari*. Roma: Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente.
- Enea 2006. *Dossier Energia e ambiente. Enea per le regioni e i distretti produttivi*. Roma: Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente.
- Enea 2007. *Dossier Dall'ecobuilding al distretto energetico: la proposta Enea per un modello di sviluppo fondato su ecoedifici e generazione distribuita*. Roma: Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente.
- Enea 2009. *Rapporto Energia e Ambiente 2008, Analisi e Scenari*. Roma: Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente.

PARTE PRIMA: QUADRO DI RIFERIMENTO

1 Efficienza, prestazioni e consumi energetici nell'edilizia residenziale

Il capitolo propone un breve quadro di riferimento per la ricerca sul tema dei consumi nel settore civile e più specificatamente in relazione alle prestazioni energetiche nell'edilizia residenziale. In questa parte si evidenziano politiche e direttive europee in materia di efficienza energetica e la risposta nazionale, sia dal punto di vista legislativo che strumentale, cercando di far emergere alcune criticità a supporto della successiva proposta di Base informativa.

1.1 Evidenze: trend dei consumi e dell'efficienza energetica

Nell'ultimo decennio le politiche e i piani d'azione energetici a livello internazionale e nazionale, per il breve e medio periodo, hanno riconosciuto fondamentale intervenire con azioni di efficienza energetica negli usi finali, al fine di ridurre i consumi termici, elettrici e le emissioni di gas serra, e aumentare a livello nazionale ed europeo indipendenza verso i Paesi terzi al fine di migliorare la sicurezza energetica degli approvvigionamenti.

Operando in questa direzione il maggior potenziale di risparmio è riferibile al settore dei trasporti e a quello civile. Quest'ultimo rappresenta una delle cause più rilevanti di inefficienza energetica e al contempo un comparto chiave nell'abbattimento dei consumi. Se consideriamo la domanda di energia primaria a livello nazionale, nel 2008 pari a 192 Mtep, il 29% (55,68 Mtep) è imputabile al settore residenziale e il 15% al terziario (28,80 Mtep).

Ancora più rilevante è la crescita dei consumi del settore civile che, dal 1990 al 2006 è stata del 2% annuo, con una flessione percentuale di un solo punto tra il 2007 e il 2008.

Disponibilità e impieghi	2008 (Mtep)					
	Solidi	Gas naturale	Petrolio	Rinnovabili	Energia elettrica	Totale
Industria	3,981	14,430	7,019	0,368	11,614	37,412
Trasporti	-	0,550	41,540	0,662	0,932	43,684
Civile	0,005	24,717	5,127	1,840	13,567	45,256
Agricoltura	-	0,137	2,386	0,230	0,488	3,241
Usi non energetici	0,126	0,695	6,937	-	-	7,758
Bunkeraggi	-	-	3,773	-	-	3,773

Tabella 1: Bilancio di sintesi dell'energia (Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico, Dipartimento per l'energia)

Consumi termici

Il riscaldamento rappresenta la quota maggiore di consumo energetico nel residenziale, assestata negli ultimi anni attorno al 68% dei consumi totali (Enea, 2007), la produzione di Acqua Calda Sanitaria (d'ora in poi ACS) ha invece fatto registrare un incremento legato sia alla diffusione in quasi tutte le abitazioni di impianti per la sua produzione, che alla permanenza di boiler elettrici, di facile utilizzo ma di bassa efficienza energetica.

Il Dossier Enea del 2007, dal titolo "Dall'ecobuilding al distretto energetico: la proposta Enea per un modello di sviluppo fondato su ecoedifici e generazione distribuita" evidenzia che i consumi termici per uso cucina sono rimasti relativamente costanti dai primi anni '90 (1,4 Mtep), mettendo in luce le trasformazioni di carattere sociale e comportamentale avvenute da allora, considerato il fatto che nello stesso decennio il numero delle famiglie è aumentato del 30%.

Consumi elettrici

I consumi elettrici, pur rappresentando una parte minore dei consumi finali di una abitazione, sono in costante aumento: dal 1997 al 2007 il loro tasso medio annuo di crescita per abitante è stato superiore al 2%, con un incremento totale del 21,8% nello stesso periodo (Terna, 2010). L'aumento in questo caso è attribuibile sostanzialmente alla diffusione di apparecchi per il condizionamento estivo.

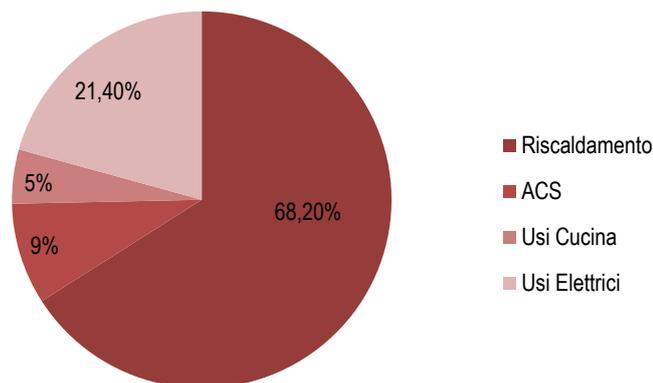


Figura 1: Ripartizione dei consumi finali di energia 2007 (Fonte Enea)

Il trend italiano di efficienza rispetto all'Europa

Facendo riferimento al trend italiano di efficienza energetica degli ultimi vent'anni, gli indici ODEX (ODyssee IndEX)¹ hanno effettivamente evidenziato una cospicua riduzione dei consumi domestici nei primi anni '90 e un miglioramento in termini di aumento dell'efficienza energetica (D'Arrico, 2006), dovuti soprattutto all'emanazione della Legge n° 10 del 1991, che ha reso obbligatoria la progettazione di impianti volti al risparmio energetico. Tale fenomeno ha però subito un'inversione di tendenza tra il 1996 e il 2000, dopodiché i consumi hanno ripreso a diminuire, seppur molto lievemente, principalmente grazie alla diffusione di elettrodomestici ad alta efficienza, l'uso di lampade fluorescenti compatte e in parte per l'adozione di misure di riqualificazione come interventi per l'isolamento termico degli edifici e la climatizzazione invernale ed estiva da fonti rinnovabili.

Le ragioni del ritardo italiano

In tale contesto tuttavia l'Italia si colloca in una posizione di ritardo rispetto alla media degli altri Paesi Europei. Il disallineamento che contraddistingue la realtà italiana in materia è attribuibile, come sottolineato nel Rapporto Enea 2008, oltre che a fattori culturali e sociali soprattutto a:

1) l'ancora debole quadro di riferimento legislativo a livello nazionale e soprattutto regionale, sia sulla questione dei piani energetici che troppo poco tengono conto della questione edilizia, sia a proposito della diffusione della certificazione energetica degli edifici, in particolare di quelli esistenti;

¹ Gli indici ODEX (da ODyssee IndEX, calcolati nell'ambito del progetto europeo Odyssee-MURE a cui partecipa l'ENEA in rappresentanza dell'Italia), sono indici sintetici di efficienza energetica costruiti seguendo un approccio bottom-up a partire da indicatori di consumo unitario dettagliati per uso finale, tipo di sistemi o apparecchiature, modalità di trasporto ecc., e ponderati per il loro peso sui consumi finali del settore. Gli indici hanno un anno base con valore pari a 100: valori dell'indice inferiori a 100 rappresentano miglioramenti dell'efficienza energetica nel settore considerato.

- 2) la difficoltà oggettiva per la Pubblica Amministrazione di intervenire in un contesto privato e in un ambito pluriattoriale (che peraltro contiene al suo interno rappresentanti, come nel caso del settore delle costruzioni, che per anni non hanno avuto alcun interesse ad operare secondo i principi dell'efficienza);
- 3) un grado di informazione e formazione dei settori professionali e dei cittadini non ancora adeguato;
- 4) la sottovalutazione del particolare contesto urbano, ambientale e climatico mediterraneo.

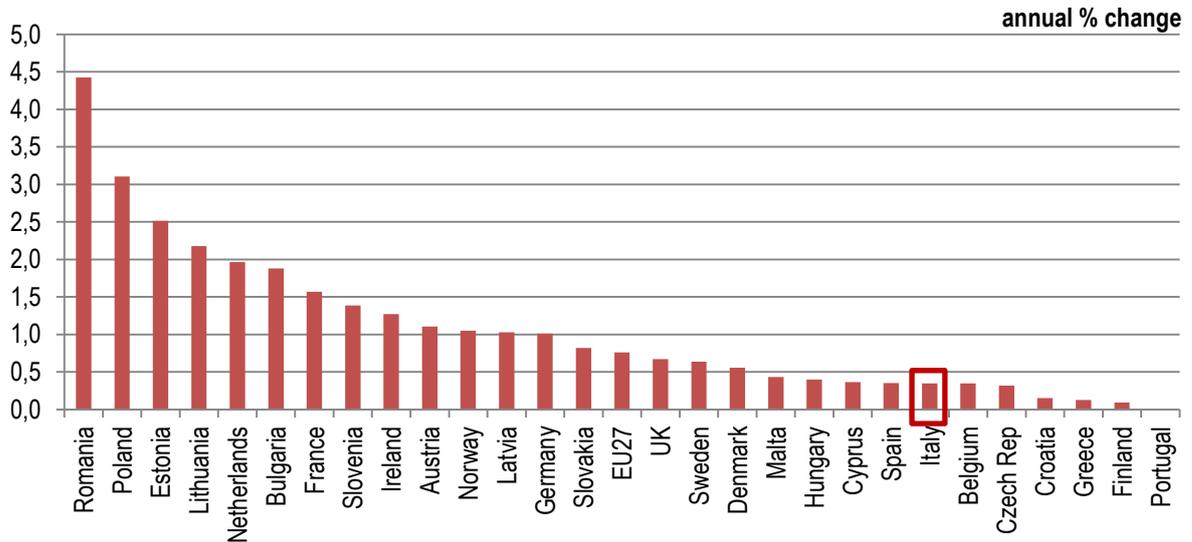


Figura 2: Variazione percentuale annua di efficienza per Paese 1997-2007. (Fonte: Mure -Odex)

Le prestazioni del patrimonio edilizio

Il Rapporto Enea “Energia Ambiente 2008” evidenzia come il consumo per metro quadrato per il riscaldamento delle abitazioni in Italia sia fra i più bassi dei Paesi sviluppati ma che, considerata la mitezza del clima mediterraneo, rapportando tale dato ai Gradi-Giorno, esso risulta fra i più alti in assoluto (Enea, 2009), dato che si evince anche dalla lettura del grafico di figura 4 derivato da uno studio di EURIMA -European Insulation Manufacturers Association, e relativo al 2005.

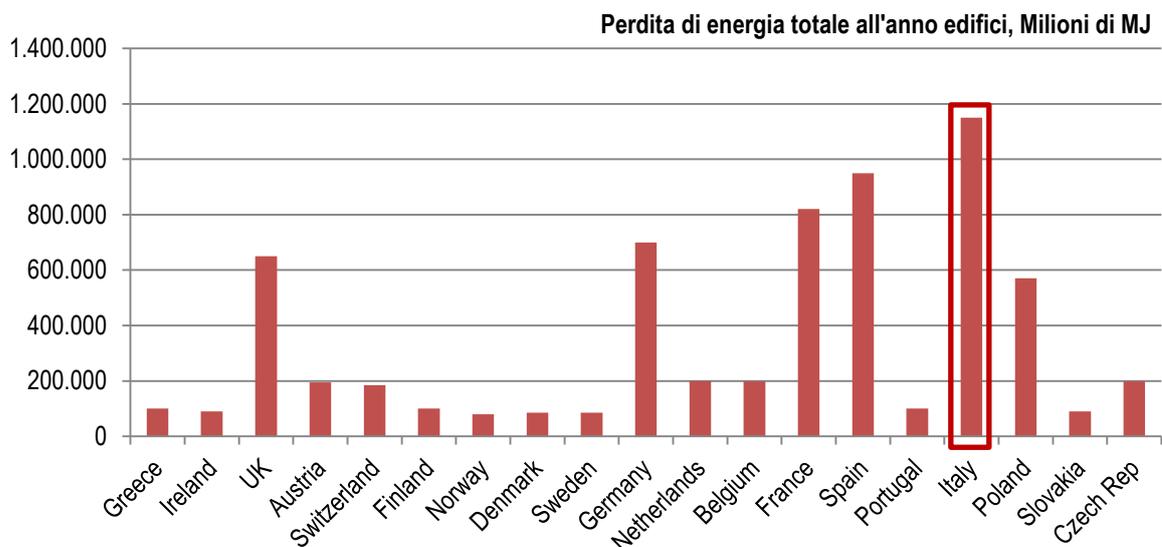


Figura 3: Perdita di energia totale all'anno degli edifici, in Milioni di MJ. (Fonte EURIMA, 2005)

Il problema deriva senza dubbio da una gestione non ottimale del sistema edificio/impianto e soprattutto dalla bassa qualità costruttiva e manutentiva degli involucri.

Il patrimonio edilizio italiano esistente è infatti costituito per più dell'80% (circa 11 milioni di edifici su un totale di 13) da strutture realizzate prima dell'entrata in vigore della legge n. 373 del 30/04/1976 "Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici", che per la prima volta ha trattato questioni inerenti il risparmio energetico. Ciò significa che il parco edilizio è rappresentato da strutture che sono state realizzate con criteri di bassa qualità energetico-ambientale (D'Arrico, 2006).

L'età di costruzione non solo ha conseguenze dirette sullo stato dell'edificio, ma anche sull'effettiva possibilità di procedere con interventi di risanamento e riqualificazione energetica, in relazione ai materiali e alle tecniche costruttive, alle tipologie edilizie (rapporto superficie/volume, presenza di loggiati, terrazze, pendenza e modalità delle coperture, ecc.), alle caratteristiche e qualità degli impianti e delle reti tecnologiche (De Santoli, Moncada Lo Giudice, 2001).

Ad aumentare un quadro di riferimento critico in termini energetici sono anche l'edificato abusivo e l'incertezza data dai mancati controlli da parte delle Pubbliche Amministrazioni in corso d'opera, di collaudo o di fine lavori, che lasciano incertezze sul grado di congruenza tra progetto esecutivo ed effettiva realizzazione degli immobili (Enea, 2007) e la loro conseguente "qualità energetica".

Infine anche la forma e il tessuto urbano incidono sul fabbisogno energetico edilizio, in termini di orientamento degli edifici, esposizione solare, adiacenza tra unità edilizie, rapporto tra edificato e spazio non occupato, provocando effetti di microclima urbano e trappole termiche che come conseguenza comportano la modifica del bilancio energetico sia della città che dei soli edifici (De Pascali, 2001).

1.2 Misure di efficienza a livello europeo e nazionale

L'attenzione degli organi istituzionali e del mondo della ricerca si è quindi spostata ad individuare misure e tecnologie orientate al raggiungimento dell'efficienza energetica del sistema edificio-impianto e al miglioramento nella gestione e nel controllo dei consumi. Consumi energetici che nel settore civile sono ripartibili lungo l'intero ciclo di vita di un edificio, ma di fatto legati al suo esercizio: in poco più di 5 anni una abitazione spreca, per il solo riscaldamento, una quantità di energia analoga a quella impiegata per la sua costruzione (Enea, 2007).

Politiche e Direttive europee

Il primo atto formale in ambito europeo relativo alla riduzione dei consumi e delle emissioni nel comparto edilizio è rappresentato dalla Direttiva 93/76/CEE emanata nel settembre del 1993.

Lo stallo nella crescita dell'efficienza registrato in Italia e nel resto d'Europa a metà degli anni '90 ha indotto l'Unione Europea a rinnovare l'impegno in questa direzione attraverso ulteriori indicazioni. Ciò è avvenuto principalmente attraverso la Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia e la Direttiva 2006/32/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 5 aprile 2006 concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici. Impegno ribadito da parte dell'Unione Europea anche attraverso la pubblicazione del Libro Verde "Una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura" che evidenzia il potenziale di risparmio energetico ottenibile attraverso modifiche comportamentali dell'utente e acquisti efficienti.

Il Libro Verde ha anticipato il Piano d'Azione dell'efficienza energetica COM (2006) 545 del 19/10/2006, che afferma come per conseguire l'obiettivo strategico di efficienza occorra "trasformare l'Europa in un'economia ad elevata efficienza energetica e basse emissioni di CO₂, favorendo una nuova rivoluzione industriale".

Il Piano d'Azione del 2006 ribadisce il possibile risparmio ottenibile dal settore residenziale e dal terziario e individua una serie di interventi da adottare a partire dalla sua data di emanazione e per i successivi 6 anni di validità del documento.

Tra gli interventi, quelli specificatamente relazionati agli edifici riguardano il rendimento energetico, al fine di ampliare, entro il 2009, l'ambito di applicazione della Direttiva 2002/91/CE agli edifici esistenti di dimensioni inferiori al 1.000 m² e di abbassare i parametri di applicazione dei requisiti minimi di rendimento energetico sia per le ristrutturazioni che per le nuove costruzioni.

Questo ampliamento è avvenuto nel 2010 con la pubblicazione della nuova Direttiva 31/2010/UE del 19 maggio 2010, che avrà effetto a partire dal primo febbraio 2012; l'impianto legislativo generale segue quello della Direttiva del 2002 e regola la certificazione energetica degli edifici pubblici e privati e i requisiti di rendimento minimi della nuova edificazione e ristrutturazione, imponendo al contempo l'obbligo per tutti gli edifici pubblici costruiti dopo l'1 dicembre 2018 e per tutti quelli privati costruiti dopo il 31 dicembre 2020 di essere a "energia quasi zero"².

Il Piano dell'Efficienza del 2006 prevedeva inoltre una revisione della Direttiva quadro sull'etichettatura energetica delle apparecchiature al fine di ampliarne il campo di applicazione e affrontava il tema della certificazione dei materiali edili, dell'efficienza energetica nelle città e la conseguente promozione del Patto tra i sindaci delle città europee all'avanguardia nel campo dell'efficienza energetica, poi lanciato dalla Commissione Europea il 28 gennaio 2008 e che coinvolge attivamente le città europee nella redazione di Piani d'azione finalizzati alla sostenibilità energetica e ambientale³.

Nel 2007 inoltre è stata pubblicata la Comunicazione della Commissione al Consiglio Europeo e al Parlamento Europeo "una Politica Energetica per l'Europa" {SEC(2007) 12} in cui si ribadisce come per i cittadini europei, l'efficienza energetica debba essere elemento saliente e contributo individuale allo sviluppo sostenibile, alla competitività e alla sicurezza dell'approvvigionamento. Obiettivo specifico è proprio quello di migliorare "rapidamente il rendimento energetico degli edifici esistenti dell'UE e di impegnarsi affinché, nella costruzione di nuovi edifici, le case a bassissimo consumo energetico diventino la norma".

Un ulteriore documento strategico di recentissima pubblicazione è il *SET-plan "Strategic Energy Technology Plan"* della Commissione Europea, e che costituisce la risposta alle grandi sfide del clima e dell'energia che l'Europa intende perseguire attraverso lo sviluppo accelerato delle tecnologie energetiche; uno strumento per guidare la transizione verso un futuro *carbon free*⁴ e strutturato in 8 macro iniziative tra cui la "*Energy Efficiency – The Smart Cities Initiative*" che si pone l'obiettivo di sostenere le città e regioni impegnate al miglioramento dell'efficienza e alla diffusione delle fonti rinnovabili puntando ad uno sviluppo di un'economia a basse emissioni.

Livello	Piano/Direttiva/Legge	Evidenze
Europeo	Libro verde "Verso una strategia europea di sicurezza dell'approvvigionamento energetico" [COM(2000) 769 def.]	
	2002 Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico nell'edilizia	
	Libro verde "Sull'efficienza energetica: fare di più con meno" [COM(2005) 265 def.]	

² La Direttiva specifica l'adozione nelle ristrutturazioni di requisiti energetici minimi obbligatori per qualunque dimensione di importo dei superiore al 25% del valore dell'edificio o che questi ultimi riguardino almeno il 25% della superficie dello stesso, a scelta dello stato membro.

³ http://www.campagnaseitalia.it/doc/Elementi%20Guida_Patto%20dei%20Sindaci_ITA.pdf (pag. visitata ad ottobre 2010)

⁴ <http://www.enea.it/eventi/eventi2008/TecnologieEnergia180308/NotaInformativaSetPlan.pdf>

	2006. Libro verde "Una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura". [COM (2006) 105 def.]	
	2006. Piano d'azione per l'efficienza energetica: concretizzare le potenzialità. [COM (2006) 545 def.]	
	2006. Direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE	
	2007. Politica energetica per l'Europa	
	Comunicazione CE "Un piano strategico europeo per le tecnologie energetiche (piano SET). Verso un futuro a bassa emissione di carbonio" [COM(2007) 723 def.]	
	Comunicazione CE "Efficienza energetica: conseguire l'obiettivo del 20%" [COM(2008) 772 def.]	
	Comunicazione CE "Investire nello sviluppo di tecnologie a basse emissioni di carbonio (Piano SET)" [COM(2009) 519 def.]	
Nazionale	Legge 373/1976 del 30 aprile 1976	Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici
	Legge 10/1991 del 9 gennaio 1991	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
	D.P.R. 412/1993 del 26 agosto 1993	Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione e la manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4 della Legge 9 gennaio 1991, n.10
	D.P.R. 551/1999 del 21 dicembre 1999	Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia
	D.Lgs. 192/2005 del 19 agosto 2005	Attuazione della Direttiva Europea 2002/91/CE sull'efficienza energetica negli edifici mettendo le basi per un intervento strategico nel contenimento dei consumi energetici e quindi delle emissioni di gas serra nel sistema edificio
	D.Lgs. 311/2006 del 29 dicembre 2006	Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192

Nazionale	Leggi n. 296/06 e n. 244/07	Le Leggi n. 296/06 e n. 244/07 stabiliscono i principi e metodi per l'incremento di efficienza energetica nel residenziale. I nuovi edifici possono essere costruiti solo se hanno un impianto per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili di potenza non inferiore a 1kW per abitazione. Per gli edifici esistenti la legge stabilisce una detrazione fiscale del 55% dei costi per interventi per il risparmio energetico negli edifici, del 20% per l'acquisto di elettrodomestici in classe energetica A+
	2007 Piano efficienza energetica per l'Italia	
	D.L.gs, 115/2008 del 4 luglio 2008	Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE
	D.P.R. 59/2009 del 2 aprile 2009	Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia
	D.M. 26 giugno 2006: Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici. (09A07900) (GU n. 158 del 10-7-2009)	
	2010 Proposta Piano efficienza energetica per l'Italia	

Tabella 2: Sintesi delle Direttive dei Piani e degli Atti legislativi in materia di efficienza energetica- settore civile

Recepimento delle Direttive e alcune note sulle azioni legislative italiane in materia di efficienza energetica

Il peso che possono assumere le politiche di risparmio ed efficienza energetica in Italia sono fondamentali, sia per quanto riguarda l'economia interna, che per le conseguenze ambientali, considerata la mancanza di fonti energetiche tradizionali che contraddistingue il territorio nazionale e l'elevata dipendenza energetica dall'estero, attualmente valutata circa all' 86% (Enea, 2009) e in costante seppur leggera crescita.

Il percorso legislativo italiano in materia energetica è stato scandito da alcune note incoraggianti a cui hanno fatto seguito invece lunghi periodi di disinteresse.

Dopo tre anni dalla crisi energetica del 1973 viene emanata la Legge 373/1976 "Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici" (G.U. 7 giugno 1976, n. 148). Si tratta della prima normativa energetica italiana: per le nuove costruzioni si impone la verifica del Coefficiente di dispersione (Cd) determinato in base alle geometrie dell'edificio e viene introdotto il concetto di Gradi Giorno⁵.

L'atto legislativo più importante, e ancora vigente, è però la Legge n° 10 del 9 gennaio 1991 "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 affronta, anche con un certo anticipo rispetto a molti altri contesti europei⁶, il tema del risparmio e persino della

⁵ I Gradi Giorno sono la sommatoria estesa a tutto il periodo di riscaldamento della differenza tra la temperatura di riferimento interna e la temperatura media giornaliera esterna.

⁶ La Pianificazione energetica è stata affrontata a livello europeo fin dagli anni '80 e ufficialmente negli anni '90 attraverso l'emanazione della COM (91) 53 (che pone l'accento sulla pianificazione regionale e locale) e del COM (90) 218 (pianificazione a scala urbana).

certificazione energetica⁷. La legge nasce infatti con l'intenzione di razionalizzare l'uso dell'energia per il riscaldamento.

I caratteri salienti della Legge 10/1991 sono, oltre alla certificazione:

- la messa a punto di quanto anticipato con la Legge 373/1976 e quindi la suddivisione del territorio nazionale in zone climatiche individuate in base ai Gradi Giorno, definiti con la norma precedente;
- l'imposizione di una serie di verifiche prestazionali, che peraltro evidenziano le posizioni e convinzioni dell'epoca in materia energetica, relative al rendimento degli impianti e che incentivano di fatto l'installazione di impianti di riscaldamento autonomi.

Ma soprattutto la Legge 10 del 1991 affronta, per la prima volta, il tema della Pianificazione Energetica obbligando le città con una popolazione superiore ai 50.000 abitanti a dotarsi di un piano specifico inerente l'energia⁸ e quindi riconoscendo la necessità che la politica nazionale si raccordi con gli elementi di pianificazione locale, rendendo possibile, almeno sulla carta, l'attivazione di iniziative elaborate dai Comuni di concerto con le Regioni, ossia dagli organi amministrativi che più direttamente possono interpretare le esigenze di sviluppo e di razionalizzazione dei sistemi energetici locali in relazione alle esigenze e alle caratteristiche dell'utenza (Gaudioso, Pignatelli, 2004).

Se si esclude il D.P.R. n° 412 del 26 agosto 1993, che rappresenta il regolamento attuativo della Legge 10/1991, e il D.P.R. 551 del 1999 che ne propone alcune modifiche e revisioni, non sono state realizzate altre azioni normative di livello nazionale volte ad incentivare l'attuazione di pratiche di efficienza e risparmio energetico.

Nel frattempo il Decreto Legislativo n° 112 del 31 marzo 1998 ha trasferito le competenze in materia energetica alle Regioni.

Di fatto è a partire dal 2005 che si è ricominciato a lavorare su questi temi, almeno sul piano legislativo attraverso il recepimento da parte del Governo italiano della Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico nell'edilizia con il Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 192, il successivo recepimento della Direttiva sull'efficienza degli usi finali di energia attraverso il Decreto Legislativo n°. 115 del 30 maggio 2008 "Attuazione della Direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della Direttiva 93/76/CEE" pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 154 del 3 luglio 2008.

La stessa Direttiva Europea 32/2006/CE prevedeva che ciascuno Stato membro presentasse Piani d'Azione per l'Efficienza Energetica (PAEE), Piano che in Italia è stato pubblicato nel 2007 e aveva come obiettivo prioritario, da perseguire entro il 2016, un risparmio energetico complessivo

⁷ La Legge 10 stabilisce con l'Articolo. 30 Certificazione energetica degli edifici, che:

1. Entro novanta giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge con decreto del Presidente della Repubblica, adottato previa deliberazione del Consiglio dei ministri, sentito il parere del Consiglio di Stato, su proposta del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, sentito il Ministro dei lavori pubblici e l'ENEA, sono emanate norme per la certificazione energetica degli edifici. Tale decreto individua tra l'altro i soggetti abilitati alla certificazione.
2. Nei casi di compravendita o di locazione il certificato di collaudo e la certificazione energetica devono essere portati a conoscenza dell'acquirente o del locatario dell'intero immobile o della singola unità immobiliare.
3. Il proprietario o il locatario possono richiedere al comune ove è ubicato l'edificio la certificazione energetica dell'intero immobile o della singola unità immobiliare. Le spese relative di certificazione sono a carico del soggetto che ne fa richiesta.
4. L'attestato relativo alla certificazione energetica ha una validità temporale di cinque anni a partire dal momento del suo rilascio.

⁸ Piani energetici regionali - stralcio Legge 9/1/1991, n. 10 Articolo 5. (Piani regionali) Comma 5. I piani regolatori generali di cui alla legge 17 agosto 1942, n. 1150, e successive modificazioni e integrazioni, dei Comuni con popolazione superiore a cinquantamila abitanti, devono prevedere uno specifico piano a livello comunale relativo all'uso delle fonti rinnovabili di energia.

pari al 9,6 % e una strategia orientata ad innalzare il livello di informazione degli utenti finali e degli operatori, il livello di formazione degli stessi operatori, la promozione della creazione di nuovi operatori (ad es. le ESCO), e meccanismi di finanziamento efficaci con il coinvolgimento del sistema finanziario e delle banche.

Il Piano di efficienza non ha avuto grande seguito, né sul piano formativo, né su quello informativo, mentre la politica di regolamentazione e di incentivazione dell'efficienza energetica degli edifici ha avuto un nuovo impulso con Decreto Legislativo n°. 311 del 29 dicembre 2006, che confermava obiettivi e regole di attuazione delle certificazioni energetiche. In particolare aggiungeva all'articolo 9 del Decreto Legislativo precedente, il comma 5-bis "Le regioni, le province autonome di Trento e di Bolzano e gli enti locali considerano, nelle normative e negli strumenti di pianificazione ed urbanistici di competenza, le norme contenute nel presente decreto, ponendo particolare attenzione alle soluzioni tipologiche e tecnologiche volte all'uso razionale dell'energia e all'uso di fonti energetiche rinnovabili, con indicazioni anche in ordine all'orientamento e alla conformazione degli edifici da realizzare per massimizzare lo sfruttamento della radiazione solare e con particolare cura nel non penalizzare, in termini di volume edificabile, le scelte conseguenti".

La metodologia di calcolo e i requisiti minimi di rendimento energetico dovevano essere adottati con regolamenti attuativi entro 120 giorni dalla data di entrata in vigore del decreto. Analogamente si doveva procedere all'individuazione dei criteri generali di prestazione energetica degli edifici, ai requisiti professionali ed ai criteri di accreditamento atti ad assicurare la qualificazione e l'indipendenza degli esperti o degli organismi cui affidare la certificazione energetica degli edifici e l'ispezione degli impianti di climatizzazione.

Purtroppo tale scadenza non è stata rispettata e le Linee Guida sono state emanate solo nel giugno 2009. Questo ritardo ha generato una serie di iniziative disgiunte da parte delle amministrazioni regionali che non hanno influenzato positivamente la diffusione di buone pratiche in materia di progettazione o riqualificazione energetica.

1.3 Strumenti attuativi e ruolo delle amministrazioni locali

Pianificazione energetica

Nonostante la crescente consapevolezza sui temi energetici e ambientali, la legge 10 del 1991 destinata ad introdurre la pianificazione energetica nei comuni di più ampie dimensioni, il rafforzamento del potere decisionale degli enti locali e l'introduzione del principio di sussidiarietà a livello europeo, il bilancio sullo stato di attuazione dei piani energetici in Italia è fortemente negativo, come evidenziato da un rapporto realizzato da Legautonomie nel 2009. Soltanto un'esigua percentuale dei Comuni chiamati a redigere il proprio Piano Energetico ha già redatto e adottato il proprio piano⁹, sono fuori da questa percentuale città importanti come Roma, Torino, Napoli. Un numero ancora piuttosto basso di enti ha invece ritenuto opportuno inserire la tematica energetica all'interno di altra strumentazione urbanistica, come il piano regolatore generale, i regolamenti edilizi o la pianificazione tematica. Preme sottolineare, sempre con riferimento al rapporto di Legautonomie altre due criticità emerse:

- dei piani esaminati approfonditamente (30), quasi la metà risultano poco operativi, ovvero non tradotti in azioni concrete e troppo generici per essere effettivamente attuati;
- il 73% dei piani analizzati ha attivato processi partecipativi finalizzati alla preparazione del Piano. C'è da chiedersi, considerato il dato precedente e quindi il parziale insuccesso della

⁹ Si precisa che il dato riportato da Legautonomie è molto diverso da quanto riportato nello studio condotto da Gaudioso e Pignatelli, per conto di APAT e citato in bibliografia. Per questa ragione si è preferito non riportare percentuali, di cui non si conosce l'esatta fonte e procedura di calcolo, ma si intende far emergere l'esiguità dei numeri di Piani redatti.

pianificazione, almeno nella sua fase attuativa, se la partecipazione sia effettivamente stata una modalità efficace di realizzazione dei piani.

Le ragioni del parziale insuccesso dello strumento di piano, oltre alle ragioni precedentemente riportate legate ai ritardi legislativi, alla mancanza di formazione e informazione congrua ai diversi livelli e alla sottovalutazione del contesto territoriale, sono attribuibili secondo De Pascali all'astrattezza che fino agli anni '80 ha caratterizzato la pianificazione energetica, teorizzata da pochi e messa in pratica da ancora meno enti e istituzioni e alla diminuzione della componente pubblica nel mercato dell'energia; "Il confronto con gli interessi degli operatori del settore comporta, almeno temporaneamente, maggiori difficoltà in termini di programmazione e pianificazione dell'uso efficiente e della diversificazione energetica" (De Pascali, 2008).

Pianificazione energetico-sostenibile

Un apporto alla riflessione sulle modalità di attuazione e sui temi da trattare all'interno della Pianificazione energetica locale si è avuto con la Conferenza Rio de Janeiro del 1992 in cui tutti i Paesi sono stati invitati a progettare e a immaginare il loro futuro a partire dai propri ambiti locali e mettendo in stretta relazione l'uso razionale e la conservazione di tutte le risorse, quindi anche quelle energetiche, per disegnare uno sviluppo sostenibile. Nella Pianificazione sostenibile il baricentro dell'attenzione si sposta sulla criticità ambientale dei consumi energetici e sulla loro dimensione territoriale (De Pascali, 2008), cresce dunque di importanza il collegamento tra dove e come l'energia viene prodotta e consumata e la ricerca di soluzioni che coinvolgano sempre di più la sfera locale.

In questo senso l'Agenda 21 locale è divenuta lo strumento di coordinamento finalizzato all'integrazione e alla declinazione a livello di comunità degli obiettivi di sostenibilità messi a punto alla Conferenza di Rio, uno strumento parallelo, ma molto spesso, o almeno in alcune esperienze temporanee, più efficace rispetto ai dispositivi istituzionali, almeno per la sua capacità di coinvolgimento, potendo contare su un'adesione allargata, volontaria e responsabile di soggetti istituzionali, associazioni, del mondo imprenditoriale e di altre organizzazioni (Enea, 2004). L'Agenda 21 ha rappresentato, nella sua fase di avvio e a livello metodologico, più che un piano di azione, un processo strategico di partecipazione e di azione di tutte le forze economiche, imprenditoriali, istituzionali e sociali di un territorio (Gaudioso, Pignatelli, 2004).

Ha inoltre introdotto due tematiche importanti ai fini dell'efficacia attuativa della pianificazione:

- la comunicazione, orientata a informare ai diversi livelli lo stato dell'ambiente e l'impatto di alcune decisioni;
- il *reporting*, al fine di elaborare, anche a scala locale bilanci energetici e delle emissioni di gas serra per misurare lo stato dell'ambiente, comunicarlo e monitorare gli obiettivi prefissati.

Purtroppo la stagione dei Piani di Agenda 21 locale si è nella pratica spesso consumata in proposte settoriali, spesso inattuate, che ne hanno indebolito l'efficacia e la forza di esempio.

Tuttavia negli ultimi anni è stato rimarcato il ruolo chiave svolto dalla *governance* locale nel raggiungimento di obiettivi di sostenibilità e di mitigazione dei cambiamenti climatici ("impegni di Aalborg" 2004, dichiarazione di Dunkerque 2010, ecc.).

Sono notevoli le azioni coordinate promosse dai governi locali e regionali per indirizzarsi verso un modello di sviluppo sostenibile, tra cui:

- Energy Cities¹⁰
- il Patto dei Sindaci¹¹
- i numerosi progetti avviati nell'ambito dell'iniziativa CONCERTO della Commissione europea¹²

¹⁰ www.energy-cities.eu

¹¹ www.eumayors.eu

¹² www.concertoplus.eu

- l'iniziativa *smart cities* del *SET-plan* che prevede specifiche azioni e programmi dimostrativi su nuovi edifici e ristrutturazioni, su realizzazioni di *smart grid* e l'adozione di *smart metering*, su impianti innovativi di riscaldamento e raffrescamento¹³

Il Patto dei Sindaci e i Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile

Uno strumento recente, promosso dalla Commissione Europea e che coinvolge finora circa 500 comuni Italiani, è l'iniziativa *Covenant of Mayors* o Patto dei Sindaci, definita dal Piano dell'Efficienza del 2006 e lanciata ufficialmente il 28 gennaio 2008. L'obiettivo dell'iniziativa, che ha carattere volontario, è quello di guidare le città a tradurre in Piani di energia sostenibile l'impegno di ridurre del 20% le proprie emissioni di gas serra, entro il 2020 e rispetto al 1990, secondo quanto ribadito dalla Comunicazione della Commissione al Consiglio Europeo e al Parlamento Europeo "Una politica energetica per l'Europa" (SEC(2007) 12).

Per supportare la redazione di questi piani d'azione, denominati PAES - Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile, e per adottare metodologie comuni, condivisibili ed esportabili, il *JRC - Joint Research Center* dell'Unione Europea è stato incaricato di redigere le linee guida, che ogni amministrazione aderente deve seguire al fine di presentare il piano entro un anno dall'adesione al Patto.

Il piano, oltre ad illustrare la visione a lungo termine e la strategia generale che l'amministrazione intende adottare, deve contenere l'inventario di base delle emissioni di CO₂, ovvero contabilizzare l'attuale livello di consumo energetico del territorio, suddiviso per vettori energetici e per settori, con particolare enfasi proprio ai due settori ad oggi più energivori, ovvero i trasporti e l'edilizia. Il piano deve infine esporre le misure a breve e lungo termine che si intendono adottare per l'avvio della strategia generale nonché i calendari, le responsabilità attribuite e le dotazioni finanziarie stanziare (JRC, 2010). Nel caso dei Comuni Lombardi, che rappresentano un quinto dei comuni aderenti al Patto, la Fondazione Cariplo ha fatto predisporre la banca dati Paes, orientata ad archiviare, e quindi sistematizzare, tutte le contabilizzazioni di gas serra e le voci di intervento di riqualificazione energetica che i comuni intendono adottare e che corrispondono molto specificatamente a voci quali:

- Riqualificazione involucro (es. isolamenti, coperture, serramenti)
- Sostituzione caldaia
- Riqualificazione impianto termico
- Riqualificazione impianto illuminazione
- Riqualificazione impianto condizionamento aria
- Sostituzione apparecchiature elettriche & supporti tecnologici
- Sostituzione e aumento efficienza impianti

Ancora più significativo il progetto della Fondazione per lo sviluppo di un Web Gis, peraltro già pubblicato, che consente o consentirà di verificare lo stato di fatto e lo stato di avanzamento dei piani e delle iniziative comunali e la loro diffusione sul territorio attraverso una serie di elaborazioni statistiche georeferenziate derivate dalla banca dati, per esempio:

- inventario dei consumi energetici per vettore e per settore;
- inventario delle emissioni di CO₂ per vettore e per settore;
- tipologia di azioni intraprese;
- risparmio energetico previsto;
- costi stimati per le azioni;
- costi per MWh risparmiato e tonnellata di CO₂ abbattuta;
- stato di avanzamento delle attività.

¹³ <http://setis.ec.europa.eu/about-setis/technology-roadmap/european-initiative-on-smart-cities>

Regolamenti edilizi

Lo strumento attuativo in ascesa e specificatamente dedicato ad attuare interventi nel settore civile è senza dubbio il regolamento edilizio, questo almeno il dato che emerge da un'indagine svolta da Cresme e Legambiente nel 2009, che ha esaminato un campione di 1000 comuni raccogliendo e catalogando 188 regolamenti, che attraverso azioni obbligatorie (104) o incentivi (85) indirizzano costruttori e proprietari verso interventi mirati principalmente all'efficienza energetica e all'utilizzo di energia rinnovabili.

L'indagine è stata costruita a partire da una suddivisione per categorie che già evidenziano le dinamiche e gli intenti delle amministrazioni locali, poiché contengono:

- a) "obblighi", e quindi prescrizioni che condizionano il rilascio dei permessi di costruire;
- b) "obblighi e promozione", oltre agli obblighi, contengono indicazioni nell'utilizzo di determinate modalità di progettazione e realizzazione degli interventi;
- c) "obblighi ed incentivi", oltre agli obblighi contengono modalità di incentivazione di tipo fiscale, economico e/o urbanistico;
- d) "incentivi", non contengono prescrizioni obbligatorie, ma modalità di incentivazione di tipo fiscale, economico e/o urbanistico;
- e) "incentivi e promozione", contengono modalità di incentivazione di tipo fiscale, economico e/o urbanistico oltre a mere indicazioni ed auspici per l'utilizzo di determinate modalità di progettazione e realizzazione degli interventi;
- f) "promozione", contengono solo indicazioni per l'utilizzo di determinate modalità di progettazione e realizzazione degli interventi.

I risultati dell'analisi, oltre a scorporre e individuare il peso che intendono dare le amministrazioni alla questione energetica in ambito edilizio, hanno fatto emergere gli assi prioritari di intervento:

- realizzazioni di impianti termici e per la produzione di energia elettrica;
- iniziative di risparmio energetico.

Il principale indirizzo dato dai comuni è rivolto infatti alla progettazione e realizzazione di impianti alimentati da fonti rinnovabili, in modo da coprire almeno il 50% del fabbisogno annuo di energia per la produzione di ACS, e all'installazione di pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica. L'obbligo riguarda comunque solo le nuove costruzioni, le demolizioni e ricostruzioni e le ristrutturazioni integrali di edifici che superino una certa dimensione, in linea di fatto con quanto prescritto dalla Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico nell'edilizia, quindi escludendo le piccole ristrutturazioni e le metrature inferiori a quanto indicato nella Direttiva stessa.

Le prescrizioni orientate al risparmio energetico riguardano invece l'adozione di modalità costruttive molto diversificate: dalla realizzazione di sistemi di recupero di acque piovane, o di pavimenti drenanti nelle superfici lasciate libere o nei giardini, all'utilizzo di materiali naturali e di tecniche costruttive per incrementare l'efficienza energetica, al controllo automatizzato dell'illuminazione delle parti comuni, all'orientamento degli edifici per utilizzare al meglio il rapporto luce-ombra¹⁴.

Le iniziative di risparmio, di tipo obbligatorio, sono state registrate in 24 dei 104 comuni analizzati e sono rivolte esclusivamente alle nuove costruzioni.

Altro dato significativo emerso dall'indagine è la distribuzione geografica dei regolamenti edilizi analizzati e inviati dalle amministrazioni: la maggior parte è stata prodotta da comuni del Nord

¹⁴ Dal Regolamento edilizio del Comune di Rovereto: l'analisi del sito è condizione necessaria per poter accedere agli incentivi di cui al presente articolo per gli interventi di edilizia bioecologica. essa è costituita dall'accertamento, in sede preliminare alla progettazione, dei dati relativi ai seguenti "campi di analisi del sito": clima igrotermico e precipitazioni, disponibilità di fonti energetiche rinnovabili, disponibilità di luce naturale, clima acustico, campi elettromagnetici, analisi del sottosuolo.

Italia, a fronte di un'assenza quasi totale di comuni del Sud; le amministrazioni più attive sembrano comunque essere quelle delle regioni che si sono prodigate, prima ancora che a livello nazionale, nella redazione di iniziative, piani e programmi orientati all'efficienza energetica, non solo quindi nella redazioni dei piani energetici regionali, ma anche nell'ambito della certificazione energetica.

Bibliografia

- Baggio, P., Cappelletti, F., Gasparella, A., & Romagnoni, P. 2008. Il calcolo della prestazione energetica degli edifici: confronto tra i software per la certificazione. *Atti del 63° Congresso Nazionale ATI, Palermo 23-26 settembre 2008*. Palermo: Flaccovio.
- Cannaviello, M. & Violano, A. 2010. *La Certificazione Energetica degli Edifici Esistenti*. Milano: FrancoAngeli.
- CRESME & Legambiente 2008. *ON-RE Osservatorio Nazionale Regolamenti Edilizi per il Risparmio Energetico. Primo rapporto: analisi dei regolamenti edilizi comunali delle linee guida provinciali e delle normative regionali in materia di risparmio ed efficienza energetica e produzione di energia da fonti alternative a quelle fossili*. SAIE ENERGIA.
- D'Arrico, E. 2006. L'Enea per il Risparmio Energetico. *Energia, Ambiente e Innovazione* n. 4/06: 6-28.
- De Pascali, P. 2001. Energia, microclima e forma urbana. *Gestione Energia* n. 3/01: 5-11.
- De Pascali, P. 2008. *Città ed energia*. Milano: FrancoAngeli.
- De Santoli, L. & Moncada Lo Giudice, G. 2003. *BEEPS (Building Energy and Environment Performance System): una proposta per la certificazione energetica degli edifici*. Disponibile in formato elettronico su: <http://www.beepsitalia.it>
- De Santoli, L. 2003. Building Energy and Environment Performance System (BEEPS): a programme for building energy certification in Italy. *Building Services Engineering Research and Technology* n.2/24: 61-68.
- Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico nell'edilizia.
- Direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE.
- Enea 2004. *Rapporto Energia e Ambiente 2003, Analisi e Scenari*. Roma: Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente.
- Enea 2006. *Dossier Energia e ambiente. Enea per le regioni e i distretti produttivi*. Roma: Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente.
- Enea 2007. *Dossier Dall'ecobuilding al distretto energetico: la proposta Enea per un modello di sviluppo fondato su ecoedifici e generazione distribuita*. Roma: Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente.
- Enea 2009. *Rapporto Energia e Ambiente 2008, Analisi e Scenari*. Roma: Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente.
- Gaudio, D. & Pignatelli, R. 2004. La pianificazione energetico ambientale a livello locale nelle principali città italiane. *I Rapporto APAT sulla qualità dell'Ambiente Urbano*: 25-52. Roma: Apat.
- Joint Research Center 2010. *Guidebook How to develop a Sustainable Energy Action Plan*. Publication Office of the European Union.

Legambiente & Ricerche Ambiente Italia 2010. *CittàClima2010. Le città alla sfida dei cambiamenti climatici. Il ruolo dei Comuni verso gli obiettivi europei al 2020 e gli impegni del Patto dei Sindaci*. Milano: Legambiente.

Legautonomie 2009. *Indagine Legautonomie sulle politiche energetiche dei comuni. Il Piano Energetico*. Disponibile in format elettronico su: <http://www.legautonomie.it/>

ODYSSEE-MURE 2009. *Energy Efficiency Trends and Policies in the Household & Tertiary sectors in the EU 27*. Paris: ADEME Editions.

Uihlein, A. & Eder, P. 2009. *Towards additional policies to improve the environmental performance of buildings. JRC Scientific and Technical Reports*. Siviglia: European Commission Joint Research Centre - Institute for Prospective Technological Studies.

Sitografia

Ministero dello Sviluppo Economico, Dipartimento per L'energia

http://www.sviluppoeconomico.gov.it/Dipartimenti/index.php?sezione=Dipartimenti&tema_dir=tema2&id=14

EURIMA- European Insulation Manufacturers Association

<http://www.eurima.org/>

Intelligence Energy Europe

<http://ec.europa.eu/energy/intelligent/>

Intelligence Energy Projects database

<http://ieea.erba.hu/ieea/page/Page.jsp>

Joint Research Center

www.jrc.ec.europa.eu

ODYSSEE MURE

<http://www.odyssee-indicators.org/>

Terna

<http://www.terna.it/>

2 Base informativa per la rappresentazione delle prestazioni energetiche edilizie

Dopo aver analizzato brevemente il quadro di riferimento entro cui si pone la ricerca, il capitolo 2 motiva l'opportunità e i possibili benefici conseguibili dalla realizzazione di una base informativa sulle prestazioni energetiche edilizie ad uso residenziale, ne sintetizza i requisiti generali e valuta i possibili approcci per la sua costituzione, sia in termini di informazione da utilizzare e acquisire, sia per quanto concerne le possibili forme di comunicazione e interazione con i diversi attori territoriali coinvolti.

2.1 Motivazioni

Perché definire e costruire un quadro conoscitivo sulle prestazioni energetiche edilizie a scala urbana?

Dal breve scenario sopra riportato emergono alcuni nodi cruciali che inducono a ragionare sul senso prima, e sui criteri di costruzione di quadri conoscitivi dopo, a supporto delle decisioni in materia energetica e a scala locale. Molte delle problematiche emerse incrociano in modo più o meno evidente i sistemi di conoscenza: il mancato raggiungimento di alcuni obiettivi di efficienza energetica e la scarsa efficacia di alcune pratiche ed iniziative orientate alla riduzione dei consumi sono spesso la diretta conseguenza della mancanza di un'informazione appropriata di supporto. "Un problema molto evidente per affrontare le politiche urbane è dato dalla mancanza di dati appropriati a livello congruo" (Newton, 2001).

Informazione, formazione

I temi dell'efficienza, del risparmio e delle prestazioni energetiche sono nodi cruciali delle politiche e degli obiettivi istituzionali per alzare il livello di consapevolezza dei cittadini e di preparazione della componente professionale. I processi decisionali in corso, sempre più orientati alla partecipazione, hanno spostato l'attenzione scientifica e istituzionale dalla creazione di informazione ad altre questioni e temi di approfondimento come la trasparenza dei dati e dei processi e la loro corretta veicolazione. I ritardi legislativi a livello nazionale tra recepimento delle direttive europee ed emanazione di linee guida operative hanno però influito sulla diffusione ed efficacia di alcuni strumenti, come ad esempio la certificazione energetica. Le informazioni a disposizione dei cittadini per orientarne le scelte e gli acquisti (su fonti rinnovabili, servizi, materiali costruttivi, indicazioni sul comportamento per il consumo e il risparmio energetico) sono spesso fuorvianti per mancanza di indicatori e di standard di riferimento univoci a livello nazionale (Uihlein e Eder, 2009)¹⁵.

Se i processi verso la sostenibilità hanno indotto a occuparsi di trasparenza e condivisione delle informazioni, è anche vero che è stata l'evoluzione tecnologica (leggi web) ad alimentare fortemente il dibattito scientifico e istituzionale e ad incentivare la progettazione e la diffusione di nuove modalità di scambi informativi e di costruzione di conoscenza. La crescita della consapevolezza verso queste tematiche pone in primo piano la risoluzione di problemi inerenti la sfera locale come la mancanza di informazioni e di strumenti per la diffusione delle stesse.

¹⁵ Il recente rapporto del JRC "Towards Additional Policies to improve the environmental performance of buildings" evidenzia come il parziale fallimento di alcune politiche europee e nazionali sia da imputare alla mancanza di informazioni univoche da trasmettere ai cittadini per renderli attori consapevoli nel raggiungimento di obiettivi di risparmio. In particolare il documento del JRC fa riferimento alla mancanza di standard univoci per quanto concerne i materiali edili e le classi degli elettrodomestici.

Coinvolgimento dei cittadini e degli attori territoriali

Il cardine delle politiche di sostenibilità, unitamente all'evoluzione su diversi versanti, tra cui evidentemente quello tecnologico, hanno messo in primo piano il ruolo dei cittadini, sempre più coinvolti attivamente in diverse fasi del processo decisionale, almeno a livello teorico e propositivo. Il ruolo dei cittadini/utenti e il loro contributo alla costruzione della Base informativa per le prestazioni energetiche è uno dei temi centrali di questa tesi, per cui verrà affrontato più ampiamente in diversi momenti, cercando di evidenziare alcune questioni chiave. Si propongono qui solo alcune considerazioni preliminari, necessarie alla riflessione e in qualche modo propedeutiche alla proposta. Si rievoca l'affermazione di Enea citata nel paragrafo 1.1, per cui il ritardo nel miglioramento dell'efficienza è dovuto anche al mancato confronto di piani e strumenti con il contesto pluriattoriale, in cui il cittadino, come effettivo fruitore di un bene è attore principale, ma in cui insistono altri soggetti, soprattutto privati che per anni sono stati fortemente refrattari ad individuare azioni indirizzate al miglioramento dell'efficienza edilizia (De Pascali, 2008); da questa considerazione è necessario partire per trovare soluzioni efficaci di intervento. Dall'indagine di Legautonomie del 2009 sulle Politiche Energetiche dei Comuni emerge che il 73 % dei Piani energetici finora adottati ha previsto l'attivazione di processi partecipativi. Se si considerano gli esiti finora registrati dalla pianificazione energetica si può affermare che tali pratiche non hanno ottenuto i risultati sperati, né attivato meccanismi di confronto e sviluppo successivi alla fase di avvio.

Vale quindi la pena chiedersi se sia possibile adottare altre strategie, altri strumenti di coinvolgimento rivolti in prima istanza al miglioramento delle prestazioni e dell'efficienza energetica e secondariamente alla redazione dei piani.

Ruolo delle amministrazioni locali

Con il Decreto Legislativo del 31 marzo 1998 n° 112 le competenze in materia energetica sono state trasferite alle Regioni, divenute a tutti gli effetti responsabili della pianificazione energetica, mentre ad un livello inferiore le amministrazioni comunali con popolazione superiore ai 50.000 abitanti (149 Comuni) sono chiamate a redigere piani energetici.

La Direttiva 2002/91/CE dichiara inoltre esplicitamente la responsabilità civile delle pubbliche amministrazioni locali in materia di sensibilizzazione sui temi del risparmio e dell'efficienza¹⁶.

L'appartenenza a circuiti come Agenda 21 e, più recentemente, al *Covenant of Mayors* ha allargato il numero degli enti impegnati a redigere piani, politiche e processi orientati all'innalzamento della propria offerta e alla riduzione della domanda di energia a livello locale. Come evidenziato sopra, tuttavia, in ambito italiano, sono i regolamenti edilizi a risultare gli strumenti più adottati dalle amministrazioni locali, inserendosi quindi nella strumentazione urbanistica vigente e dettagliando gli interventi da adottare sul parco edilizio soprattutto di nuova costruzione. La scelta degli interventi da rendere obbligatoria, da incentivare, da raccomandare o semplicemente da promuovere, se effettivamente dettata da una visione più ampia rispetto a meccanismi e orientamenti noti sul tema del risparmio, deve confrontarsi con le effettive potenzialità e problematiche dello specifico contesto territoriale. Questo vale sia per l'individuazione delle possibili fonti rinnovabili che per gli interventi volti alla riqualificazione energetica di edifici e porzioni di città. In alcune realtà amministrative la scelta di intervento è stata preceduta da analisi territoriali specifiche (come nel comune di Moncalieri) in cui si è fatta una valutazione del potenziale di risparmio ottenibile, in altri, ed è la prassi più consolidata, l'informazione sulla fattibilità o potenzialità del sito o dell'intervento avviene solo contestualmente alla presentazione della domanda di concessione (DIA/Permesso di costruire) da parte dei professionisti. Questa

¹⁶ Gli edifici occupati dalle pubbliche autorità o aperti al pubblico dovrebbero assumere un approccio esemplare nei confronti dell'ambiente e dell'energia.

pratica indebolisce la visione complessiva del territorio, molto spesso le pratiche non sono archiviate integralmente né tantomeno georeferenziate, manca quindi il confronto e raffronto con l'intorno, che può essere fragile, a rischio o pericoloso.

Contabilizzazione e reporting

Sebbene la pianificazione energetica non debba necessariamente essere collocata nell'ambito delle politiche di sostenibilità, è anche vero che oramai ad essa si è legata ineludibilmente e per diverse ragioni, sia ambientali che economiche. Fin dall'avvio di Agenda 21 a Rio nel '92, il tema della sostenibilità è stato accompagnato dalla comunicazione ambientale e da un capillare processo per far conoscere ai vari livelli lo stato dell'ambiente e gli impatti di alcune decisioni (Pileri, 2002), tra cui quelle energetiche.

Nel 1996 la comunità scientifica e istituzionale ha ritenuto di dover ribadire alcuni principi valutativi necessari allo sviluppo sostenibile che ogni tecnica di analisi dovrebbe tenere in considerazione. Nell'ambito del Summit di Bellagio è stata quindi stilata una carta contenente 10 principi per la valutazione del progresso. Si è trattato di un passaggio fondamentale per ribadire alcuni elementi salienti che dovrebbero caratterizzare le azioni di sviluppo sostenibile. I principi di Bellagio, oltre a porre l'accento sulla necessità della trasparenza, della comunicazione e della partecipazione, hanno affermato il ruolo prioritario delle "valutazioni in continuo corso"¹⁷.

Secondo Pileri, le risposte metodologiche sono raggruppabili nell'area della contabilità ambientale dei bilanci ambientali e nell'area degli indicatori (Pileri, 2002). In entrambi i casi l'esito è stato la definizione di una molteplicità di teorie, metodi e strumenti orientati ad intercettare le misure richieste per affrontare il processo valutativo dello sviluppo sostenibile.

Edilizia residenziale esistente

Nel primo capitolo si è accennato a due aspetti critici del problema dell'efficienza e delle prestazioni energetiche.

Prima di tutto l'età e le caratteristiche del parco edilizio italiano, che è costituito da edifici altamente energivori e costruiti senza alcuna attenzione verso l'efficienza e il risparmio.

Le stesse politiche europee hanno solo recentemente virato verso il recupero edilizio, la prima Direttiva 2002/91/CE tralasciava di fatto una parte consistente dei possibili interventi di certificazione, che potevano quindi costringere progettisti e proprietari a scelte più specificatamente migliorative in termini energetici.

Un secondo aspetto da considerare è che le soluzioni tecniche e progettuali di successo in altri ambiti europei non possono essere proposti nel contesto mediterraneo.

Risulta quindi importante mettere in evidenza i caratteri salienti dell'architettura, della forma del tessuto urbano locale per individuare soluzioni pertinenti, disporre in sostanza di dati sia relativi all'edificio e alle sue componenti che al contesto e al clima in cui si colloca.

¹⁷ Il punto 9. Valutazioni in continuo corso sostiene: La valutazione del progresso verso uno sviluppo sostenibile dovrebbe:

- sviluppare la capacità di compiere misurazioni periodiche per determinare i trend;
- essere iterativa, adattabile, reattiva ai cambiamenti e all'incertezza perché i sistemi sono complessi e cambiano frequentemente;
- tarare gli scopi, le strutture, gli indicatori man mano che vengono aggiunte nuove prospettive;
- promuovere lo sviluppo di un apprendimento collettivo e il feedback nel prendere decisioni.

2.2 Requisiti della Base informativa

2.2.1 Pratiche correnti

Dall'analisi di alcuni piani energetici comunali, o di iniziative di programmazione a scala locale emerge che i dati preliminari e quindi i quadri di conoscenza in materia energetica praticano un percorso di acquisizione ed elaborazione di dati ed indicatori comune; l'analisi si avvia solitamente con il reperimento dei consumi di combustibili, di energia elettrica e termica nei diversi settori di interesse ottenibili ad esempio da:

- consumo di gasolio e Gpl dai Bollettini Petroliferi pubblicati dal Ministero dello Sviluppo Economico -MSE;
- consumo di gas regionale pubblicati dal Ministero dello Sviluppo Economico -MSE;
- dati dei fornitori (SNAM, Italgas ecc.);
- consumo di Energia Elettrica (GRTN);
- consumo di calore (teleriscaldamento, cogenerazione con recupero del calore prodotto);
- consumo di combustibili solidi e altri combustibili.

Tali dati si riferiscono in genere alla scala provinciale o regionale e vengono in seguito normalizzati al livello comunale utilizzando alcune variabili *proxy*, quali ad esempio i dati statistici dell'Istat relativi al numero della popolazione o alla tipologia del parco edilizio e anno di costruzione degli immobili.

Meno frequentemente si elaborano informazioni sul consumo di Gas richieste alle *utility* che operano sul territorio.

I dati, tutti di natura alfanumerica, consentono di ottenere una più o meno dettagliata valutazione del consumo termico ed elettrico pro-capite, a livello comunale, e un valore indicativo sulla loro distribuzione quantitativa relativa al parco edilizio. Nulla viene espresso sul rapporto tra edifici e loro distribuzione spaziale o sulle tipologie di dispersioni del patrimonio edilizio.

Esistono alcuni casi in cui si è utilizzato il patrimonio cartografico unitamente ai dati Istat per raffinare le indagini (comune di Portogruaro), soprattutto per ottenere il rapporto di forma o per attribuire un'epoca indicativa di costruzione agli edifici, o quantomeno una distinzione tra patrimonio edilizio recente, rispetto a quello post bellico e precedente. I risultati ottenuti si differenziano dai precedenti perché danno un quadro più articolato del problema e in grado di poter modellare alcuni scenari. Per esempio il Comune di Moncalieri (To) ha operato una stima dei consumi del parco edilizio, a partire dal calcolo del rapporto superficie/volume ottenuto da una serie di elaborazioni sulla carta tecnica comunale, attraverso una classificazione in tipologie edilizie ed epoca di costruzione delle stesse (da Istat) per arrivare alla stima del fabbisogno energetico complessivo e alla redazioni di scenari orientati a valutare da un lato l'aumento del consumo totale di energia in funzione dell'incremento della cubatura ipotizzabile con una revisione del piano, confrontata con il consumo di suolo, dall'altro una stima della riduzione dei consumi energetici in funzione della riqualificazione del parco edilizio esistente¹⁸.

Il grado di accuratezza delle stime di consumo ottenuto in questo caso è comunque dovuto all'utilizzo più efficace di risorse informative ormai disponibili seppure con diversi gradi di qualità¹⁹.

¹⁸ Il risultato ha portato alla definizione di una metodologia per l'attribuzione degli sconti sugli oneri di urbanizzazione sia su nuova edilizia sia sulle ristrutturazioni dell'esistente, obiettivi dichiarati all'interno del DLGS 115/2008.

¹⁹ Si fa riferimento ai database cartografici in corso di realizzazione e che seguono, o dovrebbero seguire, le Specifiche Intesa - ora Cnipa, ma che molto spesso sono solo la riproposizione delle medesime informazioni contenute nella Carta Tecnica Regionale Numerica in formato .shp o .dxf.

2.2.2 Requisiti generali

Se prima ci si è chiesti se abbia senso costruire una base informativa sul tema delle prestazioni energetiche in edilizia, in seconda istanza ci si interroga su quale siano i requisiti generali a cui dovrebbe sottostare e i confini entro cui muoversi.

A partire dalle problematiche riportate e dalla linee di indirizzo oramai consolidate per la pianificazione sostenibile, la base informativa dovrebbe perseguire questi macro-obiettivi:

1) La trasparenza dell'informazione, che consente di tenere sotto controllo e coordinare il contesto pluriattoriale, causa di ritardo nel miglioramento dell'efficienza.

2) La continuità nell'arco del processo decisionale, la Base informativa che si propone è soprattutto propedeutica alla realizzazione dei piani energetici e quindi li precede e li supporta. Tuttavia, come fa notare Pileri, se si legge la problematica energetica nel contesto della sostenibilità, in base ai diversi approcci si hanno ripercussioni dirette sulla conduzione delle indagini e quindi sulla scelta delle misure e degli indicatori. L'informazione non ha più carattere di staticità, si muove nell'ambito di sistemi e relazioni complesse e pluriattoriali, ma anche a livello spaziale e territoriale, molto velocemente. Si stabilisce quindi uno scambio reciproco tra analisi e obiettivi di piano che si autoalimentano. Le attività di reporting e *accountability* poi si avviano a partire dalla dichiarazione degli obiettivi, pertanto le informazioni che le supportano non possono o non dovrebbero chiudersi con il ciclo delle analisi preliminari.

3) L'eshaustività dei risultati, che non corrisponde comunque ad una completezza di informazioni, se si accetta la visione sistemica ormai consolidata per spiegare l'ambiente e il territorio e per cui risulta impossibile giungere ad una completa rappresentazione delle problematiche di contesto, che al contrario resta sempre aperta ad altre riflessioni, integrazioni, aggiornamenti. Per exhaustività si intende quindi consapevolezza delle relazioni che la problematica energetica ha in se e verso le altre dimensioni di piano: l'ambiente, i trasporti, lo sviluppo economico, ecc.

Caratteristiche dell'informazione

Ci si chiede quindi quali siano i dati e gli indicatori da adottare per la costruzione della Base informativa, quali siano le effettive richieste di informazione da parte degli enti per procedere alla redazioni di piani e quindi quale sia il tipo di informazione da costruire e da comunicare.

Sebbene si possa condividere con Pileri che gli indicatori non siano in grado di esaurire il processo di conoscenza necessario alla pianificazione, che dovrebbe avvalersi anche di metodi non quantitativi (Pileri, 2002), essi però possono essere considerati un punto di avvio per fare una prima riflessione sul tema della conoscenza da proporre, sia in termini di approccio concettuale-metodologico, sia a livello strumentale, ovvero come sintesi di una spettro di variabili molto ampio ma necessario a modellare tutte le componenti che influenzano le prestazioni energetiche in edilizia.

Nascono di conseguenza altre questioni su cui soffermarsi. La prima riguarda le infinite proposte di metodi, semantiche e set di indicatori che sono state proposte a diverso livello a partire da Rio, così numerose da portare a due derive: lo sforzo, da parte di una componente scientifica di ricercare l'indicatore (in questo caso inteso come misura sintetica della sostenibilità) ideale, con cui spiegare tutto e da proporre in ogni ambito decisionale; la libertà dall'altro, intrapresa da alcune istituzioni e anche amministrazioni, di inventare il proprio indicatore ad hoc. Gli esiti di entrambe le posizioni sono abbastanza scontati: non si riconosce l'importanza della dimensione locale, o si disconosce il rapporto con altri territori e con la dimensione sovralocale.

Come districarsi? La maggior parte della letteratura risponde affermando che gli indicatori, e quindi i dati che li costituiscono, vanno scelti e sono efficaci solamente se si hanno chiari gli obiettivi. Si può affermare infatti che le metriche e le semantiche dell'indicatore sono determinate e determinabili solo se gli obiettivi di piano sono dichiarati. La connessione degli indicatori con le politiche è esplicita o almeno dovrebbe esserlo (Newton, 2001).

E' possibile quindi e ha senso fare una proposta di base informativa a priori, prima della definizione specifica degli obiettivi dell'amministrazione? E a tale proposta è poi riproponibile in altri contesti? La risposta può essere affermativa se si accettano alcune posizioni e si fanno assunzioni di tipo metodologico.

La prima, e più scontata, è che anche se gli obiettivi specifici per un ambito locale non sono stati dettagliatamente determinati, essi devono comunque seguire la pianificazione e gli indirizzi sovralocali, siano essi regionali, nazionali o indicazioni europee.

La seconda è che in qualche modo una *Vision* è comunque presente o abbozzata in ogni contesto che decide di avviare un percorso di pianificazione energetico-ambientale e deriva per esempio dall'appartenenza a circuiti o network di iniziative europee istituzionali (*Covenant of Mayor*) oppure volontarie (Città in Transizione), ma anche da posizioni forti dell'amministrazione, o di alcuni suoi rappresentanti.

A partire da queste certezze è possibile iniziare a comporre la fotografia, lo stato energetico di un territorio, ma anche instaurare un processo continuo e attivo composto di rivisitazione tra informazione, sua elaborazione e individuazione degli obiettivi specifici. Un processo che resta continuo solo se l'informazione rimane "viva", aggiornata e utilizzata.

2.3 Scelta dei dati

2.3.1 Pre-audit per la diagnosi e la certificazione energetica

Posto che sia riconosciuta la necessità di lavorare ad una scala locale al fine di esplorare la problematica energetica e che invece ad oggi si dispone solo di informazioni a scale meno dettagliate che non consentono elaborazioni puntuali su un territorio, una possibile risposta formulata da alcuni autori (Mammi e Panzeri, 2007) è quella di operare attraverso l'utilizzo dei dati e dei metodi di calcolo usati per la diagnosi energetica. Una sorta di pre-audit energetico di massima che potrebbe avere una serie di vantaggi utili al decisore, ovvero:

- fare valutazioni sullo stato di un edificio e sulle sue performance sulla base di una graduatoria preimpostata da linee guida nazionali o regionali oppure di un confronto con edifici con alte prestazioni energetiche presenti nello stesso contesto;
- individuare indicativamente tutti i valori di dispersione e di apporti gratuiti per una prima stima sui punti deboli dell'edificio e spingersi eventualmente ai componenti che sono causa di dispersione o elementi qualificanti dell'edificio.

Tale scelta è sostenibile anche se si considera l'approccio della certificazione che nasce come strumento di trasformazione del mercato immobiliare, che ne migliora la trasparenza e l'efficienza fornendo ai potenziali acquirenti e locatari una informazione oggettiva delle prestazioni energetiche dell'immobile da acquistare o affittare (Dall'O', 2007).

La diagnosi, seppure preliminare perché svolta con dettaglio urbano e non architettonico, consentirebbe di impostare l'eventuale acquisizione della certificazione energetica; una pre-diagnosi energetica quindi in cui si adottano delle semplificazioni, ma che consente di costruire un repertorio di informazioni successivamente raffinati e da utilizzare come primo quadro di riferimento per comprendere lo stato e le performance degli edifici.

Tale approccio nasce anche dalla necessità ampiamente condivisa a diverso livello, professionale e istituzionale soprattutto, di adottare una metodologia di calcolo dei fabbisogni energetici unica o almeno esportabile in differenti contesti.

A livello europeo una metodologia affine è stata utilizzata nell'ambito del progetto EEP - *Energy and Environmental Prediction*, uno strumento di quantificazione del consumo di energia e delle emissioni prodotte dagli edifici realizzato dalla Scuola di Architettura di Cardiff (UK) in collaborazione con alcune autorità locali inglesi. L'EEP fornisce stime degli usi energetici basandosi sulla metodologia ufficiale UK SAP - *Standard Assessment Procedure* - che consiste in un sistema

di calcolo a punteggio adottato per la valutazione dell'efficienza energetica degli edifici e l'ottenimento della certificazione. Il modello sviluppa una procedura di raccolta delle informazioni basata su un'indagine speditiva - *drive pass* - e sul raggruppamento di edifici con caratteristiche simili in 100 cluster (5 classi di età per 20 tipologie edilizie) per consentire la successiva assegnazione degli edifici ad un gruppo predefinito (Jones, Lannon, Williams 2001). Il sistema EEP, pur essendo orientato a determinare in maniera piuttosto dettagliata i parametri e gli elementi che influiscono sulle prestazioni degli edifici, non fa riferimento specifico alle caratteristiche delle utenze e alla quantificazione dei consumi dovuti all'apporto umano, ma si orienta piuttosto alla sola valutazione dell'edificio.

Analogamente al lavoro inglese, il progetto di ricerca italiano BEEPS - *Building Energy and Environment Performance System* ha proposto uno strumento per la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici esistenti, destinata all'eventuale ottenimento della certificazione, attraverso una metodologia semplificata di analisi degli edifici supportata da un database e un Web Gis (De Santoli, Moncada Lo Giudice, 2003).

Il valore aggiunto del progetto BEEPS consiste nell'integrazione dei dati fisico-tecnici dell'edificio con un questionario per la valutazione soggettiva della qualità dell'ambiente interno e nella messa in rete del questionario, così da fornire uno strumento compilabile e aggiornabile dalle utenze. Si tratta di una proposta quantomeno significativa considerando che il progetto è stato sviluppato tra il 2001 e il 2003 periodo in cui l'approccio dell'utenza al web era di tipo 1.0.

I due modelli, concepiti nei primi anni del 2000, evidenziano un'ovvia carenza di analisi spaziali e di risorse con componente geografica. Le recenti evoluzioni delle Nuove Tecnologie consentono importanti apporti di conoscenza nell'ambito della rappresentazione del problema energetico, sia attraverso la valorizzazione del patrimonio informativo già possesso di ogni Pubblica Amministrazione, ma anche dall'uso di dati provenienti da sensori, come le immagini termografiche di facciate e coperture per il calcolo delle dispersioni dell'involucro o i *DTM (Digital Terrain Model)* e i *DSM (Digital Surface Model)* derivati da strumenti *laser scanner* per la modellazione 3D dell'edificato e della forma urbana e per calcoli sistematici sul territorio degli ombreggiamenti e della radiazione solare incidente su ogni edificio.

2.3.2 Equazione di bilancio energetico

Se si assume, secondo quanto emerso dalla concettualizzazione dei principi di sostenibilità, una visione sistemica dello spazio che ci circonda e si considerano l'ambiente e le città come organismi in continua evoluzione e cambiamento, possiamo accettare una posizione analoga anche per i corpi edilizi, considerabili quindi come organismi che dissipano energia ma anche in grado di produrla (Perret, 2009). Questa similitudine porta a considerare l'edificio come un sistema termodinamico aperto operante in regime mediamente stazionario (Carbonari 2008) e a esplicitare le variabili che lo descrivono attraverso l'equazione del bilancio energetico. Il bilancio energetico è considerato da alcuni autori già un indicatore complesso (Wienke, 2005), ma di fatto esso esplicita tutte le variabili che influiscono sul fabbisogno energetico di un edificio consentendo la costruzione di numerosi altri indicatori. Viene in un certo senso ribaltata la costruzione dell'informazione che non si acquisisce in funzione della realizzazione di uno o più indicatori, ma che si apre piuttosto ad un ventaglio di possibilità più ampie data la sua completezza, diventando il principale strumento di supporto al processo di pianificazione.

La sua equazione completa, inoltre, introduce la riflessione su alcuni variabili sopra accennate, espressive del contributo degli apporti interni e quindi delle utenze, del contributo e della valutazione degli apporti solari e delle ombreggiature derivate dalla morfologia del territorio o da altri edifici, del clima esterno ed interno dell'edificio.

Ciò significa dover fare una valutazione anche sui fattori ambientali, territoriali e climatici e sulle utenze; anch'essi tra l'altro possono essere spiegati attraverso equazioni di bilancio. A tale

proposito alcuni autori propongono infatti la stima delle entrate e uscite di energia dalla città attraverso il bilancio energetico urbano (Oke, Kalanda, Steyn, 1980, Oke, 1984, De Pascali, 2001 e 2008) e la valutazione del comfort, che influisce giocoforza sui consumi energetici, attraverso il bilancio energetico del corpo umano (Franger, 1970).

La tesi analizza dunque le variabili che costituiscono il bilancio e che di fatto andranno immesse nella Base informativa energetica, ma si sofferma in particolare sul bilancio termico edilizio legato al riscaldamento: la valutazione dei consumi per raffrescamento non è presa in considerazione così come non vengono analizzati i consumi elettrici, poiché amplirebbero troppo il tema di ricerca.

L'oggetto di studio è quindi il corpo edilizio che fa parte di un ambito urbano e quindi lo influisce e ne viene influenzato e che consuma, o produce energia, anche in relazione a quanti lo abitano e lo utilizzano. L'uso stesso dell'informazione geografica, il riconoscimento delle sue potenzialità, che rimane sempre elemento di sfondo e di riflessione della ricerca, non può che portare a valutazioni che non si soffermano al singolo edificio, ma all'edificio in relazione ad altri edifici e all'intorno, più o meno ampio.

2.3.3 Integrazione con i dati di contesto e delle utenze

Partendo da un'equazione di bilancio energetico, orientata a valutazioni per l'ottenimento della certificazione, si assumono a priori alcune semplificazioni, come sarà evidenziato meglio in seguito, che possono essere utili anche in fase di costruzione di un sistema di conoscenza a scala urbana che evidentemente non può avere il dettaglio e l'accuratezza di un livello architettonico. La semplificazione più saliente è legata al calcolo degli apporti interni di energia dovuti alla presenza degli utenti e alle apparecchiature che essi utilizzano e che nel calcolo semplificato per la certificazione non vengono considerati. Il primo obiettivo di questo approccio è dunque orientato a definire le prestazioni dell'edificio in sé, senza entrare nel merito di specifici ragionamenti sul ruolo delle utenze, ma consentendo il confronto tra corpi edilizi, ovvero sul loro rapporto di forma, sui materiali e metodi costruttivi.

I dati climatici usati per questo tipo di calcolo orientato alla certificazione e relativi all'irradiazione, alle temperature esterne, ma anche al calcolo delle ombreggiature sugli edifici sono inoltre ottenuti attraverso valori derivati da serie storiche su specifiche località, successivamente interpolati al fine di riportarli alla localizzazione dell'oggetto o degli oggetti investigati.

Tale approccio standard può comunque essere raffinato via via da valutazioni relative alle utenze e allo specifico contesto. Il metodo incrementale porta a due vantaggi: quello di raffinare i calcoli sui flussi energetici in entrata ed in uscita dall'edificio, ma anche di poter valutare quanto l'edificio influenza gli altri edifici e il sistema urbano. Gli edifici infatti, hanno un'impronta sul territorio, la loro posizione influenza le esigenze di trasporto, o di posizionamento di tecnologie energetiche rinnovabili, gli edifici si influenzano a vicenda nella disponibilità di luce naturale e hanno un forte impatto sul microclima urbano.

Pertanto, se si considerano tutte le interazioni tra gli aspetti relazionati si possono ottenere risultati o previsioni più attendibili. Il compito è di grande complessità e non può che essere di tipo incrementale.

La tesi parte da questa impostazione e cerca di verificare se effettivamente sia possibile, attraverso l'uso di risorse informative esistenti o derivate da sensori, strumenti per l'analisi spaziale e strategie di acquisizione dei dati avviate con il contributo dei diversi attori territoriali, costruire una Base informativa a scala urbana.

2.4 Scelta e scopo degli indicatori

Nonostante la complessità del dominio applicativo e il numero consistente di variabili in gioco l'approccio che si intende adottare non parte univocamente dalla scelta degli indicatori e dalla successiva acquisizione dei dati necessari a costruirli, ma viceversa dalla raccolta ed elaborazione dei dati necessari ad esplicitare i flussi di energia entrante ed uscente degli edifici. Si vuole così evitare di costruire un'informazione rigidamente dipendente dagli indicatori e quindi più adattabile ai differenti requisiti utente.

Il risultato della Base informativa è pertanto rappresentato da una serie di indicatori che sintetizzano le molteplici variabili in gioco, in alcuni casi dalle variabili stesse, che non necessariamente sono di tipo deterministico o misurabili.

Quali indicatori scegliere dunque per rappresentare lo stato energetico di un territorio urbano?

Le classificazioni concettuali di indicatori sono innumerevoli, a partire da quelle più usate in ambito internazionale che si riferiscono al modello *Pressioni, Stato, Risposte (PSR)*, proposto da Anthony Friend negli anni '70 e successivamente sviluppato dall'OCSE, e al modello *Determinanti, Pressioni, Stato, Impatto, Risposte (DPSIR)*, sviluppato dall'Agenzia Europea per l'Ambiente - EEA, che rappresenta un'evoluzione del modello OCSE. Nel modello DPSIR gli indicatori di pressione vengono scorporati in *Determinanti*, ovvero in comportamenti e attività antropiche che determinano le pressioni sull'ambiente (trasporti, industria, agricoltura, ecc.), *Stato*, inteso come qualità dell'ambiente ed *Impatti*, ovvero le alterazioni prodotte dalle azioni antropiche negli ecosistemi e nella salute pubblica.

Una possibile scelta è quella dunque di affidarsi a schemi concettuali solidi, consolidati. Tale selezione potrebbe essere legata semplicemente al dominio applicativo della Base informativa che qui si intende costruire, che ha come priorità la rappresentazione delle componenti che formano e determinano le prestazioni e di conseguenza l'efficienza dell'edilizia residenziale esistente. Gli indicatori hanno soprattutto l'intento di rappresentare lo stato e lo performance energetica di un oggetto, in un determinato tempo, e di un determinato luogo, come spiegato da Pileri, che compara gli *Indicatori di performance* agli indicatori descrittivi o di stato, accompagnati da un valore limite al quale è possibile riferire la misura effettuata e quindi fare un paragone e descrivere lo stato di salute o di norma di un oggetto o di un fenomeno. I valori limite possono essere di natura:

- *convenzionale*, più soggetti si accordano tra loro nel fissare un certo valore da non oltrepassare al quale sono riferite alcune condizioni di qualità o di normalità che rappresentano l'obiettivo della collettività o del gruppo delle decisioni;
- *naturale*, la natura stessa pone delle condizioni o dei limiti oltre i quali si attivano meccanismi di allarme o pericolo;
- *regolativa*, una legge o un regolamento stabiliscono, sulla scorta di analisi, studi, alcune soglie da non superare oltre i quali scattano prescrizioni amministrative. Tali soglie derivano da norme o dalle buone pratiche;
- *statistica*, gli strumenti statistici offrono la possibilità di individuare comportamenti e tendenze della serie dei dati raccolti e di indicatori calcolati;
- *comparativa*, si esplica nella stesura di una graduatoria ottenibile in funzione degli obiettivi stabiliti nella fase iniziale del processo (Pileri, 2002).

Infine Pileri definisce gli *Indicatori di efficienza* come misure che evidenziano il rapporto tra un fenomeno misurato, come le emissioni di CO₂ o il consumo di suolo e misure identificanti il welfare del soggetto (PIL, consumi) oppure le attività antropiche legate al fenomeno misurato, in termini casuali, per esempio il rapporto tra emissioni e numero di veicoli.

Indicatori di efficienza e di performance fanno già ampiamente parte del corpus legislativo in ambito energetico/certificativo, come è stato accennato nel capitolo 1: si pensi ad una verifica di trasmittanza U in relazione al valore limite stabilito dal Decreto Legislativo 311/2006, o alla classificazione energetica, o ancora all'indicatore prestazionale energetico "Fabbisogno di Energia

Primaria", che consente di sommare più flussi e/o vettori energetici stabilito dal Decreto Legislativo 192/05 e a cui bisogna fare riferimento per l'ottenimento della Certificazione Energetica.

Al di là di griglie o classificazioni entro cui è possibile collocarsi per individuare gli indicatori o il set di indicatori da utilizzare, preme sottolineare come questi si inseriscono nel processo di costruzione della base informativa e quale sia la relazione che hanno con gli obiettivi di piano. Sembra condivisa sia a livello scientifico che istituzionale, come già accennato, la convinzione che gli indicatori, e di conseguenza i dati che li compongono, siano inscindibilmente legati agli obiettivi e alle scelte che si vogliono compiere. In questo senso l'individuazione degli indicatori deve essere necessariamente una delle fasi fondanti della Base informativa, tanto più se essa, come si vuole, è aperta e costruita con e per i diversi soggetti presenti sul territorio.

A seguire si propongono altri riferimenti che espongono elementi di riflessione sul tipo di informazione da comunicare in funzione degli attori coinvolti e sul ruolo e responsabilità degli attori nella costruzione degli indicatori, e di fatto, della conoscenza.

2.4.1 Indicatori per comunità sostenibili

Una chiave di lettura interessante e condivisibile, utilizzata come riferimento culturale e come approccio metodologico per la costruzione della Base informativa, è la proposta di indicatori di Innes e Booher, pubblicata in un articolo apparso nel 2000²⁰. *People not numbers* è il principio da cui partono e la convinzione è che, se si interpreta il mondo come un sistema complesso, comprensibile solo se inteso come organismo in crescita e in continua evoluzione, le comunità sostenibili possono essere realizzate nel momento in cui gli attori, con differenti ruoli, interessi e valori, siano forniti di significative informazioni e abbiano l'opportunità di instaurare un feedback con l'ambiente e con il contesto di riferimento, realizzando quindi una *Intelligenza Distribuita*.

Secondo i due studiosi la letteratura si è sempre concentrata sulla progettazione degli indicatori e sullo sviluppo di output, facendo poca attenzione al processo di costruzione degli indicatori stessi e al modo in cui i "numeri", i risultati, possono influenzare la pratica della pianificazione.

Una possibile risposta è stata data da alcune correnti di pensiero che hanno proposto un diverso modo di approcciare la gestione e il governo del territorio, attraverso la misurazione delle *performance* e la *customer satisfaction* nei confronti delle politiche. Questo movimento enfatizza il dialogo tra gli attori nella progettazione degli indicatori, nell'utilizzo dei dati e delle misure e nella loro interpretazione. Non invocano l'uso degli indicatori per guidare un controllo top down ma piuttosto cercano di facilitare il lavoro di molti soggetti per "rispondere" al contesto e al cambiamento.

In sostanza l'utilizzo degli indicatori pare avere senso solo se essi diventano parte del processo decisionale multi-attoriale. Questo può avvenire solo se gli attori stessi sono coinvolti nel loro sviluppo, così da riportarli al proprio contesto e alle proprie prospettive.

Gli indicatori in questi termini diventano strumentali alla discussione pubblica, in connessione alle decisioni politiche.

Un esempio concreto di questo approccio è riferibile al movimento degli indicatori sostenibili e in particolare al progetto *Sustainable Seattle*²¹, nato nel 1993 per misurare la sostenibilità di quella regione metropolitana e ispirato agli indicatori di qualità della vita costruiti per Jacksonville-Florida. Questa iniziativa, di tipo volontario, è nata dal bisogno di misurare i progressi verso una sostenibilità che si definiva "vera"²², scevra di sovrastruttura teoriche. L'idea rilevante di questa iniziativa, che tuttora pubblica sistematicamente report sui set di indicatori realizzati, è il coinvolgimento dei volontari nella definizione, costruzione e discussione degli indicatori; la loro

²⁰ L'articolo è "Indicators for Sustainable Communities: A strategy Building on Complexity Theory and Distributed Intelligence. *Planning Theory & Practice*, Vol.1. n° 2, pagg. 173-186, 2000.

²¹ <http://sustainableseattle.org/>

²² Vera, ossia "Healthy communities, economies and ecosystems".

produzione, infatti, richiede un attento equilibrio tra dati tecnici e chiara comunicazione pubblica - il mondo della scienza e il mondo della politica e le relazioni pubbliche (Atkisson, 2001).

La costruzione degli indicatori diventa quindi un momento sociale, il primo atto di coinvolgimento dei cittadini nella costruzione di una *vision* per la città e i territori abitati.

Innes e Booher propongono tre ordini di indicatori:

1. indicatori di performance del sistema (*System performance indicators*);
2. indicatori di piano e programma (*Policy & Program indicators*);
3. indicatori di feedback rapido (*Rapid Feedback indicators*).

System performance indicators

Il primo tipo di indicatori dovrebbe evidenziare come un sistema/ambito urbano sta lavorando. Secondo gli autori possono essere misure semplici o aggregazioni facilmente comprensibili, ma che intercettano la performance del sistema e non la mera esistenza di un singolo problema²³, lo scopo è fornire un senso condiviso di direzione per la comunità. Questo tipo di indicatori non ha solo il compito di misurare le prestazioni, ma anche di innescare il dibattito e il processo di piano tra gli attori, poiché essi devono essere accettati come misuratori delle azioni future. Stabilire questi indicatori richiede un grande lavoro di intesa tra i partecipanti perché significa stabilire una *vision* sul "tipo" di città che si intende costruire.

Policy & Program indicators

Il secondo tipo di indicatori è invece orientato ad intercettare i risultati di programmi e politiche, e lo stato di uno specifico sottosistema (industria, trasporti, edilizia, ecc.). Sono misure realizzate principalmente per gli amministratori e i responsabili di settore al fine di analizzare lo stato di un'attività in corso o progettuale ed eventuali problemi. Forniscono un *feedback* all'amministrazione in modo da verificare se la programmazione si sta muovendo nella direzione giusta o dichiarata e per individuare aree problematiche, anche in senso geografico, dove è necessario intervenire. Non sono quindi stime definitive delle *performance* di una politica o di un programma, ma piuttosto set di informazioni che per esperienza il politico, o meglio il pianificatore, utilizza per valutare attività interconnesse ed eventi in via di sviluppo. Tali indicatori hanno, o comunque dovrebbero avere, due caratteristiche principali: servire alla componente decisionale di un territorio (politici, amministratori tecnici e progettisti) e non richiedere lunghi dibattiti per la loro creazione dovendo trattare dati già disponibili da parte dell'amministrazione perché raccolti durante la normale gestione del territorio. In questo caso non sono quindi necessari momenti di condivisione o creazione di consenso per la loro realizzazione. Possono inoltre essere molti e sovrapporsi, hanno quindi un forte carattere di dinamicità sia temporale che, eventualmente, spaziale. Il contributo degli autori accenna infatti, seppur brevemente (si tratta di un articolo del 2000) ai possibili risultati ottenibili attraverso l'uso di strumenti Gis e dati georiferiti, in grado di evidenziare quindi modelli spaziali di cambiamento.

Rapid Feedback indicators

Il terzo tipo di indicatore è molto orientato ai cittadini e alla serie di attori sociali presenti sul territorio, la sua definizione parte dal presupposto che la città possa essere intesa come risultato di una serie di individualità: cittadinanza, istituzioni pubbliche e private. imprenditorialità, ecc. La forma fisica, sociale ed economica di un luogo è quindi il risultato di milioni di azioni singole, ma anche di relazioni dinamiche tra collettività locali e ambiti sociali allargati, ambiente ed economia a livello globale. Gli attori territoriali, nei loro differenti ruoli, agiscono in base a informazioni che

²³ Gli autori portano come esempio l'indicatore: livello di salinità per evidenziare il livello di criticità per la biodiversità di un sistema, oppure le miglia percorse dai veicoli come indicatore delle sostenibilità nei trasporti e nell'uso del suolo, in quanto riflette le relazioni tra uso dei transiti, fruizione degli spazi e inquinamento atmosferico.

hanno il fine di relazionare la loro missione e i loro obiettivi all'interno del processo di sviluppo urbano. Solitamente essi hanno (e qui l'articolo risente probabilmente dell'anno in cui è stato scritto) a disposizione limitate informazioni al fine di ottimizzare il loro benessere o il loro lavoro. Secondo gli autori, se si potesse disporre di maggiori informazioni legate a specifici interessi e si potesse scegliere tra più opzioni, sarebbe possibile utilizzare le risorse della città in modo più efficiente. I *rapid feedback indicators* sono informazioni immediate e in tempo quasi reale su problemi/questioni contingenti: il traffico, le previsioni del tempo. Queste informazioni sono raccolte da una serie di risorse umane, polizia, amministrazione, agenzie per l'ambiente, e strumentali, centraline meteo, sensori inquinamento, sensori di flusso, ecc.

Le Nuove Tecnologie hanno consentito di potenziare, aumentare, migliorare questo tipo di informazioni, che stanno acquisendo sempre più importanza nell'ambito del contesto delle decisioni. L'articolo accenna anche ad altre misure immediatamente a disposizione dei cittadini, tra cui i consumi energetici giornalieri letti da contatore e da interfacce per favorire l'analisi e il confronto. Questa modalità di lettura e costruzione di informazione verrà approfondita nel capitolo 7.

I *feedback* rapidi possono creare un sistema di intelligenza distribuita a supporto di una città sostenibile, al di là delle normative, dei regolamenti e delle decisioni istituzionali.

2.4.2 Evidenze

Intelligenza distribuita

Se si parlasse di classificazione anche nel caso degli indicatori proposti da Innes e Boher, si richiederebbe per l'ennesima volta di confrontarsi con un'altra ripartizione, che andrebbe a sovrapporsi a quelle proposte da molti altri studi, ricerche, istituzioni. Il contributo dei due autori è invece rilevante per l'apporto metodologico e non tassonomico.

Essi determinano, per i tre set di indicatori, i possibili fruitori che qui si trasformano in intelligenza distribuita: in fornitori di dati ed informazioni e in decisori di cosa rappresentare, a sua volta funzione degli obiettivi o della *vision*. Nel caso degli indicatori per comunità sostenibili le misure non vengono acquisite da soggetti tramite modalità "passive", ma con il diretto coinvolgimento dei diversi soggetti, soprattutto privati, che oltre ad alimentare possibili piani, offrono letture e proposte alternative a quelle istituzionali. E' proprio questo il carattere originale di tali misure, che tentano di restare attive o di acquisire significato proprio a partire dalla forte relazione che instaurano con i diversi attori coinvolti.

Risoluzione spaziale e risoluzione temporale

Esistono alcune caratteristiche fondanti degli indicatori di sostenibilità che vale la pena evidenziare ancora una volta, ovvero il loro forte riferimento alla dimensione spaziale e temporale. Ai punti 3 e 4 della Carta di Bellagio, citata da Pileri, spazio e tempo vengono dichiarati elementi caratterizzanti la pianificazione locale. Non è possibile analizzare l'ambiente e il territorio solo a scala nazionale, poichè il trattamento statistico dei dati cancella spesso la discrezionalità spaziale e non consente di individuare esattamente dove si riscontrano le criticità o da cosa esse derivino. Lo spazio locale e la sua trattazione quindi devono essere elementi centrali della Base informativa.

La risoluzione temporale è una caratteristica dei dati altrettanto importante, risulta pertanto necessario valutare se essa, rispetto al fenomeno o alla grandezza misurata, sia ancora valida e utile alla discussione.

Alcune indicatori di comunità sostenibili hanno carattere di forte dinamicità temporale, proprio per il loro senso di evento, di momento di discussione e continua verifica dello stato di avanzamento dei piani e programmi. Una dinamicità che ad oggi è potenzialmente possibile anche grazie alle Nuove Tecnologie, ma che sul lato pratico deve essere supportata da processi più o meno

automatizzati di gestione dei dati. Per questo motivo la Base informativa non può essere solo costituita dal Geodatabase, ma anche dalle procedure di acquisizione e di aggiornamento dei dati.

2.5 Sintesi delle ipotesi e della strategia per la costruzione della Base informativa

Per concludere si riassumono per punti quelli che vogliono essere i caratteri salienti della Base informativa, a partire dagli spunti bibliografici sopra riportati:

- il suo avvio coincide con l'individuazione delle variabili e delle relative fonti informative per la costruzione del bilancio energetico;
- si utilizza un approccio incrementale, dalla scala inferiore verso la scala urbana;
- al bilancio energetico edilizio standard si aggiungono variabili, anche non deterministiche, di descrizione del ruolo e del contributo dell'utenza e il peso del contesto, con l'obiettivo di completare, o almeno di ampliare, la base di conoscenza energetica a scala urbana;
- le variabili in gioco sono molteplici, si usano alcuni indicatori per sintetizzarle, la cui scelta è una fase progettuale della Base informativa;
- gli indicatori evidenziano le prestazioni energetiche ma soprattutto sono *user driven*, orientati cioè dagli utenti e costruiti per gli utenti;
- La Base informativa è un processo continuo, in cui l'informazione rimane viva e l'aggiornamento *event driven*;
- la costruzione degli indicatori, ovvero la costruzione della conoscenza con gli attori, dovrebbe diventare evento, momento sociale, di massima espressione dell'intelligenza distribuita.

Bibliografia

Balsamelli, L. & Corgnati, S.P. 2007. Un metodo operativo di certificazione e diagnosi energetica del sistema edificio-impianto termico. In Cannaviello M. & Violano A. (Ed) *La certificazione energetica degli edifici esistenti*: 154-162. Milano: FrancoAngeli.

Carbonari, A. 2008. Materiali didattici del corso "Tecnica del controllo ambientale", Corso di Laurea in Scienze dell'Architettura. Università Iuav di Venezia.

Dall'O', G. 2007. Certificazione energetica degli edifici: verso un recepimento coerente con la Direttiva 2002/91/CE. In Cannaviello M. & Violano A. (Ed) *La certificazione energetica degli edifici esistenti*: 95-109. Milano: FrancoAngeli.

Dall'O', G. Galante, A. Ruggieri, G. 2008. *Guida alla valorizzazione energetica degli immobili . Metodi, strumenti e tecnologie per la riqualificazione del patrimonio edilizio esistente*. Milano: IISole24Ore.

De Pascali, P. 2001. Energia, microclima e forma urbana. *Gestione Energia* n. 3/01: 5-11.

De Pascali, P. 2008. *Città ed energia*. Milano: FrancoAngeli.

De Santoli, L. & Moncada Lo Giudice, G. 2003. *BEEPS (Building Energy and Environment. Performance System): una proposta per la certificazione energetica degli edifici*. Disponibile in formato elettronico su: <http://www.beepsitalia.it>

De Santoli, L. 2003. Building Energy and Environment Performance System (BEEPS): a programme for building energy certification in Italy. *Building Services Engineering Research and Technology* n.2/24: 61-68.

Fanger, P.O. 1970. *Thermal Comfort*. New York: McGraw-Hill.

Innes, J.E & Booher, D.E. 2000. Indicators for sustainable Communities: a Strategy Building on Complexity Theory and Distributed Intelligence. *Planning Theory & Practice* n. 1/2: 173-186.

Jones, P.J. & Lannon, S. & Williams, J. 2001. Modelling Building Energy Use at Urban Scale. *Seventh International IBPSA Conference Rio de Janeiro August:13-15*.

Mammi, S. & Panzeri, A. 2007. Metodologie semplificate per la Certificazione Energetica degli edifici esistenti. In Cannaviello M. & Violano A. (Ed) *La certificazione energetica degli edifici esistenti*: 95-109. Milano: FrancoAngeli.

Newton, P. 2001. Urban Indicators and the Management of Cities. In De Villa V. & Westfall M. (Ed) *Urban Indicators for Managing Cities: Cities Data Book*. Asian Development Bank: 15-36.

Oke, T. R. & Kalanda, B. D. & Steyn, D. G. 1980. Parameterization of heat storage in urban areas. *Urban Ecology* n.5: 45-54.

Oke, T. R. 1984. Towards a prescription for the greater use of climatic principles in settlement planning. *Energy and Buildings* n. 7: 1-10.

Perret, J. 2009. La città, un organismo vivente. Disponibile in formato elettronico su www.miniwatt.it

Pileri, P. 2002. *Interpretare l'ambiente: gli indicatori di sostenibilità per il governo del territorio*. Firenze: Alinea.

Sustainable Pittsburgh & Atkisson 2001. *Community Indicators Handbook, Sustainable Pittsburgh* (edizione digitale).

Uihlein, A. & Eder, P. 2009. *Towards additional policies to improve the environmental performance of buildings. JRC Scientific and Technical Reports*. Siviglia: European Commission Joint Research Centre - Institute for Prospective Technological Studies.

Wienke, U. 2005. *Aria calore luce: il comfort ambientale negli edifici*. Roma: DEI.

3 Tecnologie e informazione geografica per la diagnosi e il monitoraggio energetico

Se ci sono stati ingenti sforzi di metodo per la ricerca e la definizione dell'indicatore ideale o del set di indicatori esaurienti a spiegare le diverse componenti delle problematiche energetico-ambientali, non si registra un altrettanto forte riflessione sui dati di ingresso, sull'effettivo reperimento della informazione coerente agli indicatori stessi, dando quasi l'argomento per scontato. Purtroppo, soprattutto a livello locale ci si scontra con una forte carenza di dati adatti a costruire gli indicatori stessi e questo per ragioni piuttosto note, di tipo culturale e legislativo, prima ancora che tecnologico. Si tratta di una problematica ricorrente e in un certo senso fondativa di questo dottorato che si pone l'obiettivo generale di riflettere su questi temi e in particolare sugli sviluppi tecnologici (e anche semantici) di questo decennio.

Il capitolo evidenzia l'evoluzione e le opportunità strumentali in corso nel dominio applicativo dell'energia a scala locale in particolare derivate dalla diffusione della sensoristica e dalla costruzione di standard orientati a garantire l'interoperabilità dei dati, e quindi la loro diffusione e condivisione. Si tratta di alcune riflessioni svolte nell'ambito di un progetto di ricerca PRIN a cui ho partecipato nel corso del 2009 e 2010 dal titolo "La Geomatica a supporto degli Enti Locali"²⁴, e finalizzato alla progettazione e realizzazione prototipale di un sistema di acquisizione, interrogazione e pubblicazione via web in tempo reale di dati provenienti da diverse fonti informative, in particolare sensori e reti di sensori, a supporto del monitoraggio dei consumi termici ed elettrici e di *accountability* energetica relativa al patrimonio edilizio di una pubblica amministrazione locale. Nell'ambito della ricerca è stata definita a livello prototipale un'infrastruttura applicativa per la gestione dei dati basata su meccanismi e procedure di interoperabilità *service oriented*, che utilizza gli standard internazionali di riferimento, in particolare le specifiche OGC Sensor Web Enablement.

3.1 Sensori

Negli ultimi anni si è assistito a un forte progresso e a una grande diffusione della sensoristica orientata al monitoraggio ambientale, grazie soprattutto all'abbassamento dei costi delle tecnologie, in particolare dei microprocessori, che ha reso disponibile una grande quantità di dati eterogenei, dinamici e interrogabili anche in tempo reale.

Per quanto concerne le problematiche energetiche, e in particolare le verifiche dei consumi e delle prestazioni nell'edilizia, sono presenti sul mercato due macro categorie di dispositivi: gli strumenti utilizzati per la diagnosi energetica preliminare ad attività di riqualificazione o di certificazione, oppure dispositivi che forniscono dati in modalità continua e in tempo reale (o quasi reale) sui consumi o su parametri ambientali interni ed esterni, da confrontare con le caratteristiche degli edifici, e finalizzati a monitoraggi più approfonditi, a valutazione su interventi già realizzati e alla gestione intelligente degli edifici.

3.1.1 Sensori per la diagnosi energetica

I sensori finalizzati a rilevare la prestazione energetiche di un edificio e/o di alcune sue componenti sono:

²⁴ PRIN 2007 "La Geomatica a supporto degli Enti Locali", coord. nazionale prof. Maurizio Barbarella Università di Bologna, Unità di Ricerca IUAV di Venezia, coord. prof.ssa Alberta Bianchin, gruppo di lavoro: Silvia Dalla Costa, Jonathan Rizzi, Massimo Rumor.

Termoflussimetro

Si tratta di uno strumento per la rilevazione del valore di trasmittanza delle pareti. Il principio di funzionamento è basato sulla misurazione della temperatura della superficie verso l'interno e l'esterno e del flusso termico che attraversa la parete attraverso la piastra termoflussimetrica, poiché per calcolare il valore della resistenza R che corrisponde all'inverso della Trasmittanza U è possibile adottare un modello equivalente a quello elettrico. Vale quindi la legge equivalente a quella di *Ohm*, per cui le temperature interne ed esterne corrispondono alla tensione, mentre il flusso termico corrisponde alla corrente. La resistenza di una parete equivale alla resistenza elettrica, per cui:

$$\Delta T = T_i - T_e = R \cdot \varphi$$

e

$$U = \frac{\varphi}{\Delta T}$$

dove:

T	temperatura, misurata in K
φ	flusso termico, in W/m^2
U	trasmittanza della parete, in $W/(m^2 K)$

Il metodo di rilievo non è comunque speditivo e richiede alcune precisi accorgimenti, quali $\Delta T \geq 15$ °C, durata dei rilievi superiore alle 8 ore, condizioni interne ed esterne costanti e precisione nel posizionamento delle sonde, per cui la diagnosi è spesso accompagnato da rilievo termografico per l'individuazione di punti critici, quali ponti termici o altre anomalie, da evitare. Si tratta di un metodo di rilievo che non si addice alla scala urbana, ma può essere efficace qualora si sia in presenza di edifici di cui si conosce la datazione ma non la stratigrafia e quindi il risultato dell'indagine su un singolo edificio sia successivamente esportabile ad edifici coevi.

Termocamere a infrarossi

La termografia è una tecnica di analisi di tipo non invasivo, normalmente, ma non esclusivamente, eseguita a distanza.

L'analisi termografica consiste nella determinazione della temperatura superficiale di un corpo, ottenuta dalla misurazione della temperatura apparente di radiazione per mezzo di un sistema sensibile alla radiazione nella lunghezza d'onda dell'infrarosso, che va all'incirca da 0,75 a 100 μm , in particolare nelle bande termiche, comprese tra i 2 - 3 e 18 - 19 μm .

I principi fisici che stanno alla base della teoria termografica e quindi del funzionamento della termocamera sono la radiazione del corpo nero e le leggi di *Plank*, *Wien* e *Stefan-Boltzmann*.

La termografia può anche essere definita come la registrazione della qualità termiche di un oggetto o di una superficie attraverso uno strumento in cui la radiazione registrata può essere convertita in un'immagine termica (*Remote Sensing Glossary, Canada Centre for Remote Sensing*).

Lo strumento fotosensibile alle lunghezze d'onda infrarosse sopra citate è la termocamera o camera termica, la cui dotazione minima è composta da:

- sensore di radiazioni infrarosso operante nella lunghezza d'onda maggiore 2 μm , sensibile nel campo di temperatura apparente radiante di interesse (0,1 K);
- dispositivo per rendere la temperatura apparente di radiazione visibile sotto forma di immagine;
- dispositivo per la registrazione delle immagini (Cattaneo, Personeni, 2009).

L'immagine termica, o termogramma, è un'immagine digitale istantanea, resa comprensibile con l'ausilio di contrasti cromatici, corrispondenti a precise misurazioni della temperatura superficiale. Nel settore edilizio si possono quindi individuare i differenti comportamenti termici dei materiali poiché permette la lettura delle radiazioni emesse nella banda dell'infrarosso da corpi sottoposti a sollecitazione termica.

L'energia radiante è funzione della temperatura superficiale dei materiali e questa è a sua volta condizionata dalla conducibilità termica e dal calore specifico. Questi ultimi esprimono in termini quantitativi l'attitudine del materiale stesso a trasmettere il calore o a trattenerlo.

A livello applicativo si possono evidenziare i ponti termici, le dispersioni, l'umidità nelle murature, le strutture in calcestruzzo armato, la presenza di canalizzazione degli impianti elettrici, o idrico-sanitari e termici in funzione.

Termocamere a infrarossi su piattaforma aerea

Funzionano con lo stesso principio degli strumenti sopra riportati, la sostanziale differenza è la piattaforma di alloggiamento, che può essere un aereo o un elicottero, e l'oggetto investigato che in questo caso sono le coperture degli edifici.

Le termografie aeree sono utilizzate fin dagli anni '70 come rappresentazione qualitativa del territorio, le prime esperienze furono condotte negli Stati Uniti²⁵ da alcuni fornitori di servizi energetici nel corso e subito dopo la crisi del 1973 allo scopo di bloccare, attraverso una sensibilizzazione verso le tematiche delle prestazioni energetiche, il crescente scetticismo dei loro utenti. Si trattava di un metodo relativamente economico ed efficace per attirare l'attenzione su un tema ritenuto piuttosto critico.

Le immagini termiche furono utilizzate per generare l'interesse pubblico, mentre il lavoro consistente di educazione e sensibilizzazione sui temi dell'efficienza energetica fu portato avanti attraverso i media, centri disseminati sul territorio e audit condotti nelle abitazioni.

In alcuni contesti, oltre ad un'augmentata pubblicità per le *utility*, furono registrati confortanti riduzioni di consumi, lo stato del Minnesota è un esempio significativo.

Molto più recenti sono le esperienze realizzate in alcune municipalità inglesi e francesi, tra cui Grenoble, Marsiglia, Nantes, Reims, ecc. che hanno scelto di effettuare campagne di rilevamento termografico sui conglomerati urbani, al fine di sfruttare le potenzialità comunicative delle fotografie termiche. I risultati dei rilievi sono stati utilizzati per definire le priorità di intervento sugli edifici di proprietà pubblica e per sensibilizzare e incentivare i cittadini ad effettuare interventi di riqualificazione delle coperture.

L'utilizzo più immediato e di più facile elaborazione è quindi di tipo qualitativo. Sono di più recente diffusione lo sviluppo di tecniche di analisi quantitativa, che sono nate in parte anche come reazione ad un utilizzo della termografia spicciola, e hanno l'obiettivo di dare rigore ai metodi e risultati delle analisi e di immettere i dati in modelli valutativi.

I primi tentativi di analisi quantitativa delle immagini termografiche, sono stati portati avanti da Goldstien che definì sia la misura della superficie di copertura che il trasferimento di calore attraverso il tetto, come modelli numerici. La modellazione includeva l'emissività di superficie, il fattore di vista del cielo, il flusso di irradianza discendente e la risposta spettrale del sensore, ma assumeva una serie consistente di semplificazioni, non considerava per esempio la trasmissione atmosferica, il flusso di irradianza ascendente e il valore di emissività era assunto uguale per tutte le direzioni della superficie ed utilizzata una soluzione della legge di *Planck* semplificata. I risultati hanno dimostrato di essere molto sensibili ad errori di emissività

²⁵ Gli esempi più significativi sono alcune campagne pubblicitarie e rilievi termografici aerei condotti dagli Stati del Minnesota e dell'Iowa.

Il *Canada Centre for Remote Sensing*, a partire dagli studi e dalle semplificazioni di Goldstein, ha successivamente sviluppato un modello di calcolo della perdita di calore da tetti a falda ventilati e un metodo di calcolo del fattore di vista cielo.

Secondo Allinson comunque i risultati più incoraggianti sono stati ottenuti, tra gli anni '80 e '90 da Calspan e il *Rochester Institute of Technology* che hanno definito tutti i principi della tecnologia, mappato gli sviluppi, proposto metodi quantitativi, analizzato i limiti dei modelli e della tecnologia e condotto finora l'unica campagna termografica che ha discriminato correttamente il livello di isolamento dei tetti (Allinson, 2007).

3.1.2 Sensori per la ricostruzione delle geometrie

Laserscanner su piattaforma aerea

La tecnologia laser scanner è composta dall'integrazione di una serie di strumenti quali:

- il laser scanner;
- il sistema di posizionamento *GPS* e il sistema inerziale *IMU - Inertial Measurement Unit* di misura dell'assetto e della posizione;
- dalla componentistica di alimentazione, controllo e registrazione dei dati.

Il sistema invia impulsi laser a terra, dell'ordine delle decine di migliaia al secondo, e riceve i segnali di ritorno. La densità dei punti misurati per metro quadrato di superficie fornisce un'indicazione sulla qualità del rilievo e dipende principalmente dai parametri costruttivi del sensore, dalla quota di volo relativa e dall'angolo di scansione.

Il tempo che intercorre tra invio dell'impulso e la ricezione della risposta è misurato con molta precisione, dell'ordine dei 10^{-10} secondi. Una volta determinata la distanza del velivolo dal punto colpito dal raggio laser sul terreno, per ottenere le coordinate di questo punto in un sistema di riferimento assoluto, occorre determinare con esattezza la posizione del sensore al momento dell'emissione dell'impulso e la direzione del raggio uscente (i coseni direttori del raggio stesso). Per questa ragione si usa il dato *GPS* e inerziale, in modo da ricostruire la posizione assoluta del sensore X, Y, Z e i valori angolari di ogni singolo raggio laser.

Il meccanismo di scansione del sistema è basato su un insieme di fibre ottiche che producono un insieme di misure disposte sul terreno: l'avanzamento del velivolo consente di acquisire una strisciata di punti di misura sul terreno.

L'accuratezza viene indicata in percentuale, sia essa verticale o orizzontale, in termini di misure che stanno all'interno di una certa tolleranza.

Le caratteristiche tecniche dipendono dal sensore. Attualmente sul mercato sono disponibili diversi modelli, che variano per:

- angolo di scansione da $\pm 7^\circ$ a $\pm 20^\circ$;
- frequenza di scansione da 83.000 Hz a 33.000 Hz;
- altezza di volo massima da 1.500 m. a 3.000 m.;
- tipo di *GPS* e sistema inerziale montati.

Essi variano per accuratezza orizzontale e verticale e per la capacità o meno di registrare contemporaneamente due risposte laser.

Questa tecnica di rilievo, in ambito energetico comincia ad essere utilizzata ai fini della produzione di modelli digitali 3D della morfologia e più recentemente degli edifici. L'ingente quantità di dati da trattare ha dato vita a progetti di ricerca mirati all'implementazione di algoritmi per l'estrazione automatica di informazioni semantiche e geometriche da dati laser.

Rilievo da piattaforme MMS- Mobile Mapping Systems

L'acquisizione dei dati territoriale da *laserscanner* alloggiato su piattaforma aerea (aereo, elicottero, UAV) è sempre più spesso integrata da rilievi eseguiti da terra mediante l'uso di *MMS* -

Mobile Mapping Systems che contribuiscono ad aumentare il dettaglio o integrare il rilievo per quelle zone o edifici difficili da ricoprire con rilievi nadirali.

3.1.3 Sensori per il monitoraggio energetico

Sensori per il monitoraggio dei consumi elettrici e smart meter

Il monitoraggio dei consumi elettrici avviene tramite strumentazione collegata direttamente ad ogni apparecchio elettrico, oppure al contatore o al cavo di alimentazione principale, controllando in questo modo il consumo di tutti gli apparecchi collegati ad una determinata utenza.

Il primo tipo di sensori permette di monitorare in tempo reale i consumi di ogni dispositivo.

Per quanto concerne il secondo tipo di sensori vi è una ulteriore suddivisione in due tipologie: sensori che si collegano ai contatori e sensori che si collegano ai cavi. Quelli del primo tipo si basano solitamente sulla lettura degli impulsi luminosi emessi da un contatore con una frequenza proporzionale al consumo.

Sensori per consumi di gas

I contatori per il gas sono, nel caso più comune, dispositivi analogici, si utilizzano quindi dispositivi analoghi a quelli che misurano la frequenza di lampeggiamento dei led per misurare il consumo di elettricità. In questo caso il sensore è rappresentato da un dispositivo ottico che misura i metri cubi in base alla frequenza di passaggio di una cifra.

Sensori per flussi di persone

Il monitoraggio dei flussi di persone è misurabile attraverso diversi dispositivi: fotocellule, infrarossi passivi, telecamere, telecamere termiche. Questi sistemi vanno scelti in base al tipo di ambiente da monitorare e possono essere integrati fra loro.

3.1.4 Sensori per il monitoraggio delle variabili ambientali

Nel campo energetico si riferiscono sia alle variabili interne all'edificio investigato: temperatura interna e umidità relativa, che esterne, quali temperatura esterna, forza e direzione dei venti.

Si tratta di strumentazione diffusamente utilizzata per numerose applicazioni in campo ambientale, l'abbassamento dei costi, dovuto all'evoluzione tecnologica e la sua integrazione ad interfacce user friendly proposte con il loro acquisto, in grado di leggere i dati e le sintesi dei dati anche ai non esperti ne ha permesso una vastissima diffusione, anche verso l'utenza privata. Di fatto si tratta dell'esempio più concreto di quello che Goodchild definisce i *citizens as sensors* (Goodchild, 2007) per cui ogni possessore di centralina ha sia la possibilità di registrare i dati che eventualmente di pubblicarli e inserirli in una rete di altre centraline, favorendo o migliorando le operazioni di interpolazione.

Sensori per la misura della radiazione solare

La variabile principale per il calcolo degli apporti solari è la misura di radiazione solare. I dati sul territorio possono essere ricavati da elaborazioni sui dati provenienti da sensori meteorologici a terra o su piattaforma satellitare, come descritto nel capitolo 5.

Gli strumenti a terra per la misura della radiazione solare sono:

- *piranometro*: registra l'irraggiamento totale proveniente da tutto l'emisfero celeste, vale a dire da lunghezza d'onda tra 0,3 mm e 3 mm;
- *piranometro con dispositivo supplementare*: registra la radiazione diffusa, il dispositivo serve da schermo alla radiazione diretta;
- *pireliometro*: misura la radiazione diretta attraverso una apertura ridotta dello strumento e una superficie ricevente posta ortogonalmente rispetto ai raggi solari (Spinelli, Maccari, Cogliani, Milone 2007).

3.2 Standard OGC per la gestione e condivisione dei dati geografici

Una problematica così complessa e multidisciplinare come l'energia necessita di una grande mole di dati. Un ente locale non ha strumenti economici, tecnici e organizzativi in grado di gestire tali dati, e questo è il motivo principale per cui, come si è già detto in più occasioni, le analisi preliminari ai piani e a iniziative sono realizzati ricorrendo a dati incongrui. È altrettanto vero che la diffusione della sensoristica, unitamente agli archivi gestionali, più o meno strutturati, che ogni pubblica amministrazione detiene rivelano una vastità enorme di informazioni.

Il problema della condivisione e diffusione di dati che ogni ente e istituzione dovrebbe ormai garantire, anche per affermare la trasparenza delle proprie azioni e decisioni, è stato affrontato a scala mondiale sia a livello legislativo che tecnico, per quanto concerne l'Europa attraverso la Direttiva del parlamento Europeo 2007/2/EC del 14 marzo 2007 INSPIRE²⁶ che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità Europea, entrata in vigore il 15 maggio 2007.

Da punto di vista tecnico, nel corso degli ultimi dieci anni l' *Open GeoSpatial Consortium (OGC)*, costituito da enti di ricerca, istituzioni pubbliche e privati, ha sviluppato un insieme di standard per l'archiviazione e la condivisione di informazioni spaziali, al fine di garantire l'interoperabilità sia tecnica che semantica. L'uso di standard tra l'altro si esplicita anche in convenienza economica poiché si riducono i costi di condivisione, gestione ed elaborazione dei dati, in quanto essi sono disponibili in formati conosciuti.

Si limita anche il rischio di aggiornamento forzato del software o di fine vita non supportata dei prodotti, poiché, se i componenti sono basati sugli standard possono essere sostituiti con altri, altrettanto *standard compliant*.

L'OGC ha quindi definito diversi servizi per l'accesso ad informazioni spaziali, i più noti ed utilizzati sono:

- *WebMapService (WMS)*: che definisce protocolli e specifiche per la creazione e la visualizzazione di mappe in formato *raster*, anche derivanti da sovrapposizione e provenienti contemporaneamente da diverse sorgenti dati;
- *WebFeatureService (WFS)*: che definisce protocolli e specifiche per l'interscambio di dati vettoriali, in modo che client e server possano scambiarsi dati a livello di *feature*, il *WFS Transitional (WFS-T)* estende il servizio e permette maggiori interazioni fra il client e il server quali le operazioni di editing di dati esistenti o l'inserimento di nuovi dati.

Altrettanto importante e complessa è la documentazione ISO, serie UNI 19100 relativa agli standard per l'informazione geografica e in parallelo il lavoro OGC, sempre di implementazione degli standard di riferimento relativi alla progettazione delle basi di dati geografici, quali:

- *Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 1: Common architecture*;
- *Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 2: SQL option*.

3.3 Standard OGC per le reti di sensori

Gli standard OGC relative ai sensori servono principalmente alla comunicazione delle informazioni fra sensori e applicativi e per la loro gestione attraverso il web. Sono stati implementati dall'Open Geospatial Consortium (OGC) a partire dal 2007, anno di pubblicazione del Libro Bianco sul Sensor Web Enablement (SWE) che ha portato al rilascio di sette specifiche (Botts 2007), ovvero:

²⁶ http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/it/oj/2007/l_108/l_10820070425it00010014.pdf

- *Observations & Measurements Schema (O&M)*: modello standard e schema XML utile per codificare le osservazioni e le misurazioni da un sensore, sia da serie storiche sia in tempo reale; grazie a tale specifica è possibile interpretare tutti i dati raccolti dai sensori nell'ambito dei monitoraggi;
- *Sensor Model Language (SensorML)*: modello standard e schema XML per descrivere i sistemi dei sensori e i processi; fornisce informazioni utili per la scoperta di sensori, per la localizzazione delle osservazioni, per il processamento a basso livello delle osservazioni, per elencare le proprietà delle attività schedate; di fatto questa specifica permette di raccogliere le informazioni di base per poter comunicare con un sensore e gestire le informazioni che raccoglie;
- *Transducer Markup Language (TransducerML or TML)*: modello concettuale e schema XML per descrivere i transducers e supportare lo streaming in tempo reale dei dati da e verso i sistemi di sensori;
- *Sensor Observations Service (SOS)*: interfaccia per un servizio web standard orientato alla richiesta, al filtraggio e alla ricezione delle osservazioni e delle informazioni sui sistemi di sensori; rappresenta un livello intermedio fra le postazioni client e gli archivi delle osservazioni o i canali in tempo (quasi) reale dei sensori;
- *Sensor Alert Service (SAS)*: interfaccia per un servizio web standard di pubblicazione e sottoscrizione di messaggi di allerta dai sensori; tale servizio permette di gestire dei messaggi che si attivano quando vengono registrati determinati valori; ad esempio il superamento di certe soglie potrebbe generare dei segnali di avviso che rappresentano valori anomali o prestazioni sintomo di scarsa efficienza;
- *Web Notification Services (WNS)*: interfaccia per un servizio web di invio asincrono di messaggi o segnali d'allerta dai servizi web SAS e da altri elementi del *workflow* dei servizi; permette di gestire l'invio di messaggi che comunicano agli utenti i segnali di allerta relativi, ad esempio, al superamento di valori soglia o ad anomalie sullo stato del sistema.

Un'ulteriore specifica di crescente interesse è la *Sensor Planning Service (SPS)*, un servizio web per acquisizioni di dati pianificati dall'utente. L'SPS rappresenta un livello intermedio tra le postazioni client e un ambiente di gestione di una serie di sensori, in quanto permette una interazione diretta fra utente e sensore anche nel definire quando raccogliere i dati e con che frequenza.

Di fatto attraverso un sistema basato sulle specifiche elencate è possibile ricevere messaggi di notifica al verificarsi di eventi particolari, consentendo quindi di intervenire rapidamente su anomalie o anche di attivare azione automatiche in risposta al verificarsi di determinati eventi. In una rete di sensori conforme alle specifiche, inoltre, è semplificata anche l'integrazione di nuovi sensori senza la completa riprogrammazione di tutto il sistema.

Observations & Measurements Schema (O&M)

La specifica *Observation and Measurement Schema* si pone l'obiettivo di consentire la gestione delle osservazioni effettuate dai sensori, la descrizione dei fenomeni osservati e degli oggetti, obiettivo delle osservazioni. La specifica fa una netta distinzione fra l'osservazione e oggetto dell'osservazione che rispecchia la suddivisione della specifica in due parti: la prima, *Observation schema*, è relativa alle osservazioni che vengono effettuate dai sensori, la seconda, *Sampling features*, è relativa agli oggetti delle misurazioni.

Ogni osservazione che viene fatta da un sensore rimanda ad una proprietà di una "*Feature of Interest*" (l'oggetto dell'osservazione): se viene misurata la temperatura in una stanza, l'osservazione è di fatto la temperatura nel punto in cui si trova il sensore, mentre la *Feature of Interest* è la stanza; nel caso invece si voglia classificare l'uso del suolo di un'area tramite

immagine satellitari l'osservazione è la mappa di tutta l'area ripresa dal satellite, mentre la *Feature of Interest* è l'area di cui si vuole conoscere l'uso del suolo.

Un'osservazione è dunque definibile come un'azione che ha come risultato un valore che descrive un fenomeno. Ogni osservazione lega il suo risultato ad una *Feature of Interest* per la quale si è fatta l'osservazione stessa. Produrre il risultato può anche implicare l'utilizzo di procedure analitiche, simulazioni, o altri processi numerici. L'osservazione è accompagnata anche da metadati che sono associati alle proprietà dell'oggetto dell'osservazione e sono di particolare interesse quando è importante conoscere gli errori delle osservazioni.

Le osservazioni possono gestire sia tipi di dati semplici sia complessi, quali il tempo, la localizzazione e la geometria. Ogni osservazione è associata ad un istante temporale o ad un intervallo, a seconda del tipo di fenomeno e di parametro misurato. Il fenomeno rappresenta una delle proprietà della *Feature of Interest*. Il termine misura è usato in alcuni contesti specifici, ed è riservato ai casi in cui il risultato è una quantità numerica.

Le principali proprietà di interesse di un'osservazione sono: la *featureOfInterest*, la *observedProperty*, la procedura e il risultato. La *featureOfInterest* è un oggetto (ISO 19109, ISO 19101), rappresentazione di ciò che si osserva. L'*observedProperty* identifica o descrive il fenomeno per cui l'osservazione ha restituito un valore; è associata con il tipo di *Feature of Interest*. Il risultato contiene il valore generato dalla procedura.

Un'osservazione può coinvolgere anche processi complessi lungo un ampio arco temporale. Il tempo è definito attraverso due proprietà: *samplingTime* e *resultTime*. Il primo è il momento del campionamento, il secondo quello dell'elaborazione del risultato. Possono essere uguali se il dato è ricavato immediatamente, differiscono se ad esempio devono essere eseguite delle analisi.

Sensor Model Language (SensorML)

La specifica *Sensor Model Language* ha l'obiettivo principale di definire i processi e i componenti associati con le trasformazioni delle osservazioni; più specificatamente gli obiettivi sono:

- fornire una descrizione dei sensori per la gestione di un inventario;
- fornire informazioni riguardanti i sensori e i processi per supportare la scoperta di risorse e osservazioni;
- supportare il processamento e l'analisi delle osservazioni dei sensori;
- supportare la geolocalizzazione dei valori (dati) osservati;
- fornire informazioni sulle *performance* (accuratezza, soglie, ecc.);
- fornire informazioni esplicite sul processo con cui si ottengono le informazioni;
- fornire una catena di processi che permetta di derivare nuovi dati in base a specifiche richieste;
- archiviare informazioni sulle proprietà dei sistemi di sensori.

Per processi si intendono tutte le operazioni che permettono di passare dal dato misurato al dato restituito dal sensore; vi possono essere singoli processi o catene di processi in quanto la specifica serve a gestire sia sensori relativamente semplici, quali quelli di temperatura o consumo energetico, sia sensori complessi come quelli montati su piattaforme satellitari per l'osservazione della terra.

Il modello e lo schema del *SensorML* forniscono una struttura, quindi, per definire processi, catene di processi e sistemi di sensori. Per poter garantire l'interoperabilità fra comunità di sensori è importante definire una semantica specifica di ogni comunità con dizionari o ontologie disponibili via web. Sono stati sviluppati, inoltre, dei piccoli processi atomici di utilizzo generale che possono essere utilizzati per definire un modello generale e un profilo XML utilizzabile in numerose applicazioni.

Nell'ambito di *SensorML* tutti i processi e i componenti sono codificati attraverso *Feature model* del *Geography Markup Language (GML)* versione 3.1.1.

In riferimento alla specifica *O&M*, si assumono alcune componenti fondamentali delle informazioni:

- alcune proprietà di entità fisiche e fenomeni possono essere misurate e quantificate. Nell'ambito delle specifiche *SWE* sono definite *ObservableProperty* o *Phenomenon*. Ognuno di queste può essere referenziata in un dizionario on line o in un'ontologia, includendo nella definizione delle proprietà quali temperatura, abbondanza, tipologia, ecc. In *SensorML* queste definizioni sono referenziate attraverso degli *URI* (tipi particolari di URNs);
- determinati sensori sono in grado di osservare e misurare specifiche proprietà. Con modalità differenziate, questi sensori possono essere in grado di determinare il valore misurato e valutarne la qualità. Possono inoltre associare alla misura la localizzazione spaziale e l'orientamento. Il ruolo del *SensorML* è quello di fornire le caratteristiche richieste per il processamento, la geolocalizzazione e la valutazione della qualità delle misure di un sensore. *SensorML* in questo contesto ha due ruoli, da un lato descrive le procedure con cui si ottiene un'osservazione, incluse eventuali operazioni di post-processamento, dall'altro fornisce delle catene di processi con cui appositi software possono derivare nuovi dati da quelli esistenti;
- Parte dei dati ricevuti da sensori o derivati da misurazioni dei sensori sono accessibili direttamente dal sensore, o da archivi che distribuiscono i dati sotto forma di prodotti; il processamento di questi dati richiede la conoscenza delle proprietà dei sensori, attraverso il supporto dell'*O&M* o di altri tipi di data provider. In *O&M* vengono descritte le procedure di misurazione e di post-processamento della misurazione effettuata dal sensore. Tali procedure possono essere codificate con *SensorML*. Nel corso di una osservazione, inoltre, possono essere osservate diverse *Feature of Interest* e un processo *SensorML* può fornire la loro localizzazione.

SensorML può fornire una descrizione dettagliata della componente hardware del sensore, ma soprattutto permette di descrivere il modello funzionale del sensore. *SensorML* è stato implementato con lo scopo di supportare il processamento e la geolocalizzazione dei dati virtualmente da ogni sensore. Questo permette di sviluppare software in grado di processare e geolocalizzare dati provenienti da sistemi di sensori.

La geolocalizzazione può avvenire in due diverse modalità: *rigorous* e *mathematical*. Nel primo caso si utilizzano le informazioni provenienti dalla piattaforma su cui si trova il sensore, mentre nel secondo caso, si prevede l'interazione umana e il sensore viene localizzato attraverso funzioni polinomiali.

In *SensorML* è possibile definire la posizione anche in maniera relativa rispetto ad un sistema di riferimento proprio della piattaforma su cui si trovano i sensori (ad esempio una stazione a terra, una piattaforma aerea o satellitare, o una persona); può essere anche registrata la sola posizione relativa dei sensori per riferirla ad un GPS che si trova sulla piattaforma. In ogni caso la descrizione del sensore e della piattaforma devono essere separate.

Sensor Observations Service (SOS)

Il servizio *Sensor Observation Service (SOS)* fornisce un *API* per gestire i sensori e recuperare i dati e le "osservazioni", sia per sensori in-situ (ad esempio quelli utilizzati per misurare specifici parametri ambientali attraverso il contatto diretto) sia per sensori dinamici (ad esempio quelli usati per le immagini satellitari).

I sensori utilizzati nel campo energetico sono generalmente di tipo in-situ e possono essere raggruppati in "costellazioni". Ogni sensore può essere raggruppato con sensori diversi ed essere parte di più raggruppamenti, ognuno dei quali può essere acceduto dall'esterno attraverso il servizio *SOS*.

Il servizio *SOS* ha tre operazioni fondamentali:

- *GetObservation*: permette l'accesso alle osservazioni dei sensori attraverso una query spaziotemporale che può andare a filtrare il tipo di fenomeno per cui si ricercano dati;
- *DescribeSensor*: raccoglie informazioni dettagliate riguardanti il sensore e il processo che ha generato le misurazioni effettuate;
- *GetCapabilities*: permette l'accesso al servizio SOS.

Oltre a queste tre operazioni ve ne sono altre descritte di seguito, le prime due per supportare le transazioni, le altre sei per operazioni avanzate:

- *RegisterSensor*: consente la registrazione di un nuovo sensore in un servizio SOS esistente; è una operazione obbligatoria nel caso di implementazione di un servizio SOS-T;
- *InsertObservation*: permette di inserire una nuova osservazione utilizzabile da un servizio SOS collegandola ad un sensore preventivamente inserito nella rete: è una operazione obbligatoria nel caso di implementazione di un servizio SOS-T;
- *GetObservationById*: consente di richiedere una osservazione sulla base del suo *ID* ottenuto precedentemente;
- *GetResult*: permette di definire un *template* per le richieste di informazioni che vengono ripetute frequentemente e variano solo per la data delle osservazioni; l'utilizzo di un *template* consente di effettuare la richiesta senza inviare tutti i dati, ma inviando solo le informazioni variabili;
- *GetFeatureOfInterest*: consente di ricevere tutte le informazioni relative ad una della *Feature of Interest* a cui si fa riferimento in una osservazione;
- *GetFeatureOfInterestTime*: permette di sapere l'intervallo per cui sono disponibili osservazioni per una specifica *feature of interest*;
- *DescribeFeatureType*: permette di ricevere un file XML descrittivo della *Feature of Interest*;
- *DescribeFeatureOfInterest*;
- *DescribeObservationType*: restituisce un file XML che descrive il tipo di osservazione;
- *DescribeResultModel*: permette di conoscere il tipo di dati richiesti attraverso l'operazione *GetResult* attraverso uno specifico file XML.

3.3.1 Applicativi SWE Compliant

Negli ultimi anni numerosi enti di ricerca, università e aziende private hanno iniziato a sviluppare strumenti che implementano le specifiche SWE. La tabella a seguire descrive brevemente le caratteristiche degli applicativi.

Standard	Sviluppatore	Descrizione
Sensor Observation Service (SOS)	52 North	Software open source per il servizio SOS
	MapServer	Server web cartografico open source in grado di gestire anche dati provenienti da servizi SOS
	OOSTethys	Software open source per il settaggio di server SOS
Sensor Planning Service (SPS)	52 North	Software open source per il servizio SPS
	GeoBlinky SPS	Software client per il servizio SPS
Web Notification Service (WNS)	52 North	Software open source per il servizio WNS
Sensor Alert Service (SAS)	52 North	Software open source per il servizio SAS
SWE Client	Space Time Toolkit	Client open source 3D interattivo in Java per servizi SWE
	Northrop Grumman Pulsenet	Client per i servizi SWE
	SAIC Sensor Web Client	Client per i servizi SWE

	52 North SWE Client Framework	Framework per la costruzione di applicazioni che utilizzino i servizi SWE
	52 North SOS Thin Client	Client per la visualizzazione di serie temporali di dati provenienti dal servizio SOS
	52 North ArcGIS SOS Extension	Plug-in per l'accesso a servizi SOS tramite ArcGIS
	52 North uDig SOS Plugin	Plug-in per l'accesso a servizi SOS tramite uDig
	00STethys -OpenIOOS	Client basato su web per I servizi SOS
SWE Common	SWE Common Library (Botts)	Libreria per l'implementazione delle specifiche e dei dati tramite SWE Common
SensorML	SensorML PrettyView (Botts) (TableView)	Visualizzatore open source per Sensor ML
	SensorML Process Editor	Editor per SensorML basato su Eclipse
	Process Execution Engine Library (Botts)	Libreria open source per analizzare SensorML ed eseguire catene di processi
	SensorML Schema Browser (Botts)	Visualizzatore web interattivo per SensorML
	SensorML Profile Library (Botts)	Libreria open source di profil e componenti di sensori e processi
	Pines SensorML Editor	Editor open source per sensorML

Tabella 3. Elenco degli applicativi che implementano gli standard SWE

3.3.2 Standard OGC per la modellazione 3D

Considerata l'importanza delle superfici e dei volumi che delimitano gli spazi riscaldati nei calcoli di bilancio energetico, si deduce chiaramente che il dominio dei dati più opportuno per l'analisi dell'efficienza energetica sia lo spazio 3D.

Anche per la gestione dei dati tridimensionali è possibile assumere un approccio standard ed utilizzare formati emanati da OGC, nello specifico il *Keyhole Markup Language (KML)* oppure *CityGML*.

Tuttavia, se si valuta sempre il dominio applicativo specifico, che di fatto necessita della presenza della semantica all'interno del formato e l'espandibilità con proprietà ed elementi personalizzati al fine di veicolare non solo la geometria ma anche i dati ad essa relativi, l'unico formato adatto allo scopo è *CityGML*, che viene brevemente descritto a seguire.

3.3.3 CityGML 1.0

CityGML nasce come metodo generale per la strutturazione di modelli di ambienti urbani con scopi di visualizzazione, comprendendo oltre alle geometrie degli oggetti anche le loro proprietà semantiche e tematiche.

Definisce classi e relazioni per gli oggetti topografici più rilevanti nei modelli di città e regioni riguardanti le loro proprietà geometriche, topologiche, semantiche e il loro aspetto esterno. Sono incluse generalizzazioni gerarchiche tra classi tematiche, aggregazioni, relazioni tra oggetti e proprietà spaziali.

Le informazioni tematiche messe a disposizione fanno sì che *CityGML* non sia semplicemente un formato per lo scambio e la visualizzazione di dati 3D dei modelli urbani, ma permette di usare tali modelli per analisi più sofisticate in ambiti applicativi diversi, come ad esempio simulazioni e *data mining* urbano.

CityGML è realizzato come un modello di dati aperto e basato su linguaggio *XML* per la memorizzazione e lo scambio di modelli urbani virtuali 3D.

E' implementato come *application schema* per la versione 3.1.1 di *GML - Geography Markup Language*, lo standard internazionale estensibile per lo scambio di dati territoriali rilasciato OGC e la ISO TC211.

Il formato di basa su tre componenti principali:

1. un modello tematico;
2. un modello geometrico;
3. un modello di visualizzazione.

Il primo gestisce la semantica e le relazioni tra i vari oggetti del modello. Sono previsti i tipi di *feature* più comuni, come strade, edifici, bacini idrici e vegetazione, tuttavia è possibile utilizzare componenti generiche per modellare qualsiasi elemento urbano. La seconda componente definisce la geometria del modello e si basa su di una semplificazione di *GML 3*. La componente di visualizzazione definisce infine come disegnare le *feature*, fornendone colori e tessitura.

CityGML distingue cinque diversi livelli di dettaglio (LOD), attraverso i quali è possibile modellare le *feature* in funzione della complessità desiderata. All'aumentare del livello di dettaglio gli oggetti diventano infatti sempre più particolareggiati, sia in termini geometrici che tematici. I livelli di dettaglio offerti sono:

- LOD0 : modello regionale (2.5D modello di terreno)
- LOD1: città/modello del sito (modello di blocco con o senza tetti)
- LOD2: città/modello del sito (*texture* di tetti e delle facciate)
- LOD3: città/modello del sito (modello architettuale dettagliato)
- LOD4: modello dell'interno (navigazione all'intero dell'edificio)

Ogni modello *CityGML* può contenere rappresentazioni multiple per ogni oggetto in un diverso livello di dettaglio simultaneamente.

3.4 Web Gis per il monitoraggio energetico

In ambito nazionale sono stati recentemente avviati alcuni progetti relativi alla costruzione di web gis per la visualizzazione e interrogazione di mappe orientate a rappresentare le prestazioni energetiche di edifici soprattutto pubblici, finalizzati quindi a rispondere a quanto richiesto dalla Direttiva europea 91. Un esempio significativo è il portale "Audit Gis"²⁷ finanziato dalla Fondazione Cariplo, che pubblica i risultati di diagnosi energetiche effettuate in edifici pubblici di 650 Comuni al di sotto dei 30.000 abitanti delle province lombarde e di Novara e Verbania e che ospiterà le sintesi e lo stato di avanzamento dei Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile, realizzati dai comuni aderenti al Patto dei Sindaci (vedi Capitolo 1). I dati visualizzati e interrogabili da mappa sono aggregati a livello comunale o riferiti ai singoli edifici e si riferiscono ai consumi storici termici ed elettrici, ai dati relativi alle azioni intraprese, alla CO₂ risparmiata grazie agli interventi e riportando anche un'indicazione dei tempi di ritorno degli investimenti.

Un altro strumento Web Gis è invece stato realizzato da ATC - Agenzia Territoriale per la Casa di Torino per la gestione dei dati del proprio patrimonio immobiliare; l'applicativo è strutturato in moduli, tra cui quello specificatamente dedicato all'analisi dello stato degli edifici e del loro fabbisogno energetico. Tale modulo è basato sul database e sul modello di calcolo del software DOCET, sviluppato da ITC-CNR ed Enea (vedi capitoli successivi) e offre la possibilità di simulare interventi miranti a produrre un miglioramento complessivo dei consumi per fabbricati singoli o accorpati in gruppi omogenei.

Sempre in ambito nazionale si cita il progetto di *BEEP* realizzato dall'Università la Sapienza di Roma e descritto nel paragrafo 2.3

²⁷ <http://www.webgis.fondazionecariplo.it>

Mentre a livello europeo, oltre al progetto *EEP* sempre citato nel paragrafo 2.3, si riporta il progetto *EnerGis* dell'*Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne-LENI-IGE-STI* sviluppato per modellare le domande energetiche di aree urbane.

Lo scopo della piattaforma è principalmente quello di rappresentare le richieste energetiche di una determinata area geografica in modo da valutare l'utilizzo di sistemi energetici ad alta efficienza tecnologica integrati ad impianti alimentati da fonti rinnovabili.

In relazione al tema dell'efficienza energetica e del controllo dei consumi sono soprattutto in corso progetti orientati al miglioramento delle interfacce per la gestione e il controllo dei consumi, come verrà meglio descritto nel capitolo 7.

Bibliografia

Allinson, D. 2007. Evaluation of aerial thermography to discriminate loft insulation in residential housing. Degree of Doctor of Philosophy - University of Nottingham.

Battles, M.K. 1978. *The dissemination of infrared imagery to 27 Minnesota communities*. Thermosense I: First national conference on the capabilities and limitations of thermal infrared sensing technology in energy conservation programs. Chattanooga, Tennessee, USA, T.M. Lillesand, American Society of Photogrammetry: 97-119.

Botts, M. & Percivall, G. & Reed, C. & Davidson, J. 2007. OGC® Sensor Web Enablement: Overview And High Level Architecture. Open Geospatial Consortium.

Botts, M. 2007. OpenGIS® Sensor Model Language (SensorML) Implementation Specification. Open Geospatial Consortium.

Cattaneo, G. & Personeni, M. 2009. Ricostruzione fotogrammetrica 3d di edifici con texture da immagini nell'infrarosso termico. Master of Science in Civil Engineering - Politecnico di Milano.

Chu, X. & Kobialka, T. & Buyya, R. 2006. Open sensor web architecture: Core services. Proceedings of the 4th International Conference on Intelligent Sensing and Information Processing: 1-4244.

Cox, S. & Botts, M. 2007. OpenGIS® SensorML Encoding Standard, version 1.0 Schema - Corrigendum 1. Open Geospatial Consortium.

Cox, S. 2007. Observations and Measurements – Part 1 - Observation schema. Open Geospatial Consortium

Cox, S. 2007. Observations and Measurements – Part 2 - Sampling Features. Open Geospatial Consortium.

Goldstein, R. J. 1978. Application of aerial infrared thermography data to the measurement of building heat loss. ASHRAE Transactions: Focus on Energy, Atlanta, GA, USA, ASHRAE: 84-1: 207-226.

Goodchild, M.F. 2007: Citizens as sensors: web 2.0 and the volunteering of geographic information. GeoFocus (Editorial), n° 7, p. 8-10, ISSN: 1578-5157.

Gröger, G. Kolbe, T.H. Czerwinski, A. Nagel C. 2008. OpenGIS® City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard. Open Geospatial Consortium.

Lewis, J.M. 1978. Infrared survey: Iowa utility experience. Thermosense I: First national conference on the capabilities and limitations of thermal infrared sensing technology in energy conservation programs, Chattanooga, Tennessee, USA, T.M. Lillesand, American Society of Photogrammetry: 59-68.

Na, A. & Priest, M. 2007. Sensor Observation Service. Open Geospatial Consortium.

Robin, A. 2006. Using SensorML to describe a Complete Weather Station. Tutorial. University of Alabama in Huntsville (UAH), Earth System Science Center – NSSTC.

Schott, J. & Wilkinson, E. 1979. Aerial measurement of heat loss: Phase I. Calspan report: 6393-M-2.

Simonis, I. 2007. OpenGIS® Sensor Planning Service Implementation Specification. Open Geospatial Consortium.

Spinelli, F. Maccari, A. Cogliani, E.G. Milone, M. 2007. La misura e la stima della radiazione solare: l'archivio dell'ENEA e il sito Internet dell'Atlante italiano della radiazione solare per la pubblicazione dei dati. ENEA, 2007. Rapporto SOL/RS/2007/21.

Winter, H.F. 1979. Operation thermoscan - a utility's use of thermography for energy conservation. Thermosense II: Second National Conference on thermal infrared sensing technology for energy conservation programs. Albuquerque, New Mexico, USA, S.A. Morain, American Society of Photogrammetry: 187-190.

Sitografia

Canada Centre for Remote Sensing

<http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/>

Open Geospatial Consortium

<http://www.opengeospatial.org/>

INSPIRE Directive

<http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>

Portale Audit Gis

<http://www.webgis.fondazionecripio.it>

4 Bilancio energetico del patrimonio edilizio esistente²⁸

Il capitolo evidenzia le componenti e le variabili necessarie alla costruzione del bilancio energetico di un edificio. Si descrivono l'approccio e le metodologie di calcolo definite dalle norme UNI ISO e UNI TS per la diagnosi energetica, in particolare quelle preliminari all'ottenimento della certificazione degli edifici esistenti, che si ipotizza possano essere utilizzato per l'avvio della Base informativa.

Come accennato nei paragrafi precedenti, l'approccio che si intende adottare per la costruzione della proposta è di tipo incrementale, a partire dal dato più dettagliato, se disponibile, cercando di volta in volta risorse informative e fonti di dati alternative per la costruzione del sistema di conoscenze; il capitolo quindi si conclude in questa direzione, attraverso un'analisi preliminare di possibili dati individuati tra le risorse informative in possesso della Pubblica Amministrazione o provenienti da sensori. Tale analisi è quindi propedeutica alla fase di realizzazione della proposta.

4.1 Equazione

Per quanto concerne la valutazione del fabbisogno energetico ad una scala urbana l'ipotesi che si intende validare, come brevemente accennato nel capitolo precedente, è quella di basarsi sulle norme, sui metodi e sugli strumenti della certificazione energetica per costruire la diagnosi energetica preliminare. Si è deciso di dare priorità alla valutazione del fabbisogno energetico per il riscaldamento, che come sopra riportato (Capitolo 1) è la causa più importante dei consumi energetici, accennando in parte alla componente relativa la produzione e quindi il consumi di acqua calda sanitaria (d'ora in poi ACS).

La valutazione del fabbisogno di energia connessa alla climatizzazione di un edificio è basata sull'equazione del suo bilancio termico, a sua volta parte di un più generale bilancio energetico che tiene anche conto degli altri usi di energia. L'analisi del bilancio consente di valutare la domanda di energia e di conseguenza le prestazioni delle singole componenti edilizie, supportando in modo esauriente le scelte degli interventi di riqualificazione. Poiché tratta ogni componente individuato, da esso è possibile eventualmente definire una serie di ulteriori indicatori. La sua equazione parte dal principio per cui lo spazio confinato di analisi (definito in seguito come "zona termica") può essere considerato un sistema termodinamico aperto operante in regime stazionario.

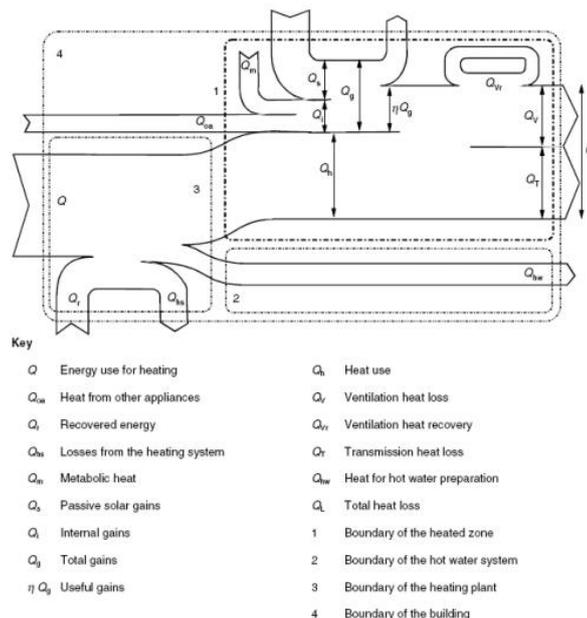


Figura 4: Esempificazione grafica del bilancio energetico

²⁸ Capitolo scritto con il supporto dei ricercatori ITC-CNR di San Giuliano Milanese.

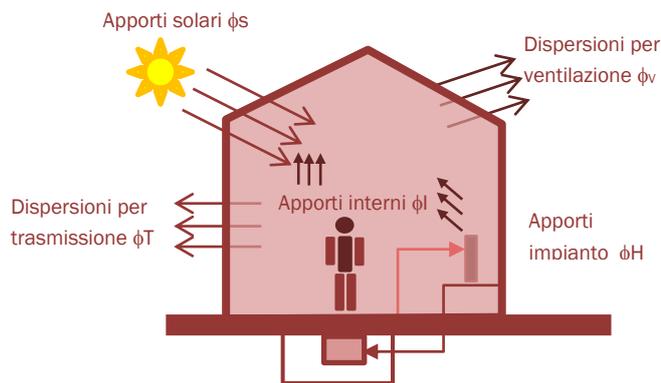


Figura 5: Esempificazione dei flussi energetici entranti e uscenti

Il bilancio si basa quindi sull'individuazione dei flussi di materia ed energia in entrata ed in uscita dallo spazio confinato considerato e dipendenti dai diversi fattori che influiscono sulle sue prestazioni, che possono essere:

- le caratteristiche termo-fisiche dell'involucro opaco e trasparente;
- la forma e la geometria dell'involucro;
- le condizioni climatiche del contesto;
- la forma del contesto e la vicinanza con elementi naturali e artificiali ombreggianti;
- le presenze, le abitudini e i comportamenti degli occupanti e le apparecchiature elettriche in uso;
- le caratteristiche e i rendimenti degli impianti installati;
- le integrazioni di energia da impianti di fonti rinnovabili;
- alcuni parametri o fattori di riduzione, usati principalmente in relazione agli apporti interni.

Calcolare puntualmente ogni singola variabile che costituisce il bilancio risulta piuttosto complesso e oneroso, pertanto anche per diagnosi orientate all'ottenimento della certificazione, che operano quindi a una scala architettonica, vengono adottate delle semplificazioni, ovvero:

- si assume che gli scambi termici avvengano in regime stazionario e quindi si considerano valori costanti delle temperature interne nel periodo di calcolo²⁹;
- si semplificano le valutazioni sui ponti termici;
- si utilizzano valori medi mensili delle grandezze climatiche (temperatura esterna, irraggiamento, ecc.);
- le modalità di valutazione degli apporti interni sono di tipo standard.

Le norme tecniche consentono in molti casi di utilizzare tabelle e abachi con valori convenzionali riferibili al territorio nazionale e che permettono di abbreviare sia la raccolta dei dati che i calcoli. In questi termini il tipo di informazione da raccogliere non rappresenta una misura puntuale, ma piuttosto una descrizione o un *range* di valori entro cui è possibile muoversi, per cui tra i dati fondamentali da raccogliere risultano, oltre alle informazioni geometriche, quelle relative all'anno di costruzione e alla tipologia dell'edificio o unità abitativa investigata, che delimitano, se non descrivono completamente, le caratteristiche termofisiche dell'involucro.

²⁹ Si opera in regime stazionario quando la potenza termica in un sistema non varia nel tempo e la temperatura in ciascun punto non cambia.

4.2 Norme di riferimento e metodi di calcolo

Per il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici si adottano le norme tecniche nazionali UNI TS 11300³⁰, che definiscono le modalità per l'applicazione nazionale delle UNI EN ISO 13790:2008 con riferimento al metodo mensile per il calcolo di energia termica per il riscaldamento ($Q_{H,nd}$) e per il raffrescamento ($Q_{C,nd}$).

Comprendono tutte le possibili applicazioni della stessa UNI, ovvero la possibilità di valutazioni delle prestazioni edilizie di tre tipi:

- di progetto (*Design rating*);
- in condizioni standard (*Asset rating*);
- in particolari condizioni climatiche o di esercizio (*Tailored rating*).

Possono quindi essere adottate sia per diagnosi energetiche che per il calcolo delle prestazioni orientate all'ottenimento della Certificazione.

Tipo di valutazione	Dati di ingresso			Scopo della valutazione
	Uso	Clima	Edificio	
di Progetto (<i>Design Rating</i>)	Standard	Standard	Progetto	Permesso di costruire, Certificazione o Qualificazione energetica del progetto
Standard (<i>Asset Rating</i>)	Standard	Standard	Reale	Certificazione o Qualificazione energetica
Adattata all'utenza (<i>Tailored rating</i>)	In funzione dello scopo		Reale	Ottimizzazione, Validazione, Diagnosi e programmazione di interventi di riqualificazione

Figura 6: Tipo di valutazione previste dalle Norme UNI TS 11300

Secondo quanto riportato dalla norma (UNI/TS 11300-2) in particolare “la certificazione energetica trova riscontro nella valutazione standard: il calcolo viene effettuato sulla base dei dati relativi all'edificio reale, come costruito, mentre per le modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio e dell'impianto si assumono valori convenzionali di riferimento. Questa valutazione è eseguita in regime di funzionamento continuo”. La diagnosi energetica prevede invece una valutazione in condizioni effettive di funzionamento; il calcolo viene effettuato in base ai dati reali dell'edificio e si considerano le reali modalità di occupazione e di utilizzo; per il calcolo vengono utilizzati i dati climatici reali in funzione dell'ubicazione dell'edificio.

Le UNI/TS 11300 sono composte da 4 parti:

- UNI/TS 11300-1 Prestazioni energetiche degli edifici. Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale (sostituisce la UNI 10379:2005). Definisce le linee guida per l'applicazione nazionale della norma UNI EN ISO 13790:2008 con riferimento al metodo mensile quasi stazionari per il calcolo dei fabbisogni netti di energia per il riscaldamento e il raffrescamento.

³⁰ D.Lgs 115/2008- Efficienza energetica degli usi finali e certificazione energetica degli edifici dell'energia – Allegato III (art. 18, comma 6): “Metodologie di calcolo e requisiti dei soggetti per l'esecuzione delle diagnosi energetiche e la certificazione energetica degli edifici”. Per le metodologie di calcolo delle Prestazioni energetiche degli edifici si adottano le norme tecniche nazionali “UNI TS 11300 Prestazioni energetiche degli edifici”. Nasce dalla volontà di ottenere risultati riproducibili e confrontabili per ottemperare alle condizioni richieste dal D.Lgs 115/2008 e dal DPR 6 Marzo 2009.

- UNI/TS 11300-2 Prestazioni energetiche degli edifici. Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda.
- UNI/TS 11300-3 Prestazioni energetiche degli edifici. Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva.
- UNI/TS 11300-4 Prestazioni energetiche degli edifici. Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per il riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria (in corso)

In sostanza per determinare le prestazioni energetiche degli edifici sono necessari metodi di calcolo per:

- il fabbisogno di energia termica (netta) per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti;
- il fabbisogno di energia termica (netta) per la produzione di acqua calda sanitaria (ACS);
- il rendimento e il fabbisogno di energia primaria relativi agli impianti di climatizzazione invernale;
- il rendimento e il fabbisogno di energia primaria per la produzione di ACS;
- il rendimento e il fabbisogno di energia primaria relativi agli impianti di climatizzazione estiva;
- il risparmio di energia primaria ottenibile utilizzando energie rinnovabili ed altri metodi di generazione per il riscaldamento e la produzione di ACS.

4.3 Strumenti per il calcolo dei fabbisogni e delle prestazioni energetiche

Per quanto concerne il calcolo delle prestazioni energetiche sugli edifici esistenti, oggetto della presente ricerca, le Linee Guida per la Certificazione Energetica³¹, all'articolo 4 "Metodologie per la determinazione della prestazione energetica degli edifici", indicano a riferimento il "Metodo di calcolo da rilievo sull'edificio o standard", ovvero la valutazione delle prestazioni attraverso:

1. il rilievo delle caratteristiche geometriche e termofisiche del sistema edificio-impianto, anche di tipo strumentale (Art.4, paragrafo 2.i);
2. una valutazione svolta per analogia costruttiva con altri edifici e impianti coevi, integrata da banche dati e abachi nazionali, regionali o locali Art.4, paragrafo 2.ii);
3. sulla base dei principali dati climatici, tipologici, geometrici e impiantistici (Art.4, paragrafo 2.iii);

I relativi metodi di calcolo riconosciuti dalle suddette Linee Guida Nazionali, in riferimento al "metodo di calcolo da rilievo" sono:

a) *Calcolo da rilievo delle caratteristiche dell'edificio*: gli indici di prestazione energetica vengono calcolati secondo le procedure contenute nelle norme UNI/TS 11300 Parte 1 e 2 che prevedono per gli edifici esistenti calcoli semplificati attraverso l'utilizzo di abachi o tabelle in relazione alle tipologie edilizie e alla loro datazione (Art.5 paragrafo 5.2, punto 1);

b) *Metodo di calcolo per analogia costruttiva*: gli indici di prestazione energetica vengono calcolati secondo il metodo di calcolo DOCET, predisposto da ITC-CNR ed ENEA, basato sulle UNI/TS 11300; questo calcolo può essere utilizzato per edifici esistenti con superficie utile inferiore a 3000 m²;

c) *Metodo sulla base dei principali dati costruttivi*: l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, E_{Pi}, viene determinato con il metodo di calcolo semplificato, riportato nell'allegato 2 delle stesse Linee Guida; mentre per l'indice di prestazione energetica per la produzione di ACS si utilizza il metodo riportato dalle UNI TS 11300 per la parte semplificata relativa agli edifici esistenti.

³¹ Linee Guida Nazionali per la Certificazione Energetica degli Edifici di cui al D.M.S.E. 26 Giugno 2009 pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale n. 158 del 10 luglio 2009.

	“Metodo di calcolo di progetto” (paragrafo 5.1)	“Metodo di calcolo da rilievo sull’edificio” (paragrafo 5.2 punto 1)	“Metodo di calcolo da rilievo sull’edificio” (paragrafo 5.2 punto 2)	“Metodo di calcolo da rilievo sull’edificio” (paragrafo 5.2 punto 3)
Edifici interessati	Tutte le tipologie di edifici nuovi ed esistenti	Tutte le tipologie di edifici esistenti	Edifici residenziali esistenti con superficie utile inferiore o uguale a 3000 m ²	Edifici residenziali esistenti con superficie utile inferiore o uguale a 1000 m ²
Prestazione invernale involucro edilizio	Norme UNI/TS 11300	Norme UNI/TS 11300	DOCET (CNR-ENEA)	Metodo semplificato (Allegato 2)
Energia primaria prestazione invernale	Norme UNI/TS 11300	Norme UNI/TS 11300	DOCET (CNR-ENEA)	Metodo semplificato (Allegato 2)
Energia primaria prestazione acqua calda sanitaria	Norme UNI/TS 11300	Norme UNI/TS 11300	DOCET (CNR-ENEA)	Norme UNI/TS 11300 (esistenti)
Prestazione estiva involucro edilizio	Norme UNI/TS 11300	Norme UNI/TS 11300	DOCET (CNR-ENEA)	Norme UNI/TS 11300 o DOCET o metodologia paragrafo 6.2 (*)

Figura 7: Matrice Metodi e Indicatori previsti dalle Linee Guida

4.3.1 Utilizzo di DOCET e Convenzione con ITC-CNR

La figura 7 sintetizza gli ambiti di applicazione delle diverse metodologie in riferimento ai diversi indici energetici. Alla luce di quanto esposto, si è deciso di supportare alcune fasi di calcolo, tra cui alcune procedure di controllo dei dati e il calcolo del fabbisogno di energia primaria, attraverso la seconda *release* del software di calcolo DOCET (Diagnosi e certificazione energetica di edifici residenziali esistenti), elaborato da ITC - CNR ed Enea, in quanto strumento basato sulle recenti specifiche tecniche UNI/TS 11300, riconosciuto dalle Linee Guida nazionali come strumento di riferimento per la metodologia da rilievo sull’edificio quindi utilizzabile in qualsiasi realtà nazionale, e specificatamente dedicato all’edilizia residenziale esistente.

Il software consente di determinare le prestazioni energetiche di edifici esistenti; il calcolo viene effettuato in condizioni standard (*asset rating*), per le modalità di occupazione e di utilizzo dell’edificio si assumono valori convenzionali pari a 24 ore per tutti i giorni del mese considerato. DOCET è dotato di un’interfaccia grafica semplificata, ottimizzando il tempo di immissione dati da parte dell’utente; il motore di calcolo implementa a sua volta una serie di algoritmi che facilitano il percorso del professionista, suggerendo una serie di informazioni, spesso difficilmente reperibili. Per tutte queste sue caratteristiche fornisce risultati “conservativi” rispetto ad altri software commerciali. Nella nuova versione è stata predisposta una sezione in cui l’utente più esperto può dettagliare maggiormente le informazioni relative al proprio edificio in modo da ottenere risultati più raffinati. Inoltre è già stata realizzata un’esperienza con l’ATC - *Azienda Territoriale per la Casa* della Provincia di Torino di utilizzo sistematico dell’applicativo sull’intero parco edilizio gestito, opportunamente modificato per l’inserimento diretto da banca dati dei valori per il calcolo automatico complessivo degli indicatori energetici.

Il software consente di analizzare l’edificio o un singolo appartamento e quindi di fare alcuni calcoli speditivi preliminare sulle prestazioni energetiche di aree urbane o di edificio-tipo.

Si è quindi definito un rapporto di collaborazione con ITC-CNR di San Giuliano Milanese (coordinatore dott. Italo Meroni, gruppo di ricerca: ing. Ludovico Danza, ing. Lorenzo Belussi) orientato a supportare la costruzione della Base informativa e a testare l’applicativo a scala urbana.

Inoltre una parte consistente della collaborazione è dedicata al confronto tra consumi reali e risultati ottenibili dal DOCET attraverso la costruzione della Firma energetica, che costituisce uno dei nodi centrali della tesi e che verrà trattato successivamente.

4.4 Fabbisogno di energia termica per il riscaldamento

Il fabbisogno energetico termico netto è definito come la quantità di calore che deve essere fornita o sottratta ad un ambiente climatizzato per mantenere le condizioni di temperatura desiderate durante un dato periodo di tempo.³²

Il suo calcolo, dettato dalle norme tecniche norma UNI/TS 11300 segue queste fasi:

- 1) valutazione delle dispersioni termiche per ventilazione e trasmissione, dell'involucro opaco e trasparente verso l'ambiente esterno e verso ambienti adiacenti non riscaldati o il terreno;
- 2) valutazione degli apporti di calore gratuiti interni, ovvero l'emissione di calore utilizzato da parte delle sorgenti interne di calore;
- 3) valutazione degli apporti legati alla radiazione solare;
- 4) calcolo dei parametri dinamici.

Si determina quindi il fabbisogno di energia termica (netta) per il riscaldamento e per l'acqua calda sanitaria, per ogni mese e per ogni zona termica analizzata, che in Docet è unica e corrisponde ad un appartamento oppure ad una abitazione.

La procedura indicata dalla UNI, nel caso di edifici esistenti, può essere utilizzata per le seguenti applicazioni:

- indicare un livello convenzionale di prestazione energetica degli edifici esistenti standard, di progetto, reale;
- stimare l'effetto di possibili misure di risparmio energetico su un edificio esistente, calcolando il fabbisogno di energia con e senza ciascuna misura;
- prevedere le esigenze future di risorse energetiche su scala nazionale o internazionale, calcolando i fabbisogni di energia di tipici edifici rappresentativi del parco edilizio³³.

La sua equazione di partenza può essere scritta come:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \times Q_{gn}$$

ovvero

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \times (Q_{int} + Q_{sol})$$

dove:

$Q_{H,nd}$	fabbisogno di energia termica dell'edificio per riscaldamento, misurato in kWh
$Q_{H,ht}$	scambio termico totale per riscaldamento, in kWh
$\eta_{H,gn}$	fattore di utilizzo degli apporti termici, in kWh
Q_{gn}	apporti termici totali, in kWh
$Q_{H,tr}$	scambio termico per trasmissione nel caso di riscaldamento, in kWh
$Q_{H,ve}$	scambio termico per ventilazione, in kWh
Q_{int}	apporti termici interni, in kWh
Q_{sol}	apporti termici solari, in kWh

4.5 Calcolo degli scambi termici

Gli scambi termici che possono avvenire tra due strutture o in generale tra due corpi a temperatura differente sono suddivisibili in tre categorie:

³² Definizione della UNI TS 11300 parte 1.

³³ Le UNI TS 11300 sono state rese consultabili da ITC-CNR nell'ambito di una convenzione con la sottoscritta finalizzata alla stesura della tesi.

- *Conduzione*, avviene quando si ha una interazione tra i diversi sistemi. Esempio di trasmissione per conduzione è il riscaldamento della parte esterna di una parete in laterizio e la propagazione del calore fino alla superficie interna.
- *Convezione*, si realizza tipicamente nei liquidi e negli aeriformi, il calore si trasmette attraverso un movimento della massa, come, ad esempio, la movimentazione dell'aria calda verso le parti alte degli ambienti.
- *Irraggiamento*. Esempio basilare di tale trasmissione è dato dal sole che riscalda la terra attraverso lo spazio per effetto delle radiazioni infrarosse emesse.

In virtù di quanto precedentemente elencato si possono stabilire i vari scambi termici della zona presa in esame.

4.6 Scambio termico per trasmissione

Per ogni zona termica considerata dell'edificio e per ciascun mese del periodo di riscaldamento, gli scambi termici o dispersioni per trasmissione per il riscaldamento si calcolano con la seguente formula:

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t + \left\{ \sum_k F_{r,k} \Phi_{r,mn,k} \right\} \times t$$

dove:

$H_{tr,adj}$ coefficiente globale di scambio termico per trasmissione nel caso di riscaldamento per la zona termica (z.t.) corretto per tener conto della differenza di temperatura tra interno ed esterno, misurato in W/K

$\theta_{int,set,H}$ temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della z. t. considerata

θ_e temperatura media mensile dell'ambiente esterno

t durata del mese considerato, in h

$F_{r,k}$ fattore di forma tra il componente edilizio k-esimo e la volta celeste

$\Phi_{r,mn,k}$ extraflusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste del componente edilizio k-esimo, mediato sul tempo, nel caso delle UNI/TS 11300 considerato come incremento dello scambio termico per trasmissione

4.6.1 Coefficiente globale di scambio termico per trasmissione

Il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione $H_{tr,adj}$ è dato da:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A$$

dove:

H_D coefficiente di accoppiamento tra spazio riscaldato ed esterno attraverso l'involucro edilizio, misurato in W/K

H_g coefficiente di perdita di calore attraverso il terreno in condizioni stazionarie, in W/K

H_U coefficiente di perdita di calore verso ambienti non riscaldati, in W/K

H_A coefficiente di scambio termico per trasmissione verso zone climatizzate a temperatura diversa, in W/K

Il calcolo dei coefficienti di scambio termico per trasmissione H_D , H_g , H_U , H_A viene effettuato secondo la norma UNI EN 12381.

Nella fase di calcolo si può ipotizzare di non considerare il coefficiente H_A , ovvero si stabilisce che le zone termiche possono essere o riscaldate tutte alla stessa temperatura oppure non riscaldate (quindi si calcola H_U), non si tiene conto quindi di temperature differenti:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U$$

Per un calcolo a scala urbana, che necessariamente impone alcune semplificazioni, è possibile condividere questa posizione, seppure comporti l'immissione di alcune imprecisioni di calcolo, soprattutto in edifici a destinazione d'uso mista ove è presumibile si sia in presenza di utilizzi commerciali o di altra natura gestiti a temperature diverse.

Coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno H_D

Il coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno deve essere calcolato per l'involucro opaco e trasparente dell'edificio.

Pareti opache

Nel caso di involucro opaco H_D è calcolato come:

$$H_{D,o} = \sum_k A_{c,k} \times U_{c,k+pt,k}$$

dove:

$A_{c,k}$ area dell'elemento k-esimo dell'involucro opaco, misurata in m²

$U_{c,k+pt,k}$ trasmittanza termica dell'elemento k-esimo dell'involucro, maggiorata per la presenza di eventuali ponti termici, ovvero di porzioni di materiale in cui l'isolamento decade sensibilmente rispetto al resto della superficie, in W/m²K

La trasmittanza termica può essere definita come il valore del flusso di calore che passa attraverso una data superficie ed è espressa in W/m²K. Un basso valore di trasmittanza indica pertanto una superficie particolarmente isolante al passaggio del flusso di calore.

Nei calcoli delle prestazioni risulta quindi una delle variabili più importanti. E' possibile ricavare i valori di trasmittanza in base all'Appendice A delle norme UNI/TS 11300-1³⁴, a partire da una verifica e descrizione dei diversi materiali che costituiscono la stratigrafia dell'involucro.

Ponti Termici

I ponti termici nelle costruzioni edilizie producono una modifica del flusso termico e della temperatura superficiale; possono dar luogo a basse temperature con rischio di condensazione e creazione di muffe. I ponti termici, inoltre, aumentano il valore di $Q_{H,tr}$.

L'effetto dei ponti termici nel calcolo UNI TS 11300 standard viene determinato incrementando il valore della trasmittanza termica della parete in cui sono presenti. La trasmittanza termica corretta di ciascun componente opaco rivolto verso ambienti non climatizzati, si determina con la seguente formula:

$$U_{c,k+pt,k} = U_{c,k} + (1 + F_{PT})$$

³⁴ Prospetto A.1 Trasmittanza termica delle chiusure verticali opache. Prospetto A.2 Trasmittanza termica dei cassonetti. Prospetto A.3 Trasmittanza termica delle chiusure verticali opache verso ambienti interni. Prospetto A.4 Trasmittanza termica delle coperture piane e a falde. Prospetto A.5 Trasmittanza termica di solai sotto ambienti non climatizzati. Prospetto A.6 Trasmittanza termica di solai a terra, su spazi aperti o ambienti non climatizzati. Prospetto A.7 Trasmittanza termica delle strutture coibentate.

F_{PT} è la maggiorazione dovuta alla presenza del ponte termico. In mancanza di dati di dettaglio la maggiorazione F_{PT} viene determinata da tabella contenuta nelle norme UNI/TS 11300 Parte 1.

Pareti trasparenti

Nel caso di involucro trasparente H_D è calcolato come:

$$H_{D,f} = \sum_k A_{f,k} \times U_{f,k}$$

dove:

- $A_{f,k}$ rappresenta l'area dell'elemento k-esimo dell'involucro trasparente, misurata in m²
- $U_{f,k}$ trasmittanza termica dell'elemento k-esimo dell'involucro, in W/m²K

E' possibile ricavare i valori di trasmittanza in base all'Appendice C, prospetto C.3 delle norme UNI/TS 11300-1³⁵, nonché tener conto delle eventuali chiusure oscuranti mediante l'utilizzo del prospetto C.4³⁶.

Coefficiente di scambio termico stazionario H_g , verso il terreno

H_g è calcolato come:

$$H_g = A \times U_f \times b_{tr,g}$$

dove:

- A area del solaio verso terreno, misurata in m²
- U_f trasmittanza termica del solaio sospeso del pavimento, in W/m²K
- $b_{tr,g}$ fattore di correzione tra ambiente climatizzato e terreno

Anche in questo caso il fattore di correzione $b_{tr,g}$ può essere calcolato direttamente da tabella presente nelle norme.³⁷

Coefficiente di scambio termico H_U , attraverso gli ambienti non climatizzati

Il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione H_U tra il volume climatizzato e gli ambienti esterni attraverso ambienti non climatizzati, quali piani interrati o seminterrati o sottotetti, è calcolato come:

$$H_U = H_{iu} \times b_{tr,x}$$

dove:

- H_{iu} coefficiente di scambio termico tra l'ambiente climatizzato e non climatizzato
- $b_{tr,x}$ fattore di correzione tra ambiente climatizzato e non climatizzato, calcolato da tabella³⁸

³⁵ Prospetto C.3 Trasmittanza termica di finestre con percentuale dell'area di telaio pari al 20% dell'area dell'intera finestra.

³⁶ Prospetto C.4 Resistenza termica addizionale per finestre con chiusure oscuranti.

³⁷ Prospetto 6 al punto 11.3 Scambio Termico verso il terreno.

³⁸ Prospetto 5 al punto 11.2 Scambio Termico verso ambienti non climatizzati.

4.6.2 Radiazione termica verso il cielo

Al calcolo dei coefficienti di dispersione per trasmissione valutati per ogni mese considerato si devono infine aggiungere i valori di radiazione termica dell'oggetto investigato verso la volta celeste dati da prodotto del fattore di forma $F_{r,k}$ tra il componente k-esimo verso la volta celeste e l'extraflusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste del medesimo componente edilizio, mediato sul tempo.

La nota (5) della UNI TS 11300-1, puntualizza che "nella presente specifica tecnica, a differenza della UNI EN ISO 13790:2008, l'extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste viene considerato come un incremento dello scambio termico per trasmissione invece che come una riduzione degli apporti termici solari".

Fattore di forma

Il fattore di forma tra un componente edilizio e la volta celeste è dato da:

$$F_{r,k} = F_{sh,ob,dif} \times (1 \times \cos S)/2$$

dove:

$F_{sh,ob,dif}$ fattore di riduzione per ombreggiatura relativo alla sola radiazione diffusa³⁹.

S angolo di inclinazione α del componente sull'orizzonte

Pertanto si avrà per pareti verticali:

$$F_{r,k} = 0,5 \text{ in quanto } S = 90^\circ$$

e per coperture orizzontali:

$$F_{r,k} = 1 \text{ in quanto } S = 0^\circ$$

Extra flusso per radiazione solare (radiazione termica verso il cielo)

L'extra flusso dovuto alla radiazione solare verso il cielo per uno specifico elemento dell'edificio, $\Phi_{r,mn,k}$ si ricava da:

$$\phi_{r,mn,k} = R_{se} \times U_{c,k} \times A_{c,k} \times h_r \times \Delta\theta_{er}$$

dove:

R_{se} resistenza termica superficiale esterna dell'elemento, pari a 0,04 m²K/W, determinati secondo la norma UNI EN 6946

$U_{c,k}$ trasmittanza termica del componente, distinta tra trasmittanza delle pareti opache e trasparenti, misurata in W/m²K

A_c superficie di scambio del componente edilizio k-esimo, in m²

h_r coefficiente di scambio radiativo esterno, può essere approssimato a 5ε (ε = emissività per radiazione termica della superficie esterna, pari a 0,9 per i materiali da costruzione), in W/m²K

³⁹ In questo caso la norma UNI/TS 11300 non è chiara e non è comprensibile sapere come è stato ricavato questo dato e quali siano i valori da immettere nel caso ci siano ombreggiature da elementi esistenti, tuttavia il risultato, nel contesto della formula di scambio termico per trasmissione è piuttosto ridotto e quindi può essere lasciato il valore stabilito dalla norma che prevede un fattore di riduzione per ombreggiatura relativo alla sola radiazione diffusa, pari a 1 in assenza di ombreggiature da elementi esterni.

$\Delta\theta_{er}$ differenza media tra la temperatura esterna e la temperatura apparente del cielo (K), assunta pari a 11 K per l'Italia secondo la norma UNI/TS 11300-1

4.7 Scambio termico per ventilazione

Per ogni zona dell'edificio e per ogni mese, si calcolano gli scambi termici per ventilazione

$$Q_{H,ve} = H_{ve,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t$$

dove:

$H_{ve,adj}$ coefficiente globale di scambio termico per ventilazione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interna ed esterna, misurato in W/K

$\theta_{int,set,H}$ temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerata, in °C

θ_e temperatura media mensile dell'ambiente esterno, in °C

t durata del mese considerato, in ore

4.7.1 Coefficiente globale di scambio termico per ventilazione

Il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione $H_{ve,adj}$, corretto per tener conto delle differenze di temperatura tra interno ed esterno, viene così calcolato:

$$H_{ve,adj} = \rho_a \times c_a \times \left\{ \sum_k \times b_{ve,k} \times q_{ve,k,mn} \right\}$$

dove:

$\rho_a c_a$ capacità termica volumica dell'aria, pari a 1 200 J/ m³K ovvero 0,34 Wh/m³K;

$b_{ve,k}$ fattore di correzione della temperatura per il flusso k-esimo, valutato diverso da 1 se la temperatura di mandata non è uguale alla temperatura dell'ambiente esterno, come nel caso di preriscaldamento, preraffrescamento o di recupero termico dell'aria di ventilazione, nel caso di edifici residenziali e calcolo standard si assume comunque pari a 1

$q_{ve,k,mn}$ portata mediata sul tempo del flusso d'aria k-esimo, misurata in m³/h, ricavata come:

$$q_{ve,k,mn} = f_{ve,t,k} \times q_{ve,k}$$

dove:

$f_{ve,t,k}$ frazione di tempo in cui si verifica il flusso d'aria k-esimo, se permanente si assume pari a 1

$q_{ve,k}$ portata mediata sul tempo del flusso d'aria k-esimo, misurata in m³/h, con

$$q_{e,k} = Vol \times n$$

dove:

Vol volume netto dell'ambiente riscaldato considerato

n numeri di ricambi d'aria (Vol/h), per gli edifici residenziali; nel caso di ventilazione naturale si assume n pari a 0,3 vol/h

La formula quindi si sintetizza in:

$$H_{ve,adj} = 0,34 \times 0,3V$$

4.8 Calcolo degli apporti termici

Gli apporti di calore sono sostanzialmente classificabili in interni, dipendenti da metabolismo degli occupanti e dal calore dovuto alle apparecchiature elettriche e alla illuminazione nelle zone, e solari, derivati da irraggiamento medio della località interessata, orientamento della superficie, ombreggiamenti e capacità di assorbimento delle superfici.

La formula per il calcolo degli apporti interni di calore, dovuta alle presenza degli occupanti, alle apparecchiature elettriche, di illuminazione e di cottura nonché all'acqua sanitaria reflua, calcolata per ogni mese, è:

$$Q_{int} = \left\{ \sum_K \Phi_{int,mn,k} \right\} \times t + \left\{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) \Phi_{int,mn,u,l} \right\} \times t$$

dove:

$\Phi_{int, mn,k}$ flusso termico prodotto dalla k-esima sorgente di calore interna, mediato sul tempo, misurato in W

$b_{tr,l}$ fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato avente sorgente di calore interna l-esima

$\Phi_{int, mn,u,l}$ flusso termico prodotto dalla l-esima sorgente di calore interna nell'ambiente non climatizzato adiacente u, mediato sul tempo

Le due sommatorie fanno riferimento rispettivamente ai flussi entranti/generati nella zona climatizzata e negli ambienti climatizzati.

Il calcolo semplificato, adottato anche da Docet, non tiene conto della seconda sommatoria, per cui la formula semplificata per gli apporto termici interni è:

$$Q_{int} = \left\{ \sum_K \Phi_{int,mn,k} \right\} \times t$$

Gli apporti solari si calcolano invece con la seguente formula:

$$Q_{sol} = \left\{ \sum_K \Phi_{sol,mn,k} \right\} \times t + \left\{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) \Phi_{sol,mn,u,l} \right\} \times t$$

Le due sommatorie fanno riferimento rispettivamente ai flussi entranti/generati nella zona climatizzata e negli ambienti climatizzati. Docet non tiene conto della seconda sommatoria.

$\Phi_{sol, mn,k}$ flusso termico k-esimo di origine solare, mediato sul tempo, misurato in W;

$b_{tr,l}$ fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato avente la sorgente di calore interna

$\Phi_{sol, mn,u,l}$ flusso termico l-esimo di origine solare nell'ambiente non climatizzato adiacente u, mediato sul tempo, in W

t durata del mese considerato, in ore

4.9 Flusso termico da sorgenti interne di calore

Per calcoli standard Φ_{int} relativamente all'edilizia residenziale, con superfici utili di pavimento inferiori o uguali a 170 m², il flusso termico è calcolato dalle UNI/TS 11300 come:

$$\Phi_{int} = 5,294 \times A_f - 0,01557 \times A_f^2$$

dove:

A_f Superficie Utile di Pavimento⁴⁰ con $A_f \geq 170 \text{ m}^2$

mentre per superfici utili di pavimento maggiori di 170 m^2 si assume:

$$\Phi_{int} = 450W \quad \text{con } A_f < 170 \text{ m}^2$$

Per calcoli più dettagliati è possibile utilizzare la formula e le tabelle relative ai profili temporali degli apporti termici dagli occupanti e dalle apparecchiature, per edifici residenziali (Prospetto 9 UNI TS 11300 parte 1).

Invece per un calcolo semplificato, su base stagionale degli apporti interni, è possibile utilizzare la formula riportata dall'Allegato 2 delle Linee Guida per la Certificazione energetica per cui:

$$Q_{int} = (\Phi_{int} \times A_{pav} \times h/1000)$$

dove:

Φ_{int} pari a 4 W/m^2 per edifici residenziali

h numero di ore della stagione di riscaldamento

4.10 Flusso termico solare

Il flusso termico di origine solare $\Phi_{sol,k}$, espresso in Watt, si calcola:

$$\Phi_{sol,mn,k} = F_{sh,ob,k} \times A_{sol,k} \times I_{sol,k}$$

dove:

$F_{sh,ob,k}$ fattore di riduzione per ombreggiatura relativi agli elementi esterni per l'area di captazione solare effettiva della superficie K-esima

$A_{sol,k}$ area di captazione solare effettiva della superficie k-esima con dato orientamento e angolo di inclinazione sul piano orizzontale della zona termica considerata

$I_{sol,k}$ irradianza solare media mensile, sulla superficie k-esima, con dato orientamento e angolo di inclinazione sul piano orizzontale, misurata in W/m^2

4.10.1 Fattore di riduzione per ombreggiatura

Il fattore di riduzione per ombreggiatura $F_{sh,ob,k}$ è dato da:

$$F_{sh,ob,k} = F_{hor} \times F_{ov} \times F_{fin}$$

dove:

F_{hor} fattore di ombreggiatura relativo ad ostruzioni esterne

F_{ov} fattore di ombreggiatura relativo ad oggetti orizzontali

F_{fin} fattore di ombreggiatura relativo ad oggetti verticali

I tre fattori di ombreggiatura possono essere calcolati per ciascun componente, opaco e trasparente, tramite interpolazione lineare dei dati tabellati nell'Appendice D ("Fattori di

⁴⁰ Per esempio $A = 80 \text{ mq}$

$\Phi_{int} = 5,294 \times 80 - 0,01557 \times 6400 = 323,872 \text{ W}$

ombreggiatura”) della norma UNI/TS 11300-1. I valori dei fattori di ombreggiatura dipendono dalla latitudine, dall’orientamento dell’elemento ombreggiato, dal clima, dal periodo considerato e dalle caratteristiche geometriche degli elementi ombreggianti. Tali caratteristiche sono descritte da un parametro angolare:

$$F_{hor} \quad \alpha = \arctg\left(\frac{h_{ED,adj}}{d_{ED}}\right)$$

$$F_{ov} \quad \alpha = \arctg\left(\frac{p_h}{d_h}\right)$$

$$F_{fin} \quad \beta = \arctg\left(\frac{p_v}{d_v}\right)$$

dove:

$h_{ED,adj}$ altezza dell’edificio adiacente rispetto all’elemento finestrato considerato

d_{ED} distanza dell’edificio adiacente rispetto all’edificio considerato

p_h profondità dell’oggetto orizzontale

d_h distanza dell’oggetto orizzontale dal centro dell’elemento finestrato considerato

p_v profondità dell’oggetto verticale

d_v distanza dell’oggetto verticale dal centro dell’elemento finestrato considerato

4.10.2 Area di captazione solare effettiva

L’area di captazione solare effettiva della superficie k-esima $A_{sol,k}$ si calcola:

1) Per componenti Trasparenti

Gli apporti solari che giungono all’interno dello spazio attraverso un elemento vetrato dipendono, oltre che dal tipo di vetro, anche dalla struttura del componente e dall’efficacia di eventuali schermature (es. tende, tapparelle). La norma richiede il calcolo di una superficie equivalente chiamata *area di captazione solare effettiva* calcolata con la seguente formula:

$$A_{sol} = \sum F_{sh,gl} \times g_{gl} \times (1 - F_F) \times A_{w,p}$$

dove:

Σ sommatoria per componente con la medesima esposizione

$F_{sh,gl}$ fattore di riduzione degli apporti solari relativo all’utilizzo di schermature mobili (es. tende); nel Prospetto 14 della norma UNI/TS 11300-1 sono indicati alcuni valori per determinate schermature mobili permanenti come tende e veneziane

g_{gl} trasmittanza di energia solare della parte trasparente del componente. I valori della trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale degli elementi vetrati ($g_{gl,n}$) possono essere determinati attraverso il Prospetto 13 della UNI TS 11300, Il fattore solare effettivo del componente vetrato, g_{gl} si calcola come:

$$g_{gl} = 0,9 \times g_{gl,n}$$

F_F frazione di area relativa al telaio, $(1-F_F)$ si assume come valore convenzionale 0,2 (UNI EN ISO 10077-1)

$A_{w,p}$ area proiettata totale del componente vetrato (l’area del vano finestra), misurata in m²

2) Per componenti Opache

Riguardo alla captazione solare di componenti opache la formula è:

$$A_{o,sol} = \sum \alpha_{sol,C} \times R_{se} \times U_c \times A$$

dove:

- $\alpha_{sol,C}$ fattore di assorbimento solare del componente opaco ricavato secondo il paragrafo 14.2 (Apporti solari su componenti opache) della norma UNI/TS 11300-1, dipendente dal colore delle pareti esterne (chiaro= 0,3; medio= 0,6; scuro= 0,9)
- R_{se} resistenza termica superficiale esterna del componente opaco, misurata in W/m²K, si fa riferimento al prospetto C4 UNI TS 11300-1
- U_c trasmittanza termica del componente opaco, in m²K/W
- A area proiettata netta del componente opaco, in m²

Calcolo del fattore di riduzione degli apporti a causa dell'utilizzo di schermature mobili, $F_{sh,gl}$

Da tabella, in base al tipo di tenda, si deriva f_R che rappresenta il rapporto tra i valori di trasmittanza di energia solare totale della finestra con e senza schermatura (g_{gl+sh}/g_{gl}).

Docet ipotizza per tutte le finestre la presenza di tende interne colorate con un fattore pari a 0.57.

Quindi $F_{sh,gl}$ è dato da:

$$F_{sh,gl} = \frac{[(1 - f_{sh,with}) \times g_{gl} + f_{sh,with} \times g_{gl+sh}]}{g_{gl}}$$

dove:

- g_{gl} trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare non è utilizzata
- g_{gl+sh} trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare è utilizzata
- $f_{sh,with}$ frazione di tempo in cui la schermatura solare è utilizzata, dipende dal profilo dell'irradianza solare incidente sulla finestra e quindi dal clima, dalla stagione e dall'esposizione

g_{gl+sh} si ottiene da:

$$g_{gl+sh} = g_g \times f_R$$

$f_{sh,with}$ si ottiene dal Prospetto 15 UNI TS 11300-1 e tiene conto del mese e dell'orientamento

4.10.3 Irradianza solare media mensile

La norma UNI TS 11300 stabilisce che l'irradianza media mensile sulla superficie k-esima $I_{sol,k}$, con qualsiasi inclinazione e orientamento deve essere conforme a quanto riportato dalla UNI 10349, la quale fornisce valori in tabella relativi all'irradiazione giornaliera media mensile, diretta H_{dh} (MJ/m²) e diffusa H_{bh} (MJ/m²) sul piano orizzontale, e i valori di irradiazione globale H (MJ/m²), su superfici verticali diversamente esposte per tutti i mesi dell'anno e relativamente ai capoluoghi di provincia.

Per il calcolo dell'irradiazione solare su superfici verticali o comunque non orizzontali si utilizzano le tabelle calcolate dalla UNI 8477/1 disponibili per tutte gli orientamenti e che adottano un coefficiente di albedo pari a 0,2.

Calcolo semplificato per il calcolo degli apporti solari attraverso componenti trasparenti

Le Linee Guida per la certificazione energetica propongono, in mancanza di dati più dettagliati, un calcolo semplificato stagionale degli apporti solari, che considera solo le superfici trasparenti, per cui è possibile calcolare l'apporto solare come:

$$Q = 0,2 \times \sum_{\text{esposizione}} I_{\text{sol},i} \times S_{\text{serr},i}$$

dove:

0,2 coefficiente di riduzione che tiene conto del fattore solare degli elementi trasparenti e degli ombreggiamenti medi

$I_{\text{sol},i}$ irradianza solare stagionale sul piano verticale per ciascuna esposizione, misurata in W/m²

$S_{\text{serr},i}$ area della superficie trasparente, in m²

4.11 Parametri dinamici

Gli apporti solari e quelli derivanti da fonti interne variano durante il giorno e le stagioni. Pertanto gli apporti non sono interamente utilizzabili. Può accadere che gli apporti solari e quelli da fonti interne riscaldino insieme l'ambiente oltre il dovuto e, di conseguenza aumentino i flussi termici verso l'esterno a causa della maggiore differenza di temperatura, aumentando di conseguenza anche le perdite di calore.

La percentuale degli apporti gratuiti effettivamente utilizzabili è indicata dal fattore d'utilizzo.

4.11.1 Fattore di utilizzo per il riscaldamento e costante di tempo

Si calcola considerando:

$$\gamma_H = \frac{Q_{gn}}{Q_{H,ht}}$$

Se $\gamma_H > 0$ e $\gamma_H \neq 0$

$$\eta_{H,gn} = \frac{(1 - \gamma_H^{a_H})}{(1 - \gamma_H^{a_H+1})}$$

Se $\gamma_H = 1$

$$\eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1}$$

dove:

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}$$

Per calcolo mensile la UNI/TS 11300-1 assume $a_{H,0} = 1$ e $\tau_{H,0} = 15$ ore

dove:

τ costante di tempo termica della zona termica, misurata in ore

τ è calcolata come rapporto tra la capacità termica interna della zona termica considerata (C_m) e il suo coefficiente globale di scambio termico, corretto per tener conto della differenza di temperatura interno-esterno.

$$\tau = \frac{(C_m/3.600)}{(H_{tr,adj} + H_{ve,adj})} \times S_{dis}$$

dove:

C_m	capacità termica della zona termica, misurata in KJ/ m ² K
$H_{tr,adj} + H_{ve,adj}$	coefficiente globale di scambio termico, in W/K
S_{dis}	superficie disperdente, in m ²

La Capacità termica C_m per unità di superficie di involucro è determinata da tabella della norma UNI/TS 11300-1 paragrafo 15.2, prospetto 16.

Calcolo semplificato del coefficiente di utilizzazione degli apporti gratuiti

Nel conteggio semplificato necessario al calcolo dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale stabilito dalle linee guida per la certificazione energetica si assume un avolare adimensionale pari a 0,95.

4.12 Fabbisogno di energia primaria

Il fabbisogno di energia netta definisce la differenza tra l'energia dispersa per trasmissione e per ventilazione e quella corrispondente agli apporti gratuiti (radiazione solare e guadagni interni e quindi la quantità di energia di cui necessita l'edificio o l'unità abitativa per la climatizzazione, in questo contesto, specificatamente invernale, esprimendo di fatto un indicatore prestazionale dell'involucro edilizio. Diversamente l'energia primaria rappresenta la quantità di energia che i differenti vettori energetici - gas, gasolio, carbone, biomassa, elettricità, ecc. - sono in grado di sviluppare prima di ogni processo di conversione, trasformazione e immissione nell'impianto. Si tratta quindi di un indicatore introdotto nei calcoli energetici per consentire di raffrontare o sommare grandezze energetiche differenti. Attraverso questa generalizzazione è possibile confrontare impianti che utilizzano fonti differenti e operare una valutazione tra consumi reali e consumo teorico, espresso dall'energia primaria, evidenziando quindi il rendimento dell'impianto. Essa infatti dipende, per sua definizione, dal fabbisogno di energia, precedentemente calcolato, dal tipo di combustibile utilizzato e dall'efficienza dell'impianto.

L'energia primaria, quindi, dipende, da un lato, dal fabbisogno di energia e dall'altro, dal tipo di combustibile o vettore utilizzato per produrre energia e dall'efficienza di produzione. Questo indicatore, secondo il progetto di norma europeo prEN 15315, è calcolato con la seguente equazione:

$$EP = \sum_i Q_i \times fEP_i$$

dove:

Q_i	sommatoria dei consumi di ogni vettore energetico (riscaldamento, raffrescamento, illuminamento, acqua calda sanitaria, ventilazione ed energia elettrica) tenendo conto dei rispettivi rendimenti
fEP_i	fattore di energia primaria dell'i-esimo vettore energetico, normalmente imposto pari a 1 per tutti i combustibili e 2,18 per il mix elettrico

4.13 Calcolo dell'energia primaria

Il calcolo dell'energia primaria, oltre a poter fornire quindi le indicazioni relative a possibili scelte di mix tecnologici e di fonti energetiche è anche, a partire dal D.Lgs. 192/05, l'unico indicatore

prestazionale energetico a livello nazionale. Il Decreto ne indica anche precisi limiti di soglia che dipendono dal rapporto di forma dell'edificio S/V e dalla la zona climatica, ripresi dal D.Lgs. 311/2006.

Rapporto di forma dell'edificio S/V	ZONA CLIMATICA									
	A	B		C		D		E		F
	Fino a 600 GG	a 601 GG	a 900 GG	A 901 GG	a 1400 GG	a 1401 GG	a 2100 GG	a 2101 GG	a 3000 GG	Oltre 3000 GG
≤ 0,2	8,5	8,5	12,8	12,8	21,3	21,3	34	34	8,5	8,5
≥ 0,9	36	36	48	48	68	68	88	88	116	116

Tabella 4: Allegato A D.Lgs. 311/2006 valori limite applicabili dal 1 gennaio 2010 dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, espresso in kWh/m² anno

È a questo indicatore che fa riferimento la classificazione adottata a livello italiano per la certificazione energetica e riportata nelle linee guida del 26 giugno 2009, diversamente dalla classificazione adottata da CasaClima, che utilizza invece il primo indicatore, relativo al fabbisogno di energia termica netta, evidenziando quindi le prestazioni dell'involucro.

A livello generale per calcolare l'indice di prestazione globale è necessario stabilire il fabbisogno di energia annua per il riscaldamento, la produzione di ACS, per la climatizzazione estiva e per l'illuminazione secondo questa equazione:

$$EP_{gl} = EP_i + EP_{ACS} + EP_e + EP_{ill}$$

dove:

EP_{gl} energia primaria globale

EP_i energia primaria climatizzazione invernale

EP_{ACS} energia primaria produzione di ACS

EP_e energia primaria climatizzazione estiva

EP_{ill} energia primaria illuminazione artificiale

Esprese, per quanto riguarda gli edifici residenziali, in kWh/m² annuo per unità di superficie calpestabile.

4.13.1 Indice di prestazione energetica per il riscaldamento

Il Fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento esprime dunque la quantità di energia primaria globalmente richiesta, nel corso dell'anno dall'edificio per mantenere negli ambienti riscaldati la temperatura di progetto, in regime continuo.

Il calcolo si effettua partendo dal fabbisogno di energia termica utile dell'edificio, a cui vanno sommate progressivamente le perdite dei vari sottosistemi al netto dei recuperi sino a giungere al fabbisogno del sottosistema di generazione.

I calcoli richiedono dunque informazioni tecniche specifiche sulle caratteristiche del:

- sottosistema di emissione
- sottosistema di regolazione dell'emissione di calore in ambiente
- sottosistema di distribuzione
- sottosistema di generazione

Degli impianti, tali informazioni possono essere individuate solo a partire da un rilievo e da un'analisi dell'impianto o della documentazione di progetto.

Per valutazioni di massima necessarie a completare il quadro conoscitivo del sistema edificio impianto, è possibile adottare il calcolo semplificato, stabilito dalle linee guida per la certificazione energetica del 26 giugno 2009 - Allegato 2.

La procedura prevede che l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, e che è attribuibile quindi all'edificio per l'ottenimento della certificazione è ricavato come:

$$EP_i = \frac{(Q_h/A_{pav})}{\eta_g}$$

dove:

Q_h fabbisogno di energia termica dell'edificio, misurato in kWh

A_{pav} Superficie Utile di Pavimento, in m²

η_g rendimento globale medio stagionale

Con il metodo di calcolo semplificato, si assume come periodo di calcolo la stagione di riscaldamento per la climatizzazione invernale e l'anno per l'acqua calda sanitaria, per cui il fabbisogno di energia termica si calcola come:

$$Q_h = 0,024 \times GGx(H_T + H_v) - f_x(Q_s + Q_i)$$

dove:

GG Gradi Giorno della località in cui è ubicata l'unità investigata

H_T coefficiente globale di scambio termico per trasmissione corretto

H_v coefficiente globale di scambio termico per ventilazione corretto

f_x coefficiente di utilizzazione degli apporti gratuiti, che nel calcolo semplificato si assume pari a 0,95

Q_s apporti solari attraverso l'involucro trasparente

Q_i apporti gratuiti interni

Si tratta quindi di valori già precedentemente calcolati per la determinazione del fabbisogno di energia termica netta, mediante calcolo semplificato.

4.13.2 Rendimento medio stagionale degli impianti di riscaldamento

Il rendimento globale medio stagionale η_g dell'impianto è dato dalla sommatoria dei rendimenti dei diversi sistemi:

$$\eta_g = \eta_e + \eta_{rg} + \eta_d + \eta_{gc}$$

dove:

η_e rendimento di emissione dell'impianto

η_{rg} rendimento di regolazione dell'impianto

η_d rendimento di distribuzione dell'impianto

η_{gc} rendimento di generazione dell'impianto

4.13.3 Integrazione di calcolo con impianto solare termico e fotovoltaico

In via teorica nel calcolo del fabbisogno energetico complessivo dell'edificio deve essere conteggiata anche questa parte di energia, comunque necessaria all'edificio. Avendo dato la

priorità ai calcoli relativi alla climatizzazione invernale, le valutazioni sull'utilizzo di fonti rinnovabili non vengono qui descritte.

Bibliografia

UNI 8477-1:1983. Energia solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione dell'energia raggiante ricevuta.

UNI 10349:1994. Riscaldamento e raffrescamento degli edifici, dati climatici.

UNI EN 15603:2008. Prestazione energetica degli edifici - Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica.

UNI TS 11300-1:2008. Prestazione energetica degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva e invernale.

UNI/TS 11300-2:2008. Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.

5 Fonti e dati puntuali e di contesto

Dalle equazioni sopra riportate si desumono le grandezze necessarie a risolvere le diverse parti del bilancio energetico termico.

Le tipologie di dati che si ricavano sono suddivise, anche tenendo conto della classificazione riportata nella norma UNI TS 11300, in:

- geometrico-spaziali⁴¹;
- termo-fisiche;
- climatiche;
- di modalità di utilizzo e di occupazione dell'edificio;
- di contesto.

Le fonti informative possono differenziarsi in base al metodo di calcolo, ad esempio quello standard trascura dati specifici sulle utenze e sui loro comportamenti, e al livello di dettaglio a cui si intende arrivare.

E' naturale quindi che ad una scala urbana si possono accettare delle semplificazioni e un livello di precisione inferiore.

Assumere tuttavia una visione più ampia del problema, in condivisione con l'utilizzo delle tecnologie per la creazione e gestione di informazione geografica, può condurre a risultati su alcune variabili più precisi di quelli oggi a disposizione e di risolvere alcuni elementi critici dei calcoli previsti dalle norme. E' il caso per esempio dei dati climatici, quali la temperatura esterna media mensile e l'irradianza solare. Entrambi vengono calcolati per interpolazione su tabelle che contengono serie storiche datate e riferite solo a capoluoghi di provincia. Enti e istituzioni presenti sul territorio, in primis l'Arpa, dispongono ormai da tempo di centraline meteo-climatiche diffuse capillarmente su tutto il territorio che consentirebbero di avere dati costantemente aggiornati e quindi di costruire serie storiche più recenti.

Si riportano a seguire alcune note sulle modalità di reperimento dei dati in uso per calcoli a scala architettonica, nonché alcune metodologie ed esperienze di calcolo a scala urbana, con un'enfasi sulle opportunità di miglioramento e integrazione dei calcoli possibili attraverso l'impiego delle tecnologie.

5.1 Dati geometrici-spaziali

Si riferiscono alle informazioni geometriche dell'edificio, come le misure delle superfici disperdenti o il volume netto riscaldato. Normalmente i dati si reperiscono dai disegni architettonici oppure da rilievo diretto. Alcune esperienze condotte a scala urbana hanno utilizzato come fonti informative di partenza la cartografia numerica regionale (scala 1: 5.000) o comunale se disponibile (1: 2.000 - 1: 1.000); tuttavia i risultati poco soddisfacenti ottenuti hanno fatto virare le analisi verso altri approcci, di tipo statistico o descrittivo. E' il caso del Comune di Portogruaro e delle esperienze condotte dalla provincia di Modena e di Torino; in questi studi, orientati alla redazione di Piani Energetici, si è fatto ricorso preliminarmente alla cartografia per un conteggio di massima degli edifici e del possibile numero di unità abitative, preferendo poi utilizzare i dati Istat per classificare le tipologie edilizie presenti sul territorio e fare valutazioni dimensionali, perdendo di conseguenza l'informazione puntuale geolocalizzata. Queste scelte sono comprensibili se si considera la qualità di alcune cartografie regionali, in alcuni casi ancora derivate da vettorializzazione di dati *raster* a loro volta derivati da voli fotogrammetrici svolti tra il 1980 e 1990 e spesso prive dell'informazione

⁴¹ La norma parla di caratteristiche tipologiche, in coerenza con le dizioni in uso nel campo delle nuove tecnologie per l'informazione territorio-ambiente si è preferito fare una lieve distinzione, tra informazione geometrica, riferita alle misure dell'elemento investigato, spaziale, in riferimento all'orientamento e localizzazione geografica e di contesto in cui si colloca la geometria investigata, e "di contesto" ovvero relativa alle relazioni dell'elemento con l'ambito in cui si colloca.

relativa alla quota a terra e di gronda che consentirebbe la ricostruzione almeno di volumetrie semplificate.

Sono comunque in corso operazioni di rinnovamento della cartografia di base, ora trasformatasi in Infrastruttura Dati Territoriali⁴², in termini di strutturazione dell'informazione. Inoltre alcune amministrazioni comunali, contestualmente all'aggiornamento della propria base cartografica, hanno pianificato voli multisensore, affiancando alle camere fotogrammetriche sensori *laserscanner* che come detto nel capitolo 4 consentono, unitamente a rilievi terrestri svolti su *MMS - Mobile Mapping System*, di ricostruire la geometria degli edifici e della forma urbana con un dettaglio elevatissimo, dell'ordine di pochi centimetri.

Una fonte informativa tradizionale alternativa all'uso della cartografia numerica può essere quella del catasto terreni, che sta subendo in questi anni diversi cambiamenti soprattutto nel processo di acquisizione, aggiornamento e consultazione dei dati, e di integrazione tra catasto terreni e informazioni immobiliari, che in molte realtà comunali sono disponibili alla scala 1:2.000 e con sistema di riferimento cartografico compatibile alle altre cartografie ufficiali in uso. Questa base non contiene informazioni sulle altezze o sul numero dei piani degli edifici, che possono essere eventualmente ricavate da una survey speditiva, così come è stato fatto nell'esperienza inglese del progetto *EEP - Energy and Environmental Prediction*⁴³ (Jones, Lannon, Williams, 2001).

5.2 Dati termo-fisici

Nel caso in cui non si possa effettuare una determinazione rigorosa di calcolo della trasmittanza termica degli elementi tecnici costituenti l'edificio, si utilizzano i valori riportati nella norma tecnica UNI/TS 11300 Parte1: determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale – Allegato A.

A scala urbana è quindi possibile fare riferimento agli stessi abachi, purché si sia a conoscenza del periodo di realizzazione dell'edificio e della tipologia edilizia a cui esso afferisce. Sono necessari quindi indagini sulle tipologie e i materiali edilizi locali ed eventuali costituzioni di cluster. In questa direzione ha operato il progetto *BEEP - Building Energy and Environment System*⁴⁴ (De Santoli, Moncada Lo Giudice, 2003), che ha adottato una strategia di acquisizione dei dati attraverso un questionario in rete da proporre direttamente all'utente finale. Il questionario prevede la selezione di un'epoca di costruzione e la dichiarazione del numero di piani dell'edificio e del tipo di vetro dei serramenti. Da questi informazioni è possibile ipotizzare il tipo di struttura, la stratigrafia dei materiali delle pareti esterne, dei solai e della copertura e il relativo spessore, attribuendo di conseguenza dei valori di trasmittanza.

Un'ulteriore fonte informativa per l'individuazione della trasmittanza potrebbe essere la relazione tecnica che accompagna il progetto di rispondenza degli impianti termici nuovi o ristrutturati alla Legge 10/91, la quale contiene, o dovrebbe contenere, tutti i valori relativi alle superfici disperdenti. Come per la maggior parte delle informazioni tecniche contenute nei progetti tuttavia, tale informazione non viene registrata negli applicativi gestionali delle pratiche edilizie, ormai in dotazione a tutte le pubbliche amministrazioni locali. In tal senso si conosce solo l'esperienza del

⁴² Le specifiche tecniche dell'Infrastruttura Dati Territoriali sono pubblicate sul sito del CNIPA:

<http://www.cnipa.gov.it>

⁴³ EEP è uno strumento di quantificazione del consumo di energia e delle emissioni prodotte dagli edifici realizzato dalla Scuola di Architettura di Cardiff (UK) in collaborazione con alcune autorità locali inglesi a partire dal 2001.

⁴⁴ BEEPS è uno strumento per la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici esistenti, destinato all'eventuale ottenimento della certificazione, attraverso una metodologia semplificata di analisi degli edifici supportata da un database e un web gis. Il progetto di ricerca è stato realizzato dal ministero dell'Ambiente e l'Università La Sapienza di Roma.

Comune di Asti svolta nell'ambito del progetto europeo *MUSEC - Multiplyng Sustainable Energy Communities*⁴⁵.

5.3 Dati climatici

5.3.1 Temperatura esterna

Le temperature medie esterne dell'aria⁴⁶ vengono calcolate in ambito certificativo secondo la norma UNI EN ISO 10349 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici, dati climatici", la quale prevede l'individuazione di una località di riferimento nelle vicinanze dell'edificio/appartamento oggetto di analisi, posta sullo stesso versante geografico, e l'apporto di un gradiente termico per tenere conto della differenza di altitudine tra questa e la località considerata, così come espresso dalla formula:

$$\theta_e = \theta_{e,r} - (z - z_r) \times \delta$$

dove:

- θ_e temperatura media settimanale località considerata, misurata in °C
- $\theta_{e,r}$ temperatura media settimanale stazione località di riferimento, in °C
- z altitudine località considerata, in m
- z_r altitudine stazione località di riferimento, in m
- δ gradiente termico, pari a 1/178

La norma è datata 1994 e le serie storiche riportate non sono state aggiornate, inoltre la formula tiene conto di una sola stazione di riferimento, trascurando il fatto che possano sussistere variazioni climatiche piuttosto consistenti tra contesti urbani e rurali. L'effetto più conosciuto è l'Isola di calore che provoca differenze di temperature notturne tra città e territorio rurale dell'ordine dei 10 °C (Bonafè, 2005).

Una possibile soluzione è quella di utilizzare dati provenienti dalle stazioni meteo-climatiche gestite da istituzioni ed enti pubblici, come le varie Arpa Regionali o reti meteo professionali private, e metodi⁴⁷ di interpolazione spaziale. Queste tecniche permettono, dato uno spazio dove sono stati misurati i valori assunti da una grandezza, di determinare i valori nei punti dove tale grandezza non è nota, basandosi sugli altri valori conosciuti (Rumor, 2009).

I risultati in ambito specificatamente meteo-climatico consistono in mappe o spazializzazioni continue delle variabili quali la temperatura, le precipitazioni o l'evapotraspirazione.

Esistono numerose tecniche di interpolazione e una vasta letteratura in merito. Relativamente ai calcoli su variabili climatiche le tecniche più utilizzate sono:

- *IDW - Inverse Distance Weighted*
- *Spline*
- *Regularized spline with tension (RST)*

che sono metodi di tipo deterministico e quindi usano una funzione matematica per modellare la natura spaziale dei dati, e:

- *Trend surface analysis (TSA)*

⁴⁵ <http://www.musecenergy.eu/web/homenew.html>

⁴⁶ La temperatura interna di regolazione $\theta_{int,set,H}$ per il riscaldamento della z. t. considerata, si assume per legge pari a 20 °C.

- *Kriging*
- *Co-Kriging*

che sono invece di tipo stocastico.

La differenza sostanziale tra metodi deterministici e stocastici è che i primi consistono in tecniche relativamente semplici e veloci da realizzare e non necessitano che i dati siano correlati nello spazio, tuttavia non tengono conto dell'incertezza associata alle variabili di input e non permettono di fare una stima degli errori del modello. I secondi invece si basano su concetti geostatistici, forniscono quindi anche una misura degli errori e dell'incertezza dei risultati, quantificando la bontà e l'attendibilità del metodo e richiedendo uno studio preliminare delle variabili ed una certa esperienza da parte dell'operatore.

La comunità scientifica condivide l'opinione che non esista di fatto un metodo di interpolazione delle variabili climatiche migliore di un altro, la scelta dipende invece da tre fattori:

1. dalla qualità dei dati in ingresso, ovvero dal numero delle stazioni meteorologiche utilizzate e dalla loro distribuzione spaziale, dal numero dei dati nulli e dal tipo di dati rappresentanti la complessità orografica del territorio indagato (Fiorenzo, 2008, Hartkamp et al. 1999);
2. dagli obiettivi che lo studio persegue;
3. dall'accuratezza del risultato che si intende ottenere e che varia la scala di dettaglio spaziale a cui si opera.

5.3.2 Irradianza solare

Per ricavare i valori di irradianza sul piano orizzontale specifici per il contesto analizzato, la norma UNI TS 11300 fa riferimento alla UNI EN ISO 10349 10349 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici, dati climatici". Il metodo prevede l'utilizzo di tabelle che riportano i valori di irradianza sul piano orizzontale per i capoluoghi di provincia e un metodo di calcolo che prevede di effettuare una media ponderale utilizzando i due capoluoghi più vicini, pesata sulla latitudine, utilizzando la formula:

$$\bar{H} = \bar{H}_{r1} + \frac{\bar{H}_{r2} - \bar{H}_{r1}}{\varphi_{r2} - \varphi_{r1}}(\varphi - \varphi_{r1})$$

dove:

- \bar{H}_{r1} irradianza solare della prima località di riferimento
- \bar{H}_{r2} irradianza solare della seconda località di riferimento
- φ_{r1} latitudine della prima località di riferimento
- φ_{r2} latitudine della seconda località di riferimento
- φ latitudine della località considerata

La formula tiene conto di un Coefficiente di Albedo, ovvero del parametro adimensionale che indica la frazione dell'irraggiamento globale riflesso dagli elementi circostanti presenti, che per convenzione è stato posto a $\rho = 0,2$ (valore tipico di un contesto urbano).

Analogamente a quanto detto per le temperature, i dati di irradianza riportati dalla UNI risalgono almeno al 1994, quindi, in alternativa all'utilizzo delle tabelle e delle interpolazioni previste dalla suddetta norma, possono essere utilizzate fonti informative più aggiornate e metodologie anche in questo caso sia di tipo deterministico o stocastico più dettagliate. Le tecniche di interpolazione spaziale più utilizzate per stimare i valori di irradianza al suolo sono:

- Spline
- Kriging

- Co-Kriging (D'Agostino, Zelenka, 1992)

che solitamente utilizzano come dati di input valori derivati da immagini satellitari meteorologiche assieme o in alternativa a quelli derivati da stazioni di misura a terra.

A disposizione per i calcoli di irradianza utili a definire gli apporti termici solari e per valutazioni di fattibilità di impianti solari termici o fotovoltaici esistono due importanti studi e realizzazioni che riportano i valori di irradianza solare sul piano orizzontale e su superfici verticali: il portale Enea "Atlante italiano della radiazione solare"⁴⁸ e il portale realizzato dal *Joint Research Center* "PVGIS".⁴⁹ I due lavori adottano approcci e fonti informative differenti.

Il lavoro di Enea consiste in un archivio di dati e in un portale per la loro consultazione, da cui è possibile ottenere informazioni relative a:

- Radiazione globale giornaliera media mensile (Rggmm), al suolo, su superficie orizzontale
- Radiazione globale giornaliera media mensile (Rggmm), al suolo, su superficie inclinata⁵⁰
- Radiazione globale giornaliera media mensile (Rggmm), al suolo, su superficie normale

I dati di input del portale fanno riferimento al periodo 1995-1999 e sono derivati da elaborazioni di immagini satellitari di copertura nuvolosa acquisite nello spettro del visibile della radiazione elettromagnetica dal satellite Meteosat di EUMETSAT, con risoluzione al suolo del pixel di 2,5 km x 2,5 km. Il modello di calcolo per estrarre il valore di radiazione solare dal dato di copertura nuvoloso è *Heliosat*, di derivazione francese (Cano, 1986), rielaborato da Enea per il territorio italiano; l'algoritmo si basa sul confronto tra immagine rilevata dal satellite e una rappresentazione della superficie terrestre riferita a condizioni di cielo sereno. L'indice ottenuto, una volta correlato statisticamente al coefficiente di trasmissione dei raggi solari attraverso l'atmosfera, stima la quantità di radiazione solare al suolo (Spinelli, Cogliani, Maccari, Milone, 2007).

L'aggiornamento dei dati previsto da Enea non è ancora disponibile, per cui le serie storiche sono ferme al 1999.

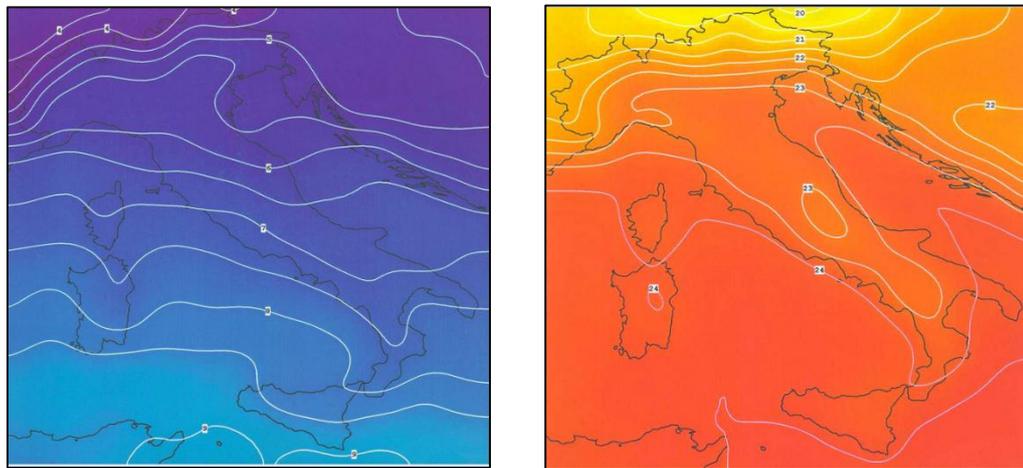


Figura 8: Radiazione solare media 1995-1999, dei mesi di gennaio e luglio

Il portale "PVGIS" è stato realizzato ed è gestito dal *Joint Research Center*. Il database della radiazione solare utilizza come dati di input:

⁴⁸ <http://www.solaritaly.enea.it/>

⁴⁹ <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

⁵⁰ La procedura si attiene a quanto prescritto dalla Norma UNI 8477/1 "Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione dell'energia raggianti ricevuta", ma utilizza le mappe di Rggmm su piano orizzontale calcolate dall'ENEA; consente di valutare anche l'effetto dovuto alla presenza di ostacoli che in determinate ore del giorno possono schermare i raggi del sole.

- 1) *SRTM-Shuttle Radar Topography Mission*: il *DEM-Digital Elevation Model* realizzato dall'*USGS-United States Geological Survey* a partire dalla missione *Space Shuttle Endeavour* realizzata nel febbraio del 2000⁵¹;
- 2) dati provenienti da 566 stazioni meteo-climatiche europee, raccolti tra il 1981 e il 1990 per la costruzione dell'“Atlante Europeo della Radiazione Solare”.

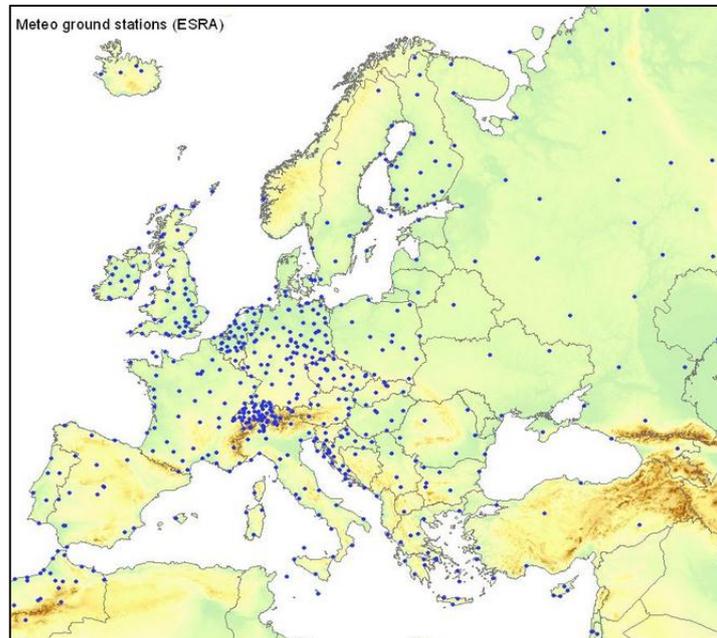


Figura 9: Localizzazione delle 566 centraline meteo usate da PVGIS

Il modello di calcolo utilizzato nell'ambito del progetto è *r.sun* (Hofierka, 2002) implementato in ambiente *Gis open source GRASS*, che lavora in due modalità che possono essere mantenute separate o integrate e fornire stime per qualsiasi periodo e intervallo di tempo.

Attraverso la consultazione del portale e la ricerca per coordinate è possibile calcolare:

- irradianza mensile o giornaliera sul piano orizzontale;
- irradianza mensile o giornaliera sul piano inclinato;
- il *Coefficiente di Torbidità di Linke* che sintetizza il grado di limpidezza del cielo e influisce sull'intensità della radiazione diretta e diffusa.

Nel settembre 2010 il portale ha integrato i dati derivati da centraline con elaborazioni ottenute da dati satellitari *Meteosat* della prima (1998-2005) e seconda (2006-2010) generazione che hanno una risoluzione al suolo di circa 3 km x 3 km.

Ventilazione

Per edifici residenziali e valutazioni di progetto o standard si assumono valori di ventilazione convenzionali. Per valutazioni adattate all'utenza, la norma stessa ammette la difficoltà di determinare con certezza le portate di rinnovo per aerazione e ventilazione naturale, poiché il tasso di ricambio d'aria dipende dalle condizioni climatiche (velocità e direzione del vento e differenza di temperatura tra interno ed esterno), dalla permeabilità dell'involucro e dal comportamento delle utenze. E' comunque possibile fare un calcolo dettagliato della portata di ventilazione utilizzando la UNI EN 15242 "Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici, comprese le infiltrazioni". Per valutazioni a scala

⁵¹ <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>

urbana non sono state individuate esperienze particolarmente significative ma, analogamente al calcolo delle temperature esterne, è possibile reperire le informazioni sui venti - forza e direzione - a partire dalle centraline metereologiche.

5.4 Dati relativi al contesto

Ombreggiature

Il valore di radiazione solare e quello relativo alle ombreggiature sulle superfici esterne dell'elemento investigato dipendono fortemente, se misurati ad una scala locale, dall'orografia del territorio e dalla presenza di ostruzioni naturali ed artificiali.

Per un calcolo realistico sui reali apporti termici solari sarebbe quindi necessario poter ricostruire un modello della città e del territorio, in grado di fornire dati puntuali sul singolo edificio per i diversi giorni o le diverse stagioni relativamente all'ombreggiature.

A scala architettonica, per analisi sul singolo edificio, sono disponibili un certo numero di studi e applicativi sia commerciali che open source. Si citano a tal proposito:

- la ricerca e l'applicativo realizzato dal Dipartimento di Costruzioni IUAV "OmbreUrbane" (Carbonari, 1998)
- gli applicativi Dialux e Soleili

In riferimento alla scala urbana alcuni software Gis prevedono dei *tool* orientati al calcolo sia della radiazione solare che delle ombre (Hillshade) a partire da un Modello Digitale del Terreno, si accennava sopra a r.sun e si possono menzionare altri *tool* presenti nella suite di analisi spaziale open source *Sextante* (Solar Irradiation) e in *Arcmap* di Esri (Skyline, Skyline barrier, Skyline graph, Solar Radiation).

Esistono tuttavia ancora forti limitazioni di applicabilità di questi strumenti ad una scala urbana riguardanti la modellazione tridimensionale in ambiente gis degli edifici e gli output, spesso solo di tipo grafico, non sono riportabili come valori alfanumerici.

5.5 Dati sulle modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio

Il calcolo standard non prevede valutazioni reali sulle presenze, sulle modalità di uso e sul comportamento delle utenze. Tale approccio è corretto se l'obiettivo è l'ottenimento della certificazione che si esprime con una scala di valori relativi al comportamento dell'edificio in sé e che devono e possono essere confrontati con edifici analoghi.

L'obiettivo del presente lavoro è anche quello di fare considerazioni in merito al ruolo e alle responsabilità delle utenze, pertanto esse verranno trattate in un capitolo specifico.

5.6 Dati sulle caratteristiche degli impianti

I valori di rendimento degli impianti possono essere ricavati dai prospetti inseriti nella UNI TS 11300 - Parte 2, in particolare per calcolare il rendimento di emissione dell'impianto si utilizza il prospetto 17.

I valori preliminari da individuare per utilizzare tale prospetto riguardano:

- il tipo di terminale di erogazione dei corpi scaldanti;
- l'altezza dei locali;
- il carico termico medio annuo (W/m^3).

Quest'ultimo valore si ottiene dividendo il fabbisogno annuo di energia termica utile, espresso in Wh, per il tempo convenzionale di esercizio dei terminali di emissione, espresso in ore, e per il volume lordo riscaldato del locale, espresso in m^3 .

Per calcolare il rendimento di regolazione invece si utilizza il prospetto 20 ed in questo caso è necessario rilevare le tipologie di regolazione del calore interno, tenendo conto dei terminali di erogazione.

Per quanto concerne il sottosistema di distribuzione si può fare ricorso ai dati pre-calcolati del prospetto 21 (a,b,c,d), rilevando la data di realizzazione dell'impianto e l'altezza dei locali. Infine, per il calcolo dei rendimenti di generazione sono necessarie informazioni sul tipo di caldaia che possono essere individuati nel prospetto 23 (a,b,c,d,e).

In merito alla scala urbana, si ritiene che le metodologie di raccolta dati sugli impianti possano essere:

- raccolta delle informazioni presso l'utente finale, tramite indagine sistematica o a campione;
- assunzioni semplificate sul rendimento complessivo svolte dagli autori sulla base di esperienze e semplificazioni a scala urbana.

Quest'ultima metodologia è stata adottata nel caso delle analisi preliminari al piano energetico per la provincia di Torino svolte dal Dipartimento di Energetica del Politecnico di Torino, dove per cui il calcolo del rendimento di regolazione è stato ipotizzato associandolo ad una tipologia di impianto di cui era nota la distribuzione statistica da fonte ISTAT (Fracastoro, Serraino, 2009).

E' possibile fare alcune parziali considerazioni in merito alla tipologia della caldaia, alla sua potenza termica e all'anno di installazione a partire dai dati eventualmente trasmessi dal distributore all'ente pubblico competente riferiti all'"Accertamento della sicurezza degli impianti di utenza a gas" secondo quanto stabilito dalla Deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas del 18 marzo 2004 n. 40⁵² e successivamente integrato e modificato dalle delibere n. 129/04, n. 43/05, n. 192/05, n. 47/06, n. 87/06, n. 147/06 e ARG/gas n. 27/08.

⁵² Articolo 2. Adempimento degli obblighi di accertamento. "Il presente regolamento si applica agli impianti di utenza alimentati a gas per mezzo di reti";

Articolo 6. Utilizzo delle informazioni raccolte durante gli accertamenti. "Le informazioni raccolte dal distributore durante gli accertamenti possono essere utilizzate esclusivamente dal distributore e, su loro richiesta, dagli Enti pubblici competenti a svolgere attività di vigilanza sugli impianti di utenza sottoposti ad accertamento".

Bibliografia

Bonafè, G. 2005. Microclima urbano: impatto dell'urbanizzazione sulle condizioni climatiche locali e fattori di mitigazione. Rapporto Interno ARPA-SIMC.

D'Agostino, V. & Zelenka, A. 1992. Supplementing solar radiation network data byco-kriging with satellite images. *International Journal of Climatology* n.12: 749-761.

Cano, D. et Alii 1986. A method for the determination of the global solar radiation from metereological satellite data. *Solar Energy Elsevier* n. 37: 31-39.

Carbonari, A. 1998. Ombre-Urbane 2: a software tool to evaluate shading effects of urban obstruction, from the energetic and daylighting point of view. *Proceedings of World Renewable Energy Congress V (WREC) Vol.III: 1289 - 1292.*

Cogliani, E. Malosti, D. Mancini, M. & Petrarca S. 1993. Stima della radiazione solare globale al suolo dalle immagini secondarie del satellite Meteosat. *HTE Energie Alternative* n. 85: 268-273.

De Santoli, L. 2003. Building Energy and Environment Performance System (BEEPS): a programme for building energy certification in Italy. *Building Services Engineering Research and Technology* n. 2/24: 61-68.

Fiorenzo, F. Mancino, G. Borghetti, M. & Ferrara, A. 2008. Metodi per l'interpolazione delle precipitazioni e delle temperature mensili della Basilicata. *Italian Society of Silviculture and Forest Ecology Forest@* n. 5: 337-35.

Fracastoro, G.V. Serraino, M. Boffa C, 2006. Analisi e proposte di indicatori energetici per la climatizzazione invernale. *GESTIONE ENERGIA: 34 - 40.*

Fracastoro, G.V. & Serraino, M. 2009. Valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici alla scala provinciale. Contratto di consulenza 1064/2008: Provincia di Torino Dipartimento di Energetica - Politecnico di Torino.

Hartkamp, A.D., de Beurs, K. Stein, A. & White, J.W. 1999. Interpolation Techniques for Climate Variables. *NRG-GIS Series 99-01*. Mexico. D.F.: CIMMYT.

Hofierka, J. & Šúri, M. 2002. The solar radiation model for Open source GIS: implementation and applications. Proceedings of the Open source GIS - GRASS user conference 2002. Trento, 11-13 Settembre 2002.

Hofierka, J. Parajka, J. Mitasova, M. & Mitas, L. 2002. Multivariate interpolation of precipitation using regularized spline with tension. *Transactions in GIS* n. 6: 135-150.

Jones. P.J. & Lannon, S. & Williams, J. 2001. *Modelling Building Energy Use at Urban Scale*. Seventh International IBPSA Conference. Rio de Janeiro August: 13-15.

Muneer, T. 1997. *Solar Radiation and Daylight Models for Energy Efficient Design of Buildings*. Oxford: Architectural Press.

Oke, T.R. 1981. The surface energy budgets of urban areas. *Modeling the Urban Boundary Layer*. Boston: AMS.

Rumor, M. 2008. Dispense del corso "Modelli e strutture dei dati spaziali". Corso di Laurea Magistrale in Sistemi Informativi Territoriali e Telerilevamento – Università IUAV di Venezia.

Spinelli, F. & Maccari, A. & Cogliani, E.G. & Milone, M. 2007. La misura e la stima della radiazione solare: l'archivio dell'ENEA e il sito Internet dell'*Atlante italiano della radiazione solare* per la pubblicazione dei dati. ENEA, 2007 - Rapporto SOL/RS/2007/21.

UNI/TS 11300-2:2008. *Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.*

Zauli Sajani, S. Tibaldi, S. Lauriola, P. 2008. Bioclimatic characterization of an urban area: a case study in Bologna (Italy). *International Journal of Biometeorology* n. 52/8:779-8.

Sitografia

Atlante Italiano della radiazione solare

<http://www.solaritaly.enea.it/>

Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

6 Prestazioni energetiche edilizie e ruolo delle utenze

Il flusso di energia entrante ed uscente dagli edifici è in parte legato agli occupanti che determinano, con le loro presenza, i loro comportamenti e le apparecchiature termiche ed elettriche in uso, apporti o sprechi termici, i quali derivano, secondo Dall'O', dall'uso non appropriato dei sistemi di riscaldamento e raffrescamento (Dall'O', 2007).

Al fine di completare il quadro di conoscenza delle prestazioni energetiche residenziali risulta quindi fondamentale poter modellare con un certo dettaglio le caratteristiche degli occupanti e le relazioni che instaurano con il sistema edificio/impianto. La rappresentazione delle utenze non solo assume rilievo per le potenzialità di risparmio che si possono ottenere da un cambio di abitudine o di atteggiamento, ma anche in funzione dei cambiamenti di stile di vita che sono avvenuti in questi anni. Nella società attuale le famiglie sono una potenziale causa generatrice di pressioni sull'ambiente: possono indurvi notevoli impatti non solo generando pressioni dirette ma anche orientando il mercato di beni e servizi (Maffei, Sasso, Sibilio, 2007). Da un altro punto di vista però è importante considerare che un edificio è prima di tutto lo spazio in cui si vive piuttosto che un mero consumatore di energia (Haldi, 2010), per cui la sua efficienza energetica non può essere migliorata a discapito del comfort e della qualità ambientale degli spazi interni, che possono provocare conseguenze inattese sia relative a sprechi energetici, che al benessere fisico e psicologico degli occupanti.

Pertanto la direzione che dovrebbe essere avviata è quella di assicurare un'alta qualità degli ambienti indoor con il minor consumo energetico, determinando anche un diverso approccio da parte dell'utente finale in relazione agli eventuali interventi da realizzare, che non rientrano nell'ambito di interventi di risparmio attuando una diminuzione di comfort o di rinuncia al benessere.

6.1 Modellazione delle utenze

Gli approcci orientati a caratterizzare le utenze e la loro richiesta di energia sono sostanzialmente di due tipi, l'utilizzo di programmi di simulazione o l'attuazione di campagne di monitoraggio.

La prima generazione di programmi di simulazione dinamica è stato sviluppato tra gli anni '70 e '80. Si trattava essenzialmente di interfacce a riga di comando per il calcolo degli scambi dinamici di energia termica all'interno di un edificio e tra questo e l'ambiente esterno.

Le attività successive si sono concentrate sul miglioramento della fruibilità dei software e sull'estensione delle funzionalità di base; il miglioramento delle funzionalità e la crescente domanda di utilizzo anche in ambito professionale ha in seguito spostato l'attenzione a dimostrarne la loro validità. Dagli anni '90, una volta incamerati i risultati di validazione, sono state predisposte ulteriori migliorie orientate all'usabilità dei programmi e allo sviluppo di nuove funzionalità: modelli tridimensionali di conduzione, modelli di flusso della potenza elettrica, analisi di sensitività, ecc. (Haldi, 2010), per cui attualmente è disponibili una gamma molto ampia di strumenti di simulazione. Si citano per esempio:

- ESP-r
- LESO-SAI
- Ecotect
- EnergyPlus
- eQuest,
- Energy-10,
- TRNSys

In sostanza il loro scopo è definire i diagrammi di carico, ovvero i valori delle potenze termiche ed elettriche richieste nel funzionamento reale delle utenze (Maffei, Sasso, Sibilio, 2007).

La modellazione delle caratteristiche deterministiche nei programmi di simulazione degli edifici è ormai considerata matura. Ma la loro capacità di emulare la realtà è minata da una scarsa rappresentazione delle variabili non deterministiche, in particolare quelle relative alle presenze degli occupanti e alle loro interazioni con i controlli degli ambienti che utilizzano. Le differenze tra situazione reale, realizzata attraverso verifiche sul campo, e simulata sono talvolta così elevate da mettere in dubbio l'efficacia dei simulatori, è stato infatti stimato da Beker che le discrepanze tra le due situazioni possono avere anche un fattore pari a due (Baker, 1994).

Mentre gli studi di Clevenger e Haymaker (2006) sull'impatto delle presenze degli occupanti nei modelli di simulazione energetici dimostrano che le stime sui consumi possono differire del 150% quando vengono considerati occupanti con diverso livello di consumo.

Le abitudini e i comportamenti in materia energetica dipendono da fattori sociali, economici e di contesto piuttosto difficili da rappresentare che possono riferirsi a: la tipologia di utenza (proprietari/affittuari), il livello di informazione/formazione sui temi energetici e il grado di interesse per il miglioramento tecnologico e di comfort che si intende ottenere all'interno dalle proprie abitazioni, di conseguenza risulta piuttosto complicato individuare azioni efficaci di intervento.

Hoes e Hensen hanno inoltre dimostrato che negli edifici passivi è maggiore l'influenza dei comportamenti degli utenti, confermando in un certo senso il "Paradosso di Jevons", formulato fin dalla metà del XIX secolo, che sostiene come l'aumento dell'efficienza sia spesso il motore di incoraggiamento dei consumi.

Alcuni autori hanno proposto in alternativa dei modelli *Agent Based*, si tratta comunque di studi sperimentali e di ricerca. In ogni caso i modelli di simulazione, peraltro molto diffusi in alcuni paesi (Maffei, Sasso, Sibilio, 2007), pur offrendo valide interpretazioni sulle possibili prestazioni energetiche edilizie, sono comunque poco adatte per utilizzi a scala urbana o in contesti che vadano oltre la ricerca.

Una alternativa, che si occupa anche di identificare le variabili non deterministiche legate alle utenze e alle loro richieste energetiche, utilizzata nell'ambito di alcune iniziative europee (EURECO; REMODECE), è costituita da campagne di monitoraggio sulle utenze successivamente impiegate per costruire curve di carico energetico. I due esempi citati comunque si riferiscono ai consumi elettrici, non sono stati individuati nel corso dello studio analoghi progetti sui consumi termici, se non una sperimentazione svolta dal Dipartimento DETEC dell'Università di Napoli Federico II e citata nel testo "La Certificazione Energetica degli edifici esistenti" curata da Cannaviello e Violano (2007). Tale carenza è stata riscontrata anche dagli autori del recente studio "Monitoraggio dei consumi energetici del condominio Residenziale CasaClima"⁵³ di Modena, i quali registrano come siano rari, se non introvabili, i casi di monitoraggio di edifici residenziali svolti con metodo scientifico (Allesina, Di Croce, 2010). Lo studio, come esplicitato dal titolo, aveva l'obiettivo di verificare il grado di rispondenza tra il calcolo teorico dei fabbisogni termici di un edificio, effettuato nel corso del processo di certificazione energetica, e i consumi reali riscontrabili nel corso di un inverno qualsiasi. I rilievi tecnici sono stati realizzati attraverso un'analisi termografica, il monitoraggio dei consumi termici e la registrazione da sensori della temperatura interna reale. Parallelamente, ad ogni famiglia è stata distribuito un questionario nel quale sono state richieste informazioni relative alle abitudini degli occupanti e all'andamento delle temperature interne nella stagione termica. Sulla base dei dati acquisiti è stata svolta un'analisi relazionando le informazioni agli indici di consumo energetico registrati (Allesina, Di Croce, 2010).

Esistono invece molte attività di monitoraggio dei consumi condotte su edifici o anche quartieri e specificatamente dedicati al coinvolgimento diretto degli occupanti nel controllo e come

⁵³ Condominio certificato CasaClima e gestito dalla cooperativa AbitCoop di Modena.

auspicabile conseguenza, nella riduzione dei consumi. L'analisi delle modalità, degli obiettivi e dei risultati ottenuti è descritta nel capitolo successivo (7).

6.2 Interazioni tra utenze e sistema edificio/impianto

Disporre di informazioni sugli occupanti consente di costruire un quadro conoscitivo più dettagliato, se non esauriente dato il tipo di variabili in gioco, sulle prestazioni energetiche edilizie. Si stima infatti che il consumo energetico totale non può essere predetto con una precisione superiore al $\pm 15-20\%$ se non si conosce l'influenza degli occupanti (Pettersen 1994).

Ciò significa che i comportamenti possono avere un forte impatto sui consumi, alcune campagne di rilievo hanno evidenziato un risparmio energetico pari a circa l'8% ottenuto semplicemente attraverso piccoli investimenti e cambiamento di abitudini, dimostrando l'importanza del raggiungimento di una maggior consapevolezza (Bedir, Hasselaar, 2009).

Il monitoraggio dei consumi, inteso come ricostruzione delle interazioni del singolo individuo, o delle aggregazioni di individui, con il sistema edificio impianto, può giungere a fornire output tecnici, ovvero i diagrammi di carico, ma in un contesto di pianificazione urbana con caratteristiche di coinvolgimento serve soprattutto a modellare le utenze in funzione della predisposizione di azioni personalizzate di risparmio energetico, anche immateriali, e ad instaurare meccanismi di conoscenza e consapevolezza⁵⁴ con gli occupanti orientati al risparmio individuale – cambio di abitudini, acquisiti, interventi - o collettivo – interventi comuni, acquisiti condivisi.

Risulta quindi necessario individuare le tipologie di interazione che ogni individuo, o famiglia instaura con l'edificio.

Esistono in letteratura numerose ipotesi di classificazioni, per esempio Sibillio et Al. propongono una distinzione tra *determinanti comportamentali*, per cui il consumo è correlato al fattore umano e sociale e non al clima interno/esterno (l'utilizzo degli elettrodomestici), e *determinanti fisiche*, indotte dalle variabili climatiche e dalle caratteristiche termofisiche e geometriche dell'edificio (accensione e spegnimento del riscaldamento), influenzate anche dal tipo di occupazione e dal livello di reddito familiare (Maffei, Sasso, Sibillio, 2007).

Saldaat prospetta invece una distinzione tra la definizione di uso e comportamento. Il primo è limitato all'interazione diretta tra un occupante e un dispositivo, al fine di raggiungere uno specifico obiettivo (Saldaat, 2006). L'azione di uso può essere definita come l'attività fisica degli utenti che attivano le funzionalità di un prodotto (Kanis, 1998).

Il termine comportamento è un concetto molto più ampio di utilizzo, comprende tutte le attività svolte dagli occupanti e che possono influenzare l'uso delle apparecchiature presenti nelle abitazioni. Ad esempio, l'abitudine di asciugare i vestiti di all'interno di un'abitazione può influenzare l'uso dei dispositivi di ventilazione.

Le azioni d'uso e di comportamento nelle abitazioni possono essere molto diverse in funzione delle caratteristiche specifiche degli individui e delle aggregazioni.

Ogni comportamento porta a specifici risultati, che rispetto alle aspettative degli individui possono tradursi in soddisfazione o insoddisfazione: in base al grado di soddisfazione verso un dispositivo gli utilizzatori possono cambiare o non cambiare comportamento o sostituirlo. I risultati possono a loro volta essere relazionati agli effetti diretti o indiretti d'uso di un dispositivo; gli effetti diretti sono considerati il rumore o il livello di comfort, poiché immediatamente percepiti e modificabili nel loro uso (abbassamento del termostato, chiusura di una finestra). Un effetto indiretto del comportamento è invece individuabile nella bolletta annuale (bimestrale) del consumo energetico. Per gli individui è difficile relazionare la bolletta ai comportamenti e questo fa diminuire le probabilità di cambiarli.

⁵⁴ Sergio Los definisce la consapevolezza come la connotazione etica della conoscenza. Intervista svolta il 31/01/2010

Questo argomento sarà trattato nel capitolo successivo, in relazione all'utilizzo di pratiche di Feedback e al loro utilizzo al fine di operare un cambiamento di abitudini verso il risparmio.

Considerate queste classificazioni, e al contempo le variabili necessarie ad esplicitare le due componenti del Bilancio energetico edilizio influenzate dalla presenza degli occupanti e delle apparecchiature elettriche, una possibile distinzione, funzionale agli obiettivi della Base informativa, potrebbe avvenire tra interazioni dovute a:

- presenza e caratteristiche degli occupanti;
- utilizzi delle apparecchiature e dei dispositivi relazionati ai consumi termici e al sistema edificio impianto;
- comportamenti generici degli occupanti e percezioni interna.

Fermo restando che non esiste una netta distinzione tra le parti e che queste si influenzano a vicenda: l'affollamento di una stanza, per esempio, modifica l'utilizzo dei dispositivi, il comportamento degli occupanti e la percezione di comfort interna.

6.3 Dati sulle presenze e sulle caratteristiche degli occupanti

La presenza, il numero di occupanti e le loro caratteristiche intrinseche sono la condizione essenziale che determinano tutte le attività interne alle abitazioni, così come un'interazione necessita di almeno un occupante per essere eseguita.

Gli occupanti sono una inoltre fonte diretta di guadagni metabolici, utilizzabili per il calcolo dei flussi interni di calore, di umidità, di CO₂ e di sostanze inquinanti, del numero di occupanti e del numero di ore di occupazione.

Esistono inoltre differenti tipi di occupanti, che instaurano quindi con l'abitazione differenti relazioni; una distinzione può essere fatta tra proprietari e affittuari, che avranno differenti modalità di approccio ad eventuali interventi di riqualificazione o nell'utilizzo del riscaldamento. Altre distinzioni fanno emergere invece le caratteristiche sociali, economiche o di reddito degli occupanti, ognuno delle quali determina un conseguente comportamento. Utilizzando queste distinzioni ci si addentra in classificazioni che hanno comunque spesso portato a considerazioni contrastanti (Groot-Marcus et Al. 2006, Emery et Al. 2006).

6.4 Dati sull'utilizzo del sistema edificio/impianto

Sulla base della distinzione proposta da Soldaat è possibile scorporare dalle abitudini e utilizzi del sistema edificio/impianto le specifiche modalità d'uso delle apparecchiature termiche ed elettriche, per esempio individuando:

- le modalità di utilizzo dei sistemi di regolazione degli impianti di riscaldamento e ventilazione e la regolazione della temperatura interna, derivate dalla presenza/assenza di occupanti o dalla percezione interna di comfort;
- le modalità di utilizzo dell'ACS, degli apparecchi a gas in cucina e degli elettrodomestici. Questi ultimi, insieme all'uso di illuminazione, oltre a fornire la stima sul consumo di energia elettrica, servono a dettagliare i guadagni interni di calore.

La conoscenza delle modalità di utilizzo specifico degli impianti e delle apparecchiature consente di confrontarle con i dati specifici sugli impianti al fine di comprendere l'efficienza degli stessi, individuare azioni specifiche per la loro ottimizzazione, e identificare comportamenti errati che rendono inefficienti sia gli impianti che i dispositivi.

Le interazioni invece con l'edificio possono essere:

- abitudini di apertura e chiusura delle finestre che, oltre ad influire sul conteggio delle dispersioni di ventilazione da inserire nella formula del bilancio energetico, hanno un impatto sulle condizioni igro-termiche degli ambienti e sulla qualità dell'aria (concentrazione di sostanze inquinanti), soprattutto in edifici con ventilazione naturale;

- abitudini di apertura e chiusura delle porte, anche in questo caso le abitudini possono favorire o meno i flussi d'aria all'interno degli edifici e quindi la conduzione di calore e/o di sostanze inquinanti;
- azioni sui dispositivi di ombreggiatura. L'utilizzo e la posizione delle tende influisce sui guadagni solari di calore, e quindi sulle temperature interne delle abitazioni, ma anche sulla disponibilità di luce naturale ottenibili dalle finestrate.

6.5 Dati di comportamento e percezione

In questa categoria più generica è possibile catalogare i dati relativi al comportamento assunto all'interno delle abitazioni, che possono essere causa di sprechi o comportamenti virtuosi, ma che non hanno a che fare con dispositivi specifici, sono piuttosto informazioni legate alle abitudini più o meno volontarie degli occupanti, alla percezione interna di benessere/malessere oppure al loro livello di conoscenza delle tematiche energetiche. Tali comportamenti possono riferirsi, per esempio, al livello di abbigliamento o all'attuazione o meno di accorgimenti finalizzati al risparmio, come l'utilizzo di fuochi adatti alle pentole in uso o l'utilizzo di coperchi.

Bibliografia

Allesina, A. & Di Croce, D. 2009. Monitoraggio dei consumi energetici del condominio “Residenziale CasaClima” di Modena. Lavoro di ricerca realizzato nell’ambito del Progetto Triennale Edilizia di qualità coordinato da ProMo e promosso da Provincia di Modena, Comune di Modena, Fondazione Cassa di Risparmio di Modena, Camera di Commercio di Modena.

Baker, N. 1994. Low energy strategies. Energy and environment in non-domestic buildings. Cambridge: Cambridge Architectural Research Ltd.

Baker, N. & Ratti, C. Steemers, K. 2005. Energy consumption and urban texture. Energy and Buildings Vol. 37, Issue 7, July 2005: 762-776.

Bedir, M. & Hasselaar, E. 2009. A Guideline for Developing User Manuals of Innovative Energy Efficient Houses. Delft: Green Solar Cities consortium OTB Research Institute, Delft University of Technology.

Cannaviello M. & Violano A. (Ed) La certificazione energetica degli edifici esistenti. Milano: FrancoAngeli

Clevenger, C.M. & Haymaker, J. 2006. The Impact of the Building Occupant on Energy Modeling Simulations. Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering, Montreal, Canada.

Dall’O’, G. 2007. Certificazione energetica degli edifici: verso un recepimento coerente con la Direttiva 2002/91/CE. In Cannaviello M. & Violano A. (Ed) La certificazione energetica degli edifici esistenti: 95-109. Milano: FrancoAngeli.

Darby, S. 2000. Making it obvious: Designing feedback into energy consumption. *Proceedings of the 2nd International Conference on Energy Efficiency in Household Appliances and Lighting*. Italian Association of Energy Economists/ EC-SAVE programme.

Dubrul, C. 1988. Inhabitant Behaviour with Respect to Ventilation – a Summary Report of IEA Annex 8”. AIVC Technical Note 23. Air Infiltration and Ventilation Centre, Sint-Stevens-Woluwe, Belgium.

Emery, A.F. n& Kippenhan, C.J. 2006. A long term study of residential home heating consumption and the effect of occupant behaviour on homes in the Pacific northwest constructed according to improved thermal standards. Energy n.31: 677-693.

Groot-Marcus, J.P. & Terpstra, P.M.J. & Steenbekkers, L.P.A & Butijn, C.A.A. 2005. Technology and household activities. Book chapter in User Behaviour and Technology Development: Shaping Sustainable Relations between Consumers and Technologies. Dordrecht: Springer.

Haldi, F. 2010. Towards a Unified Model of Occupants' Behaviour and Comfort for Building Energy Simulation. Tesi di dottorato dell'École Polytechnique Fédérale ee Lausanne.

Hoes, P. & Hensen, J.L.M. & Loomans, M.G.L.C. & de Vries, B. & Bourgeois, D. 2009. User behaviour in whole building simulation. Energy and Buildings Vol. 41, Issue 3, March 2009: 295-302.

Kanis, H., 1998, Usage centered resarch for everyday product design, in: Applied ergonomics, 1, 29, pp. 75-82.

Maffei, L. & Sasso, M. & Sibilio S. 2007. Analisi energetica di utenze domestiche.
In Cannaviello M. & Violano A. (ed) La certificazione energetica degli edifici esistenti: 180-189
Milano: FrancoAngeli.

Pettersen, T.D. 1994. Variation of Energy Consumption in Dwellings Due to Climate, Building and Inhabitants. Energy and Buildings n. 21: 209-218.

Seligman, C. & Darley, J.M. & Becker, J.L. 1978. Behavioral approaches to residential energy conservation. Energy and Buildings n. 1/3: 325-337.

Soldaat, K. 2006. Interaction between occupants and sustainable building techniques. ENHR conference "Housing in an expanding Europe: theory, policy, participation and implementation" Ljubljana, Slovenia 2 - 5 July 2006.

7 Contributo e responsabilità delle utenze per la costruzione della Base informativa

Gli utenti non sono solo una delle cause determinanti dei consumi energetici domestici, ma i soggetti fondamentali con cui instaurare processi di interazione orientati ad azioni di pianificazione e riqualificazione energetica sostenibile. Sono in corso molteplici iniziative orientate al coinvolgimento dei cittadini su questi temi, il capitolo presenta una descrizione delle pratiche partecipative più significative sorte, anche grazie al contributo delle Nuove Tecnologie, sul tema energetico e introduce alcune esperienze e tecniche adottate e prese come riferimento per la stesura della proposta e per la realizzazione dell'esperimento.

7.1 Pianificazione/partecipazione

La componente partecipativa all'interno delle pratiche di pianificazione ha origini lontane: sono stati gli anni '60 del secolo scorso "la decade della partecipazione", con l'inclusione del requisito della "massima partecipazione possibile" nei programmi della Community Action e di Model City (Alexander, 1997).

Tuttavia la partecipazione più specificatamente orientata al coinvolgimento delle comunità locali nei processi decisionali pubblici, definito dalla Commissione Europea quale "imperativo democratico" (Libro Verde, 1975), è tema avviatosi intorno agli anni '90 ed è legato di fatto al concetto di sviluppo sostenibile.

E' a partire dal Documento di Indirizzo delle Nazioni Unite Agenda 21 per lo sviluppo sostenibile nel XXI secolo, approvato in occasione della conferenza UNCED di Rio de Janeiro del giugno 1992 (capitolo 28) che i processi di partecipazione sono divenuti presupposto fondamentale per il suo conseguimento.

La maturazione del concetto di sviluppo sostenibile, assieme all'evolversi di metodi e strumenti di supporto alla sua attuazione hanno fatto sì che la partecipazione, nelle sue diverse declinazioni, entrasse a far parte sempre più nel processo decisionale, come uno delle elementi principali attraverso il quale raggiungere un più alto livello di qualità ambientale e sociale del progetto urbano.

7.1.1 Declinazioni

Attenendosi alla definizione dell'OCSE e alla molta letteratura di riferimento, i livelli di partecipazione nei processi decisionali di qualsiasi cittadino possono essere così sintetizzati:

- a) **Informazione:** informare e farsi informare
- b) **Consultazione:** essere ascoltati e considerati nelle decisioni
- c) **Partecipazione:** democrazia diretta e processi deliberativi

Il termine partecipazione viene quindi usato in modi diversi, intendendo nello specifico:

a) *Informazione*, ovvero incremento dell'informazione: si intende prima di tutto il suo miglioramento e la sua diffusione; nel corso dell'ultimo decennio sono nati importanti supporti giuridici, tra i quali la direttiva CEE 2003/4/CE relativa all'accesso del pubblico all'informazione ambientale. Se prima vi si poteva accedere solo per buone ragioni, tra gli anni '80 e '90 è andato a configurarsi un diritto all'informazione e di trasparenza che nella tradizione giuridico amministrativa rappresenta un cambiamento significativo: la direttiva Seveso (96/82/CE) ha prodotto uno spostamento dell'informazione da passiva ad attiva (Pellizzoni, 2008).

b) *Consultazione*, quindi non solo informare e farsi informare dai cittadini, ma anche attivare meccanismi di ascolto e consultazione. Molte sono le esperienze avviate e il dispositivo consultivo è divenuto prassi sistematica di decisione a livello di europeo. Sempre in ambito istituzionale sono

apparso molti altri strumenti consultivi, tra cui la normativa del 1990 sulla riforma degli enti locali, che riconosce esplicitamente ai cittadini la possibilità di farsi ascoltare in forma di comitati, quindi non solo attraverso il voto nel corso della legislatura.

c) *Partecipazione*, ovvero prendere parte concretamente alle decisioni, nel corso dei dibattiti e nel momento decisionale, come nel caso di esperienze di bilancio partecipativo. La partecipazione in questo caso modifica nettamente il modo in cui si giunge agli obiettivi prefissati, segnando un cambiamento significativo del termine stesso e una forte trasformazione dei rapporti gerarchici (Pellizzoni, 2008).

7.1.2 Partecipazione in pratica

L'Unione Europea, soprattutto nel corso degli anni 2000, ha dato forte input alla produzione di norme per rafforzare la partecipazione dei cittadini alla *governance* locale e nazionale, affiancando agli strumenti giuridici il sistema dei programmi e delle iniziative.

La partecipazione appare quindi ormai l'imperativo categorico della pianificazione territoriale e ambientale.

In realtà esiste ancora un divario difficile da colmare tra strumenti urbanistici vigenti o in corso di redazione e percorso decisionale partecipativo, che spesso ne ha svilito l'efficacia, relegando il coinvolgimento dei diversi attori territoriali a mero rito dovuto. In sostanza esistono più esperienze di progetti partecipati che pianificazione partecipata.

La maggior parte delle esperienze di politiche e programmi europei a valenza territoriale e urbana non è stata riconosciuta ufficialmente all'interno degli strumenti urbanistici, né è stata veicolata nel sistema di norme e procedure riconosciuto dal contesto istituzionale (De Pascali, 2008).

Gli stessi strumenti di Agenda 21 che pur appaiono i più efficaci a sostegno di una pianificazione partecipata sostenibile, in pochi contesti hanno influenzato gli strumenti urbanistici, seppure i due terzi delle amministrazioni locali europee abbiano sottoscritto la carta di Aalborg con cui formalmente si decide di avviare un processo di Agenda 21 Locale (Musco, 2009).

7.2 Pianificazione energetica e comunità energetiche sostenibili

Per quanto concerne la pianificazione energetica a scala locale, la partecipazione, almeno sulla carta e nell'ambito delle esperienze rilevate⁵⁵, è stata piuttosto elevata: come accennato nel capitolo 1, oltre il 70% dei comuni che hanno redatto il piano energetico ha attivato un processo di coinvolgimento dei diversi attori territoriali.

La pianificazione energetica "istituzionale" (Legge 10/1991) non è comunque un buon indicatore dell'effettiva partecipazione e della sua efficacia nell'ambito dei contesti locali. In prima istanza sono stati chiamati a redigere il piano le città sopra i 50.000 abitanti e tra questi non tutte hanno adempiuto a quanto stabilito dalla norma. Fino ad oggi, infatti, solo 25 Comuni italiani dei 174 interessati all'obbligo di legge hanno varato il proprio Piano energetico comunale - Pec (Legautonomie, 2009).

Secondariamente, e questo è il problema principale, la pianificazione energetica non ha assunto nella realtà il ruolo che avrebbe dovuto avere e questo per la genericità con cui questa tematica è stata affrontata a livello normativo, non essendo state implementate le linee guida per la sua reale attuazione. Inoltre, pur partendo da un valido impianto, poiché il Pec viene inserito all'interno del Piano Regolatore Comunale e quindi nell'ambito di uno strumento urbanistico complessivo che

⁵⁵ Ad eccezione dell'indagine di Legautonomie svolta su 76 amministrazioni comunali, non è possibile avere un preciso quadro del numero e dello stato di avanzamento dei Piani Energetici Comunali, il numero stesso di amministrazioni segnalate da Legautonomie sembra contraddire le cifre riportate in altri testi (APAT e De Pascali, citati in bibliografia).

considera anche la tematica energetica, la legge è pur sempre stata impostata vent'anni fa, un tempo effettivamente lontano rispetto alle grandi evoluzioni avutesi in ambito energetico.

Gli stessi Libri Verdi pubblicati dalla Commissione Europea a partire da quello del 1990 sull'ambiente urbano fino ai più recenti che pure trattano diversi aspetti in materia di energia, generalmente considerano il problema delle procedure e strumentazioni di piano in termini generici e superficiali (De Pascali, 2008).

L'insuccesso della pianificazione, la sua non attuazione, riduce il senso della partecipazione e ha un effetto negativo anche sull'attivazione di azioni successive poiché il cittadino, o qualsiasi *stakeholder* coinvolto, tende ad assumere un atteggiamento di diffidenza nei confronti del processo partecipativo e della sua efficacia.

In alternativa, grazie alla nascita del concetto di sviluppo sostenibile, e in risposta alla necessità sempre più sentita di risolvere anche a livello locale la questione energetica, sono cresciute le esperienze di partecipazione nell'ambito del processo di Agenda 21 locale e successivamente nell'ambito di iniziative istituzionali europee, che hanno prodotto una serie di progetti orientati alla riduzione della domanda di energie fossili e di emissioni climalteranti fortemente incentrati sul coinvolgimento dei diversi attori territoriali.

L'Unione Europea ha quindi incentivato programmi di carattere partecipativo, rivolti ai cittadini o dagli stessi alimentati, orientati alla disseminazione e promozione di progetti che hanno come assi di intervento principali l'adozione di misure di efficienza energetica e la produzione di energia da fonti rinnovabili.

In particolare gli obiettivi generali che accomunano le iniziative in materia energetica della UE sono orientati alla creazione di Comunità Energetiche Sostenibili (*Sustainable Energy Communities - SEC*), definite come "Comunità locali in cui politici, pianificatori, attori del mercato e cittadini cooperano attivamente per dimostrare e sviluppare elevati livelli di fornitura e utilizzo di energia sostenibile, favorendo l'energia rinnovabile e l'applicazione di misure di efficienza energetica in tutti i settori d'utilizzo" (Commissione Europea, Direzione Generale per l'Energia e il Trasporto).

Al concetto di Comunità Energetiche Sostenibili si affianca quello di cittadinanza energetica il quale ribadisce lo sforzo di coinvolgimento dei "cittadini a più livelli, come consumatori che possono scegliere tra più fornitori sulla base di costi e servizi, responsabilità sociale ed ambientale, come utenti che incidono con il proprio stile di vita, come produttori che installano e gestiscono piccoli impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili" (Commissione Europea, Direzione Generale per l'Energia e il Trasporto).

Le principali iniziative europee per l'attivazione di SEC e per la costruzione di reti di relazioni sono:

- *Intelligence Energy Europe II*: che racchiude tutti progetti europei in materia energetica per il periodo 2007-2013, tra cui il progetto *MUSEC - Multiplying Sustainable Energy Communities*, il progetto *SEC-Bench - Sustainable Energy Communities - Benchmarking of energy and climate performance indicators on the web*, il progetto *Sustainable NOW - European Sustainable Energy Communities - Effective Integrated Local Energy Action Today*;
- *Covenant of Mayor*: il Patto dei Sindaci già citato nel capitolo 1;
- *Elena - European Local Energy Assistance* che offre sostegno tecnico ed economico agli enti locali e regionali al fine di attirare investimenti per progetti di energia sostenibile;
- *Build UP* il portale Web europeo per l'efficienza energetica negli edifici;
- *URBACT II* che fornisce una piattaforma di scambio utilizzata per costituire reti tematiche e gruppi di lavoro ("progetti") volti a migliorare l'efficacia delle politiche di sviluppo urbano e promuovere il concetto comune di sviluppo integrato;
- *JESSICA - Joint European Support for Sustainable Investment in City Area*, ovvero programmi di assistenza tecnica nel contesto dello sviluppo sostenibile delle aree urbane.

Molte delle iniziative sopracitate sono orientate specificatamente alla redazione di piani energetici sostenibili. Tuttavia neanche nel contesto europeo legato ai temi energetici ci si sottrae dai problemi della più generale pianificazione territoriale partecipata: se il processo si fa astratto e le questioni da trattare sono di natura teorica, legate all'individuazione di una *vision* o alla definizione di scenari, l'*appeal* generato è sensibilmente inferiore a quello di iniziative volte a raccogliere consenso o dissenso rispetto a progetti più specifici di riqualificazione (Musco, 2009) o di localizzazione di impianto energetici. Sono quindi da individuare in questo ambito più circoscritto le iniziative che finora hanno ricevuto maggior consenso e successo.

Ci si chiede allora come procedere, come ri-immettere in un ragionamento più ampio i progetti puntuali realizzati.

Una delle soluzioni possibili è occuparsi dell'informazione, a più livelli: quello relativo all'informazione da trasmettere e discutere con il cittadino, che dovrebbe trasformarsi nel tempo in conoscenza e consapevolezza, e quello relativo all'informazione da gestire e valutare come base di conoscenza in continuo aggiornamento del territorio.

Sul lato pratico, i livelli di partecipazione precedentemente descritti, assumono nel contesto specifico energetico le seguenti connotazioni:

a) *Informazione*: le iniziative, materiali e immateriali, sul tema del risparmio e dell'efficienza energetica sono state ampiamente trattate da enti, istituti di ricerca, associazioni. Una ricerca su *Google* con queste parole chiave produce centinaia di pagine riferite a portali in cui vengono riportati consigli, buone pratiche, simulazioni di risparmio. Al di là dell'ambito virtuale si stanno diffondendo molte iniziative, pubbliche e private, orientate a informare i cittadini in merito alle opportunità di risparmio attraverso acquisiti, cambio di abitudini o interventi di riqualificazione. Il problema di questa sovrabbondanza di input, evidenziato sia da Enea che più recentemente dal JRC⁵⁶, è la generazione di confusione e la trasmissione di informazioni parziali o non del tutto corrette. Il compito della pubblica amministrazione dovrebbe essere quello di intercettare esigenze e conoscenze dei diversi attori territoriali e di diffondere chiari messaggi alla cittadinanza, attraverso il coordinamento delle iniziative. Trattandosi inoltre di temi che interessano da vicino la sfera sociale, l'approccio necessario non dovrebbe essere tanto quello di fare chiarezza sull'informazione da trasmettere, quanto di trasformare l'informazione in conoscenza e la conoscenza stessa in consapevolezza, introducendo quindi la componente etica della questione (Los, 2010)⁵⁷.

Gli strumenti per diffondere l'informazione sono innumerevoli e come detto il web è sicuramente lo spazio ora più impiegato, esistono però altre dispositivi partecipativi orientati ad aumentare informazione, conoscenza e consapevolezza, utilizzati in molti progetti o finanziati a livello europeo. Tra questi merita una riflessione l'indagine "proattiva" e il monitoraggio energetico che costituiscono i due strumenti adottati per la proposta di Base informativa qui presentata e che vorrebbero assumere un significato più ampio di semplice trasmissione di informazioni e di acquisizione dei dati, determinando azioni cognitive orientate alla diagnosi di situazioni critiche e alla soluzione collettiva di problemi (Lanzara, 2005).

b) *Consultazione*: molto più rare sono le esperienze significative di consultazione che fanno riferimento soprattutto a problematiche di localizzazione di impianti di grosse dimensioni e quindi rientrano principalmente nei processi consultivi richiesti da valutazioni di impatto ambientale, oppure nelle attività canoniche di avvio alla redazione dei piani energetici (TCPA, 2006).

⁵⁶ Si vedano le citazioni al paragrafo 2.1.

⁵⁷ Colloquio con il prof. Sergio Los svolto il 31/01/2010

c) *Partecipazione*: è qui che si definisce il concetto di comunità energeticamente sostenibili, orientate all'indipendenza energetica locale, che si realizzano ad un primo livello in progetti di impianti rinnovabili, per poi attuarsi ad un livello superiore in strutture tecnologiche e organizzative più robuste e avanzate.

Sono principalmente i progetti di *smart grid* e di impianti di generazione distribuita in cui i cittadini sono chiamati a realizzare, a condividere, a vendere o ad acquistare energia attraverso l'autoproduzione. In alcuni contesti europei come la Danimarca e la Svezia rappresentano i sistemi che soddisfano la maggior parte delle richieste di energia anche per usi termici.

Il concetto di generazione distribuita, in riferimento alla costruzione di comunità energeticamente sostenibili, oscilla comunque da una valenza etica e metodologica, che considera principalmente gli aspetti ambientali a uno sviluppo socioeconomico locale, in termini di creazione di opportunità imprenditoriali e di occupazione anche attraverso cambiamenti del sistema tributario.

7.3 *Energy web*

“La trasformazione dell'utente passivo di energia in produttore autonomo è equiparabile allo sviluppo dei media interattivi, della condivisione tra pari e dell'autoregolamentazione nel world wide web” (Silberman, 2001).

Ciò che si sta attuando rappresenta una transizione importante del sistema di generazione e distribuzione dell'energia basato sulla realizzazione di sistemi autonomi locali. Una trasformazione che appare come la risposta naturale del sistema alla liberalizzazione del mercato dell'energia, all'introduzione delle rinnovabili, alla richiesta sociale di autoproduzione di energia, ma anche alla diffusione delle tecnologie dell'informatica e delle telecomunicazioni (Enea, 2007).

Si può dire, come afferma Rifkin, che la convergenza di generazione distribuita e del sistema di informazione distribuita sia destinato a cambiare per sempre il modello energetico. Una democratizzazione dell'energia quindi, in cui ogni cittadino può essere nello stesso tempo fornitore e consumatore (Rifkin, 2002). “Presto gli utenti finali riusciranno non solo a produrre energia per sé, ma anche a condividerla con altri, mettendo in discussione l'attuale regime in cui l'energia si muove in una sola direzione, dall'alto verso il basso.” (Rifkin, 2002).

Il ricorso al web non è esclusivamente di natura strumentale, è anche una similitudine di senso, su cui non a caso Rifkin pone molta rilevanza. Le nuove tecnologie infatti non risolvono solo una parte consistente delle problematiche relative alla riorganizzazione energetica, ma aprono riflessioni significative sul ruolo della rete e della cittadinanza in rete: “Internet è il più grande spazio pubblico che l'umanità abbia conosciuto, dove si sta realizzando anche una grande redistribuzione di potere... Un luogo dove tutti possono prendere la parola, acquisire conoscenza, produrre idee e non solo informazioni, esercitare il diritto di critica, dialogare, partecipare alla vita comune, e costruire così un mondo diverso di cui tutti possano egualmente dirsi cittadini” (Rodotà, 2007).

Si moltiplicano così i riferimenti ad una società e ad una democrazia in rete, ad una cyberdemocrazia e si assiste alla nascita di un'“intelligenza collettiva” (Lévy, 2002).

Il contesto nazionale italiano tuttavia è ancora distante dal poter proporre a larga scala un modello consolidato di sistemi di generazione distribuita e non solo sporadici esperimenti; le ragioni sono fondamentalmente imputabili a ritardi legislativi, tecnologici e soprattutto culturali. La principale difficoltà nella realizzazione di questi impianti consiste nell'identificare le architetture energetiche ottimali, che devono tenere conto di molti fattori tra cui le risorse naturali locali, le caratteristiche delle utenze, le peculiarità socio economiche del territorio, i costi e l'accesso al sistema degli incentivi (Enea, 2006).

L'*energy web*, ovvero l'attuazione di sistemi di generazione e distribuzione energetica tra utenti connessi e gestiti in rete, può sembrare un concetto ancora concretamente improponibile, allora perché metterlo in evidenza se non si è preparati?

Probabilmente l'*energy web* può essere proposto se per ora ci si "accontenta", e non è cosa da poco, di utilizzarlo per rafforzare una serie di azioni volte al risparmio energetico e per preparare la strada, in termini sia tecnici che di consapevolezza, alla vera creazione di comunità energetiche sostenibili, almeno di tipo "virtuale".

L'*energy web* diventa quindi proponibile e attuabile se lo si definisce come l'insieme di strumenti e di piattaforme già disponibili per controllare i consumi, condividere e accedere alle informazioni sulle tecnologie, integrati ad un approccio partecipativo, in cui il cittadino utilizza "attivamente" l'informazione. In concreto esso può essere realizzato attraverso l'integrazione di tecnologie – la rete, le interfacce, i sensori – con una serie di pratiche di coinvolgimento e partecipazione. Queste ultime sono peraltro tecniche già consolidate in materia di risparmio energetico, si fa riferimento ad esempio al *feedback* e all'indagine energetica.

Si tratta quindi di un sistema di integrazione delle informazioni che sconfini il primo livello di partecipazione (informare/farsi informare) e mette in atto, o potrebbe, un livello superiore di coinvolgimento in cui il cittadino si rapporta in modo totalmente innovativo con gli altri attori territoriali.

7.4 Partecipazione e nuove tecnologie per il territorio e l'ambiente

Dalle citazioni di Rifkin e Lévy emerge che non solo la partecipazione, ma il concetto di democrazia pretende nuove declinazioni. Certamente si può affermare che il passaggio dal concetto di democrazia rappresentativa a quello di democrazia diretta che in qualche modo si cerca di perseguire è nato grazie all'avvento delle nuove tecnologie e di internet in particolare, instaurando un meccanismo di reciproca alimentazione e sviluppo.

Una riflessione importante va quindi fatta sul ruolo delle nuove tecnologie a supporto delle diverse fasi e tecniche di partecipazione e, nello specifico, dei "dispositivi" di gestione dell'informazione di carattere ambientale e territoriale. Si usa qui il termine dispositivo, che in qualche modo si avvicina al concetto di mediatore cognitivo, intendendo una serie di "strumenti che possono mettere in moto la trasformazione della conoscenza in valore. Mezzi di condivisione e codificazione cognitiva" (Rullani, 2004).

Più specificatamente, nel campo della partecipazione applicata alla pianificazione, sono disponibili diverse tecnologie che supportano il processo partecipativo (ai diversi livelli) e la gestione e condivisione dell'informazione: *forum*, *social tagging*, *e-mail* e *chat*, ma anche realtà virtuale, realtà virtuale aumentata, *argumaps*, ecc.

Nell'ambito della letteratura sui sistemi informativi territoriali e sull'informazione geografica questi strumenti sono noti come *PPGIS: Public Participation Geographic Information System*, termine generale che identifica qualsiasi tecnologia di elaborazione per la partecipazione pubblica alla progettazione ambientale ed urbana. L'elemento discriminante che ne contraddistingue l'uso è la bidirezionalità nella comunicazione (Laurini, 2001).

In gran parte della letteratura sui PPGIS, si pone l'accento sui modi in cui queste tecnologie possono modificare i rapporti di potere (Tulloch, 2007).

Gli esempi applicativi più significativi riguardano l'uso delle tecnologie Gis per:

- tradurre la conoscenza locale (non scientifica) in rappresentazioni spaziali più convenzionali;
- creare rappresentazioni "collettive" di atteggiamenti verso i luoghi all'interno della comunità;
- gestire analisi orientate alla *best location* di progetti;
- facilitare il coinvolgimento e creare un più alto livello di trasparenza nelle decisioni;
- creare basi di dati alternative a quelle ufficiali (soprattutto nei Paesi in via di Sviluppo).

Alla luce dei mutamenti in corso, si può affermare che tutti i sistemi *Web Gis*, o semplicemente i portali in cui la mappa dirige l'informazione, come *Google Earth* (che non è un *Web Gis*), hanno oramai intrinsecamente la possibilità di interagire con l'utente (bidirezionalità) e quindi il termine *PPGIS* sembra essere diventato riduttivo, una chiave di lettura adatta a catalogare approcci ormai scontati.

Inoltre, al di là degli sforzi che soprattutto la comunità scientifica e una certa area commerciale svolgono e del fatto che la tecnologia è ormai matura e consolidata, è innegabile che tali strumenti vengono poco utilizzati, sia durante che dopo l'attivazione del processo partecipativo.

In un simile contesto vale forse ancora il principio per cui "generalmente ci vuole la percezione di una crisi che influenza direttamente la vita quotidiana per mobilitare le persone ad investire tempo, sforzi e organizzazione" (Alexander, 1997), soprattutto se si tratta di gestire dei dati.

D'altra parte, se alcuni di questi sistemi sono focalizzati sull'aumento del livello di consapevolezza e decisione, altri sono sviluppati da gruppi con un chiaro intento di spostare il potere in loro favore (Tulloch, 2007); il pericolo non è quindi solo legato alla creazione di un supporto inutile, ma, a livelli estremi, anche antidemocratico.

7.4.1 Geobrowser

La grande rivoluzione di questi ultimi anni è senz'altro stata l'intuizione di Google, e poi di altri a seguire, di rendere disponibile il *geobrowser Google Earth* che consente di visualizzare ed esplorare in 2D e 3D l'intero globo terrestre, "ricostruito" attraverso immagini satellitari ad alta risoluzione spaziale e temporale, e di mettere a disposizione le proprie *API - Application Programming Interfaces*, consentendo anche a non esperti di aggiungere e condividere dati all'interno di piattaforme geografiche.

L'intento dichiarato di Google è infatti l'utilizzo della geografia per cercare e ottenere informazioni con una "impronta geografica" e una visione "globale", la geografia diventa quindi un mezzo per organizzare l'informazione (Craglia et Alii, 2008).

Si tratta di un approccio estremamente rivoluzionario sia per l'impatto sociale che in termini di piattaforma tecnologica. Inoltre i *geobrowser* hanno allargato sensibilmente il mercato dei dati spaziali e delle tecnologie di gestione degli stessi, esteso ad un pubblico più ampio la dimensione spaziale ed enfatizzato il contrasto di approccio e soprattutto di successo rispetto alle iniziative di tipo istituzionale.

7.4.2 Sensor network e citizens as sensor

Sempre sul tema dell'informazione territoriale e ambientale, una seconda importante innovazione è legata all'evoluzione della sensoristica avvenuta nell'ultimo decennio: si è registrato da un lato lo sviluppo di nuovi strumenti, alloggiati su innumerevoli piattaforme e dalle elevate prestazioni tecniche in termini di risoluzione (spaziale, temporale, radiometrica, spettrale); dall'altro sono stati intrapresi programmi di integrazione e miglioramento delle prestazioni attraverso la creazione di reti di sensori, che costituiscono progetti e iniziative accomunati sotto il nome di *WSN - Wireless Sensor Network* o *Sensor web*.

I cambiamenti paradigmatici non sono solo legati all'integrazione di dati attraverso la messa in rete di dispositivi, ma il fatto che questi dispositivi facciano ormai parte della vita di tutti i giorni e che tutti possano registrare dati, dividerli, ed elaborarli. Questi strumenti possono essere passivi e attivi, misurare caratteristiche fisiche (pressione, temperatura, ecc.), emozioni (*biomapping*) e contenere informazioni descrittive, multimediali, spaziali. Ogni essere umano quindi, grazie all'evoluzione tecnologica avvenuta nel campo della sensoristica, che ne ha anche ridotto i costi e la difficoltà di utilizzo, è in grado di agire come un sensore intelligente (Goodchild, 2007 e 2009), che raccoglie dati e li trasmette nel contesto di una rete. Si tratta di un cambiamento estremamente importante, che apre a innumerevoli spunti e critiche, sulla qualità del dato, sulla

sua gestione e distribuzione. Al di là di tali questioni è interessante approfondire il tema dell'informazione condivisa e il ruolo che essa può avere all'interno dei domini applicativi.

7.5 Feedback

Una modalità alternativa alle tradizionali azioni formative "unidirezionali", orientate a far aumentare la consapevolezza sui temi energetici e a ridurre di fatto i consumi, è stata individuata in anni recenti, e con una serie di evoluzioni di senso dovute al nuovo ruolo sociale della rete e delle nuove tecnologie, nell'attività di *feedback*, la pratica di lettura dei consumi da parte degli utenti finali.

7.5.1 Evoluzione tecnologica

Il *feedback* è una tecnica e al contempo una materia di ricerca fin dagli anni Settanta. In letteratura si afferma che sul lungo periodo esso possa divenire un elemento necessario per imparare a controllare l'uso di carburante in modo più efficace e che, se praticato in *real time* ed in combinazione con una fatturazione frequente e accurata, possa rappresentare un supporto fondamentale per la riduzione della domanda energetica (Darby, 2006).

La misurazione dei consumi può avvenire attraverso modalità diverse che si sono evolute nel tempo in considerazioni dei miglioramenti tecnologici ma anche delle azioni di governo volte a richiamare le società di erogazione e distribuzione dell'energia ad una maggior trasparenza nelle vendite.

E' possibile pertanto fare una distinzione tra:

- 1) *feedback indiretto*, ovvero la lettura dei consumi elettrici e termici da bolletta, utile alla comparazione dei consumi tra utenti con caratteristiche simili, oppure ponendo limiti di soglia a livello legislativo o di mercato;
- 2) *feedback diretto* da lettura del contatore svolta dal consumatore, che analogamente alla prima modalità di misurazione permette il confronto dei propri consumi con serie storiche o con quelli di altri utenti;
- 3) *feedback computerizzato*, ovvero l'utilizzo di sensori e *smart meter* per la lettura in *real time* o *quasi real time* dei consumi elettrici, complessivi o per ciascun dispositivo, e termici;
- 4) *feedback proattivo*, ovvero la misurazione dei consumi monitorata, solitamente da soggetti terzi per un determinato periodo (8 - 12 mesi), affiancata da altre attività di indagine, formazione e informazione, dove l'effettiva diminuzione dei consumi è verificabile dalla progressiva lettura del contatore.

7.5.2 Evoluzione di significato

Feedback per la riduzione dei consumi

Il *feedback* è nato principalmente come tecnica e strumento per accompagnare gli utenti nella conoscenza e nella riduzione dei propri consumi, quindi per apprendere e controllare nel lungo periodo l'energia effettivamente utilizzata (Darby 2006).

Sebbene si sia stimato che tale pratica consenta di ottenere una riduzione dei consumi oscillante tra il 5 e il 15%, ad oggi le azioni e le modalità per rendere più efficace e diffusa tale prassi non hanno ancora raggiunto i risultati auspicati e normalmente la sola lettura del contatore non mette tutti gli utenti nella condizione di comprendere l'effettivo consumo di energia. Il Kw/h è un concetto difficile da comprendere per molti e non è immediatamente traducibile in una soluzione concreta per migliorare i consumi energetici (Ueno, Inada, Saeki, Tsuji, 2006, Wood and Newborough, 2003).

I problemi maggiori si riscontrano soprattutto in relazione alla lettura del gas nelle abitazioni, non essendo ancora diffusi capillarmente sensori e/o contatori digitali a basso costo e di facile installazione.

Inoltre la fatturazione dei consumi termici avviene, salvo conguaglio annuale, solo sulla base degli usi stimati pertanto è del tutto superfluo attivare una modalità di feedback indiretto dalla lettura delle bollette.

Riconosciute le potenzialità sono state promosse una serie di iniziative, legislative, strumentali e di ricerca per rafforzare tale pratica, che ne hanno rivoluzionato il significato e hanno stimolato il dibattito sul senso del suo utilizzo nell'ambito del nuovo regime energetico che si sta delineando.

Per quanto riguarda ad esempio il *feedback* indiretto, l'Autorità nazionale per l'Energia Elettrica e il Gas ha recentemente emanato una Direttiva (Deliberazione del 28 dicembre 2009 - ARG/com 202/09: Approvazione della Direttiva per l'armonizzazione e la trasparenza dei documenti di fatturazione dei consumi di energia elettrica e di gas distribuito a mezzo di rete urbana) finalizzata ad introdurre entro il primo gennaio 2011 uno schema di bolletta più semplice e più chiaro per l'utente finale.

Sul lato tecnologico si sta invece cercando di aumentare l'efficacia attraverso la realizzazione di interfacce personalizzate e comunicanti con sensori e *smart meter* in grado di presentare all'utente informazioni più intuitive e personalizzate, come il confronto tra consumi storici, o in *real time*, e la traduzione del consumo in costi. E' stato infatti riconosciuto che il *feedback* gestito da interfaccia informatica sia più efficace di altri metodi (Brandon & Lewis, 1999), anche se dovrebbe essere effettuato in modo tale da non richiedere interrogazioni di troppi dati alla volta né lunghe procedure di accesso. Esempi di piattaforme che integrano sensori, algoritmi di calcolo e una particolare attenzione all'interfaccia sono per esempio *Google Power Meter* e il *Lucid's Building Dashboard*, oppure il software realizzato nell'ambito del progetto BeAware, una ricerca europea indirizzata alla consapevolezza dei consumi energetici residenziali che consente di leggere le informazioni acquisite in *real time* con sensori *wireless* direttamente su *iphone*.

Feedback per aumentare la responsabilità a livello di comunità

I progressi registrati stanno certamente contribuendo a migliorare la pratica del *feedback* e la sua efficacia, tuttavia è l'utilizzo delle tecnologie (la rete, i sensori e le interfacce) ad aver permesso un salto di qualità anche ad iniziative che hanno un significato diverso, più ampio e ambizioso rispetto al solo stimolo di riduzione dei consumi. Il queste iniziative hanno utilizzato il *feedback* a livello di comunità, coinvolgendo contemporaneamente più utenti chiamati a confrontarsi, competere e a ridurre i consumi in una visione allargata rispetto alla propria unità abitativa. In questo caso il *feedback* si trasforma da strumento associato all'informazione in supporto alla responsabilizzazione.

Analogamente molti progetti europei hanno utilizzato tecniche e strumenti di misurazione per dialogare e coinvolgere gli utenti finali, con una visione quindi più ampia della singola utenza. Un esempio significativo in questo senso è il progetto svedese di Solar Buildings Gårdsten realizzato nell'ambito dell'iniziativa SECURE in cui sono stati installati contatori individuali per influenzare il consumo energetico degli abitanti e il riscaldamento degli ambienti mediante sensori posizionati negli appartamenti. I dati sono stati registrati direttamente in un *datalogger* posizionato sulle scale e connesso ad una stazione ricevente in grado di archivarli ed elaborarli e successivamente riproposti in formati grafici, così da evidenziare il consumo, il livello di temperatura utilizzato e il conseguente pagamento. Gli inquilini hanno infatti la possibilità di regolare la temperatura interna: il pagamento si basa su una temperatura di 21 C°, se si raggiungono temperature superiori l'inquilino paga un supplemento, se invece sono inferiori si attua un ribasso di bolletta.

Un altro esempio di partecipazione e impegno collettivo volto alla riduzione dei consumi è stato realizzato tra il 2001 e 2002 a Vesterbro (Copenaghen) nell'ambito di un progetto di riqualificazione su un complesso di 350 appartamenti ("*Hedebygade*" *building block*) cofinanziato dall'iniziativa *European Green Cities Network (EGCN)*.

Il progetto prevedeva la lettura dei consumi giornalieri, settimanali o mensili, di ogni appartamento tramite contatore collocato in modo visibile all'interno e l'invio trimestrale di un report (*eco-account*) dei dati relativi al livello dei consumi rispetto a quello delle altre case del quartiere, agli anni precedenti, alle previsioni per l'anno in corso e delle emissioni di CO₂. Infine in una bacheca collocata nelle aree comuni e nella "casa della comunità" venivano esposti i diagrammi e i dati sintetici trimestrali dei consumi di luce, gas e acqua in modo da consentire il confronto tra appartamenti vicini e verificare l'eventuale distanza tra i valori.

Feedback per supportare i sistemi di generazione distribuita

Le *smart grid* e gli impianti di generazione distribuita sono per definizione fortemente incentrati sull'utilizzo di tecnologie che includono sistemi di controllo delle diverse utenze e dei punti di accesso alla rete, sistemi di diagnostica di rete e di gestione delle emergenze e sistemi di trasmissione dati a centrali di controllo remoto, che possono essere gestite dalle *utility* o da soggetti terzi (per esempio ESCO oppure, mutuando esperienze statunitensi, da cooperative).

L'interazione con l'utente è quindi veicolata dalle tecnologie e il *feedback* potrebbe essere uno strumento cruciale per l'ottimizzazione dell'impianto poiché se utilizzato per migliorare nel tempo la modalità di gestione del sistema in relazione a variazioni di condizioni esterne. L'utente può costantemente controllare la variazione nei costi del combustibile o nelle tariffe orarie dell'energia, l'invecchiamento dell'impianto e i cicli di manutenzione, i nuovi vincoli normativi o il sistema degli incentivi, le variazioni climatiche stagionali o annuali. Le tecnologie consentono di calcolare indicatori *on line* ed ottimizzarli al fine di massimizzare i margini di rendimento.

Nell'ambito delle *smart grid* e della gestione di impianti di energia elettrica questo approccio è già in uso e, almeno in alcuni Paesi, ha superato il passaggio da solo ambito di ricerca a forma di organizzazione. Si fa qui riferimento in particolare ad alcune esperienze negli Stati Uniti e in Gran Bretagna di *Building Energy Management Systems - BEMS*, ovvero sistemi elettronici per la gestione energetica degli edifici che di fatto sono costituiti da sensori, comandi e attuatori che implementano specifici applicativi in grado di ottimizzare la gestione energetica ed eventualmente di comunicare con altri programmi utilizzati nell'ambito della più generale attività di *Building Management System - BMS*. L'orientamento di mercato è infatti di integrare ai sistemi di gestione automatizzata dei dispositivi domestici quelli di controllo dei consumi termici ed elettrici.

In ogni caso ciò che va sottolineato è il possibile e radicale cambiamento di ruolo dell'utente all'interno del sistema di mercato che queste tecnologie attivano e di conseguenza il forte cambiamento relazionale in corso tra i tre principali attori del mercato stesso: le istituzioni, le *utility* e gli utenti finali (Darby, Paragand 2009).

Feedback come sistema di conoscenze condiviso

La maggior parte dei monitoraggi energetici in cui si sono raccolti, anche su un campione significativo di utenze, dati sui consumi, sugli edifici, sulle famiglie, sono stati impiegati raramente per avviare azioni e progetti di efficienza energetica. Quasi mai si è colta l'opportunità di utilizzare i dati per elaborarli, scambiarli con le utenze e utilizzarli nell'ambito di successivi interventi.

In ambito internazionale fa eccezione l'iniziativa neozelandese *Household Energy-use Project (HEEP)* uno studio durato 9 anni (dal 1995 al 2005) orientato a misurare e modellare le modalità di utilizzo dell'energia nelle abitazioni. Il monitoraggio dei consumi termici ed elettrici, realizzato attraverso l'installazione di diversi sensori e accompagnato da un'indagine, ha permesso di raccogliere i dati per modellare i consumi tenendo conto delle caratteristiche degli edifici e delle apparecchiature in uso, nonché dei fattori socio-demografici. Il modello è stato utilizzato per

comprendere le richieste energetiche domestiche attuali e future e per valutare le implicazioni dei cambiamenti di performance edilizi e dei dispositivi⁵⁸.

Nel contesto europeo campagne di monitoraggio dei consumi (solo elettrici) sono state realizzate nell'ambito del progetto EURECO (2001-2002) e REMODECE (2006 - 2008).

Entrambi i progetti avevano l'obiettivo di aumentare le conoscenze in materia di consumi nel settore residenziale dei Paesi europei ed entrambi hanno previsto una fase di indagine, erogata tramite questionari sulle utenze e finalizzata a incorporare i consumi dai comportamenti dell'utente domestico, e successive campagne di misura e monitoraggio (durata 18 mesi). A livello italiano il risultato più significativo ha riguardato l'acquisizione e l'elaborazione dei dati di tutte le campagne di misura e per ogni apparecchiatura, e la creazione di un database dei consumi elettrici nel residenziale.

7.6 Indagine energetica

Un altro strumento utilizzato per sensibilizzare o anche aiutare i cittadini alla riduzione dei consumi è l'indagine energetica, intesa come azione orientata a raccogliere informazioni, ma soprattutto ad instaurare una relazione tra chi è intervistato e chi intervista, e in cui le domande poste non servono soltanto per modellare componenti che influenzano i consumi, come l'utenza e le apparecchiature in uso, ma per fornire informazioni "su misura" o attivare un percorso di consapevolezza in ambito energetico. Un progetto che ha lavorato in questo senso, svolto a Copenhagen qualche anno fa, prevedeva la realizzazione di interviste "porta a porta", effettuate da studenti universitari preventivamente formati, dove gli intervistatori non raccoglievano solo le informazioni sulle apparecchiature in uso e sulle abitudini degli occupanti, ma spiegavano concretamente agli intervistati le opportunità di miglioramento e di risparmio economico.

A fianco di esperienze di erogazione "tradizionale" di questionari e interviste, sono cresciuti i portali web che propongono questionari *on line* e che coinvolgono i cittadini nella raccolta delle informazioni da elaborare per modellare la problematica energetica o statistiche. Esempi di questo approccio sono i già citati progetti *Beaware*⁵⁹, in cui il questionario contribuisce alla progettazione dell'interfaccia del software di controllo dei consumi su telefonino, e BEEPS (paragrafo 2.3) il cui *form on line* supportava la modellazione della qualità e del comfort interno degli edifici investigati.

7.7 Integrazione tra *feedback* e indagine

Secondo alcuni autori i risultati più significativi nella riduzione dei consumi si possono attuare se il *feedback* è connesso agli obiettivi prefissati (McCalley & Midden, 2002; Becker, 1978; McCalley, 2006) e relazionato al tipo di consumi presente nelle famiglie monitorate (Abrahamse, Steg, Vlek, Rothengatter, 2007; Midden, Meter, Weenig e Zieverink, 1983).

Sono quindi state proposte soluzioni per la predisposizione e comunicazione di informazioni contestualizzate e su misura, coerenti con il *feedback* misurato, ma separate da esso (Gamberini at Alii, 2009). Esperienze progettuali e ricerche hanno dimostrato come tale approccio possa effettivamente portare a soluzioni efficaci (Abrahamse, Steg, Vlek, Rothengatter, 2007) di riduzione dei consumi.

Sul lato pratico quindi, accanto ad iniziative di monitoraggio energetico, si colloca l'erogazione di questionari e interviste che contribuiscono ad interpretare i consumi monitorati attraverso specifiche domande sulle utenze, sulle apparecchiature e sull'edificio, oltre a far scattare

⁵⁸ Una descrizione del progetto e informazioni sui dati raccolti e statiche sono reperibili sul sito: <http://www.branz.co.nz/HEEP> (pagina visitata il 21/11/2010).

⁵⁹ La survey è compilabile all'indirizzo: <http://www.energyawareness.eu/beaware/research/survey/> (pagina visitata il 21/01/2011).

meccanismi di coinvolgimento attivo, attraverso il lavoro dei facilitatori o di chi supporta il processo partecipativo.

Per concludere, slegato all'uso di tecnologie ma orientato a proporre un approccio collettivo alla riduzione dei consumi, si cita il progetto Cambieresti, realizzato a Venezia nel 2005 su un campione di più di 1000 famiglie volontarie e successivamente esportato in altre realtà urbane (Bassano del Grappa, Casalecchio di Reno, Urbino, ecc.), che prevedeva il monitoraggio dei consumi accompagnato da un'indagine erogata tramite questionario e sostenuto da laboratori ed eventi finalizzati ad attivare confronti e scambi di esperienze tra partecipanti (*feedback* proattivo).

Bibliografia

Abrahamse, W., Steg, L., Vlek, C., & Rothengatter, T. 2007. The effect of tailored information, goal setting, and tailored feedback on household energy use, energyrelated behaviors, and behavioral antecedente. *Journal of Environmental Psychology* n.27/4: 265-276.

Agamben, G. 2006. *Cos'è un dispositivo*. Roma: Nottetempo.

Alexander, E.R. 1997. *Introduzione alla pianificazione: teorie, concetti e problemi attuali*. In Francesco Domenico Moccia (ed.). Napoli: Clean.

Becker, L.J. 1978. Joint effect of feedback and goal setting on performance: A field study of residential energy conservation. *Journal of Applied Psychology* n. 63/4: 428-433.

Blakemore, M. 2005. All things 'e' with a little bit of 'i', and hopefully some 'd' and 'p': Basic building blocks and the digitisation of European public administrations, International Workshop: The Digitisation of European Public Administrations: What's the Political Dimension of Electronic Governance? EIPA. Maastricht, The Netherlands.

Blakemore, M. & Craglia, M. 2006. Access to public sector information in Europe: policy, rights and obligations. *Information Society* n. 1/22: 13-24.

Blaschke, T. 2004. Participatory GIS for spatial decision support systems critically revisited. In Egenhofer, M., C. Freska & H. Miller (eds.). *GIScience 2004*, Adelphi MD: 257-261.

Bobbio, L. 2002. *I governi locali nelle democrazie contemporanee*. Roma-Bari: Laterza.

Bobbio, L. 2004. *A più voci. Amministrazioni pubbliche, imprese, associazioni e cittadini nei processi decisionali inclusivi*. Dipartimento della Funzione Pubblica, Consiglio dei Ministri.

Brandon, G., & Lewis, A. 1999. Reducing household energy consumption: a qualitative and quantitative field study. *Journal of Environmental Psychology* n. 19/1: 75-85.

Carrera, F. 2004. *City Knowledge. An emergent information infrastructure for sustainable urban maintenance, management and planning*. PhD thesis - Massachusetts Institute of Technology. Dept. of Urban Studies and Planning.

Carver, S. 2003. The Future of Participatory Approaches Using Geographic Information: developing a research agenda for the 21st Century. *URISA Journal. Special PPGIS Issue* n. 15/1: 61-71.

Craglia, M. & Goodchild, M.F. & Annoni, A. Camara, G., Gould, M., Kuhn, W., Mark, D. M., et al. 2008. Next-Generation Digital Earth: A position paper from the Vespucci Initiative for the Advancement of Geographic Information Science. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research* n. 3: 146-167.

Darby, S. 2006. *The effectiveness of feedback on energy consumption. A review for defra of the literature on metering, billing and direct displays*. Environmental Change Institute, University of Oxford.

De Kerkhove, D. 2001. *Architettura dell'intelligenza*. Torino: Testo & Immagine.

De Pascali, P. 2008. *Città ed energia la valenza energetica dell'organizzazione insediativa*. Milano: FrancoAngeli.

Di Maria, E. & Micelli, S. & Rullani, E. 2000. *Città e cultura nell'economia delle reti*. Bologna: Il Mulino.

Enea 2007. *Dossier Dall'ecobuilding al distretto energetico: la proposta Enea per un modello di sviluppo fondato su ecoedifici e generazione distribuita*. Roma: Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente

Gallino, L. 2007. *Tecnologia e democrazia. Conoscenze tecniche e scientifiche come beni pubblici*. Torino: Einaudi.

Gamberini, L. et Al. 2009. Technologies to improve energy conservation in households: The users' perspective. *Paper presented at the First European Conference Energy Efficiency and Behaviour, Maastricht, 18-20 October 2009*.

Gelli, F. (a cura di) 2005. *La democrazia locale tra rappresentanza e partecipazione*. Milano: FrancoAngeli.

Gelli, F. & Morlino, L. 2008. Panel: "Concezioni di Democrazia e Qualità" Democrazia Locale e Qualità Democratica. Quali teorie. *XXII Convegno Annuale SISP, Pavia 4-5-6 settembre 2008*.

Gerosa, P.G. 2002. Christopher Alexander, Notes on the Synthesis of Form, 1964. Le ipotesi metodologiche dell'ultimo razionalismo funzionale. In Paola Di Biagi (ed.), *I Classici dell'Urbanistica Moderna: 269-287*. Roma: Universale Donzelli.

Glass, J.J. 1979. Citizen Participation in Planning: the relationship between objectives and Techniques. *Journal of the American Planning Association* n. 1/45: 180-189.

Goodchild, M.F. 2007. Citizens as sensors: web 2.0 and the volunteering of geographic information. *GeoFocus* 7: 8-10.

Goodchild, M.F. 2009. Geographic information systems and science: today and tomorrow, *Annals of GIS* n. 15/1: 3-9.

Haklay, M. & Harrison, C.M. 2002. Public Participation GIS in the UK and the USA: A cross cultural analysis. *98th AAG Annual Meeting, Los Angeles*.

Krek, A. & Steinmann, R. & Blaschke, T. 2004. Analysis of online public participatory GIS applications with respect to the differences between the US and Europe. *UDMS Urban Data Management Systems 2004, Venice*.

Lanzara, G.F. 2005. La deliberazione come indagine pubblica. In L. Pellizzoni (ed), *La Deliberazione Pubblica*. Roma: Meltemi Editore.

Laurini, R. 2001. *Information Systems for Urban Planning: A Hypermedia Co-operative Approach*. Taylor and Francis.

Le Galès, P. 2002. *Le Città Europee. Società urbane, globalizzazione, governo locale*. Bologna: Il Mulino.

Legautonomie 2009. Indagine *Legautonomie sulle politiche energetiche dei comuni. Il Piano Energetico*. Disponibile in format elettronico su: <http://www.legautonomie.it/>

- Lévy, P. 2008 (ed. francese 2002). *Cyberdemocrazia*. In Giuseppe Bianco (ed.). Milano: Mimesis Volti.
- Masser, I. 1998. *Governments and Geographic Information*. London: Taylor and Francis.
- Masser, I. 2007. *Building European Spatial Data Infrastructures*. Redlands, CA: ESRI Press.
- McCalley, L.T., & Midden, C.J.H. 2002. Energy conservation through product integrated feedback: The roles of goal-setting and social orientation. *Journal of Economic Psychology* n. 23/5: 589-603.
- McCalley, L.T. 2006. From motivation and cognition theories to everyday applications and back again: the case of product-integrated information and feedback. *Energy Policy* n.34/2: 129-137.
- Midden, C.J.H., Meter, J.F., Weenig, M.H., & Zieverink, H.J.A. 1983. Using feedback, reinforcement and information to reduce energy consumption in households: A field-experiment. *Journal of Economic Psychology* n. 3/1: 65-86.
- Mitchell, J.W. 1995. *La Città dei Bits. Spazi, Luoghi e autostrade informatiche*. Milano: Electa.
- Musco, F. 2009. *Rigenerazione Urbana e Sostenibilità*. Milano: FrancoAngeli.
- Onsrud, H.J. 2007. *Research and Theory in Advanced Spatial Data Infrastructure Concepts*. Redlands, CA: ESRI Press.
- Paragand, Y. & Darby, S. 2009. Consumer-supplier-government triangular relations: Rethinking the UK policy path for carbon emissions reduction from the UK residential sector. *Energy Policy Volume 37/1 10, October 2009: 3984-3992*.
- Pellizzoni, L. a cura di 2007. *Democrazia locale. Apprendere dall'esperienza*. Gorizia: Università di Trieste e Istituto Internazionale di Sociologia di Gorizia.
- Pellizzoni, L. 2008. *Partecipazione e Deliberazione Pubblica* Conferenza di Dottorato del 16/06/08.
- Rheingold, H. 2003. *Smart Mobs. La rivoluzione sociale prossima ventura*. Milano: Raffaello Cortina Editore.
- Rifkn, J. 2002. *Economia all'idrogeno. La creazione del World Energy Web e la redistribuzione del potere sulla terra*. Milano: Mondadori.
- Rifkn, J. 2000. *L'era dell'accesso*. Milano: Mondadori.
- Rinner, C. 1999. Argumaps for Spatial Planning. *Proceedings of the First International Workshop on TeleGeoProcessing*, R. Laurini (ed). Lyon, May 6-7, 1999: 95-102.
- Rodotà, S. 2004. *Tecnopolitica. La democrazia e le nuove tecnologie della comunicazione*. Roma-Bari: Laterza.
- Rodotà, S. 2007. *The Role of Parliaments in the Development in the Information Society*. Keynote Speech. Inter-Parliamentary Union International Conference, 3 marzo 2007.
- Rullani, E. 2004. *Economia dell'Informazione*. Bologna: Il Mulino.

Silberman, S. 2001. The Energy Web. *Wired Magazine* 9.07

Disponibile in formato elettronico su: <http://www.wired.com/wired/archive/9.07/juice.html>

Steinmann, R., A. Krek & T. Blaschke 2005. Can online map-based applications improve citizen participation? In Böhlen, M., J. Gamper, & W. Polasek (eds.): *E-Government: Towards Electronic Democracy. Lecture Notes in Computer Science*. Berlin: Springer Verlag: 25-35.

Sterling, B. 2005. *La Forma del Futuro*. Milano: Apogeo.

TCPA , 2006. *Sustainable energy by design, a TCPA 'by design' guide for sustainable communities*. London: Town and Country Planning Association. Disponibile in formato elettronico su:

http://www.tcpa.org.uk/data/files/bd_sustenergy.pdf

Tulloch, D.L. 2007. Many, many maps: Empowerment and online participatory mapping. *First Monday* n. 2/12.

Turner, A. 2006. *Introduction to Neogeography*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media.

Ueno, T., Inada, R., Saeki, O., & Tsuji, K. 2006. Effectiveness of an energy consumption information system for residential buildings. *Applied Energy* n. 83: 868-883.

Wood, G., & Newborough, M. 2003. Dynamic energy-consumption indicators for domestic appliances: environment, behavior and design. *Energy and Buildings* n. 35/8: 821-841.

8 Firma energetica⁶⁰ e monitoraggio partecipato

Nel mese di novembre 2009, dopo aver concluso l'esperienza all'*Hafen City University* di Amburgo e delineato specificatamente l'ambito di ricerca, è stato contattato l'ITC-CNR di San Giuliano Milanese per chiedere supporto scientifico alla realizzazione dell'esperimento che si intendeva costruire e alla successiva stesura della tesi. In quello stesso periodo i ricercatori del CNR stavano avviando l'analisi del metodo della Firma energetica, al fine di sviluppare uno strumento informativo di monitoraggio energetico e di interpretazione delle prestazioni energetiche edilizie.

Nel corso dei primi colloqui si è cercato di far convergere gli obiettivi della presente ricerca con quelli del gruppo ITC-CNR delineando un esperimento orientato a raccogliere i dati necessari alla costruzione della Firma, validando i grafici e le interpretazioni, e configurandolo come test propedeutico alla realizzazione della Base informativa condivisa.

Il capitolo a seguire, scritto in collaborazione con ITC-CNR, descrive il metodo e gli algoritmi di calcolo utilizzati per la costruzione dei grafici.

8.1 Metodo della Firma energetica

La Firma energetica, o *Energy Signature*, è un metodo di monitoraggio dei consumi energetici sviluppato dalle autorità pubbliche degli Stati Uniti deputate alla gestione dell'energia nei primi anni '80, sotto la spinta della crisi energetica. Il metodo è stato in seguito perfezionato ed è entrato a far parte del quadro normativo europeo in materia di contenimento dei consumi energetici degli edifici. La norma EN 15603:2008⁶¹, che implementa tale metodologia, è stata recepita a livello nazionale dall'UNI.

La Firma energetica è la rappresentazione grafica di un consumo energetico (riscaldamento, raffrescamento, ACS) o di una potenza in funzione di un parametro esterno, in genere la temperatura esterna, utilizzata per confrontare i consumi reali di un edificio rispetto ad altri, i valori calcolati nel corso di un'indagine energetica e i consumi reali o per verificare la bontà di un intervento di riqualificazione.

Si tratta di uno strumento di analisi qualitativa dove le variazioni rispetto ad una curva di riferimento forniscono informazioni utili a capire il funzionamento degli impianti e dell'edificio.

Il metodo proposto nell'Allegato B della norma UNI EN 15603 parte dall'ipotesi che la temperatura interna sia costante e che la temperatura esterna sia il parametro che maggiormente influenza il comportamento energetico dell'edificio.

8.1.1 Periodo di osservazione

Per poter determinare la Firma energetica di un edificio è necessario raccogliere una serie di dati rappresentativi di un periodo, il più lungo possibile relativamente ai consumi energetici; per la valutazione degli impianti di climatizzazione invernale o estiva esso corrisponde alla durata dei giorni di riscaldamento o di raffrescamento. Generalmente il periodo di lettura ottimale è quello settimanale, che consente di minimizzare gli effetti di cambiamenti climatici repentini e di mediare piccole variazioni quotidiane. Le rilevazioni ad intervalli più lunghi, ad esempio mensili, possono falsare le letture dei consumi, non sono pertanto auspicabili. Letture quotidiane oppure orarie comportano un'elevata precisione e consentono di intervenire velocemente per correggere malfunzionamenti rilevati. Tale frequenza è evidentemente compatibile solo con strumentazione elettronica ed eventuale trasmissione dei dati ad una centralina. Il miglior compromesso risulta quindi la rilevazione settimanale.

⁶⁰ Capitolo scritto in collaborazione con i ricercatori ITC-CNR di San Giuliano Milanese.

⁶¹ Annex B Energy Monitoring. B.1 Energy signature.

8.1.2 Firma energetica di progetto

In ambito CEN la metodologia per la costruzione della Firma energetica è descritta dalla norma UNI EN 15603:2008 “Prestazione energetica degli edifici - Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica”.

Il grafico della Firma energetica è costruito ponendo sull'asse delle ascisse il parametro esterno (temperatura media esterna, Gradi Giorno, giorni di riscaldamento) e sull'asse delle ordinate il parametro rilevato (consumo energetico, lettura al contatore).

La valutazione dei consumi con la Firma energetica prevede innanzitutto la determinazione di una curva di riferimento (Firma energetica di progetto), costruita su base annuale; alla quale verranno confrontate le letture settimanali. Lo scostamento del valore rilevato dalla curva di riferimento evidenzia una possibile disfunzione dell'impianto analizzato.

In accordo a tale metodologia la Firma energetica di progetto dipende dal coefficiente di dispersione termica H , determinato in funzione delle perdite di trasmissione e di ventilazione dell'edificio; tale coefficiente rappresenta la pendenza della Firma energetica, che viene espressa con la seguente formula:

$$\Phi = \Phi_0 - H - \theta_e$$

dove:

- Φ potenza media
- θ_e temperatura esterna media
- Φ_0 potenza corrispondente ad una temperatura esterna di 0 °C
- H coefficiente di dispersione termica

La curva che ne deriva è rappresentata nella figura sottostante:

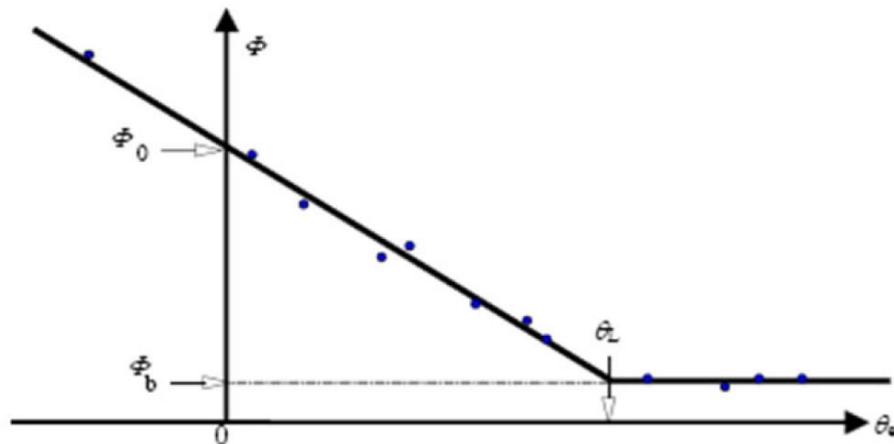


Figura 10: Rappresentazione grafica delle Firma energetica

I dati necessari alla sua determinazione sono:

- θ_e temperatura esterna di progetto
- Φ_{prog} potenza di progetto corrispondente ad una temperatura esterna di progetto
- Φ_b potenza base che non tiene conto di altre produzioni (ad esempio quella di ACS)
- θ_L temperatura esterna limite di accensione dell'impianto di riscaldamento
- H coefficiente di dispersione termica

Il coefficiente H rappresenta la reattività dell'edificio ai cambiamenti della temperatura esterna, cioè la sommatoria dei coefficienti di trasmissione e ventilazione calcolati nel capitolo 4:

$$H = H_{tr} + H_{ve}$$

dove:

H_{tr} è il coefficiente di dispersione termica per trasmissione, calcolato secondo le norme UNI TS 11300 parte 1 al paragrafo 4.6.1

H_{ve} è il coefficiente di dispersione termica per ventilazione, calcolato secondo le norme UNI TS 11300 parte 1 al paragrafo 4.7.1

La potenza termica di progetto Φ_{prog} del generatore di calore è invece definita come:

$$\Phi_{prog} = (H_{tr} + H_{ve}) \cdot (\theta_L - \theta_e)$$

Riassumendo, i parametri fondamentali per la realizzazione della Firma energetica di progetto sono:

- rilevazioni settimanali dei consumi;
- rappresentazione in funzione della temperatura esterna;
- confronto con la curva di riferimento, determinata su base annuale.

8.1.3 Firma energetica reale

La Firma energetica reale è la curva che meglio interpola i consumi rilevati e rappresenta l'effettivo comportamento energetico dell'edificio. Essa è rappresentata dalla curva di regressione dei consumi rilevati. Nel caso più semplice, la Firma energetica reale è rappresentata dalla regressione lineare dei dati, in accordo alla seguente formula:

$$y = A + Bx$$

dove:

$$A = \frac{(\sum x_i^2) \cdot (\sum y_i) - (\sum x_i) \cdot (\sum x_i y_i)}{\Delta}$$

$$B = \frac{N(\sum x_i y_i) - (\sum x_i) \cdot (\sum y_i)}{\Delta}$$

$$\Delta = N \left(\sum x_i^2 \right) - \left(\sum x_i \right)^2$$

Le variabili x ed y sono, rispettivamente, la temperatura esterna e i consumi energetici rilevati. Nel caso in cui il rilevamento dei consumi dell'edificio non sia lineare rispetto all'andamento della temperatura esterna, è possibile approssimare la Firma energetica reale con curve di regressione polinomiale; in questo modo è possibile comprendere il reale comportamento energetico dell'edificio ed adottare le opportune azioni di miglioramento.

8.1.4 Interpretazioni della Firma energetica

Un primo riscontro del comportamento energetico dell'edificio è ottenibile mettendo a confronto la Firma energetica di progetto e quella reale, come mostrato nella figura sottostante.

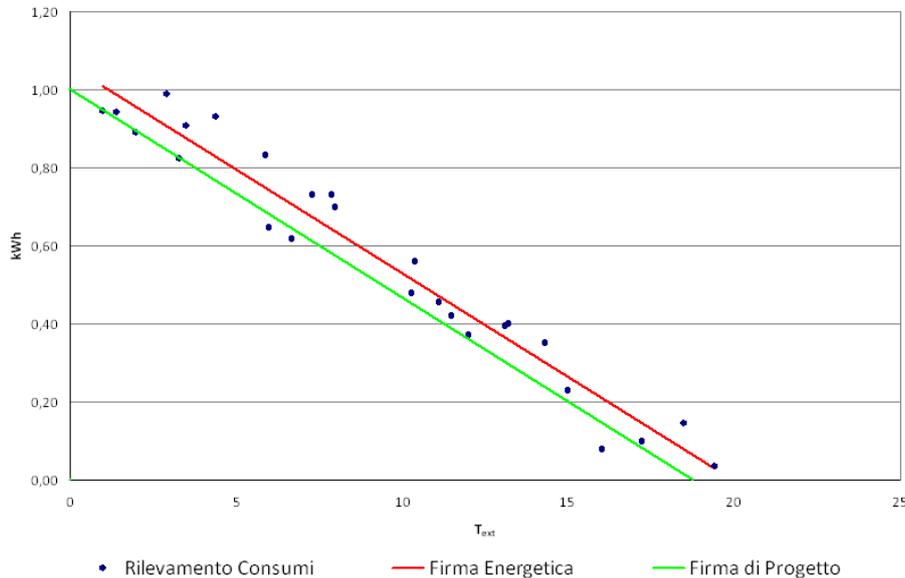


Figura 11: Confronto tra Firma energetica reale e di progetto

Se le due curve sono sovrapposte il comportamento dell'edificio si intende conforme a quanto previsto in fase progettuale. Al contrario, se il comportamento dell'edificio è diverso da quello previsto, le due curve non si sovrapporranno o avranno una diversa pendenza; in tal caso si rende necessaria un'analisi più approfondita delle cause che determinano tale difformità. A tal proposito, la valutazione dell'andamento dei consumi reali può fornire alcune indicazioni sui motivi che portano al malfunzionamento del sistema di riscaldamento.

In generale, la porzione di grafico superiore alla Firma energetica rappresenta l'aumento delle dispersioni, quello inferiore l'aumento degli apporti gratuiti.

Il confronto tra Firma energetica di progetto e quella reale permette di determinare:

- la corretta progettazione dell'involucro edilizio: in funzione della loro pendenza, e quindi del coefficiente di scambio termico H , è possibile stabilire la corretta risposta dell'involucro ai cambiamenti climatici;
- l'ideale dimensionamento del generatore di calore: osservando i valori di picco registrati è possibile determinare se il dimensionamento (di massima) dell'impianto è corretto.

8.2 Metodologia e algoritmi di calcolo

Alla definizione di uno strumento di calcolo vengono associati degli algoritmi che in modo oggettivo possano rappresentare al meglio il risultato atteso soprattutto in termini fisico-tecnici.

La difficoltà maggiore nel realizzare uno strumento di calcolo della Firma energetica non è di per sé l'identificazione di una curva di riferimento da analizzare, ma la definizione di punti di misura (rappresentati graficamente) che inequivocabilmente costituiscano la suddetta curva, escludendo di conseguenza quelli che non vi appartengono. A partire da questo concetto risulta necessario affiancare alla fisica tecnica concetti di diverse discipline, dalla matematica alla statistica alla geometria.

Gli step di analisi seguiti per la realizzazione dello strumento di calcolo sono i seguenti:

- rappresentazione grafica dei consumi energetici rilevati (correlazione);
- individuazione dei punti esterni alla retta di riferimento (*outliers*);
- definizione della Firma energetica reale come regressione lineare dei dati rilevati;
- comportamento non lineare della regressione;
- concavità della curva;
- definizione della Firma energetica come combinazione di curve di regressione.

Lo strumento di calcolo consente di costruire la Firma energetica reale dell'edificio dal consumo energetico rilevato settimanalmente, in funzione della temperatura esterna media settimanale.

Il rilevamento dei consumi energetici è fatto direttamente dall'utente finale leggendo i dati forniti dallo strumento di contabilizzazione di calore; il consumo è dato dalla differenza di letture consecutive:

$$Q_H = Q_{H,i} - Q_{H,i-1}$$

È necessario che le letture siano eseguite ad intervalli regolari, per evitare anomalie nella rappresentazione della Firma energetica.

I consumi devono essere correlati ad un parametro esterno in funzione del consumo energetico analizzato; ad esempio, nel caso di riscaldamento la variabile indipendente è rappresentata dalla temperatura esterna media settimanale.

I dati rilevati sono poi elaborati graficamente; lo strumento riconosce ed evidenzia automaticamente i punti "anomali" (quali ad esempio nuvole di punti posizionati al di sopra o al di sotto della Firma, punti isolati, ecc.). Questo è possibile grazie all'utilizzo del test statistico di *Grubbs*, che consente di individuare, in una serie di numeri, i cosiddetti *outliers*, cioè valori distanti dagli altri rilevamenti. La presenza di tali valori evidenzia un comportamento fisico imprevisto dell'edificio.

8.2.1 Indice di correlazione di *Pearson*

L'andamento dei consumi monitorati può essere trattato come un problema statistico.

Aspetti statistici

L'indice di correlazione di *Pearson* r , esprime la correlazione tra due variabili X e Y ; nel caso della Firma energetica tale coefficiente consente di individuare l'andamento dei consumi energetici in funzione della temperatura.

L'indice di correlazione è definito come il rapporto tra la covarianza (σ_{xy}) delle due variabili e la loro deviazione standard (σ_x e σ_y) come mostrato dalla seguente formula:

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

Tale coefficiente assume valori compresi tra + 1 e - 1.

Il segno indica il tipo di associazione:

- positivo, quando le due variabili aumentano o diminuiscono insieme;
- negativo, quando all'aumento dell'una corrisponde una diminuzione dell'altra o viceversa.

Il valore assoluto varia da 0 a 1:

- è massimo (= 1) quando c'è una perfetta corrispondenza lineare tra X e Y ;
- tende a ridursi al diminuire della corrispondenza ed è zero quando essa è nulla.

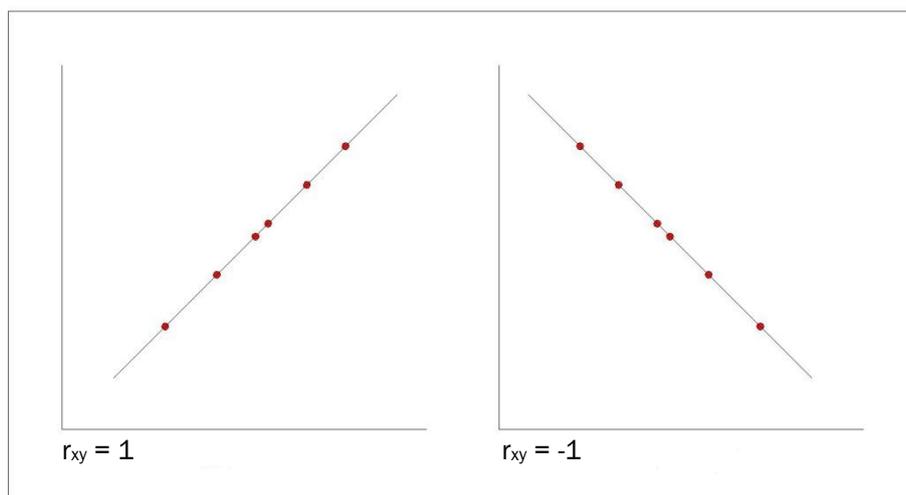


Figura 12: Grafico a dispersione per indice di correlazione $r_{xy}=1$

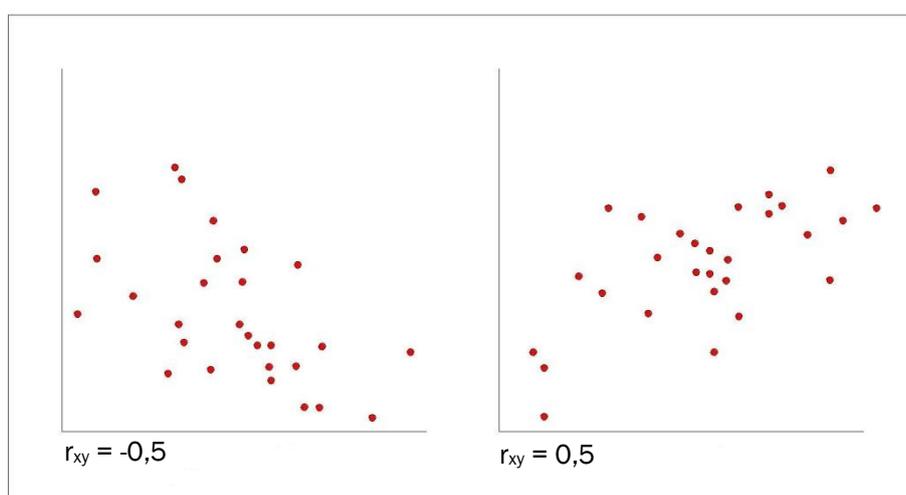


Figura 13: Grafico a dispersione per indice di correlazione $r_{xy}=0,5$

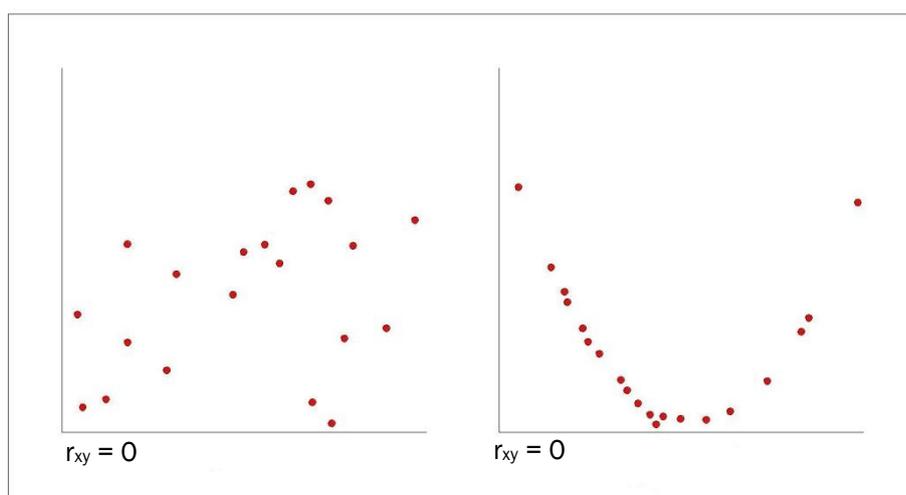


Figura 14: Grafico a dispersione per indice di correlazione nullo

La covarianza σ_{xy} consente di verificare se fra due variabili statistiche X e Y esiste un legame lineare e, in caso affermativo, se vi è concordanza oppure discordanza; essa è data da:

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

dove:

\bar{x} è la media aritmetica della variabile x

\bar{y} è la media aritmetica della variabile y

In caso di concordanza si rileva una maggioranza di coppie di osservazioni nelle quali gli scarti delle variabili X e Y dalla loro media presentano lo stesso segno, quindi la covarianza sarà positiva. In caso di discordanza, invece, vi è una maggioranza di coppie di osservazioni nelle quali gli scarti delle variabili X e Y dalla loro media presentano segno opposto, quindi la covarianza sarà negativa. Quando infine tra le osservazioni esiste un rapporto di indipendenza o di indipendenza di tipo non lineare, la covarianza sarà nulla.

La deviazione standard, σ_x e σ_y , esprime la dispersione dei dati rilevati intorno al valore atteso. Essa è la radice quadrata della varianza ed è espressa dalla seguente relazione:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

Aspetti fisici

L'utilizzo dell'indice di correlazione di *Pearson*, r_{xy} , consente di determinare l'andamento dei consumi energetici in funzione della temperatura.

Un indice prossimo all'unità presuppone una correlazione lineare tra le variabili in gioco; al diminuire della temperatura corrisponde una diminuzione proporzionale dei consumi. Più l'indice si allontana dall'unità più i consumi energetici sono indipendenti dall'andamento della temperatura esterna; ciò potrebbe essere sintomatico di malfunzionamenti del sistema impiantistico analizzato. Il caso $r_{xy} \approx 1$ rappresenta la situazione migliore, in cui i consumi decrescono proporzionalmente all'aumentare della temperatura. In questa situazione si ha un buon funzionamento dell'impianto di climatizzazione.

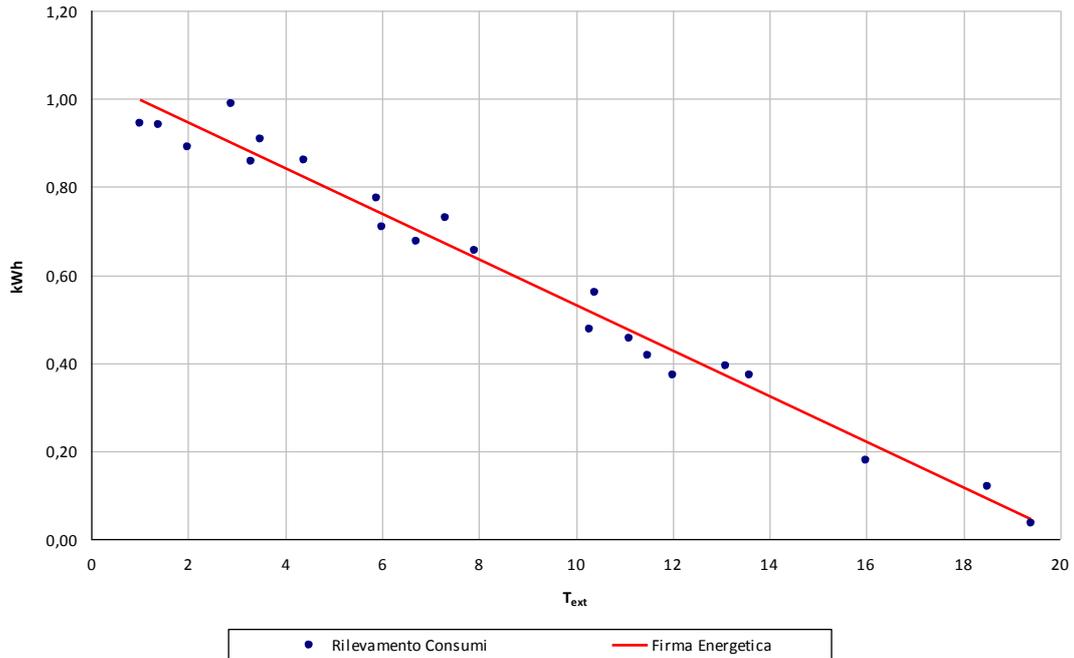


Figura 15: Distribuzione quasi lineare dei consumi energetici

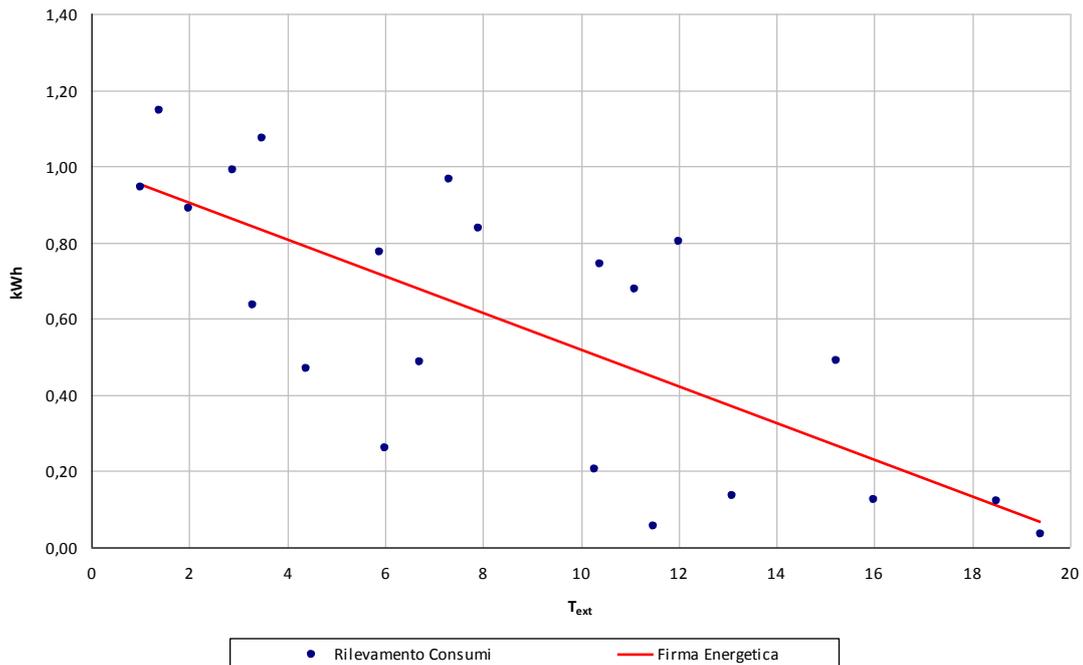


Figura 16: Dispersione dei consumi energetici

La dispersione dei consumi rilevati rispetto alla Firma energetica, rappresentata da un valore di r_{xy} distante dall'unità, può essere dovuta al malfunzionamento del sistema di regolazione dell'impianto di riscaldamento.

8.2.2 Test di Grubbs per l'identificazione di outliers

Anche la dispersione dei consumi monitorati, così come l'andamento, può essere trattata come un problema statistico.

Aspetti statistici

I valori numericamente distanti dal resto dei dati raccolti sono detti *outliers*. In generale, gli *outliers* possono essere indicativi del fatto che, in un dato campione, alcuni dati appartengono ad un insieme differente rispetto a quello del resto del campione. Nella maggioranza dei grandi campioni, alcuni dati saranno più lontani dalla media di quanto sarebbe logico aspettarsi. Ciò può essere dovuto ad un errore sistematico che si è verificato nella raccolta dei dati, oppure a una fallacia nella teoria che ha orientato l'assunzione di una data distribuzione campionaria di probabilità, ma potrebbe anche essere semplicemente dovuto al caso, che ha fatto sì che nella raccolta alcuni dati siano molto lontani dai valori medi del campione. Gli *outliers* potrebbero inoltre essere indicativi di valori errati, procedure erronee o aree sperimentali in cui alcune teorie potrebbero non essere valide. Tuttavia, un piccolo numero di dati aberranti non dovuti a condizioni anomale è un dato trascurabile nei grandi campioni.

Nel caso specifico della Firma energetica, la presenza di *outliers* non indica necessariamente un errore sistematico o strumentale, ma può essere dovuto ad una particolare situazione fisica, ad esempio di carattere ambientale.

Risulta dunque importante individuare i dati aberranti e trattarli statisticamente. Il problema può essere affrontato in diversi modi; in letteratura vi sono molti test statistici per determinare ed elaborare gli *outliers*.

In questa sede l'insieme dei dati è stato trattato utilizzando il *Metodo dei minimi quadrati*, che consente di individuare la retta che meglio interpola i punti dell'insieme in esame. In generale, avendo una stima ragionevole delle incertezze nelle misure, è possibile determinare la posizione dei punti rilevati rispetto alla retta interpolante. Nel caso specifico si devono utilizzare i dati stessi per decidere se le due variabili risultano in relazione lineare. Il grado in cui un insieme di punti $(x_1, y_1), \dots, (x_N, y_N)$ sostiene una relazione lineare è misurato dal coefficiente di correlazione lineare r ; i cui valori variano da -1 a 1 . Se r è vicino a 1 , allora i punti giacciono vicino a qualche retta, se r è vicino a zero allora i punti non sono correlati, con poca o nessuna tendenza a giacere su una linea retta.

Supponendo ora che la relazione delle variabili per la Firma energetica sia una relazione lineare, i punti dell'insieme che risultano *outliers* sono quelli per cui il coefficiente di correlazione lineare è più lontano dal valore 1 (indice di correlazione di *Pearson*).

Se però tali punti vengono tolti dall'insieme il valore di r aumenta, avvicinandosi a 1 . Si ottengono così dei valori derivati ai quali è possibile applicare in modo iterativo il metodo di calcolo di *Pearson* alternato al test di *Grubbs* per l'identificazione di tutti gli *outliers*.

Molti degli *Outliers Test* si basano sulla misura della distanza del dato sospetto dalla media, per valutare se l'*outlier* sia determinato da errori casuali. La maggior parte di questi test è utile tuttavia solo per singoli dati sospetti. Spesso può succedere che siano presenti più valori anomali all'interno di una serie di misure; in questi casi si possono individuare tali dati utilizzando in modo iterativo l'*Outlier Test*.

In questo contesto si è scelto di applicare il test di *Grubbs*. Tale test è basato sull'assunzione di normalità, ovvero sull'ipotesi che i dati possano ragionevolmente approssimare una distribuzione normale.

Il test di *Grubbs* trova un *outlier* alla volta; tale valore viene eliminato dal set dei dati e il test ripetuto.

Esso prevede innanzitutto che i valori vengano ordinati, per poi andare a valutare il valore maggiore o il valore minore del set di dati.

Per il test sul valore maggiore, si dispongono in ordine crescente le osservazioni, $x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq \dots \leq x_n$.

Sia x_n il valore in esame, cioè quello maggiore; il valore critico per il test singolo T_n è il seguente:

$$T_n = \frac{(x_n - \bar{x})}{\sigma}$$

Per il test sul valore minore, il valore critico è dato da:

$$T_n = \frac{(\bar{x} - x_n)}{\sigma}$$

dove:

\bar{x} è la media aritmetica degli n valori

σ è la stima della deviazione standard basata sui dati, calcolata con $n-1$ gradi di libertà

Dopo aver determinato gli eventuali *outliers* presenti, lo strumento costruisce la Firma energetica in base ai valori rimasti.

Aspetti fisici

L'individuazione di *outliers* evidenzia condizioni di malfunzionamento dell'impianto analizzato o condizioni ambientali particolari; questi punti escono infatti dalla linearità attesa tra consumi e temperatura esterna.

Gli *outliers* si possono presentare in diversi modi: punti isolati distanti dal resto delle rilevazioni, nuvole di punti localizzate in determinati intervalli di temperatura, ecc. Di seguito vengono presentate alcune casistiche con l'indicazione delle relative cause.

Nella prima figura è mostrato un caso anomalo con uno scostamento puntuale del rilevamento dei consumi energetici. Una situazione di questo genere può essere dovuta a diverse cause, riconducibili ad un errato rilevamento da parte dell'utente, a un malfunzionamento del sistema di rilevazione (contatore), o dell'impianto di riscaldamento oppure, ancora, a condizioni ambientali particolari.

Tra le cause del malfunzionamento dell'impianto di riscaldamento è possibile annoverare:

- blocco della caldaia: in questo caso si potrebbe rilevare un basso consumo energetico rispetto a quello atteso;
- anomalia nel sistema di regolazione: un problema di questo tipo può portare sia ad un elevato consumo ad alte temperature sia un basso consumo a basse temperature.

Le condizioni ambientali possono produrre anomalie nell'andamento dei consumi, ad esempio nel caso di settimana particolarmente soleggiata si può rilevare una loro diminuzione, in quanto gli apporti solari favoriscono il raggiungimento delle condizioni di comfort termico interno; nel caso di settimana particolarmente ventosa, viceversa, si potrebbe registrare un aumento delle dispersioni di calore dell'edificio con una conseguente maggiore domanda energetica per il riscaldamento.

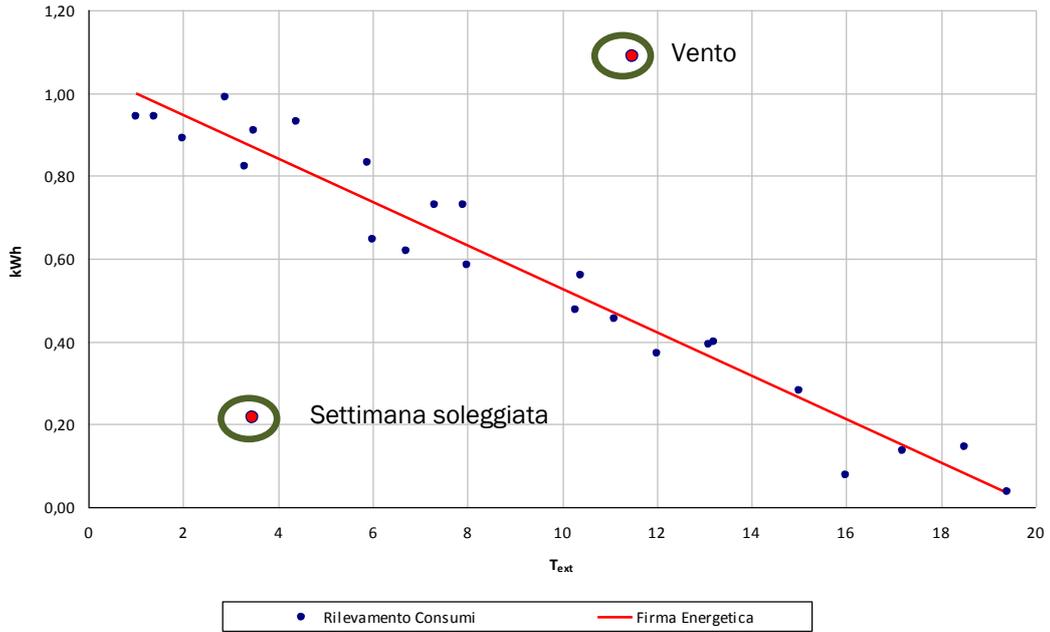


Figura 17: Scostamento improvviso del consumo dalla Firma energetica

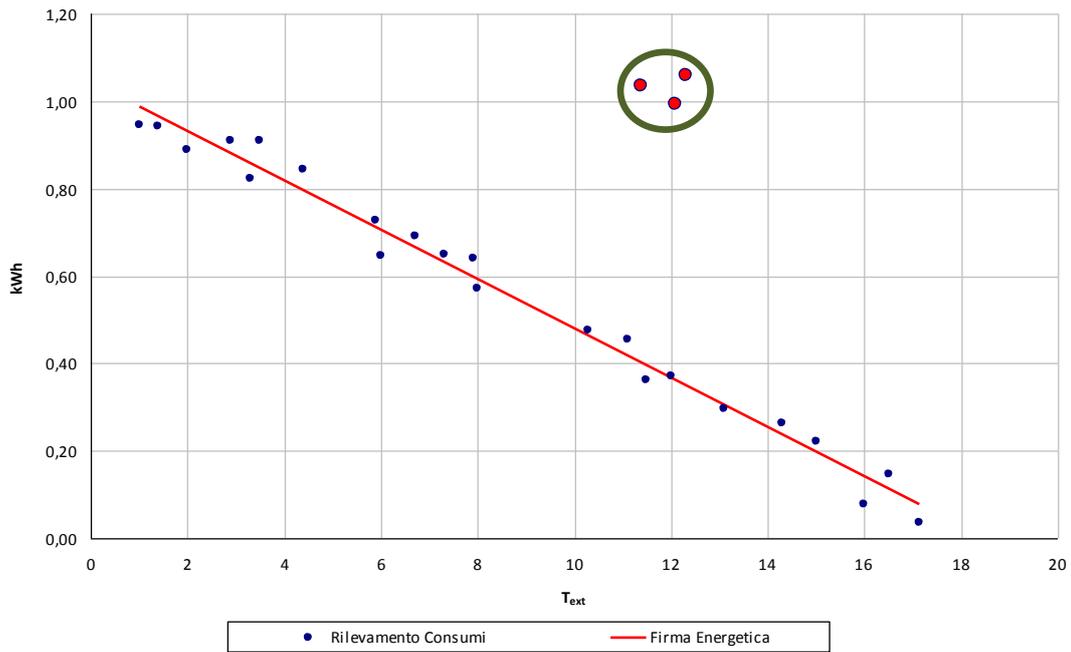


Figura 18: Aumento/diminuzione dei consumi monitorati: nuvole di punti

8.3 Sviluppi in corso

In prima analisi la Firma energetica può essere approssimata con la retta interpolante come descritto precedentemente; la regressione viene calcolata esclusivamente per quei punti non identificati come *outliers*.

L'utilizzo della semplice regressione lineare tuttavia non consente di individuare alcuni aspetti peculiari del sistema impiantistico, come ad esempio la riduzione dei consumi dovuta ad un aumento del rendimento del generatore alle basse temperature.

Per poter valutare “oggettivamente” anche questi casi particolari sono in corso di definizione i grafici per la gestione della Regressione polinomiale di secondo grado. In questo caso si assume che la curva che meglio approssima i consumi rilevati sia del tipo:

$$y = A + Bx + Cx^2$$

L'andamento curvilineo della Firma energetica può essere dovuto al funzionamento simultaneo del sistema di climatizzazione e del riscaldamento.

La Firma energetica può infine essere realizzata a partire da più regressioni geometriche che evidenziano comportamenti lineari e non lineari di uno stesso campione.

Utilizzando l'analisi dell'*errore standard* è possibile definire una Firma energetica costituita da più tratti aventi non necessariamente la stessa pendenza.

Per individuare questi casi si utilizza un metodo iterativo che consiste nel suddividere i dati rilevati in due gruppi, analizzandone le curve interpolanti; la curva spezzata che meglio interpola i dati iniziali sarà la nuova Firma energetica. In linea generale, una Firma energetica costituita da due o più tratti rettilinei e/o curvilinei indica un funzionamento del sistema impiantistico variabile al variare della temperatura esterna.

In questo contesto si possono ottenere Firme energetiche con andamento concavo o convesso. La convessità o concavità della curva in corrispondenza delle basse temperature può essere dovuta all'aumento o diminuzione del rendimento del sistema di generazione.

8.4 Possibili fruitori e ruolo delle utenze

Il metodo prevede la raccolta dei consumi termici effettuata tramite installazione di sensori o da lettura del contatore da parte dell'utente. In precedenza si è fatto riferimento alle difficoltà “tecnologiche” nell'utilizzo a larga scala dei sensori per la misurazione dei consumi termici, un limite però che può anche essere colto come un'opportunità per attivare meccanismi di coinvolgimento degli utenti.

La Firma quindi potrebbe essere classificata come *feedback proattivo* in cui l'utente legge il contatore, ma al contempo fornisce informazioni, tramite intervista, per il calcolo delle dispersioni e per la modellazione dei comportamenti, aggiungendo dati fondamentali per l'interpretazione del grafico.

Il metodo può essere utilizzato da:

- progettisti, per la verifica degli interventi realizzati o per analizzare le tecniche, i materiali e le tecnologie utilizzate e riproporle o modificarle;
- amministrazioni, o soggetti preposti a gestire per conto delle amministrazioni o di privati il parco edilizio, che possono configurarsi come Esco oppure “sportelli energia”;
- aziende e in generali operatori che offrono servizi di telegestione energetica, già presenti in molti contesti europei e che utilizzano sistemi *BEMS - Building Energy Management Systems*, citati nel capitolo 7;
- utenti, per verificare le prestazioni dell'edificio, anche nel corso degli anni, per interpretare le anomalie o per valutare se intraprendere nuovi interventi o acquisti.

Fondamentale risulta l'impostazione delle modalità di acquisizione e presentazione dei dati, in relazione ai differenti requisiti utente. Particolare attenzione va riservata alle utenze: se anche fosse possibile automatizzare l'intero processo, e quindi acquisire dati tramite sensoristica e apparecchiature per l'indagine energetica, descritte al capitolo 3, ci si deve chiedere come non far decadere il senso stesso del *feedback*. Nella maggior parte dei progetti di monitoraggio, infatti, dopo la fine dell'esperimento gli occupanti hanno ripreso a consumare come in precedenza, dimostrando che l'efficacia della pratica si ottiene nel lungo periodo e solo con un costante e attivo

coinvolgimento (Darby, 2006). Queste considerazioni potranno meglio delinarsi alla fine della validazione del metodo, contestualmente alla progettazione dell'applicativo.

Bibliografia

Darby, S. 2006. *The effectiveness of feedback on energy consumption. A review for defra of the literature on metering, billing and direct displays*. Environmental Change Institute, University of Oxford.

Grubbs, F.E. 1969. Procedures for Detecting Outlying Observations in Samples. *Technometrics* n. 1/11: 1-21.

Grubbs, F.E. & Beck, G. 1972. Extension of Sample Sizes and Percentage Points for Significance Tests of Outlying Observations. *Technometrics* n. 4/14: 847-854.

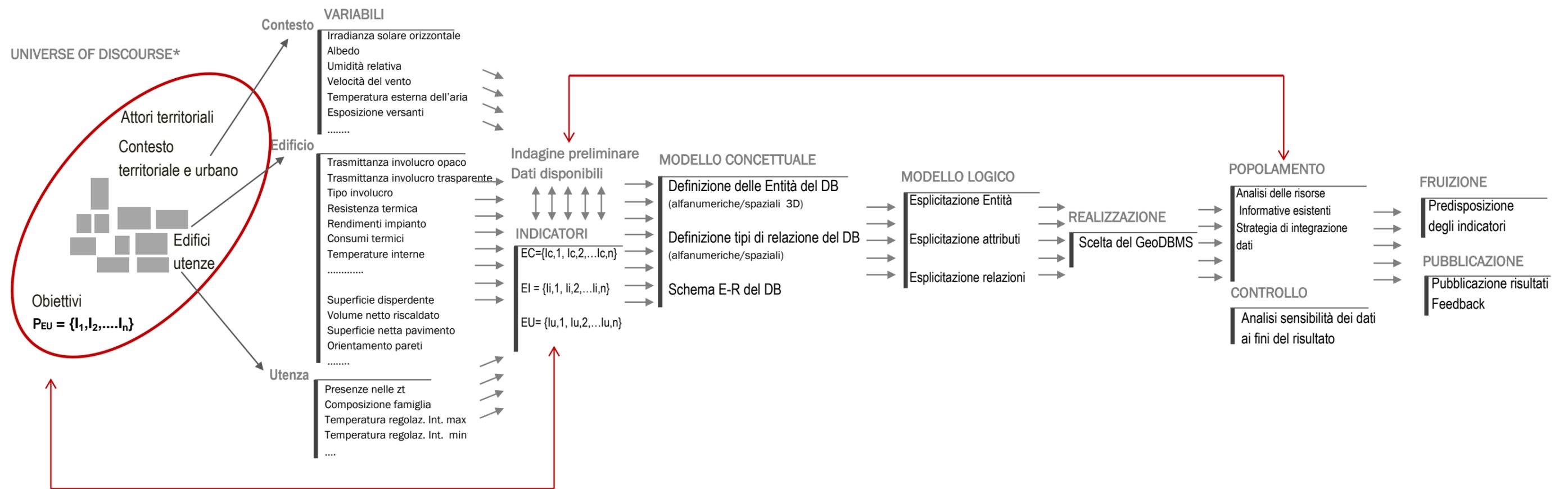
UNI EN 15603:2008. *Prestazione energetica degli edifici - Consumo energetico globale edefinizione dei metodi di valutazione energetica*.

PARTE SECONDA - MODELLAZIONE DELLA BASE INFORMATIVA

9 Framework della Base informativa

Il capitolo propone il *framework* per la costruzione della Base informativa relativa alle prestazioni energetiche edilizie. Il grafico e i successivi paragrafi esplicitano le componenti principali e le fasi per la sua costruzione. La proposta assume come quadro di riferimento le ipotesi e i riferimenti culturali esposti nella prima fase del documento e ha come elemento centrale un *geodatabase* e le procedure per l'acquisizione, la validazione, il popolamento e la pubblicazione dei dati e degli indicatori.

9.1 Schema



*UNIVERSE OF DISCOURSE
view of the real or hypothetical world that includes everything of interest [ISO 19101]

10 Disegno della base dati

10.1 Premessa

Prestazioni energetiche edilizie urbane (P_{EU})

Nei capitoli precedenti, orientati a fornire un quadro di riferimento della problematica energetica e del dominio applicativo della proposta, sono stati individuati i fattori che determinano le prestazioni energetiche edilizie e che possono essere esplicitati dall'equazione del Bilancio Energetico (capitolo 4). I capitoli successivi hanno cercato invece di evidenziare i dati necessari ad esprimere l'equazione del bilancio, i loro limiti nel passaggio ad una scala più piccola, ma anche le potenzialità offerte dalle nuove tecnologie (capitolo 3) e da una visione "spaziale" della tematica energetica (capitolo 5).

Poiché l'obiettivo generale della ricerca è quello di riflettere sulla fattibilità di una Base informativa partecipata, i successivi capitoli (5 e 6) sono stati strutturati per evidenziare il ruolo e le responsabilità dei diversi attori territoriali, in primis gli occupanti degli edifici.

La proposta di Base informativa che si descrive prende dunque spunto dagli approfondimenti riportati nella prima parte della tesi. Il sistema edificio/impianto è stato inteso come un sistema aperto o come un organismo in continua interazione con le condizioni al contorno e con le utenze. Tenuto conto di queste relazioni è più opportuno parlare di una Base informativa orientata alla valutazione delle Prestazioni energetiche edilizie urbane (P_{EU}), intendendo quindi il termine urbano non solo nella accezione di scala di dettaglio, ma come contesto territoriale che interagisce con il sistema edilizio, la cui esplicitazione si completa con la valutazione del ruolo e dell'influenza delle occupanti in merito a prestazioni e consumi.

Il valore P_{EU} è espresso da vari indicatori quindi, a partire da una rappresentazione estensiva degli insiemi come:

$$P_{EU} = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$$

dove:

I_1, I_2, \dots, I_n indicatori relativi al sistema edificio impianto, al contesto o all'utenza

L'approccio a scala urbana e incrementale che si intende adottare determina il fatto che le P_{EU} non siano qui definite come indici, sintesi o funzioni di indicatori, che non abbiano in sostanza delle metriche, ma si esprimano piuttosto attraverso un set di indicatori che a loro volta sintetizzano le variabili riferite all'edificio, al contesto, alle utenze.

Inoltre, poiché l'ipotesi che si intende avvalorare parte da una riflessione sul ruolo centrale degli attori in seno alla costruzione di conoscenza, le P_{EU} non possono essere determinate in modo univoco, ma attraverso una funzione che esprime le variabili in relazione all'utilizzo dichiarato negli obiettivi.

$$P_{EU} = f(V_1, V_2, \dots, V_n)$$

dove:

V_1, V_2, \dots, V_n sono variabili per il sistema edificio impianto, il contesto e l'utenza

Le due espressioni infine si possono combinare.

Ruolo e responsabilità degli attori territoriali

L'avvio della progettazione tiene conto del ruolo e delle responsabilità dei diversi attori territoriali, così come evidenziato nel capitolo 6. Essi manifestano differenti obiettivi e conseguentemente domande informative, da essi quindi dipende fortemente la modellazione della base dati. Gli attori principali sono gli occupanti degli edifici/appartamenti investigati, che qui sono anche trattati come entità da modellare, oltre ad essere portatori di requisiti e partecipanti attivi alla costruzione dell'informazione.

Gli altri attori coinvolti nelle dinamiche energetiche territoriali sono:

- l'amministrazione locale;
- altri enti territoriali con responsabilità decisionale;
- le associazioni o le diverse forme aggregative, soprattutto impegnate su tematiche territoriali e ambientali;
- le *utility*;
- il mondo produttivo, commerciale e dell'artigianato, del settore edilizio e degli impianti energetici.

Obiettivi

L'avvio della progettazione della Base informativa, e la successiva modellazione della base dati, devono necessariamente fare riferimento agli obiettivi per cui si predispone, e in particolare ai requisiti espressi, più o meno esplicitamente, dai diversi attori. La Base informativa, per sua definizione, ha come obiettivo generale di supportare l'analisi dello stato di fatto delle prestazioni energetiche edilizie, ma anche finalità che possono essere classificate come:

- cogenti: la Base informativa deve produrre un quadro di conoscenza utile alla verifica delle rispondenza o distanza dagli obiettivi riportati dalle norme nazionali o regionali in materia di efficienza energetica;
- esplicite: deve proporre un'analisi orientata a far emergere dati utili a specificare o confermare gli obiettivi dichiarati dalla pubblica amministrazione o da altri promotori territoriali di azioni rivolte al risparmio ed efficienza energetica;
- tacite: deve supportare la valutazione di obiettivi dichiarati a livello mondiale, da studi e letteratura, per esempio la stima della CO₂.

E' opportuno, se non indispensabile in questa fase, fare una prima valutazione dei tipi di indicatori da utilizzare, che guidano la scelta delle variabili e che con esse instaurano un continuo raffronto.

La discussione sugli indicatori, come definito da Innes e Boher, è il momento in cui si stabilisce o formalizza la *vision* ed è per questo che il momento partecipativo è fortemente spostato alle fasi iniziali della costruzione della Base informativa. La scelta degli indicatori definitiva si effettua dopo la definizione delle variabili, si tratta tuttavia di una continua interazione tra obiettivi/definizione delle variabili/indicatori, che porta al progressivo riconoscimento da parte dei soggetti coinvolti degli indicatori da costruire.



10.2 Definizione delle variabili

La modellazione delle P_{EU} è piuttosto complessa, poiché mette in gioco diversi concetti. Tale complessità è ancora più evidente se l'approccio alla costruzione della Base informativa, anziché assumere a priori delle semplificazioni per operare a scala urbana, intende mantenere un criterio multiscala, che a partire dal dettaglio massimo rappresenti le prestazioni fino ad un livello urbano. Per facilitare la costruzione della base dati, la definizione delle entità e la successiva esplicitazione

delle strategie di acquisizione dei dati, è opportuno operare alcune tassonomie che evidenzino le peculiarità delle grandezze coinvolte.

Esse sono classificabili in base a:

- tipo: ovvero alla natura dell'oggetto/fenomeno descritto. Nell'ambito delle applicazioni energetiche possono essere:
 - *meteoclimatiche*, rappresentano i fenomeni climatici necessari al calcolo del bilancio;
 - *geomorfologiche*, fanno riferimento alla localizzazione e alle caratteristiche morfologiche del territorio urbano e naturale;
 - *termofisiche*, rappresentano le caratteristiche termiche e fisiche dell'edificio/oggetto investigato e degli impianti;
 - *comportamentali*, fanno riferimento alle modalità di utilizzo delle componenti che determinano i consumi termici;
 - *percettive*, rappresentano le sensazioni di comfort interno degli occupanti;
 - *umane, o fisiche*, intese qui non come sinonimo di deterministiche ma relative alla presenza degli occupanti.

- modalità di determinazione: per cui si è di fronte a variabili:
 - *misurabili*, direttamente ottenibili da un rilievo, un'osservazione o una base dati;
 - *derivate*, funzione quindi di più variabili, di tabelle di decodifica⁶² che sintetizzano un calcolo o di una condizione, ottenibile da query su altri attributi della base dati;
 - *descrittive*, che rispetto alle variabili misurabili o deterministiche esprimono un concetto qualitativo o percettivo.

La classificazione è influenzata dalla metodologia di approccio utilizzata per la valutazione delle prestazioni energetiche. Si è precedentemente ipotizzato di assumere come riferimento per il calcolo le norme Uni TS 11300, parte 1 e 2, e il calcolo standard utilizzato per l'ottenimento della certificazione energetica. Alcune variabili che per natura sono ottenute da formule, per esempio il valore di trasmittanza, sono in questo contesto ottenute da tabelle con valori pre-calcolati. Si è quindi preferito utilizzare il concetto di descrittivo in questa doppia accezione. Intercettare le variabili derivate è necessario per valutare non solo come modellare la base dati, ma anche per valutare strategie di acquisizione dati alternative, che sono in parte state ipotizzate nel capitolo 5.

- spaziali e non spaziali. Le variabili che rappresentano le P_{EU} possono anche essere suddivise in variabili alfanumeriche, o non spaziali, e spaziali. La complessità della problematica, la numerosità delle variabili in campo e le relazioni tra componenti, trovano nella spazio tridimensionale, la modalità di rappresentazioni più coerente. Inoltre il rapporto con la morfologia urbana e territoriale, la dipendenza dalla localizzazione delle variabili climatiche, il rapporto di forma dell'edificio o della città, rafforzano le motivazioni per introdurre la terza dimensione nel modello.

Si riporta in seguito una tabella con le classificazioni adottate, derivata dalle valutazioni sui dati esplicitate nei capitoli 4, 5 e 6. Una prima classificazione proviene dalla suddivisione delle variabili necessarie ad esplicitare le caratteristiche energetiche del sistema Edificio/Impianto (EI), quelle relative al contesto urbano e territoriale (EC) e infine le variabili necessarie a descrivere le utenze (EU).

Si precisa che alcune variabili ambientali vanno direttamente a descrivere il comportamento dell'unità abitativa investigata, sono quindi considerate variabili relative a EI e successivamente saranno espresse dagli attributi delle entità che descrivono l'unità abitativa. E' il caso ad esempio del valore dell'irradianza solare media mensile su pareti verticali orientate, mentre il valore della temperatura media mensile rimane una variabile riferita a ciò che è stato definito contesto, ovvero

⁶² Si intendono le tabelle che nelle Norme UNI TS 11300 vengono definite come prospetti e Abachi

l'insieme delle caratteristiche ambientali, morfologiche e climatiche del territorio su cui si localizza l'oggetto/gli oggetti da analizzare. Allegati, Appendici, Abachi citati in tabella fanno riferimento alle norme UNI TS 11300,1 e 2.

	Grandezza	Tipo	Modalità di determinazione	Spaziale/non spaziale
EDIFICIO/IMPIANTO	<i>Superficie involucro opaco verso l'esterno</i>	Termofisica	MISURABILE	SPAZIALE
	<i>Superficie involucro trasparente</i>	Termofisica	MISURABILE	SPAZIALE
	<i>Superficie solaio verso terreno</i>	Termofisica	MISURABILE	SPAZIALE
	<i>Superficie utile pavimento</i>	Termofisica	DERIVATA Superficie piano al netto dei muri	SPAZIALE
	<i>Volume netto ambiente riscaldato</i>	Termofisica	DERIVATA Superficie piano al netto dei muri Numero Piani Altezza Piani	SPAZIALE
	<i>Volume lordo ambiente riscaldato</i>	Termofisica	DERIVATA Superficie piano Numero Piani Altezza Piani	SPAZIALE
	<i>Orientamento pareti</i>	Termofisica	MISURABILE	SPAZIALE
	<i>Fattore di riduzione ombreggiatura</i>	Termofisica	DERIVATA <i>Altezza edifici adiacenti</i> <i>Distanza edifici adiacenti</i> <i>Profondità aggetti</i> <i>Orientamento</i> <i>Allegato D INTERPOLAZIONE</i>	NON SPAZIALE
	<i>Numero piani</i>	Termofisica	MISURABILE	NON SPAZIALE
	<i>Altezza piani</i>	Termofisica	MISURABILE	NON SPAZIALE
	<i>Epoca costruzione edificio</i>	Termofisica	DESCRITTIVA	NON SPAZIALE
	<i>Colore pareti esterne</i>	Termofisica	DESCRITTIVA	NON SPAZIALE
	<i>Pareti esterne, composizione</i>	Termofisica	DESCRITTIVA	NON SPAZIALE
	<i>Solai, composizione</i>	Termofisica	DESCRITTIVA	NON SPAZIALE
<i>Pareti interne verso sup. disperdenti, composizione</i>	Termofisica	DESCRITTIVA	NON SPAZIALE	

EDIFICIO/IMPIANTO	<i>Materiale telaio</i>	Termofisica	DESCRITTIVA	NON SPAZIALE
	<i>Tipo vetro</i>	Termofisica	DESCRITTIVA	NON SPAZIALE
	Trasmittanza superfici opache esterne	Termofisica	DERIVATA APPENDICE B Epoca (Range) Descrizione pareti	NON SPAZIALE
	Trasmittanza superfici trasparenti	Termofisica	DERIVATA Materiali telaio Tipo vetro APPENDICE C 11300-1	NON SPAZIALE
	<i>Maggiorazione ponti termici</i>	Termofisica	DERIVATA Prospetto 4	NON SPAZIALE
	<i>Trasmittanza solaio</i>	Termofisica	DERIVATA Appendice A	NON SPAZIALE
	<i>Trasmittanza copertura</i>	Termofisica	DERIVATA Appendice A	NON SPAZIALE
	<i>Fattore di correzione verso terreno</i>	Termofisica	DERIVATA Prospetto 6	NON SPAZIALE
	<i>Fattore di correzione verso ambienti non climatizzati</i>	Termofisica	DERIVATA Prospetto 5	NON SPAZIALE
	<i>Resistenza termica superficiale esterna</i>	Termofisica	MISURABILE Valore di default	NON SPAZIALE
	<i>Trasmittanza energia solare serramenti</i>	Termofisica	DERIVATA Prospetto 13 Tipo vetro	NON SPAZIALE
	<i>Fattore di assorbimento pareti</i>	Termofisica	DERIVATA Note 11300-1 Colore parete	NON SPAZIALE
	<i>Fattore riduzione schermature mobili</i>	Termofisica	DERIVATA Prospetto 15	NON SPAZIALE
	<i>Capacità termica</i>	Termofisica	DERIVATA Prospetto 16 Descrizione solai Descrizione pareti esterne	NON SPAZIALE
	<i>Irradianza solare Media mensile con</i>	Termofisica	DERIVATA Orientamento edificio	NON SPAZIALE

	<i>qualsiasi orientamento e inclinazione</i>		Latitudine località di riferimento Tabelle UNI 10349 INTERPOLAZIONE	
	Consumi termici (riscaldamento/ACS)	Termofisica	MISURABILE	NON SPAZIALE
	<i>Tipo corpi scaldanti impianto riscaldamento</i>	Termofisica	DESCRITTIVA	NON SPAZIALE
	<i>Tipologia regolazione calore interno</i>	Termofisica	DESCRITTIVA	NON SPAZIALE
	<i>Data realizzazione impianto</i>	Termofisica	MISURABILE	NON SPAZIALE
	<i>Tipo caldaia</i>	Termofisica	DESCRITTIVA	NON SPAZIALE
	<i>Fonte rinnovabile riscaldamento</i>	Termofisica	DESCRITTIVA	NON SPAZIALE
	<i>Fonte rinnovabile ACS</i>	Termofisica	DESCRITTIVA	NON SPAZIALE
	<i>Rendimento emissione impianto</i>	Termofisica	DERIVATA Prospetto 17 <i>Tipo corpi scaldanti impianto risc.</i> <i>Altezza piano</i> Volume lordo riscaldato	NON SPAZIALE
	<i>Rendimento di regolazione</i>	Termofisica	DERIVATA Prospetto 20 <i>Tipologia regolazione calore interno</i>	NON SPAZIALE
	<i>Rendimento di distribuzione</i>	Termofisica	DERIVATA Prospetto 21 <i>Data realizzazione impianto</i> <i>Altezza piano</i>	NON SPAZIALE
	<i>Rendimento di generazione</i>	Termofisica	DERIVATA Prospetto 23 <i>Tipo caldaia</i>	NON SPAZIALE
CONTESTO	<i>Altezza edifici adiacenti</i>	Geomorfologica	MISURABILE	SPAZIALE
	<i>Distanza edifici adiacenti</i>	Geomorfologica	MISURABILE	SPAZIALE
	<i>Quota edificio</i>	Geomorfologica	MISURABILE	SPAZIALE
	<i>Latitudine edificio</i>	Geomorfologica	MISURABILE	SPAZIALE
	<i>Temperatura giornaliera media mensile</i>	Meteoclimatica	DERIVATA Quota località edificio	NON SPAZIALE

			Quota località di riferimento Tabelle UNI 10349 (temperature medie mensili) INTERPOLAZIONE	
	<i>Irradianza solare Media mensile sul piano orizzontale</i>	Meteoclimatica	DERIVATA Latitudine edificio Latitudine 2 capoluoghi Tabelle UNI 10349 (irradianza solare media mensile sul piano orizzontale per capoluoghi) INTERPOLAZIONE	NON SPAZIALE
	Albedo	Meteoclimatica	DERIVATA UNI 8477 Caratteristiche superficiali del suolo	NON SPAZIALE
	Umidità relativa	Meteoclimatica	MISURABILE	NON SPAZIALE
	Esposizione versanti	Geomorfologica	MISURABILE	SPAZIALE
	Caratteristica superficiale suolo	Geomorfologica	DESCRITTIVA	NON SPAZIALE
UTENZA	Numero occupanti anziani	Fisica	MISURABILE	NON SPAZIALE
	Numero occupanti adulti	Fisica	MISURABILE	NON SPAZIALE
	Numero occupanti minorenni	Fisica	MISURABILE	NON SPAZIALE
	Fasce orarie presenza nella z.t.	Comportamentale	MISURABILE	NON SPAZIALE
	Temperatura regolaz. Int. max	Comportamentale	MISURABILE	NON SPAZIALE
	Temperatura regolaz. Int. Max	Comportamentale	MISURABILE	NON SPAZIALE
	Fasce orarie di regolazione	Comportamentale	DESCRITTIVA	NON SPAZIALE
	Numero ricambi d'aria giornalieri	Comportamentale	MISURABILE	NON SPAZIALE
	Numero docce settimanali/occupante	Comportamentale	MISURABILE	NON SPAZIALE
	Utilizzo coperchio	Comportamentale	MISURABILE	NON SPAZIALE
	Utilizzo fuochi cucina	Comportamentale	MISURABILE	NON SPAZIALE
	Percezione comfort interno	Percettiva	DESCRITTIVA	NON SPAZIALE

Tabella 5: Sintesi delle variabili per la definizione del Bilancio Energetico

10.3 Definizione degli indicatori

La scelta degli indicatori viene determinata da esigenze intrinseche al tema trattato, le performance energetiche edilizie, e dalla scelta metodologica utilizzata per la costruzione della

Base informativa che prevede un processo di loro costruzione multi-attoriale, a partire dagli spunti evidenziati nel capitolo 2 e relativi agli indicatori per comunità sostenibili. Non sarebbe coerente con la formulazione della proposta quindi affidarsi a set di indicatori o a classificazioni preimpostate, poiché non lascerebbero spazio al processo di discussione, formulazione e costruzione partecipata degli indicatori (anche nella scelta delle variabili dirette da rappresentare/comunicare). Rimanere ad un livello astratto o limitarsi a dire che l'indicatore va scelto attraverso un percorso condiviso non consentirebbe di esplicitare il passaggio da variabile a indicatore a modellazione concettuale della base di dati. Si fa quindi riferimento in questo paragrafo ad una delle possibili classificazioni adottabili, utilizzata solo come verifica di una collocazione distribuita degli indicatori, una volta selezionati con i requisiti di cui sopra (rispondenza normativa/partecipazione/dichiarazione obiettivi), in modo da permettere una sistematica valutazione del processo. Si ribadisce peraltro la consapevolezza che le classificazioni stesse sono tra loro sovrapponibili, se non si fa riferimento al contesto e allo specifico momento decisionale per cui si costruisce, quindi per un indicatore relativo alla quantità di impianti da fonti rinnovabili presenti in un comune potrebbe essere definito un indicatore di stato qualora servisse soltanto a fotografare una situazione in divenire in cui nessun attore abbia una strategia complessiva. Se invece l'indicatore venisse selezionato attraverso un processo partecipato, e servisse quindi a rappresentare la misura del successo di una politica pubblica condivisa volta ad incrementare il numero di "impianti rinnovabili", allora si tratterebbe senz'altro di un indicatore di "risposta". L'indicatore si presterebbe ad esempio a misurare il rapporto tra energia rinnovabile e fossile e le sue modificazioni nel tempo, aspetto relevantissimo degli esiti delle politiche energetiche, svolte in loco. In sostanza si può dedurre che potenzialmente ogni indicatore può nel corso del processo decisionale trasformarsi da indicazione dello stato di fatto a indicatore di risposta in relazione agli obiettivi che gli attori si sono prefissi. Questa è una delle ragioni principali per cui sarebbe necessario che l'informazione rimanesse "viva", costantemente aggiornata e che fosse oggetto di discussione. Quindi, a titolo puramente esemplificativo, si elencano alcuni possibili indicatori necessari a completare il ragionamento sulla fase progettuale della Base informativa e relativi all'iter decisionale (analisi/formulazione delle politiche e dei piani, loro attuazione, monitoraggio, revisione). Si utilizza uno schema metodologico consolidato come il modello P.S.R. di OCSE e si ipotizza una situazione in cui la pubblica amministrazione non abbia attivato nessun processo partecipativo, né effettuato alcuna scelta politica sul proprio territorio, in materia di energia e sostenibilità.

Indicatori di Stato	<ul style="list-style-type: none"> - Andamento annuo dei consumi di Energia Primaria normalizzato ai GG reali - Distribuzione percentuali dispersioni involucro - Firma energetica - Tipologie e numero dispositivi di regolazione impianto - Rapporto tra temperatura interna di progetto e reale - Potenziale energia da fonti rinnovabili per riscaldamento e ACS civile e rapporto con impianti alimentati da fonti fossili
Indicatori di Pressione	<ul style="list-style-type: none"> - Emissioni di CO₂ equivalente/Abitante
Indicatori di Risposta	<ul style="list-style-type: none"> - Trasmittanza termica dell'involucro edilizio nuova edilizia - Fabbisogno di energia primaria Totale (classe certificazione energetica) nuova edilizia (dal 2005) - Numero edifici certificati (dal 2005) in rapporto a nuovi edifici

Tabella 6: Esempificazione di alcuni possibili indicatori della Base informativa

11 Modellazione concettuale della base dati

L'elemento centrale della proposta di Base informativa è la base dati, che gestisce sia le entità alfa-numeriche che quelle spaziali, ed è comunemente definito *Geodatabase*. Le entità spaziali sono di tipo vettoriale, composte da una componente alfa-numerica (attributi) e una componente spaziale (geometria), collocate in un sistema di riferimento geografico.

La geometria delle entità è definita da:

- tipo di geometria (punto, poligono, polilinea, ecc.);
- lista di coordinate definite in uno spazio bidimensionale (2D) o tridimensionale (3D);
- proprietà del sistema di riferimento adottato, espresse attraverso lo *Spatial Reference Identifier – SRID*.

Le entità geografiche, analogamente a quelle alfa-numeriche, vengono gestite come tabelle di un *DBMS (DataBase Management System)* di tipo relazionale, o *RDBMS*, che solitamente utilizzano per l'interrogazione e la gestione dei dati il linguaggio *SQL - Structured Query Language*. Buona parte dei geo-DBMS oggi disponibili, commerciali e *open source*, oltre a comandi *SQL* per la gestione di dati alfanumerici dispongono di una vasta gamma di comandi di tipo spaziale. Hanno inoltre la capacità di mantenere le relazioni topologiche tra le entità. I dati spaziali con relazioni topologiche associate vengono gestiti nel geo-DBMS in una struttura basata su due livelli:

- geometrico, contenente componenti geometriche basate su primitive geometriche tra loro indipendenti;
- topologico, contenente entità topologiche basate su primitive topologiche.

Le tabelle topologiche archiviano le relazioni tra le entità topologiche a loro volta relazionate alle corrispondenti entità geometriche (Rumor, Scottà, 2005).

11.1 Entità della base dati

Definizione di zona termica

L'entità principale della base informativa è la "zona termica", definita dalle UNI EN ISO 13790:2008, e ripresa dalle UNI/TS 11300 Parte 1, come una porzione di edificio climatizzata ad una determinata temperatura con identiche modalità di regolazione.

Per rispondere al requisito di consistenza che ogni base di dati dovrebbe avere, tale definizione è stata ulteriormente specificata, per cui essa rappresenta:

- lo spazio confinato servito da unico impianto di climatizzazione;
- lo spazio con tipologia e modalità di utilizzo interno omogenee (presenze, numero e modalità di utilizzo delle apparecchiature termiche ed elettriche);
- lo spazio delimitato da elementi con caratteristiche fisico-termiche omogenee (ovvero involucro opaco e trasparente analoghi o considerati tali).

Di fatto la zona termica può essere rappresentata da:

- un appartamento di un edificio composto da più unità abitative;
- un edificio nel caso di abitazione singola.

Modellazione spaziale 3D

Molte delle informazioni richieste per la costruzione del bilancio energetico, e di fatto il dominio applicativo in cui ci si muove, orientano fortemente la modellazione delle entità verso la rappresentazione tridimensionale. Sono quindi state definite come entità spaziali:

Involucro edilizio opaco: superficie confinante del corpo edilizio, sia orizzontale (solai/sottotetto) che verticale (pareti esterne, pareti confinanti con spazi non riscaldati). Rappresentata da *Multipolygon 3D, boundary representation*.

Involucro edilizio trasparente: superficie vetrata del corpo edilizio, rappresentata da *Multipolygon 3D*, *boundary representation*.

Contesto: l'entità rappresenta tutte le caratteristiche del territorio in cui sono localizzati le zone termiche investigate. *Multipolygon 3D*.

Le altre entità alfa-numeriche della base dati sono:

Impianto di riscaldamento e/o ACS: caratteristiche relativa al sistema di produzione, erogazione, distribuzione e generazione dell'impianto di riscaldamento e dell'ACS della zona termica e ai consumi reali su base periodica.

Regolazione impianto di riscaldamento e/o ACS: caratteristiche relativa al sistema di regolazione dell'impianto di riscaldamento e dell'ACS della zona termica, che per una impianto e quindi per una zona termica possono essere molteplici.

Utenza: rappresenta la sintesi delle caratteristiche di composizione, presenza, usi e comportamenti degli occupanti.

Fonte rinnovabile (integrativa riscaldamento e/o ACS): per la definizione data di zona termica e per semplificazione gli impianti o i sistemi integrativi da fonti rinnovabili per il riscaldamento o la produzione di ACS vengono definiti come entità a sé stante.

Intervento: rappresenta i tipi di riqualificazione energetica già effettuati e relazionati al corpo edilizio, alla singola zona termica o al suo impianto.

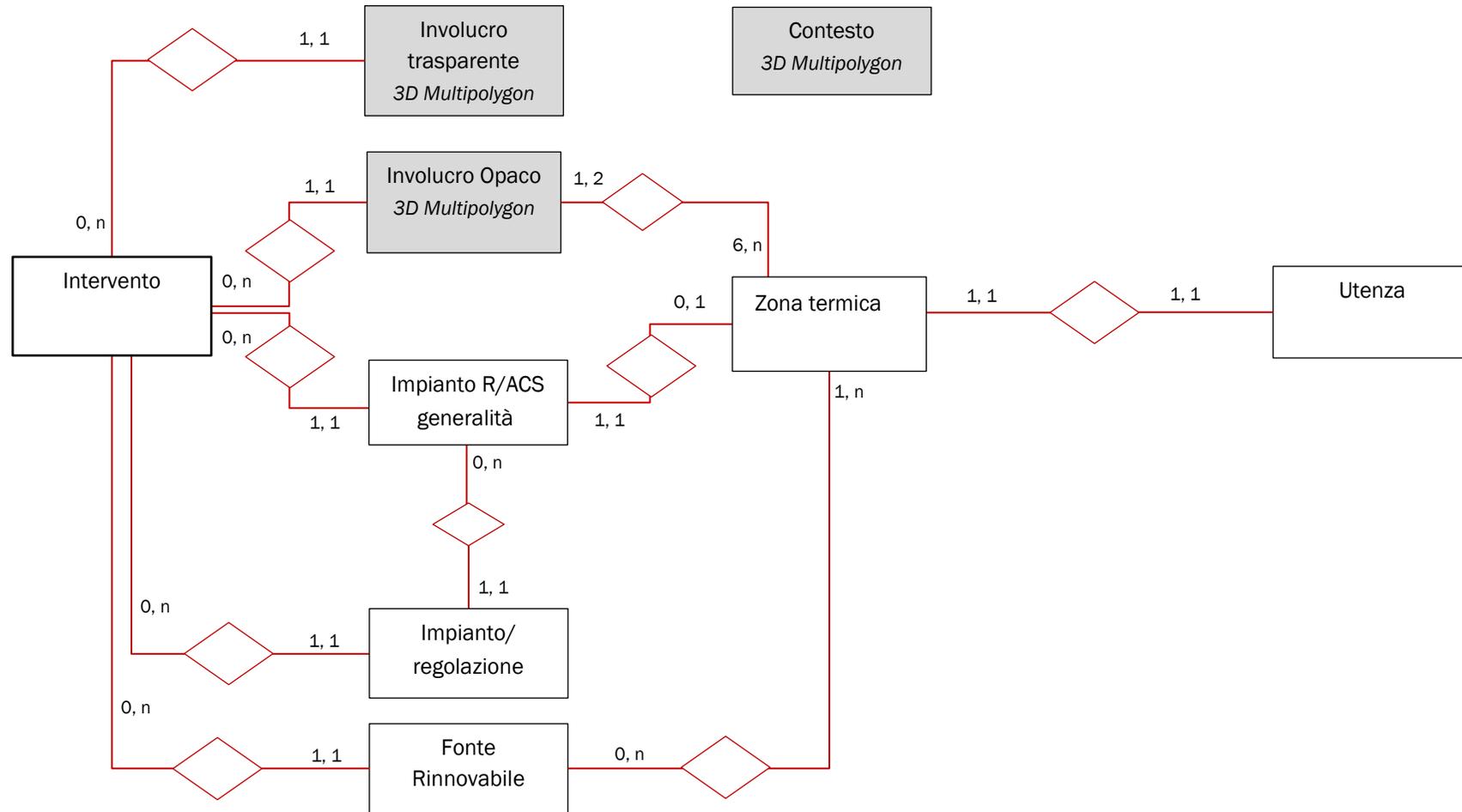
11.2 Relazioni tra entità

Le relazioni tra entità sono sia di tipo alfa-numerico che spaziale e sono ripotate nel modello E-R a seguire, in particolare è di tipo spaziale la relazione tra *zona termica* e *involucro opaco*, quest'ultimo infatti costituisce il *boundary* della *zona termica*.

Anche le relazioni tra *involucro opaco* e *involucro trasparente* sono di tipo spaziale sulla base delle geometrie.

Quindi l'*involucro opaco*, l'*involucro trasparente* e la *zona termica* devono costituire un modello tridimensionale, comprensivo di semantica e geometria. Tale modello deve includere tutti gli attributi necessari all'analisi della situazione e ogni elemento essenziale per accedere agli altri dati presenti nel sistema.

11.3 Schema E-R



11.4 Generalizzazione della Base informativa per la scala urbana

In un contesto di misurazione e valutazione a scala urbana si è scelto di operare secondo i principi della generalizzazione spaziale che consentono di mantenere l'entità minima di rilievo, coincidente con la zona termica, e al contempo di formulare opportune aggregazioni, coincidenti con edifici o isolati urbani.

Anziché generare un'entità più ampia nel modello concettuale rappresentato dallo Schema E-R sopra riportato, si è deciso di operare sulla definizione di zona termica, che quindi si trasforma in funzione della scala.

Il modello concettuale precedente rappresenta lo schema di maggior dettaglio, se però non fosse possibile operare a tale livello, la zona termica va definita in modo più ampio e potrà coincidere con un edificio, un complesso di edifici adiacenti, un isolato.

Le entità collegate, in fase di generalizzazione, andranno a modificarsi secondo le seguenti regole: l'utenza sarà l'utenza complessiva, gli impianti saranno gli impianti complessivi e tutti i valori saranno mediati.

In sintesi si introduce il concetto e di conseguenza l'entità *aggregatore di zona termica*, che può essere:

- un edificio composto da uno o più unità abitative, con caratteristiche termo-fisiche omogenee, con impianti autonomi o unico impianto centralizzato contabilizzato;
- un edificio composto da uno o più unità abitative, con caratteristiche termo-fisiche omogenee, con unico impianto centralizzato non contabilizzato;
- un complesso di edifici adiacenti le cui pareti tra unità abitative, o comunque tra zone adiacenti, si considerano adiabatiche e con caratteristiche termo-fisiche omogenee.

Le modalità di aggregazione dipendono dagli obiettivi che si pone l'amministrazione e dalla disponibilità dei dati, funzione delle risorse informative già disponibili o della campagna di raccolta ipotizzata. E' quindi possibile che si possa disporre di:

- dati termo-fisici e geometrici del corpo edilizio, senza dettaglio relativo alle unità abitative che lo compongono;
- dati termo-fisici e geometrici di uno o più unità abitative dell'edificio o del corpo edilizio.

Valutato quindi che a scala urbana l'unità di rilievo più idonea è l'aggregatore di zone termiche, sia esso un edificio, un corpo edilizio complesso o un isolato, dovrebbe essere possibile:

- utilizzare la geometria dell'aggregatore e potervi afferire le caratteristiche termo-fisiche rilevate dalla singola unità abitativa;
- utilizzare la geometria e le caratteristiche termo-fisiche dell'aggregatore per poter fare delle valutazioni su ogni singola unità abitativa (dati sulle utenze e sugli impianti) di cui è composto, accettando necessariamente alcune semplificazioni e incertezze.

Il secondo schema E-R della base dati, sempre per le regole di generalizzazione, avrà quindi come altre entità spaziali:

Involucro opaco: insieme delle superfici confinanti con l'aggregatore, con lo stesso orientamento e proprietà termo-fisiche, sia orizzontali (solai/sottotetto) che verticali (pareti esterne, pareti confinanti con spazi non riscaldati). L'entità è rappresentata da *Multipolygon 3D, boundary representation*.

Involucro trasparente: insieme delle superfici vetrate dell'aggregatore, per semplificare i calcoli si è preferito trattarla come elemento unico per singolo orientamento, la cui area è data dalla sommatoria delle aree dei singoli involucri. L'entità è rappresentata da *Multipolygon 3D, boundary representation*.

Contesto: non subisce modifiche. *Multipolygon 3D*.

Le entità alfa-numeriche della base dati generalizzata sono invece:

Sistema degli impianti di riscaldamento e/o ACS: rappresenta un impianto virtuale, che ha caratteristiche pari alla somma delle caratteristiche degli impianti delle diverse zone termiche e ne descrive le specifiche di produzione, erogazione, distribuzione e generazione, nonché i consumi reali su base periodica dell'*aggregatore di zone termiche*.

Regolazione impianto di riscaldamento e/o ACS: caratteristiche relative al sistema di regolazione del sistema degli impianti di riscaldamento e ACS dell'*aggregatore di zone termiche*.

Insieme delle utenze: rappresenta la sintesi delle caratteristiche di composizione, presenza, usi e comportamenti degli occupanti dell'*aggregatore di zone termiche*.

Insieme delle fonte rinnovabili (integrativa riscaldamento e/o ACS): tiene conto dell'insieme dei sistemi integrativi da fonti rinnovabili per il riscaldamento o la produzione di ACS.

Insieme degli Interventi: rappresenta i tipi di riqualificazione energetica già effettuati e relazionati all'*aggregatore di zone termiche* o al sistema degli impianti dell'*aggregatore*.

11.5 Relazioni tra entità

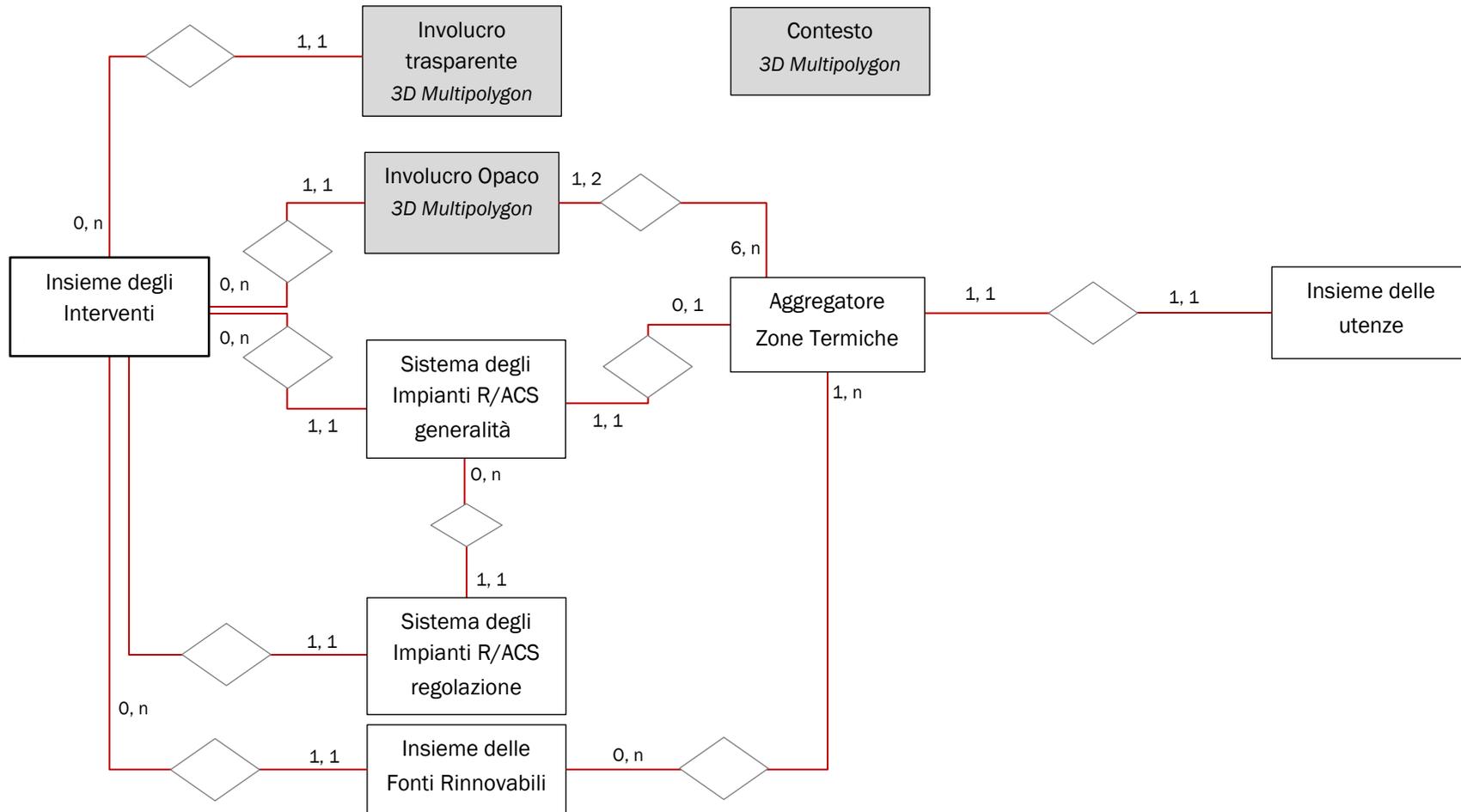
Le relazioni sono analoghe a quelle già esplicitate nello schema precedente.

In particolare le relazioni spaziali sono riferite a:

- *aggregatore di zone termiche e involucro edilizio opaco*;
- *involucro opaco e involucro trasparente*.

Come in precedenza l'*involucro opaco*, l'*involucro trasparente* e l'*aggregatore di zone termiche* devono costituire un modello tridimensionale, comprensivo di semantica e geometria.

11.6 Schema E-R per la scala urbana



12 Modellazione logica

Lo schema E-R sopra realizzato è utile nella fase di modellazione concettuale della base dati. I DBMS non operano però direttamente sugli schemi E-R, è necessario quindi che siano tradotti in altre schematizzazioni, al fine di ottimizzare ed esplicitare la base dati (Atzeni, 1999). Nella modellazione logica entità e relazioni vengono espresse in tabelle, che riportano gli attributi delle entità e il tipo di dato che li descrivono.

12.1 Esplicitazione delle entità e degli attributi

Si riportano le tabelle principali della base dati. Non sono inserite le tabelle di decodifica, le tabelle dati secondarie e i dati che la UNI TS 11300 assume come fissi o già calcolati relative per esempio alla gestione dei fattori di correzione o alla capacità termica. Per il tipo di dato si adotta la notazione inglese di SQL. In grigio sono segnati gli attributi derivati o derivabili da operazioni sulle entità spaziali: *Involucro opaco*, *Involucro trasparente*, *Contesto*.

Si fa notare che il trattamento spaziale di alcune entità fa ridurre notevolmente il numero di variabili, in quanto le caratteristiche geometriche e spaziali sono intrinseche all'entità. Possono comunque essere esplicitate, qualora necessario, per esempio nella fase di costruzione degli indicatori, come attributo alfa-numerico all'interno della base dati.

Zona termica

Nome	Tipo dato	Descrizione
ID_zona termica	Integer	Chiave Primaria
Datazione	Text	Fa riferimento ad una classificazione per epoche. Si trasforma nella tabella di decodifica: "Cod_datazione"
Tipo_zona	Text	Fa riferimento ad una classificazione per tipologia di zona termica: unità abitativa in condominio, abitazione singola, ecc. Si trasforma nella tabella di decodifica: "Cod_tipo_zona"
Struttura	Text	Fa riferimento ad una classificazione per struttura portante edilizia. Si trasforma nella tabella di decodifica: "Cod_tipo_struttura"
Uso_confine superiore	Text	Confine superiore della zona termica, può essere derivato dall'entità "involucro opaco"
Uso_confine inferiore	Text	Confine superiore della zona termica, può essere derivato dall'entità "involucro opaco"
Numero piani della zona termica	Integer	Piani della zona termica, può eventualmente essere derivata dall'entità "involucro opaco"
Volume lordo riscaldato	Float	Derivata da operazione spaziale su entità "involucro opaco"
Volume netto riscaldato	Float	Derivata da operazione spaziale su entità "involucro opaco"

Involucro opaco

Nome	Tipo dato	Descrizione
ID_Involucro_opaco	integer	Chiave primaria

Tipo_involucro	Text	Tipo involucro: parete esterna, solaio su terreno, solaio su sottotetto, ecc. fa riferimento a tabella di decodifica "Tipo_involucro"
Descrizione_involucro	Text	Descrizione involucro: muratura in mattoni faccia vista, fa riferimento a tabella di decodifica "Descr_involucro".
Trasmittanza	Float	Derivata da tabella secondaria "Trasmittanza pareti"
Maggiorazione ponti termici	Float	Derivata da tabella secondaria "Ponti termici"
Fattore di correzione verso terreno	Float	Derivata da tabella secondaria "Scambio termico_terreno"
Fattore di correzione verso ambienti non climatizzati	Float	Derivata da tabella secondaria "Scambio ambienti non climatizzati"
Presenza Isolamento	Bit	Presenza/assenza di isolamento pareti, solai, coperture.
Tipo Isolamento	Integer	Tipo isolamento parete, fa riferimento a tabella di decodifica "Cod_isolamento"
Fattore di assorbimento pareti	Float	Derivata da tabella secondaria "Colore_finitura esterna"
Irradianza media mensile verticale	Float	Piano della zona termica, può essere dall'entità "involucro opaco"
Capacità termica	Integer	Capacità termica per unità di superficie involucro, derivata da tabella secondaria "Capacità termica"
Superficie	Float	Valore derivato da operazione spaziale, rappresenta l'area di ogni singolo involucro
Orientamento involucro_esterno	Text	Valore derivato da operazione spaziale, trasformato in testo per lettura semplificata
Fattore di riduzione ombreggiatura	Float	Valore derivato da operazione spaziale

Involucro trasparente

Nome	Tipo dato	Descrizione
ID_Involucro_trasparente	integer	Chiave Primaria
Materiale Telaio	Text	Materiale con cui è costruito il telaio, deriva da tabella di decodifica "Cod_telaio"
Tipo vetro	Text	Tipo di vetro dell'involucro trasparente, deriva da tabella di decodifica "Cod_vetro"
Qualità telaio	Text	Qualità vetro dell'involucro, deriva da tabella di decodifica "Qualita_vetro"
Trasmittanza complessiva	Float	Derivata da tabella secondaria "Trasmittanza_serramenti"
Trasmittanza solare	Float	Derivata da tabella secondaria "Trasmittanza_solare"
Fattore riduzione schermature mobili	Float	Derivata da tabella secondaria "Fattore_riduzione_schermatura"
Superficie	Float	Valore derivato da operazione spaziale, rappresenta l'area di ogni singolo involucro trasparente

Fattore di riduzione ombreggiatura	Float	Valore derivato da operazione spaziale
Orientamento involucro trasparente	Text	Valore derivato da operazione spaziale, trasformato in testo per lettura semplificata

Contesto

Nome	Tipo dato	Descrizione
ID_contesto	Integer	Chiave primaria
Temperatura esterna	Float	Derivata da tabella secondaria "Temperatura media giornaliera" e da interpolazione
Forza del vento	Float	Derivata da tabella secondaria "Forza del vento media giornaliera" e da interpolazione
Direzione del vento	Text	Derivata da tabella secondaria "Direzione vento media giornaliera" e da interpolazione
Umidità relativa	Integer	Derivata da tabella secondaria "Umidità media giornaliera" e da interpolazione
Irradianza solare sul piano orizzontale	Float	Derivata da tabella secondaria "Irradianza solare media giornaliera" e da interpolazione
Albedo	Float	Deriva da tabella di decodifica: "Caratteristica uso del suolo"
Esposizione versante	Text	Derivata da operazione spaziale
Latitudine	Float	Intrinseca all'entità spaziale
Quota	Integer	Intrinseca all'entità spaziale

Impianto di riscaldamento e ACS

Nome	Tipo dato	Descrizione
ID_impianto	Integer	Chiave Primaria
Tipo Impianto	Text	Definisce se l'impianto è autonomo o centralizzato
Fonte	Text	Definisce il vettore energetico. Fa riferimento alla tabella di decodifica "Cod_tipo_fonte"
Produzione	Text	Definisce se l'impianto produce riscaldamento e/o ACS
Tipo_distribuzione	Text	Definisce il tipo di distributori interna. Fa riferimento alla tabella di decodifica
Distribuzione	Text	Definisce se la distribuzione interna montanti è verticale o orizzontale
Anno realizzazione impianto	Integer	Anno in cui è stato realizzato e completamente ristrutturato l'impianto
Anno installazione caldaia	Integer	Anno di installazione della caldaia
Rendimento distribuzione	Integer	Rendimento di distribuzione impianto, fa riferimento alla tabella secondaria "rendimento_distribuzione"
Rendimento generazione	Integer	Rendimento di distribuzione impianto, fa riferimento alla tabella secondaria "rendimento_generazione"

Rendimento produzione	Integer	Rendimento di distribuzione impianto, fa riferimento alla tabella secondaria "rendimento_produzione"
Modello_Caldaia	Text	Modello della Caldaia
Potenza_Nominale	Integer	Potenza nominale della caldaia
Consumi termici	Float	Consumi termici espressi in Kw/h

Regolazione impianto

Nome	Tipo dato	Descrizione
ID_Regolazione	Integer	Chiave Primaria
Tipo_dispositivo	Text	Tipo dispositivo di regolazione della caldaia, è una tabella a parte perché possono essercene più di uno
Rendimento regolazione	Float	Rendimento di distribuzione impianto, fa riferimento alla tabella secondaria "rendimento_regolazione"

Fonte Rinnovabile

Nome	Tipo dato	Descrizione
ID_Fonte	Integer	Chiave Primaria
Tipo_fonte	Text	Tipo fonte rinnovabile, può essere un impianto solare termico oppure un apparecchio di produzione di calore come stufa a pellets, camino ad areazione forzata, ecc.
Tipo_produzione	Text	Tipo produzione impianto, può essere, riscaldamento, ACS, entrambi.
Anno installazione	Integer	Anno di installazione o messa in funzione dell'impianto
Potenza installata	Float	Potenza, indicativa o dichiarata dell'impianto rinnovabile

Utenza*

Nome	Tipo dato	Descrizione
ID_Utenza	Integer	Chiave Primaria
Nome_riferimento	Text	Dati anagrafici capofamiglia
Cognome riferimento	Text	Dati anagrafici capofamiglia
Numero Componenti	Integer	Numero complessivo occupanti
Numero Pensionati	Integer	Numero complessivo pensionati
Numero Utenti	Integer	Numero degli utenti che occupano normalmente la z.t.
Luogo Lavoro	Bit	Verifica se la zona termica è anche luogo di lavoro
Proprietà	Bit	Verifica se la zona termica è di proprietà o gli occupanti sono in affitto
Presenze settimanali	Text	Presenze medie settimanali in casa di almeno una persona, fa riferimento a tabella di decodifica "cod_presenze"
Programmazione invernale riscaldamento	Text	Programmazione del riscaldamento, fa riferimento alla tabella di decodifica "Cod_programmazione"

Temperatura max interna inverno	Integer	Temperatura interna massima di regolazione invernale
Temperatura min interna inverno	Integer	Temperatura interna minima di regolazione invernale
Programmazione stagioni intermedie	Text	Programmazione del riscaldamento, fa riferimento alla tabella di decodifica "Cod_programmazione"
Temperatura max interna intermedia	Integer	Temperatura interna massima di regolazione stagioni intermedie
Temperatura min interna intermedia	Integer	Temperatura interna minima di regolazione stagioni intermedie
Areazione finestre	Bit	Registra l'abitudine ai ricambi d'aria nei locali
Chiusura radiatori	Bit	Registra l'abitudine alla chiusura dei termosifoni nelle stanza poco utilizzate
Docce/bagni settimanali	Integer	Registra il numero di docce/bagni settimanali complessivi
Acqua calda Piatti	Bit	Registra l'abitudine all'utilizzo di acqua calda nel corso del lavaggio piatti
Pentole su fuoco adeguato	Bit	Registra l'abitudine a porre le pentole sui fuochi adeguati
Utilizzo coperchio pentola	Bit	Registra l'abitudine all'utilizzo dei coperchi in cucina
Percezione comfort interno	Text	Registra la percezione di comfort interno degli utenti
Disponibilità interventi	Bit	Registra la volontà di realizzare interventi o acquisti orientati al risparmio e all'efficienza energetica
Conoscenza consumi	Bit	Registra la consapevolezza sui consumi termici

Intervento

Nome	Tipo dato	Descrizione
ID_intervento	Integer	Chiave Primaria
Tipo_intervento	Text	
Anno realizzazione	Integer	

13 Realizzazione della Base informativa

13.1 Scelta del GeoDBMS

L'orientamento condiviso da qualche anno dalla comunità scientifica, dalle istituzioni pubbliche e dalla componente privata e commerciale è quello di garantire l'interoperabilità di dati e servizi geografici, ovvero di poter scambiare e usare mutuamente le informazioni.

L'interoperabilità è resa possibile attraverso l'adozione di standard che il *TC211 (Technical Committee) ISO*, già dal 1994, e successivamente l'*Open Geospatial Consortium (OGC)* hanno realizzato per la strutturazione e l'archiviazione di dati geografici, con attributi spaziali e non spaziali.

La scelta del *GeoDBMS* da utilizzare per la Base informativa, per essere esportabile e comunque attenersi ai principi dell'interoperabilità, deve quindi avere come caratteristica principale quello di essere *standard compliant*, in particolare fare riferimento alle specifiche OGC:

- Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 1: Common architecture;
- Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 2: SQL option.

In particolare la seconda specifica prevede un insieme di dati di tipo spaziale e di funzioni per la loro gestione. In generale una geometria 2D si dice semplice (*simple*) se non contiene auto-intersezioni (*self-intersection*).

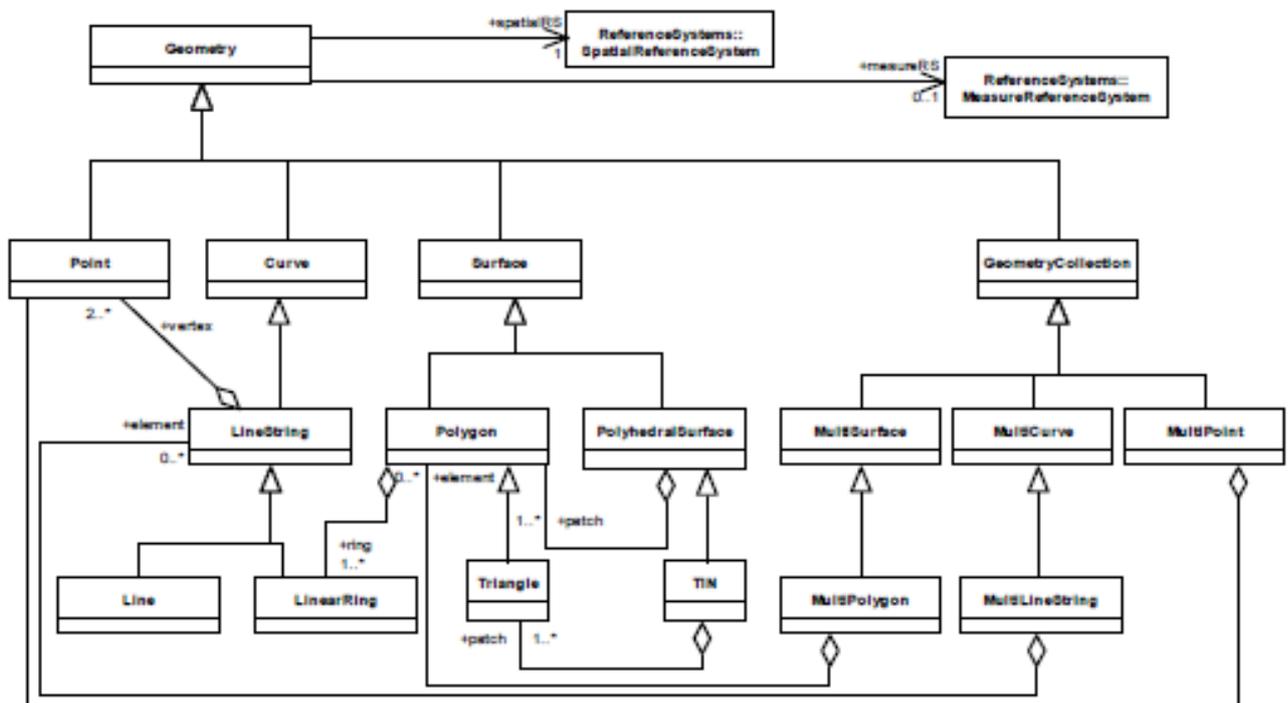


Figura 19: Gerarchia della classi geometriche (Fonte: OGC®)

La struttura delle classi, di tipo gerarchico e definita con notazione *UML*, ha come vertice della piramide la classe *GEOMETRY* ed è caratterizzata da un sistema di coordinate (SRID) e dal fatto di essere astratta e quindi non istanziabile. Tutte le altre sottoclassi, come *point*, *linestring* o *polygon*, *multipoint*, *multilinestring*, *multipolygon*, ecc derivano dalla classe *GEOMETRY*.

In questo modo ogni classe è trattata come un oggetto *GEOMETRY* e ogni funzione operante su *GEOMETRY* può essere applicata a tutti gli altri oggetti spaziali.

La specifica prevede un ampio insieme di operatori SQL per le varie geometrie supportate, definendo inoltre i formati per la rappresentazione esterna dei dati spaziali: *WKB, Well Known Binary* e *WKT, Well Known Text*.

I *GeoDBMS* commerciali *standard compliant* disponibili sono:

- ESRI ArcSDE;
- Oracle Spatial.

I *GeoDBMS* *open source standard compliant* disponibili sono:

- PostGIS/PostGreSQL;
- MySQL.

13.2 Modellazione 3D in CityGML

La scelta del formato di memorizzazione dei dati è fondamentale per assicurare riusabilità e versatilità al progetto. Le classi di geometrie istanzabili definite dalle specifiche OGC sono ristrette a geometrie con 0,1 e 2 dimensioni che esistono nello spazio di coordinate bidimensionale.

Se si assume di adottare per la Base informativa un approccio *standard compliant*, è necessario individuare altri linguaggi e specifiche in grado di poter rappresentare le entità della base dati nello spazio 3D.

I formati tridimensionali standard, emanati dall'*Open Geospatial Consortium*, sono il *Keyhole Markup Language (KML)* e il *CityGML*.

L'ambito applicativo necessita comunque della presenza della semantica all'interno del formato e l'espandibilità con proprietà ed elementi personalizzati, al fine di veicolare non solo la geometria ma anche i dati ad essa relativi. Date queste esigenze, l'unico formato adatto allo scopo ad oggi disponibile è *CityGML*, come già riportato nel capitolo 3.

CityGML application domain extensions (ADE)

CityGML è stato progettato come formato indipendente dall'applicazione per i modelli 3D urbani. Esistono tuttavia alcune tipologie di informazioni aggiuntive che devono essere modellate e scambiate con precisione.

CityGML consente l'inclusione di informazioni proprie del dominio applicativo direttamente nell'istanza del documento. Questo approccio è particolarmente utile ed efficace quando l'informazione specifica segue essenzialmente la stessa struttura definita dallo schema *CityGML*. E' quindi sufficiente definire una serie di attributi capaci di integrarsi ai dati predefiniti. Questo compito può essere svolto senza modificare lo schema XML grazie alla presenza degli attributi generici.

Poiché in questo caso l'applicazione è ben strutturata sembra più opportuno rappresentarla in modo sistemico e vincolato tramite la definizione di uno schema aggiuntivo basato sulle schematiche *CityGML* esistenti. Tali estensioni vengono chiamate *CityGML Application Domain Extension (ADE)* e permettono la validazione sia sullo schema ufficiale che su quello personalizzato.

Uno schema XML *ADE* può definire numerose estensioni a *CityGML*, raggruppabili in due categorie specifiche:

- Nuovi tipi di *feature* definite nel namespace dell'*ADE* e basate su classi *CityGML* sia astratte che concrete. Viene utilizzato il concetto degli schemi applicativi di *GML*. I nuovi tipi di *feature* devono essere derivati da tipi esistenti ed ereditano automaticamente tutte le proprietà e le associazioni della classe padre *CityGML*.
- Estensioni a tipi di *feature* esistenti, utilizzabili nel namespace *ADE*. Queste nuove proprietà possono includere tipi semplici o complessi, lasciando spazio anche a geometrie aggiuntive. Tali estensioni possono essere utilizzate per mettere in relazione *feature* diverse.

Per svolgere questo compito, *CityGML* offre un meccanismo di *hooking* che consente agli schemi *XML ADE* di definire nuove proprietà sostituendo una classe astratta apposita. Ogni elemento dello schema ufficiale *CityGML* offre infatti un elemento “_GenericApplicationPropertyOf<Feature>” che può essere ripetuto secondo necessità.

Si precisa che le operazioni spaziali si eseguono da dati 3D e quindi non è necessario che il formato le supporti esplicitamente essendo tutto è implicito nella geometria.

CityGML applicato alla Base informativa

Gli elementi della Base informativa che necessitano di modellazione tridimensionale sono:

- Aggregatore di zone termiche – Building
- Zona termica – Thermal Zone
- Involucro opaco – Opaque building element
- Involucro trasparente – Transparent building element

La geometria degli edifici e degli elementi edilizi è di tipo *MultiPolygon 3D* e può essere quindi agilmente contenuta in un modello *CityGML*. In particolare si assume che l'elemento Building possieda una propria geometria per la visualizzazione dell'esterno e che gli elementi edilizi siano visualizzabili solo internamente e caratterizzati dalla presenza di porte e finestre. Queste premesse comportano l'uso del livello di dettaglio più elevato, soprattutto in funzione del modello tematico richiesto.

Dall'analisi effettuata è possibile correlare gli elementi della base Informativa al formato *CityGML* come segue.

Base informativa	CityGML
Aggregatore Zone Termiche/Thermal zone collection	Bldg:Building
Zona Termica/Thermal zone	Bldg:Room
Involucro opaco/Opaque envelope element	Bldg:BoundarySurface
Involucro Transparent/Transperent envelope element	Bldg:Opening

Tabella 7: Correlazione degli elementi della Base informativa e il formato *CityGML*

Si noti che la definizione di *zona termica* della Base informativa e di *Room* per *CityGML* possono essere accomunate, così come quelle di *aggregatore di zona termica* e *Building*. Non esiste infatti un vincolo stretto sulla geometria da adottare che può quindi riguardare più piani e più stanze o vani contigui.

Nel corso del progetto PRIN 2007 (si veda l'introduzione al capitolo 8) è stato predisposto uno schema *XML ADE* che fornisce nel formato *CityGML* gli attributi definiti nel modello dei dati.

14 Popolamento e controllo dei dati

14.1 Analisi di sensibilità dei dati ai fini del risultato

Lo screening dei dati porta alla valutazione dell'influenza degli stessi sul risultato finale. Il numero elevato delle variabili che lo influenzano e la complessità dell'analisi che altrimenti occorrerebbe effettuare, rendono necessaria una selezione delle cosiddette variabili "critiche", cioè quelle il cui scostamento dal valore della miglior stima influisce maggiormente sugli indicatori sintetici di risultato. Tale valutazione è possibile attraverso un'analisi di sensitività svolta con l'utilizzo di dati noti derivati da un campione e un'indagine delle variazioni al variare dei dati immessi.

Una volta individuate le variabili critiche è possibile procedere alla campagna di acquisizione dati.

14.2 Analisi e validazione delle risorse informative

Il popolamento della base dati è costituito dall'analisi delle risorse, o giacimenti informativi, esistenti, che si attua attraverso tre momenti fondamentali:

- 1) la mappatura dei dati, degli archivi cartacei e informatizzati, della documentazione e della sensoristica in possesso, a diverso titolo, degli attori territoriali. Il coinvolgimento diretto di questi ultimi fin dalle fase preliminari di progettazione della Base informativa rende sicuramente la mappatura più speditiva, determinando proprietà e responsabilità di aggiornamento dei dati, che diventano così informazioni necessarie al disegno delle procedure di aggiornamento;
- 2) l'analisi qualitativa, quantitativa e formale dei dati, che determina la strategia di passaggio da dato grezzo a dato validato, che è effettivamente il valore immesso nella base dati;
- 3) la valutazione delle strategia di acquisizione dei dati mancanti, che in questa proposta va messa in relazione con la strategia di coinvolgimento e partecipazione dei diversi attori territoriali; il carattere fondante della Base informativa che si propone è di essere appunto pluriattoriale, per cui la strategia di acquisizione dei dati non solo predilige un approccio partecipativo, ma ne fa il punto di forza, l'elemento significativo.

La strategia di validazione e di immissione degli attributi nella base dati varia al variare del tipo di input; la fase di analisi delle risorse informative deve quindi individuare in prima istanza se si è in possesso di dati:

Disponibili ed utilizzabili senza elaborazioni, derivati da archivi informatizzati esistenti. Si tratta evidentemente della situazione ideale, in quanto non sono necessarie rielaborazioni dei dati, la verifica qualitativa può anche non essere svolta, oppure essere realizzata tramite semplici tecniche statistiche, quali il calcolo della media e della deviazione standard, mentre l'eventuale verifica formale prevede il trattamento o la correzione di valori nulli, campi vuoti e anomalie.



Disponibili da archivi informatizzati ma utilizzabili dopo un processo di verifica, normalizzazione⁶³ e validazione dei dati. E' un caso abbastanza frequente e necessita di un'analisi più approfondita dei dati, analoga a quella precedente, sia di tipo qualitativo che formale. Sono inoltre necessarie trasformazioni del dato per poterlo immettere nella base dati. Tali operazioni possono per esempio essere:

- costruzioni di chiave primaria necessarie per effettuare il collegamento (*join*) con le tabelle della base dati;
- raggruppamento (*group by*) di valori, anche descrittivi, in campi numerici o in *range* di valori.

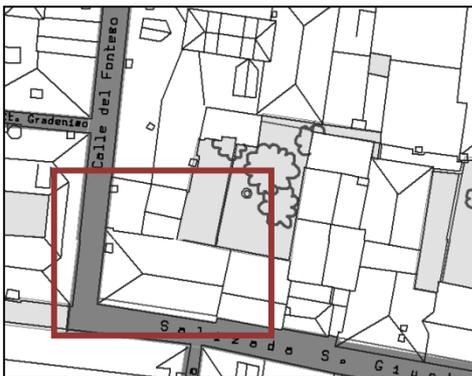
⁶³ Per normalizzazione si intende il processo di organizzazione dei dati in un database

E' il caso dei dati sulle utenze derivabili dalla banca dati anagrafe, per cui è necessario costruire la chiave primaria, solitamente a partire dal concatenamento di valori relativi all'indirizzo (via_civico:sub), al fine di poter attribuire i dati sugli occupanti ad ogni singola *zona termica* (ovvero unità abitativa) o *aggregatore di zone termiche* (ovvero edificio o isolato). Il codice famiglia e la chiave primaria così costruita possono essere raggruppati per derivare il numero di occupanti e la loro composizione (maschi/femmine/età ecc.) per ogni singola *zona termica* o *aggregatore*.



Una valutazione a parte va fatta nel caso di trattamento dei dati geometrici derivati da risorse informative costruite a scale diverse e quindi con differenti valori sia di precisione che di accuratezza metrica, l'analisi qualitativa in questo caso deve essere molto più approfondita e svolta attraverso verifica dell'errore tra dato reale, reperito da rilievo sul campo o da disegni a scala architettonica, e dato derivato.

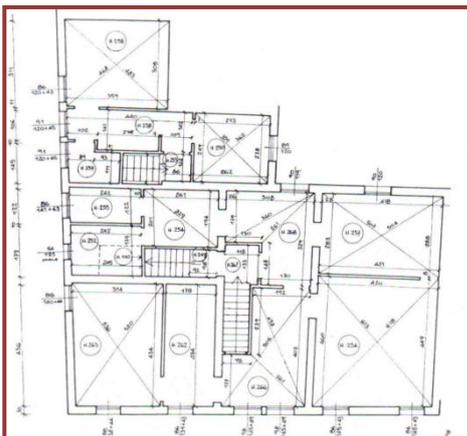
Le successive procedure sul dato dipendono dall'errore; se si tratta di errore non casuale, è possibile immettere un fattore correttivo, altrimenti è necessario fare una valutazione di sensibilità del dato, come meglio definito al paragrafo 14.3, accettando eventualmente un risultato meno accurato.



Carta Tecnica Comunale, 1:2.000



Catasto Urbano, 1:2.000



Pianta piano tipo, 1:200

Figura 20: Rappresentazione cartografica degli edifici a diverse scale

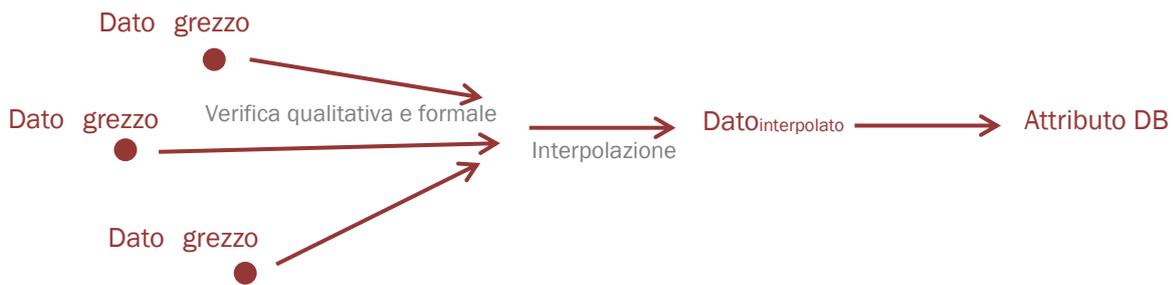
Dati derivabili da operazioni su altri dati disponibili. Sono funzioni di altri dati ricavabili da banche dati esistenti, per i quali la valutazione della qualità e dell'aspetto formale si sposta agli archivi di origine. Un caso particolare, espressivo anche delle potenzialità dei Geodatabase, sono i dati ricavabili dalle proprietà geometriche delle entità spaziali, proprietà intrinseche di ogni *feature*, che possono eventualmente essere esplicitate come attributi numerici, calcolate *off line* ed immesse

nella base dati, o essere calcolate *on demand*, all'interno della base dati. E' il caso dell'attributo "Volume netto riscaldato" o della "Superficie" degli involucri opachi e trasparenti.



Dati derivabili da tecniche di interpolazione numeriche e/o spaziali. Un'altra possibile soluzione al popolamento della base dati è quella di identificare e analizzare archivi esistenti o serie di dati provenienti da sensori che possono essere utilizzati per adottare tecniche di interpolazione, al fine di individuare valori anche su entità non campionate. Le tecniche di interpolazione non spaziale sono già utilizzate in ambito UNI per il calcolo delle temperature medie mensili e dell'irradianza media mensile sul piano orizzontale o su piani inclinati e orientati.

In alternativa, al fine di considerare le influenze spaziali del contesto, per esempio morfologiche e climatiche, è possibile operare con tecniche di interpolazione spaziale, in parte descritte nel paragrafo 5.3. I metodi e gli strumenti utilizzabili sono piuttosto numerosi per cui è possibile optare tra un'ampia scelta che va fatta in funzione del risultato che si vuole ottenere e dal tipo e numero di variabili a disposizione. In ogni caso, i risultati devono essere validati attraverso raffronti con misure su punti noti, solitamente attraverso analisi statistica sui residui della *cross validation*.



14.3 Strategia di integrazione dati

Alcuni dati o tipologie di dati, in particolare quelli derivati da variabili *comportamentali*, *percettive*, *fisiche* non sono registrati in archivi o reperibili da documentazione. Analogo problema si riscontra spesso per i dati sulle caratteristiche degli impianti o termofisiche degli edifici, specifici del dominio applicativo energetico e quindi non derivabili da altre fonti.

Si è più volte ribadito che l'elemento caratterizzante di questa proposta è la sua costruzione condivisa di conoscenza, per cui tra le possibili alternative di acquisizione dei dati mancanti, quali l'installazione di sensori, o assunzioni statistiche, si privilegia quella svolta attraverso il contributo degli attori territoriali, in particolare gli occupanti della zone termiche, e mediante le due tecniche analizzate nel capitolo 7, ovvero il monitoraggio dei consumi e l'indagine. L'adozione di entrambe le tecniche è dovuto a ragioni pragmatiche, il monitoraggio intercetta infatti i consumi termici, ma nulla dice sulle loro cause; può quindi essere efficace dal punto di vista della sensibilizzazione, e per un'analisi approfondita sull'andamento dei consumi in ragioni di fattori esterni, in particolare attraverso l'adozione del metodo della Firma energetica, tuttavia non integra la base dati con i dati sulle utenze o degli impianti, che devono pertanto essere reperiti con l'indagine, che al contrario può essere effettuata anche senza il supporto del monitoraggio dei consumi, eventualmente richiesti con frequenza annuale alle *utility*. In questo modo l'indagine resta però un momento isolato e quindi diminuisce il suo valore partecipativo.

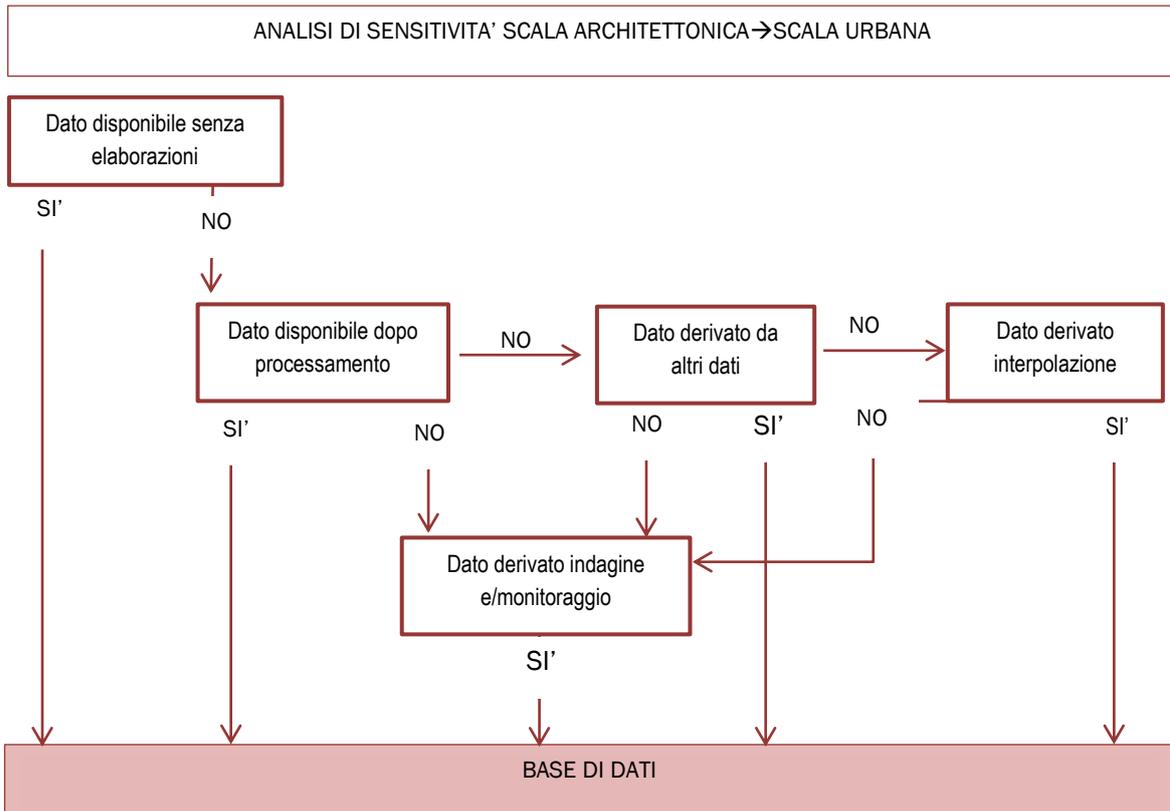


Figura 21: Possibile strategia di acquisizione dei dati

Il monitoraggio dei consumi termici domestici, considerato lo stato e il costo delle tecnologie, ovvero della sensoristica per la loro registrazione, ad oggi può essere effettuato solo attraverso la lettura diretta dei consumi da parte degli utenti (a meno di realizzare specifici progetti che prevedono l'installazione della strumentazione citata nel capitolo 3, ma che solitamente avviene per casi di analisi e ricerche particolari e su edifici pubblici), mentre possono variare le modalità di trasmissione dei dati. Certamente l'utilizzo del web, ovvero di un'interfaccia per la registrazione dei consumi, facilita l'archiviazione e l'elaborazione dei dati essendo gli stessi utenti a popolare la banca dati. Questo comporta ovviamente un'attenta analisi sulla tipologia di utenza che si ha di fronte, poiché non è possibile non tener conto del diverso grado di confidenza che gli utenti hanno con le tecnologie informatiche.

Le stesse modalità di realizzazione delle indagini possono essere automatizzate, come è stato evidenziato nel capitolo 7, il problema resta l'inclusione/esclusione di alcune categorie di utenti. Un approccio tradizionale alle indagini ha il vantaggio di instaurare con l'intervistatore uno scambio di opinioni e valutazioni che vanno oltre la semplice domanda/risposta. Tale modalità è stata utilizzata con successo a Copenaghen, dove più di 600 studenti hanno condotto delle interviste porta a porta al fine di raccogliere informazioni sui consumi, ma soprattutto orientate a informare i cittadini sui vantaggi, economici e ambientali, derivabili da un atteggiamento virtuoso.

Questo approccio mette in gioco una serie di altri attori sociali, quali per esempio le associazioni di volontariato, che possono farsi carico della pianificazione delle attività di promozione della campagna di rilevamento, così come della sua attuazione e quindi entrano a far parte attivamente della realizzazione della Base informativa locale. Esistono numerose esperienze in campo ambientale legate alla raccolta dati svolta dai volontari; uno dei vantaggi del loro coinvolgimento, oltre quello di tipo sociale, è dato dal fatto che, almeno in determinati contesti, si tratti di gruppi o individui integrati con il territorio e la popolazione locale e con un livello di conoscenza della materia solitamente più elevato dell'intervistato, dato l'interesse o l'atteggiamento che hanno nei

confronti di tematiche come l'ambiente, la sostenibilità, l'energia, per cui anche il processo formativo per la conduzione proattiva delle interviste può risultare meno difficoltoso.

Il *form* dell'intervista per la conduzione dell'indagine segue la struttura della base dati, ad eccezione di tutti i dati che possono essere acquisiti con le modalità precedenti, che non vanno richiesti agli utenti.

Certamente, sebbene la situazione possa cambiare da territorio a territorio e in base allo stato e al numero di archivi e dati già a disposizione, le interviste toccano buona parte dei dati relativi all'entità "utenza" e agli impianti, sia le loro caratteristiche che le modalità di utilizzo.

Alcune considerazioni vanno infine fatte sulle strategie di erogazione/conduzione dell'indagine, che può essere sostanzialmente pianificata seguendo due direzioni: identificando a priori un campione eterogeneo di famiglie, consistente dal punto di vista della rappresentazione, oppure muovendosi capillarmente sul territorio, cercando di coinvolgere il maggior numero di persone possibili, con azioni fortemente orientate al coinvolgimento, a scapito però del risultato. Anche questa scelta può essere condivisa dagli attori coinvolti nella progettazione e nella realizzazione della Base informativa e dipende dagli obiettivi che si intendono perseguire.

15 Fruizione e pubblicazione della Base informativa

15.1 Costruzione degli indicatori

L'archiviazione dei dati nel *GeoDBMS* consente di poter sfruttare alcuni linguaggi procedurali, sia per definire *query* avanzate che per costruire gli indicatori.

I linguaggi disponibili dipendono dalla scelta del *GeoDBMS*: Oracle, per esempio, supporta *PL/SQL* (*Procedural Language/Structured Query Language*), mentre *PostGres* utilizza *PL/pgSQL* (*Procedural Language/PostgreSQL Structured Query Language*).

Molti degli indicatori di prestazione energetica prevedono una grande mole di dati in ingresso e sono in realtà già la sintesi di altri indicatori o comunque di formule del bilancio energetico.

In base alla complessità di costruzione dell'indicatore è quindi possibile operare all'interno del *GeoDBMS* stesso, predisponendo la procedura di costruzione dell'indicatore, oppure esportare la tabelle in file di interscambio da immettere direttamente nel software di simulazione energetica. E' anche possibile adottare entrambe le soluzioni, come per la predisposizione della Firma energetica (che non è propriamente un indicatore tradizionale, ma definirlo "grafico" sarebbe riduttivo), che prevede come dati in ingresso:

- temperature medie settimanali, derivate dalla tabella della base dati "Contesto";
- coefficiente dispersione termica per trasmissione, calcolato da formula Uni 11300 TS attraverso il software DOCET;
- consumi medi settimanali, derivati dalla tabella della base dati "Impianto".

L'ordine di predisposizione dei campi delle tabelle tiene quindi conto della successiva fase di esportazione verso il modello di calcolo.

Nell'ambito della convenzione con ITC-CNR si è quindi operato in tal senso, e la base dati è stata impostata anche in ragione del tipo di dato da immettere nel software DOCET.

Le formule per la realizzazione degli indicatori sono presentate nella sezione che descrive l'esperimento.

15.2 Pubblicazioni dei risultati

La proposta di Base informativa non prevede la realizzazione di un sistema di visualizzazione e interrogazione dei risultati, che dovrebbe partire proprio dai requisiti utente già espressi nella formulazione della base dati.

Le forme di presentazione dei risultati possono essere diversificate in ragione dei diversi attori coinvolti. L'utilizzo dell'informazione geografica assume importanza non soltanto per il valore aggiunto alle analisi, ma anche per il suo valore comunicativo, provato dalla grande diffusione nel corso degli ultimi anni di portali che fanno dell'informazione spaziale il loro punto di forza.

Le mappe di rappresentazione delle diverse variabili e degli indicatori dovrebbero quindi essere il tavolo di discussione su cui impostare il processo partecipativo.

15.3 Considerazioni sul coinvolgimento degli attori territoriali

Lo schema della Base informativa può essere riletto in funzione del ruolo delle responsabilità e dei contributi che ogni attore assume nelle diverse fasi di realizzazione.

Gli attori principali sono evidentemente gli occupanti delle unità abitative investigate, che in questa proposta sono sia entità da modellare per la definizione delle prestazioni, che i rilevatori delle informazioni; nel corso del processo le utenze diventano quindi:

- elementi da investigare;
- detentori di informazione;
- validatori dell'informazione;
- interlocutori per la discussione dei risultati.

Anche il ruolo degli altri attori territoriali cambia all'interno del percorso di formazione della Base informativa, l'Amministrazione infatti, detiene per definizione una serie di risorse necessarie alla sua costruzione, ma sono anche i rappresentanti del mercato privato a possedere una serie di dati utili a comporre il quadro conoscitivo energetico, soprattutto in un contesto urbano di entità medio-piccola, per cui le pratiche costruttive sono abbastanza ricorrenti e, almeno un tempo, realizzate da imprese locali.

Il coinvolgimento dunque di tutti gli attori territoriali fin dalla fase di impostazione della Base informativa ha una doppia valenza: la costruzione di informazione il più possibile pertinente al contesto investigato, tralasciando quindi, ove possibile, l'approccio statistico generale, e al contempo la definizione preliminare della rete di relazioni, da rafforzare nel corso della definizione della Base informativa e cardine del processo di coinvolgimento per la costruzioni di piani e programmi condivisi.

Bibliografia per i capitoli dal 9 al 15

Atzeni, P. & Ceri, S. & Paraboschi, S. & Torlone, R. 1999. *Basi di dati*. Milano: McGraw-Hill.

Gröger, G. & Kolbe, T.H. & Czerwinski, A. & Nagel, C. 2008. *OpenGIS® City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard*, OGC.

Herring, J.R. 2004. *OpenGIS® Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 1: Common architecture*.

Herring, J.R. 2004. *OpenGIS® Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 2: SQL option*.

Rumor, M. & Scottà, A. 2005. Un'introduzione ai geoDBMS. Almanacco della Geomatica. *MondoGis*.

UNI 10349:1994. Riscaldamento e raffrescamento degli edifici, dati climatici.

UNI EN 15603:2008. Prestazione energetica degli edifici - Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica.

UNI EN ISO 13790:2008. Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento.

UNI TS 11300-1:2008. Prestazione energetica degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva e invernale.

UNI/TS 11300-2:2008. Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.

PARTE TERZA - L'ESPERIMENTO

16 Approccio metodologico

La metodologia scelta per validare la proposta di Base informativa è di tipo empirico e si è attuata attraverso la realizzazione di un esperimento su una popolazione e un territorio campione.

Nel giugno 2009 è stato contattato il Comune di Monteveglio, in provincia di Bologna, nella persona del neo eletto assessore all'ambiente, dott. Umberto Fonda; la scelta è stata motivata soprattutto dal fatto Monteveglio è una "Città in Transizione", ovvero appartiene al movimento nato in Inghilterra pochi anni fa, definito *Transition Town*, il cui obiettivo principale è "di uscire dalla dipendenza dalle fonti energetiche fossili, mitigare le conseguenze del riscaldamento globale e promuovere un nuovo paradigma economico basato su un rapporto armonico tra l'uomo e l'ecosistema a cui appartiene attraverso un processo di riprogettazione dal basso delle comunità"⁶⁴.

Il concetto sui cui si fonda il movimento è la Resilienza che nel contesto della Transizione si definisce come la "capacità di una comunità di affrontare i profondi cambiamenti in ambito economico, energetico e sul fronte delle risorse e che deriva da un termine delle scienze ecologiche riferito alla capacità di un sistema naturale di resistere a shock esterni senza degenerare"⁶⁵.

Monteveglio è la prima *Transition Town* in Italia e di fatto l'appartenenza al movimento si concretizza in un'associazione di volontari che organizza iniziative, in collaborazione con i diversi attori territoriali - cittadini, attività commerciali e produttive, amministrazione locale, associazioni, scuole, ecc. - finalizzate a promuovere i temi della sostenibilità, solidarietà e responsabilità.

La scelta del territorio per l'esperimento è quindi ricaduta su un contesto già sensibile a livello amministrativo ai temi energetici e che avesse delle realtà non istituzionali già impegnate in attività volte alla riduzione dei consumi e alla decrescita, al fine di diminuire i tempi di predisposizione dell'esperimento e avvalersi di esperienze pregresse e di volontariato per l'organizzazione delle attività di coinvolgimento della popolazione.

16.1 Struttura dell'esperimento

Contestualmente agli accordi con l'Amministrazione di Monteveglio e all'associazione Monteveglio Città in Transizione (MCT) si è concordato con ITC-CNR di attuare una attività sperimentale sul metodo di monitoraggio della Firma energetica, allo scopo di validare lo strumento di costruzione della Firma e di elaborarne le diverse interpretazioni. Il Metodo, come descritto nel capitolo 8, prevede il rilevamento dei consumi settimanali, da confrontare con il parametro delle temperature medie esterne.

Si è così proposto di strutturare l'esperimento in due fasi principali: la prima orientata alla sperimentazione della Firma energetica su una popolazione volontaria, la seconda dedicata alla realizzazione di un'indagine presso le utenze, secondo modalità da pianificare durante gli incontri con gli amministratori e alcuni rappresentanti dei volontari.

La fase dedicata alla Firma energetica ha quindi una finalità più ampia rispetto alla sola validazione del metodo, ma si è proposta di testare, con un primo campione di utenze, il questionario relativo alla seconda fase dell'esperimento, nonché una serie di assunzioni e metodi per il calcolo di alcune variabili della base dati, tra cui la temperatura media esterna dell'aria giornaliera e le geometrie degli edifici, necessarie al calcolo delle superficie disperdenti e dei volumi.

⁶⁴<http://transitionitalia.wordpress.com/>

⁶⁵ Ibidem

16.1.1 Suddivisione dei ruoli e delle responsabilità

Dopo una prima stesura di proposta progettuale, volta alla realizzazione dell'esperimento e concordata con l'Amministrazione, il Comune ha provveduto a patrocinare e divulgare l'iniziativa. Al di là del passaggio burocratico, nei primi incontri si sono concordati gli impegni e le responsabilità dei diversi partecipanti.

L'amministrazione di fatto si è impegnata a:

- fornire i dati disponibili presso i propri archivi;
- promuovere l'iniziativa in diverse forme verso i cittadini e altri attori territoriali;
- organizzare gli incontri preliminari all'erogazione del questionario;
- fornire uno spazio presso il Comune per l'organizzazione e la gestione della fase di indagine.

All'associazione MCT è stato chiesto di:

- promuovere l'iniziativa attraverso i loro canali e nell'ambito di altre attività già programmate;
- organizzare incontri e attività di coinvolgimento specifici;
- rendersi disponibili per l'erogazione del questionario;
- promuovere specificatamente la fase di erogazione e successiva discussione del questionario.

Si è comunque trattato di una iniziativa volontaria, per cui non sono stati stanziati finanziamenti (tranne un successivo contributo di rimborso spese minimo agli intervistatori).

L'impegno della sottoscritta, al di là delle elaborazioni orientate alla stesura della tesi di dottorato prevede, nell'ambito degli accordi con l'Amministrazione, l'elaborazione dei risultati sia per l'ente che per i cittadini partecipanti all'indagine sotto forma di report personalizzato.

17 Area e contesto di riferimento

17.1 Caratteristiche territoriali

Il territorio di Monteveglio si trova circa 30 km a Ovest di Bologna, ai piedi dell'Appennino emiliano, allo sbocco del torrente Samoggia verso la pianura padana. Il territorio è sostanzialmente collinare e caratterizzato da un'estesa copertura boschiva, che si alterna a coltivazioni agricole anche di pregio, tra cui vitigni e frutteti.

Il centro abitato principale si è sviluppato in particolare nel secolo scorso, nella zona pianeggiante (ca. 100 m. s.l.m.) ai piedi del colle che porta al complesso monumentale dell'Abbazia di Monteveglio; il territorio amministrato comprende poi una serie di piccole frazioni, tra cui Oliveto, Montebudello, Stiore.

Il territorio circostante l'Abbazia costituisce il Parco Regionale dell'Abbazia di Monteveglio, istituito nel 1995 e appartenente al sistema delle aree protette regionali.

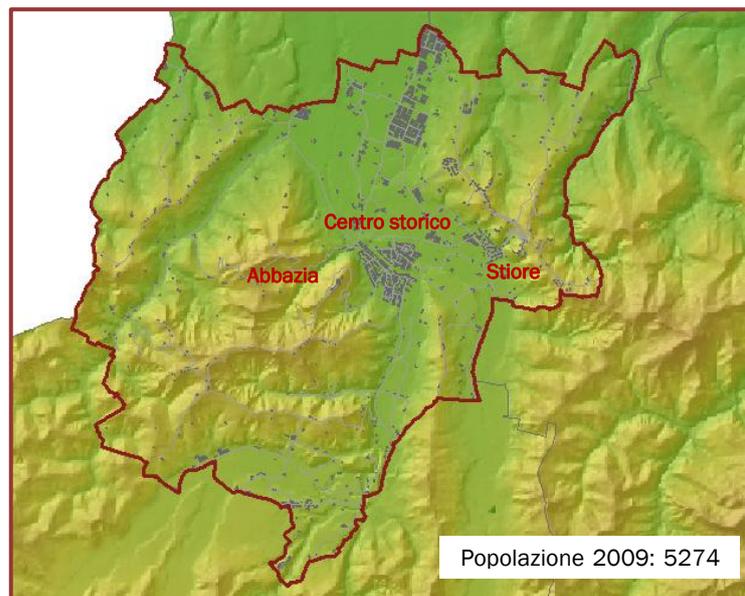


Figura 22: Territorio comunale di Monteveglio

17.2 Piani, programmi e progetti in corso

17.2.1 Strumenti urbanistici

Monteveglio fa parte dell'Unione di Comuni Valle del Samoggia, pertanto la pianificazione territoriale si svolge in ambito sovracomunale. Attualmente è in corso di redazione il Piano Strutturale Comunale ASSOCIATO dei comuni dell'Area Bazzanese.

La strumentazione per il governo delle trasformazioni del territorio comunale, introdotta dalla Legge Regionale dell'Emilia Romagna n° 20/2000, è infatti costituita dal Piano Strutturale Comunale (PSC), strumento di pianificazione urbanistica generale che delinea le scelte strategiche di assetto e sviluppo del territorio tutelandone l'integrità fisica e ambientale, dal Piano Operativo Comunale (POC) e dal Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE). Quest'ultimo è già stato adottato con deliberazione consiliare n. 16 del 13.04.2005⁶⁶. Di fatto esso rappresenta lo strumento che disciplina a tempo indeterminato, ai sensi dell'art. 29 della L.R. 20/2000, le trasformazioni e gli interventi diffusi negli ambiti consolidati e nel territorio rurale, le modalità di intervento, i parametri

⁶⁶ Esiste una Variante 1 al RUE adottata con Deliberazione del Consiglio comunale n. 18 del 22.04.2008, non sostanziale.

urbanistico-edilizi e le relative metodologie di calcolo, nonché i titoli abilitativi relativi al processo edilizio⁶⁷.

La caratteristica più evidente del RUE è quella di essere un testo unico locale dell'attività edilizia e urbanistica, che integra:

- le norme urbanistiche del vecchio PRG;
- le norme edilizie del vecchio regolamento edilizio;
- le norme procedurali, in applicazione della legge regionale n. 31/2001, sulla disciplina dell'attività edilizia;
- le norme relative all'applicazione di specifici piani di settore (traffico, classificazione acustica, verde pubblico e privato, commercio, ecc.);
- le norme igienico-sanitarie attinenti alla materia edilizia.

La seconda caratteristica rilevante è data dal fatto che il RUE è approvato direttamente dall'Amministrazione Comunale; pertanto le sue norme sono modificabili, adeguandole alle esigenze, con semplice atto di adozione e successiva pubblicazione per 60 giorni e decisione da parte del Comune sulle osservazioni pervenute.

Il terzo aspetto da sottolineare è costituito dal fatto che il RUE unifica norme di carattere edilizio e urbanistico, riportando la disciplina urbanistica ad un maggiore attenzione verso gli aspetti qualitativi che negli ultimi decenni erano stati trattati separatamente, spesso con involontaria mancanza di coerenza tra strumenti urbanistici generali e disciplina edilizia diffusa.

Regolamento Edilizio e Requisiti "energetico-sostenibili"

Per la parte edilizia e regolamentare, il RUE assume quale riferimento e parte integrante il Regolamento Edilizio (RE) d'Area Bazzanese, redatto dalla Comunità Montana zona 9 – Unione dei Comuni Valle del Samoggia, approvato nel 2006.

Esso ha per oggetto qualsiasi attività di trasformazione edilizia e di attuazione degli strumenti urbanistici di esecuzione, nonché quelle parti del processo di intervento che hanno influenza sulle procedure e sulla qualità e la responsabilità amministrativa di verifica e controllo.

Gli organismi edilizi devono rispondere a requisiti tecnici, esprimibili secondo parametri oggettivi e misurabili, con riferimento alle esigenze di sicurezza, igiene e fruibilità degli utilizzatori. Il regolamento quindi disciplina tali requisiti suddividendoli in cogenti e volontari, trattati per "famiglie". I requisiti da rispettare sono quelli indicati come cogenti, mentre i requisiti volontari definiscono per l'edificio una qualità aggiuntiva a quella minima indispensabile individuata dai requisiti cogenti. I requisiti raccomandati possono quindi definire il profilo di qualità che si vuole promuovere attraverso i programmi pubblici di contributi all'edilizia, anche in forma di sconti sugli oneri accessori. I requisiti cogenti orientati a disciplinare e incentivare pratiche energetico-sostenibili riguardano:

Famiglia 3: Benessere Ambientale:

⁶⁷ Il RUE, in conformità alle previsioni del PSC e della legge regionale 20/2000, nella *Parte I* regolamenta:

- gli interventi diretti nel sistema insediativo storico;
- gli interventi diretti nei tessuti urbani consolidati;
- gli interventi diretti nel territorio rurale;
- gli interventi diretti negli ambiti di trasformazione progressi, in attuazione di piani attuativi approvati e convenzionati prima dell'approvazione del PSC;
- gli interventi diretti successivi ai piani attuativi relativi agli ambiti di trasformazione e di riqualificazione previsti dal PSC e inseriti successivamente nei POC.

Il RUE regolamenta inoltre, nella *Parte II*:

- la definizione dei parametri edilizi ed urbanistici e le metodologie per il loro calcolo;
- la disciplina degli oneri di urbanizzazione e del costo di costruzione;
- le modalità di calcolo delle monetizzazioni delle dotazioni territoriali.

- R.C. 3.1 CONTROLLO DELLE EMISSIONI DANNOSE
- R.C. 3.2 SMALTIMENTO DEGLI AERIFORMI
- R.C. 3.3 APPROVVIGIONAMENTO IDRICO
- R.C. 3.4 SMALTIMENTO DELLE ACQUE REFLUE
- R.C. 3.5 TENUTA ALL'ACQUA
- R.C. 3.6 ILLUMINAMENTO NATURALE
- R.C. 3.7 OSCURABILITÀ
- R.C. 3.8 TEMPERATURA DELL'ARIA INTERNA
- R.C. 3.9 TEMPERATURA SUPERFICIALE
- R.C. 3.10 VENTILAZIONE
- R.C. 3.11 PROTEZIONE DALLE INTRUSIONI DI ANIMALI NOCIVI

*Famiglia 6: Risparmio Energetico*⁶⁸

- R.C. 6.1 CONTENIMENTO DEI CONSUMI ENERGETICI

Per quanto concerne tale requisito non sfugge la genericità con cui è stato trattato, di fatto esso viene gestito attraverso la presentazione della relazione tecnica prevista dalla legge 10 del 1991 di cui all'articolo 27 e non fa alcun riferimento per esempio alla questione della certificazione energetica, un tema che è stato ampiamente trattato nell'ambito della pianificazione e legislazione energetica regionale emiliana. Di fatto si paga il ritardo con cui a livello italiano ci si è mossi nella redazione delle linee guida, per cui gli stessi tecnici e amministratori locali non hanno potuto affrontare con chiarezza la problematica.

L'attenzione ai temi dell'efficienza e del risparmio energetico è quindi stata spostata nell'ambito dei requisiti volontari, che prevedono una consistente attenzione al problema, attraverso:

Famiglia 3 – Benessere ambientale

- R.V.3.1 – Temperatura superficiale nel periodo invernale
- R.V.3.2 – Riverberazione sonora

Famiglia 6 – Uso razionale delle risorse climatiche ed energetiche

- R.V.6.1 – Controllo dell'apporto energetico da soleggiamento estivo
- R.V.6.2 – Uso dell'apporto energetico da soleggiamento invernale
- R.V.6.3 – Risparmio energetico nel periodo invernale
- R.V.6.4 – Protezione dai venti invernali
- R.V.6.5 – Ventilazione naturale estiva
- R.V.6.6 – Uso dell'inerzia termica per la climatizzazione estiva
- R.V.6.7 – Uso dell'apporto energetico solare per il riscaldamento dell'acqua

Non è possibile tuttavia reperire presso l'ufficio tecnico informazioni in merito all'utilizzo dei requisiti e quindi relative all'efficacia di questo strumento operativo.

17.2.2 Adesione al Patto dei Sindaci

Nel corso dell'esperimento, che è stato avviato concretamente nel febbraio 2010, il Comune di Monteveglio ha aderito al Patto dei Sindaci e ad un progetto europeo dal titolo ENESCOM, a sua volta inserito nel circuito di altri 5 progetti europei che condividono l'obiettivo comune di supportare le comunità locali nella redazione dei Piani di Azione per l'Energia Sostenibile (PAES).

Il gruppo di ENESCOM, formato da 14 partner dell'Unione Europea, lavora principalmente alla realizzazione di metodologie di *reporting* da condividere e all'avvio di sportelli locali sulle tematiche energetiche.

Nell'ambito del progetto Monteveglio dovrà quindi predisporre il proprio PAES, le cui componenti principali, descritte al paragrafo 1.3, sono costituite dall'inventario di base delle emissioni di CO₂ e

⁶⁸ L'organismo edilizio ed i relativi impianti di riscaldamento, raffreddamento ed aerazione devono essere concepiti e costruiti in modo che il consumo di energia durante l'utilizzazione dell'opera sia moderato, tenuto conto delle condizioni climatiche del luogo, senza che ciò pregiudichi il benessere termico degli occupanti.

dall'individuazione delle misure a breve e lungo periodo che si intendono adottare per l'avvio della strategia di riduzione delle emissioni. La redazione del PAES è coordinata da Ambiente Italia ed è ancora in fase di elaborazione.

17.2.3 Convenzione tra Monteveglio Città in Transizione e Amministrazione Comunale

In molti contesti europei il Movimento delle Città in Transizione si è trasformato da iniziativa di volontari impegnati nella realizzazione di azioni *bottom-up*, parallele alle attività condotte dalle amministrazioni, in associazioni strutturate e connesse, anche ufficialmente, agli enti pubblici. Non soltanto in alcune contesti i volontari sono entrati a far parte dell'amministrazione, ma il movimento stesso è stato riconosciuto come braccio operativo e funzionale per la redazione e attuazione di piani e misure energetico-sostenibili.

È quanto è successo nel corso del 2009 a MCT che ha assunto la forma di Associazione di Promozione Sociale e stipulato una convenzione, ufficializzata da delibera comunale il 26 novembre 2009, con l'Amministrazione Comunale al fine di sviluppare programmi di sostenibilità e resilienza della comunità e che riconosce il valore delle istanze del Movimento di Transizione e ne condivide metodi e obiettivi.

MTC quindi ricopre ora, anche a livello istituzionale, un ruolo di facilitazione e sostegno dei processi di cambiamento.

Gruppi di acquisto impianti fonti rinnovabili (solare termico/fotovoltaico)

Una delle iniziative più importanti gestita attualmente da MTC è la realizzazione del gruppo di acquisto di impianti, sia fotovoltaico che solare-termico.

L'idea preliminare dell'associazione consisteva nella realizzazione di una cooperativa di autoconsumo che realizzasse uno o più impianti fotovoltaici collettivi. Tuttavia le difficoltà organizzative riscontrate hanno fatto virare l'iniziativa verso la forma più semplice del gruppo di acquisto.

I volontari di MTC si sono presi carico di promuovere l'iniziativa tra la popolazione, di individuare i possibili fornitori con determinate caratteristiche etiche e relazionali, e di organizzare i sopralluoghi preliminari per la valutazione del sito. Gli obiettivi che si pone la costituzione del gruppo sono di facilitare l'acquisto e l'installazione di impianti rinnovabili e di condividere informazioni ed esperienze e di metterle a disposizione a chi intende fare scelte analoghe.

I risultati relativi al fotovoltaico sono stati abbastanza incoraggianti, almeno per interessamento, meno per quanto concerne il solare-termico. I dati degli impianti e degli aderenti fanno parte delle risorse per la costruzione della Base informativa.

17.3 Pianificazione dell'esperimento

17.3.1 Individuazione degli obiettivi della Base informativa

Nel corso dei primi incontri con i partecipanti all'esperimento è emerso chiaramente che non c'erano obiettivi specifici già individuati da parte dell'amministrazione in materia di risparmio energetico edilizio: i requisiti cogenti o volontari del Regolamento Edilizio non sono mai stati considerati veri strumenti operativi o valutativi. Il "problema energetico" è comunque chiaramente stato percepito e recepito, anche se non sono state individuate specifiche strategie in merito, prova ne sono anche le dichiarazioni programmatiche e d'intenti rese dall'amministrazione prima del suo insediamento.

Di fatto l'interesse per la costruzione della Base informativa è legato all'individuazione delle problematiche territoriali e dei temi più rilevanti al fine di individuare azioni specifiche o linee di intervento, da inserire nell'ambito di iniziative ad hoc.

Nel corso dell'anno di sperimentazione, l'amministrazione ha aderito comunque al Patto dei Sindaci, forse più per ragioni (la riduzione delle emissioni del 20%) che come volontà di costruzione

di un piano. In ogni caso il PAES delinea più specificatamente alcuni obiettivi, che di fatto si muovono verso due direzioni principali: l'inventario delle emissioni e l'elenco delle misure di riqualificazione energetica. Tra l'altro, sulla base delle linee guida predisposte dal JRC, tali misure dovrebbero essere piuttosto dettagliate e riferirsi a interventi relativi ai diversi componenti del sistema edificio/impianto.

Altri obiettivi della Base informativa sono poi stati delineati nel corso dei successivi incontri con l'amministrazione e MCT. In sostanza possono essere sintetizzati nei seguenti punti:

- conoscere i consumi medi energetici residenziali del Comune al fine di capirne l'andamento annuo e la consistenza rispetto a dati di confronto;
- stimare, sulla base dei consumi, la produzione di CO₂, valutando anche la metodologia di calcolo PAES
- verificare le prestazioni energetiche del parco edilizio privato;
- individuare le potenzialità delle fonti rinnovabili utilizzabili sul territorio;
- valutare l'incremento nel corso degli ultimi anni di installazione di impianti da fonti rinnovabili, possibilmente non solo termico e fotovoltaico.

Sono stati inoltre ipotizzati altri elementi che dovrebbero emergere dall'indagine ed essere immessi nella Base informativa, ovvero i dati orientati a carpire l'effettivo interesse da parte della popolazione comunale relativamente ai temi energetici e ad intercettare abitudini più o meno virtuose in materia di consumi e finalizzati quindi a proporre percorsi mirati al coinvolgimento.

Al di là degli obiettivi specifici, si è cercato di individuare un approccio condiviso per la costruzione della Base informativa proposta, che, come più volte ribadito, lavora sull'inclusione degli attori nella costruzione di iniziative a partire dal reperimento dell'informazione sia in modalità attiva che passiva. Pertanto si è cercato di dare particolare enfasi alla fase preliminare di mappatura degli attori territoriali attraverso incontri informali con privati e istituzioni presenti sul territorio (rivenditori impianti rinnovabili, costruttori, Unione dei Comuni, Arpa Er, Hera, ecc.).

17.3.2 Programmazione attività

L'esperimento è stato strutturato per fasi, sintetizzabili in:

1. predisposizione del questionario (versione Firma energetica), realizzato sulla base della struttura della base dati e degli obiettivi specifici concordati con ITC-CNR per la costruzione del grafico;
2. analisi delle risorse informative esistenti e quindi allargamento degli attori territoriali coinvolti nella costruzione della Base informativa e nella discussione dei risultati;
3. promozione dell'iniziativa per il reperimento dei volontari della Firma energetica;
4. avvio dell'esperimento della Firma energetica e somministrazione del questionario;
5. predisposizione della seconda versione del questionario, sulla base del *feedback* ricevuto dai volontari (e sulla base della successiva fase di formazione degli intervistatori);
6. definizione degli indicatori di sintesi a partire anche dalla discussione instaurata con i volontari della Firma;
7. valutazione e verifica del territorio da coinvolgere per l'erogazione dell'indagine;
8. individuazione della strategia di coinvolgimento e promozione dell'iniziativa;
9. formazione degli intervistatori;
10. erogazione del questionario sul campione individuato;
11. elaborazione dei dati sui volontari della Firma e sui partecipanti all'indagine;
12. discussione dei risultati dell'indagine con l'amministrazione e con i cittadini;
13. invio del report di indagine ai partecipanti all'indagine.

Le diverse fasi sono descritte nei paragrafi a seguire.

17.3.3 Risorse informative disponibili

In prima battuta sono stati contattati gli enti territoriali presenti sul territorio al fine di verificare la disponibilità di alcune risorse informative necessarie a ricavare i dati da immettere nella Base informativa o da elaborare per il successivo inserimento. La tabella sintetizza le principali risorse informative utilizzate nel corso dell'esperimento.

Risorsa	Ente/Ruolo	Tipo
Catasto terreni 1:2000	Unione dei Comuni Valle del Samoggia, Agenzia del Territorio	Cartografia vettoriale
DBT Monteveglio 1:5000	Unione dei Comuni Valle del Samoggia	Cartografia vettoriale
Numeri civici georeferenziati	Unione dei Comuni Valle del Samoggia	Dati puntuali vettoriali
Anagrafe comunale	Comune di Monteveglio	DB alfanumerico
RUE Comune di Monteveglio	Comune di Monteveglio	Raster successivamente georeferenziato
DTM 5 metri	Provincia di Bologna	Raster
Ortofoto Agea 2008	Unione dei Comuni Valle del Samoggia	Raster
Temperature medie giornaliere centraline province di Modena e Bologna	Arpa Emilia Romagna	DB alfanumerico
Dati consumi Monteveglio 2006-2009	Hera Bologna	DB alfanumerico

Tabella 8: Principali risorse informative utilizzate

17.3.4 Dati e indicatori da rappresentare

L'analisi delle risorse informative e la definizione del modello dati sono state propedeutiche all'avvio della discussione sulle informazioni da proporre e sintetizzare ai diversi attori interessati. Si tratta di un passaggio importante per una serie di questioni insite nella rappresentazione dei dati, sono infatti emersi problemi di:

- 1) trattamento dati privati: i partecipanti al gruppo di acquisto fotovoltaico e termico, ad esempio, non hanno acconsentito a fornire informazioni di dettaglio sui propri impianti, che quindi devono essere aggregati per frazioni;
- 2) comprensione dei risultati: le mappe devono essere utilizzate nell'ambito di discussione tra attori con obiettivi e background culturale diversi, quindi gli interlocutori delle discussioni hanno esplicitamente richiesto indicatori semplici da spiegare e orientati anche a evidenziare i miglioramenti conseguibili con interventi.

Nel corso delle riunioni con il gruppo di lavoro principale, costituito da rappresentanti dell'amministrazione e di MTC, sono state esposte (in forma di presentazioni in power point) una serie di esemplificazioni dei possibili output – portali geografici “energetici” (il Web Gis della Fondazione Cariplo, del Comune di Laives, il sito Solar Boston) e mappe “simulate” degli output ottenibili dalla Base informativa, evidenziando ancora una volta che l'approccio non parte dagli indicatori per individuare e raccogliere le informazioni, ma parte dalla base dati con cui, anche in una fase successiva, sarà possibile costruire indicatori ed elaborazioni.

Nel corso di successive riunioni si è cercato di delineare in via (quasi) definitiva i dati e gli indicatori di sintesi, che sono:

Sistema edificio/impianto:

- Consumi medi annui per riscaldamento nel territorio oggetto di indagine;
- Prestazioni dei componenti, per campione intervistato e per gli edifici del territorio oggetto di indagine, sia relative agli involucri che agli impianti.

Sistema edificio/utenza:

- Sintesi delle modalità di utilizzo dell'impianto di riscaldamento (tipo di regolazione impianto, temperature interne minime e massime e ore di accensione) per campione intervistato;
- Sintesi delle variabili comportamentali, per campione intervistato, in relazione alla problematica energetica.

Sistema edificio/contesto:

- contabilizzazione della produzione di CO₂ per consumi termici residenziali nel territorio oggetto di indagine;
- incremento annuo, presenza e distribuzione di impianti fonti rinnovabili, per campione intervistato.

3) modalità di presentazione dei risultati: nell'ambito degli incontri ci si è chiesto come presentare i risultati delle elaborazioni trattandosi di un problema direttamente connesso al coinvolgimento dei cittadini. Si è stabilito di inviare i risultati dell'indagine alle famiglie partecipanti in forma di report sintetico e successivamente di organizzare delle riunioni di presentazione dei risultati.

17.3.5 Scelta del Geodbms

Per la costruzione della base dati si è scelto di utilizzare il *GeoDBMS open source PostgreSQL/PostGIS compliant* alla specifica OGC "*Simple Features Specification for SQL*". *PostGIS* gestisce tutti gli oggetti e le funzioni spaziali definite dallo standard e può essere un database di *back-end* per numerosi software *Gis*. Le elaborazioni sui dati, precedenti alla loro immissione nella base dati, sono state effettuate con software sia open source (*GVSIG/OpenJump*) che commerciali (*Arcmap Esri 9.2* e successivamente *10*), utilizzando il formato *shapefile*, successivamente importato nel *GeoDBMS*.

18 Avvio dell'esperimento sul metodo della Firma energetica

Nell'ambito della costruzione della Base informativa la fase sperimentale della Firma energetica ha costituito una verifica del metodo necessaria alla validazione del grafico e delle interpretazioni. Ha avuto inoltre valore di banco di prova per testare su un primo campione le modalità di somministrazione dei questionari e di accettazione delle domande da parte degli intervistati.

18.1 Struttura del campione volontario

La richiesta di partecipazione all'iniziativa è avvenuta tramite i canali e i mezzi di comunicazione dell'amministrazione comunale e dell'associazione MCT (sito web, giornale e *news letter* dell'amministrazione, sito web e blog dell'associazione). Hanno aderito volontariamente 26 famiglie a cui in via preliminare sono stati chiesti alcuni dati relativi a:

- fonte primaria per il riscaldamento e/o ACS;
- tipologia di contabilizzazione dei consumi;
- utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di ACS o di integrazione all'impianto di riscaldamento.



Figura 23: Promozione dell'iniziativa sul sito MTC e dell'Amministrazione

Descrizione delle famiglie campione

A partire da febbraio 2010, alcune famiglie di Monteveglia comunicano al gruppo di ricerca⁶⁹ i propri consumi termici settimanali. I grafici a seguire riportano alcuni dati di sintesi sulla composizione del campione e alcune caratteristiche tipologiche delle abitazioni monitorate.

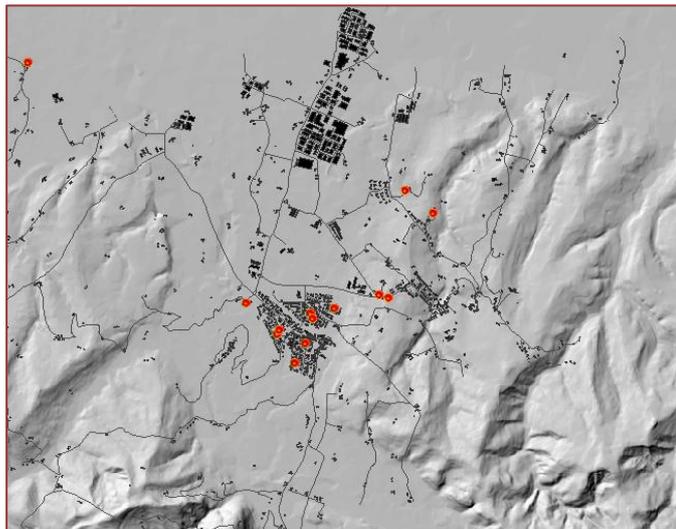


Figura 24: Distribuzione sul territorio dei partecipanti all'esperimento della Firma energetica

⁶⁹ La sottoscritta e i ricercatori di ITC-CNR.

Composizione famiglie campione: il numero totale delle famiglie monitorate è pari a 18 per un totale di 55 componenti, la loro composizione è sintetizzata nella figura 22.

Le famiglie sono costituite da un numero minimo di 2 componenti fino ad un massimo di 6, mentre la media è di 3 persone. L'età dei partecipanti è piuttosto varia, partecipano infatti sia famiglie giovani con bambini piccoli, che famiglie in cui entrambi i coniugi sono pensionati. Almeno la metà dei partecipanti ha aderito all'iniziativa leggendo la richiesta dal sito dell'amministrazione senza conoscere MCT.

Dati sulle abitazioni: tutti i partecipanti sono proprietari dell'unità abitativa. Oltre la metà degli edifici è stata costruita dopo il 1991 e la tipologia edilizia ricorrente è la casa unifamiliare, che caratterizza di fatto tutto il contesto in cui è stato svolto l'esperimento.

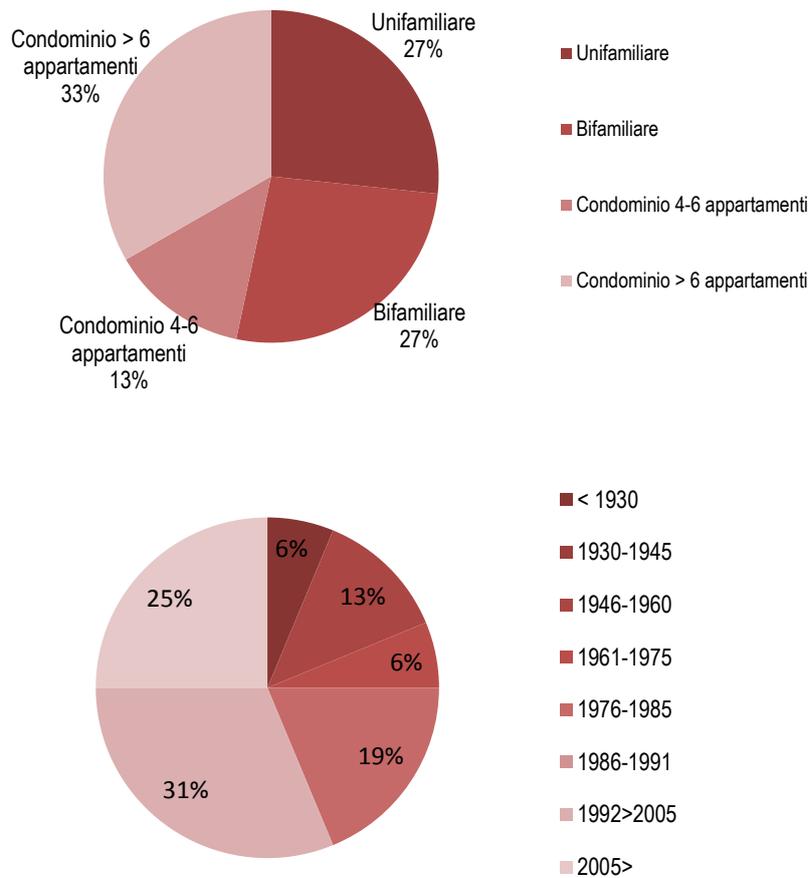


Figura 25: Tipologia ed età degli edifici

18.2 Raccolta e gestione dei consumi termici

Si è quindi operata una scelta delle famiglie idonee a cui sono state spiegate le regole base per la raccolta dei consumi e inviato il *form* di compilazione dati sui cui i partecipanti devono annotare:

- i consumi settimanali (le letture in metri cubi di tutte le cifre del contatore);
- le eventuali anomalie dell'impianto;
- la data di accensione e spegnimento stagionale del riscaldamento e i periodi prolungati di assenza.

E' stato predisposto anche un campo testo per apporre un commento puramente percettivo sull'andamento climatico settimanale. A chi possiede un impianto di condizionamento estivo o

un'integrazione consistente del riscaldamento di tipo elettrico è stata chiesta anche la registrazione dei consumi elettrici.

I dati dei consumi e le note sono registrati nella base dati.

Un sistema di notifica automatica settimanale invia una mail o un sms ai partecipanti come promemoria di lettura del contatore.

La forma di comunicazione dei dati è stata lasciata libera e avviene:

- tramite sms (cadenza settimanale)
- tramite e-mail (cadenza settimanale)
- via fax (cadenza mensile o trimestrale)

così come il giorno di lettura e invio dei dati al gruppo di ricerca.

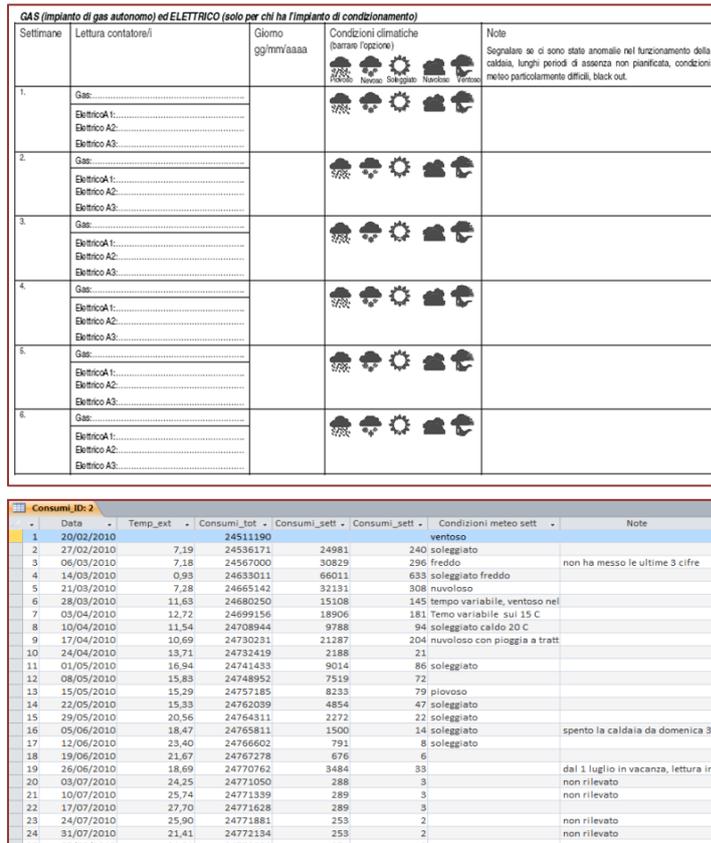


Figura 26: Form immissione dati consumi e tabella della base dati

18.3 Procedura di calcolo delle temperature medie settimanali

Per il calcolo delle temperature medie settimanali, che rappresentano i valori da imputare in ascissa del grafico della Firma, sono state messe a confronto la metodologia prevista dalla UNI 10349 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici, dati climatici" e alcuni metodi di interpolazione spaziale. Tali tecniche permettono, dato uno spazio dove sono stati misurati i valori assunti da una grandezza, di determinare i valori nei punti in cui tale grandezza non è nota, basandosi sugli altri valori conosciuti (Rumor, 2009). La modellazione spaziale è utilizzata per analisi storiche e spaziali o per stime predittive in molti contesti applicativi ambientali e territoriali. I risultati in ambito specificatamente meteo-climatico consistono in mappe o spazializzazioni continue delle variabili quali la temperatura, le precipitazioni o l'evapotraspirazione.

Per quanto concerne il metodo della Firma energetica è necessario poter disporre di un dato di temperatura riferito all'edificio/appartamento investigato con un certo grado di accuratezza, ma è

anche fondamentale predisporre una procedura di elaborazione delle temperature medie giornaliere con frequenza settimanale e garantire la disponibilità continua nel tempo di tali dati.

Dopo la fase di esplorazione e di valutazione delle possibili interpolazioni da utilizzare ci si è orientati al metodo *IDW*, l'inverso pesato della distanza, con dipendenza lineare dalla quota; in letteratura tale metodo è considerato soddisfacente anche per la sua facile applicabilità e i bassi tempi di calcolo (Portolan et Al. 2006). I calcoli possono quindi essere eseguiti off-line e il risultato inserito nel database di gestione dei dati, oppure essere eseguiti on-line inserendo nel database i dati di partenza (temperature medie giornaliere).

L'*IDW*, come accennato, è un metodo di interpolazione di tipo deterministico che fornisce una previsione dei valori delle variabili nei punti non campionati, ipotizzando che la loro vicinanza dai valori misurati in due punti sia inversamente proporzionale alla loro distanza spaziale.

La formula generale, nota anche come metodo Shepard (Shepard, 1968), può essere espressa come:

$$z(x, y) = \sum_{i=1}^n \lambda \cdot z(x_i, y_i)$$

dove:

n numero dei punti nella finestra mobile

x_i, y_i coordinate dei punti noti

λ peso assegnato a ciascun punto della finestra mobile, la cui formula classica è data da:

$$\lambda = \frac{\frac{1}{d_i^p}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}}$$

dove:

p numero positivo arbitrario, chiamato esponente pesato e normalmente posto pari a 2

d_i distanza tra punto noto e interpolato

Analisi comparativa

Dopo la valutazione sul tipo di interpolazione da utilizzare si è passati alla fase di analisi comparativa tra la procedura di interpolazione spaziale *IDW* e il metodo descritto dalla UNI 10349 che prevede invece l'individuazione di una località di riferimento nelle vicinanze dell'edificio/appartamento oggetto di analisi, posta sullo stesso versante geografico, e l'apporto di un gradiente termico per tenere conto della differenza di altitudine tra questa e la località considerata, così come espresso dalla formula:

$$\theta_e = \theta_{e,r} - (z - z_r) \times \delta$$

dove:

θ_e temperatura media settimanale località considerata, misurata in °C

$\theta_{e,r}$ temperatura media settimanale stazione località di riferimento, in °C

z altitudine località considerata, in m.

z_r altitudine stazione località di riferimento, in m.

δ gradiente termico, pari a 1/178

La fase di sperimentazione e validazione della Firma energetica è stata realizzata presso il Comune di Monteveglio, una contesto collinare a circa 30 chilometri da Bologna il cui centro storico è localizzato a 80 metri s.l.m., mentre alcune frazioni (Abbazia, Oliveto) e numerosi edifici isolati sono posti ad una quota massima di 280 metri s.l.m.

La procedura di confronto tra metodi ha previsto una prima fase di acquisizione e predisposizione dei dati condivisa, così organizzata:

1. georeferenziazione delle centraline ARPA Emilia Romagna, per le province di Modena e Bologna e valutazione delle centraline idonee, ovvero poste sugli stessi versanti e in contesto extraurbano. Quest'ultima scelta dovrebbe limitare a priori situazioni di scostamento dovuto a particolari microclimi;
2. calcolo del centroide degli edifici (formato shapefile), successiva trasformazione dei centroidi in point 3d e calcolo della coordinata z del centroide, acquisita da *DTM-Digital Terrain Model* (formato GRID) fornito dalla Provincia di Bologna - Settore E-Government Sistemi Informativi e Telematica;
3. acquisizione dei dati giornalieri di temperatura media esterna dell'aria per le centraline selezionate di Zola Predosa (Bologna), Sasso Marconi (Bologna) e Vignola (Modena) ottenute tramite query dal servizio web "DEXTER", interfaccia per l'accesso diretto al database del Servizio Idro-Meteorologico di ARPA Emilia Romagna, per gli anni 2009 e 2010; e calcolo delle temperature medie settimanali;
4. acquisizione dei dati giornalieri di temperatura media esterna dell'aria della stazione meteo Certificata del circuito MNW/CEM (Meteonetwork/Epson Meteo) di Monteveglio, utilizzata per validare la procedura di interpolazione. La centralina è privata ma offre un servizio web di visualizzazione e download dei dati meteo giornalieri. Il software di elaborazione che si interfaccia con il sito propone inoltre numerose statistiche in forma sia tabellare che grafica.

Stazione	Rete di misura	Comune	Provincia	Altezza S.l.m. m.	Longitudine (°)	Latitudine (°)
Zola Predosa	Agrmet Climat Arpa Emilia Romagna	Zola Predosa	Bologna	65	11,2001	44,4961
Sasso Marconi	Locali Climat Arpa Emilia Romagna	Sasso Marconi	Bologna	275	11,2412	44,4396
Vignola	Locali Climat Arpa Emilia Romagna	Vignola	Modena	100	11,0041	44,5040
Stiore	MNW/CEM (Meteonetwork/Epson Meteo)	Monteveglio	Bologna	114	11,1156	44,4745

Tabella 9: Sintesi delle centraline meteo utilizzate per l'esperimento

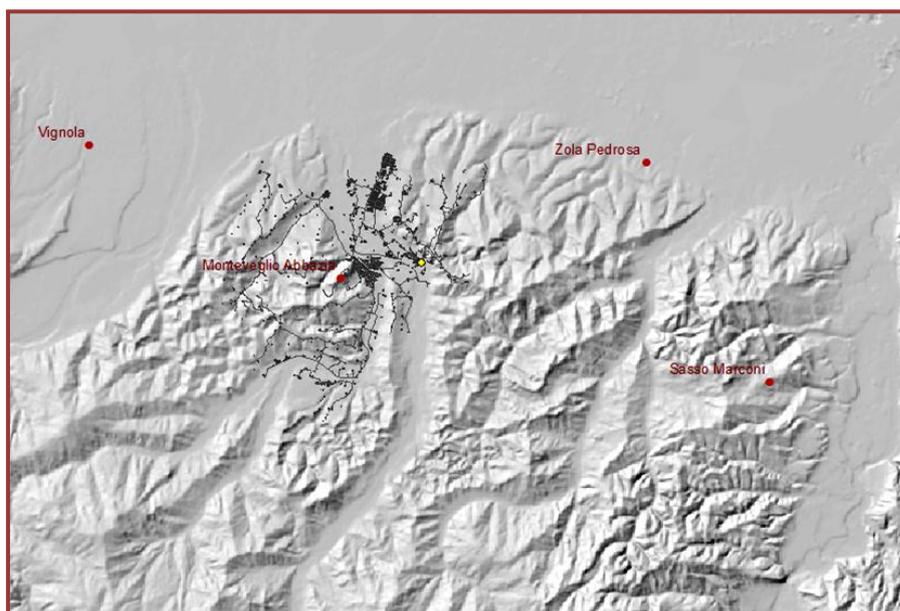


Figura 27: Localizzazione delle centraline meteo gestite da Arpa Emilia Romagna e privata

Per quanto riguarda il metodo UNI 10349 si è successivamente proceduto al:

5. calcolo delle temperature medie stimate utilizzando la stazione di Zola Pedrosa come stazione meteo di riferimento (65 m. s.l.m.) e la stazione di Stiore come località considerata (114 m. s.l.m.), di cui si hanno le temperature medie reali giornaliere da cui si sono ricavate quelle settimanali. Infine si sono confrontate le temperature medie settimanali reali della centralina di Stiore con quelle calcolate.

Risultati primo metodo

La differenza media tra temperature reali e stimate nel primo metodo, sui due anni considerati è pari a 0,35 °C, mentre la deviazione standard di 0,46 °C, il valore di scostamento massimo è stato riscontrato nel mese di giugno (1,11 °C) ed è presumibilmente attribuibile a fenomeni di escursione termica.

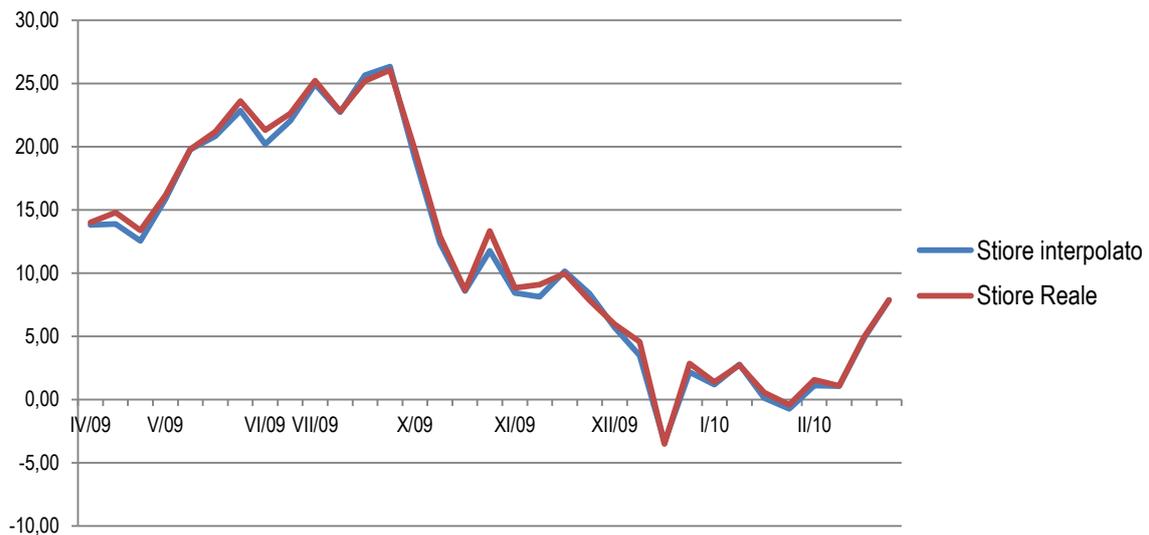


Figura 28: Confronto tra temperature medie settimanali reali e stimate, metodo UNI

Per quanto riguarda le fasi relative al metodo *IDW* si è proceduto al:

6. calcolo della distanza euclidea della centralina di Stiore dalle tre centraline Arpa;
7. riporto delle temperature medie settimanali delle 3 centraline Arpa ad una quota di 80 s.l.m. di riferimento (temperatura fittizia), tramite l'adozione della formula UNI 10349;
8. spazializzazione tramite *IDW* delle temperature medie fittizie relative alla centralina di Stiore, su quota 80 metri;
9. calcolo delle temperature stimate alla quota reale.

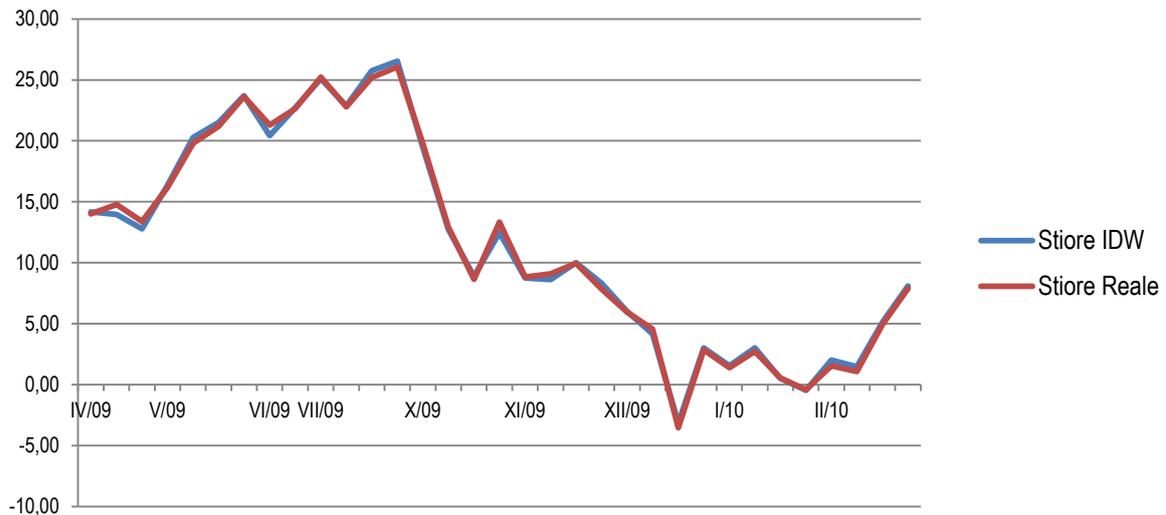


Figura 29: Confronto tra temperature medie settimanali reali e stimate, metodo IDW

Risultati secondo metodo

La differenza media tra temperature reali e stimate nel secondo metodo è pari a 0,02 °C, la deviazione standard di 0,35 °C e il valore di scostamento massimo pari a 0,89 °C.

Sebbene il secondo metodo porti a risultati migliori, è evidente che le differenze tra i due approcci non sono sostanziali, l'utilizzo dell'IDW con dipendenza lineare dalla quota risulta più congruente agli obiettivi della Firma e al tipo di dati da acquisire ed elaborare, consente infatti di poter elaborare i dati anche nella situazione in cui una centralina di acquisizione dei dati meteo fosse fuori uso.

Sviluppi

In una fase successiva la centralina di Stiore è stata quindi utilizzata per l'interpolazione con IDW e inserita nella procedura di acquisizione e spazializzazione della temperatura, poi assegnata al centroide dell'edificio/appartamento e immessa nel database.

18.4 Determinazione del coefficiente di dispersione termica

La formula UNI TS 11300 per il calcolo del coefficiente di dispersione termica, riportata nel paragrafo 4.6.1 è:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U$$

dove:

H_D coefficiente di accoppiamento tra spazio riscaldato ed esterno attraverso l'involucro edilizio, misurato in W/K

H_g coefficiente di perdita di calore attraverso il terreno in condizioni stazionarie, in W/K

H_U coefficiente di perdita di calore verso ambienti non riscaldati, in W/K

Il calcolo dei coefficienti è stato effettuato utilizzando il modello previsto dal software DOCET.

I valori di trasmittanza sono stati ricavati a partire dagli Abachi UNITS 11300 attraverso analisi dei disegni e delle relazioni di progetto, ove presenti, e da indagini sul campo. Molti volontari nel corso del tempo hanno effettuato interventi, anche di poca entità, al fine di migliorare le prestazioni energetiche delle abitazioni:

- isolamento a cappotto solo parete esposte;

- isolamento interno zona notte;
- isolamento (lana di roccia o di vetro) su parti del sottotetto.

I valori di trasmittanza in questo caso sono valori medi pesati. Sono inoltre stati integrati i valori di trasmittanza di alcuni “pacchetti” non presenti negli Abachi (involucro in Poroton per esempio).

18.5 Questionario integrativo

Il questionario per i volontari della Firma è stato predisposto in formato esteso, in modo da disporre di dati molto dettagliati relativi alle diverse componenti del sistema edificio/impianto e alla caratterizzazione dell'utenza: presenze, usi e comportamenti. Il dettaglio si è reso necessario sia per costruire le interpretazioni del grafico, sia per valutare il modello della base dati proposto (capitolo 12).

Il questionario è anche lo strumento principale della successiva fase di indagine, pertanto la sua somministrazione al primo campione ha fatto emergere alcune questioni valutate e considerate per la pianificazione della fase successiva:

- il livello di conoscenza del dominio da parte degli intervistati e degli intervistatori;
- il rispetto della privacy;
- la durata dell'intervista.

18.6 Risultati

18.6.1 Grafici e interpretazioni

La fase di costruzione dei grafici è stata testata con il gruppo di ricerca ITC - CNR su un primo campione di volontari, così come sono state realizzate le relative interpretazioni sui dati rilevati e sull'andamento della Firma nella stagione invernale ed estiva. Le verifiche e le valutazioni complete e definitive saranno svolte a marzo 2011, con lo scadere dell'anno solare dell'esperimento. Si riportano a seguire alcuni grafici esemplificativi, ulteriori esempi e le interpretazioni sono riportati in Appendice.

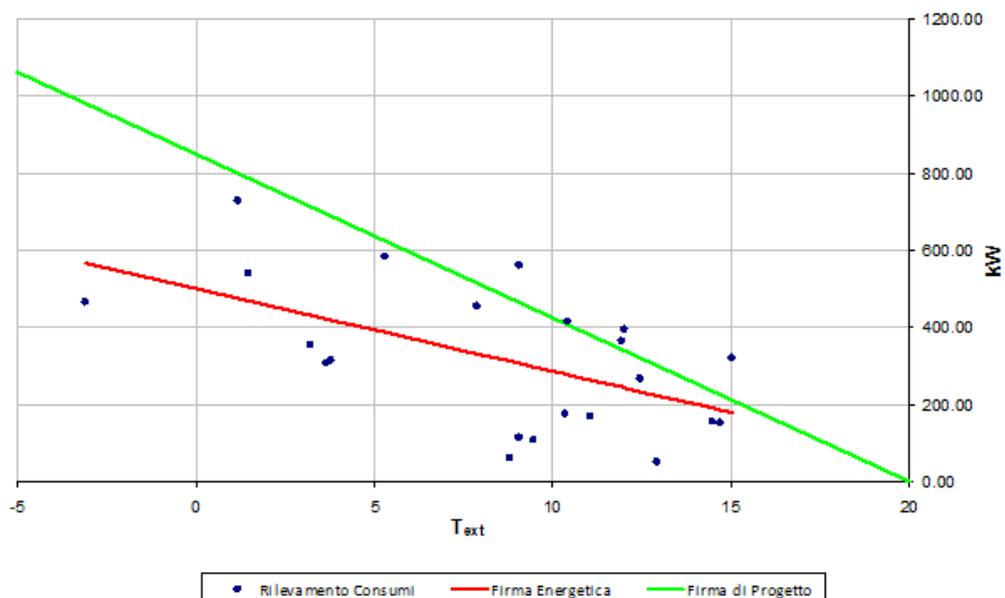


Figura 30: Rappresentazione della Firma di progetto e reale volontario 1:

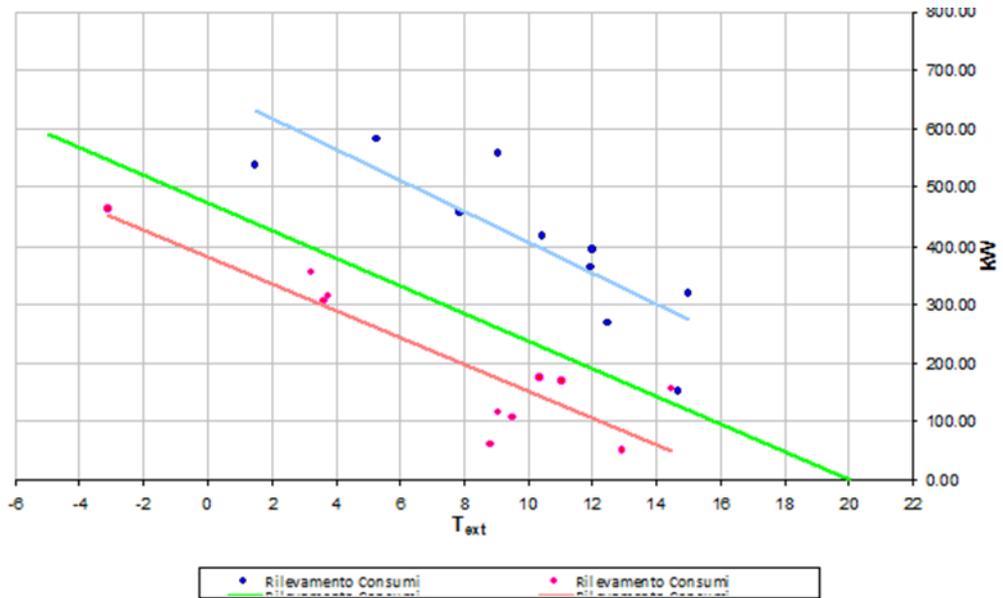


Figura 31: Rappresentazione della Firma per il periodo febbraio-aprile e ottobre-dicembre volontario 1

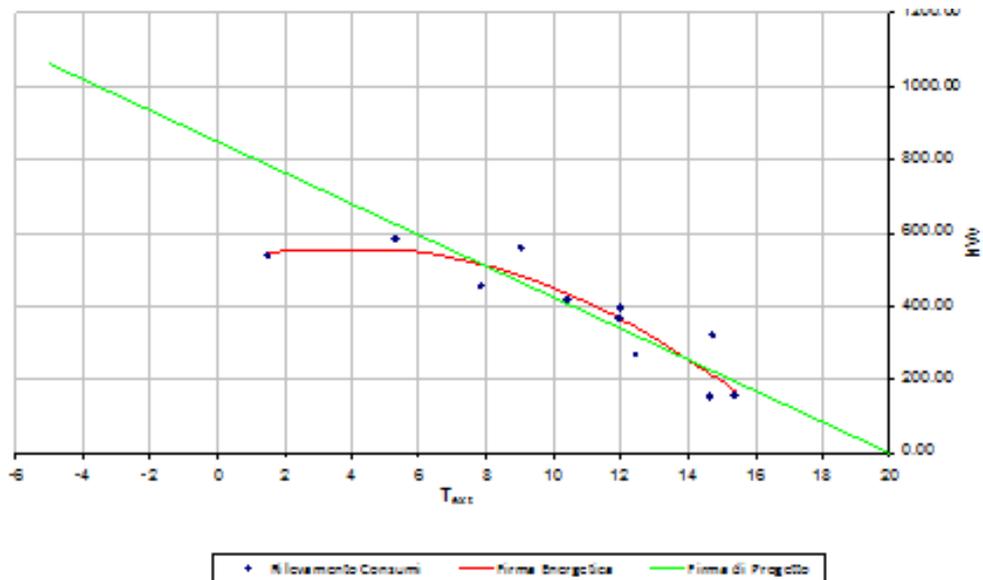


Figura 32: Firma energetica del primo periodo, volontario 1

18.6.2 Sintesi delle interviste

Dalle interviste, svolte personalmente per verificare e ridefinire le diverse parti dell'esperimento e della Base informativa, emerge che il campione partecipante è in generale costituito da famiglie già orientate al risparmio energetico. Una parte (5 su 18) aveva già per esempio l'abitudine di tenere memoria dei propri consumi termici ed elettrici (anche se soprattutto per ragioni economiche). Il valore dell'indagine in questo caso è più legato alla validazione del metodo della Firma e del questionario che ai risultati in sé. In ogni caso si evidenziano alcuni dati di sintesi.

In tutti gli edifici costruiti prima del 1991 sono già stati realizzati interventi di riqualificazione energetica: tutti gli edifici hanno i serramenti con telaio in legno (92%) e doppi vetri, solo in 3 casi si è in presenza di cassonetti senza isolamento. La diagnosi ha evidenziato l'obsolescenza e la cattiva condizione e manutenzione di alcuni interventi (10%), soprattutto relativi all'isolamento del

tetto (lana di vetro e lana di roccia). Tendenzialmente si preferisce operare con piccole riqualificazioni su porzioni dell'edificio: principalmente realizzazione di isolamento a cappotto solo su parete Nord oppure realizzazioni di pareti in cartongesso verso l'interno. Trattandosi comunque di interventi realizzati non di recente, la loro efficacia è discutibile, come confermato da parte degli intervistati che hanno dichiarato di sentire freddo e di avere spifferi provenienti dalle finestre.

Impianti rinnovabili per la produzione di ACS sono presenti soltanto in due abitazioni, un dato in linea con il numero conosciuto di installazioni finora effettuate, mentre è più frequente l'integrazione del riscaldamento con caminetti ad areazione forzata o stufe a *pellets*. Anche il numero di condizionatori installato è basso e l'utilizzo molto raro, non tanto per le caratteristiche climatiche del contesto, ma perché la maggior parte dei volontari passa buona parte dei mesi estivi fuori casa.

I valori di trasmittanza dell'involucro opaco sono molto variabili, a partire da un minimo di 0,41 W/m²K, fino ad un massimo di 1,66 W/m²K; la media è pari a 0,95 W/m²K e la deviazione standard 0,38 W/m²K.

Come detto precedentemente, quasi tutti i serramenti presenti sono costituiti da telaio in legno e doppio vetro, la trasmittanza media si assesta su un valore di 2,72 W/m²K.

La maggior parte delle coperture è composta da tetto a falda in legno o laterocemento, il valore medio è pari a 0,92 W/m²K, i valori massimi e minimi registrati vanno da 1,80 W/m²K a 0,74 W/m²K.

	Strutture verticali opache	strutture opache orizzontali o inclinate di copertura	Chiusure trasparenti comprensive di infissi
Valori limite 311/2006	0,34	0,30	2,20
Valori medi rilevati	0,95	0,92	2,71

Tabella 10: Valori limite di trasmittanza termica U secondo il Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311

18.6.3 Sito web per l'immissione e la verifica dei consumi

Nel corso dell'anno alcuni partecipanti hanno richiesto i dati dei consumi per avere una stima reale dei costi e una verifica grafica del loro andamento. Per automatizzare inoltre la procedura di immissione e calcolo delle temperature e di download dei dati relativi ai singoli partecipanti, si è deciso di realizzare un sito specifico per l'esperimento.

Il sito ha tre utenti principali:

- l'amministratore del sistema (la sottoscritta), che gestisce e controlla i dati delle temperature giornaliere, crea nuovi utenti e gestisce gli accessi;
- il gruppo di ricerca, che interroga i dati sui consumi e sulle temperature dei singoli utenti e li scarica quando deve costruire i grafici;
- i partecipanti alla firma, che hanno un'interfaccia di accesso al sistema diverso e a cui è stata fornita una password. Alcuni di loro utilizzano il sito per inserire i dati prima inviati via mail relativi ai consumi, alle condizioni meteo ed eventuali annotazioni, in automatico quindi controllano l'andamento dei consumi settimanali sovrapposto al grafico delle temperature.

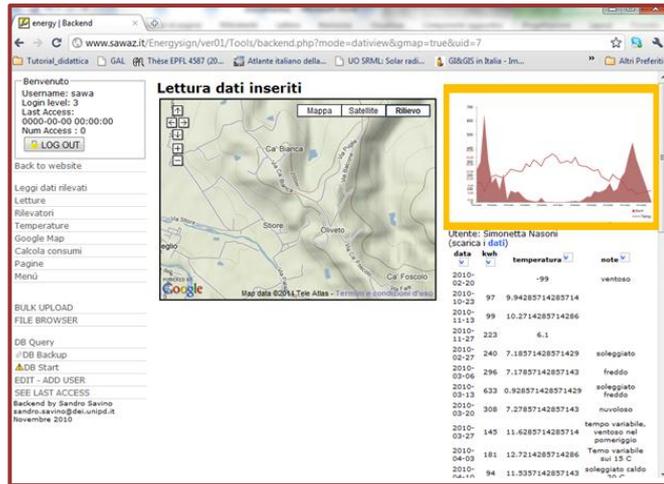


Figura 33: Interfaccia di back end del sito



Figura 34: Interfaccia di immissione e verifica dati per i volontari della Firma

19 Estensione dell'indagine e avvio della seconda parte dell'esperimento

L'erogazione del questionario agli occupanti degli edifici è la modalità individuata per costruire la Base informativa, che come dichiarato ampiamente, persegue una doppia finalità: costruire il quadro di conoscenze utili per pianificare azioni e interventi di riqualificazione energetica ed incentivazione all'uso di fonti rinnovabili e avviare azioni di coinvolgimento orientate soprattutto agli occupanti.

19.1 Scelta dell'ambito territoriale e struttura del campione rilevato

Una delle fasi cruciali e più complesse dell'esperimento, oggetto di lunghe discussioni con i rappresentanti dell'amministrazione e di MTC, è stata la scelta relativa al campione da intervistare. Le opzioni configurate sono state di erogare il questionario su tutto il territorio comunale, adottando una strategia di coinvolgimento simile a quella utilizzata per la Firma, oppure di concentrare l'attenzione su un territorio specifico per validare la procedura ed eventualmente estendere al resto del territorio l'esperimento.

Si è scelto di utilizzare la seconda alternativa per due ragioni sostanziali: la prima legata alla struttura stessa del territorio amministrato, composta da un centro abitato e da una serie di piccole frazioni rappresentate anche a livello amministrativo, la seconda influenzata da scelte operative riguardanti la Base informativa che ha un approccio incrementale sul territorio a partire da dati sulle singole unità abitative ed estensione delle informazioni ad aggregazioni - edifici o isolati - attraverso la determinazione delle analogie costruttive, formali e di datazione, individuate tramite analisi delle mappe e verifica speditiva sul campo.

Si è deciso quindi di lavorare su una suddivisione del territorio in cui prevalessero esperienze pregresse di aggregazione o forme di condivisione delle decisioni (come possono essere i quartieri o le frazioni).

Dall'analisi della fonti informative a disposizione, in particolare la cartografia di base, le ortofoto e le tavole del RUE (Regolamento Urbanistico Edilizio), e dalla discussione collettiva, si è infine deciso di lavorare sulla frazione di Stiore, collocata a Nord Est del centro abitato principale e caratterizzata da sufficiente eterogeneità edilizia. La frazione è composta da un nucleo di abitazioni storiche di datazione variabile (1500-1700, ma non sottoposte a vincoli di tutela architettonica), edifici realizzati nei primi anni del '900, abitazioni per lo più uni e bifamiliari degli anni '70 - '80 e una serie di nuove lottizzazioni avviate principalmente dopo il 2000.

Rispetto quindi ad altri ambiti, la frazione di Stiore consente di indagare tipologie differenti di edifici, poi riscontrabili nel resto del territorio comunale.

Si riportano di seguito alcuni dati relativi alle abitazioni e alla composizione delle famiglie. Il numero delle famiglie residenti è pari 344 per un totale di 771 abitanti E la famiglia media è costituita da 2,24 componenti. La figura a seguire evidenzia la distribuzione di frequenza dei nuclei familiari.

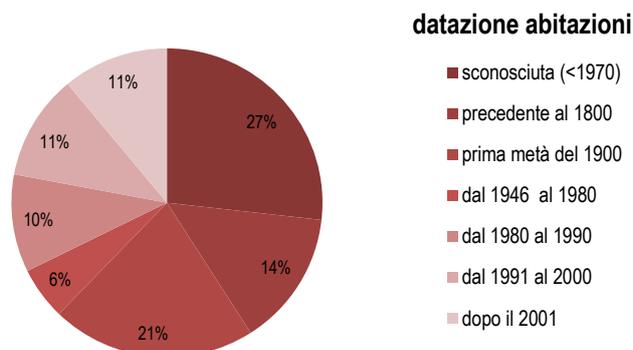


Figura 35: Datazione delle abitazioni di Stiore

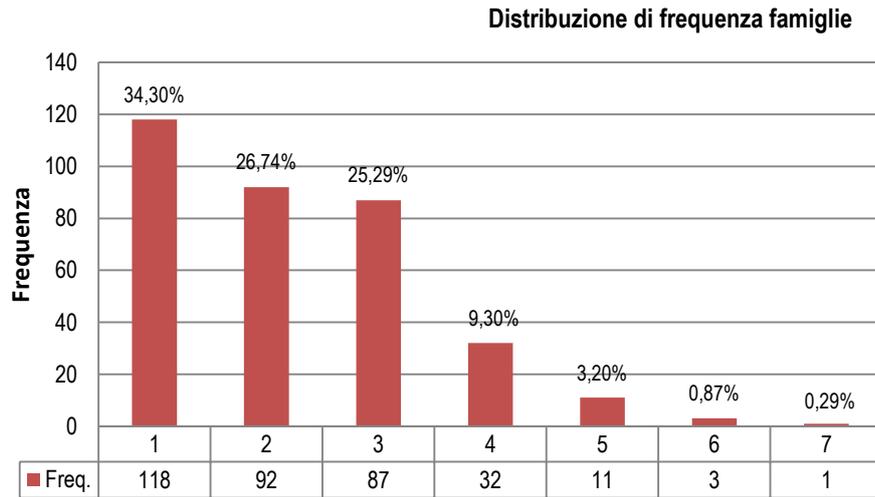


Figura 36: Distribuzione di frequenza delle famiglie di Stiore

Attraverso l'analisi delle mappe, dal loro incrocio con una indagine *drive pass* e con i questionari compilati, si può stimare con un buon grado di certezza la distribuzione delle epoche di costruzione degli edifici e il numero di interventi di restauro o ristrutturazione effettuati, sebbene non sia possibile dare un giudizio qualitativo esauriente su di essi.

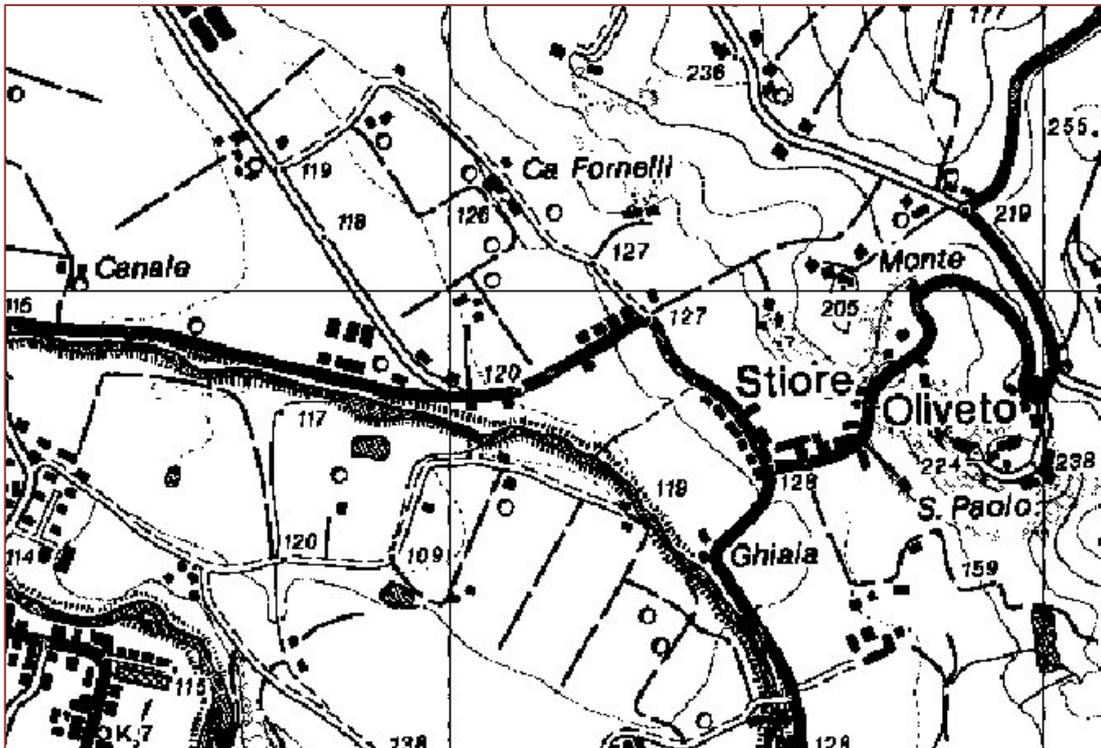


Figura 37: Carta Topografica Regionale (rilievo) 1976-1982

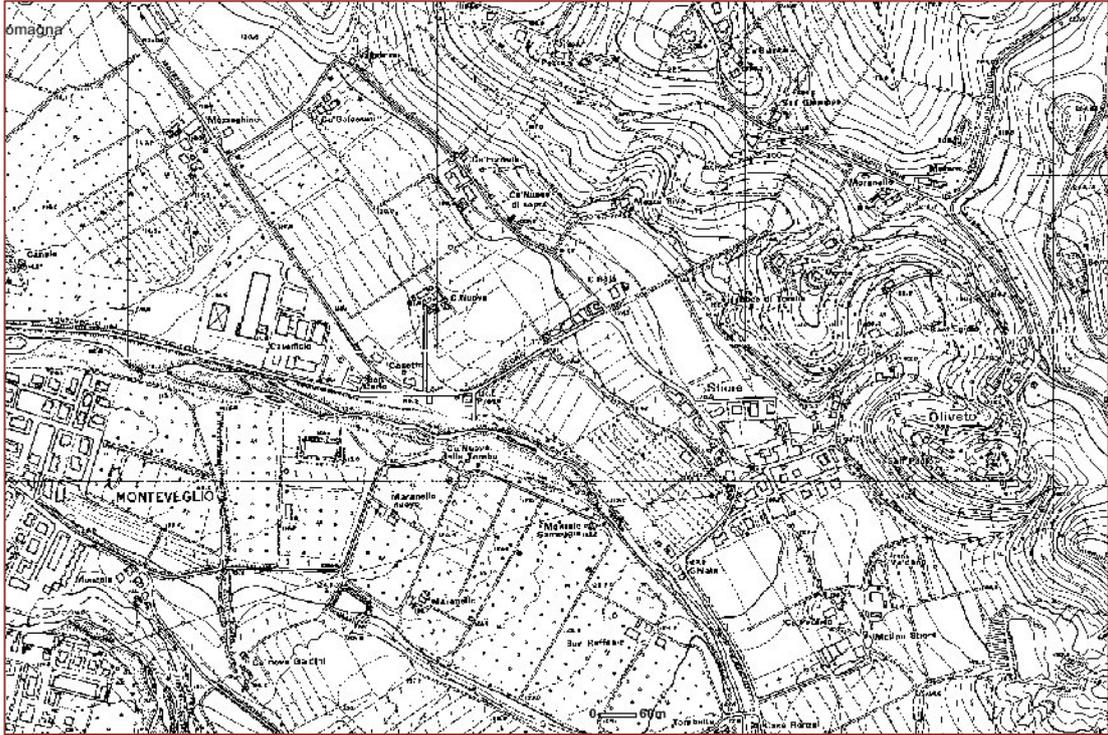


Figura 38: Cartografia Tecnica Regionale 1984-1988



Figura 39: Immagine satellitare 2003, DigitalGlobe©



Figura 40: Ortofoto 2008, AGEA©

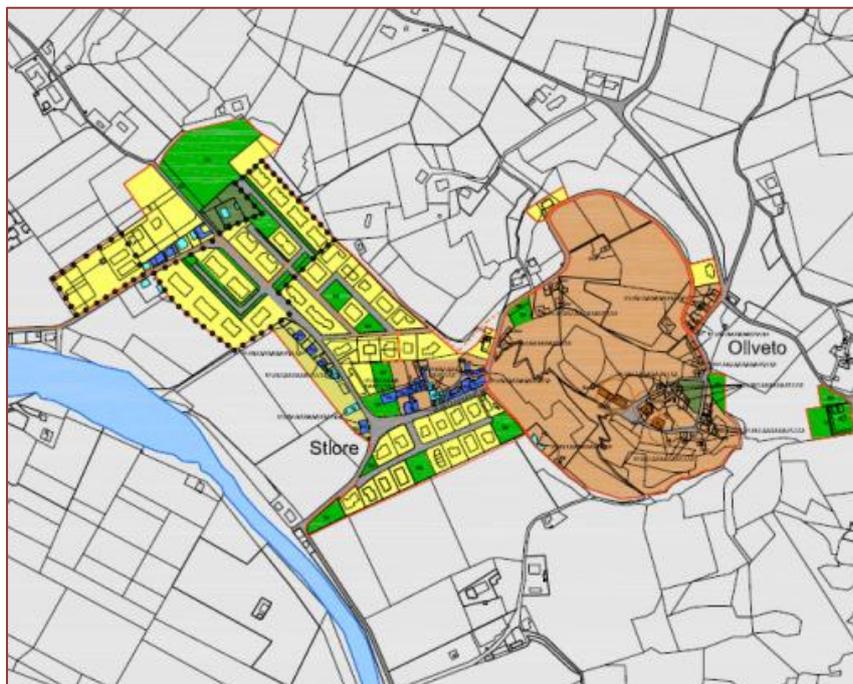


Figura 41: Estratto tavola RUE 2005

19.2 Analisi di sensitività dei dati

Contestualmente alla fase di elaborazione dei dati della Firma si è ritenuto opportuno svolgere un'analisi di sensitività sui fattori principali che determinano le prestazioni energetiche edilizie generali, dell'involucro e degli impianti. L'analisi si rende necessaria al fine di individuare il variare dei risultati in relazione ai dati di ingresso, che a scala urbana sono meno dettagliati, e in definitiva per elaborare la strategia di raccolta dati, distinguendo i valori più sensibili e con priorità di acquisizione, anche di una certa precisione, dai valori trascurabili o ricavabili da:

- valori di default proposti da DOCET (e spesso derivati dalla UNI TS 11300);
- statistiche di livello provinciale, regionale o nazionale.

Dopo il popolamento della Base informativa con i dati dei partecipanti al metodo della Firma energetica, si è predisposta una procedura di immissione automatica degli stessi nel modello di calcolo utilizzato da DOCET al fine di ricavare i coefficienti e gli indicatori energetici principali.

In fase successiva si è predisposta l'analisi di sensitività che è stata effettuata mettendo a confronto i dati di dettaglio immessi nella Base informativa per i volontari della Firma, e quindi raccolti da *Audit* e tavole architettoniche, con quelli ricavabili dalle risorse informative acquisite (tabella 7) o da dati di default proposti da DOCET stesso. I fattori analizzati riguardano:

- geometria involucro;
- geometria dei soli serramenti;
- trasmittanza termica involucro opaco;
- dati generali sugli impianti.

I coefficienti e gli indicatori valutati sono:

Involucro

- dispersione per trasmissione D_t (Kwh/m²)
- dispersione per ventilazione D_v (Kwh/m²)
- coefficiente di dispersione per trasmissione H_t (W/K)
- coefficiente di dispersione per ventilazione H_v (W/K)
- apporti solari A_s (Kwh/m²)
- apporti interni A_i (Kwh/m²)
- rapporto S/V
- fabbisogno energia termica riscaldamento netto $Q_{H,ND}$ (Kwh/m²)

Impianto

- energia termica fornita Q_h (Kwh/m²)
- rendimento generazione η_{gc}
- rendimento distribuzione η_d
- rendimento regolazione η_{rg}
- rendimento emissione η_e
- rendimento globale η_g

Generali

- energia primaria riscaldamento E_{risc} (Kwh/m²)
- energia primaria ACS EP_{ACS} (Kwh/m²)
- indice di prestazione energetica globale EP_{GL} (Kwh/m²)
- emissioni di CO₂ equivalente (Kg CO₂/m²)
- indice di prestazione involucro EP_i (Kwh/m²)

L'analisi prevede quindi di mantenere i dati reali e di modificare una componente alla volta all'interno del modello, utilizzando:

- per le geometrie dell'involucro: la cartografia Catasto Terreni e il nuovo DBT (Data Base Territoriale);
- per le geometria dei soli serramenti: il valore di default proposto da DOCET, pari al 30% delle superficie dell'involucro opaco;

- per la trasmittanza: i valori proposti da DOCET (Abachi UNI TS 11300) e i dati di riferimento utilizzati dal progetto BEEPS (capitolo 2);
- per le caratteristiche di regolazione, distribuzione, generazione ed emissione dell'impianto di riscaldamento: i dati derivati da ispezioni realizzate dall'*utility* e inviate all'amministrazione e dati di default proposti da DOCET.

Si riporta una tabella che restituisce il rapporto tra dato modificato e rilevato, sintetizzato in media e deviazione standard. Il valore "ns" evidenzia che la componente modificata non rientra tra i fattori che influiscono sulla formula di calcolo del coefficiente o dell'indicatore.

Si è inoltre utilizzata l'analisi per evidenziare la differenza di risultato tra valore di default delle superfici dell'involucro trasparente imputabile dal DOCET (30% delle superfici opache) e utilizzo del rapporto tra superficie vetrata e superficie calpestabile dell'unità abitativa, solitamente richiesta all'interno dei Regolamenti Edilizi (sup. trasparente = 1/8 sup. locale).

Coefficiente Indicatore	Involucro totale	Involucro Trasp. 30%	Involucro Trasp. 1/8	Tramittanza	Impianto
D _t	1,375	1,185	1,025	1,133	Ns
	0,285	0,095	0,053	0,120	Ns
D _v	1,021	1,131	Ns	ns	Ns
	0,143	0,321	Ns	ns	Ns
H _t	1,758	1,324	1,138	1,236	Ns
	0,442	0,407	0,298	0,232	Ns
H _v	1,211	0,932	Ns	ns	Ns
	0,187	0,167	Ns	ns	Ns
A _s	2,512	1,722	1,141	1,137	Ns
	0,685	0,287	0,360	0,139	Ns
A _i	0,913	Ns	Ns	ns	Ns
	0,117	Ns	Ns	ns	Ns
S/V	1,433	1,184	1,120	1,073	Ns
	0,429	0,315	0,268	0,277	Ns
Q _{H,ND}	1,437	1,310	1,169	1,278	Ns
	0,446	0,523	0,383	0,311	Ns
Q _h	1,262	1,127	1,021	1,135	1,045
	0,236	0,088	0,039	0,116	0,078
η _{gc}	1,006	Ns	Ns	1,003	0,983
	0,012	Ns	Ns	0,008	0,045
η _d	1,019	1,006	1,003	0,999	1,005
	0,021	0,008	0,008	0,024	0,052
η _{rg}	ns	Ns	Ns	ns	0,995
	ns	Ns	Ns	ns	0,005
η _e	ns	Ns	Ns	ns	0,984
	ns	Ns	Ns	ns	0,023
η _g	1,013	1,007	1,014	1,033	0,977
	0,019	0,009	0,034	0,066	0,041
EP _{risc}	1,219	1,127	1,021	1,135	1,045
	0,252	0,087	0,039	0,116	0,078
EP _{ACS}	0,983	Ns	Ns	ns	0,997
	0,017	Ns	Ns	ns	0,008
EP _{GL}	1,214	1,101	1,019	1,113	1,035
	0,221	0,061	0,033	0,096	0,054
CO ₂	1,224	1,797	1,019	1,117	1,047
	0,225	1,713	0,034	0,099	0,061
EP _i	1,239	1,118	1,118	1,126	1,022
	0,226	0,080	0,033	0,108	0,049

Tabella 11: Sintesi analisi sensitività

Evidenze

Dall'analisi emerge che possono essere utilizzati i valori di trasmittanza degli Abachi delle Uni 11300 Parte 1, riportati da DOCET, tuttavia il confronto non è particolarmente significativo poiché in alcuni edifici monitorati non si era in possesso di dati specifici sui materiali e sulla stratigrafia dell'involucro opaco, per cui si è fatto in parte riferimento ai dati degli Abachi. Si è deciso quindi di raffinare la successiva fase di immissione del valore attraverso analisi delle relazioni tecniche presentate per ottemperare alla Legge 10/1991 depositate in Comune e di intervistare alcuni progettisti attivi nella zona di Monteveglio al fine di individuare materiali e spessori generalmente utilizzati per le murature, i solai e le coperture.

Risultati più precisi si ottengono con l'utilizzo della Cartografia catastale, i dati derivati da DBT infatti, oltre ad essere una rappresentazione che nasce alla scala 1:5.000, sono stati digitalizzati a partire dalla cartografia Tecnica Regionale Numerica, disponibile in formato *raster* e realizzata tra il 1984 e il 1988, quindi potrebbero essere utilizzati solo gli edifici aggiornati di recente.

Dall'analisi dei risultati si ritiene più opportuno utilizzare un valore d'area dei serramenti pari ad 1/8 che riduce l'errore sui valori relativi all'involucro, mentre i dati sugli impianti disponibili sono pochi per cui è necessario richiedere all'intervistato il libretto della caldaia e mantenere nel questionario le informazioni sull'impianto, almeno per quanto concerne la regolazione, che risulta essere un dato particolarmente significativo anche rispetto al rapporto con il risparmio energetico che ha l'utente.

La procedura, pur ammettendo delle carenze, legate alla scelta non oggettiva di alcune variabili (la trasmittanza per esempio), è stata utilizzata per:

- verificare la qualità dei dati di ingresso;
- evidenziare i fattori che necessitano di un maggior sforzo di analisi e reperimento;
- pianificare la strategia di acquisizione dei dati più sensibili, trascurandone altri o lasciando valori di default;
- valutare criticamente i risultati finali, accettando eventualmente alcune imprecisioni e scegliendo di evidenziare solo alcuni aspetti della problematica.

19.3 Seconda versione del questionario

La definizione dell'indagine è tra i nodi cruciali della ricerca, all'atto pratico essa:

- chiede all'utenza informazioni sull'edificio e/o sull'unità abitativa non reperibili dagli archivi esistenti;
- modella la presenza delle utenze in casa nel corso della settimana e le relazioni con i dispositivi utilizzati (accensioni/spegnimenti);
- modella le abitudini e i modi d'uso dei dispositivi termici (gestione del termostato, utilizzo di riscaldamento integrativo) ed elettrici (accensione/spegnimento elettrodomestici);
- indaga sulla percezione del problema energetico e sul rapporto tra efficienza e comfort;
- verifica la volontà o l'interesse da parte dell'utenza a compiere azioni materiali e immateriali di riduzione dei consumi.

Il questionario è suddiviso in 4 parti, rispondenti alla struttura della base dati:

- 1) unità abitativa;
- 2) impianto;
- 3) utenza;
- 4) dispositivi elettrici.

L'analisi di questi ultimi non rientra negli obiettivi della ricerca, ma è sembrato opportuno utilizzare l'indagine anche per rilevare apparecchiature, consumi e abitudini d'uso relative all'energia elettrica, che saranno elaborati in una fase successiva.

Per questa parte del questionario si è fatto principalmente riferimento al progetto *kilowattene* realizzato da Enea e alla scomposizione delle modalità di utilizzo delle apparecchiature suddivise in categorie adottata nei modelli stocastici proposti da Page (Page et Al., 2007).

Il questionario comprende alcune domande generali sull'abitazione, che sono state richieste ad un singolo rappresentate dell'edificio e necessarie ad estendere i risultati al maggior numero di edifici possibili, seppur con un dettaglio inferiore.

Rispetto al questionario predisposto per i volontari della Firma energetica si sono operati dei tagli sulle domande relative ai giorni specifici di presenza in casa, chiedendo invece un'informazione indicativa rispetto alla settimana. Le domande sulla volontà e sul valore economico che gli intervistati sarebbero disposti a spendere per interventi di riqualificazione sono state eliminate, prevedendo che l'intervistatore non ponesse specifiche richieste in merito ma interpretasse la posizione dell'occupante dal colloquio ed esprimesse quindi un'opinione in merito in forma di nota. La durata complessiva delle domande sulla parte termica è di 20 minuti, più lunga la parte delle apparecchiature elettriche. Il questionario quindi evidenzia in grigio le domande facoltative che eventualmente possono non essere poste (dipende dal tempo e dall'interesse della persona intervistata).

19.3.1 Formazione

Il questionario è erogato da un gruppo di volontari che lo compilano in collaborazione con l'utente, le domande infatti sono specifiche e il senso dell'intervista è diverso dalla semplice richiesta di informazioni.

Una parte dell'esperimento è quindi stata finalizzata a tradurre i dati necessari al popolamento della base dati in domande semplici con risposta chiusa e scelta di opzioni, e successivamente per formare i volontari sia sul piano tecnico che sul piano "partecipativo".

Si sono quindi svolti degli incontri formativi con i candidati in cui si è discusso e commentato il questionario. Questa fase è servita inoltre a ridurre e semplificare ulteriormente le domande, testate dai volontari presso le proprie abitazioni.

Lo svolgimento di colloqui con impresari e costruttori locali e l'analisi delle pratiche edilizie (DIA e Permesso di costruire) ha permesso poi di scartare parte delle opzioni e dei materiali costruttivi di riferimento della UNI TS 11300 - parte 1, di aggiungerne altre e di immettere nei questionari solo i dati effettivamente individuabili sul territorio investigato. Alla formazione hanno partecipato 5 persone, 4 dei quali hanno poi effettivamente realizzato le interviste.

Agli intervistatori è inoltre stato chiesto di rilevare dall'esterno, nel corso delle uscite:

- tipologia garage (assente/piano terra/interrato/seminterrato);
- materiale e giudizio sullo stato dei serramenti, ove possibile, e presenza di avvolgibili;
- colore delle facciate (chiaro/medio/scuro);
- caratteristica e stato delle coperture.

3 INFORMAZIONI SULLE PARETI ESTERNE DELL' EDIFICIO

Indicare il materiale con cui sono realizzate le pareti esterne, se le pareti sono diverse dire solo la tipologia prevalente. SE SI INTERVISTANO PIU' APPARTAMENTI DELLO STESSO EDIFICIO QUESTE DOMANDE POSSONO ESSERE FATTE UNA SOLA VOLTA. I numeri tra parentesi si riferiscono all'ABACO

3.1 Tipologia

- Muratura di mattoni intonacati (1)
- Muratura di mattoni pieni a vista (2)
- Muratura di mattoni semipieni intonacati (3)
- Muratura in pietra intonacata (4)
- Pareti in laterizi con intercapedine (6)
- Parete portante in laterizio Poroton (8)
- Non si capisce (fare foto)
- Altro, fare una breve descrizione o fare una foto:.....

3.2 Spessore

Spessore totale dei muri esteri: cm.....

3.3 Le pareti sono isolate?

- no
- si, verso l'esterno (cappotto)
- si, dall'interno
- non lo so

4 INFORMAZIONI SUL TETTO

DOMANDA DA RIVOLGERE SOLO AGLI OCCUPANTI DI APPARTAMENTO O ABITAZIONE SOTTOTETTO. I numeri tra parentesi si riferiscono all'ABACO

4.1 Tipologia

- Struttura del tetto in legno (9)
- Tetto in latero-cemento (10)
- Tetto in calcestruzzo (11)
- Non si capisce (sarebbe opportuno fare una foto)

4.2 Isolamento

Il tetto è isolato? si no non lo so

ALTRE INFORMAZIONI SULL' APPARTAMENTO/ABITAZIONE

5 INFORMAZIONI SU ALTRE PARETI DELL' APPARTAMENTO

5.1 Le eventuali pareti dell'appartamento che confinano con il vano scala
 Segnare solo se l'appartamento/abitazione confina con un vano scala
 si si, è stato realizzato un intervento di ristrutturazione

5.2 L'eventuale solaio dell'appartamento verso il sottotetto è isolato?
 Segnare solo se l'appartamento/abitazione confina con un sottotetto
 si si, è stato realizzato un intervento di ristrutturazione

5.3 L'eventuale solaio dell'appartamento verso la cantina o garage è isolato?
 Segnare solo se l'appartamento/abitazione confina con una cantina o garage
 si si, è stato realizzato un intervento di ristrutturazione

5.4 L'eventuale solaio dell'appartamento al piano terra è isolato?
 Segnare solo se l'appartamento/abitazione confina al piano terra
 si si, è stato realizzato un intervento di ristrutturazione

INFORMAZIONI SULL' IMPIANTO DI RISCALDAMENTO E A CQUA CALDA SANITARIA

8 INFORMAZIONI GENERALI SULL' IMPIANTO DI RISCALDAMENTO E ACQUA CALDA SANITARIA

8.1 L'impianto è autonomo o centralizzato?

- autonomo
- centralizzato

8.2 L'impianto serve per la produzione di?

- Riscaldamento
- Riscaldamento e Acqua Calda rapida*
- Riscaldamento e Acqua Calda ad accumulo

8.3 Che cosa utilizzi?

- Gas metano (rete)
- Gasolio
- Legna/pellets

8.4 Che dispositivo è installato per regolare il riscaldamento?

E' possibile più di una opzione (es.: termostato e valvole termostatiche). *

- termostato di caldaia
- valvole termostatiche
- sonda e stema
- termostato unico per l'appartamento
- cronotermostato unico per l'appartamento
- nessun dispositivo
- altro.....

* più consueto

DOMANDE FACOLTATIVE

8.5 In che anno è stata installata l'attuale caldaia?

- si
- no

SEGNARE MARCA E MODELLO:.....

8.6 Potenza nominale della caldaia:

8.7 Se usi le biomasse, che cosa utilizzi?

- legna
- pellets

8.8 In che anno è stato realizzato l'attuale impianto di riscaldamento?

Se non si sa precisamente mettere un anno indicativo

8.9 Come si distribuisce/propaga il calore?

- Termostoni in ghisa
- Convettori ad aria
- Pannelli radianti a pavimento
- Termostoni in alluminio
- Camino
- Stufa
- Termostoni in acciaio
- Radiatore elettrico
- altro.....

9 INFORMAZIONI SULLA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA

Rispondere solo se l'acqua calda non è prodotta dalla caldaia del riscaldamento o se avete un impianto integrativo

9.1 Che impianto utilizzate?

- Boiler a gas
- Solare termico.....
- Boiler elettrico

10 INFORMAZIONI SULLA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

10.1 Utilizzate un impianto fotovoltaico per produrre energia elettrica?

- si
 - no
- Se si, quanti metri quadri avete installato circa?.....

Figura 42: Pagine esemplificative del questionario

19.3.2 Abaco

Si sono predisposti due abachi di supporto alle interviste, uno relativo ai materiali e alle tecniche costruttive edilizie e un altro per le apparecchiature elettriche. Il questionario riporta quindi una codifica che fa riferimento agli abachi stessi.

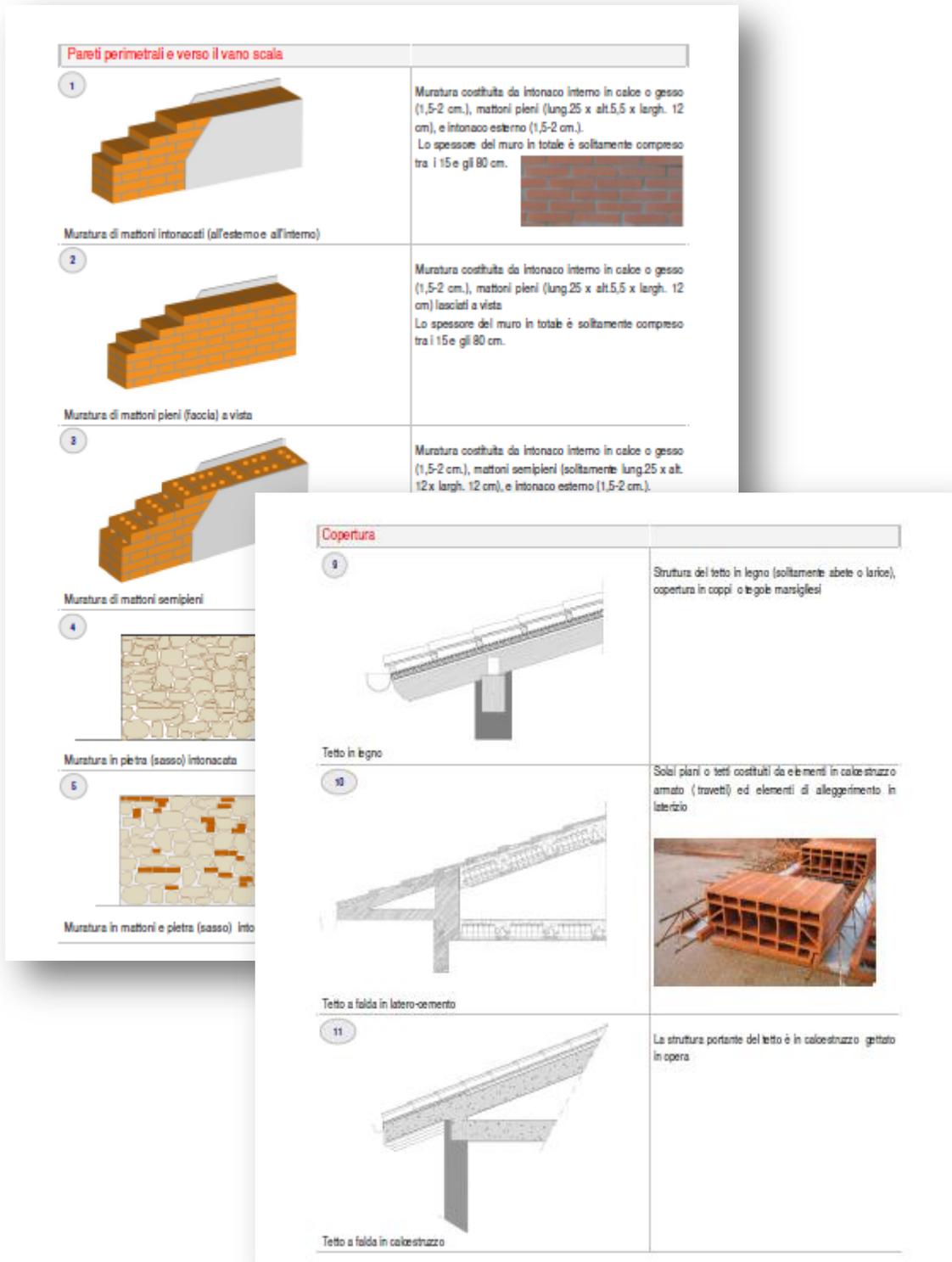


Figura 43: Pagine esemplificative dell'Abaco edilizio

19.3.3 Strategia di erogazione del questionario

La fase di formazione dei volontari si è conclusa con la progettazione della campagna di promozione dell'iniziativa e l'organizzazione delle interviste. Trattandosi di un'iniziativa volontaria senza finanziamenti si sono organizzati principalmente incontri serali di presentazione dell'iniziativa presso la frazione di Stiore, in cui si sono evidenziati alcuni elementi cruciali del problema, l'obiettivo delle interviste e il tipo di domande che si sarebbero fatte. In occasione di feste e manifestazioni si è predisposto inoltre un desk di raccolta adesioni.

Contemporaneamente è stata inviata una lettera ad ogni famiglia per ribadire il senso dell'iniziativa e comunicare il nominativo degli intervistatori.

L'amministrazione ha messo a disposizione un ufficio per i volontari per organizzare le uscite e successivamente si sono organizzate le telefonate per stabilire giorni e orari con gli aderenti.

Le adesioni sono state molto inferiori al previsto e questo per una serie di ragioni che saranno evidenziate nelle conclusioni, dovute anche al periodo di realizzazione delle interviste, svolte nei mesi di luglio, interrotte ad agosto per il numero rilevante di assenza delle famiglie per ferie, e riprese nei mesi di settembre ed ottobre.

In totale hanno aderito 37 famiglie, pari a poco più del 10% della popolazione residente. Tuttavia le tipologie edilizie e la struttura delle famiglie è risultata essere sufficientemente eterogenea da garantire un'analisi dei risultati piuttosto significativa, che verrà esposta nei diversi commenti ai risultati dei dati raccolti.

STIORE

Misuriamoci l'energia
una ricerca per conoscere i nostri consumi e progettare un piano di efficienza energetica

**Stiore misura l'energia casa per casa
E così la frazione risparmia sulla bolletta**

— MONTEVEGLIO —

STIORE si misura l'energia. In questi giorni ha preso il via il progetto "Misuriamoci l'energia", coordinato dall'architetto Silvia Dalla Costa dell'Università IUAV di Venezia in collaborazione con l'Amministrazione di Montevoglio e Montevoglio Città di Transizione. Nei prossimi giorni un gruppo di rilevatori, appositamente preparati, passerà nelle case della gente per chiedere di rispondere alle domande di un questionario molto completo, relativo ad alcune caratteristiche dell'abitazione, dell'impianto di riscaldamento, delle apparecchiature elettriche che utilizzate. L'adesione è volontaria e i dati trattati nel rispetto della privacy. Le famiglie coinvolte riceveranno, alla fine della ricerca, un'analisi dei consumi e delle prestazioni energetiche della propria abitazione, l'elenco degli interventi possibili e alcuni consigli utili per modificare le proprie abitudini e risparmiare sulla bolletta della luce e del gas. Una volta terminata questa prima parte il progetto verrà poi esteso al resto di Montevoglio. f.f.

Quanta energia consumiamo e come?

Per ridurre i nostri consumi e scegliere gli interventi di riqualificazione energetica più adatti, in termini tecnici ed economici, servono informazioni che al momento non possediamo. Nasce così un progetto sperimentale per raccogliere i dati utili a immaginare le soluzioni più efficaci per un futuro a basso consumo di energia.

L'iniziativa è coordinata dall'architetto Silvia Dalla Costa dell'Università di Iuav di Venezia in collaborazione con l'Amministrazione di Montevoglio e Montevoglio Città di Transizione ed è incentrata sulla realizzazione di una indagine "energetica" sulle famiglie di Stiore.

Vi è già arrivata una lettera di presentazione e nei prossimi giorni un gruppo di rilevatori,

Le famiglie coinvolte riceveranno, alla fine della ricerca, un'analisi dei consumi e delle prestazioni energetiche della propria abitazione, l'elenco degli interventi possibili e alcuni consigli utili per modificare le abitudini e risparmiare sulla bolletta della luce e del gas. I dati raccolti saranno messi anche a disposizione dell'Amministrazione e discussi con i partecipanti per progettare interventi collettivi.

Qualche informazione aggiuntiva:
Le persone che effettueranno il rilevamento sono:

In Comune: Uffici e orari, Cosa fare se... Modulistica, Contatta il Comune, Sindaco e Assessori, Il Consiglio Comunale, Montevoglio in cifre

Trasparenza: Posta Elettronica Certificata (Pec), Albo Pretorio, Statuto e Regolamenti, Ordinanze, Bilancio, Assemblee Frazionali, Avvisi, Trasparenza, valutazione e merito, Servizio Civile

Vivere in città: Comitato per le Ordinanze ai Caduti di

Home page: **Stiore si misura l'energia**
In questi giorni ha preso il via il progetto "Misuriamoci l'energia", coordinato dall'architetto Silvia Dalla Costa dell'Università Iuav di Venezia in collaborazione con l'Amministrazione di Montevoglio e Montevoglio Città di Transizione. Nei prossimi giorni un gruppo di rilevatori, appositamente preparati, passerà presso le vostre case per chiedervi di rispondere alle domande di un questionario molto completo, relativo ad alcune caratteristiche della vostra abitazione, del vostro impianto di riscaldamento, delle apparecchiature elettriche che utilizzate. L'adesione è ovviamente volontaria e i dati trattati nel rispetto della privacy. Le famiglie coinvolte riceveranno, alla fine della ricerca, un'analisi dei consumi e delle prestazioni energetiche della propria abitazione, l'elenco degli interventi possibili e alcuni consigli utili per modificare le proprie abitudini e risparmiare sulla bolletta della luce e del gas. Una volta terminata questa prima parte il progetto verrà poi esteso al resto di Montevoglio.

Umberto Fonda
Assessore alle Politiche Ambientali

Ultimo Aggiornamento: 02/07/2010

Eventi: Gen 2011 | val | a
03 04 05 06 07 08 09
10 11 12 13 14 15 16
17 18 19 20 21 22 23
24 25 26 27 28 29 30
31

Turismo: Come arrivare, Cosa vedere, Dove dormire, Dove mangiare, Cenni storici

Eventi ed iniziative nella nostra zona
Cerca
su tutti i portali

Figura 44: Segnalazione e promozione dell'iniziativa

19.3.4 Popolamento della base dati

Alle persone incaricate di svolgere le interviste è stato chiesto di compilare i campi della base dati più semplici (Id, indirizzo, nominativo intervistato, composizione famiglia e data dell'intervista) sia per la consistente mole di dati da imputare, che per verificare a priori la qualità dei dati raccolti.

Periodicamente quindi si sono raccolte le interviste e popolata la base dati, cercando di verificare contestualmente la procedura di creazione dei dati di sintesi e degli indicatori, che in ogni caso sono definitivamente stati costruiti solo alla fine delle interviste, a partire dal mese di novembre 2010.

Si precisa infine che alcuni dati richiesti e raccolti dagli intervistatori erano già presenti in altre risorse informative utilizzate (la banca dati anagrafe ad esempio), si è preferito comunque richiederli per averne conferma.

20 Dati e indicatori di sintesi

20.1 Sistema Edificio/Impianto

20.1.1 Andamento dei consumi termici 2006/2009 normalizzati ai GG reali

L'indicatore è calcolato sull'*aggregatore di zone termiche* (edificio o edifici adiacenti analoghi), che rappresenta l'unità minima di rilievo. E' un indicatore relativo al sistema EI (edificio-impianto).

Obiettivo

Si vuole evidenziare per ogni edificio (*aggregatore zone termiche*) l'andamento dei consumi annui totali e di riscaldamento, tenendo conto delle temperature esterne medie stagionali sintetizzate nel parametro dei Gradi Giorno reali.

La normalizzazione è introdotta per poter confrontare il consumo effettivo per riscaldamento nelle diverse stagioni termiche.

I risultati non esplicitano le cause di spreco o di risparmio, ma evidenziano con immediatezza il valore dei consumi nelle abitazioni e possono essere discussi confrontando il consumo per metro quadro delle abitazioni rispetto ai consumi medi nazionali e provinciali. E' quindi un indicatore di stato soprattutto di impatto comunicativo.

Dati di ingresso

- consumi termici annui, comprensivi di riscaldamento, ACS, e uso cucina, forniti da Hera Bologna, utility che gestisce (alla data del 2009) i contratti di erogazione di gas metano per gli anni 2006, 2007, 2008, 2009;
- Superficie Utile di Pavimento⁷⁰, dato derivato da proprietà geometriche e assunzioni di calcolo;
- Gradi Giorno reali, dato derivato dall'attributo temperature della base dati e dal periodo di funzionamento del riscaldamento.

Procedura di calcolo

I consumi annui normalizzati sui gradi giorno reali si calcolano come:

$$C_{GGr,a} = \left(\frac{C_{tot}}{GG_{r,a}} \right) \times GG_{conv}$$

dove:

$C_{GGr,a}$ Consumi per per anno, misurati in Kwh a

C_{tot} Consumi annuali termici totali, in Kwh

$GG_{r,a}$ Gradi Giorno annuali reali, in °C

GG_{conv} Gradi Giorno convenzionali, in °C

Tali consumi potranno poi essere calcolati sulla superficie:

$$C_{GGr,a,s} = \frac{C_{GGr,a}}{S}$$

dove:

$C_{GGr,a,s}$ Consumi per per anno, misurati in Kwh/m² a

S Superficie Utile di Pavimento in m²

⁷⁰ La Superficie Utile è la superficie netta calpestabile della zona riscaldata.

Possibili integrazioni:

- normalizzazione rispetto al rapporto di Forma S/V: a parità di volume infatti un edificio con maggiori superfici disperdenti consuma di più;
- normalizzazione rispetto al numero di occupanti, per verificare a parità di consumi e metri quadri per abitazione il consumo medio occupante;
- valutazione dei consumi termici rispetto all'anno di costruzione dell'edificio e all'attuazione di interventi di restauro recenti: sono possibili considerazioni in merito al peso del fattore utenza.

Consumi termici annui

I dati messi a disposizione da Hera Bologna, sono relativi ai consumi reali con contratto Gas generico o domestico, calcolati da inizio periodo di riscaldamento per gli anni 2006, 2007, 2008 e 2009. La tabella dei consumi fornisce:

- Codice identificativo appartamento
- Via
- Civico
- Tariffa (tipo)
- Anno
- Consumo in m³

Non sono forniti i nomi dell'intestatario del contratto né i civici interni, pertanto è possibile calcolare l'indicatore solo sull'aggregatore.

La procedura prevede la conversione del dato sui consumi derivati da lettura del contatore e forniti quindi in m³ ad unità di misura Kwh tramite fattore di conversione:

$$1 \text{ m}^3 \cong 9,594 \text{ Kwh}$$

La successiva costruzione della chiave primaria nella tabella dei consumi è fornita dalla utility realizzata dai campi Via e Civico. E' realizzabile quindi il raggruppamento (operazione *group by*) degli appartamenti con stessa chiave primaria, che appartengono allo stesso edificio, e l'importazione nel GeoDBMS (tabella "Impianto di riscaldamento e ACS", operazione di *join*).

Calcolo dei Gradi Giorno reali

I Gradi Giorno sono la sommatoria, per i soli contributi positivi, della differenza tra la temperatura di riferimento interna e la temperatura media giornaliera esterna, estesa a tutto il periodo di riscaldamento:

$$GG = \sum_t (T_{rif} - T_e)$$

dove t è il periodo in cui è in funzione il riscaldamento, determinato sulla base della fascia climatica del Comune di appartenenza che dipende a sua volta dai Gradi Giorno calcolati con T_{ref} = 20 °C.

Per il loro calcolo si è utilizzata la metodologia di stima delle temperature medie settimanali testata e validata nella fase di costruzione della Firma energetica, con l'integrazione, quando possibile, dei dati provenienti dalla centralina di Stiore (non disponibile per gli anni 2006, 2007 e 2008).

I Gradi Giorno sono stati calcolati per gli anni 2006, 2007, 2008 e 2009. La sintesi dei risultati, per una quota riferita al centro di Stiore, è mostrata nella tabella a seguire (i risultati in numeri decimali sono stati arrotondati a numeri interi).

Anno	GG reali
2006 Stiore	2146
GG 2007 Stiore	2408
GG 2008 Stiore	2315
GG 2009 Stiore	2594
GG convenzionali Monteveglio	2319

Tabella 12: Gradi Giorno reali e convenzionali di Monteveglio

Calcolo della Superficie Utile di Pavimento

Per ottenere la Superficie Utile di Pavimento sono necessarie alcune considerazioni preliminari. Normalmente è possibile considerare la superficie proiettata a terra dell'edificio, in cartografia corrispondente al poligono che lo rappresenta, introducendo un fattore correttivo che tiene conto dello spessore dei muri perimetrali che vanno eliminati dal calcolo. La superficie così ottenuta è moltiplicata per il numero dei piani, a sua volta ottenuto dall'altezza della quota di gronda (attributo dell'edificio), suddivisa per l'altezza media di un piano, solitamente assunta pari a 3 metri.

Questa misurazione non tiene conto:

- della precisione di partenza della cartografia di base
- della presenza/assenza di vani scala o vani tecnici che vanno scorporati dal calcolo della Superficie Utile

inoltre il fattore di riduzione dovrebbe considerare l'effettivo valore degli spessori dei muri, che possono avere valori differenti in base all'epoca di costruzione. Infine, nel contesto dell'esperimento, è molto frequente l'utilizzo del sottotetto come soppalco abitabile che va calcolato come Superficie Utile di Pavimento.

Catasto Terreni			Misure Reali			
Largh	Lungh	MQ	Largh	Lungh	MQ	rapporto
9,44	11,02	104,0288	9,83	10,95	107,6385	1,034699
10,63	21,33	226,7379	11,71	21,39	250,4769	1,104698
9,33	11,73	109,4409	9,6	12,2	117,12	1,0701666
8,38	10,77	90,2526	8,65	11,03	95,4095	1,0571385
8,38	10,77	90,2526	8,65	11,27	97,4855	1,0801406
10,83	10,67	115,5561	13,59	8,65	117,5535	1,0172851
10,26	12,97	133,0722	9,05	13,84	125,252	0,9412334
12,27	7,26	89,0802	9,7	7,24	70,228	0,7883682
13,46	13,96	187,9016	12,65	13,8	174,57	0,9290501
4,82	10,69	51,5258	5,1	11,6	55	1,0674264

Tabella 13: Estratto della tabella di confronto tra superfici lorde derivate da cartografia catastale e da tavole architettoniche

Analisi della cartografia

Il confronto tra valori di superficie derivati dal Catasto Terreni e dati misurati su tavole architettoniche è abbastanza confortante; il valore medio derivato da dato reale e dato calcolato su cartografia, è pari a 1,009 (con deviazione standard pari a 0,09) ed è utilizzabile eventualmente come fattore correttivo, sebbene la differenza appare nel caso in questione alquanto trascurabile.

Trasformazione da superficie lorda a Superficie Utile di Pavimento

Per quanto concerne il valore correttivo da utilizzare per il passaggio da superficie lorda a Superficie Utile di Pavimento, ovvero al netto della muratura esterna e al lordo delle pareti interne, le analisi effettuate sulle superfici, sia dei volontari della Firma che dei partecipanti all'indagine che disponevano di tavole architettoniche, ha evidenziato una netta prevalenza di muratura

portante, eventualmente integrata da colonne interne, e uno spessore della pareti, anche di quelle in pietra, oscillante tra i 30 e 35 centimetri. Pertanto il fattore correttivo calcolato come rapporto tra superficie netta e lorda è risultato pari a 0,875 (deviazione standard = 0,025).

Vano scala, cantina, garage

I vani scala solitamente sono spazi non riscaldati che vanno esclusi dal conteggio della Superficie Utile di pavimento. Sulla base delle valutazioni svolte nell'ambito dei calcoli relativi al coefficiente di dispersione per il calcolo della Firma energetica, si è valutato di trattare come vani scala riscaldati quelli all'interno di appartamenti e abitazioni singole, e di trattare come zone termiche non riscaldate quelli condominiali o comunque di accesso a due o più appartamenti.

La dimensione a terra e il numero di appartamenti e piani consentono di stimare la presenza e il numero dei vani, e di calcolarne l'ingombro, sulla base di valutazioni spaziali standard (dimensione minima larghezza scale, dimensioni di alzate e pedate e dei pianerottoli), definito pari a 12 m² al lordo dei muri.

Per quanto concerne l'eventuale sottrazione dai piani terra di garage o locali non climatizzati, si è deciso di eliminarli dal conteggio solo se dichiarati dalle interviste, di fatto la tipologia ricorrente, dovuta anche alla morfologia del terreno, in questo contesto risulta il garage seminterrato.

Sottotetto

La valutazione della superficie abitabile del sottotetto abitato è stata fatta considerando come altezza utile 2,20 metri. Pertanto, stimate le altezze di gronda e al colmo delle edifici dei volontari della Firma e dei partecipanti all'indagine, si è assunta come Superficie Utile del sottotetto un'area pari ad 1/3 (per la precisione 0,3125) del piano principale.

La valutazione delle abitazioni con sottotetto è derivata da stime fatte dall'esterno nel corso delle interviste, per analogia su tipologie edilizie simili o derivate dagli stessi intervistati.

Correzione numero di appartamenti

In presenza di edifici a più appartamenti sono piuttosto consuete variazioni sul numero di appartamenti occupati nel corso degli anni. Il raggruppamento effettuato sui dati dei consumi per associare i dati delle singole unità abitative agli edifici, consente di ottenere anche il numero di appartamenti (zone termiche attive per anno).

Per valutare quindi il reale consumo dell'edificio si sono effettuate delle proporzioni relative alle superfici riscaldate annue date da:

$$C_{s,a,adj} = \left[\frac{C_{s,a}}{n_{ap,max}} \right] \times n_{ap,a}$$

dove:

$C_{s,a,adj}$ consumi annui per superficie adeguati tenendo conto della reale superficie riscaldata dell'edificio (aggregatore z.t.), misurati in Kwh/m² a

$C_{s,a}$ consumi per superficie, per anno, misurati in Kwh/m² a

$N_{app,max}$ numero di appartamenti massimo rilevato per edificio

$N_{app,a}$ numero reale di appartamenti per anno di riferimento

Suddivisione dei consumi annui per usi finali

Al fine di ricavare il dato sul solo consumo di energia primaria per riscaldamento è necessario scorporare i valori relativi ai diversi usi finali: riscaldamento, Acqua Calda Sanitaria e uso cucina, quest'ultima solitamente non viene calcolata puntualmente perché non ha valore rilevante.

Le metodologie per il calcolo per ACS sono sostanzialmente due:

- fare riferimento alla norma 11300 Parte 2, la quale calcola i consumi in base alla misura della Superficie Utile di Pavimento;
- utilizzare la ripartizione dei consumi energetici per usi finali a livello nazionale adottando l'ipotesi che la ripartizione per ACS sia scalabile, senza alcuna distinzione tra zone geografiche.

In questo caso è possibile utilizzare i dati medi reali, sulla base delle misurazioni fornite dai volontari della Firma energetica. Pertanto per ogni volontario sono stati calcolati i consumi settimanali a partire dalla settimana successiva allo spegnimento del riscaldamento fino alla settimana prima della riaccensione.

Sulla base della distribuzione di frequenza del numero di componenti delle famiglie è emerso una composizione prevalente di famiglie con 2 e 3 componenti, pertanto dalla media si sono scartati i volontari con nuclei famigliari superiori alle 4 unità. Sono stati quindi calcolati i consumi, comprensivi di ACS e uso cucina annui, e suddivisi per i metri quadrati di Superficie Utile di Pavimento delle abitazioni.

Il dato medio ricavato è pari a 26,73 Kwh/m² a. Facendo riferimento al calcolo previsto dalla UNI, che comunque determina solo il valore relativo all'ACS, per superfici comprese tra 51 e 200 metri quadrati si dovrebbe usare la formula:

$$F_{acs} = 47,9 \times S_u^{0,2346}$$

Per una superficie di 80 metri quadri, che è una misura abbastanza frequente per gli appartamenti presenti nell'area dell'esperimento, il risultato è pari a 17 Kwh/m² a. Poichè a livello nazionale la quota per usi domestici è pari a circa 9,5 Kwh/m², si è in linea sia con quanto ricavato dalla UNI che con le statistiche nazionali e quindi si assume il valore medio sopra ricavato come quota da scorporare dai consumi totali e riferibile pertanto alla produzione di ACS e di consumi per uso cucina.

Risultati

Andamento dei consumi reali

I dati medi di consumo di combustibile per abitante, sia nella frazione di Stiore che nell'intero territorio comunale, evidenziano un andamento in linea con quello nazionale che ha visto nel 2008 un notevole aumento dei consumi di gas metano per uso domestico rispetto al 2007 in cui l'inverno era stato piuttosto mite (VI Rapporto ISPRA, 2009). Nel 2009 prosegue il trend di crescita dei consumi nel territorio in esame. Le ragioni potrebbero in parte essere imputabili alle condizioni climatiche, date le basse temperature registrate soprattutto nel mese di dicembre, come si evince dal calcolo dei Gradi Giorno. A Stiore tra il 2006 e il 2009 il numero di contratti di utenza domestica per il riscaldamento è salito da 238 a 331; in ogni caso l'incremento di unità abitative più consistente è avvenuto nel 2007 (320 unità) rendendo ancora più evidente la "causa climatica" della riduzione dei consumi. In linea generale si nota comunque una forte differenza dei consumi per abitante tra Stiore, in cui sono presenti molte abitazioni recenti, in alcuni casi dotate di certificazione energetica (quelle conosciute come Classe C), e il resto del territorio comunale.

Anno	m ³ /ab Montevoglio	m ³ /ab Stiore	m ³ /ab Bologna
2006	625,90	582,54	680,30
2007	535,72	418,67	675,00
2008	612,94	537,89	579,00
2009	624,00	526,73	/

Tabella 14: Confronto dei consumi termici di gas metano al mc per abitante

Dottorato in NT&ITA

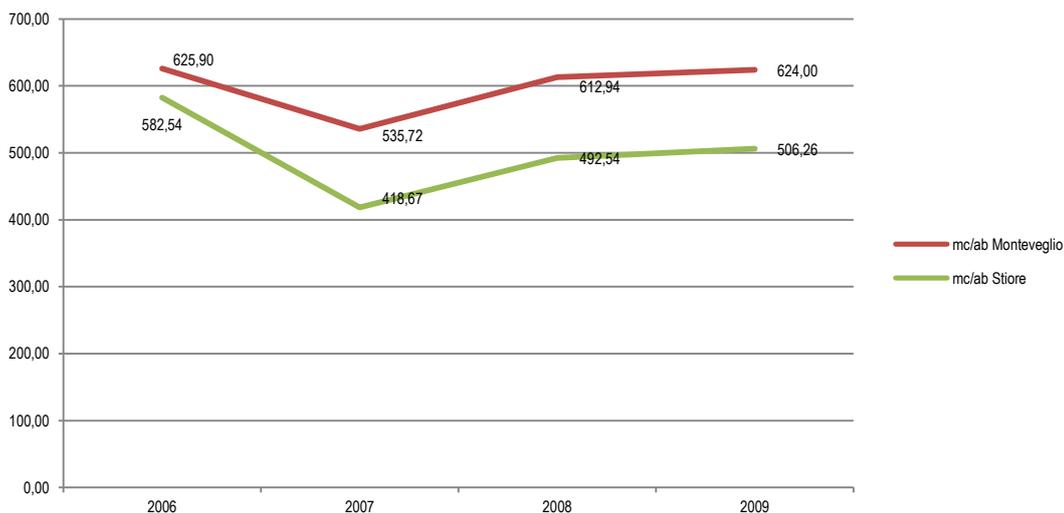


Figura 45: Andamento 2006-2009 consumi di gas metano per Stiore e Monteveglio

Consumi per singola abitazione

Se si fa riferimento ai dati per singola abitazione della frazione (considerando le abitazioni che tra il 2006 e il 2009 sono sempre state utilizzate) si registra che il 25,74% ha aumentato i propri consumi nel corso dei 4 anni, mentre il restante 74,26% ha fatto registrare una loro diminuzione. Significativo il fatto che della prima percentuale fanno parte soprattutto edifici di recentissima costruzione, alcuni dei quali forniti di attestato di certificazione energetica.

Distribuzione di frequenza Kw/h m² a

Si riporta la distribuzione di frequenza a intervalli definiti dei consumi termici annui della frazione investigata.

Il calcolo si riferisce al conteggio su Gradi Giorno reali.

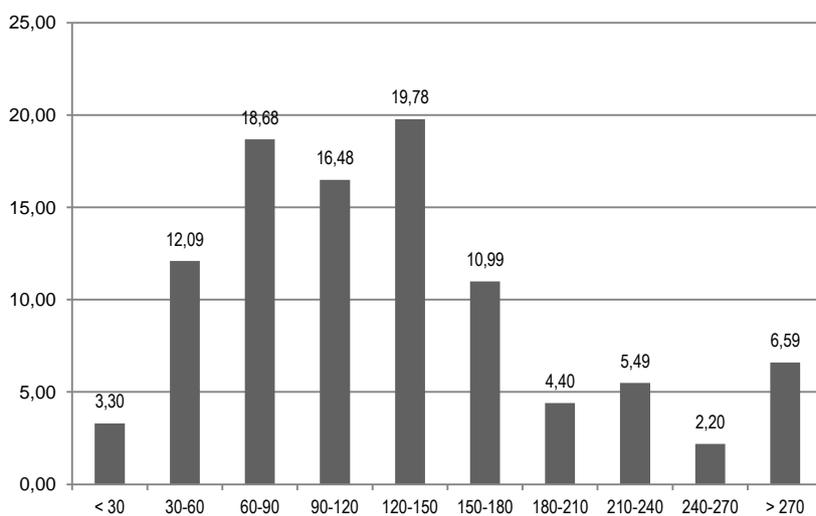


Figura 46: Distribuzione di frequenza percentuale, anno 2006

Dottorato in NT&ITA

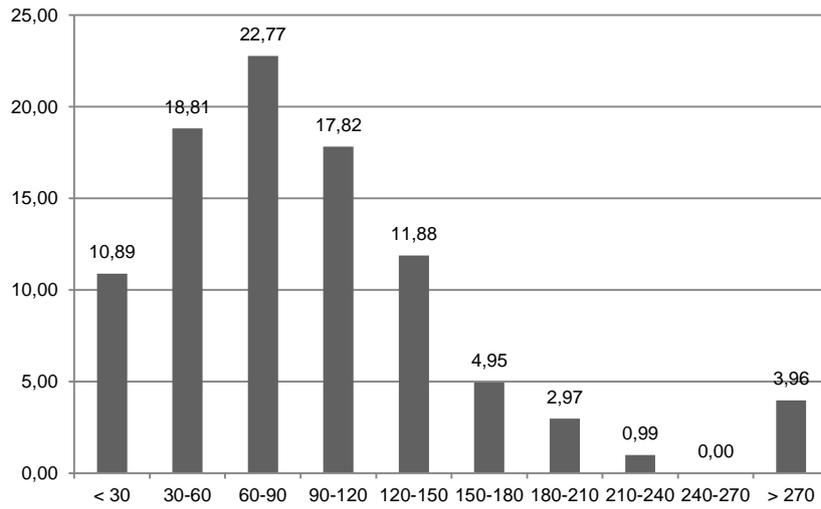


Figura 47: Distribuzione di frequenza percentuale, anno 2007

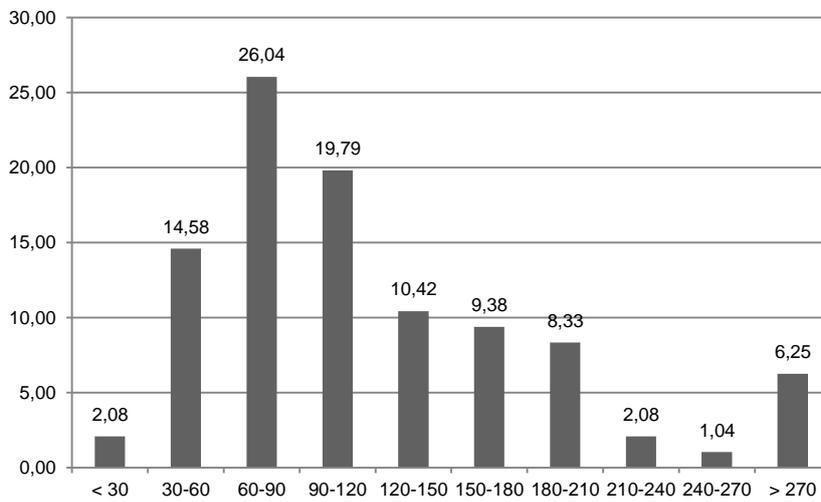


Figura 48: Distribuzione di frequenza percentuale, anno 2008

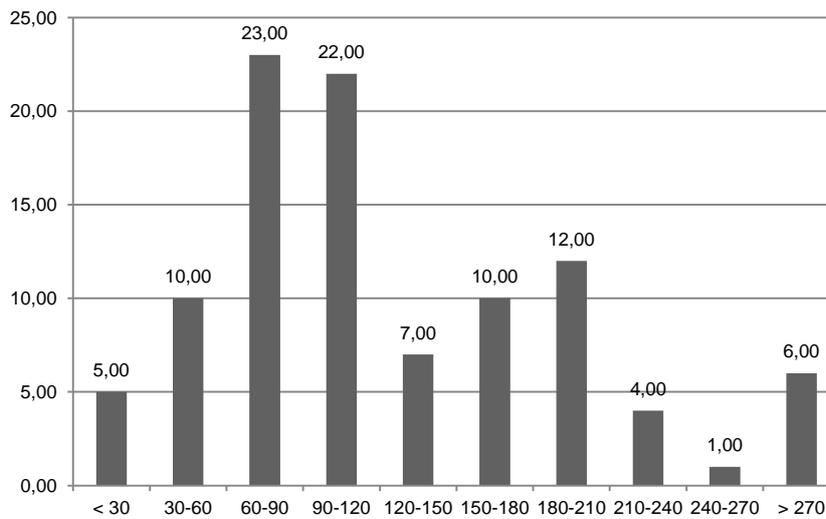


Figura 49: Distribuzione di frequenza percentuale, anno 2009

Si riportano due restituzioni dei risultati su mappa.

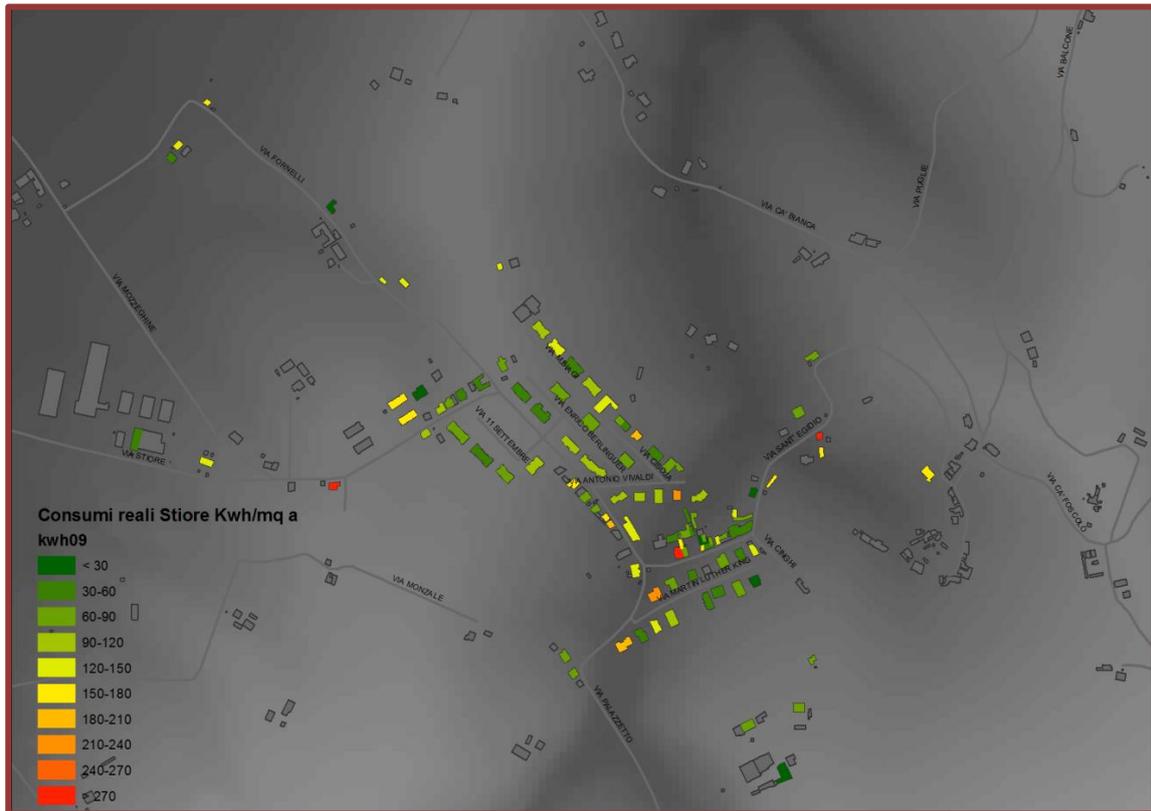


Figura 51: Distribuzione geografica dei consumi (Kwh/m² a) del 2009

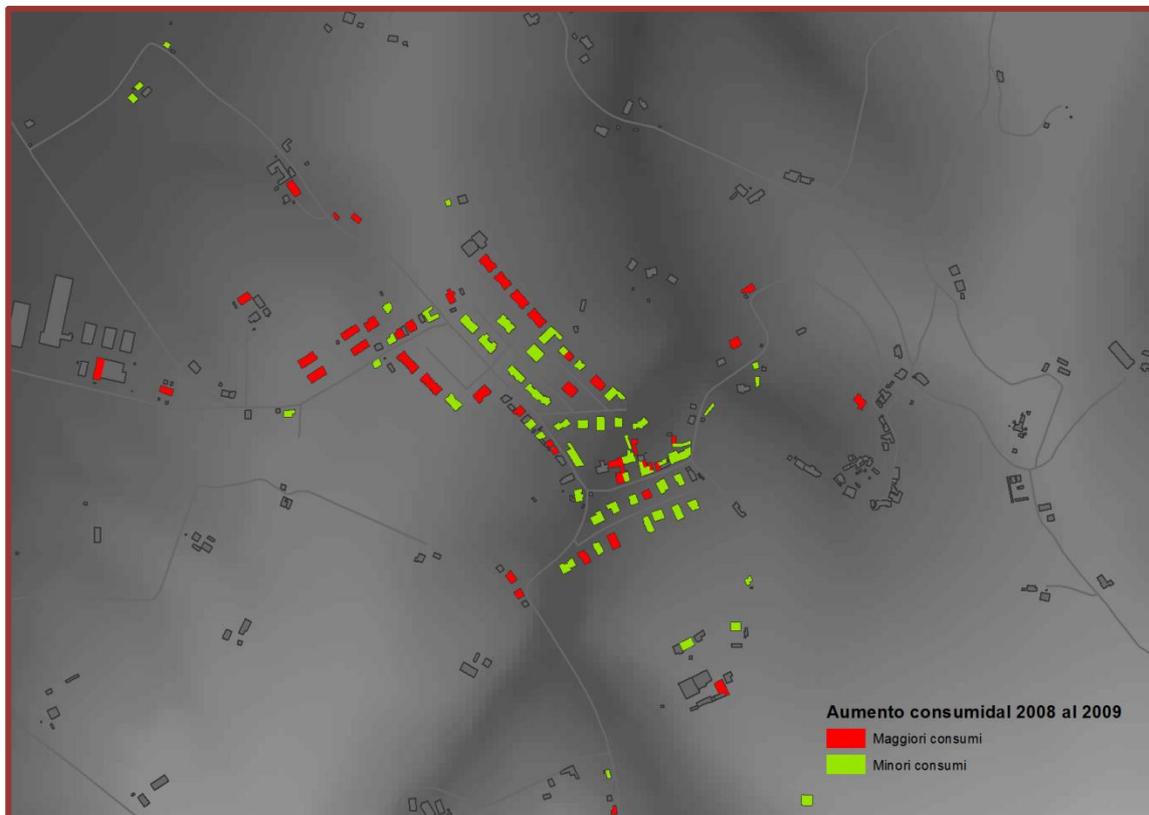


Figura 50: Aumento/diminuzione dei consumi tra il 2008 e il 2009

anno	Valore min reale	Valore max reale	Valore min GG	Valore max GG	Media reale	Dev.standard reale
2006	3,39	434,66	3,66	466,04	131,00	79,49
2007	2,12	439,83	2,04	423,57	101,41	76,17
2008	10,52	386,32	10,54	376,45	119,87	72,53
2009	13,46	460,19	12,03	411,4	109,61	69,79

Tabella 15: Sintesi dei consumi di combustibile dal 2006 al 2009 in Kwh/m² a

I dati medi di consumo normalizzati sulla superficie sono inferiori rispetto ai valori medi di contesti vicini⁷¹, tuttavia vi è una forte differenziazione tra abitazioni e non si può escludere che alcune di esse, caratterizzate da valori molto bassi di consumo, siano occupate solo saltuariamente.

20.1.2 Distribuzione delle dispersioni per trasmissione

L'indicatore è calcolato sulle zone termiche (appartamento/abitazione singola) per le utenze che hanno partecipato all'indagine. L'indicatore è stato esteso anche agli aggregatori, ossia a tutti gli edifici della frazione, sulla base di aggregazioni in classi di analogia relativa ai materiali dell'involucro opaco e all'anno di realizzazione. Si tratta un indicatore relativo al sistema EI (Edificio/Impianto).

Obiettivo

La maggior parte degli studi a scala urbana orientati a determinare le prestazioni energetiche edilizie e le analisi propedeutiche la redazione di Piani o di regolamenti edilizi si avviano da considerazioni direttamente connesse ai consumi termici annuali, normalizzati alla consistenza numerica edilizia, senza entrare nel merito delle ragioni e degli elementi che causano tali consumi. Le motivazioni sono state trattate nei capitoli iniziali e sono sostanzialmente legate alla mancanza di informazioni congrue. Tuttavia l'orientamento delle politiche energetiche richiede sempre più di approfondire le questioni e di intervenire con specifiche azioni di riqualificazione. È il caso del più volte citato PAES che richiede interventi e una loro contabilizzazione piuttosto dettagliata.

L'obiettivo di questa parte di elaborazione della Base informativa è orientato a determinare la distribuzione delle dispersioni dell'involucro edilizio a partire dalle zone termiche indagate con il questionario per estendere poi le considerazioni al resto del territorio.

Dati di ingresso

- Dati geometrici degli edifici, derivati da elaborazioni sul poligono 3D delle zone termiche e aggregatori di zone termiche
- Valori di trasmittanza immessi nella base dati e derivati da Abachi UNI TS 11300 parte 1 e integrazioni desunte da colloqui con progettisti locali
- Descrizione delle stratigrafie richieste agli intervistati, valutate dagli intervistatori e verificate dalla sottoscritta
- Fattori di correzione, derivati da tabelle UNI TS 11300 parte 1

⁷¹ Il consumo medio per riscaldamento alloggi bolognesi è di circa 170 kWh/mq (Fonte Vanni Bulgarelli, Agenda 21 Locale)

Procedura di calcolo

La procedura si avvia dalla determinazione del coefficiente di scambio termico per trasmissione dell'involucro edilizio opaco e trasparente, secondo la formula generale commentata al paragrafo 4.6.1:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U$$

dove:

H_D coefficiente di accoppiamento tra spazio riscaldato ed esterno attraverso l'involucro edilizio, in W/K

H_g coefficiente di perdita di calore attraverso il terreno in condizioni stazionarie, in W/K

H_U coefficiente di perdita di calore verso ambienti non riscaldati, in W/K

E' necessario quindi calcolare i diversi coefficienti di perdita di calore, condizionati dalla superficie delle pareti investigate e dai valori di trasmittanza⁷².

Calcolo delle superfici disperdenti verso l'esterno

Sono state determinate le dimensioni lineari in pianta dei singoli edifici. Al fine di poter disporre dei valori delle singole pareti e fare successive valutazioni rispetto agli apporti solari e alla riduzione delle prestazioni causate da ombreggiamenti o alla realizzazione di interventi puntuali, è stata definita una procedura⁷³ per automatizzare la determinazione delle dimensioni di ogni facciata e del suo specifico orientamento.

Le direzioni sono un numero discreto, pari a 8, corrispondenti alle direzioni N, NE, E, SE, S, SW, W, NW della rosa dei venti. Il processo di calcolo sviluppato è di carattere iterativo e opera sequenzialmente su tutti gli edifici ad uno ad uno. Ogni edificio è di fatto composto da un *boundary* descritto tramite coordinate x, y (anche z in questo caso) che formano una sequenza chiusa. Per calcolare l'angolo tra una retta e l'asse delle X, è stata utilizzata la funzione Java atan2 che restituisce l'angolo, espresso in radianti, compreso tra l'asse X e il punto specificato. Dal punto di vista implementativo per ogni edificio si ripetono i seguenti step, a partire dal primo vertice:

- si considerano i due vertici successivi e si misura la distanza tra i due vertici;
- si misura l'angolo composto dalla retta passante per i due vertici e l'asse X;
- si riconduce il valore dell'angolo nel *range* delle 8 direzioni possibili;

⁷² La trasmittanza U (UNI EN ISO 6946) si definisce come il flusso di calore che attraversa una superficie unitaria sottoposta a differenza di temperatura pari ad 1°C ed è legata alle caratteristiche del materiale che costituisce la struttura e alle condizioni di scambio termico liminare. Si assume pari all'inverso della sommatoria delle resistenze termiche degli strati:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

con R_T pari alla sommatoria delle resistenza superficiale interna, le resistenza termiche di ogni strato e la resistenza superficiale esterna:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

dove:

d spessore dello strato di materiale del componente

λ conduttività termica utile

⁷³ La procedura è stata realizzata nell'ambito di una collaborazione con il Laboratorio *Gis e real time* svolta presso il Dipartimento di Ingegneria Elettronica ed Informatica dell'Università degli Studi di Padova, coordinato dal prof. Massimo Rumor, tutor di tesi, e dal prof. Sergio Congiu.

- si sommano le lunghezze parziali di tutti i lati dell'edificio orientati verso la medesima direzione.

Il calcolo delle superfici verticali si conclude con l'imputazione dell'altezza definita dalla differenza dalla quota di terra e quota di gronda (non sono disponibili i dati riportati al colmo della copertura per cui il calcolo è semplificato).

In ogni caso le superfici delle zone termiche investigate, corrispondenti ad un solo appartamento interno ad un edificio, sono state derivate dagli schemi distributivi semplificati riportati nel questionario dagli intervistatori e rilevati nel corso dell'intervista.

Nel calcolo delle dispersioni vanno considerati anche i valori di altre pareti interne verso ambienti non riscaldati. Si considerano solo quelle che definiscono i vani scala (si veda il paragrafo 20.1.3), data l'orografia del terreno infatti la maggior parte dei locali adibiti a garage è interrata o seminterrata e quindi va computata nelle pareti orizzontali (soletta orizzontale su cantina/garage).

Infine, per quanto riguarda le superfici verticali trasparenti, sono state conteggiate ad 1/8 delle superfici di ogni piano per tutti gli edifici dell'area, mentre per le unità abitative degli intervistati sono stati immessi i dati richiesti nell'intervista (numero di finestre e porte finestre).

Calcolo delle superfici disperdenti orizzontali

In questo caso si utilizzano i valori ricavabili dallo *shapefile* edifici catastali immettendo il fattore di riduzione per escludere i muri perimetrali precedentemente determinato, pari a 0,875. Analogamente al computo per le zone termiche oggetto di indagine, si è chiesto specificatamente agli intervistati la dimensione dell'unità abitativa e le caratteristiche degli ambienti adiacenti.

Calcolo dei valori di trasmittanza

Il valore di trasmittanza, che per ragioni pratiche è qui semplificato, viene derivato da analisi (visive) delle murature, da misurazione degli spessori e valutazioni relative all'anno di costruzione dell'edificio, rilevate nel corso delle interviste ed utilizzate poi come riferimento per l'estensione dell'elaborazione al resto del territorio indagato. Sulla base di questi dati si utilizzano gli Abachi UNI TS 11300 o i valori personalizzati.

Calcolo del coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno H_D

Determinate le superfici esterne dell'involucro opaco, per ricavare H_D (W/K) è possibile utilizzare la formula:

$$H_D = \sum A \times U$$

dove:

- A area delle pareti verso terreno, espressa in m²
- U trasmittanza termica della parete, in W/(m²K)

A cui si aggiunge una maggiorazione relativa alla presenza di ponti termici. In questo caso, per coerenza con l'approccio della tesi, si utilizzano il prospetto 4 della UNI TS 11300, per cui la presenza di ponti termici viene calcolata sommando alla formula sopra riportata la percentuale di maggiorazione.

Anche per quanto riguarda le superfici trasparenti sono state calcolate le aree complessive per ogni parete ed utilizzati i valori tabellati della trasmittanza disponibili nell'appendice C della norma.

Calcolo del coefficiente di scambio termico verso il terreno H_g e attraverso gli ambienti non climatizzati H_U

Il coefficiente in questo caso è dato da:

$$H_g = A \times U \times b_{tr,g}$$

dove:

- A area del solaio verso terreno, espressa in m^2
 U trasmittanza termica del solaio sospeso del pavimento, in $W/(m^2K)$
 $b_{tr,g}$ fattore di correzione tra ambiente climatizzato e terreno

Anche in questo caso il fattore di correzione $b_{tr,g}$ può essere calcolato direttamente dal prospetto 6 della UNI-TS 11300 – parte 1.

Il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione H_U tra il volume climatizzato e gli ambienti esterni attraverso ambienti non climatizzati, è calcolato come:

$$H_U = H_{iu} \times b_{tr,x}$$

dove:

- H_{iu} coefficiente di scambio termico tra l'ambiente climatizzato e non climatizzato
 $b_{tr,x}$ fattore di correzione tra ambiente climatizzato e non climatizzato, calcolato dal prospetto 5 della norma

Una volta determinati i coefficienti specifici di tutto l'involucro si è passati alla determinazione delle percentuali di distribuzione di H_{tr} e alla costruzione semplificata delle dispersioni per trasmissione Q_t . Tuttavia, dopo aver costruito gli indicatori, si è ritenuto opportuno utilizzare la sola sommatoria dei diversi coefficienti di dispersione, tale formula contiene infatti già informazioni sufficienti per poter effettuare considerazioni operative, sia qualitative che quantitative, degli interventi da realizzare. La valutazione delle differenti dispersioni a cui l'involucro è soggetto va successivamente confrontata, tramite semplici *query*, alla data di realizzazione dell'edificio o dell'intervento di riqualificazione e alla presenza di isolamento, al fine di determinare con più precisione il tipo e l'entità degli interventi di riqualificazione da proporre.

A livello pratico quindi è possibile valutare quali edifici necessitano di specifici interventi sull'involucro opaco e trasparente e di quantificarne in dettaglio la mole, anche con eventuali simulazioni realizzabili attraverso la sostituzione dei valori di trasmittanza nelle tabelle "involucro opaco" e "involucro trasparente" della base dati.

Risultati

Il risultato più significativo dell'indicatore non è dato da valori di sintesi della distribuzione delle dispersioni, quanto dal fatto di poter disporre per ogni edificio degli elementi e dei dati per poter procedere ad una valutazione realistica di retrofit energetico.

Per ogni edificio investigato, immesso nella Base informativa, sono stati calcolati tutti gli indicatori di prestazioni disponibili in DOCET.

A parte è stato invece computato il coefficiente di dispersione H_{tr} , successivamente incrociato con altri tre attributi della base dati:

1. l'anno di costruzione dell'edificio
2. la presenza di interventi di riqualificazione
3. la presenza/assenza di isolamento per ogni elemento

consentendo di evidenziare e segnalare le priorità di intervento.

Si riportano a seguire alcuni grafici di sintesi ed elaborazioni su mappa.

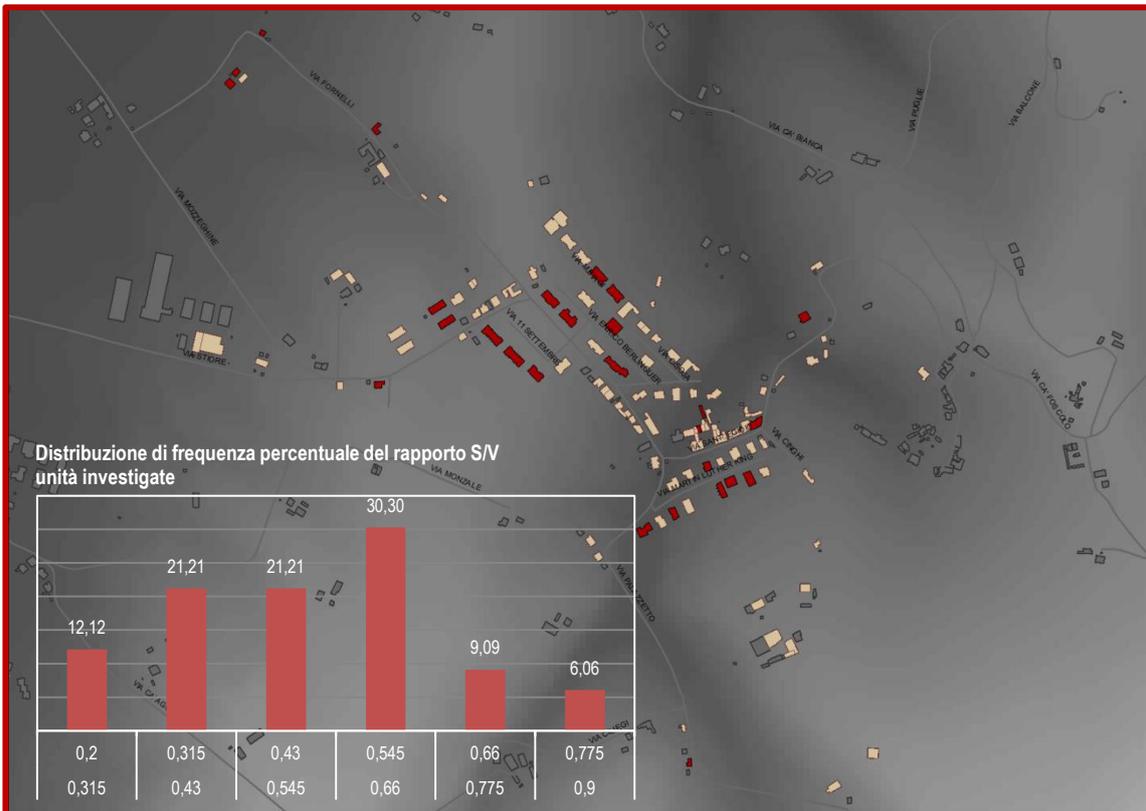


Figura 52: Distribuzione di frequenza del rapp. S/V, in rosso gli edifici con almeno un'unità abitativa investigata

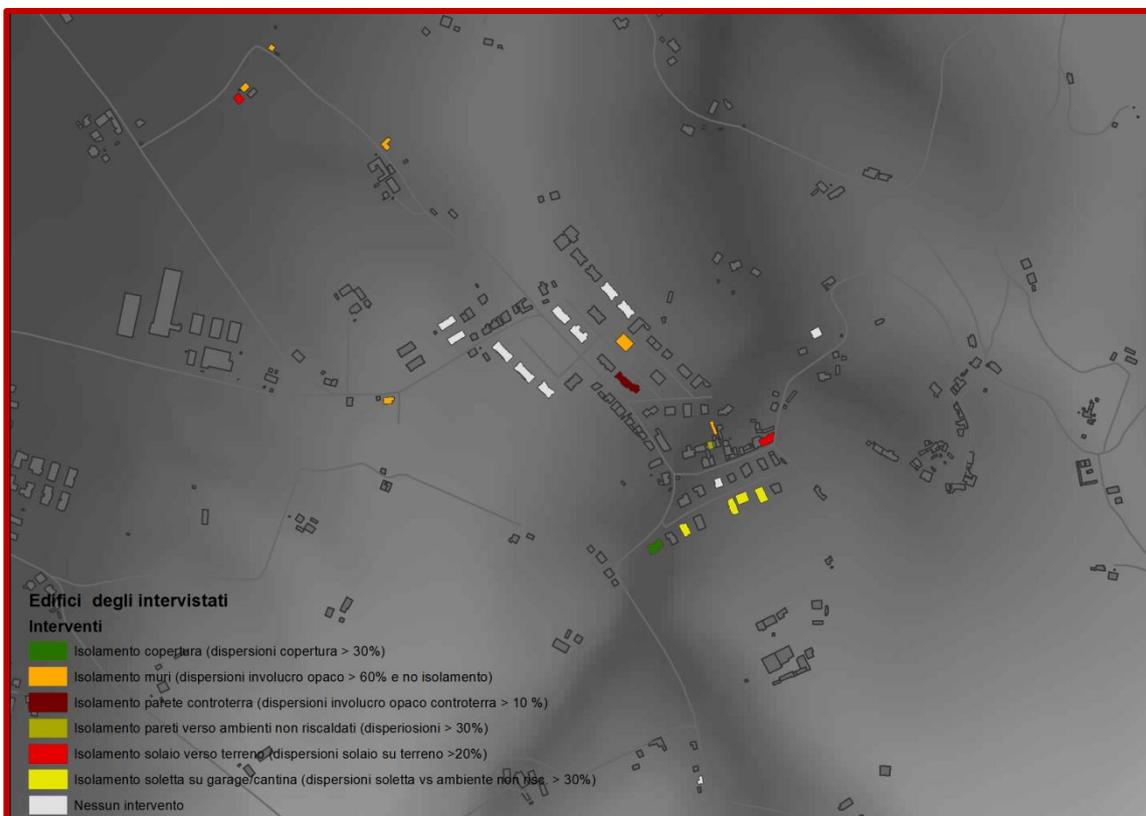


Figura 53: Interventi di riqualificazione edifici degli intervistati individuati sulla base di Ht

I risultati delle elaborazioni e del calcolo di H_{tr} evidenziano comunque un valore prestazionale delle abitazioni investigate piuttosto buono, soltanto il 20 % di esse infatti risulta avere un indice di Prestazione Energetica Globale EP_{GL} in classe G. Il 17 % degli intervistati abita in edifici dotati di Certificazione Energetica, in classe C, mentre il resto delle unità si distribuisce abbastanza equamente tra classi D,E ed F.

In un secondo momento i risultati delle elaborazioni per gli intervistati sono stati incrociati con le ipotesi di datazione del resto degli edifici della frazione, effettuati da analisi cartografica, e i dati raccolti per i medesimi nel corso delle uscite in campo (i volontari segnavano su un form alcune caratteristiche delle abitazioni: stato e materiale della copertura, tipologia di serramenti, presenza di garage, stato generale di conservazione dell'edificio e verifica interventi di ristrutturazione).

E' stata quindi elaborata una prima ipotesi di possibili interventi estesa a tutta la frazione. I risultati sono comunque ancora in fase di validazione.

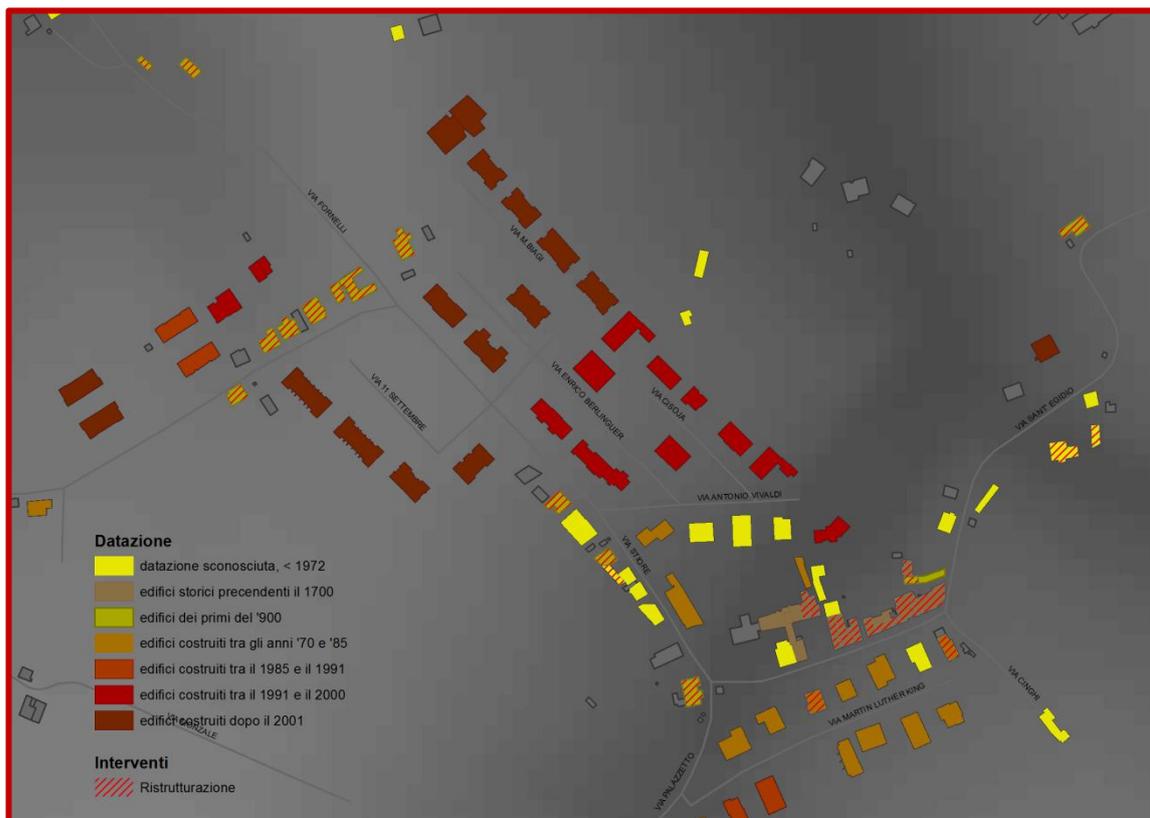


Figura 54: Datazione degli edifici e sovrapposizione con gli interventi di riqualificazione già attuati

In ogni caso si evince dalla mappa sopra riportata che buona parte delle abitazioni non recenti ha già provveduto a realizzare interventi di riqualificazione. Va quindi verificato e valutato il metodo più che il risultato, senza dubbio più significativo se esportato in altri contesti.

20.1.3 Situazione degli impianti di riscaldamento e ACS

Nel corso dell'intervista sono state raccolte anche le informazioni relative agli elementi che compongono l'impianto di riscaldamento e/o ACS. I dati sono stati immessi nelle tabelle della base dati "Impianto di riscaldamento e ACS" e "Regolazione impianto".

Impianto: l'analisi dei dati evidenzia che si è in presenza di impianti autonomi per il riscaldamento e la produzione rapida di ACS: il 70% è stato realizzato o rifatto dopo il 2000, il 6% tra il 1991 e il 2000, mentre il restante 24% è datato prima del 1991, ovvero dell'entrata in vigore della Legge 10. Il 23,5% delle nuove abitazioni ha installato caldaie per l'accumulo di acqua calda.

Caldaie: la maggior parte delle utenze intervistate (82%) ha installato una caldaia dopo il 2000, il 9% possiede una caldaia acquistata tra il 1991 e il 2000, il rimanente 9% ha ancora una caldaia precedente il 1991, e ha manifestato l'intenzione di volerla sostituire in tempi brevi.

Sistema di distribuzione: la distribuzione avviene prevalentemente attraverso termosifoni di acciaio o alluminio (54,05 %) e in ghisa (35,13 %), rare le installazioni di pannelli radianti (4 casi su 37 pari all'10,82%).

Sistema di regolazione: buona parte del campione intervistato regola il proprio riscaldamento attraverso un cronotermostato unico per appartamento (76,47%), alcune abitazioni hanno idue cronotermostati distinti per zona giorno e zona notte (11,76) e altrettante hanno integrato la regolazione attraverso l'installazione di valvole termostatiche; si tratta comunque di abitazioni nuove che hanno previsto probabilmente a priori tale tipologia di regolazione che non deriva pertanto da scelte dell'utente per ottimizzare la regolazione.

Certamente il rilievo dei dati sulle caldaie è stato un elemento di criticità, in quanto le esemplificazioni di tipologie utilizzate dalla norma UNI TS 11300 e da DOCET, necessarie per il calcolo dei rendimenti dell'impianto, non sono immediatamente individuabili dalla documentazione tecnica della caldaia o dal libretto di manutenzione, che si chiedeva di visionare nel corso dell'intervista. Le caratteristiche da immettere nella base dati sono state desunte a posteriori attraverso una verifica in rete delle specifiche a partire dalla marca e dal modello della caldaia che i rilevatori hanno riportato sul questionario.

20.2 Sistema Edificio/Contesto

20.2.1 Stima dell'emissione di CO₂ equivalente

L'indicatore è calcolato sugli *aggregatori di zone termiche*, ovvero su tutti gli edifici della frazione, sulla base dei consumi precedentemente scorporati. E' realizzato sulle zone termiche partecipanti all'indagine anche come indicatore del sistema edificio/impianto, e quindi con utenza standard, sulla base dell'energia termica fornita per il riscaldamento calcolata con DOCET e basata sulle UNI TS 11300. Il confronto tra calcoli standard e reali è finalizzato a considerazioni in merito all'emissione di gas climalteranti imputabili al solo sistema edificio impianto, nonché a verificare i risultati ottenibili dal software.

Obiettivo

La politica energetica europea è fortemente incentrata sulla riduzione delle emissioni di gas serra⁷⁴, prova ne sono le numerose iniziative avviate in merito e che coinvolgono come attori principali soprattutto le realtà locali.

Il Piano d'Azione Energetico Sostenibile che le amministrazioni aderenti al Patto dei Sindaci, tra cui Monteveglio, sono chiamati a redigere, è ampiamente incentrato sulla stima prima e sulla riduzione poi delle emissioni climalteranti.

Il Piano, predisposto secondo le Linee Guida del *Joint Research Centre (JRC)*, ha come documento principale un inventario preliminare delle emissioni che rappresenta la *baseline (BEI)* di riferimento per misurare le successive riduzioni di CO₂ e dovrebbe quindi descrivere, misurare o stimare tutte le emissioni, dirette e indirette, derivate dai consumi finali di energia prodotti nel territorio comunale.

Le stesse Linee Guida indicano due macro-settori di analisi, quello degli edifici, attrezzature, impianti e quello dei trasporti, e otto sotto-categorie tra cui gli edifici residenziali.

⁷⁴ Anche le recenti Linee Guida per la Certificazione Energetica richiedono il calcolo della quantità di CO₂ prodotta dal sistema edificio impianto.

Potendo disporre dei dati sui consumi effettivi per singolo impianto domestico forniti da Hera, si è deciso di contabilizzare le emissioni prodotte dai consumi finali per riscaldamento che nel caso di utenze domestiche coincidono con l'uso finale di energia. La metodologia per il calcolo utilizzata è quella proposta alle amministrazioni che redigono il PAES di tipo standard, che utilizza dei fattori di emissione in linea con i principi IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*).

Dati di ingresso

- Dati sui consumi termici forniti da Hera per gli anni dal 2006 al 2009, convertiti in kwh
- Superficie degli edifici (aggregatori di zone termiche)
- Fattori di emissione: coefficienti elaborati da ISPRA, utilizzati nell'inventario UNFCCC75 e applicabili per il calcolo delle emissioni dal 1 Gennaio 2009 al 31 Dicembre 201076, così come disposto dalla Deliberazione del 10 aprile 2009 "Disposizioni di attuazione della decisione della Commissione europea 2007/589/CE istitutiva delle linee guida per il monitoraggio e la comunicazione delle emissioni di gas a effetto serra ai sensi della direttiva 2003/87/CE del Parlamento europeo e del Consiglio"⁷⁷
- Per le zone termiche investigate si utilizzano indicatori calcolati precedentemente in DOCET di energia termica fornita, secondo quanto riportato dalle UNI TS 11300

Procedura di calcolo

La metodologia consolidata di calcolo delle emissioni prevede la stima delle emissioni sulla base di un indicatore che caratterizza l'attività della sorgente e di un *fattore di emissione specifico*, relativo al tipo di sorgente, al processo industriale e alla tecnologia di depurazione adottata (Enea, 2010). Questo metodo si basa dunque su una relazione lineare fra l'attività della sorgente e l'emissione, secondo una relazione che a livello generale può essere scritta come:

$$E_i = A \times FE_i$$

dove:

- E_i emissione dell'inquinante i (t * anno-1)
 A indicatore dell'attività, ad es. quantità prodotta, consumo di combustibile (t * anno-1)
 FE_i fattore di emissione dell'inquinante i (g* t-1 di prodotto)

Utilizzando coefficienti specifici di emissione è possibile trasformare i consumi dei vettori energetici in emissioni di CO₂ equivalente, che è definita come l'insieme di tutti i gas ad effetto serra (vapore acqueo, anidride carbonica, ossido di azoto, metano, ozono ed gas fluorurati (HFC, SF₆, PFC, CFC).

L'accuratezza di questa stima dipende dalla precisione dei fattori di emissione⁷⁸, che in letteratura sono trattati ampiamente e sono oggetto di costanti aggiornamenti. L'Ente di riferimento principale in Italia per la stesura degli inventari e gli aggiornamenti dei fattori di emissione è l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). Il percorso metodologico per l'aggiornamento dei dati è ben spiegato sul sito internet: "*Le emissioni provenienti da oltre 300 attività antropiche e biogeniche vengono stimate secondo la metodologia CORINAIR e trasmesse tramite il Ministero per l'Ambiente e la Tutela del Territorio e del Mare, alla Commissione Europea, alla Convenzione sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza (CLRTAP) e al Segretariato della Convenzione-quadro sui cambiamenti climatici (UNFCCC). L'aggiornamento della metodologia e dei fattori di emissione viene svolta nell'ambito della Task Force ONU sugli inventari*

⁷⁵ Segretariato della Convenzione-quadro sui cambiamenti climatici.

⁷⁶ Coefficienti derivati dalla media dei valori degli anni 2005-2007.

⁷⁷ Deliberazione n. 14/2009 (09A06273).

⁷⁸ Si tratta in sostanza di un valore numerico che trasforma in unità di peso (kg e suoi multipli) di CO₂ emessa, la quantità di energia consumata, primaria e secondaria.

di emissioni e proiezioni (TFEIP-UNECE) e nei working group dell'IPCC. L'informazione prodotta viene diffusa nella rete EIONET dell'Agenzia Europea dell'Ambiente e inserita nel Sistema Statistico Nazionale (SISTAN)⁷⁹.

Per procedere alla realizzazione dell'indicatore si è fatto quindi riferimento ai fattori di emissione disponibili nella Deliberazione del 10 aprile 2009 n. 14 sopra riportata – Appendice 1 ed elaborati da ISPRA, valide fino al 31 dicembre 2010.

Il calcolo è svolto per le emissioni di CO₂ equivalente legate all'utilizzo di gas naturale per utenze domestiche, utilizzando i parametri riportati nella tabella a seguire:

PARAMETRI STANDARD* - COMBUSTIBILI					
Combustibile	Unità di misura utilizzata per consumo di combustibile	Fattore Emissione (tCO ₂ /Un. di misura quantità)	Coefficiente Ossidazione	PCI	Unità di Misura PCI
Gas naturale (metano)	1000 Stdm ³	1,957	0,995	8,365	Mcal/Stdm ³
	TJ	55,91	0,995	35,00	GJ/1000 Std m ³

Tabella 16: Fattore di emissione Gas Metano, estratto Appendice 1, Deliberazione n. 14/2009

Dalle interviste è emersa la totale prevalenza di impianti domestici autonomi per la produzione di riscaldamento e ACS, è presumibile quindi ipotizzare un consumi elettrico dovuto agli ausiliari poco rilevante. E' pertanto possibile procedere senza tener conto della componente elettrica, che in ogni caso non sarebbe ottenibile dai dati disponibili relativi ai soli consumi termici.

La formula in sostanza fa riferimento al solo fabbisogno di energia fornita per riscaldamento e ACS e al fattore di emissione relativo al metano.

Calcolo della CO₂ equivalente sui consumi domestici reali

In questo caso sono stati utilizzati i consumi in Kwh normalizzati a metro quadrato calcolati al paragrafo 20.1.

Analogamente alla formula generale, essi sono stati moltiplicati per il fattore di emissione. Per uniformità con i dati precedentemente calcolati sugli intervistati le emissioni sono state calcolate in Kg/m², pertanto è necessario convertire il valore della Deliberazione espresso tCO₂/TJ utilizzando la formula:

$$FE = \frac{55,91 \times 1000}{\frac{1}{3,6} \times 10^6}$$

per cui:

$$FE = 0,2013 \text{ CO}_2 \text{ Kg/kwh}$$

Risultati

Si riportano i valori di emissioni di CO₂ equivalente calcolati per il 2006 e il 2009.

⁷⁹ [http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Servizi_per_l'Ambiente/Inventario_delle_Emissioni_in_Atmosfera_\(CORINAIR-IPCC\)/](http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Servizi_per_l'Ambiente/Inventario_delle_Emissioni_in_Atmosfera_(CORINAIR-IPCC)/)

CO ₂	2006 CO ₂ Kg/m ²	2009 CO ₂ Kg/m ²
MIN	0,68	2,70
MAX	87,49	93,11
MEDIA	26,52	23,33
DEV ST	16,00	16,04

Tabella 17: Emissioni di CO₂ equivalente per Stiore, 2006-2009

Nonostante i consumi energetici tra il 2006 e il 2009 siano cresciuti, anche per l'incremento del numero di abitazioni e di conseguenza di occupanti, il dato medio delle emissioni è leggermente calato e in generale ha un valore medio abbastanza basso se a riferimento si prendono le emissioni riportate sul certificato Casaclima, per cui una casa in classe C, con efficienza energetica complessiva pari a 175 kWh/m² a, ha emissioni di CO₂ equivalente pari a 30kg CO₂/ m² (Casaclima 2009, APAT, 2009).

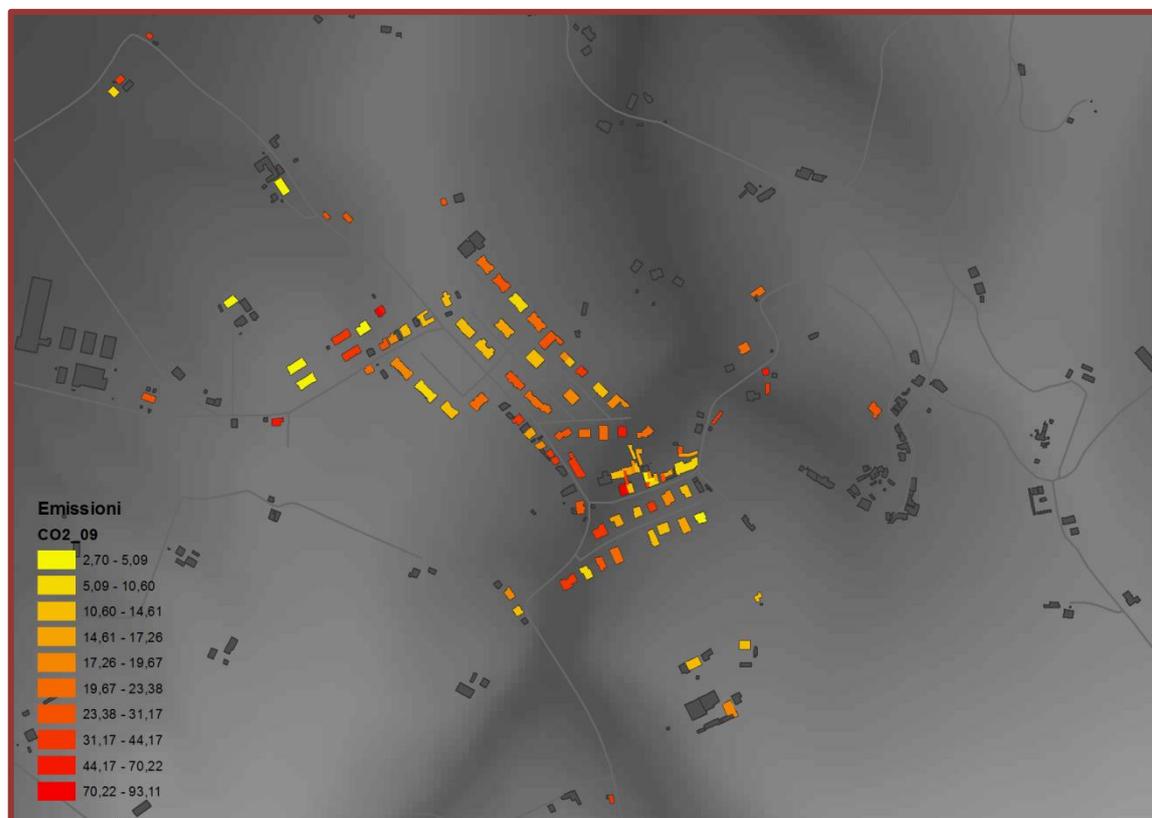


Figura 55: Emissioni di CO₂ del 2009

20.2.2 Fonti rinnovabili per il riscaldamento e la produzione di ACS

Uno degli obiettivi della Base informativa è la gestione e restituzione dei dati relativi agli interventi, realizzati ed in atto, sia di riqualificazione energetica che di installazione o acquisto di impianti alimentati da fonti rinnovabili.

Sebbene la Base informativa realizzata sia per ora prevalentemente costituita da dati relativi ai consumi termici, sono state raccolte presso il Comune e i responsabili del gruppo di acquisto i dati inerenti agli impianti di tipo solare termico e fotovoltaico.

Obiettivo

L'obiettivo è analizzare lo stato di installazione ed uso di impianti alimentati da fonti rinnovabili e verificarne l'incremento annuo. E' possibile, tramite analisi spaziali e l'uso di risorse informative già

raccolte e quindi disponibili presso l'amministrazione, stimare il potenziale di installazione sul territorio. Una delle metodologie più utilizzate⁸⁰ ed ampiamente documentate è quella utilizzata dal JRC nell'ambito del progetto PVGIS, basata su un set di algoritmi contenuti in *r.sun*, pacchetto contenuto nel software open source GRASS (Hofierka and Šúri, 2002) descritto al capitolo 5. Nell'ambito dell'esperimento sono state per ora raccolte e analizzate solo le informazioni già disponibili.

Dati di ingresso

- Elenco richieste installazione impianti solare termico e fotovoltaico all'amministrazione, per il 2009 e il 2010
- Sintesi delle adesioni al gruppo di acquisto
- Dati raccolti nel corso delle interviste

Procedura di calcolo

Considerata la consistenza dei dati disponibili non sono stati realizzati particolari indicatori. Sono stati immessi nella Base informativa solo il numero degli impianti sul totale presenti nel territorio, divisi per tipologia e potenza.

Per quanto concerne la parte dell'indagine, nel corso delle interviste sono state richieste le informazioni relative all'installazione e all'utilizzo di impianti solare termico e fotovoltaico e di impianti o dispositivi alimentati da fonti rinnovabili e integrativi al riscaldamento.

Risultati

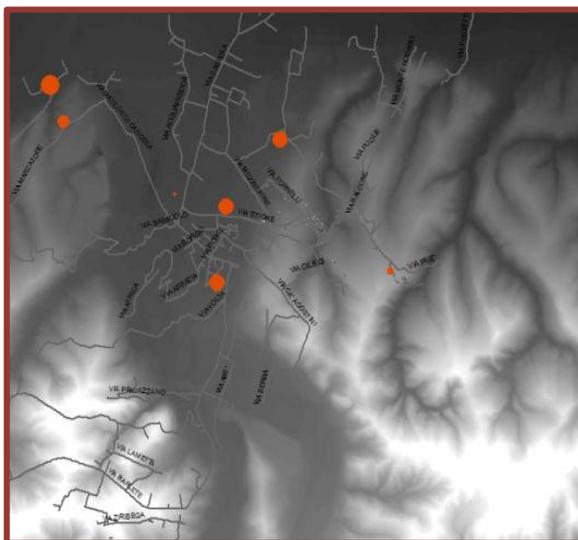


Figura 57: Impianti rinnovabili 2010

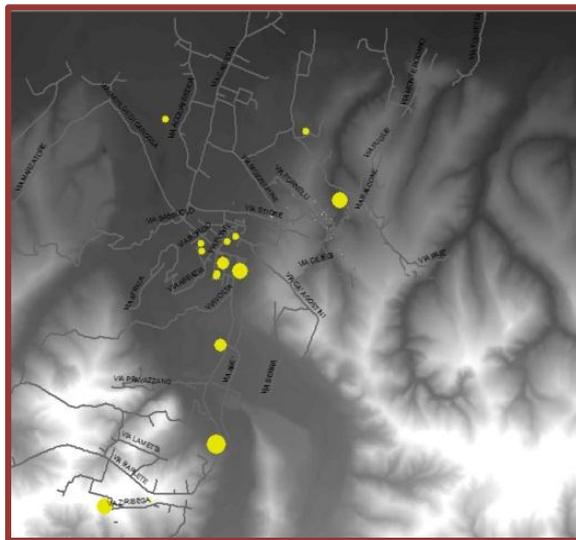


Figura 56: Impianti rinnovabili 2009

⁸⁰ Si fa riferimento in particolare ad uno studio recente svolto da Arpa ER nell'ambito della redazione del PTCP per la Provincia di Piacenza

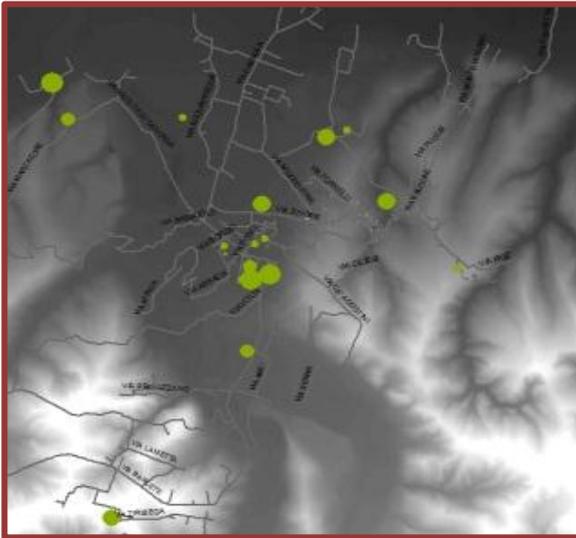


Figura 59: Impianti rinnovabili 2009 - 2010

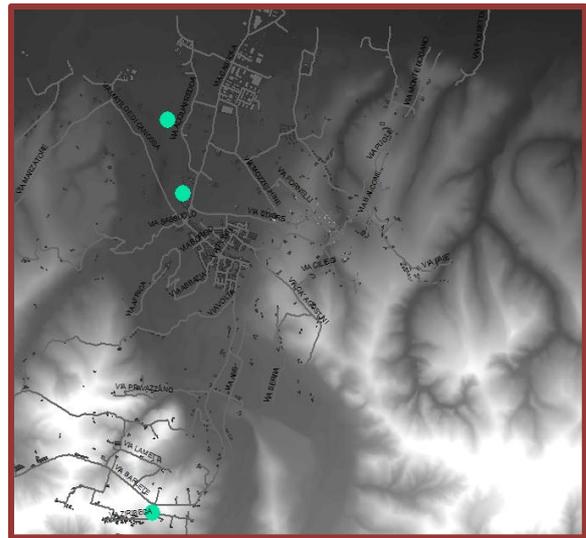


Figura 58: Impianti solare termico

Le installazioni di impianti di tipo solare termico sono molto rare, almeno quelle finora documentate dall'amministrazione e relative agli anni 2009 e 2010 (4 impianti complessivi per il biennio). Più ampia risulta l'adesione all'installazione di impianti fotovoltaici per la produzione di elettricità, pari a 8 nel 2009 (potenza complessiva di 35,32 Kw) e saliti a 20 nel 2010, per un totale di 80,18 Kw. Mancano dal conteggio alcuni impianti documentati dal gruppo di acquisto e probabilmente inseriti all'interno delle più generali pratiche edilizie (DIA e Permesso a Costruire). L'incremento è attribuibile alla costituzione del gruppo di acquisto e alle sfruttamento degli incentivi statali previsti dal Conto Energia e forse al minor interesse verso le detrazioni fiscali a cui è soggetto il solare termico.

Per quanto concerne la loro distribuzione spaziale nell'ambito del centro principale e delle frazioni, si può rilevare che le meno attive sono Stiore e Ziribega.

Rispetto a Stiore in particolare si evidenzia che solo una delle famiglie intervistate ha installato un impianto fotovoltaico, nessuna il solare termico, nè ha manifestato nel corso dell'intervista interesse a farlo, almeno non nel breve periodo.

20.3 Sistema Edificio/Utenza

Uno degli obiettivi dell'indagine è stato la raccolta delle informazioni necessarie ad intercettare presenze, comportamenti e percezione del problema energetico da parte degli occupanti.

Per questa componente della Base informativa non sono stati costruiti specifici indicatori, ma sono state prodotte tabelle e mappe di sintesi e confronti incrociati con i consumi reali delle abitazioni e con il calcolo delle prestazioni energetiche standard del sistema edificio/impianto.

20.3.1 Presenze in casa e modalità di regolazione dell'impianto termico

Obiettivo

Individuare la relazione tra presenza in casa e impostazione di regolazione dell'impianto termico effettuata dalle utenze. Le elaborazioni si riferiscono alle famiglie oggetto di indagine, il dato è calcolato quindi sulla zona termica.

Dati di ingresso

I dati di sintesi derivano dal questionario e dall'archivio dell'anagrafe comunale, immessi nella base dati, (tabelle "utenza" e "impianto di riscaldamento e ACS").

Risultati

Modalità di accensione dell'impianto e presenze

Agli intervistati è stato chiesto di indicare il tipo di presenza in casa settimanale, senza entrare specificatamente nel dettaglio dei giorni e scegliendo tra tre risposte chiuse:

1. la presenza continuativa di qualcuno in casa
2. la presenza in dipendenza dai giorni e dagli orari
3. la presenza serale

Tutti coloro che hanno dichiarato di essere in casa solo di sera (18,42 %) programmano l'accensione a fasce orarie dipendenti dalla presenza. Per chi ha dichiarato la presenza continuativa di qualcuno in casa (34,21%) la situazione è più differenziata: il 23,07% programma a fasce orarie, la stessa percentuale si ha per quanti programmano a fasce orarie ma prolungano il periodo di accensione se fa più freddo, così come un altro 23,07% non segue regole precise e alza il termostato manualmente. Solo un intervistato tiene il riscaldamento sempre acceso ad una temperatura di 19 °C.

Infine la maggior parte delle persone che hanno dichiarato una presenza dipendente dagli orari di lavoro, pari al 47,37%, programma a fasce orarie (83,33 %) l'accensione del riscaldamento, alcuni operando anche manualmente in caso di temperature particolarmente basse (22,22%). All'interno di questa categoria, soltanto un intervistato ha dichiarato di accendere il riscaldamento solo in caso di freddo.

Certamente la presenza in casa di almeno una persona, quasi sempre pensionati (11 volte su 13), evidenzia modalità differenziate di utilizzo del riscaldamento.

Temperatura interna: la temperatura interna media registrata è di 20,14 °C, secondo la seguente distribuzione:

- il 31,57% imposta il termostato sopra i 21 °C con un massimo di 25 °C. Questa impostazione avviene soprattutto in abitazioni di recentissima costruzione e solo in tre casi realizzate prima del 1985, il dato sulla distribuzione di età (adulti/pensionati/studenti) non sembra essere determinante;
- il 47,36 % imposta la temperatura massima a 20 °C. In alcuni casi (27,77%) gli intervistati preferiscono impostare alla stessa temperatura (20-19 °C) anche la minima, garantendo un valore costante nel periodo di accensione. Il rimanente 72,23 % imposta la temperatura minima a valori di 14-15 °C;
- il 10,52 % imposta la temperatura a 19 °C, in due casi mantenendo la stessa temperatura e in altri due abbassando il termostato;
- il 10,55 % regola la temperatura interna al di sotto dei 18 °C: in 2 casi su 4 sono abitazioni appena ristrutturate con grande attenzione al risparmio energetico, una è di recentissima realizzazione, nell' altro caso si tratta invece di una modalità di regolazione impianti scelta dal proprietario e non legata ad utilizzo di impianti integrativi.

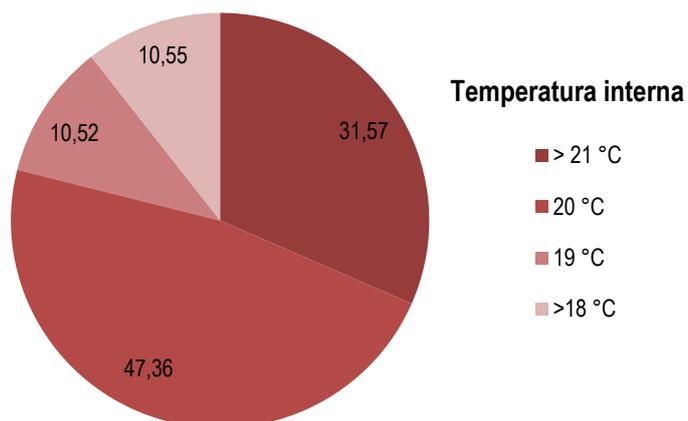


Figura 60: Distribuzione percentuale delle temperature interne di regolazione adottate

20.3.2 Comportamenti degli utenti, percezione del problema energetico, comfort

Obiettivo

Intercettare se gli occupanti hanno già assunto un approccio responsabile alla problematica energetica e se stanno attuando azioni in merito. Le elaborazioni si riferiscono alle famiglie oggetto di indagine.

Dati di ingresso

I dati di sintesi derivano dai questionari immessi nella base dati, tabelle “utenza” e “impianto”. La procedura di estrazione delle informazioni ha previsto la realizzazione di semplici *query* della base dati.

Risultati

Installazione di apparecchi integrativi per il riscaldamento: il 60% del campione intervistato non utilizza nessun dispositivo o impianto integrativo per la produzione di ACS o per il riscaldamento, il restante 40% utilizza caminetti chiusi ad areazione forzata (16%), aperti (13%) e stufe a legna (8%). Se si escludono dal conteggio gli edifici di nuova fabbricazione, che rappresentano il 38% delle abitazioni analizzate, la percentuale diventa del 18% per l'uso di caminetto chiuso e del 17% per l'utilizzo di stufa a legna. Si evince quindi che l'utilizzo dei caminetti è usato a volte come riscaldamento integrativo anche negli edifici più recenti.

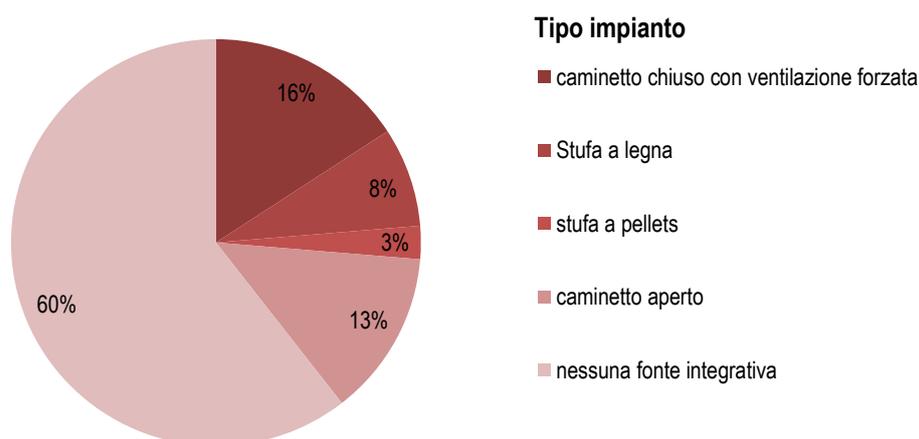


Figura 61: Tipologia impianti integrativi degli intervistati

Specifici accorgimenti intrapresi

Agli intervistati sono state poste alcune domande a risposta chiusa per capire se adottano comportamenti attenti al risparmio energetico. Infine, a chiusura dell'intervista, è stato chiesto un commento libero sulla tematica.

Il 31,58 % degli intervistati ha dichiarato di chiudere i radiatori nelle stanze non utilizzate e 32 intervistati su 38 (84,21 %) di non utilizzare l'acqua calda in cucina, tuttavia il 71,05 % degli intervistati possiede e usa la lavastoviglie. In alcuni casi si registrano dati molto elevati relativi al numero di docce settimanali e in linea generale si tende a non fare considerazioni di risparmio sul consumo di ACS.

La ventilazione giornaliera media dei locali dichiarata è di 30 minuti, ma si ha l'impressione che siano dati poco attendibili, in un certo senso indotti dalla domanda stessa.

Interesse alla questione energetica

Pochi intervistati hanno espresso giudizi o pareri sulla problematica energetica e in generale il campione non ha mostrato particolare interesse ad intraprendere azioni o interventi in merito (37 intervistati su 38 sono proprietari dell'abitazione).

Principalmente è stato espresso interesse verso la realizzazione di isolamento a cappotto e la sostituzione della caldaia.

Comfort interno percepito

La maggior parte degli intervistati (81,57 %) ha dichiarato di stare bene all'interno delle proprie abitazioni, il 7,91 % ha risposto di stare bene solo se accende il riscaldamento integrativo, il 10,52 % dichiara di sentire freddo e spifferi, si tratta degli edifici che effettivamente hanno tra i consumi più alti della frazione e priorità di interventi manutentivi sull'involucro opaco.

Bibliografia per i capitoli dal 16 al 20

Hofierka, J. & Šúri, M 2002. The solar radiation model for Open source GIS: implementation and applications. Proceedings of the Open source GIS. *GRASS user conference 2002, Trento, 11-13 Settembre 2002.*

ISPRA, 2009. QUALITÀ DELL'AMBIENTE URBANO. VI RAPPORTO ANNUALE ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Mancuso, E. 2010. Le emissioni di anidride carbonica dal sistema energetico. Rapporto ENEA 2010. *Inventario annuale delle emissioni di gas serra su scala regionale.* ENEA - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile.

Page, J. & Robinson, D. & Scartezzini, J.L. 2007. Stochastic simulation of occupant presence and behaviour in buildings Proceedings: Building Simulation 2007: 757-764.

Portolan, V, et al. 2000. Variabilità climatiche in una valle alpina: applicazioni in agrometeorologia su Gis. *Workshop "Geostatistica per lo studio e la gestione della variabilità"* Università degli Studi di Milano, Facoltà di Agraria, Febbraio 2000.

Enea 2010. KiloWattene Strumento di analisi dei consumi elettrici domestici che aiuta a risparmiare. Rapporto tecnico-scientifico. Disponibile in formato elettronico su:
<http://www.kilowattene.enea.it/>

21 Conclusioni

21.1 Considerazione sui risultati dell'esperimento

La fase sperimentale della ricerca, per quanto concerne le interviste, si è conclusa nel mese di ottobre 2010. Nel mese di febbraio 2011 sono previsti alcuni incontri pubblici per la discussione dei risultati e l'invio dei *report* dell'indagine ai singoli partecipanti.

Per quanto riguarda la Firma energetica si proseguirà il monitoraggio fino alla fine di marzo 2011 in modo da poter disporre dei dati sui consumi relativi all'intero anno e costruire i grafici e le interpretazioni definitive.

La partecipazione all'esperimento della Firma energetica ha avuto senza dubbio un risultato al di sopra delle aspettative, anche in considerazione del fatto che la campagna di raccolta delle adesioni è stata piuttosto breve e non tutti gli aderenti possedevano i requisiti adeguati per poter partecipare. Il tasso di abbandono dell'esperimento è stato abbastanza basso (18,18%: si è passati da 22 a 18 famiglie) e il decremento è avvenuto nelle prime settimane di monitoraggio. È risultato fondamentale per l'esito dell'esperimento inviare il promemoria per la lettura del contatore, anche per ragioni legate alla frequenza di registrazione dei dati sui consumi, così come testare le interviste sui volontari per la correzione e semplificazione del questionario successivamente proposta alla popolazione.

Meno positivo, dal punto di vista partecipativo, l'esito della seconda fase dell'esperimento sia per ragioni organizzative (il periodo dell'anno e qualche difficoltà con i rilevatori) che per l'effettivo basso interesse dimostrato dalla popolazione alla tematica energetica. In ogni caso è stata riscontrata una discreta eterogeneità del campione intervistato, sia per composizione familiare che per tipologia e datazione delle abitazioni investigate, che permette considerazioni sulla problematica estendibili a tutto il territorio.

21.2 Esito generale della ricerca

La ricerca ha cercato di contribuire allo sviluppo di alcuni temi importanti legati all'uso delle informazioni territoriali e ambientali e delle tecnologie per la loro creazione e gestione, l'ambito di riferimento del dottorato in "NT&ITA".

L'approfondimento è stato sviluppato in tutti le parti che costituiscono la tesi: il quadro di riferimento sui temi dell'energia, della partecipazione e delle Nuove Tecnologie, la progettazione della Base informativa e l'esperimento.

Ciò che si è voluto far emergere nel percorso realizzato si può probabilmente riassumere in tre questioni principali:

1) L'efficacia, in termini di analisi prestazionale, di una Base informativa che integra le Nuove Tecnologie a pratiche partecipative, quali il monitoraggio e l'indagine proattiva.

È stata progettata e costruita una base dati incentrata su fonti informative "ufficiali" (banche dati comunali e provinciali, Arpa ER, ecc.) e derivate dall'apporto dei cittadini (dati provenienti da sensore meteo privato, dal monitoraggio dei consumi e dalle interviste). L'archivio così costituito contiene informazioni prestazionali esaustive, poiché tiene conto di tutte le componenti del problema: il contesto e l'ambiente, il sistema edificio/impianto e le utenze e le mutue relazioni tra le componenti stesse.

Sistematizzare le informazioni tecnico scientifiche, peraltro già ampiamente disponibili presso le amministrazioni, e integrarle con dati provenienti da sensori e soprattutto con le informazioni "ordinarie" consente un approfondimento ormai indispensabile per una pianificazione e una gestione urbana congrua ad un tema così urgente e complesso e fortemente relazionato alla proprietà e al mercato privato.

La tematica energetica è inoltre quanto mai esemplificativa delle grandi potenzialità che il connubio Nuove Tecnologie e partecipazione può dare al più generale tema delle analisi delle *performance* di un territorio. Vanno nella stessa direzione molti “dispositivi” di monitoraggio per la manutenzione urbana, come gli applicativi di segnalazione sullo stato del territorio alimentate dai cittadini⁸¹.

Questi strumenti evidenziano come il cittadino non sia solo il “segnalatore” di un evento o situazione, ma in un certo senso anche il controllore e valutatore degli interventi, capace di spingere le amministrazioni a rendere molto più trasparente e celere il passaggio da segnalazione a intervento manutentivo.

Il tema del monitoraggio “partecipato”, o forse meglio “consapevole”, e “informatizzato” è un tema estremamente rilevante nell’ambito del nuovo regime energetico che si sta configurando (capitolo 7) poiché può andare a modificare sensibilmente il ruolo dell’utente all’interno del sistema di mercato e di conseguenza le relazioni tra i principali attori dello stesso: le istituzioni, le *utility* e gli utenti finali (Rifkin, 2002 e Darby, Paragand 2009).

2) Il contributo della Base informativa a supporto della conoscenza locale

La letteratura, ma soprattutto quanti pianificano e governano il territorio lamentano, a ragione, una notevole mancanza di dati congrui alla scala locale. Si cerca di sopperire a tale carenza tentando di riportare all’ambito urbano statistiche regionali o provinciali spesso obsolete o diversamente interpretabili. E’ appurato inoltre che la valutazione energetica - delle fonti rinnovabili o delle prestazioni - sia ampiamente una “questione locale” e che alcune generalizzazioni siano fuorvianti e nocive alla sua analisi e pianificazione.

Dato il ruolo centrale che è stato riconosciuto negli ultimi decenni agli strumenti e alle pratiche urbanistiche locali ci si è chiesti, nel corso della ricerca, se fosse più corretto ed efficace cercare di raffinare l’approccio statistico, oppure operare attraverso la raccolta del maggior numero di informazioni possibili di tipo puntuale. È comprensibile che la decisione dipenda molto spesso, a livello pratico, da ragioni economiche e di tempo, ma è altrettanto vero che le stesse analisi statistiche richiedono tempi di reperimento ed elaborazione dei dati non in grado di garantire l’ottenimento di successive informazioni adeguate all’ambito di analisi.

Nel caso dell’esperimento condotto le famiglie che hanno partecipato volontariamente al monitoraggio per la costruzione della Firma energetica o alle interviste non rappresentano certamente un campione statistico ideale. Tuttavia si può affermare che, soprattutto a scala locale, esistono diversi elementi territoriali, sociali, economici ed ambientali che si iterano: i materiali e le pratiche costruttive, i caratteri formali delle diverse parti del tessuto urbano, le maestranze che realizzano e hanno realizzato la città, i rivenditori di alcuni “dispositivi” energetici, le modalità d’uso o di movimento dalle abitazioni ai luoghi di lavoro e svago. Pertanto un’attenta programmazione del rilievo su elementi e luoghi significativi, anche con il contributo di “volontari” (si ribadiscono qui i concetti di *citizen as sensor* e di indicatori per comunità sostenibili), consente di ottenere informazioni direttamente relazionate allo specifico contesto territoriale. Le statistiche potrebbero successivamente essere utilizzate per un confronto o per la validazione dei dati.

Soprattutto risulta sempre più necessario, come si è cercato di fare, ottimizzare e sfruttare le basi informative e i dati già presenti presso gli enti, che costituiscono un patrimonio informativo notevole. In particolare si fa riferimento ai dati ARPA aggiornati e disponibili praticamente in tempo reale e che consentono di ottenere informazioni sul clima locale – temperatura, venti, radiazione solare - determinanti per una corretta progettazione e manutenzione urbana sostenibile, o al patrimonio della pubblica amministrazione su cui però è ancora evidente la poca attenzione alle pratiche di gestione e sistematizzazione.

⁸¹ Ad esempio il portale Iris per Venezia: <http://iris.comune.venezia.it/>
o il progetto epart: <http://www.epart.it/>

3) *L'attivazione di meccanismi di consapevolezza e partecipazione alle decisioni*

La ricerca ha cercato di utilizzare la creazione della Base informativa per attivare un dialogo a più voci preliminare alle fasi deliberative e/o decisionali.

L'approccio è certamente stato efficace per alcune "classi" di partecipanti: i volontari della Firma energetica, ad esempio, che evidentemente hanno aderito all'esperimento per interesse alla tematica energetica precedente al monitoraggio, ma con cui è stato possibile "costruire" conoscenza utile sia alla costruzione della Firma che alla fase di indagine sulla popolazione. Meno significativo il rapporto instaurato con le associazioni di volontariato e in particolare con MCT.

In alcuni ambiti applicativi, soprattutto ambientali, vi è un sistematico impiego di volontari (Craglia et Alii, 2008) determinante per il rilievo o la raccolta di dati. Se queste associazioni si propongono, come è stato per MCT, all'amministrazioni per organizzare iniziative di tipo bottom-up sui temi dell'energia e della sostenibilità, forse varrebbe la pena anche fare con loro una riflessione sul ruolo che potrebbero avere nella costruzione di conoscenza da utilizzare nell'ambito delle discussioni e delle decisioni. Il loro apporto, anche in termini conoscitivi, potrebbe essere determinante visto il legame con il territorio, la cittadinanza e altre forme associative e di volontariato nell'ambito di piani integrati agli strumenti urbanistici come il PAES.

Questioni aperte e possibili sviluppi

Le tematiche affrontate aprono innumerevoli altre questioni sul tema dell'informazione e dell'utilizzo delle Nuove Tecnologie, tra cui gli strumenti e le interfacce per la rappresentazione delle informazioni, le modalità organizzative e gestionali della base dati e soprattutto di passaggio "partecipato" da conoscenza a decisione.

Un tema suggestivo, affrontato qui solo come idea evocativa di quello che potrebbe essere l'utilizzo della rete e delle tecnologie, è il tema dell'*energy web* che di fatto, come definito al capitolo 7, rappresenta proprio quell'insieme di tecnologie – la rete, le interfacce, i sensori – e di pratiche di coinvolgimento e partecipazione che costituiscono il naturale strumento per costruire *smart city* e comunità energetiche sostenibili e su cui certamente vale la pena concentrarsi in ambito di ricerca.

Indice delle figure

Figura 1: Ripartizione dei consumi finali di energia 2007 (Fonte Enea)	12
Figura 2: Variazione percentuale annua di efficienza per Paese 1997-2007. (Fonte: Mure - Odex)	13
Figura 3: Perdita di energia totale all'anno degli edifici, in Milioni di MJ. (Fonte EURIMA, 2005).....	13
Figura 4: Esempificazione grafica del bilancio energetico.....	56
Figura 5: Esempificazione dei flussi energetici entranti e uscenti	57
Figura 6: Tipo di valutazione previste dalle Norme UNI TS 11300	58
Figura 7: Matrice Metodi e Indicatori previsti dalle Linee Guida	60
Figura 8: Radiazione solare media 1995-1999, dei mesi di gennaio e luglio.....	81
Figura 9: Localizzazione delle 566 centraline meteo usate da PVGIS.....	82
Figura 10: Rappresentazione grafica delle Firma energetica.....	111
Figura 11: Confronto tra Firma energetica reale e di progetto.....	113
Figura 12: Grafico a dispersione per indice di correlazione $r_{xy}=1$	115
Figura 13: Grafico a dispersione per indice di correlazione $r_{xy}=0,5$	115
Figura 14: Grafico a dispersione per indice di correlazione nullo	115
Figura 15: Distribuzione quasi lineare dei consumi energetici	117
Figura 16: Dispersione dei consumi energetici	117
Figura 17: Scostamento improvviso del consumo dalla Firma energetica	120
Figura 18: Aumento/diminuzione dei consumi monitorati: nuvole di punti	120
Figura 19: Gerarchia della classi geometriche (Fonte: OGC®).....	145
Figura 20: Rappresentazione cartografica degli edifici a diverse scale.....	149
Figura 21: Possibile strategia di acquisizione dei dati	151
Figura 22: Territorio comunale di Monteveglio.....	158
Figura 23: Promozione dell'iniziativa sul sito MTC e dell'Amministrazione	165
Figura 24: Distribuzione sul territorio dei partecipanti all'esperimento della Firma energetica	165
Figura 25: Tipologia ed età degli edifici	166
Figura 26: Form immissione dati consumi e tabella della base dati	167
Figura 27: Localizzazione delle centraline meteo gestite da Arpa Emilia Romagna e privata	169
Figura 28: Confronto tra temperature medie settimanali reali e stimate, metodo UNI	170
Figura 29: Confronto tra temperature medie settimanali reali e stimate, metodo IDW	171
Figura 30: Rappresentazione della Firma di progetto e reale volontario 1:	172
Figura 31: Rappresentazione della Firma per il periodo febbraio-aprile e ottobre-dicembre volontario 1	173
Figura 32: Firma energetica del primo periodo, volontario 1	173
Figura 33: Interfaccia di back end del sito	175
Figura 34: Interfaccia di immissione e verifica dati per i volontari della Firma.....	175
Figura 35: Datazione delle abitazioni di Stiore.....	176
Figura 36: Distribuzione di frequenza delle famiglie di Stiore.....	177
Figura 37: Carta Topografica Regionale (rilievo) 1976-1982.....	177
Figura 38: Cartografia Tecnica Regionale 1984-1988	178
Figura 39: Immagine satellitare 2003, DigitalGlobe©.....	178
Figura 40: Ortofoto 2008, AGEA©.....	179

Figura 41: Estratto tavola RUE 2005	179
Figura 42: Pagine esemplificative del questionario	184
Figura 43: Pagine esemplificative dell'Abaco edilizio.....	185
Figura 44: Segnalazione e promozione dell'iniziativa	186
Figura 45: Andamento 2006-2009 consumi di gas metano per Stiore e Monteveglio	193
Figura 46: Distribuzione di frequenza percentuale, anno 2006	193
Figura 47: Distribuzione di frequenza percentuale, anno 2007	194
Figura 48: Distribuzione di frequenza percentuale, anno 2008	194
Figura 49: Distribuzione di frequenza percentuale, anno 2009	194
Figura 50: Aumento/diminuzione dei consumi tra il 2008 e il 2009	195
Figura 51: Distribuzione geografica dei consumi (Kwh/m ² a) del 2009	195
Figura 52: Distribuzione di frequenza del rapp. S/V, in rosso gli edifici con almeno un'unità abitativa investigata.....	200
Figura 53: Interventi di riqualificazione edifici degli intervistati individuati sulla base di Ht.....	200
Figura 54: Datazione degli edifici e sovrapposizione con gli interventi di riqualificazione già attuati ..	201
Figura 55: Emissioni di CO ₂ del 2009.....	205
Figura 56: Impianti rinnovabili 2009	206
Figura 57: Impianti rinnovabili 2010	206
Figura 58: Impianti solare termico	207
Figura 59: Impianti rinnovabili 2009 - 2010	207
Figura 60: Distribuzione percentuale delle temperature interne di regolazione adottate.....	209
Figura 61: Tipologia impianti integrativi degli intervistati	210

Indice delle tabelle

Tabella 1: Bilancio di sintesi dell'energia (Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico, Dipartimento per l'energia)	11
Tabella 2: Sintesi delle Direttive dei Piani e degli Atti legislativi in materia di efficienza energetica-settore civile.....	17
Tabella 3. Elenco degli applicativi che implementano gli standard SWE.....	51
Tabella 4: Allegato A D.Lgs. 311/2006 valori limite applicabili dal 1 gennaio 2010 dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, espresso in kWh/m ² anno.....	73
Tabella 5: Sintesi delle variabili per la definizione del Bilancio Energetico	132
Tabella 6: Esempificazione di alcuni possibili indicatori della Base informativa	133
Tabella 7: Correlazione degli elementi della Base informativa e il formato CityGML.....	147
Tabella 8: Principali risorse informative utilizzate	163
Tabella 9: Sintesi delle centraline meteo utilizzate per l'esperimento.....	169
Tabella 10: Valori limite di trasmittanza termica U secondo il Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311.....	174
Tabella 11: Sintesi analisi sensitività	181
Tabella 12: Gradi Giorno reali e convenzionali di Monteveglio	190
Tabella 13: Estratto della tabella di confronto tra superfici lorde derivate da cartografia catastale e da tavole architettoniche	190
Tabella 14: Confronto dei consumi termici di gas metano al mc per abitante	192
Tabella 15: Sintesi dei consumi di combustibile dal 2006 al 2009 in Kwh/m ² a	196
Tabella 16: Fattore di emissione Gas Metano, estratto Appendice 1, Deliberazione n. 14/2009	204
Tabella 17: Emissioni di CO ₂ equivalente per Stiore, 2006-2009	205

Bibliografia completa

Abrahamse, W., Steg, L., Vlek, C., & Rothengatter, T. 2007. The effect of tailored information, goal setting, and tailored feedback on household energy use, energyrelated behaviors, and behavioral antecedente. *Journal of Environmental Psychology* n.27/4: 265-276.

Agamben, G. 2006. *Cos'è un dispositivo*. Roma: Nottetempo.

Alexander, E.R. 1997. *Introduzione alla pianificazione: teorie, concetti e problemi attuali*. In Francesco Domenico Moccia (ed.). Napoli: Clean.

Allesina, A. & Di Croce, D. 2009. Monitoraggio dei consumi energetici del condominio "Residenziale CasaClima" di Modena. Lavoro di ricerca realizzato nell'ambito del Progetto Triennale Edilizia di qualità coordinato da ProMo e promosso da Provincia di Modena, Comune di Modena, Fondazione Cassa di Risparmio di Modena, Camera di Commercio di Modena.

Atzeni, P. & Ceri, S. & Paraboschi, S. & Torlone, R. 1999. *Basi di dati*. Milano: McGraw-Hill.

Baggio, P., Cappelletti, F., Gasparella, A., & Romagnoni, P. 2008. Il calcolo della prestazione energetica degli edifici: confronto tra i software per la certificazione. *Atti del 63° Congresso Nazionale ATI, Palermo 23-26 settembre 2008*. Palermo: Flaccovio.

Baker, N. 1994. *Low energy strategies. Energy and environment in non-domestic buildings*. Cambridge: Cambridge Architectural Research Ltd.

Baker, N. & Ratti, C. Steemers, K. 2005. Energy consumption and urban texture. *Energy and Buildings* Vol. 37, Issue 7, July 2005: 762-776.

Balsamelli, L. & Corgnati, S.P. 2007. Un metodo operativo di certificazione e diagnosi energetica del sistema edificio-impianto termico. In Cannaviello M. & Violano A. (Ed) *La certificazione energetica degli edifici esistenti*: 154-162. Milano: FrancoAngeli.

Battles, M.K. 1978. *The dissemination of infrared imagery to 27 Minnesota communities*. Thermosense I: First national conference on the capabilities and limitations of thermal infrared sensing technology in energy conservation programs. Chattanooga, Tennessee, USA, T.M. Lillesand, American Society of Photogrammetry: 97-119.

Becker, L.J. 1978. Joint effect of feedback and goal setting on performance: A field study of residential energy conservation. *Journal of Applied Psychology* n. 63/4: 428-433.

Bedir, M. & Hasselaar, E. 2009. *A Guideline for Developing User Manuals of Innovative Energy Efficient Houses*. Delft: Green Solar Cities consortium OTB Research Institute, Delft University of Technology.

Blakemore, M. 2005. All things 'e' with a little bit of 'i', and hopefully some 'd' and 'p': Basic building blocks and the digitisation of European public administrations, International Workshop: The Digitisation of European Public Administrations: What's the Political Dimension of Electronic Governance? EIPA. Maastricht, The Netherlands.

Blakemore, M. & Craglia, M. 2006. Access to public sector information in Europe: policy, rights and obligations. *Information Society* n. 1/22: 13-24.

- Blaschke, T. 2004. Participatory GIS for spatial decision support systems critically revisited. *In Egenhofer, M., C. Freska & H. Miller (eds.)*. GIScience 2004, Adelphi MD: 257-261.
- Bobbio, L. 2002. *I governi locali nelle democrazie contemporanee*. Roma-Bari: Laterza.
- Bobbio, L. 2004. *A più voci. Amministrazioni pubbliche, imprese, associazioni e cittadini nei processi decisionali inclusivi*. Dipartimento della Funzione Pubblica, Consiglio dei Ministri.
- Bonafè, G. 2005. Microclima urbano: impatto dell'urbanizzazione sulle condizioni climatiche locali e fattori di mitigazione. Rapporto Interno ARPA-SIMC.
- Botts, M. & Percivall, G. & Reed, C. & Davidson, J. 2007. OGC® Sensor Web Enablement: Overview And High Level Architecture. Open Geospatial Consortium.
- Botts, M. 2007. OpenGIS® Sensor Model Language (SensorML) Implementation Specification. Open Geospatial Consortium.
- Brandon, G., & Lewis, A. 1999. Reducing household energy consumption: a qualitative and quantitative field study. *Journal of Environmental Psychology* n. 19/1: 75-85.
- Cannaviello, M. & Violano, A. 2010. *La Certificazione Energetica degli Edifici Esistenti*. Milano: FrancoAngeli.
- Cano, D. et Alii 1986. A method for the determination of the global solar radiation from meteorological satellite data. *Solar Energy Elsevier* n. 37: 31-39.
- Carbonari, A. 2008. Materiali didattici del corso "Tecnica del controllo ambientale", Corso di Laurea in Scienze dell'Architettura. Università Iuav di Venezia.
- Carbonari, A. 1998. Ombre-Urbane 2: a software tool to evaluate shading effects of urban obstruction, from the energetic and daylighting point of view. *Proceedings of World Renewable Energy Congress V (WREC) Vol.III: 1289 - 1292*.
- Carrera, F. 2004. *City Knowledge. An emergent information infrastructure for sustainable urban maintenance, management and planning*. PhD thesis - Massachusetts Institute of Technology. Dept. of Urban Studies and Planning.
- Carver, S. 2003. The Future of Participatory Approaches Using Geographic Information: developing a research agenda for the 21st Century. *URISA Journal. Special PPGIS Issue* n. 15/1: 61-71.
- Cattaneo, G. & Personeni, M. 2009. Ricostruzione fotogrammetrica 3d di edifici con texture da immagini nell'infrarosso termico. Master of Science in Civil Engineering - Politecnico di Milano.
- Chu, X. & Kobialka, T. & Buyya, R. 2006. Open sensor web architecture: Core services. *Proceedings of the 4th International Conference on Intelligent Sensing and Information Processing: 1-4244*.
- Clevenger, C.M. & Haymaker, J. 2006. The Impact of the Building Occupant on Energy Modeling Simulations. *Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering*, Montreal, Canada.
- Cogliani, E. Malosti, D. Mancini, M. & Petrarca S. 1993. Stima della radiazione solare globale al suolo dalle immagini secondarie del satellite Meteosat. *HTE Energie Alternative* n. 85: 268-273.

Cox, S. & Botts, M. 2007. OpenGIS® SensorML Encoding Standard, version 1.0 Schema - Corrigendum 1. Open Geospatial Consortium.

Cox, S. 2007. Observations and Measurements – Part 1 - Observation schema. Open Geospatial Consortium.

Cox, S. 2007. Observations and Measurements – Part 2 - Sampling Features. Open Geospatial Consortium.

Craglia, M. & Goodchild, M.F. & Annoni, A. Camara, G., Gould, M., Kuhn, W., Mark, D. M., et al. 2008. Next-Generation Digital Earth: A position paper from the Vespucci Initiative for the Advancement of Geographic Information Science. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research* n. 3: 146-167.

CRESME & Legambiente 2008. *ON-RE Osservatorio Nazionale Regolamenti Edilizi per il Risparmio Energetico. Primo rapporto: analisi dei regolamenti edilizi comunali delle linee guida provinciali e delle normative regionali in materia di risparmio ed efficienza energetica e produzione di energia da fonti alternative a quelle fossili*. SAIE ENERGIA.

D'Agostino, V. & Zelenka, A. 1992. Supplementing solar radiation network data byco-kriging with satellite images. *International Journal of Climatology* n.12: 749-761.

Dall'O', G. 2007. Certificazione energetica degli edifici: verso un recepimento coerente con la Direttiva 2002/91/CE. In Cannaviello M. & Violano A. (Ed) *La certificazione energetica degli edifici esistenti*: 95-109. Milano: FrancoAngeli.

Dall'O', G. Galante, A. Ruggieri, G. 2008. *Guida alla valorizzazione energetica degli immobili . Metodi, strumenti e tecnologie per la riqualificazione del patrimonio edilizio esistente*. Milano: IISole24Ore.

Darby, S. 2000. Making it obvious: Designing feedback into energy consumption. *Proceedings of the 2nd International Conference on Energy Efficiency in Household Appliances and Lighting*. Italian Association of Energy Economists/ EC-SAVE programme.

Darby, S. 2006. *The effectiveness of feedback on energy consumption. A review for defra of the literature on metering, billing and direct displays*. Enviromental Change Institute, University of Oxford.

D'Arrico, E. 2006. L'Enea per il Risparmio Energetico. *Energia, Ambiente e Innovazione* n. 4/06: 6-28.

De Kerkhove, D. 2001. *Architettura dell'intelligenza*. Torino: Testo & Immagine.

De Pascali, P. 2001. Energia, microclima e forma urbana. *Gestione Energia* n. 3/01: 5-11.

De Pascali, P. 2008. *Città ed energia*. Milano: FrancoAngeli.

De Santoli, L. & Moncada Lo Giudice, G. 2003. *BEEPS (Building Energy and Environment. Performance System): una proposta per la certificazione energetica degli edifici*. Disponibile in formato elettronico su: <http://www.beepsitalia.it>

De Santoli, L. 2003. Building Energy and Environment Performance System (BEEPS): a programme for building energy certification in Italy. *Building Services Engineering Research and Technology* n.2/24: 61–68.

Di Maria, E. & Micelli, S. & Rullani, E. 2000. *Città e cultura nell'economia delle reti*. Bologna: Il Mulino.

Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico nell'edilizia.

Direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE.

Dubrul, C. 1988. Inhabitant Behaviour with Respect to Ventilation – a Summary Report of IEA Annex 8". AIVC Technical Note 23. Air Infiltration and Ventilation Centre, Sint-Stevens-Woluwe, Belgium.

Enea 2004. *Rapporto Energia e Ambiente 2003, Analisi e Scenari*. Roma: Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente.

Enea 2006. *Dossier Energia e ambiente. Enea per le regioni e i distretti produttivi*. Roma: Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente.

Enea 2007. *Dossier Dall'ecobuilding al distretto energetico: la proposta Enea per un modello di sviluppo fondato su ecoedifici e generazione distribuita*. Roma: Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente.

Enea 2009. *Rapporto Energia e Ambiente 2008, Analisi e Scenari*. Roma: Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente.

Enea 2010. KiloWattene Strumento di analisi dei consumi elettrici domestici che aiuta a risparmiare. Rapporto tecnico-scientifico. Disponibile in formato elettronico su: <http://www.kilowattene.enea.it/>

Emery, A.F. n& Kippenhan, C.J. 2006. A long term study of residential home heating consumption and the effect of occupant behaviour on homes in the Pacific northwest constructed according to improved thermal standards. *Energy* n.31: 677-693.

Fanger, P.O. 1970. *Thermal Comfort*. New York: McGraw-Hill.

Fiorenzo, F. Mancino, G. Borghetti, M. & Ferrara, A. 2008. Metodi per l'interpolazione delle precipitazioni e delle temperature mensili della Basilicata. *Italian Society of Silviculture and Forest Ecology Forest@* n. 5: 337-35.

Fracastoro, G.V. Serraino, M. Boffa C, 2006. Analisi e proposte di indicatori energetici per la climatizzazione invernale. *GESTIONE ENERGIA*: 34 - 40.

Fracastoro, G.V. & Serraino, M. 2009. Valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici alla scala provinciale. Contratto di consulenza 1064/2008: Provincia di Torino Dipartimento di Energetica - Politecnico di Torino.

Gallino, L. 2007. *Tecnologia e democrazia. Conoscenze tecniche e scientifiche come beni pubblici*. Torino: Einaudi.

Gamberini, L. et Al. 2009. Technologies to improve energy conservation in households: The users' perspective. *Paper presented at the First European Conference Energy Efficiency and Behaviour*, Maastricht, 18-20 October 2009.

Gaudioso, D. & Pignatelli, R. 2004. La pianificazione energetico ambientale a livello locale nelle principali città italiane. *I Rapporto APAT sulla qualità dell'Ambiente Urbano*: 25-52. Roma: Apat.

- Gelli, F. (a cura di) 2005. *La democrazia locale tra rappresentanza e partecipazione*. Milano: FrancoAngeli.
- Gelli, F. & Morlino, L. 2008. Panel: "Concezioni di Democrazia e Qualità" Democrazia Locale e Qualità Democratica. Quali teorie. *XXII Convegno Annuale SISP, Pavia 4-5-6 settembre 2008*.
- Gerosa, P.G. 2002. Christopher Alexander, Notes on the Synthesis of Form, 1964. Le ipotesi metodologiche dell'ultimo razionalismo funzionale. In Paola Di Biagi (ed.), *I Classici dell'Urbanistica Moderna: 269-287*. Roma: Universale Donzelli.
- Glass, J.J. 1979. Citizen Participation in Planning: the relationship between objectives and Techniques. *Journal of the American Planning Association* n. 1/45: 180-189.
- Goldstein, R. J. 1978. Application of aerial infrared thermography data to the measurement of building heat loss. *ASHRAE Transactions: Focus on Energy, Atlanta, GA, USA, ASHRAE: 84-1: 207-226*.
- Goodchild, M.F. 2007. Citizens as sensors: web 2.0 and the volunteering of geographic information. *GeoFocus* 7: 8-10.
- Goodchild, M.F. 2009. Geographic information systems and science: today and tomorrow, *Annals of GIS* n. 15/1: 3-9.
- Gröger, G. Kolbe, T.H. Czerwinski, A. Nagel C. 2008. OpenGIS® City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard. Open Geospatial Consortium.
- Groot-Marcus, J.P. & Terpstra, P.M.J. & Steenbekkers, L.P.A & Butijn, C.A.A. 2005. Technology and household activities. Book chapter in *User Behaviour and Technology Development: Shaping Sustainable Relations between Consumers and Technologies*. Dordrecht: Springer.
- Grubbs, F.E. 1969. Procedures for Detecting Outlying Observations in Samples. *Technometrics* n. 1/11: 1-21.
- Grubbs, F.E. & Beck, G. 1972. Extension of Sample Sizes and Percentage Points for Significance Tests of Outlying Observations. *Technometrics* n. 4/14: 847-854.
- Haklay, M. & Harrison, C.M. 2002. Public Participation GIS in the UK and the USA: A cross cultural analysis. *98th AAG Annual Meeting, Los Angeles*.
- Haldi, F. 2010. Towards a Unified Model of Occupants' Behaviour and Comfort for Building Energy Simulation. Tesi di dottorato dell'École Polytechnique Fédérale ee Lausanne.
- Hartkamp, A.D., de Beurs, K. Stein, A. & White, J.W. 1999. Interpolation Techniques for Climate Variables. *NRG-GIS Series 99-01*. Mexico. D.F.: CIMMYT.
- Herring, J.R. 2004. OpenGIS® Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 1: Common architecture.
- Herring, J.R. 2004. OpenGIS® Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 2: SQL option.
- Hoes, P. & Hensen, J.L.M. & Loomans, M.G.L.C. & de Vries, B. & Bourgeois, D. 2009. User behaviour in whole building simulation. *Energy and Buildings* Vol. 41, Issue 3, March 2009: 295-302.

- Hofierka, J. & Šúri, M. 2002. The solar radiation model for Open source GIS: implementation and applications. Proceedings of the Open source GIS – GRASS user conference 2002. Trento, 11-13 Settembre 2002.
- Hofierka, J. Parajka, J. Mitasova, M. & Mitas, L. 2002. Multivariate interpolation of precipitation using regularized spline with tension. *Transactions in GIS* n. 6: 135-150.
- Innes, J.E & Booher, D.E. 2000. Indicators for sustainable Communities: a Strategy Building on Complexity Theory and Distributed Intelligence. *Planning Theory & Practice* n. 1/2: 173-186.
- ISPRA, 2009. Qualità dell'ambiente urbano. VI RAPPORTO ANNUALE ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.
- Joint Research Center 2010. *Guidebook How to develop a Sustainable Energy Action Plan*. Publication Office of the European Union.
- Jones, P.J. & Lannon, S. & Williams, J. 2001. Modelling Building Energy Use at Urban Scale. *Seventh International IBPSA Conference Rio de Janeiro August:13-15*.
- Kanis, H., 1998, Usage centered research for everyday product design, in: Applied ergonomics, 1, 29, pp. 75-82.
- Krek, A. & Steinmann, R. & Blaschke, T. 2004. Analysis of online public participatory gis applications with respect to the differences between the US and Europe. *UDMS Urban Data Management Systems 2004, Venice*.
- Lanzara, G.F. 2005. La deliberazione come indagine pubblica. In L. Pellizzoni (ed), *La Deliberazione Pubblica*. Roma: Meltemi Editore.
- Laurini, R. 2001 *Information Systems for Urban Planning: A Hypermedia Co-operative Approach*. Taylor and Francis.
- Legambiente & Ricerche Ambiente Italia 2010. *CittàClima2010. Le città alla sfida dei cambiamenti climatici. Il ruolo dei Comuni verso gli obiettivi europei al 2020 e gli impegni del Patto dei Sindaci*. Milano: Legambiente.
- Le Galès, P. 2002. *Le Città Europee. Società urbane, globalizzazione, governo locale*. Bologna: Il Mulino.
- Legautonomie 2009. Indagine *Legautonomie sulle politiche energetiche dei comuni. Il Piano Energetico*. Disponibile in format elettronico su: <http://www.legautonomie.it/>
- Lévy, P. 2008 (ed. francese 2002). *Cyberdemocrazia*. In Giuseppe Bianco (ed.). Milano: Mimesis Volti.
- Lewis, J.M. 1978. Infrared survey: Iowa utility experience. Thermosense I: First national conference on the capabilities and limitations of thermal infrared sensing technology in energy conservation programs, Chattanooga, Tennessee, USA, T.M. Lillesand, American Society of Photogrammetry: 59-68.
- Mammi, S. & Panzeri, A. 2007. Metodologie semplificate per la Certificazione Energetica degli edifici esistenti. In Cannaviello M. & Violano A. (Ed) *La certificazione energetica degli edifici esistenti*: 95-109. Milano: FrancoAngeli.

- Mancuso, E. 2010. Le emissioni di anidride carbonica dal sistema energetico. Rapporto ENEA 2010. *Inventario annuale delle emissioni di gas serra su scala regionale*. ENEA - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile.
- Masser, I. 1998. *Governments and Geographic Information*. London: Taylor and Francis.
- Masser, I. 2007. *Building European Spatial Data Infrastructures*. Redlands, CA: ESRI Press.
- McCalley, L.T., & Midden, C.J.H. 2002. Energy conservation through product integrated feedback: The roles of goal-setting and social orientation. *Journal of Economic Psychology* n. 23/5: 589-603.
- McCalley, L.T. 2006. From motivation and cognition theories to everyday applications and back again: the case of product-integrated information and feedback. *Energy Policy* n.34/2: 129-137.
- Midden, C.J.H., Meter, J.F., Weenig, M.H., & Zieverink, H.J.A. 1983. Using feedback, reinforcement and information to reduce energy consumption in households: A field-experiment. *Journal of Economic Psychology* n. 3/1: 65-86.
- Mitchell, J.W. 1995. *La Città dei Bits. Spazi, Luoghi e autostrade informatiche*. Milano: Electa.
- Muneer, T. 1997. *Solar Radiation and Daylight Models for Energy Efficient Design of Buildings*. Oxford: Architectural Press.
- Musco, F. 2009. *Rigenerazione Urbana e Sostenibilità*. Milano: FrancoAngeli.
- Na, A. & Priest, M. 2007. Sensor Observation Service. Open Geospatial Consortium.
- Newton, P. 2001. Urban Indicators and the Management of Cities. In De Villa V. & Westfall M. (Ed) *Urban Indicators for Managing Cities: Cities Data Book*. Asian Development Bank: 15-36.
- Oke, T. R. & Kalanda, B. D. & Steyn, D. G. 1980. Parameterization of heat storage in urban areas. *Urban Ecology* n.5: 45-54.
- Oke, T.R. 1981. The surface energy budgets of urban areas. *Modeling the Urban Boundary Layer*. Boston: AMS.
- Oke, T. R. 1984. Towards a prescription for the greater use of climatic principles in settlement planning. *Energy and Buildings* n. 7: 1-10.
- ODYSSEE-MURE 2009. *Energy Efficiency Trends and Policies in the Household & Tertiary sectors in the EU 27*. Paris: ADEME Editions.
- Onsrud, H.J. 2007. *Research and Theory in Advanced Spatial Data Infrastructure Concepts*. Redlands, CA: ESRI Press.
- Page, J. & Robinson, D. & Scartezini, J.L. 2007. Stochastic simulation of occupant presence and behaviour in buildings Proceedings: Building Simulation 2007: 757-764.
- Paragand, Y. & Darby, S. 2009. Consumer-supplier-government triangular relations: Rethinking the UK policy path for carbon emissions reduction from the UK residential sector. *Energy Policy Volume 37/1 10, October 2009*: 3984-3992.

- Pellizzoni, L. a cura di 2007. *Democrazia locale. Apprendere dall'esperienza*. Gorizia: Università di Trieste e Istituto Internazionale di Sociologia di Gorizia.
- Pellizzoni, L. 2008. *Partecipazione e Deliberazione Pubblica* Conferenza di Dottorato del 16/06/08.
- Perret, J. 2009. La città, un organismo vivente. Disponibile in formato elettronico su www.miniwatt.it
- Pettersen, T.D. 1994. Variation of Energy Consumption in Dwellings Due to Climate, Building and Inhabitants. *Energy and Buildings* n. 21: 209-218.
- Pileri, P. 2002. *Interpretare l'ambiente: gli indicatori di sostenibilità per il governo del territorio*. Firenze: Alinea.
- Portolan, V, et al. 2000. Variabilità climatiche in una valle alpina: applicazioni in agrometeorologia su Gis. *Workshop "Geostatistica per lo studio e la gestione della variabilità"* Università degli Studi di Milano, Facoltà di Agraria, Febbraio 2000.
- Rheingold, H. 2003. *Smart Mobs. La rivoluzione sociale prossima ventura*. Milano: Raffaello Cortina Editore.
- Rifkn, J. 2000. *L'era dell'accesso*. Milano: Mondadori.
- Rifkn, J. 2002. *Economia all'idrogeno. La creazione del World Energy Web e la redistribuzione del potere sulla terra*. Milano: Mondadori.
- Rinner, C. 1999. Argumaps for Spatial Planning. *Proceedings of the First International Workshop on TeleGeoProcessing*, R. Laurini (ed). Lyon, May 6-7, 1999: 95-102.
- Robin, A. 2006. Using SensorML to describe a Complete Weather Station. Tutorial. University of Alabama in Huntsville (UAH), Earth System Science Center – NSSTC.
- Rodotà, S. 2007. *The Role of Parliaments in the Development in the Information Society*. Keynote Speech. Inter-Parliamentary Union International Conference, 3 marzo 2007.
- Rodotà, S. 2004. *Tecnopolitica. La democrazia e le nuove tecnologie della comunicazione*. Roma-Bari: Laterza.
- Rullani, E. 2004. *Economia dell'Informazione*. Bologna: Il Mulino.
- Rumor, M. & Scottà, A. 2005. Un'introduzione ai geoDBMS. *Almanacco della Geomatica. MondoGis*.
- Rumor, M. 2008. Dispense del corso "Modelli e strutture dei dati spaziali". Corso di Laurea Magistrale in Sistemi Informativi Territoriali e Telerilevamento – Università IUAV di Venezia.
- Schott, J. & Wilkinson, E. 1979. Aerial measurement of heat loss: Phase I. Calspan report: 6393-M-2.
- Seligman, C. & Darley, J.M. & Becker, J.L. 1978. Behavioral approaches to residential energy conservation. *Energy and Buildings* n. 1/3: 325-337.
- Silberman, S. 2001. The Energy Web. *Wired Magazine* 9.07
Disponibile in formato elettronico su: <http://www.wired.com/wired/archive/9.07/juice.html>

- Simonis, I. 2007. OpenGIS® Sensor Planning Service Implementation Specification. Open Geospatial Consortium.
- Soldaat, K. 2006. Interaction between occupants and sustainable building techniques. ENHR conference "Housing in an expanding Europe: theory, policy, participation and implementation" Ljubljana, Slovenia 2 - 5 July 2006
- Spinelli, F. Maccari, A. Cogliani, E.G. Milone, M. 2007. La misura e la stima della radiazione solare: l'archivio dell'ENEA e il sito Internet dell'Atlante italiano della radiazione solare per la pubblicazione dei dati. ENEA, 2007. Rapporto SOL/RS/2007/21.
- Steinmann, R., A. Krek & T. Blaschke 2005. Can online map-based applications improve citizen participation? In Böhlen, M., J. Gamper, & W. Polasek (eds.): *E-Government: Towards Electronic Democracy. Lecture Notes in Computer Science*. Berlin: Springer Verlag: 25-35.
- Sterling, B. 2005. *La Forma del Futuro*. Milano: Apogeo.
- Sustainable Pittsburgh & Atkisson 2001. *Community Indicators Handbook*, Sustainable Pittsburgh (edizione digitale).
- TCPA , 2006. *Sustainable energy by design, a TCPA 'by design' guide for sustainable communities*. London: Town and Country Planning Association. Disponibile in formato elettronico su: http://www.tcpa.org.uk/data/files/bd_sustenergy.pdf
- Tulloch, D.L. 2007. Many, many maps: Empowerment and online participatory mapping. *First Monday* n. 2/12.
- Turner, A. 2006. *Introduction to Neogeography*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media.
- Ueno, T., Inada, R., Saeki, O., & Tsuji, K. 2006. Effectiveness of an energy consumption information system for residential buildings. *Applied Energy* n. 83: 868-883.
- Uihlein, A. & Eder, P. 2009. Towards additional policies to improve the environmental performance of buildings. *JRC Scientific and Technical Reports*. Siviglia: European Commission Joint Research Centre - Institute for Prospective Technological Studies.
- Wienke, U. 2005. *Aria calore luce: il comfort ambientale negli edifici*. Roma: DEI.
- Allinson, D. 2007. Evaluation of aerial thermography to discriminate loft insulation in residential housing. Degree of Doctor of Philosophy - University of Nottingham.
- Winter, H.F. 1979. Operation thermoscan - a utility's use of thermography for energy conservation. Thermosense II: Second National Conference on thermal infrared sensing technology for energy conservation programs. Albuquerque, New Mexico, USA, S.A. Morain, American Society of Photogrammetry: 187-190.
- Wood, G., & Newborough, M. 2003. Dynamic energy-consumption indicators for domestic appliances: environment, behavior and design. *Energy and Buildings* n. 35/8: 821-841.
- UNI 10349:1994. Riscaldamento e raffrescamento degli edifici, dati climatici.
- UNI EN 15603:2008. Prestazione energetica degli edifici - Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica.

UNI TS 11300-1:2008. Prestazione energetica degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva e invernale.

UNI/TS 11300-2:2008. Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.

UNI 8477-1:1983. Energia solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione dell'energia raggiante ricevuta.

UNI EN ISO 13790:2008. Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento.

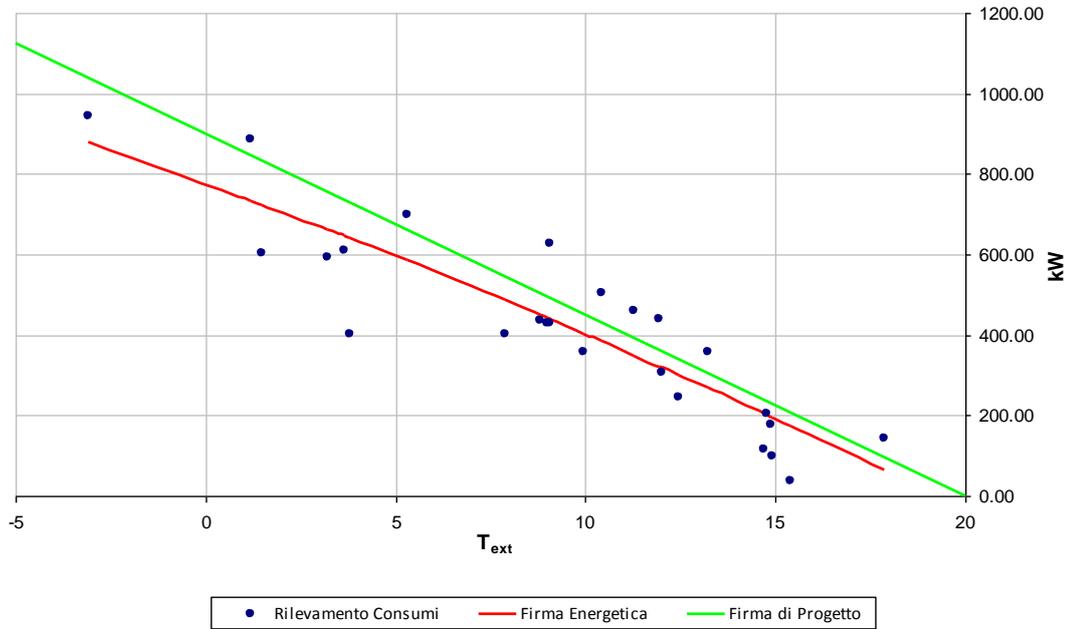
Zauli Sajani, S. Tibaldi, S. Lauriola, P. 2008. Bioclimatic characterization of an urban area: a case study in Bologna (Italy). *International Journal of Biometeorology* n. 52/8:779-8

Appendice: Firma energetica, esempi di grafici e interpretazioni

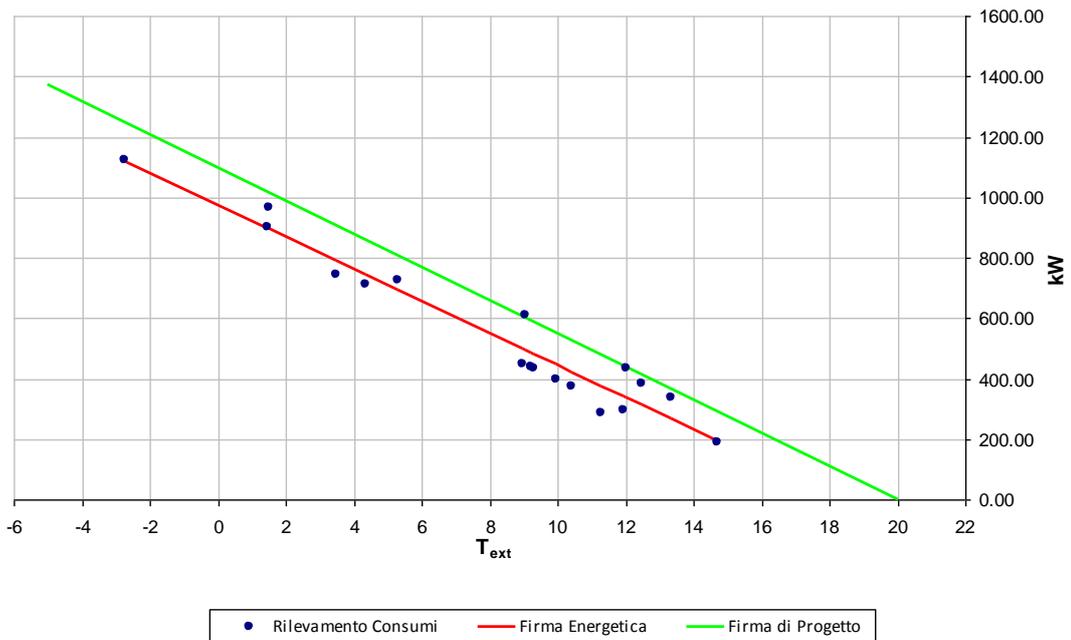
Elaborazioni realizzate con ITC-CNR

Firma energetica di alcuni volontari:

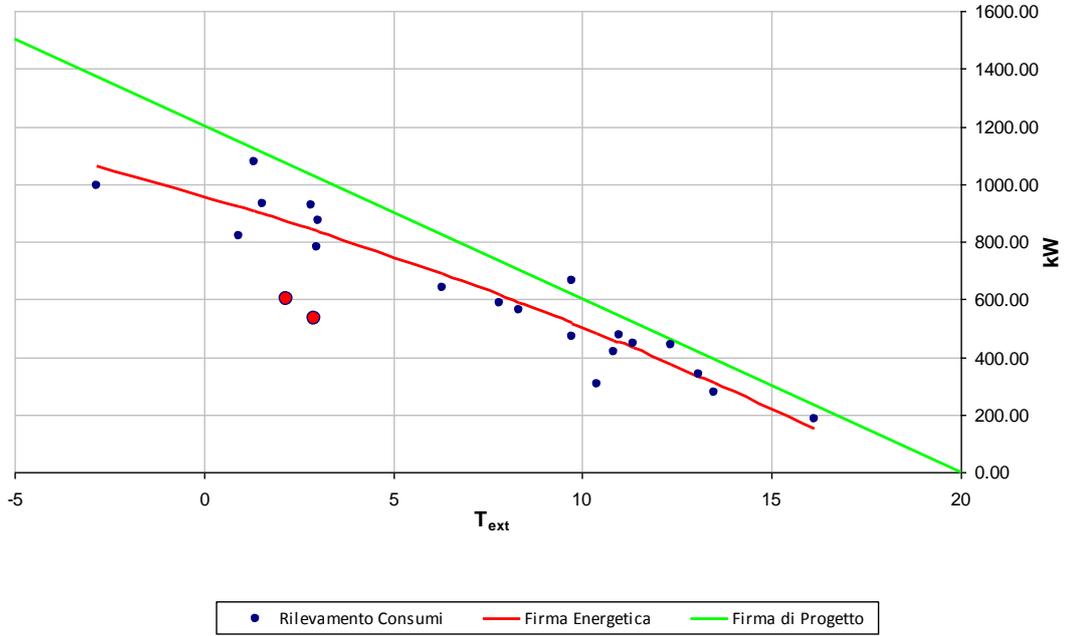
B.F.



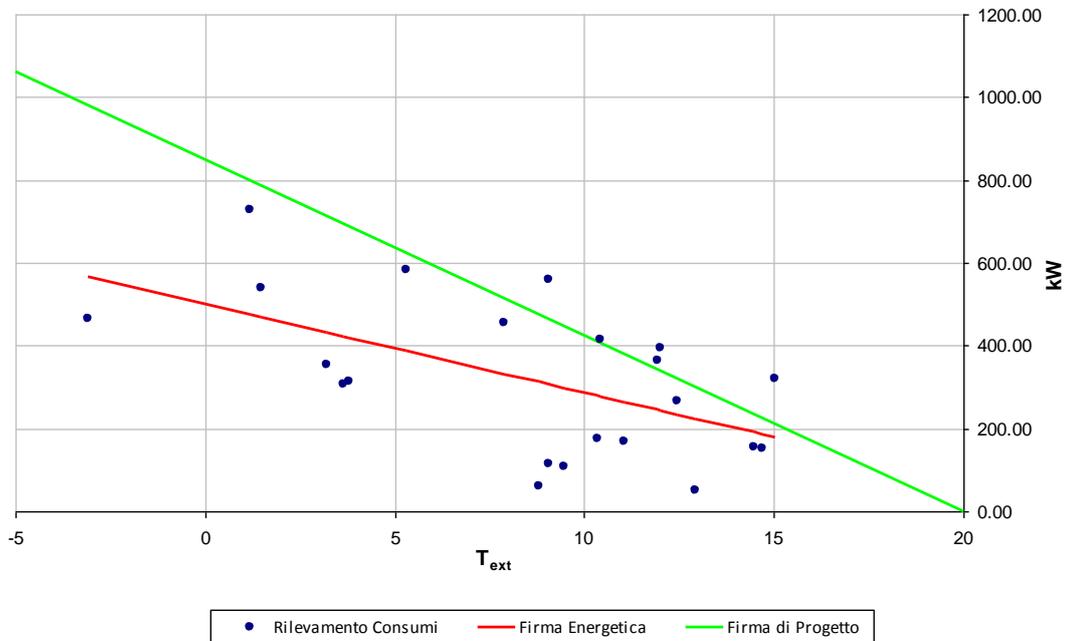
B.G.



G.Z.



B.D.



Analisi dei consumi e della Firma energetica di B.D.

Tabella 1. Consumi (B.D.)

Data	T _{ext}	Letture gas [m ³]	Consumi settimanali [kWh]
01/03/2010	7.87	4597528	456
08/03/2010	5.29	4658246	583
15/03/2010	1.49	4714405	539
22/03/2010	9.06	4772630	559
29/03/2010	12.46	4800508	267
05/04/2010	12.01	4841607	394
12/04/2010	11.94	4879600	365
19/04/2010	10.43	4922914	416
26/04/2010	14.69	4938654	151
03/05/2010	17.85	4942628	38
10/05/2010	14.94	4949170	63
17/05/2010	14.90	4952483	32
24/05/2010	17.24	4957429	47
31/05/2010	20.09	4962600	50
07/06/2010	19.59	4967771	50
14/06/2010	24.10	4970527	26
21/06/2010	19.17	4974244	36
28/06/2010	20.80	4978973	45
05/07/2010	25.52	4982717	36
12/07/2010	25.57	4984988	22
19/07/2010	26.92	4987508	24
26/07/2010	24.90	4987757	2
02/08/2010	21.40	4990067	22
09/08/2010	21.70	4992377	22
16/08/2010	21.50	4995318	28
23/08/2010	23.30	4998259	28
30/08/2010	23.51	5000732	24
06/09/2010	19.20	5004742	38
13/09/2010	18.13	5008935	40
20/09/2010	18.41	5013128	40
27/09/2010	17.13	5018067	47
04/10/2010	15.01	5051369	319
11/10/2010	14.49	5067518	155
18/10/2010	11.04	5085049	168
25/10/2010	10.37	5103355	176
01/11/2010	9.49	5114545	107
08/11/2010	12.93	5119796	50
15/11/2010	9.06	5131812	115
22/11/2010	8.80	5138008	59
29/11/2010	3.64	5169935	306
06/12/2010	1.20	5245679	727
13/12/2010	3.79	5278405	314
20/12/2010	-3.10	5326782	464
27/12/2010	3.23	5363680	354

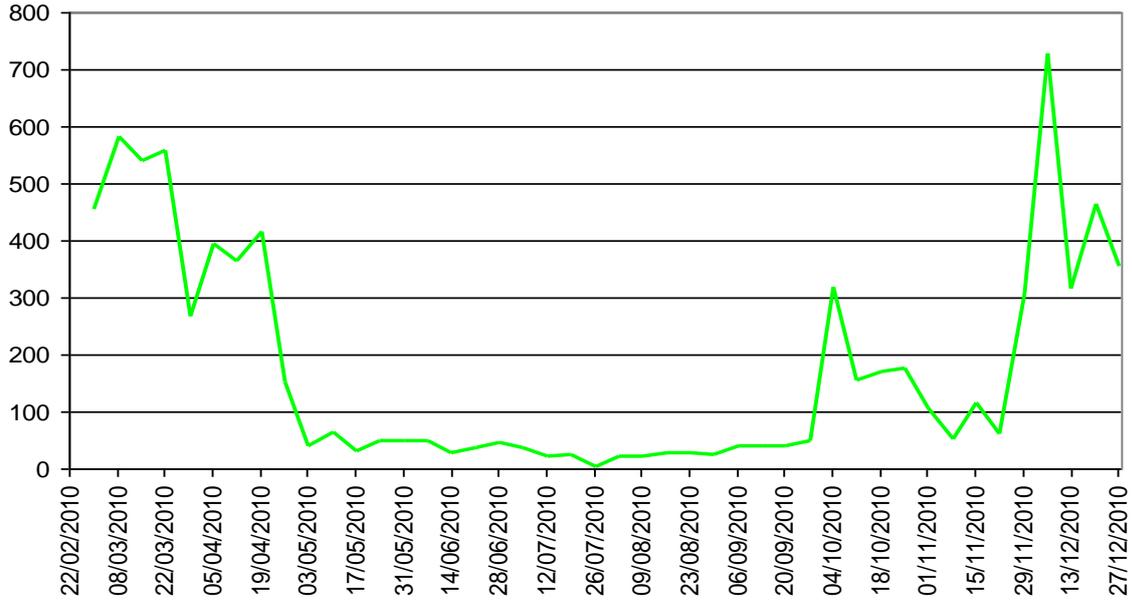


Figura 1. Andamento dei consumi (B.D.)

L'appartamento di proprietà di B.D. presenta un comportamento dei consumi, rappresentati graficamente rispetto alla temperatura esterna, a prima vista indipendente da quest'ultimo parametro.

Il coefficiente di correlazione di *Pearson* dimostra quanto individuato nel seguente grafico poiché pari a un valore di 0,5 circa e quindi molto lontano dall'individuare una possibile interpolazione.

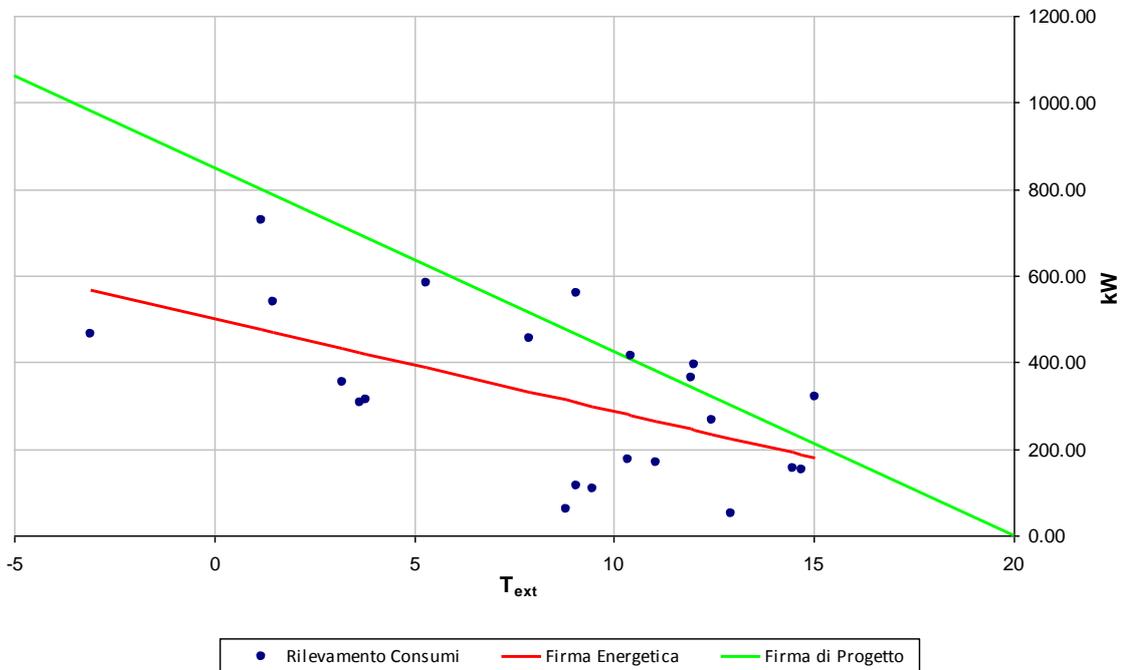


Figura 2. Rappresentazione dei consumi di combustibile ((B.D.)

Suddividendo i consumi in due parti (gennaio – aprile e ottobre – dicembre) si può osservare che i punti rappresentati in figura 3 sono assimilabili ad un comportamento lineare relativamente ai due periodi considerati.

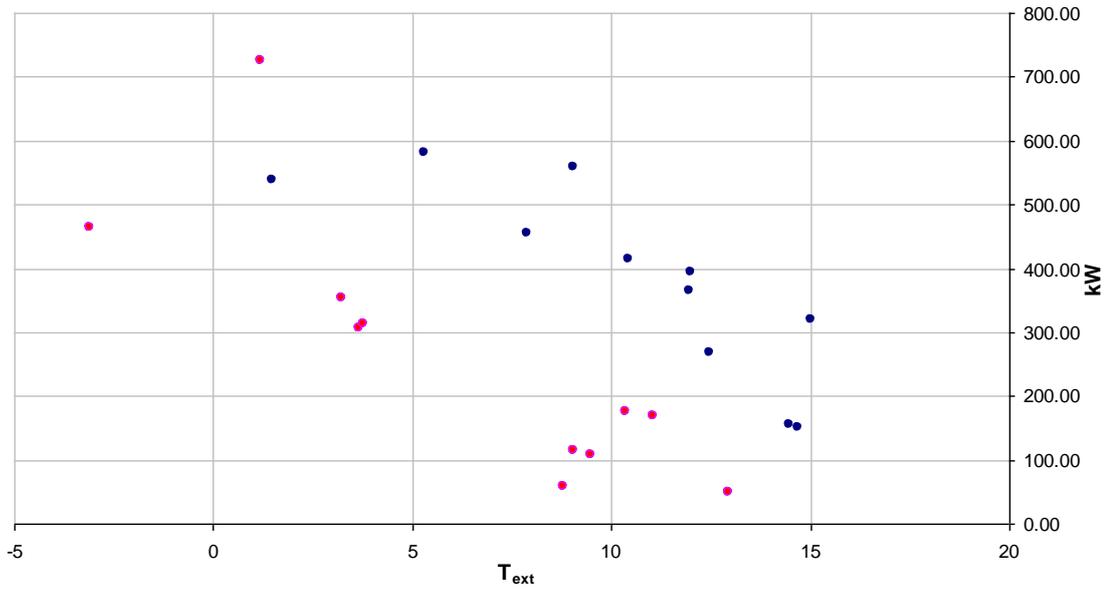
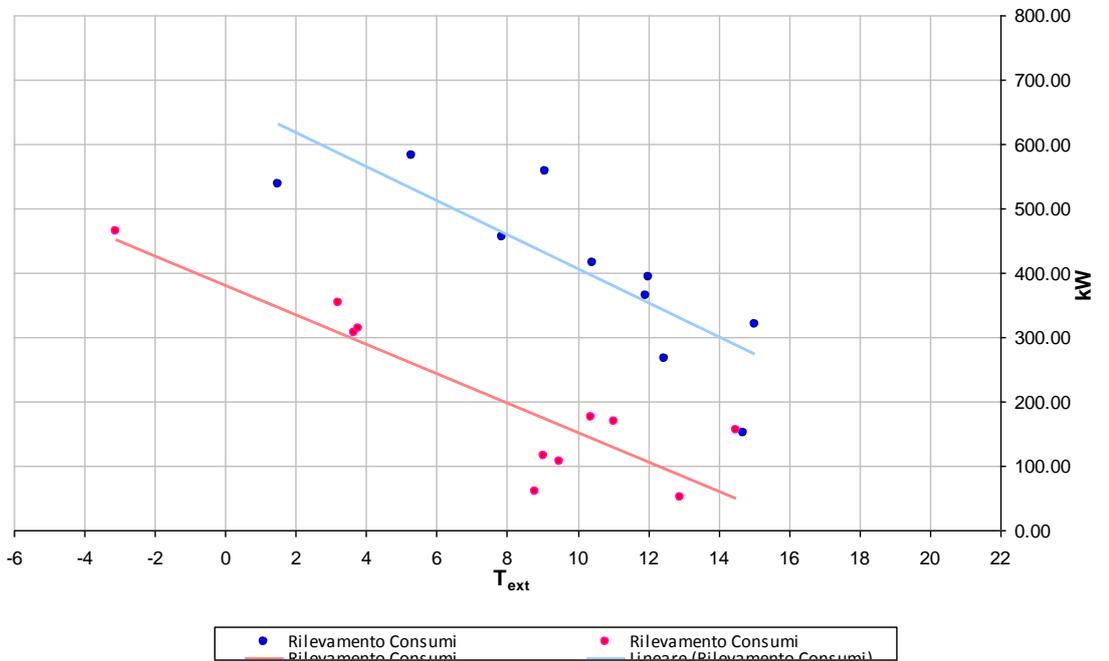


Figura 3. Rappresentazione dei consumi divisi nei due periodi (B.D.)

La figura mostra un andamento parallelo dei consumi, che sintetizza una variazione che può essere interpretata in due modi differenti. La figura seguente mostra meglio tale distinzione. Il parallelismo tra le rette esclude la possibilità di un ipotetico intervento sull'involucro in quanto la



pendenza delle rette indica un coefficiente globale di dispersione uguale per entrambe.

Figura 4. Interpolazione dei consumi divisi nei due periodi (B.D.)

I rispettivi coefficienti di correlazione avvallano l'ipotesi poiché sono rispettivamente pari a 0,83 nel primo periodo e 0,89 nel secondo.

Tale comportamento è validato dalla corrispondente Firma di progetto.

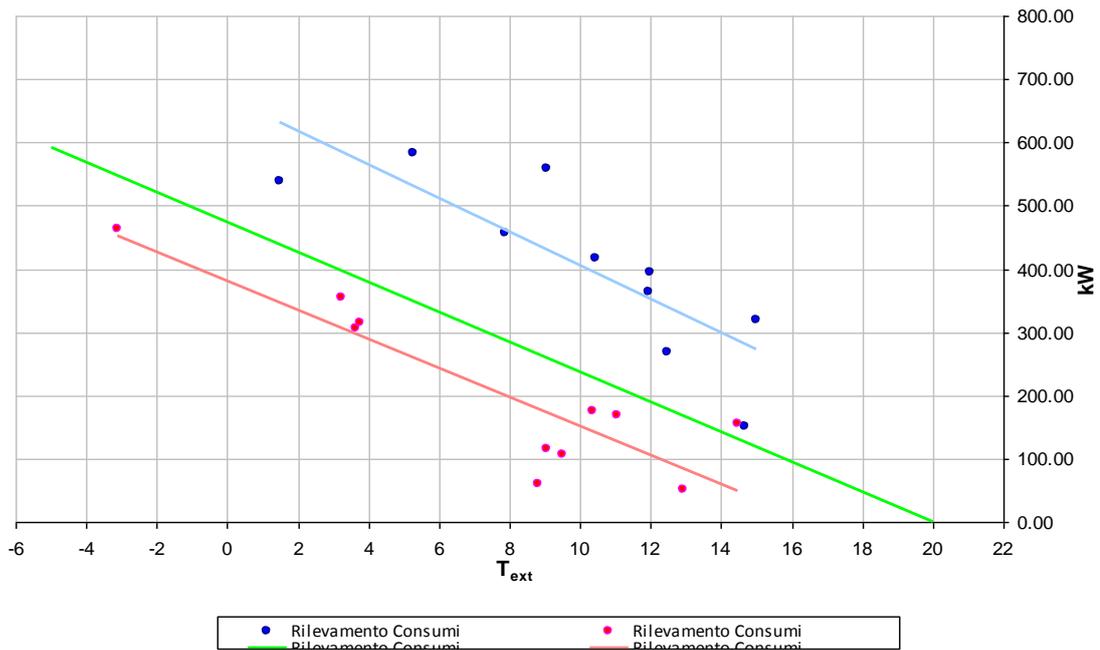


Figura 5. Firma di progetto (B.D.)

La prima interpretazione nasce dal confronto dei punti di intersezione delle due rette interpolanti con l'asse delle ascisse. La retta blu incontra l'asse in corrispondenza di 24°C circa, mentre la curva rossa a 17°C . Ciò potrebbe ricondursi ad una regolazione dell'impianto diversa o a un comportamento differente, tra i due periodi, dell'utenza.

La seconda invece ricade nella possibilità di aver ottimizzato gli apporti gratuiti dell'organismo edilizio che di fatto ridurrebbero la necessità di accendere il generatore di calore ad una temperatura superiore a 17°C .

In effetti da un'attenta analisi del questionario compilato dal proprietario si evince una variazione nel comportamento "energetico" dell'impianto.

A novembre 2010 è stata acquistata e installata una stufa a legna che integra la produzione di calore proveniente dal generatore tradizionale. Tale comportamento infatti è assimilabile ad una riduzione della temperatura di termostatazione dell'impianto preesistente l'intervento.

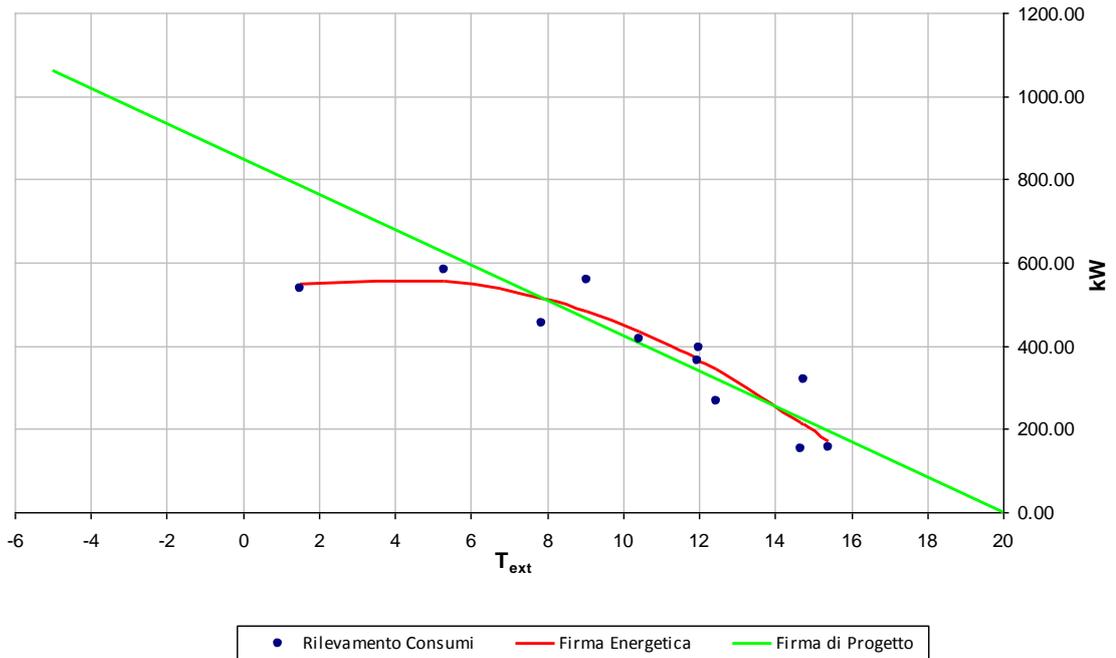


Figura 6. Firma energetica del primo periodo (B.D.)

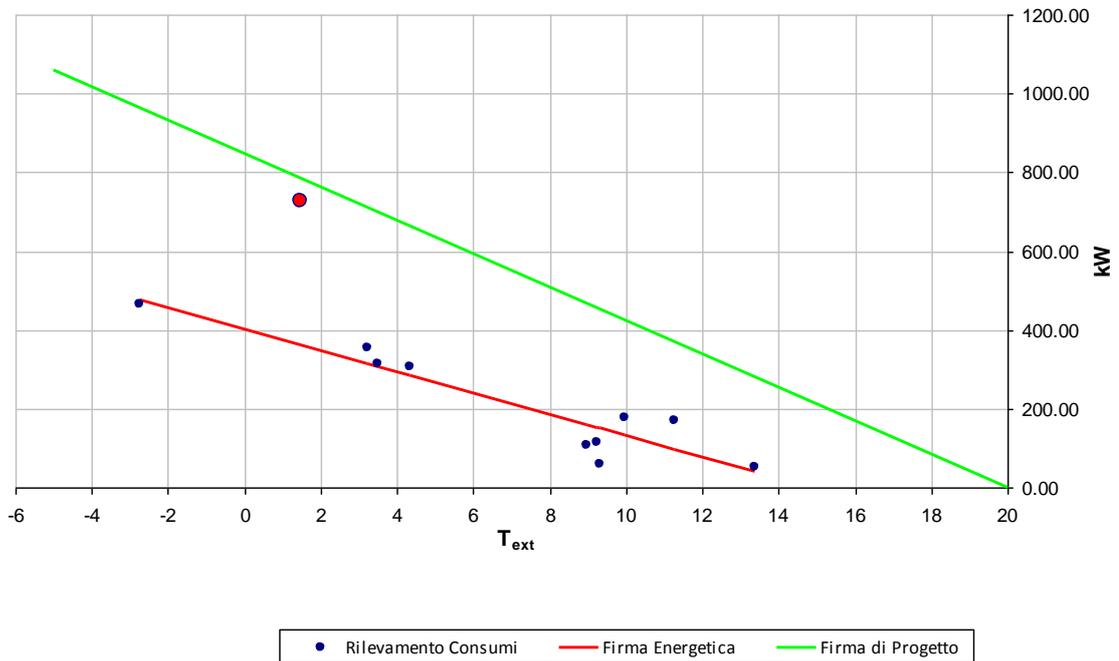


Figura 7. Firma energetica del secondo periodo (B.D.)

Ad ogni modo la Firma energetica del primo periodo, anche se individuata con pochi punti di rilievo, sembra essere interpolata da una curva di secondo grado. Il rendimento dei generatori di calore dipende fortemente dal fattore di carico; in particolare, nel caso di caldaie tradizionali, si nota come il rendimento cresca all'aumentare del fattore di carico, determinando l'andamento evidenziato in figura 6. Ciò rispecchia un comportamento normale del sistema edificio-impianto.

Infine nel secondo periodo si registra un comportamento lineare dei consumi di combustibile rispetto alla temperatura media settimanale esterna, anche se con una pendenza differente rispetto alla curva di progetto.

Escludendo un intervento migliorativo sull'involucro, tale discrepanza potrebbe dipendere da un comportamento dell'utente differente a seconda delle condizioni ambientali esterne. Nei periodi in cui fa più freddo il proprietario utilizza maggiormente la stufa a legna rispetto alla caldaia e che ne modifica il consumo e la relativa pendenza della retta.

Esiste tuttavia un consumo "anomalo", il cui punto rappresentato si discosta dalla retta interpolante. Questo comportamento potrebbe dipendere dalle condizioni meteo, anche se in realtà è una settimana mediamente nuvolosa, o dal fatto che si tratti della seconda settimana di dicembre, corrispondente al "ponte dell'Immacolata", in cui gli inquilini hanno soggiornato maggiormente accendendo la caldaia per un periodo più lungo.

Concludendo, l'edificio in questione non presenta anomalie di funzionamento del sistema edificio-impianto, ritenendo corretta la Firma energetica calcolata. Oltremodo la potenza di progetto risulta dimensionata correttamente rispetto le reali necessità dell'edificio. Si evidenzia comunque un elevato grado di termostatazione del primo periodo che causa un alto consumo di combustibile e un basso utilizzo dei guadagni solari che consentirebbero di accendere la caldaia con una temperatura esterna ben al di sotto dei 20°C come da progetto.