



Università degli Studi di Ferrara

DOTTORATO DI RICERCA IN TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA

CICLO_XXIV_

COORDINATORE Prof. _____ GRAZIANO TRIPPA _____

Miglioramento dell'efficienza energetica in sistemi aggregati
di edilizia pre-industriale di base, tra istanze conservative e prestazionali.

Valutazione quantitativa del fabbisogno di energia in alcuni aggregati
nel centro urbano di Ferrara.

Settore Scientifico Disciplinare _ICAR_/ _12_

Dottorando

Dott. MARCO ZUPPIROLI

(firma)

Tutore

Prof.ssa RITA FABBRI

(firma)

Anni 2009/2011

[...] In tal modo, ogni scienziato,
finisce col convincersi che il proprio compito
sia solo approfondire il proprio frammento di conoscenza,
senza avvertire la necessità
di contestualizzare le proprie analisi
o di prestare attenzione
a ciò che la sua ricerca comporta negli altri ambiti:
non sempre egli bada, ad esempio,
agli effetti dell'applicazione pratica delle sue scoperte.
Teoria e prassi sono percepite come separate,
e così anche le singole discipline.

A. R. AJELLO, *Il rigore e la scommessa. Riflessioni
sociopedagogiche sul pensiero di Edgar Morin*, Salvatore
Sciascia Editore, Caltanissetta - Roma 2003, p. 53.

Il carattere complesso dell'attività pensante [...]
associa incessantemente in sé, in modo complementare,
processi virtualmente antagonisti
che tenderebbero ad escludersi l'uno con l'altro.
Così il pensiero deve stabilire frontiere e traversarle,
aprire concetti e chiuderli, andare dal tutto alle parti e
dalle parti al tutto, dubitare e credere,
esso deve rifiutare e combattere la contraddizione
ma, nello stesso tempo,
deve farsene carico e nutrimento.

E. MORIN, *La conoscenza della conoscenza*,
traduzione di A. Serra, Feltrinelli, Milano 1989, p. 36

Miglioramento dell'efficienza energetica
in sistemi aggregati di edilizia pre-industriale di base, tra istanze conservative e prestazionali

INDICE

INDICE	5
ABSTRACT	9
PARTE I.	
INTRODUZIONE ALLA RICERCA	13
Capitolo 1. Ambito della ricerca, obiettivi e risultati attesi.	15
1.1. Stato dell'arte.	16
1.1.1. Criticità legate alla trasformazione del costruito pre-industriale.	16
1.1.2. Ambito di applicazione del D.lgs 192/2005.	18
1.2. Obiettivi della ricerca.	20
1.3. Ambito di indagine.	26
1.4. Risultati attesi.	29
1.5. Destinatari.	29
1.6. Breve inquadramento terminologico.	31
1.7. Work Packages.	34
Capitolo 2. Quadro normativo e aspetti legati ai protocolli per la certificazione volontaria.	35
2.1. Normativa europea: dalla Direttiva Europea 2002/91/CE alla 2010/31/EU.	35
2.2. Normativa nazionale: dal D.Lgs. n. 192/2005 al dpr n. 59/2009.	40
2.3. Normativa di settore: nuove linee guida sull'uso efficiente dell'energia nel patrimonio storico.	41
2.3.1. Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili.	41
2.3.2. La qualità delle prestazioni energetico - ambientali nella manutenzione dell'architettura storica. Linee Guida.	44
2.4. Protocolli di certificazione volontaria: La certificazione energetica nell'ambito del patrimonio storico da Ecolabel a CasaClima da ITACA a LEED.	48
2.4.1. CasaClima.	49
2.4.2. Ecolabel.	51
2.4.3. Itaca.	51
2.4.4. Leed.	53

PARTE II.

MODELLI DI VALUTAZIONE 57

Capitolo 3. Valutazione di grandi parchi edilizi. 59

3.1. Modelli proposti per la valutazione della prestazione energetica in piccoli, medi e grandi parchi edilizi, con riferimento al panorama italiano ed europeo. 59

3.2. Modelli di analisi top-down proposti per la valutazione della prestazione energetica in piccoli medi e grandi parchi edilizi, con riferimento al panorama italiano ed europeo:

SCHEDE DI SINTESI. 68

3.2.1. Energy and Environmental Prediction (EEP) - Neath Port Talbot, Galles - Regno Unito – 2001. 69

3.2.2. GIS energy model - Goteborg - Svezia – 2006. 72

3.2.3. Fuel poverty in Scotland: a GIS-based multiple risk index - Scotland - Regno Unito – 2007. 74

3.2.4. Energy performance of large scale building stocks - Piemonte - Italia – 2010. 76

3.2.5. Riqualificazione dell'edilizia residenziale di una città - Roma - Italia – 2010. 79

3.2.6. Energy Web Feltre per il contenimento dei consumi energetici a scala urbana - Feltre (BL) - Italia – 2010. 81

3.2.7. Efficienza energetica degli edifici e applicazioni GIS - Bologna - Italia – 2010. 84

3.2.8. City Energy Management - Liège - Belgio – 2011. 86

3.3. Modelli di analisi *bottom-up* proposti per la valutazione della prestazione energetica in piccoli medi e grandi parchi edilizi, con riferimento al panorama italiano ed europeo. 89

Capitolo 4. Analisi alla grande scala (valutazione sintetica). 93

4.1. Brevi considerazioni sul rapporto SAIENERGIA: Il parco edilizio in Italia. 93

4.2. Esempificazione metodo top-down applicato al centro urbano di Ferrara. 97

4.2.1. Introduzione e finalità. 97

4.2.2. Metodo per la valutazione di esercizio. 100

4.2.3. Dati in ingresso. 100

4.2.4. Lavorazione dei dati in ingresso. 105

4.2.5. Dati in uscita. 113

4.2.6. Conclusioni e criticità. 119

4.3. Esempificazione metodo bottom-up applicato al centro urbano di Ferrara. 122

4.3.1. Introduzione e finalità. 122

4.3.2. Lavorazione dei dati in ingresso. 123

4.3.3. La rappresentazione cartografica degli edifici certificati. 126

PARTE III.

IL CASO STUDIO 133

Capitolo 5. Analisi alla scala dell'aggregato (valutazione analitica). 135

5.1. Lettura morfo-tipologica per macro fasi evolutive dei due ambiti oggetto della valutazione. 138

5.1.1. IL CASTRUM BIZANTINO. 139

5.1.2. L'INSEDIAMENTO SULL'ATTUALE VIA XX SETTEMBRE. 148

5.2. Caratteri tipologici dell'edilizia preindustriale negli aggregati oggetto di indagine. 158

Capitolo 6. Modello di valutazione speditivo. 167

6.1. Metodologia di calcolo prevista dalla UNI/TS 11300. 167

6.1.1. Introduzione. 167

6.1.2. Metodologia di calcolo prevista dalla UNI/TS 11300. 168

6.2. Semplificazioni introdotte nel foglio di calcolo. 170

6.2.1. Dati in ingresso. 170

6.2.2. Metodo di calcolo. 191

6.3. Valutazione quantitativa del fabbisogno di energia termica utile e del fabbisogno di energia primari dei sistemi aggregati individuati. 194

6.4. Predisposizione di database relazionale su piattaforma GIS. 208

6.5. Valutazione dell'incertezza relativa dei risultati. 210

6.6. Analisi qualitativa delle incidenze maggiormente significative. 216

Capitolo 7. Proiezioni e scenari.	227
7.1. Attuali strategie di intervento per la riqualificazione energetica dell'edilizia esistente.	227
7.2. Simulazione di scenari futuri.	234
7.2.1. Intervento sull'involucro: efficacia in base al rapporto costi / benefici.	236
7.2.2. Intervento sugli infissi: efficacia in base al rapporto costi / benefici.	241
7.2.3. Intervento sull'impianto: efficacia in base al rapporto costi / benefici.	243
Capitolo 8. BREVI Considerazioni conclusive.	247

PARTE IV.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	251
B.1. TEMATICHE GENERALI.	252
B.2. EFFICIENZA ENERGETICA.	253
B.2.1. Edilizia esistente in genere.	253
B.2.2. Edilizia storica e monumentale.	254
B.2.3. Impianti e forniture.	254
B.2.4. Modelli di valutazione.	254
B.3. RESTAURO.	257
B.3.1. Restauro urbano, teorie e metodi.	257
B.3.2. Analisi del processo tipologico, teorie e metodi.	258
B.3.3. Storia urbana di Ferrara.	258
B.4. NORMATIVA E NORME TECNICHE.	260
B.4.1. Direttive Europee.	260
B.4.2. Legislazione nazionale.	260
B.4.3. Legislazione regionale (R E R).	261
B.4.4. UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione.	261
B.5. SITOGRAFIA ESSENZIALE.	262
B.6. CONTRIBUTI PUBBLICATI E IN CORSO DI PUBBLICAZIONE.	263

ABSTRACT ITALIANO

La prestazione energetica del costruito, la formalizzazione di un corretto quadro esigenziale e le effettive possibilità di risparmio, sono, da tempo, un problema ampiamente dibattuto all'interno del comparto edilizio sia nell'ambito del mercato industriale, sia nell'ambito del mercato immobiliare.

Il recepimento della direttiva 2002/91/CE (EPBD), nonché della direttiva 2010/31/EU, ha modificato il rapporto tra edificio ed energia, anche in riferimento all'edilizia esistente. D'altro canto, la diffusione dell'Attestato di Certificazione Energetica ha cambiato la percezione del costruito da parte del mercato immobiliare. I programmi di riqualificazione energetica costituiscono, oggi, una valida opportunità per l'intervento sull'edilizia costruita nella seconda metà del XX secolo. Al contrario, il patrimonio storico monumentale e l'edilizia pre-industriale di base rappresentano, ancora, un interessante ambito di discussione a più livelli, dalla scala dell'edificio alla scala urbana e territoriale. La programmazione di efficaci politiche energetiche e l'organizzazione di interventi mirati nell'ambito della pianificazione strutturale, non possono che partire dalla conoscenza del reale stato di fatto.

Con l'obiettivo di formalizzare al meglio l'esigenza di miglioramento della prestazione energetica nell'ambito dell'edilizia pre-industriale di base, il mio percorso di ricerca, ha come principale compito l'individuazione di metodi di valutazione del fabbisogno di energia termica utile (riscaldamento, raffrescamento e produzione di ACS) e la relativa verifica nell'ambito di alcuni sistemi aggregati di edilizia pre-industriale di base criticamente selezionati all'interno del centro urbano di Ferrara.

ABSTRACT INGLESE

The energy performance of buildings, their needs and the possibilities of energy saving, have long been an issue in the debate of construction and real estate sectors.

The transposition of the Directive 2002/91/EC (EPBD), as well as of the Directive 2010/31/EU, has modified the relationship between building and energy, also in existing buildings. On the other hand, the energy performance certificate (EPC) spreading has changed the real estate perception. Energy upgrade is a good way for retrofit existing buildings of the second half of the 20th century, but not for all existing buildings. The cultural heritage and preindustrial basic building should be a special case to discuss.

Several studies discuss energy performance of single building, building stock, heritage building and also urban comfort.

The planning of actual energy policies and the organization of targeted action in the structural planning, can only start from the knowledge of the real state of things.

With the aim of validating the real need for improvement of energy performance in preindustrial basic building, my dissertation provides an in-depth quantitative analysis of the thermal energy demand and the improvement of energy efficiency in preindustrial basic building, through the analytical investigation of the case studies in the urban center of Ferrara.



CAPITOLO 1.

AMBITO DELLA RICERCA, OBIETTIVI E RISULTATI ATTESI.

La formalizzazione dell'esigenza

Il primo passaggio dell'innovazione tecnologica è la formalizzazione dell'esigenza¹. Nel mondo occidentale, dove le esigenze di carattere primario risultano sostanzialmente soddisfatte, le nuove esigenze possono e devono essere create *ad hoc* dal mercato, per produrre consumi, in un circolo virtuoso/vizioso che crea l'esigenza al fine di vendere il prodotto, spesso precedentemente predisposto.

All'interno dell'ambito disciplinare del Restauro Architettonico, la drammaticità di questo *meccanismo* appare in tutta la sua evidenza. Il sistema, così come si configura oggi, non è sostenibile, data la sostanziale non reversibilità delle scelte sostitutive effettuate.

Alla luce di queste considerazioni, la soluzione del nodo, alquanto delicato, non coincide esclusivamente con un'adeguata risposta tecnologica ad una determinata esigenza, ma prevede primariamente una puntuale riflessione critica sulla validità dell'esigenza stessa, sempre più spesso configurata all'interno di quei sistemi comunicativi che del mercato sono parte integrante. Solo dopo il superamento di questo preliminare passaggio è pensabile formalizzare l'esigenza con la massima precisione possibile.

Se, ad esempio, si riscontra la necessità di migliorare la prestazione energetica dell'edilizia storica, sarà indispensabile evidenziare il quadro di riferimento, gli elementi che contribuiscono alla valutazione della consistenza del bisogno e, solo successivamente, l'approccio entro cui individuare le innovazioni tecnologiche che andranno a soddisfare l'esigenza stessa.

Potranno allora avviarsi le ricerche per arrivare all'innovazione tecnologica - quasi sempre adattiva - in grado di rispondere all'esigenza poc'anzi formalizzata.

¹ N. SINOPOLI, V. TATANO, *Sulle tracce dell'innovazione*, Franco Angeli, Milano 2002.

In altre parole, in un ambito ove le innovazioni tecnologiche non possono essere altro che di tipo adattivo (per varie ragioni: ambito della ricerca, volume d'affari, ecc.) - e sono innumerevoli gli esempi in questo senso - la precisa formalizzazione dell'esigenza assume un ruolo chiave nella scelta/definizione della soluzione tecnologica che proprio a questa esigenza dovrà rispondere.

1.1. STATO DELL'ARTE.

1.1.1. Criticità legate alla trasformazione del costruito pre-industriale².

Il tema della sostenibilità delle soluzioni tecnologiche adottate, materia strettamente connessa ai recenti obiettivi di trasformazione del costruito storico, impone la consapevolezza di essere di fronte ad una complessità che presuppone, per essere affrontata, una positiva convergenza di più operatori a diversi livelli. La complessità del tema è stata finora governata mediante il rassicurante punto di vista dello sguardo specialistico. Un'intensa attività di ricerca ha contribuito all'approfondimento progressivo di numerosi aspetti del problema, limitandosi ai singoli ambiti disciplinari³. E' necessario, invece, un salto di qualità in chiave interdisciplinare, una profonda presa di coscienza della sterilità di una ricerca analitica e parcellizzante, capace di addentrarsi sempre più a fondo nell'indagine dell'infinitamente piccolo, perdendo però di vista l'infinitamente grande, l'universo, la totalità⁴. All'interno di una logica di sostenibilità, sarà inoltre necessario concepire l'intervento progettuale in stretto rapporto con l'eredità testimoniale del costruito storico e non in conflitto con essa, senza quindi compromettere la ricchezza reale e potenziale nell'ambito in cui si è chiamati ad intervenire⁵. Lo sviluppo sostenibile è infatti lo sviluppo che soddisfa le esigenze delle attuali generazioni senza compromettere la possibilità di quelle future di soddisfare le proprie⁶. Il richiamo al mantenimento del *potenziale*, a beneficio delle future generazioni deve essere letto, in questo caso, in molteplici dimensioni interdipendenti: ecologica, sociale ma soprattutto economica e culturale.

*Sostenibilità ed
interdisciplinarietà*

² Alcuni dei contenuti di seguito illustrati sono stati elaborati nell'ambito di un più ampio percorso di ricerca coordinato dal Prof. Riccardo Dalla Negra e condotto dall'Arch. Keoma Ambrogio e dal sottoscritto, nell'ambito delle rispettive Tesi di Dottorato. Un primo contributo è già stato pubblicato in R. DALLA NEGRA, K. AMBROGIO, M. ZUPPIROLI, *Miglioramento dell'efficienza energetica in sistemi aggregati di edilizia storica: tra istanze conservative e prestazionali, potenzialità di ricerca ed approcci operativi*, in P. DAVOLI (a cura di), *Il recupero energetico ambientale del costruito*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna (RN) 2010, pp. 29 – 37.

³ Cfr. F. SPANEDDA, *Energia e insediamento*, in F. SPANEDDA (a cura di), *Energia e insediamento. Una ricerca interdisciplinare per l'applicazione di principi di efficienza energetica nei centri storici*, Franco Angeli, Milano 2007, p. 10.

⁴ G. CELESTE, *Edgar Morin. Cultura e natura nella teoria della complessità*, Il prato, Saonara (PD) 2009, p. 33.

⁵ M. DEZZI BARDESCHI, *Approcci metodologici. Progetto di conservazione*, in L. ZEVI (direzione scientifica di), *Manuale del Restauro Architettonico*, Mancosu editore, Roma 2001, p. H52.

⁶ Cfr. *Rapporto Brundtland* (conosciuto anche come Our Common Future), documento rilasciato nel 1987 dalla Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo (WCED).

Energy Labelling



Il nuovo punto di vista punterà a determinare il reale comportamento in termini di efficienza energetica dell'edilizia pre-industriale di base esaltandone le qualità positive senza concentrare l'attenzione proprio sugli aspetti maggiormente negativi⁷.

La valutazione qualitativa dell'intervento non è quindi garantita tanto dall'Attestato di Qualificazione Energetica, che ha come obiettivo la mera certificazione del raggiungimento di un determinato fabbisogno di energia, quanto da una più ampia comprensione di tutti quei valori che l'edificio può esprimere, siano essi culturali e/o prestazionali. In questo contesto, occorre evidenziare l'incomprensione culturale che si è creata attorno a tale prassi, divenendo il raggiungimento delle classi energetiche più elevate, l'unico obiettivo della certificazione. L'impostazione delle direttive comunitarie in materia di Energy Labelling, ivi inclusa la Direttiva 2002/91/CE e la Direttiva 2010/31/EU, è primariamente quella di comunicare la prestazione e non quella di raggiungere la classe energetica più elevata. La certificazione energetica intende, infatti, informare sulla prestazione del fabbricato per influenzare il valore economico dello stesso, e far sì che edifici con migliori prestazioni, e minori consumi, siano più appetibili da parte del mercato immobiliare. D'altra parte, è necessario tener presente che l'edilizia storica ha generalmente, almeno in Italia, un valore medio più alto rispetto al resto dell'edificato, sia in virtù di esternalità positive quali la localizzazione prestigiosa, la prossimità ai principali servizi pubblici, la particolare connotazione di ciascun edificio ecc., sia in ragione di fattori intrinseci al manufatto stesso. Quale aumento di valore può portare un salto di classe? L'eventuale ritorno economico è sufficiente per giustificare interventi capaci di alterare le caratteristiche storiche del manufatto con relativi costi per singolo e collettività⁸?

Nell'intervento di trasformazione, al di là dell'indispensabile e preventivo approccio critico - conservativo, laddove la preesistenza lo consenta, è indispensabile prevedere e mettere in atto tutti gli accorgimenti necessari a garantire un significativo livello di sostenibilità. Il potenziamento delle condizioni di efficienza energetica dell'edilizia pre-industriale di base, previsto dalle più recenti disposizioni ai diversi livelli istituzionali (direttive comunitarie, leggi nazionali, leggi regionali, pianificazione comunale, ecc.), è oggi oggetto di crescente dibattito, soprattutto in riferimento alle categorie di edifici esclusi dall'applicazione delle disposizioni stesse.

⁷ G. MONCADA LO GIUDICE, *Prefazione*, in G. CARBONARA (a cura di), *Restauro architettonico e impianti*, UTET, Torino 2001, vol. I, p. XVII.

⁸ Sul rapporto tra certificazione energetica e valore immobiliare si veda: K. FABBRI, V. TARABUSI, *Certificazione: aspetti economici e immobiliari*, in «Ponte», n.2/2010, pp. 4-12.

1.1.2. Ambito di applicazione del D.lgs 192/2005.

Nella Direttiva 2002/91/CE del 16 dicembre 2002, all'articolo 4, comma 3, si afferma che gli "Stati membri possono decidere di non istituire o di non applicare i requisiti prestazionali" per "edifici e monumenti ufficialmente protetti come patrimonio designato o in virtù del loro speciale valore architettonico o storico, nei casi in cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe un'alterazione inaccettabile del loro carattere o aspetto". Con il D.Lgs. 192/2005 il legislatore si allinea alla direttiva escludendo però, *sic et simpliciter*, le categorie di edifici "ricadenti nell'ambito della disciplina della parte seconda e dell'articolo 136, comma 1, lettere b) e c) del D.Lgs. 42/2004 recante il codice dei beni culturali e del paesaggio", quindi i beni architettonici sottoposti a vincolo di tutela ma anche le ville che si distinguono per la loro non comune bellezza e soprattutto "i complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale", includendo con ciò anche i centri e i nuclei storici. Qualche tempo dopo lo stesso legislatore, in stretta aderenza alla medesima Direttiva 2002/91/CE, con il D.Lgs. 311/2006 (articolo 1, comma 1, lettera e), aggiunge all'articolo 3, comma 3), lettera a), del D.Lgs. 192/2005, le parole "nei casi in cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe una alterazione inaccettabile del loro carattere o aspetto con particolare riferimento ai caratteri storici o artistici", commettendo evidentemente una pericolosissima ingenuità. Con questa integrazione anche i beni architettonici sottoposti a vincolo di tutela, le ville e i centri storici diventano particolari ambiti di intervento ai sensi del decreto stesso. Appare chiaro, fin da subito, come tale modifica non sia affatto sviluppata nel merito e lasci spazio a molteplici dubbi ed interpretazioni. Si parla, infatti, di "alterazione inaccettabile" senza precisare a chi è demandato l'onere di valutare ed a seguito di quali procedure di verifica.

Il problema si pone in misura significativamente minore per i beni architettonici sottoposti a vincolo di tutela, i quali, ai sensi del D.Lgs. 42/2004, risultano soggetti ad autorizzazione preventiva da parte degli organi competenti (Soprintendenze per i beni architettonici e paesaggistici, quali organi periferici del Ministero per i Beni e le Attività Culturali). Si potrebbe addirittura affermare che il D.Lgs. 311/2006, privo di obblighi cogenti, ma aperto ad una parziale applicazione dei requisiti prestazionali, aspiri a promuovere una sinergia a carattere interdisciplinare che potrebbe e dovrebbe coinvolgere competenze diversificate (dal restauro architettonico alla fisica tecnica ambientale, dalla tecnologia dell'architettura all'impiantistica, ecc.), cercando di arrivare a soluzioni tecnologiche innovative che nel pieno rispetto del riconosciuto interesse culturale, tendano al miglioramento della prestazione stessa.

Al contrario, per ciò che riguarda l'edilizia pre-industriale di base, solo in rarissimi casi sottoposta a vincolo di tutela e, che alla luce di quanto detto, si riconosce comunque

*Ambito di applicazione
e beni architettonici
sottoposti a vincolo di
tutela*

*Ambito di applicazione
ed edilizia pre-
industriale di base*

quale testimonianza significativa dell'operosità umana, il problema appare di ordine opposto. Gli interventi previsti per questa categoria di edifici, ancora normati dalla Legge 457/1978, confluita poi nell'attuale Testo Unico (D.P.R. n. 380/2001 e successive modificazioni), non sono soggetti al controllo di alcun organo istituzionale e ricadono nella prassi operativa di tutti gli altri edifici esistenti. Il D.Lgs. 192/2005, così come modificato dal D.Lgs. 311/2006, nel caso di interventi su edifici esistenti di superficie utile inferiore a 1000 metri quadrati, prevede l'obbligo di adeguamento ai requisiti minimi prestazionali (art. 4), limitati al rispetto di specifici parametri, livelli prestazionali e prescrizioni che, a partire dal 1° gennaio 2010, risultano decisamente impegnativi. La possibilità di deroga, che nella stragrande maggioranza dei casi non ha alla base alcuna procedura di verifica, è oggi interpretata come più conviene alla committenza, il più delle volte senza intervenire sulle prestazioni energetiche, altre volte, al contrario, compromettendo anche irrimediabilmente il carattere storico - architettonico dell'edificio. Il D.Lgs. 192/2005 e le relative disposizioni attuative, si applicano solo alle Regioni ed alle Province autonome che non abbiano ancora adottato propri provvedimenti in applicazione della Direttiva 2002/91/CE. Le Regioni che invece hanno emanato proprie leggi, come la regione Emilia Romagna, adeguandosi al DPR 59/2009, non hanno comunque affrontato il problema.

Delibere della Giunta Regionale n. 1362/2010 e n. 1366/2011

L'Atto di indirizzo e coordinamento sui requisiti di rendimento energetico e sulle procedure di certificazione energetica degli edifici", approvato con la Delibera n. 156 del 4 marzo 2008 dall'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna, aggiornato al DPR 59/2009 con le Delibere della Giunta Regionale n. 1362/2010 e n. 1366/2011, recepisce nella sostanza le modifiche del D.Lgs. 311/2006 e, pertanto, non scioglie il problema. Aggiungendo alle categorie di esclusione gli edifici di valore storico architettonico e gli edifici di pregio storico - culturale e testimoniale individuati dalla pianificazione urbanistica ai sensi dell'art. A-9, commi 1 e 2 dell'Allegato alla L.R. 20/2000, la regione non fa che scaricare il problema sulle amministrazioni comunali che, a loro volta, con la redazione del PSC, hanno la responsabilità di individuare le aree e gli edifici di interesse storico - architettonico, tra cui quelli compresi negli elenchi del MiBAC, e definire gli interventi ammissibili sugli stessi, declinandoli secondo le canoniche categorie della Legge 457/1978: manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro scientifico, restauro e risanamento conservativo.

Allo stato attuale le amministrazioni comunali, già sovraccariche dalla redazione dei nuovi strumenti di pianificazione e gestione del territorio imposti dalla L.R. 20/2000, si trovano prive di competenze adeguate per approfondire la tematica energetica alla scala edilizia e redigere integrazioni normative e strumenti operativi che guidino il progettista in merito agli aspetti energetici dell'intervento sugli edifici storici.

In sintesi, proprio perché l'edilizia pre-industriale costituisce una realtà molto eterogenea in cui, al di là di metodologie d'intervento standardizzate, i problemi si risolvono attraverso un'approfondita analisi conoscitiva del caso concreto, la questione dell'efficienza energetica degli edifici, in ambito storico, andrebbe posta in un'ottica di miglioramento piuttosto che di adeguamento, come peraltro previsto dalla Direttiva 2002/91/CE⁹. Infatti, un adeguamento del patrimonio storico sarebbe conseguibile esclusivamente con una sostanziale trasformazione e sostituzione dei sistemi materico - tecnologici tradizionali, almeno stando ai requisiti minimi fino ad ora imposti dalla normativa. Diversamente, l'intervento di miglioramento dell'efficienza energetica risulta l'atteggiamento maggiormente condivisibile, sempre alla ricerca di una sintesi dialettica tra principi conservativi ed esigenze prestazionali¹⁰.

1.2. OBIETTIVI DELLA RICERCA.

La definizione dello stato dell'arte ed in particolare delle problematiche connesse con le attuali tendenze negli interventi di riqualificazione dell'edilizia pre-industriale di base, con particolare riferimento all'efficienza energetica, comporta la predisposizione di strumenti per un'adeguata conoscenza dell'ambito di indagine.

Il D.Lgs. 192/2005, definisce la prestazione energetica di un edificio, come la quantità annua di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, compresi la climatizzazione invernale ed estiva, la preparazione dell'acqua calda per usi igienico-sanitari, la ventilazione e l'illuminazione. Tale quantità è espressa da uno o più descrittori che tengono conto della coibentazione (caratteristiche tecniche e di installazione degli impianti, progettazione, posizione e orientamento in relazione agli aspetti climatici, esposizione al sole e all'influenza delle strutture adiacenti, esistenza di sistemi di trasformazione propria di energia e numerosi altri fattori, compreso il clima degli ambienti interni), e che determinano il fabbisogno energetico.

Lo stesso decreto, così come modificato dal D.Lgs. 311/2006, individua anche gli ambiti di intervento (art. 3) ed i relativi requisiti minimi (art. 4).

⁹ Direttiva 2002/91/CE, Art. 1.

¹⁰ Sulla nozione di miglioramento si vedano le riflessioni condotte dall'Arch. K. AMBROGIO nell'ambito della Tesi di Dottorato *Miglioramento dell'efficienza energetica in sistemi aggregati di edilizia pre-industriale di base, tra istanze conservative e prestazionali. DEFINIZIONE DEI FATTORI DETERMINANTI IL COMPORTAMENTO ENERGETICO E DELLE POTENZIALITÀ D'INTERVENTO NEL CENTRO URBANO DI FERRARA*, discussa all'Università degli Studi di Ferrara, nell'anno 2011.

In estrema sintesi, il concetto di miglioramento deve essere inteso allo stesso modo di come è stato strutturato nell'O.P.C.M. n. 3431 del 3 maggio 2005, dove, in merito agli interventi di prevenzione sismica, si sottolinea (ad integrazione dell'allegato 2 della precedente O.P.C.M. 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica") che per gli edifici tutelati è possibile "limitarsi ad interventi di miglioramento" piuttosto che di adeguamento sismico. In questo senso si veda in particolare: L. MORO (a cura di), *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale*, Gangemi Editore, Roma 2006.

Interventi su edifici esistenti e requisiti minimi

Gli interventi su edifici esistenti di superficie utile inferiore a 1000 metri quadrati, prevedono l'adeguamento ai requisiti minimi prestazionali di cui all'articolo 4 del decreto stesso, limitati al rispetto di specifici parametri, livelli prestazionali e prescrizioni. L'articolo 4 del D.Lgs. 192/2005 rimanda all'articolo 4 del DPR 59/2009 che al comma 4 precisa che, nei casi di ristrutturazione o manutenzione straordinaria, previsti dall'articolo 3, comma 2, lettera c), numero 1) del D.Lgs. 192/2005 (consistenti in opere che prevedono, a titolo esemplificativo e non esaustivo, rifacimento di pareti esterne, di intonaci esterni, del tetto o dell'impermeabilizzazione delle coperture), è prevista la verifica della trasmittanza a ponte termico corretto per le strutture opache verticali, per le strutture opache orizzontali o inclinate, per le chiusure apribili ed assimilabili quali porte, finestre e vetrine, anche se non apribili, comprensive degli infissi, considerate le parti trasparenti e/o opache che le compongono (si vedano le Tabelle 1, 2, 3). Il DPR 59/2009 modifica inoltre i requisiti minimi in relazione alla riduzione del fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva ed al contenimento delle temperature interne degli ambienti, puntando, ancora una volta, su elementi tecnici quali: schermature solari delle superfici trasparenti, inerzia termica degli involucri opachi e ventilazione naturale.

Nei casi previsti all'articolo 3, comma 2, lettera c), numero 1) del D.Lgs. 192/2005 - ristrutturazione edifici esistenti - i casi che ci interessano più da vicino, non è quindi richiesta la verifica del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale ed estiva e per la produzione di acqua calda sanitaria.

Questo spostamento d'interesse, tutto orientato verso le chiusure, prescinde da una lettura più generale dell'organismo architettonico e, ad una scala più ampia, dell'aggregato urbano, concentrando l'intervento - di adeguamento e non di miglioramento - esclusivamente sull'involucro, laddove, in alcune situazioni, sarebbe invece necessario operare con tutte le cautele del caso.

II - SCHEMA DELLE VERIFICHE (Art. 4, DPR 59/09)						
Incrociando la categoria d'intervento (colonne) con la tipologia dell'edificio (righe) si ottiene l'elenco completo delle prescrizioni da rispettare (vd. Tab. III a pag. 7)						
E1 (1)	A, B, E, F G, H, I, K, L M, N, O T, V, W	A, B, E, F	A, B, E, F	C, D, F	P, Q, J, K, L, M S, U, V	P, Q, R, U, V
E1 (2)		G, H, I, K, N	G, H, I, K	G, H, I, J, K		
E1 (3)		O, T, V, W	T, V, W	T, V, W		
E2	A, B, E, F, G, H I, K, N, O T, V, W	A, B, E, F, G, H	A, B, E, F, G, H	C, D, F, G, H	P, Q, J, K, L, M U, V	
E3		I, K, N, O	I, K	I, J, K		
E4		T, V, W	T, V, W	T, V, W		
E5		A, B, E, F, H, I, K	A, B, E, F, H	A, B, E, F		
E7	L, M, N, O T, V, W	I, K, N, O T, V, W	H, I, K T, V, W	I, J, K T, V, W	P, Q, K, L, M U, V	
E6	A, B, E, F, H, K L, M, N, O T, V, W	A, B, E, F, H, K, N O, T, V, W	A, B, E, F, H, K T, V, W	C, D, F, H, K T, V, W		
E8	A, B, H, K, L M, N, O, T, V, W	A, B, H, K N, O, T, V, W	A, B, H, K T, V, W	C, H, K T, V, W		

Tabella 1. Fonte ANIT.

C U limite (comma 4)	<p>Con riferimento alle tabelle del capitolo 5, verificare che:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Trasmissanza strutture opache verticali \leq valori Tab 2.1 – Trasmissanza strutture opache orizzontali \leq valori Tab 3.1 o .2 (escl. E8) – Trasmissanza chiusure trasparenti \leq valori Tab 4.1 (escl. E8) – Trasmissanza vetri \leq valori Tab 4.2 (escl. E8) <p>I valori di U devono essere rispettati a ponte termico corretto, o dalla trasmittanza termica media della "parete corrente piú ponte termico". Nel caso di pareti opache verticali esterne in cui fossero previste aree limitate oggetto di riduzione di spessore, sottofinestre e altri componenti, il limite è rispettato con riferimento alla superficie totale di calcolo. Nel caso di strutture orizzontali sul suolo i valori di U da confrontare col limite sono calcolati con riferimento al sistema struttura-terreno Restano esclusi gli ingressi pedonali automatizzati, da considerare solo ai fini dei ricambi d'aria.</p>
D divisori (comma 16)	<p>Solo nel caso di ristrutturazioni totali da realizzarsi in zona climatica C, D, E ed F, verificare che: $U_{\text{divisorio}} \leq 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$</p> <ul style="list-style-type: none"> – per tutti i divisori (verticali e orizzontali) di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti; – per tutte le strutture opache che delimitano verso l'ambiente esterno gli ambienti non dotati di impianto di riscaldamento.
F condensa (comma 17)	<p>Verificare l'assenza di condensazioni superficiali e che le condensazioni interstiziali delle pareti opache siano limitate alla quantità rievaporabile secondo la normativa vigente (UNI EN 13788). Qualora non esista un sistema di controllo della umidità relativa interna, per i calcoli necessari si assumono i valori: $UR=65\%$ e $T_{\text{interna}}=20^\circ\text{C}$</p>
G inerzia involucro opaco (comma 18)	<p>Verificare che (ad esclusione della zona F) per le località in cui il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione $I_{m,s} \geq 290 \text{ W/m}^2$:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>Per le pareti opache verticali ad eccezione di quelle nel quadrante Nord-ovest/Nord/Nord-Est:</p> <ul style="list-style-type: none"> – la massa superficiale M_s (calcolata secondo la definizione dell'All.A del Dlgs 192/05 come massa superficiale della parete opaca compresa la malta dei giunti ed esclusi gli intonaci) sia superiore di 230 kg/m^2 – o in alternativa che il valore del modulo della trasmittanza termica periodica (Y_{jE}) sia inferiore a $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ </div> <p>Per tutte le pareti opache orizzontali ed inclinate:</p> <ul style="list-style-type: none"> - che il valore del modulo della trasmittanza termica periodica (Y_{jE}) sia inferiore a $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$

MODIFICATO

Tabella 2. Fonte ANIT.

TABELLA 1.3 EP, limite dal 1 gennaio 2010 (valori in kWh/m ² anno)										
	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	< 600 GG	601 GG	900 GG	901 GG	1400 GG	1401 GG	2100 GG	2101 GG	3000 GG	>3000 GG
≤ 0.2	8.5	8.5	12.8	12.8	21.3	21.3	34	34	46.8	46.8
≥ 0.9	36	36	48	48	68	68	88	88	116	116

Tabella 3. Fonte ANIT.

Anche l'“Atto di indirizzo” approvato con Delibera n. 156 del 4 marzo 2008 dall'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna e aggiornato al DPR 59/2009 con le Delibere della Giunta Regionale n. 1362/2010 e n. 1366/2011, recepisce, nella sostanza, le modifiche del D.Lgs. 311/2006 e all'articolo 3 individua gli ambiti di intervento ed i relativi requisiti minimi, rimandando per le specifiche all'allegato 2 del medesimo provvedimento (si veda la Tabella 5).

Trasmittanza termica delle strutture opache verticali

TABELLA 2.1 Strutture opache verticali (U limite in W/m²K)			
Zona climatica	Dal 1 gennaio 2006	Dal 1 gennaio 2008	Dal 1 gennaio 2010
A	0.85	0.72	0.62
B	0.64	0.54	0.48
C	0.57	0.46	0.40
D	0.50	0.40	0.36
E	0.46	0.37	0.34
F	0.44	0.35	0.33

Trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali o inclinate

TABELLA 3.1 Coperture (U limite in W/m²K)			
Zona climatica	Dal 1 gennaio 2006	Dal 1 gennaio 2008	Dal 1 gennaio 2010
A	0.80	0.42	0.38
B	0.60	0.42	0.38
C	0.55	0.42	0.38
D	0.46	0.35	0.32
E	0.43	0.32	0.30
F	0.41	0.31	0.29

TABELLA 3.2 Pavimenti verso locali non riscaldati o esterno (U limite in W/m²K)			
Zona climatica	Dal 1 gennaio 2006	Dal 1 gennaio 2008	Dal 1 gennaio 2010
A	0.80	0.74	0.65
B	0.60	0.55	0.49
C	0.55	0.49	0.42
D	0.46	0.41	0.36
E	0.43	0.38	0.33
F	0.41	0.36	0.32

Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti

TABELLA 4.a Chiusure trasparenti (U limite in W/m²K)			
Zona climatica	Dal 1 gennaio 2006	Dal 1 gennaio 2008	Dal 1 gennaio 2010
A	5.5	5.0	4.6
B	4.0	3.6	3.0
C	3.3	3.0	2.6
D	3.1	2.8	2.4
E	2.8	2.4	2.2
F	2.4	2.2	2.0

TABELLA 4.b Vetri (U limite in W/m²K)			
Zona climatica	Dal 1 gennaio 2006	Dal 1 luglio 2008	Dal 1 gennaio 2011
A	5.0	4.5	3.7
B	4.0	3.4	2.7
C	3.0	2.3	2.1
D	2.6	2.1	1.9
E	2.4	1.9	1.7
F	2.3	1.7	1.3

Tabella 4. Fonte ANIT.

I parametri di riferimento per la verifica della trasmittanza a ponte termico corretto nei casi di ristrutturazione edilizia o di manutenzione straordinaria previsti al punto 3.1, lettera c) dello stesso provvedimento, indicati in Tabella 5 (strutture opache verticali Tab. C.1, strutture opache orizzontali o inclinate Tab. C.2/C.3, chiusure trasparenti ed assimilabili Tab. D.1/D.2), appaiono decisamente inappropriati al parco edilizio pre-industriale, ma perfettamente coincidenti con i parametri previsti dal DPR 59/2009 (si veda la Tabella 4).

È necessario osservare che, nonostante l'indice di prestazione energetica (EP) - indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale (EP_{i,INV}), per il raffrescamento

Il valore limite della trasmittanza termica delle chiusure opache (U) espressa in W/m^2K , riferito alle varie tipologie di strutture ed alla zona climatica, è nel seguito indicato:

Zona Climatica	U (W/m^2K)
D	0,36
E	0,34
F	0,33

Tab. C.1 Valore limite della trasmittanza termica delle chiusure opache verticali (pareti perimetrali verticali) tra spazi climatizzati ed ambiente esterno.

Zona Climatica	U (W/m^2K)
D	0,32
E	0,30
F	0,29

Tab. C.2 Valore limite della trasmittanza termica delle chiusure opache orizzontali o inclinate superiori di copertura.

Zona Climatica	U (W/m^2K)
D	0,36
E	0,33
F	0,32

Tab. C.3 Valore limite della trasmittanza termica delle chiusure opache orizzontali inferiori (solai a terra) e su spazi esterni (solai su spazi aperti) nonché delle partizioni interne orizzontali (solai) tra spazi climatizzati e spazi non climatizzati.

Zona Climatica	U (W/m^2K)
D	2,4
E	2,2
F	2,0

Tab. D.1 Valore limite della Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti (finestre, porte-finestre luci fisse) verticali, orizzontali o inclinate, comprensive degli infissi.

Zona Climatica	U (W/m^2K)
D	1,9
E	1,7
F	1,3

Tab. D.2 Valore limite della trasmittanza termica della sola componente vetrata dei serramenti esterni (finestre, porte-finestre luci fisse) verticali, orizzontali o inclinati.

Tabella 5. Fonte **ERMES**.

estivo ($EP_{e,INV}$) e per la produzione di acqua calda sanitaria (EP_{ACS}) - dipenda essenzialmente dalle caratteristiche dell'involucro edilizio e dal rendimento medio globale dell'impianto termico, viceversa, il rispetto dei limiti di legge delle trasmittanze e del rendimento dell'impianto non garantiscono, di per sé, il soddisfacimento dei requisiti minimi in termini di indice di prestazione energetica (EP), previsto solo nel caso di nuova costruzione e di ristrutturazione di edifici esistenti di superficie utile superiore a 1000 metri quadrati (D.Lgs. 192/2005, articolo 3, comma 2, lettere a) e b))¹¹.

¹¹ K. FABBRI, *Prestazione energetica degli edifici. I metodi di calcolo secondo le norme UNI/TS 11300, DEI*, Roma 2009, p. 21.

*Interventi su edifici esistenti
e fabbisogno di energia*

D'altra parte, l'indice di prestazione energetica, consente una valutazione disgiunta dei diversi apporti, non ultimo il rendimento degli impianti, sui quali, nel caso dell'edilizia pre-industriale di base, è sicuramente più agevole un intervento anche piuttosto spinto. La metodologia di calcolo dell'indice di prestazione energetica consente, inoltre, di valutare separatamente gli apporti dei singoli interventi volti a favorire il risparmio energetico, dalla diminuzione del valore della trasmittanza all'aumento dell'inerzia termica delle chiusure opache, dal miglioramento dell'efficienza energetica degli impianti con l'uso di sistemi a bassa temperatura o di regolazione della portata, all'uso di fonti energetiche rinnovabili.¹²

Come si è visto, però, il D.Lgs.192/2005, così come il DPR 59/2009, mantiene gli ambiti di intervento su binari separati: ristrutturazione o manutenzione straordinaria, da una parte, nuova installazione e ristrutturazione di impianti termici o sostituzione di generatori di calore, dall'altra, individuando specifici requisiti minimi per ciascuna categoria di intervento, senza prevedere priorità che antepongano, ad esempio, almeno per il costruito storico, gli interventi sugli impianti agli interventi sulle chiusure.

L'indicatore di performance energetica previsto dal D.Lgs. 192/2005 - cogente solo in caso di nuova costruzione e di ristrutturazione di edifici esistenti di superficie utile superiore a 1000 metri quadrati - è l'indice di prestazione energetica (EP) espresso in kWh/m²-anno (o in kWh/m³-anno). Esso esprime il fabbisogno di energia primaria annuo (kWh/anno) per m² di superficie utile netta (o per m³ di volume utile netto). L'indice tiene conto di tutti i fabbisogni energetici necessari per soddisfare le esigenze dell'edificio. Per ciascun uso energetico (per la climatizzazione invernale ed estiva e per la produzione di acqua calda sanitaria), è possibile calcolare il fabbisogno di energia termica utile. Il fabbisogno di energia termica utile, calcolato in funzione di dati in ingresso relativi all'edificio (dati geometrici, dati termofisici) e relativi alle condizioni climatiche (dati climatici), esprime la quantità di energia di cui l'edificio ha bisogno per garantire le condizioni di comfort fissate da precisi set-point interni. Questo dato costituisce a sua volta il dato in ingresso per il calcolo dell'energia erogata dal sistema impiantistico per il riscaldamento e per il raffrescamento e, successivamente, del fabbisogno di energia primaria, quindi dell'indice EP_{tot}.¹³ Questo valore, al contrario della trasmittanza di ciascuna chiusura esterna, consente di valutare sia separatamente sia in maniera integrata, gli apporti di tutti i singoli interventi volti a favorire un maggiore risparmio energetico.

Prima ancora di riconsiderare l'intero approccio all'intervento, è indispensabile conoscere lo stato di fatto in termini di fabbisogno dell'edilizia pre-industriale di base.

¹² *Ibidem*.

¹³ *Ivi*, p. 73.

Obiettivo 1: Con l'obiettivo di formalizzare al meglio l'esigenza di miglioramento della prestazione energetica nell'ambito dell'edilizia pre-industriale di base, il mio percorso di ricerca, che segue un precedente percorso di carattere qualitativo già discusso nell'ambito della Tesi di Dottorato dell'Arch. Keoma Ambrogio¹⁴, ha come principale obiettivo la definizione di metodi di valutazione del fabbisogno di energia termica utile (riscaldamento, raffrescamento e produzione di ACS) e la relativa verifica nell'ambito di alcuni Sistemi Aggregati di Edilizia Pre-industriale di Base criticamente selezionati all'interno del centro urbano di Ferrara (SAEPreB).

Costituiscono obiettivi secondari:

Obiettivo 2: elaborazione di una banca dati relazionale, su piattaforma GIS, capace di integrare diversi tipi di dato e di consentire diversi tipi di analisi;

Obiettivo 3: valutazione dell'influenza dell'orientamento, delle modalità aggregative, della tipologia e di specifici caratteri costruttivi sul fabbisogno di energia termica utile in riferimento ai SAEPreB individuati;

Obiettivo 4: valutazione delle possibilità di riduzione del fabbisogno di energia primaria, quindi dell'indice di prestazione energetica EP_i, a seguito di alcune categorie di intervento concentrate principalmente su chiusure e impianti.

1.3. AMBITO DI INDAGINE.

L'attenzione verso forme aggregate dell'edilizia storica, da matrici elementari a derivazioni complesse, è da tempo al centro degli interessi della disciplina del restauro che, ormai con larga condivisione, ne ha riconosciuto l'assoluto e prioritario valore. In passato è stato sottolineato come in realtà ci si trovi di fronte a prodotti dell'operosità umana che, escludendo alcuni rari casi, non hanno intenzionalità artistiche ma tendono a realizzare un'arte di vivere, un'arte di fabbricare, e che, proprio nel perseguire questo fine, danno vita a forme ed a valori estetici¹⁵.

Nella sua costruzione e nella sua incessante modificazione la città conserva, come sostrato, i caratteri originari, precisandoli, confermandoli o negandoli. Nell'evolversi delle trasformazioni incidono soprattutto le variazioni progressive degli edifici già esistenti e gli adattamenti capillari di quanto già realizzato, al fine di predisporlo alla mutazione

¹⁴ K. AMBROGIO, *op. cit.*

¹⁵ Cfr. G. MIARELLI MARIANI, *Centri storici. Note sul tema*, Bonsignori Editore, Roma 1992, p. 13.

Alcune riflessioni del Prof. Gaetano Miarelli Mariani sono state più volte riprese dal gruppo coordinato dal Prof. Riccardo Dalla Negra e sono tuttora oggetto di continua speculazione.

Si veda in questo senso R. DALLA NEGRA, R. FABBRI, M. STEFANI, K. AMBROGIO, A. CONFORTI, M. ZUPPIROLI, *Le ricerche sulla città di Ferrara finalizzate alla sua conservazione: prime ipotesi attorno alla nascita e all'evoluzione del Castrum Ferrariae*, in R. DALLA NEGRA ET ALII (a cura di), *Competenze e strumenti per il patrimonio culturale. Il caso del territorio ferrarese*, Corbo Editore, Ferrara 2010, pp. 23 - 49. Di prossima pubblicazione R. DALLA NEGRA, M. ZUPPIROLI, C. COCCHI, L. GAZZOTTI, C. NARDELLI, M. TASSOTTI, *Lettura del tessuto urbano e sviluppo morfologico della città. Il caso dell'isola di S. Antonio a Ferrara*, in E. MANZO ET ALII (a cura di), *"La città che si rinnova" gli sviluppi storici e l'esperienza attuale*, Atti del Convegno di Studi (Napoli, 6 - 7 ottobre 2011).

processuale dei bisogni. Ne consegue che i loro esiti non reclamano necessariamente di essere considerati opere d'arte, bensì di essere tutelati per il loro valore testimoniale e, ancor più, per essere parte di una struttura costituita a sua volta da un insieme di relazioni¹⁶. Questa complessa trama di rapporti non può essere modificata con arbitrarie sostituzioni, sottrazioni o aggiunte, senza correre il rischio di uccidere l'organismo, urbano o territoriale, che proprio da queste relazioni trae vita. Le difficoltà risiedono dunque nell'identificare tale struttura, riconoscerne i valori ed indicare i metodi d'intervento che tali valori comportano. Anche il conseguimento di obiettivi di efficienza energetica, nel momento in cui ci si rapporta all'edilizia storica di base, dovrà confrontarsi con il limite fisiologico di trasformazione che la tutela di questi valori pone in essere. Diversamente, l'assenza di una struttura organica e lo scarso valore testimoniale che caratterizzano l'edilizia di base più recente consentono interventi e trasformazioni sicuramente più impattanti, volti al conseguimento degli obiettivi di adeguamento previsti dalla normativa.

Ovviamente la distinzione tra edilizia storica di base ed edilizia di base più recente non può avere come riferimento un preciso discrimine cronologico, ma deve essere individuata tenendo presente le grandi discontinuità di prodotti e di intenzioni¹⁷ che hanno caratterizzato la maggior parte degli interventi a partire dal primo dopoguerra, ed in particolare nel secondo dopoguerra, e che contribuiscono ancora oggi ad evidenziare l'esplicitarsi della crisi¹⁸. Crisi che si sostanzia nel progressivo allontanamento tra i diversi attori del processo edilizio e di conseguenza nell'incapacità da parte degli stessi di riconoscersi in una volontà unitaria. Incapacità che riflette e si riflette in un processo edilizio sempre più complesso, in un cantiere molto diverso dal cantiere tradizionale, laddove l'architetto, che progettava e spesso costruiva l'opera con le proprie mani, era strettamente legato all'utente finale e, nel caso dell'edilizia di base, spesso coincideva con esso¹⁹. Quando uno si fa la casa con le sue mani, la fa come si fa una casa in quel particolare momento nella sua area culturale, comprendendo immediatamente e sinteticamente quel che più conviene a formare un prodotto edilizio, agendo quindi in piena coscienza spontanea²⁰.

È possibile allora definire pre-industriale il processo edilizio che porta alla realizzazione dell'edilizia spontanea di base, e possiamo qualificare come tecnologie e materiali pre-industriali tutti i prodotti che entrano all'interno di questo processo. Quando, invece, la

¹⁶ *Ibidem*.

¹⁷ Cfr. G. CANIGGIA, G. L. MAFFEI, *Lettura dell'edilizia di base*, Marsilio Editori, Venezia 1979, p. 19.

¹⁸ La nozione di crisi introdotta da Saverio Muratori a partire dalla fine degli anni '50 e tratteggiata nell'opera *Architettura e civiltà in crisi* (1963), va intesa come lunga, profonda e drammatica trasformazione.

¹⁹ N. SINOPOLI, *La tecnologia invisibile. Il processo di produzione dell'architettura e le sue regie*, Franco Angeli, Milano 1997, p. 17.

²⁰ Cfr. G. CANIGGIA, G. L. MAFFEI, *Lettura... op. cit.*, p. 41.

complessità del processo allontana a tal punto gli attori da renderli incapaci di riconoscersi in un orizzonte organico di obiettivi, siamo in piena coscienza critica. È possibile definire industriali le tipologie di processo più o meno convenzionali, come le tecnologie ed i materiali propri di questa fase²¹.

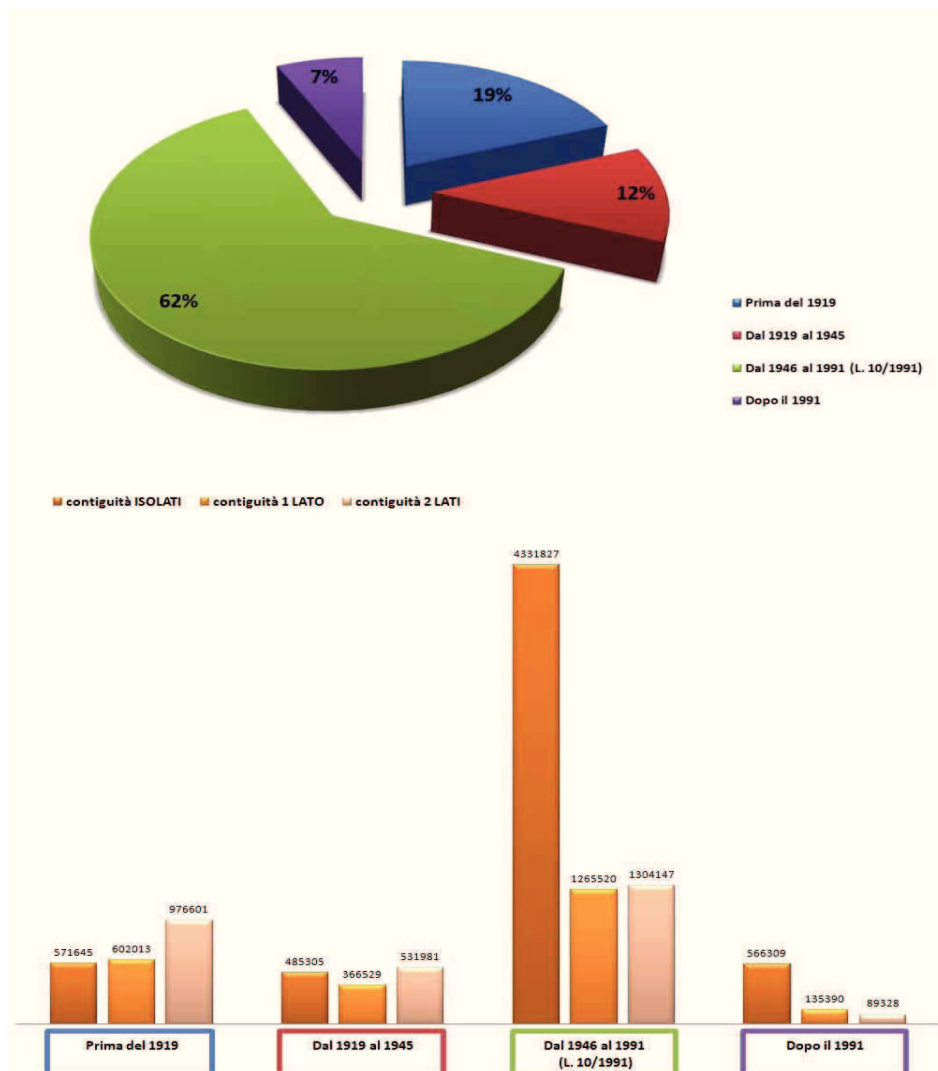


Grafico 1. Distribuzione per macroperiodi del parco edilizio italiano. Rielaborazione dei Dati del Censimento Nazionale ISTAT 2001.

Se l'intenzionalità dell'azione critica contemporanea sarà deliberatamente applicata al riconoscimento prima ed alla riproposizione poi della logica strutturale sulla quale si interviene²², si avrà la possibilità di innescare un'efficace dialettica tra il processo formativo riletto ed il processo formativo realmente attuato, senza oltrepassare il limite fisiologico di trasformazione che la tutela dei valori dell'edilizia storica di base oggi impone.

²¹ N. SINOPOLI, *La tecnologia invisibile... op. cit.*, p. 17.

²² Cfr. G. CANIGGIA, G. L. MAFFEI, *Il progetto nell'edilizia di base*, Marsilio Editori, Venezia 1984, p. 48.

1.4. RISULTATI ATTESI.

Il principale risultato è costituito dalla definizione e dalla successiva verifica di un “metodo speditivo” per la valutazione del fabbisogno di energia termica utile (riscaldamento, raffrescamento e produzione di ACS) nell’ambito di Sistemi Aggregati di Edilizia Pre-industriale di Base.

Sono inoltre definiti due modelli per valutazioni *top-down* e *bottom-up* riferibili alla scala dell’organismo urbano, elaborati rispettivamente sulla base della banca dati fornita dall’operatore di distribuzione del gas metano (HERA Ferrara) e della banca dati costituita dalle certificazioni energetiche depositate in Regione (SACE Emilia Romagna). Altro prodotto è rappresentato dall’elaborazione di un database relazionale su piattaforma GIS, capace di integrare diversi tipi di dato e di consentire differenti tipologie di analisi, utilizzabile anche in ambiti territoriali diversi da quello su cui è stata condotta la ricerca. Sarà possibile integrare all’interno del database tutte le informazioni maggiormente significative per la qualificazione del comportamento energetico dei SAEpreB.

La valutazione di alcuni scenari e l’individuazione di alcune priorità tra le diverse categorie di intervento, che tengano conto sia degli aspetti conservativi, sia degli aspetti energetici sia, infine, degli aspetti economici, rappresenta un ulteriore esito spendibile in termini di programmazione e verifica di possibili politiche energetiche alla scala urbana e/o territoriale.

Questo risultato potrà, nel prosieguo della ricerca, consentire futuri sviluppi tra cui:

- l’integrazione e la revisione dell’“Atto di indirizzo e coordinamento sui requisiti di rendimento energetico e sulle procedure di certificazione energetica degli edifici”, approvato dall’Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna, con linee guida per il miglioramento dell’efficienza energetica nell’edilizia pre-industriale di base.
- l’integrazione delle redigende linee guida promosse dal MiBAC per l’uso efficiente dell’energia nel patrimonio culturale, linee di indirizzo volte a fornire indicazioni sia ai progettisti sia alle soprintendenze. Sarebbe utile affiancare allo strumento per la valutazione della prestazione energetica dell’edificio storico (stato di fatto e stato di progetto a seguito di eventuali interventi di riqualificazione energetica), pensato esclusivamente per gli edifici vincolati, una sezione legata ai SAEPreB, quasi sempre esclusi dai termini della tutela.

1.5. DESTINATARI.

Come dimostra l’ampia letteratura scientifica in merito (si veda il capitolo 3), l’elaborazione di metodi di valutazione speditiva del fabbisogno energetico di ampi

parchi edilizi, storici o meno, incontra sia l'interesse del settore pubblico che del settore privato.

Le amministrazioni locali (in prevalenza regioni e comuni), a vario titolo, costituiscono i primi beneficiari di modelli di valutazione rapidi, veloci, sufficientemente approssimativi e, soprattutto, poco onerosi in termini di tempo e di costo. La programmazione di efficaci politiche energetiche, a livello regionale, e l'organizzazione di interventi mirati nell'ambito della pianificazione strutturale, a livello comunale, non possono che partire dalla conoscenza dello stato di fatto.

La acquisizione dello stato di fatto, in termini di prestazione energetica, richiama ovviamente anche il settore privato. Se è vero che il mercato immobiliare ha ormai fatto proprio il sistema delle certificazioni, è anche vero che i grandi investitori, interessati all'attivazione di processi di riqualificazione nell'ambito d'importanti parchi urbani, possono essere attratti da strumenti per valutazioni di massima del fabbisogno energetico.

Inoltre, le imprese legate alla distribuzione di energia (multiutilities), coinvolte nell'acquisizione delle informazioni, possono trarre ovvi benefici dalla caratterizzazione e dalla gestione all'interno della stessa piattaforma GIS di dati loro non disponibili.

Il mercato industriale infine può trarre vantaggio per indirizzare le proprie campagne pubblicitarie.

Tra i destinatari è necessario annoverare le istituzioni pubbliche dedite alla ricerca e soprattutto alla tutela dei beni architettonici.



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



1.6. BREVE INQUADRAMENTO TERMINOLOGICO.

ATTESTATO DI CERTIFICAZIONE ENERGETICA

Documento rilasciato da un soggetto accreditato, comprendente i dati relativi all'efficienza energetica propri dell'edificio e degli impianti, i valori vigenti a norma di legge e i valori di riferimento o classi prestazionali che consentono ai cittadini di valutare e confrontare la prestazione energetica dell'edificio. L'attestato è corredato da suggerimenti in merito agli interventi più significativi ed economicamente convenienti per il miglioramento della predetta prestazione.

[DGR 1362/2010, all. 1, ma si veda anche il D.Lgs. 192/2005 e ss. mm. ii.]

CLASSE ENERGETICA / CLASSE DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Intervallo convenzionale, delimitato da soglie di riferimento, volto a rappresentare sinteticamente la prestazione energetica di un edificio sulla base di predefiniti indicatori di prestazione energetica.

Le classi energetiche possono essere differenti a seconda della prestazione che attestano: climatizzazione invernale, climatizzazione estiva, produzione di acqua calda sanitaria, ventilazione, illuminazione e produzione di energia da fonte rinnovabile. Può essere utilizzato un indicatore della valutazione complessiva delle prestazioni.

La classe energetica è contrassegnata da lettere che vanno dalla G alla A per efficienza energetica crescente. Possono coesistere maggiori specificazioni per esempio con il ricorso alle classi A+ e A++.

[DGR 1362/2010, all. 1]

COMPORTEMENTO ENERGETICO

Termine utilizzato per indicare, nel loro complesso, gli scambi energetici, positivi e negativi, che interessano l'edificio. Le variabili che influenzano maggiormente gli apporti e le dispersioni di un edificio sono il clima, i materiali che costituiscono l'involucro, il loro stato di conservazione, la presenza di persone, ecc..

[Definizione condivisa con l'Arch. Keoma Ambrogio (Tesi di Dottorato)]

DIAGNOSI ENERGETICA

Procedura sistematica volta a fornire un'adeguata conoscenza del consumo energetico riferita al singolo edificio, ad un gruppo di edifici o ad un'attività pubblica o privata, finalizzata ad individuare ed a quantificare le opportunità di risparmio sotto il profilo costi / benefici.

[DGR 1362/2010, all.1, anche in D.Lgs. 115/2008]

EDIFICIO

Sistema costituito dalle strutture edilizie esterne (chiusure verticali, orizzontali e inclinate) che delimitano un preciso volume, dalle strutture interne (partizioni verticali, orizzontali e inclinate) che ripartiscono detto volume e da tutti gli impianti e dispositivi

tecnologici che si trovano stabilmente al suo interno. La superficie esterna che delimita un edificio, può confinare con tutti o alcuni dei seguenti elementi: l'ambiente esterno, il terreno, altri edifici. Il termine può riferirsi ad un intero edificio ovvero a parti di esso progettate per essere utilizzate come unità immobiliari a sé stanti.

[UNI/TS 11300]

EDILIZIA PRE-INDUSTRIALE

L'edificio pre-industriale è il prodotto di un processo edilizio che si caratterizza per l'interazione di fasi, operazioni ed operatori frutto di una prassi non codificata, raramente pianificata, antecedente all'industrializzazione dei componenti e dell'organizzazione del processo edilizio contemporaneo (o meglio, industrializzato).

[Definizione condivisa con l'Arch. Keoma Ambrogio (Tesi di Dottorato)]

EDILIZIA DI BASE

L'edilizia di base è destinata alla residenza, di uno o più nuclei familiari, ed è condizionata da tipi di base sviluppati in un lento processo tipologico durante il quale si consolidano modelli spaziali e tecniche costruttive che diventano costitutivi della coscienza spontanea di un dato ambito territoriale. Carattere principale dell'edilizia di base è la scarsa incidenza di personalizzazione del prodotto per via della sostanziale correlazione tra esistenza e casa.

[Definizione condivisa con l'Arch. Keoma Ambrogio (Tesi di Dottorato)]

EFFICIENZA ENERGETICA

Rapporto tra prestazione fornita in termini di rendimento, servizi, merci o energia, e quantità di energia immessa.

[D.Lgs 115/2008, art. 2, comma 1, lettera b)].

FABBISOGNO (NETTO) DI ENERGIA TERMICA (UTILE)

Quantità di calore che deve essere fornita o sottratta ad un ambiente climatizzato per mantenere condizioni di temperatura desiderate (set-point) durante un dato periodo di tempo.

[UNI/TS 11300]

FABBISOGNO (NETTO) IDEALE DI ENERGIA TERMICA (UTILE)

Fabbisogno di energia termica riferito a condizioni di temperatura dell'aria considerata uniforme in tutto l'ambiente climatizzato.

[UNI/TS 11300]

MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

Incremento dell'efficienza nell'uso finale dell'energia, risultante da cambiamenti tecnologici, comportamentali o economici.

[Dlgs 115/2008 art. 2]

Adozione di soluzioni gestionali, funzionali e tecniche (architettoniche e impiantistiche) elaborate sulla base della conoscenza diretta della fabbrica e volte ad incrementare

(quanto più possibile) il valore dell'efficienza energetica di un edificio, nel rispetto del valore storico, culturale ed artistico del bene.

[Definizione condivisa con l'Arch. Keoma Ambrogio (Tesi di Dottorato)]

PRESTAZIONE ENERGETICA DI UN EDIFICIO

Quantità annua di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, compresi la climatizzazione invernale ed estiva, la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, la ventilazione e l'illuminazione. Tale quantità viene espressa da uno o più descrittori che tengono conto della coibentazione, delle caratteristiche tecniche e di installazione, della progettazione e della posizione in relazione agli aspetti climatici, dell'esposizione al sole e dell'influenza delle strutture adiacenti, dell'esistenza di sistemi di trasformazione propria di energia e degli altri fattori, compreso il clima degli ambienti interni, che influenzano il fabbisogno energetico.

[DGR 1362/2010, all. 1]

ORGANISMO EDILIZIO

Insieme strutturato di elementi spaziali e di elementi tecnici, interni ed esterni, pertinenti all'edificio, caratterizzati dalle loro funzioni e dalle loro reciproche relazioni.

[UNI 10838:1999, p.to 2.11]

RISPARMIO ENERGETICO

Alla generica definizione di risparmio energetico sono ascrivibili numerose tecniche adatte a ridurre i consumi di energia per lo svolgimento delle varie attività umane. Il risparmio può essere ottenuto sia modificando i processi in modo che ci siano meno sprechi (efficacia), sia utilizzando tecnologie in grado di trasformare l'energia da una forma all'altra con meno dispersioni possibili (efficienza), sia, infine, ricorrendo all'auto-produzione.

[Definizione tratta da Wikipedia e condivisa con l'Arch. Keoma Ambrogio (Tesi di Dottorato)]

UNITÀ IMMOBILIARE URBANA

Fabbricato o porzione di esso che, nello stato in cui si trova, presenta, secondo le norme catastali, autonomia funzionale e potenzialità reddituale. Sono considerate unità immobiliari anche le costruzioni ovvero porzione di esse, ancorate o fisse al suolo, di qualunque materiale costituite, nonché gli edifici sospesi o galleggianti, stabilmente assicurati al suolo, purché risultino verificate le condizioni funzionali e reddituali. Al pari sono considerate unità immobiliari i manufatti prefabbricati ancorché semplicemente appoggiati al suolo, quando siano stabili nel tempo e presentino autonomia funzionale e reddituale.

[Agenzia delle Entrate]

1.7. WORK PACKAGES.

L'organizzazione cronologica della ricerca non coincide con la scansione dei capitoli del presente volume. Per chiarezza sono di seguito indicati i tredici pacchetti di lavoro, finalizzati al raggiungimento degli obiettivi e dei risultati attesi sopra descritti, con le corrispondenze dei relativi capitoli ove l'argomento è stato trattato.

WP. 1	(Capitolo 2.x):	Definizione del quadro normativo;
WP. 2	(Capitolo 3.x):	Definizione dello stato dell'arte (modelli di valutazione per grandi e medi parchi edilizi);
WP. 3	(Capitolo 6.2):	Definizione dei dati in ingresso alle diverse scale (geometrici, termofisici, climatici, consumo reale, ACE);
WP. 4 (OB. 2)	(Capitolo 6.4):	Predisposizione del database relazionale su piattaforma GIS;
WP. 5	(Capitolo 6.5):	Raccolta dei dati in ingresso (geometrici, termofisici, climatici, consumo reale, ACE);
WP. 6 (OB. 1)	(Capitolo 6.2):	Definizione di un modello input - output utilizzabile anche in altre realtà urbane;
WP. 7	(Capitolo 6.3):	Valutazione quantitativa del fabbisogno di energia termica utile e del fabbisogno di energia primaria alle diverse scale (unità immobiliare, edificio e aggregato);
WP. 8 (LIM. 1)	(Capitolo 6.5):	Valutazione dell'incertezza del modello;
WP. 9 (OB. 3)	(Capitolo 6.6):	Valutazione qualitativa dell'incidenza di: modalità aggregativa, orientamento prevalente, tipologia...;
WP. 10 (OB. 3)	(Capitolo 6.6):	Valutazione quantitativa di indici caratteristici della geometria nei SAEPreB individuati (S/V, % finestre...);
WP. 11 (OB. 4)	(Capitolo 7.x):	Simulazioni di interventi migliorativi su quota percentuale degli edifici nei SAEPreB individuati;
WP. 12 (OB. 5)	(Capitolo 4.2):	Calcolo del fabbisogno di energia primaria con metodo top-down sulla base dei dati HERA;
WP. 13 (OB. 6)	(Capitolo 4.3):	Valutazione degli ACE come strumento per la programmazione e la verifica di politiche energetiche.

CAPITOLO 2.

QUADRO NORMATIVO E ASPETTI LEGATI AI PROTOCOLLI PER LA CERTIFICAZIONE VOLONTARIA.

2.1. NORMATIVA EUROPEA: DALLA DIRETTIVA EUROPEA 2002/91/CE ALLA 2010/31/EU.

La Direttiva 2002/91/CE “Sul rendimento energetico dell’edilizia” è emanata dal Parlamento europeo e dal Consiglio europeo il 16 dicembre 2002 e successivamente pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell’Unione Europea il 4 gennaio 2003.

La necessità di provvedimenti per il contenimento dei consumi di energia primaria, in particolare dei consumi legati all’ambito edilizio e l’esigenza di un allineamento in termini di certificazioni, metodologie di calcolo ed ambiti di applicazione porta ad un’accelerazione nella redazione della Direttiva.

La pubblicazione di tale Direttiva, imposta anche dall’avvicinarsi della scadenza del protocollo di Kyoto, per il quale il ritardo appare già difficilmente colmabile al 2002, va ad interessare in particolare il settore edilizio (residenziale e terziario) che, insieme, rappresenta il 40% del consumo finale di energia della Comunità Europea. In tal senso, la Direttiva mira ad obbligare i singoli Stati al recepimento della stessa con propri provvedimenti nazionali entro l’inizio del 2006, fornendo ad essi un quadro normativo di riferimento.

La Direttiva 2002/91/CE costituisce quindi il testo di riferimento per lo sviluppo e l’aggiornamento delle singole normative nazionali, nella fattispecie per l’Italia il D.Lgs. 192/2005. Un’attenta lettura delle considerazioni iniziali, che dovrebbe costituire la parte più importante per il legislatore nazionale, consente di individuare alcuni aspetti chiave ancora da sviluppare nell’ambito del dibattito nel nostro paese.

L'approvazione della nuova Direttiva 2010/31/EU “Sulla prestazione energetica nell'edilizia”, avvenuta il 19 maggio del 2010, in sostituzione di quella finora vigente, consente, da una parte, di evidenziare l'evoluzione del pensiero del Consiglio europeo in questi anni di traduzione e verifica dell'applicabilità della precedente Direttiva all'interno del quadro normativo dei singoli stati membri e, dall'altra, di valutare le possibili prospettive di modifica della normativa nazionale o regionale nel breve / medio periodo.

Il rinnovamento del testo europeo nasce dalla presa di coscienza di un ulteriore ritardo nel rispetto degli obiettivi fissati dal protocollo di Kyoto, per i quali si dovrebbe raggiungere una riduzione dei consumi energetici del 20% entro il 2020.²³

Per l'analisi comparata delle due Direttive e dei risvolti che la loro applicazione in ambito nazionale ha avuto e potrà avere nell'immediato futuro e per le considerazioni espresse in merito al concetto di miglioramento della prestazione energetica, soprattutto in relazione all'edilizia pre-industriale, si rimanda alle interessanti considerazioni proposte dall'Arch. Keoma Ambrogio nella sua Tesi di Dottorato.

Si intende invece approfondire in questa sede gli aspetti legati alle metodologie di valutazione della prestazione energetica proposte in ambito europeo.

*Direttiva 2010/31/EU
e metodologie di
valutazione*

Innanzitutto le Direttive europee sottopongono l'applicazione dei requisiti minimi di prestazione energetica alla definizione di metodologie di calcolo del fabbisogno energetico. Significativa l'attenzione alla “regionalità” della metodologia stessa che però deve considerare, “oltre alla coibentazione una serie di altri fattori che svolgono un ruolo di crescente importanza, come il tipo di impianto di riscaldamento e condizionamento, l'impiego di fonti di energia rinnovabili e le caratteristiche architettoniche dell'edificio”.

L'unico allegato alla 2002/91/CE precisa il “Quadro generale per il calcolo del rendimento energetico degli edifici” previsto all'articolo 3 della stessa Direttiva. Il metodo di calcolo della prestazione energetica deve integrare alcuni aspetti chiave tra cui la valutazione delle caratteristiche termiche dell'edificio e la tipologia dell'impianto di riscaldamento e di produzione dell'acqua calda sanitaria, il sistema di condizionamento, l'impianto di illuminazione, ecc.. Non possono passare inosservati i riferimenti alla posizione ed all'orientamento della fabbrica, la presenza di sistemi solari passivi, la possibilità di ventilazione naturale ed in ultimo la qualità climatica interna.

L'allegato 1 alla 2010/31/EU introduce in termini generali la metodologia per la valutazione della prestazione energetica²⁴ di un edificio, determinata sulla base della quantità di energia, reale o calcolata, consumata annualmente per soddisfare le diverse

²³ Nel 2008, le scadenze del protocollo di Kyoto fissate per il 2012, sono aggiornate al 2020 con l'adozione di un pacchetto di norme in materia di energia, volte alla riduzione dei consumi di gas, energia ed elettricità del 20%, da qui il nome del pacchetto “20.20.20”.

²⁴ Viene sostituito il lessico “rendimento energetico” con “prestazione energetica” correggendo un'errata traduzione.

esigenze d'uso. Individua quindi il rapporto tra prestazione e fabbisogno di energia termica per riscaldamento, raffrescamento e produzione di acqua calda sanitaria.

Introduce inoltre la necessità di un indicatore numerico (sintetico) del fabbisogno di energia primaria, eventualmente basato su medie ponderate annuali a scala nazionale o regionale.

Oltre a tenere conto della nuova Direttiva 2009/28/CE, l'EPBD 2010²⁵ specifica in modo molto più preciso le caratteristiche termiche cui la valutazione dovrà fare riferimento: capacità termica, isolamento, riscaldamento passivo, elementi di rinfrescamento e soprattutto ponti termici.

Le puntualizzazioni dimostrano una maggiore attenzione al comportamento globale dell'edificio nell'arco dell'anno e non solo alla dispersione termica invernale. La EPBD 2010 rileva, infatti, la "crescente proliferazione degli impianti di climatizzazione dell'aria nei paesi europei" e pertanto ritiene centrale l'esigenza di valutare la prestazione energetica annuale, introducendo quei fattori che consentono la definizione del modello di comportamento estivo.

*Direttiva 2010/31/EU
e metodi di calcolo*

Le Direttive europee definiscono con esattezza le metodologie di calcolo, attraverso il lavoro del CEN (European Committee for Standardization) che i singoli stati membri sono obbligati in qualche modo ad accogliere, provvedendo alla traduzione in coerenza con le peculiarità normative del paese membro.

Per la fissazione dei requisiti minimi da raggiungere nell'ambito di un intervento di nuova costruzione o di ristrutturazione, la normativa europea stabilisce che ogni Stato è indipendente nel fissare limiti di dispersione energetica, in conformità con gli obiettivi strategici europei. In particolare, all'art. 4 si stabilisce che gli stati membri possono definire differenti requisiti minimi, in funzione che si tratti di una nuova costruzione o di una ristrutturazione di edifici esistenti, anche diversificando in funzione della categoria edilizia (erroneamente tradotto in "tipologia" nella versione italiana della EPBD 2010) sia essa residenziale, terziaria o produttiva. Tali requisiti non devono, inoltre, contrastare con altri aspetti dell'edificio, connessi ad esempio alle condizioni igieniche fondamentali, come la ventilazione e la qualità interna, oltre che l'uso e l'età.

La normativa tecnica standard mondiale, di riferimento per il calcolo della prestazione energetica degli edifici, richiamata dalla EPBD 2002²⁶, è la UNI EN ISO 13790 Energy Performance of buildings - Calculation of Energy use for space heating and cooling. Questa individua tre metodi di calcolo:

²⁵ Direttiva 2010/31/EU "Sulla prestazione energetica nell'edilizia".

²⁶ Direttiva 2002/91/CE "Sul rendimento energetico dell'edilizia".

- metodo quasi-statico su base mensile (simplified methods), o anche su base stagionale (adottato dall'Italia con le UNI/TS 11300). Si riferisce alle condizioni medie al contorno e le considera quali variabili in continuità, entro periodi ampi di tempo;
- metodo dinamico su base oraria (detailed methods). Valuta il comportamento energetico in base alle variazioni istantanee che si presentano nel corso della giornata, delle stagioni e dell'annualità, in relazione alle modalità d'uso;
- metodo di calcolo dettagliato, attraverso l'uso di strumenti di simulazione informatica (Virtual Environment).

Lo stato italiano, come si è già detto, ha adottato il metodo di calcolo quasi statico su base mensile ed ha elaborato, a partire dalla normativa UNI EN ISO 13790, adattata al territorio italiano, la UNI/TS 11300 "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale".

L'altra norma prevista dal DPR 59/2009 è la UNI/TS 11300 "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", desunta dalla UNI CEN/TR 15615 "Spiegazione della relazione generale tra le varie norme europee e la direttiva sulla prestazione energetica degli edifici (EPBD) - documento riassuntivo" (detta anche CEN Umbrella). Sono invece ancora in fase di adozione altre due norme tecniche UNI/TS 11300 - Parte 3 relativa alla climatizzazione estiva e UNI/TS 11300 - Parte 4 ancora in corso di elaborazione.

La EPBD 2002 sottolinea infine un aspetto assolutamente centrale per la valutazione e la scelta dei criteri di intervento finalizzati al miglioramento della prestazione energetica: la necessità di una reale sostenibilità degli interventi sul piano del rapporto costi / benefici. Questa considerazione non è purtroppo recepita nella normativa nazionale.

Con la considerazione 14), che avanza la possibilità di limitare l'intervento ad alcune parti dell'edificio aventi particolare influenza sul piano energetico, il legislatore ha correttamente inteso sottolineare che questo criterio di scelta debba scaturire da una preventiva valutazione del rapporto costi / benefici. Molti interventi di miglioramento delle prestazioni energetiche, quali ad esempio la sostituzione degli infissi o la realizzazione del cappotto esterno, possono presentare, in determinate condizioni di applicazione, costi troppo elevati. Possono quindi risultare accettabili solo nel caso in cui comportino un reale beneficio, non solo nel lungo ma anche nel breve - medio termine. Proprio nella considerazione successiva, la 15), quando si sottolinea cosa si intende per ristrutturazione compatibile, si specifica che i costi supplementari dovuti all'intervento debbano poter essere recuperati entro un "lasso di tempo ragionevole rispetto alla

*Rapporto costi / benefici
dell'intervento e ciclo di vita
economico dell'edificio*

prospettiva tecnica di vita degli investimenti” grazie alla concretizzazione di un effettivo risparmio energetico.

La EPBD 2010 approfondisce molto la tematica, conferendole maggiore rilievo nell’ambito delle raccomandazioni.

Prima di tutto è scelto, quale parametro di valutazione dell’efficacia dell’intervento, il ciclo di vita economico dell’edificio o del singolo componente, che deve essere stabilito da ogni stato membro per le diverse categorie di edifici presenti sul territorio nazionale. In tal modo appare chiaro che l’intento della Commissione europea è quello di favorire gli interventi di ristrutturazione solo quando abbiano una reale convenienza. Con l’obiettivo di arginare interventi frettolosi ed inefficaci, l’orientamento della commissione, sicuramente corretto, enfatizza indirettamente l’importanza di una seria valutazione preliminare nel caso di interventi su edilizia pre-industriale. La nuova direttiva fissa, nell’ambito delle definizioni, due termini di riferimento molto significativi²⁷:

a) la “ristrutturazione importante”, ovvero quell’intervento che si dimostri significativo nel ciclo di vita dell’edificio, il cui costo superi il 25% del valore dell’immobile allo stato attuale o la cui estensione riguardi oltre il 25% della superficie dell’involucro;

b) il “livello ottimale in funzione dei costi”, ovvero il raggiungimento di una corretta prestazione energetica attraverso il costo più basso possibile entro il ciclo di vita economico del bene. Questo livello si pone all’interno di una scala di prestazione in cui l’analisi costi / benefici risulti positiva. Entrambi sono volti al raggiungimento degli obiettivi di contenimento energetico attraverso il sostegno di interventi efficaci, soprattutto dal punto di vista economico.

L’argomento verrà trattato più approfonditamente nel capitolo 7, ove l’attenzione sarà focalizzata sul ritorno economico degli interventi genericamente detti di riqualificazione energetica. Su questo nodo, si desidera anticipare quanto sottolineato dal prof. De Santoli a seguito di un importante lavoro di ricerca condotto sulla città di Roma²⁸ (sarà oggetto di una scheda all’interno del prossimo capitolo). Mediante una valutazione a grande scala, di alcuni possibili scenari, egli è in grado di sostenere che le categorie di intervento promosse dal mondo della ricerca e, soprattutto, dell’industria, abbiano tempi di ritorno compresi tra i 20 e i 30 anni, assolutamente inadeguati se confrontati con i criteri fissati dall’Unione Europea.

²⁷ Direttiva 2010/31/EU “Sulla prestazione energetica nell’edilizia”, art. 2, comma 10.

²⁸ L. DE SANTOLI, F. MANCINI, M. CECCONI, *Riqualificazione dell’edilizia residenziale di una città. Il caso Roma*, «AiCARR journal», n. 1 (2010), pp. 18-22.

2.2. NORMATIVA NAZIONALE: DAL D.LGS. N. 192/2005 AL DPR N. 59/2009.

In seguito alla pubblicazione della EPBD 2002, lo stato italiano, su questo aspetto già normato dalla L. 10/1991 sul contenimento dei consumi energetici, provvede, di lì a poco, alla predisposizione di un decreto legislativo finalizzato al raggiungimento degli obiettivi previsti dal Protocollo di Kyoto.

Il D.Lgs. 192/2005 persegue, nella sostanza, gli stessi obiettivi previsti dalla Direttiva 2002/91/CE. Il decreto intende disciplinare la metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche; i requisiti minimi in materia di prestazione energetica; i criteri generali per la certificazione energetica; le ispezioni periodiche degli impianti di climatizzazione; i criteri per garantire la qualificazione e l'indipendenza degli esperti incaricati della certificazione; la raccolta delle informazioni e delle esperienze necessarie all'orientamento della politica energetica del settore e la promozione dell'uso razionale dell'energia, attraverso l'informazione e la sensibilizzazione.

L'anno successivo, con il cambiamento di governo, si rende necessaria l'approvazione di un ulteriore decreto legislativo finalizzato alla precisazione di numerosi punti rimasti in sospeso. Per un'attenta analisi del D.Lgs. 192/2005 così come modificato dal D.Lgs. 311/2006 e del rapporto sia con le Direttive europee sia con le Delibere regionali, in riferimento all'edilizia pre-industriale, si rimanda ancora una volta alle considerazioni proposte dall'Arch. Ambrogio.

Gli aspetti che interessano più da vicino il percorso di ricerca, legati alla metodologia di calcolo prevista dalla normativa e resa cogente dal regolamento attuativo della normativa stessa - DPR 59/2009 "Regolamento di attuazione dell'art. 4, comma 1, lettere a) e b) del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/EU sul rendimento energetico in edilizia" - sono invece approfonditi nel capitolo 6.1 del presente lavoro. Nella sostanza, il nuovo regolamento acquisisce, e traduce in strumento attuativo, i contenuti degli allegati del D.Lgs. 192/2005, richiamando esplicitamente, per quanto riguarda il metodo di calcolo, le norme UNI fino ad oggi adottate - UNI/TS 11300 - Parte 1 e Parte 2.

A livello regionale le stesse norme sono state fatte proprie dalla Delibera dell'Assemblea Legislativa n. 156/2008²⁹. In seguito alla pubblicazione del DPR 59/2009, lo strumento regionale ha completamente perso la sua carica innovativa ed oggi risulta del tutto assimilabile al testo nazionale sia nei contenuti che nella struttura. Inoltre, l'"Atto di indirizzo", risulta oggi ancora più aderente al DPR 59/2009 in conseguenza del recente aggiornamento approvato con la DGR n. 1362/2010 e la DGR n. 1366/2011.

²⁹ Cfr. presente testo, capitolo 1.2, p. 22.

2.3. NORMATIVA DI SETTORE: NUOVE LINEE GUIDA SULL'USO EFFICIENTE DELL'ENERGIA NEL PATRIMONIO STORICO.

Di seguito sono esaminate nel dettaglio due proposte di regolamentazione a carattere settoriale, aventi connotazione volontaria e volte al miglioramento della prestazione energetica ed al sostegno di pratiche per ottenere un buon risparmio energetico anche nell'ambito dell'edilizia pre-industriale.

2.3.1. Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili.

Nel rispetto della direttiva europea, sempre con l'intento di raggiungere gli obiettivi previsti dal protocollo di Kyoto, il Decreto del 10 settembre 2010³⁰, recante le linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, coinvolge direttamente e per la prima volta, il Ministero per i beni e le attività culturali.

Il Decreto, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 219 del 18 settembre 2010, è stato emanato dal Ministro dello sviluppo economico di concerto con il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e con il Ministero per i beni e le attività culturali e mira essenzialmente a semplificare le procedure autorizzative, senza nessun arretramento in tema di salvaguardia dei contesti di interesse ambientale e culturale. Affronta inoltre una prima codifica del vocabolario e, nella parte IV, individua i criteri per l'inserimento degli impianti nel paesaggio e nel territorio.

Il coinvolgimento del Ministero per i beni e le attività culturali rivela un risvegliato interesse per le tematiche legate all'efficienza energetica ed all'utilizzo di fonti rinnovabili.

Nello specifico, il Decreto individua nuove modalità amministrative e alcuni criteri tecnici per la costruzione, l'esercizio e la modifica di impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti energetiche rinnovabili, nonché per la realizzazione di opere connesse indispensabili all'esercizio dei medesimi impianti.

Nella parte III del Decreto, vengono precisati i casi in cui, in attuazione dei principi di integrazione e di azione preventiva in materia ambientale e paesaggistica, viene coinvolto direttamente il Ministero per i beni e le attività culturali. Il Ministero, nelle sue strutture periferiche, è direttamente coinvolto nel procedimento autorizzativo di impianti alimentati da fonti rinnovabili localizzati in aree sottoposte a tutela ed in aree contermini³¹ nelle quali esercita esclusivamente facoltà di carattere prescrittivo

³⁰ Decreto 10 settembre 2010 - Ministero dello Sviluppo Economico "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili (10A11230)".

³¹ *Ivi*, parte III, punto 14.09.a) e c).

(distanze, varianti, ecc.), al fine di assicurare la conservazione dei valori espressi dai beni oggetto di tutela³².

Nella parte IV sono indicati con più precisione alcuni requisiti di cui tenere conto nella valutazione delle proposte progettuali. In più punti è possibile riscontrare la validità di una seria valutazione delle concrete potenzialità della situazione in cui ci si va ad inserire. Le linee guida individuano in questo senso alcuni punti fondamentali tra cui vale solo la pena di ricordare la valorizzazione dei potenziali energetici delle diverse risorse rinnovabili presenti nel territorio³³, il minor consumo possibile dello stesso territorio³⁴, il riutilizzo di aree già degradate da attività antropiche³⁵ e, non ultimo, il coinvolgimento del capitale umano³⁶. D'altro canto si fa leva su una progettazione attenta ai sistemi di gestione della qualità³⁷ ed a componenti tecnologici innovativi a garanzia "dell'armonizzazione e del migliore inserimento degli impianti stessi nel contesto storico, naturale e paesaggistico."³⁸

Tenendo presente che la richiesta di fonti di energia rinnovabile è cogente solo in caso di realizzazione di nuove costruzioni, non dobbiamo leggere tra le righe del Decreto la promozione di particolari sistemi tecnologici che riducano l'impatto dei pannelli fotovoltaici in aree sottoposte a tutela, ovvero in aree contermini (un esempio tra tutti è costituito dal *coppo fotovoltaico*), ma di soluzioni impiantistiche alternative ai pannelli stessi, quali, per esempio:

- la micro cogenerazione;
- il teleriscaldamento;
- la partecipazione in quote capitali di energia su altri impianti, esterni all'area più propriamente storica.

Le Regioni, chiamate a conciliare "le politiche di tutela dell'ambiente e del paesaggio con quelle di sviluppo e di valorizzazione delle energie rinnovabili attraverso atti di programmazione congruenti con la quota minima di produzione di energia da fonti rinnovabili loro assegnata"³⁹, possono, nell'ambito di tali provvedimenti, attraverso apposita istruttoria, individuare aree e siti non idonei all'installazione di specifiche tipologie di impianti. Il flessibile strumento normativo se utilizzato a dovere, consentirebbe l'esclusione in relazione a specifiche soluzioni impiantistiche, incentivando ulteriormente tecnologie meno impattanti.

³² D.Lgs 42/2004 e ss.mm.ii. "Codice dei beni culturali e del paesaggio".

³³ Decreto 10 settembre 2010, parte IV, punto 16.01.b).

³⁴ *Ivi*, parte IV, punto 16.01.c).

³⁵ *Ivi*, parte IV, punto 16.01.d).

³⁶ *Ivi*, parte IV, punto 16.01.g).

³⁷ *Ivi*, parte IV, punto 16.01.a).

³⁸ *Ivi*, parte IV, punto 16.01.f).

³⁹ *Ivi*, parte IV, punto 17.02.

Le linee guida costituiscono sicuramente un punto fermo per la valutazione dell'inserimento di impianti alimentati da fonti rinnovabili in contesti interessati da specifiche forme di tutela, ma non affrontano nel dettaglio la messa a punto di strategie per l'inserimento di tali tecnologie direttamente su edifici afferenti, a qualsiasi titolo, al patrimonio culturale. L'approccio dovrebbe, in questo caso, partire dalla valutazione della prestazione energetica dell'edificio per sviluppare interventi di miglioramento dell'efficienza energetica e di ottimizzazione dell'intero sistema energetico esistente.

Il bisogno di definire un nuovo codice comportamentale dedicato a tali interventi ha spinto la Direzione generale per il paesaggio, le belle arti, l'architettura e l'arte contemporanea del Ministero per i beni e le attività culturali a promuovere uno studio propedeutico all'emanazione di nuove e più specifiche linee guida.

Il progetto, che ha visto coinvolte diverse strutture universitarie e numerosi docenti, tra i quali vale solo la pena di ricordare il prof. Livio De Santoli (coordinatore del gruppo di ricerca) e il prof. Giovanni Carbonara, (presidente del comitato tecnico-scientifico per i beni architettonici e paesaggistici del Ministero) ha prodotto alcuni interessanti risultati che verranno a breve pubblicati e che sono già stati parzialmente presentati in occasione del Solarexpo Greenbuilding tenutosi a Verona dal 4 al 6 maggio 2011. In tale quadro, ancorché incompleto, è possibile evincere due principali linee di ricerca: da una parte, la definizione delle categorie di intervento previste per l'edilizia storica (oggetto delle redigende linee guida) e, dall'altra, la sperimentazione di strategie operative su edifici monumentali di proprietà e/o competenza del Ministero (oggetto delle redigende *best practices*).

In occasione dell'evento sciligerò il pesante fabbisogno energetico del patrimonio storico è stato messo in relazione non già con tipologia e caratteri costruttivi, ma anche con la destinazione d'uso (grandi musei, biblioteche, archivi, grandi aree archeologiche) e con i servizi ivi svolti (illuminazione, impiantistica multifunzionale), evidenziando in qualche modo come siano molteplici gli aspetti del problema.

La condivisibile scelta di linee guida e di *best practices* parte dal presupposto che non sia possibile prescrivere e "normare il risultato", l'esito, il tipo di intervento casa per casa, ma sia corretto limitarsi a "normare il processo", delineare voci descrittive/esplicative (perché fondate sulla conoscenza della realtà costruttiva locale), che siano di orientamento e guida per le scelte progettuali ed operative. E' infatti necessario far sì che il progettista sia guidato ed accompagnato nell'osservazione del sistema edificio-impianto e, quindi, sappia impadronirsi dei dati che gli servono per fare un buon progetto di miglioramento dell'efficienza energetica che accolga tutti quegli aspetti di conoscenza

del singolo edificio e dei suoi trascorsi, che solo può possedere chi lo conosce nel dettaglio (non chi norma e indirizza le procedure)⁴⁰.

2.3.2. La qualità delle prestazioni energetico - ambientali nella manutenzione dell'architettura storica. Linee Guida.

Vanno in questo senso le linee guida emanate nell'economia del progetto ATTESS⁴¹, che ha raggiunto il suo traguardo il 30 settembre 2010, a seguito di un accordo di collaborazione tra il Metadistretto Veneto della Bioedilizia, il Metadistretto Veneto dei Beni Culturali e la Direzione regionale per i beni culturali e paesaggistici del Veneto (struttura periferica del Ministero).

L'obiettivo del progetto ATTESS è la promozione di una buona prassi per l'intervento sull'edilizia storica nell'intento di migliorarne le prestazioni energetiche tenendo conto sia dei principi della disciplina del restauro (minimo intervento, reversibilità, compatibilità, distinguibilità, durata ed autenticità della materia), sia dei criteri della bioedilizia. Le linee guida individuano precisi indirizzi per la conoscenza dell'edilizia storica e configurano un approccio olistico alla progettazione a partire dall'attenta valutazione delle potenzialità dell'esistente⁴². Il progetto ATTESS propone, per una successiva fase di approfondimento, la compilazione di una banca dati che consenta di individuare le "scelte metodologiche e tecnologiche ammissibili in funzione delle caratteristiche storico-artistiche e tecniche del bene e delle normative di riferimento"⁴³.

ATTESS si configura quindi come un progetto in fieri che farà seguire alle linee guida già pubblicate approfondimenti successivi legati a finanziamenti sia di natura pubblica che privata, anche a dimostrazione del fatto che ricerche su questo fronte entrano nel vivo degli interessi del mondo produttivo.

L'aspetto innovativo del lavoro risiede nella capacità di coniugare l'istanza conservativa con una visione unitaria e sinergica dell'organismo edilizio preindustriale nei suoi rapporti con l'ambiente circostante, sia questo naturale o antropizzato, extraurbano o urbano. Il costante rapporto con il mondo produttivo e professionale, che partecipa attivamente alla redazione delle linee guida stesse, traspare sia dalla scelta di modalità operative utili ad incrementare attività imprenditoriali legate alla "green economy", sia dalla configurazione di uno strumento informativo capace di dare risposte utili a

⁴⁰ R. FABBRI, *Oltre il colore. Manutenzione delle cortine edilizie nel centro storico di Ferrara. Linee guida*, EDISAI, Ferrara 2008, p. 106. Si veda inoltre R. FABBRI, V. BALBONI, G. BATTISTINI, L. BISSI, L. ROCCHI, *Architetture moderne a Ferrara. Censimento, categorie di intervento, indicazioni operative per la individuazione di efficaci azioni di tutela da inserire nei nuovi strumenti urbanistici*, Ferrara 2008.

⁴¹ PROGETTO ATTESS – METADISTRETTO VENETO DELLA BIOEDILIZIA - METADISTRETTO VENETO DEI BENI CULTURALI, *La qualità delle prestazioni energetico – ambientali nella manutenzione dell'architettura storica. Linee Guida*, Venezia 2010.

⁴² *Ivi*, p. 3.

⁴³ *Ibidem*.

professionisti, imprese ed enti pubblici, su tematiche di natura legislativa, metodologica e tecnica⁴⁴.

Le principali categorie di intervento proposte nelle linee guida per la riduzione del fabbisogno ed il miglioramento della prestazione energetica sono direttamente mutate da tecnologie ormai significativamente diffuse negli interventi di riqualificazione energetica dell'edilizia post bellica. Viene sottolineato in più punti come in questi ultimi anni la ricerca industriale abbia messo a punto materiali ed elementi tecnici ad altissime prestazioni⁴⁵, tra i quali vale solo la pena di ricordare le vernici nanotecnologiche ed i materiali a cambiamento di fase. Il naturale ritardo negli interventi sull'edilizia preindustriale di base può essere letto, sotto questo profilo, in chiave assolutamente positiva. Se, da una parte, la maggior consapevolezza dei limiti di modalità operative ormai più che sperimentate è in grado di consentire scelte più avvedute, dall'altra, sarà possibile utilizzare tecnologie sicuramente più avanzate, ma anche più adeguate ai vincoli esistenti, oggi appena entrate sul mercato.

Le riscontrate criticità nella simulazione del comportamento energetico di un edificio storico in regime dinamico sono, ad avviso degli autori, da ascrivere alla scarsa conoscenza dei materiali che ne compongono involucro e struttura⁴⁶. Le linee guida sostengono a tal fine la necessità di avviare "una ricognizione ed una caratterizzazione dei materiali che si ritrovano negli edifici storici in termini di densità, calore specifico, conducibilità, permeabilità così come il riscontro, a carattere sperimentale, del funzionamento reale delle principali strutture di chiusura utilizzate nei diversi contesti locali"⁴⁷.

Tra le righe è possibile scorgere come la manualistica operativa per il miglioramento energetico dell'edilizia pre-industriale, di cui queste linee guida costituiscono probabilmente il primo esempio ancora decisamente incompleto, venga chiamata a mantenere una forte caratterizzazione regionale. Così come la manualistica per il recupero dell'edilizia storica ha inteso qualificare materiali e modalità costruttive di singoli bacini culturali, anche le linee guida per la riduzione del fabbisogno dovranno avere carattere regionale.

Le proposte operative per la progettazione bioclimatica e per il conseguimento di migliori prestazioni energetiche risultano però ancora molto distanti dai principi conservativi cui oggi la cultura del restauro dell'edilizia storica anche non monumentale si riferisce.

Una particolare riflessione merita l'analisi di contesto proposta per il centro storico di Serravalle di Vittorio Veneto (TV). Se, da una parte, alla scala dell'edificio, inteso

⁴⁴ *Ivi*, p. 14.

⁴⁵ *Ivi*, p. 37.

⁴⁶ *Ivi*, p. 46.

⁴⁷ *Ibidem*.

sempre come evento specialistico ad alto contenuto culturale e mai come unità di base di un più ampio tessuto urbano, le linee metodologiche proposte dal progetto ATTESS tendono ad avvicinarsi a quei principi conservativi in cui oggi la disciplina del restauro si riconosce, dall'altra, nel salto di scala all'organismo urbano, appare evidente una distanza sostanzialmente incolmabile.

Quella "interazione tra interno ed esterno", così magistralmente compresa da Cesare Brandi nell'architettura quando essa si manifesta come fenomeno d'arte⁴⁸, deve essere colta necessariamente anche quando l'architettura si palesa in forme aggregate elementari sostanzialmente spontanee, quando cioè ci si trova di fronte a prodotti dell'operosità umana⁴⁹. Non è quindi necessario richiamare il concetto di opera d'arte anche per la città storica. Sarebbe probabilmente una forzatura, controproducente anche sul piano conservativo. La città è il luogo delle trasformazioni, senza le quali la città stessa neppure esisterebbe. La tutela della città storica deve allora essere progettata e programmaticamente perseguita in sede locale, con un controllo sistematico delle modificazioni affidato a regolamenti che sappiano indirizzare i tecnici in modo consapevole, più che elencare le cose da farsi e quelle da non farsi⁵⁰.

L'approccio proposto dal progetto ATTESS non mette al centro il rilevante valore testimoniale degli organismi urbani così come oggi ci sono pervenuti, bensì pone l'accento sulle numerose problematiche di carattere ambientale e sociale che affliggono l'intero pianeta, dalla biodiversità al cambiamento climatico, dalla vivibilità al mercato dell'edilizia⁵¹. Come se la soluzione a problemi di questa natura dovesse necessariamente partire dagli interventi su quello che viene definito contesto storico. La condivisibile validità di alcune tecnologie, come la cogenerazione, deve essere però valutata caso per caso, sulla base di rigorosi principi disciplinari. Il costruito storico, relegato al ruolo di feticcio materiale, non mantiene il centro della scena. I principi che il modello proposto da ATTESS propone, potrebbero essere applicati a qualsiasi tipo di aggregato urbano. Tra i valori individuati, non viene in alcun modo fatto cenno al valore testimoniale, che dovrebbe invece costituire il primo fra i valori da salvaguardare. Al contrario, i valori che guidano l'intervento sono "responsabilità", "rispetto", "risorse" e "risultati". Grande importanza ha l'impatto in termini ambientali, economici e sociali. Di nessun interesse, invece, l'impatto che l'intervento potrebbe avere nei confronti della testimonianza materiale.

⁴⁸ C. BRANDI, *Struttura e Architettura*, Ed. Einaudi, Torino 1967.

⁴⁹ G. MIARELLI MARIANI, *Centri Storici. Note sul tema*, Scuola di specializzazione per lo Studio ed il Restauro dei Monumenti, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Roma 1992.

⁵⁰ R. FABBRIO, *op. cit.*, p. 106.

⁵¹ PROGETTO ATTESS, *op. cit.*, p. 117.

Nel caso dei centri storici, a causa del loro alto valore culturale, il fattore propulsore dell'intervento è il patrimonio fisico⁵². Questo aspetto costituisce per i curatori del progetto un vero e proprio limite, non già una risorsa, un vincolo che costringe addirittura alla deroga a uno dei principi alla base dell'idea di sostenibilità, che individua nelle risorse naturali oltre che in quelle umane l'origine di ogni azione.

Al contrario si coglie invece con favore la necessità di far precedere a qualsiasi strategia operativa un approfondito momento di valutazione finalizzato all'aumento in termini di efficacia dell'intervento stesso.

Il risultato progettuale presentato⁵³ mostra tutti i limiti sopraesposti. È assente qualsiasi elemento di controllo dell'intervento nei confronti della testimonianza materiale. È possibile asserire che le medesime azioni possono trovare spazio in qualsiasi tipologia di organismo urbano. Gli interventi finalizzati al miglioramento della qualità energetico - ambientale⁵⁴ sono nell'insieme condivisibili, ma ancora una volta privi di qualsiasi strumento che sia capace di garantirne l'ammissibilità (principi, norme, ecc.). La razionalizzazione per elementi costruttivi non consente in ultima analisi una valutazione delle interazioni tra le diverse categorie di intervento (figura 2).



Figura 1. L'analisi "morfologica" in figura mostra dimostra la scarsa comprensione del processo che nel tempo trasforma l'organismo urbano. Fonte: PROGETTO ATTESS, *op. cit.*, p. 293.

⁵² *Ivi*, p. 126.

⁵³ *Ivi*, p. 293-342.

⁵⁴ *Ivi*, p. 336.

2.4. PROTOCOLLI DI CERTIFICAZIONE VOLONTARIA: LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA NELL'AMBITO DEL PATRIMONIO STORICO DA ECOLABEL A CASACLIMA DA ITACA A LEED.

Come già asserito, la normativa nazionale in materia di certificazione energetica degli edifici (D.Lgs. 192/2005 e relativi decreti attuativi) si applica alle Regioni ed alle Province autonome che non hanno ancora adottato propri provvedimenti in attuazione della Direttiva 2002/91/CE. Il panorama normativo delle diverse regioni appare oggi piuttosto variegato. Si va da esperienze pionieristiche, come lo standard CasaClima adottato nella Provincia autonoma di Bolzano, a leggi regionali redatte sulla base del D.Lgs. 192/2005 che rendono obbligatoria la certificazione energetica per tutti gli edifici di nuova costruzione e per le unità immobiliari soggette a compravendita o a nuova locazione (Valle d'Aosta, Piemonte, Liguria, Lombardia, Provincia autonoma di Trento, Friuli Venezia Giulia, Emilia Romagna, Toscana, Puglia e Sicilia). Le Regioni e le Province autonome che si sono mosse in anticipo rispetto alla pubblicazione delle Linee Guida nazionali (D.M. 26/06/2009), prima fra tutte Bolzano, lo hanno fatto nel pieno rispetto della legalità. La modifica del Titolo V della Costituzione rende infatti l'energia materia concorrente tra Stato e Regioni; inoltre l'articolo 17 del Dlgs 192/2005 esplicita in modo chiaro questo concetto affermando che le Regioni e le Province autonome possono recepire in modo indipendente la Direttiva 2002/91/CE garantendo il rispetto dei vincoli derivanti dall'ordinamento comunitario e dei principi fondamentali contenuti nello stesso D.Lgs. 192/2005. Le Regioni e le Province autonome, che alla data della pubblicazione del D.M. 26/06/2009, avevano già provveduto al recepimento della direttiva 2002/91/CE, avrebbero però dovuto, secondo l'articolo 5, adottare misure atte a favorire un graduale riavvicinamento dei propri strumenti regionali di certificazione energetica degli edifici, alle Linee Guida nazionali⁵⁵.

Come già detto, la Provincia Autonoma di Bolzano è stata la prima a dotarsi di una legge in materia di certificazione energetica degli edifici. Nel 1997 è stata emanata la legge in materia di risparmio energetico in edilizia. Nel 2004 con un nuovo regolamento è stato introdotto lo standard CasaClima / KlimHaus. Un apposito sistema di calcolo consente la valutazione del fabbisogno energetico dell'edificio. Sulla base di quest'ultimo viene assegnata la categoria: CasaClima Oro, CasaClima A e CasaClima B.

Altre Regioni, tra quelle che ancora oggi non si sono dotate di propri provvedimenti in attuazione della Direttiva 2002/91/CE, e che non hanno ancora legiferato in materia di certificazione energetica degli edifici, hanno recentemente emanato linee guida per la

⁵⁵ Decreto Ministeriale 26 giugno 2009 - Ministero dello Sviluppo Economico "Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici".

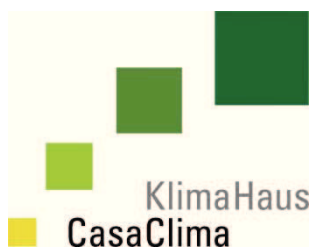
valutazione della sostenibilità. Nel 2008, la Regione Lazio⁵⁶, ha emanato norme sull'architettura sostenibile e la bioedilizia. Successivamente è stato messo a punto il regolamento attuativo della legge, che introduce il sistema per la certificazione volontaria di sostenibilità ambientale degli interventi di bioedilizia, basato sul protocollo ITACA. È attesa, ad oggi, l'approvazione del suddetto regolamento regionale, grazie al quale potrà essere applicato il protocollo stesso. Recentemente, la Regione Campania, ha emanato linee guida per la valutazione della sostenibilità energetica ed ambientale degli edifici, anch'esse basate non già sulle norme UNI/TS 11300 ma sempre sul protocollo ITACA⁵⁷. Anche altre Regioni come Marche e Puglia hanno introdotto il protocollo ITACA per la valutazione e la certificazione volontaria della sostenibilità, procedura che ricomprende al suo interno la certificazione energetica degli edifici così come disciplinata dalla normativa nazionale.

La costante crescita dei protocolli di certificazione volontaria da Ecolabel a CasaClima, da ITACA a LEED, testimoniata dall'interesse suscitato in ambito regionale, deve essere considerata all'interno di un quadro più ampio a fianco della normativa istituzionale, che prevede la sola certificazione dell'indice di prestazione energetica (D.Lgs. 192/2005). La certificazione volontaria, sia essa espressa in termini di sostenibilità, sia essa espressa in termini di efficienza energetica, mira alla progressiva trasformazione del mercato dell'edilizia. I principi cui le certificazioni si attengono, puntano tuttavia a rispondere con un'unica voce alle problematiche ambientali che caratterizzano il nostro periodo storico. I sistemi di certificazione, ormai fin troppo numerosi, pur mirando agli stessi obiettivi, possono essere anche molto diversi fra loro. Possiamo avere strumenti più attenti al miglioramento della prestazione energetica degli edifici ovvero strumenti che al loro interno contemplano anche questioni più ampie dalla sostenibilità del sito, alla gestione delle acque.

Non si vuole, in questa sede, entrare nel merito di ciascun protocollo. Nel quadro riassuntivo sottostante sono evidenziati, in estrema sintesi, obiettivi generali ed eventuali specificità nell'ambito dell'edilizia pre-industriale.

2.4.1. CasaClima⁵⁸

CasaClima si configura come protocollo per la certificazione energetica degli edifici. È stato presentato nel 2002 in ottemperanza a quanto già licenziato dalla Comunità Europea nella Direttiva 2002/91/CE.



⁵⁶ Legge Regionale 27 maggio 2008, n. 6 "Disposizioni regionali in materia di architettura sostenibile e bioedilizia".

⁵⁷ Delibera 12 aprile 2011 n. 145 "Approvazione delle Linee guida per la valutazione della sostenibilità energetico – ambientale degli edifici in attuazione della L.R. n. 1/2011 di modifica della L.R. n. 19/2009 Protocollo Itaca – Campania sintetico".

⁵⁸ www.agenziacasaclima.it

I principali obiettivi sono:

- efficienza dell'involucro;
- efficienza complessiva;
- ecocompatibilità dell'edificio (materiali e sistemi a basso impatto ambientale).

La stessa agenzia ha di recente distribuito nuovi protocolli orientati a specifici settori di mercato (Nature, Hotel, Habitat, Wine, Work & Life, MobileHome). Nessuno di questi è però rivolto all'architettura storica ne, tantomeno, all'edilizia pre-industriale di base. L'agenzia, in più occasioni, ha riaffermato che il protocollo può essere utilizzato anche in caso d'intervento su organismi edilizi storici. Le occasioni per sperimentare lo strumento anche su edifici sottoposti a tutela non sono mancate e non mancheranno in futuro. L'intervento premiato con il CasaClima Award 2010, seguito dagli architetti Corti e Rigano, costituisce un modello di riqualificazione e di miglioramento energetico ma può collocarsi solo al di fuori della disciplina del restauro, come operazione di recupero e ristrutturazione edilizia. L'interessante edificio in stile Liberty ha, infatti, significativamente perso l'autenticità della sua consistenza materica (intonaci, finta pietra, ecc.). Il suo valore testimoniale, ormai privo di molti elementi che concorrevano a caratterizzarne il periodo (finestre, bancali, sistemi di oscuramento), può ritenersi sostanzialmente perduto (figura 3).



Figura 2. Casa Corti, Padova, Progettisti: Arch. Lucia Corti, Arch. Elena Rigano.



2.4.2. Ecolabel⁵⁹

Ecolabel è il marchio europeo di qualità ecologica che premia i prodotti e i servizi migliori dal punto di vista ambientale. L'etichetta attesta che il prodotto o il servizio ha un ridotto impatto ambientale nel suo intero ciclo di vita. La Commissione Europea ha affidato al Comitato Ecolabel - Ecoaudit italiano un ruolo centrale nell'elaborazione dei criteri per la certificazione ambientale destinata agli edifici.

L'obiettivo del Comitato è stabilire i criteri validi per la creazione di uno schema di certificazione ambientale degli edifici, che consenta di valutare le differenti fasi di vita del prodotto - edificio, quali la costruzione, l'uso e lo smaltimento, analogamente a quanto già avviene per una lunga serie di prodotti e servizi. Il certificato è principalmente diretto ad edifici di nuova costruzione in cui sia effettuabile una valutazione oggettiva dell'intero ciclo di vita previsto.

In Italia, la certificazione ambientale per gli edifici sarà volontaria e costituirà un'integrazione rispetto alla certificazione energetica, prevista dai Decreti Legislativi 192/2005, 311/2006 e ss. mm. ii..



2.4.3. Itaca⁶⁰

Il protocollo di lavoro promosso da ITACA "istituto per l'Innovazione e Trasparenza degli Appalti e la Compatibilità Ambientale" e condiviso con le regioni che hanno partecipato al progetto "Protocollo ITACA" ha lo scopo di formulare una serie di regole con le quali poter definire le soglie ed i requisiti necessari per la predisposizione di progetti con caratteristiche di eco-sostenibilità. Per ogni requisito ritenuto indispensabile, è definita in modo univoco una "regola" per l'attribuzione di un punteggio, basata su presupposti di correttezza scientifica, interesse pubblico e, soprattutto, semplicità e trasparenza.

Il Protocollo 2004, corredato da settanta schede che inquadrano ogni singolo requisito relativo ai diversi aspetti del progetto e del processo edilizio, è l'ultimo atto di un *work in progress* che le regioni italiane hanno avviato per delineare, in modo coordinato ed uniforme, le principali linee di comportamento in tema di eco - sostenibilità. Il documento ha subito in seguito numerose mutazioni sia nel tempo (nel corso degli anni si sono succedute diverse edizioni nazionali), sia nello spazio. Ogni regione che ha adottato il protocollo, non sempre allo stesso livello istituzionale, ha infatti provveduto all'adeguamento del testo alle specificità locali senza tuttavia snaturarne la struttura complessiva.

Aspetti legati ad interventi sull'edilizia esistente sono trattati, all'interno del Protocollo 2004, in modo del tutto indipendente dal portato testimoniale dell'edificio sul quale si va

⁵⁹ www.ecolabel.it

⁶⁰ www.itaca.org

ad operare. All'interno della categoria 2.4 "Consumo materiali", il requisito 2.4.1 "Riutilizzo di strutture esistenti" è valutabile in termini di risparmio di "nuovo" materiale e non certo in termini di salvaguardia del valore testimoniale che la materia stessa porta con se (figura 4).

REQUISITO: 2.4.1 – RIUTILIZZO DI STRUTTURE ESISTENTI –	
Area di Valutazione: 2-Consumo di risorse	Categoria di requisito: 2.4-Consumo materiali
Esigenza: Favorire il riutilizzo della maggior parte dei fabbricati esistenti, disincentivare le demolizioni e gli sventramenti di fabbricati in presenza di strutture recuperabili.	Indicatore di prestazione: Percentuale di superficie orizzontale/inclinata della costruzione esistente che viene riutilizzata.
	Unità di misura: % (mq/mq)
Metodo e strumenti di verifica: Calcolo della percentuale di superficie orizzontale/inclinata (solai + copertura + scale) che viene riutilizzata rispetto la superficie orizzontale/inclinata oggetto di intervento. I punteggi negativi riguardano i casi di demolizione totale o di sventramento del fabbricato con demolizione parziale delle strutture verticali. <i>n.b) La scheda non si applica a semplici interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria ma nei casi in cui l'intervento interessa gli elementi strutturali dell'edificio.</i>	
Strategie di riferimento: Si applica ad interventi di ristrutturazione/risanamento conservativo di edifici, ed è riferito a materiali, strutture, impianti finiture privi di sostanze inquinanti. Andrà attentamente verificata la possibilità di interventi di recupero edilizio non distruttivi, che privilegino il consolidamento alla sostituzione e non alterino il comportamento statico del fabbricato, salvo la sostituzione di elementi/porzioni di strutture ammalorate con elementi di identico materiale. I principali interventi sulle strutture riguardano: <ul style="list-style-type: none"> • Consolidamento di strutture verticali con tecniche di cuci-scuci, iniezioni con malte prive di sostanze inquinanti, riempimento di vani, tirantature; • Consolidamento strutture orizzontali/inclinate tramite ancoraggi metallici delle travi alle murature, realizzazione di caldane leggere ancorate alle murature; • Consolidamento volte attraverso risarcitura e ricostruzione muratura deteriorata, asporto riempimenti incoerenti e consolidamento con materiali analoghi; • Eliminazione spinte tetti tramite tirantature; • Consolidamento strutture in c.a. tramite creazione, spostamento irrobustimento di tamponature; inserimento di collegamenti tra le tamponature e la struttura, ridurre la presenza di elementi tozzi. Tutti i materiali usati per gli interventi dovranno essere compatibili con quelli originali, durevoli e privi di sostanze nocive. In presenza di materiali/strutture che possono emettere sostanze nocive è necessario inserire nel capitolato speciale gli accorgimenti per la loro rimozione e dismissione.	

Scala di prestazione:

Prestazione quantitativa	Punteggio	Punteggio Raggiunto (*)
Demolizione totale dell'edificio	-2	(*)
Demolizione parziale delle strutture	-1	
Fino al 0% della superficie utile abitabile riutilizzata	0	
Fino al 20% della superficie utile abitabile riutilizzata	1	
Fino al 40% della superficie utile abitabile riutilizzata	2	
Fino al 60% della superficie utile abitabile riutilizzata	3	
Fino al 80% della superficie utile abitabile riutilizzata	4	
Fino al 100% della superficie utile abitabile riutilizzata	5	

(*) Giustificare il punteggio raggiunto con idonee motivazioni e/o documentazioni da allegare.

Riferimenti normativi: Circ. Min. BBCCAA n. 1841 del 12 marzo 1991 "Direttive per la redazione ed esecuzione di progetti di restauro comprendenti interventi di miglioramento e manutenzione dei complessi architettonici di valore storico-artistico in zona sismica Cons Sup LLPP prot.564 del 28.11.1997".

Riferimenti tecnici:

Figura 3. Scheda del requisito 2.4.1 - Riutilizzo di strutture esistenti. Fonte: ITACA, *Protocollo ITACA pre la valutazione della qualità energetica ed ambientale di un edificio. Le Aree di Valutazione e le Schede*, Roma 2004.



2.4.4. Leed⁶¹

LEED “the Leadership in Energy and Environmental Design” è il sistema statunitense di classificazione dell'efficienza energetica e dell'impronta ecologica degli edifici. Negli Stati Uniti il protocollo è sviluppato da U.S. Green Building Council e fornisce un insieme di standard di misura per valutare la sostenibilità delle costruzioni.

Dal 1994 al 2006, il protocollo per le nuove costruzioni è diventato un sistema complessivo di sei standard correlati che coprono tutti gli aspetti del processo edilizio.

In Italia, Green Building Council Italia, associazione no profit che fa parte della rete internazionale GBC, si propone al mercato con i seguenti obiettivi:

- favorire e accelerare la diffusione di una cultura dell'edilizia sostenibile, guidando la trasformazione del mercato;
- sensibilizzare l'opinione pubblica e le istituzioni sull'impatto che le modalità di progettazione e costruzione degli edifici hanno sulla qualità della vita dei cittadini;
- fornire parametri di riferimento chiari agli operatori del settore;
- incentivare il confronto tra gli operatori del settore creando una community dell'edilizia sostenibile.

Il protocollo NC “Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni”, naturale trasposizione in lingua italiana del medesimo protocollo americano, già attivo nel Belpaese dal 2009, intende stabilire un valore in termini di mercato per i *green building*, stimolando la competizione tra imprese sul tema delle *performances* ambientali degli edifici e incoraggiando comportamenti di consumo consapevole anche tra gli utenti finali.

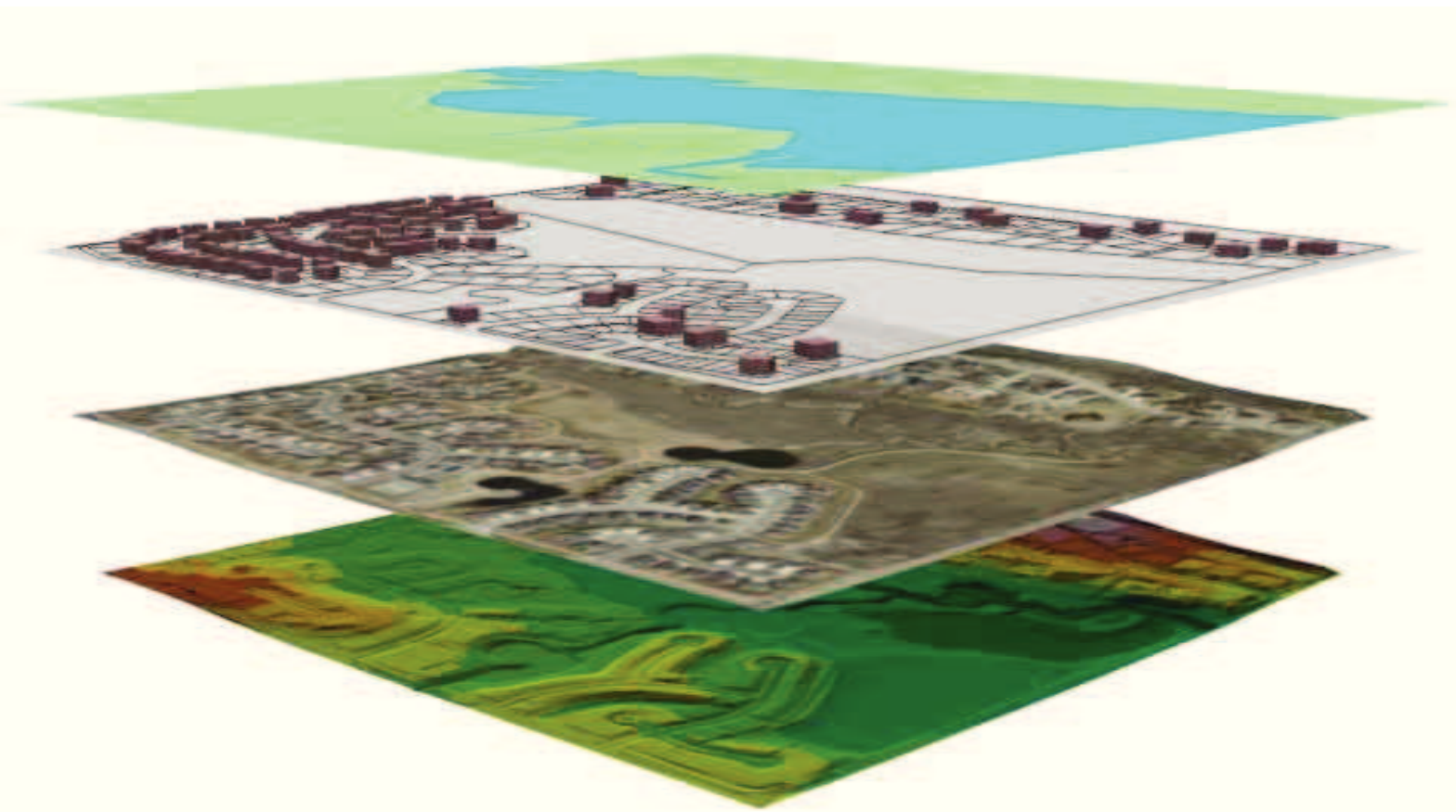
Il protocollo HOME, sviluppato completamente in Italia e attualmente in fase di lancio, è stato invece elaborato con il fattivo coinvolgimento di una rete di imprese organizzate in Comitati Standard (CStd) e di un nutrito gruppo di consulenti scientifici a loro volta organizzati in Comitati Tecnico Scientifici (CTS), entrambi operanti su sette diverse aree tematiche.

- Sostenibilità del Sito;
- Gestione delle Acque;
- Energia e Atmosfera;
- Materiali e Risorse;
- Qualità ambientale Interna;
- Innovazione nella Progettazione;
- Priorità Regionale.

⁶¹ www.gbitalia.org

In una costante dialettica tra CStd e CTS sono stati determinati all'interno di ogni area tematica, i prerequisiti, i requisiti e i criteri per l'attribuzione del punteggio. Il protocollo NC si presenta con una struttura del tutto assimilabile al protocollo ITACA.

La stessa agenzia ha di recente messo in cantiere nuovi protocolli, tra cui si desidera segnalare il protocollo HB "Historical Buildings", espressamente dedicato alla certificazione dell'intervento sugli edifici storici. Il CStd, di cui mi pregio di fare parte, sta orientando la definizione dei requisiti verso una piena valorizzazione, in termini di punteggio, della salvaguardia del valore testimoniale oltre che materiale (come già nel Protocollo ITACA) di cui il manufatto storico si fa portatore. Numerose difficoltà, abbastanza naturali in vista dell'ambizioso obiettivo, sono riscontrabili sia per quel che riguarda la definizione dell'ambito di applicazione, sia per quel che riguarda la chiarezza del modello ed in particolare dei criteri di valutazione. L'attribuzione di un valore numerico, quindi oggettivo, in riferimento alla quantità di valore testimoniale salvaguardato, valutazione comunque soggettiva, non risulta affatto scontata.



CAPITOLO**3.****VALUTAZIONE DI GRANDI PARCHI EDILIZI.****3.1. MODELLI PROPOSTI PER LA VALUTAZIONE DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA IN PICCOLI, MEDI E GRANDI PARCHI EDILIZI, CON RIFERIMENTO AL PANORAMA ITALIANO ED EUROPEO.**

Autorità locali e sviluppo sostenibile

Agenda 21, il celebre programma di azione per la promozione dello sviluppo sostenibile, esito finale della Conferenza ONU su Ambiente e Sviluppo tenutasi a Rio de Janeiro nel 1992, da una parte, anticipava un processo partecipativo e democratico che, nella sua definizione ed attuazione, avrebbe interessato tutti i settori della società civile e, dall'altra, immaginava un processo integrato di definizione degli obiettivi ambientali e di costruzione delle condizioni per metterli in pratica. Questo progetto avrebbe necessitato di interventi a livello internazionale, nazionale, regionale e locale. Nel capitolo 28 del documento si raccomanda infatti alle autorità locali di “dialogare con i cittadini, le organizzazioni locali e le imprese private ed adottare una propria Agenda 21 locale”¹. Prevedendo momenti consuntivi e strumenti per la creazione del consenso il programma di azione chiede alle amministrazioni locali di “imparare dalla comunità e dal settore industriale ed acquisire le informazioni necessarie per formulare le migliori strategie”². Il processo di consultazione, negli intendimenti di Agenda 21, dovrebbe mirare ad accrescere la consapevolezza delle famiglie sulle problematiche dello sviluppo sostenibile. Come livello di governo più vicino ai cittadini, le autorità locali, siano esse regionali, provinciali o comunali, svolgono quindi un ruolo chiave nell’istruire, mobilitare e rispondere ai cittadini per la promozione dello sviluppo sostenibile.

¹ www.a21italy.it

² *Ibidem.*

La centralità delle autorità locali è confermata anche dalle policy europee che assegnano un ruolo chiave agli enti locali in termini di governo e di sostegno all'innovazione soprattutto in ambito energetico. Questo ruolo non è sempre supportato da una corretta conoscenza delle policy stesse, degli strumenti disponibili per la loro attuazione e, soprattutto, delle professionalità interne ed esterne alle pubbliche amministrazioni necessarie alla loro implementazione.

Infine le riforme amministrative e costituzionali hanno decisamente aumentato in diverse aree di policy il peso dei governi locali. I primi elementi di decentramento si hanno con i provvedimenti del 1991, che autorizzano le Regioni ad adottare dei Piani Energetici Regionali (PER), per il risparmio energetico e la promozione delle fonti rinnovabili³. Successivamente, come già precedentemente precisato, la riforma costituzionale del 2001 ha incluso l'energia fra le materie a legislazione concorrente fra stato e regioni: lo stato ha il compito di definire le linee guida ed i principi generali della politica energetica, mentre le regioni hanno tutti gli altri compiti legislativi e regolativi, fatte salve alcune importanti limitazioni che mirano a tutelare l'integrità e la funzionalità del sistema energetico nazionale nel suo complesso.

Oltre alle Regioni un ruolo sempre crescente è affidato a Province e Comuni (Tabella 6). Le prime hanno il compito di approvare e attuare il Piano - Programma per il risparmio energetico e l'uso delle fonti rinnovabili (Piani energetici provinciali, Pep), mentre i secondi devono approvare programmi e attuare progetti atti a qualificare energeticamente il sistema urbano nei vari campi di intervento⁴

Competenze delle Regioni
<ul style="list-style-type: none">- Predisposizione dei Piani Energetici Regionali;- Funzioni amministrative in tema di energia, ivi comprese quelle relative alle fonti rinnovabili, all'energia nucleare, al petrolio ed al gas;- Sviluppo e qualificazione dei servizi energetici di interesse regionale, procedure di autorizzazione, d'intesa con gli Enti Locali interessati;- Programmi di incentivazione e sostegno allo sviluppo socio-economico ed ambientale della Regione (Fondi Strutturali, incentivazione della competitività delle piccole e medie imprese, fondi "Carbon Tax", 1% accise benzine ecc.);- Normativa di indirizzo e coordinamento degli Enti locali per le funzioni loro delegate, attuativa di leggi nazionali, standard di qualità per livelli di inquinamento ambientale in aree critiche, livelli di prestazione servizi, sistemi e impianti, specifiche tecniche, qualificazioni tecnologiche ecc.;- Responsabilità attiva e diretta nei confronti delle politiche e degli indirizzi della UE (in particolare nei processi di riequilibrio / risanamento di aree svantaggiate e in ritardo di sviluppo e nella tutela / valorizzazione di aree di pregio ambientale).
Competenze delle Province
<ul style="list-style-type: none">- Attuazione (con programmazione di interventi) della pianificazione territoriale e settoriale della Regione a livello provinciale;- Stesura del Piano Territoriale di Coordinamento (legge 142/90) per la regolamentazione e l'indirizzo dell'attività

³ A. PRONTERA, *Politiche energetiche e governo locale: il caso delle Marche*, www.rfsviluppo.it, p. 4.

⁴ *Ibidem*.

amministrativa dei Comuni in certi settori e per materie di interesse intercomunale - Funzioni di carattere tecnico-amministrativo e gestionale già delegate dalla Regione o in trasferimento in attuazione del decreto legislativo 112/98 (v. autorizzazioni di impianti per la produzione di energia fino a 300 MW termici); - Valorizzazione delle risorse idriche ed energetiche, programmazione di interventi risparmio energetico e promozione delle fonti rinnovabili di energia;
Competenze dei Comuni
- Amministrazione e gestione dei servizi ai cittadini (rifiuti solidi urbani, trasporti, illuminazione pubblica ecc.); - Piano Energetico Comunale (legge 10/91, art. 5 ultimo comma); - Monitoraggio dell'ambiente cittadino; - Eventuale adesione ad <i>Agenda 21</i> ; - Rapporti con le Aziende municipalizzate.

Tabella 6. Le competenze delle Regioni, delle Province e dei Comuni in campo energetico.

Fonte: A. PRONTERA, (op. cit.), pag. 6.

In estrema sintesi, le politiche energetiche a carattere locale che un'amministrazione è in grado di mettere in campo, possono coinvolgere più o meno direttamente tutti gli attori operanti sul territorio: cittadini (proprietari di immobili, consumatori, utenti di servizi), enti pubblici e imprese private. Gli strumenti che un'autorità locale può mettere in campo per il conseguimento degli obiettivi in termini di risparmio energetico, possono andare dall'Audit energetico al Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile (PAES), dall'Adeguamento dei regolamenti (RUE, rifiuti, ecc.) alla disposizione di risorse finanziarie mirata al raggiungimento di determinati risultati⁵.

Le scelte di finanziamento, al pari delle politiche energetiche, richiedono l'individuazione di una strategia di lungo periodo che non può prescindere da un'attenta analisi delle possibilità di autofinanziamento e delle capacità residue di indebitamento dell'amministrazione e dalla valutazione preventiva del rapporto costi / benefici, quindi del ritorno economico legato ad un determinato investimento.

Proprio per questa ragione per gli enti locali (regioni, province e comuni) diventa essenziale conoscere il comportamento energetico del proprio parco edilizio

Autorità locali e diagnosi energetica

La diagnosi energetico (*audit* energetico) si pone oggi l'obiettivo di capire in che modo l'energia viene utilizzata, quali sono le cause di eventuali sprechi ed eventualmente quali interventi possono essere suggeriti all'utente. Ambisce inoltre ad individuare un piano di intervento che valuti non solo le opportunità tecniche ma anche, e soprattutto, la fattibilità economica delle azioni proposte. Il piano non può più essere limitato alla scala del singolo edificio e, quindi, del singolo utente, ma deve essere esteso alla scala urbana, finanche alla scala territoriale.

Questa necessità ha recentemente condizionato le linee di ricerca di numerosi istituti nazionali ed internazionali che negli ultimi cinque anni si sono posti come obiettivo la

⁵ www.azzeroco2.it

definizione delle prestazioni energetiche di grandi, medi e piccoli parchi edilizi finalizzata essenzialmente alla validazione di questa o quella politica energetica.

Nell'ambito del mercato residenziale il consumo di energia rimane infatti significativamente sfuggente. Le cause sono da ricercarsi in una chiara difficoltà nella discretizzazione di tipologie, tecnologie e materiali, nella variabilità comportamentale degli abitanti e nell'impossibilità di discernere i diversi usi finali.⁶ I principali fabbisogni sono legati al riscaldamento, al raffrescamento, alla produzione di acqua calda sanitaria e all'utilizzo di apparecchiature elettriche. Le quote con cui questi fabbisogni vanno a costituire i consumi reali nell'ambito del mercato residenziale variano notevolmente da zona a zona in funzione di numerosi fattori: il clima, i caratteri costruttivi peculiari di una determinata regione, il comportamento degli abitanti, le possibilità economiche, ecc.. Diventa quindi molto importante per gli enti locali, a qualsiasi livello (nazionale, regionale, provinciale e comunale), conoscere in termini quantitativi i fabbisogni del proprio parco edilizio al fine di individuare le migliori strategie per il risparmio e la riqualificazione del parco stesso.

Nel tentativo di quantificare il fabbisogno energetico alle diverse scale, sono stati predisposti numerosi modelli. Alla macro scala, tra i primi modelli utilizzati, troviamo quelli che riferiscono direttamente ai dati di consumo elaborati a scala regionale o nazionale. Alla micro scala troviamo invece modelli finalizzati alla determinazione del rapporto costi / benefici legato a determinati tipi di intervento. Modelli più complessi sono in grado di integrare più livelli di analisi provenienti da banche dati diverse. In linea del tutto generale, le informazioni necessarie per una modellazione alla micro scala richiedono un notevole grado di dettaglio, quindi un maggiore approfondimento nell'analisi dell'edificio o degli edifici in esame. L'aumento esponenziale dei costi di implementazione e la conseguente riduzione dell'ambito di indagine, rendono sostanzialmente inutilizzabili modelli troppo dettagliati. È quindi necessario primariamente mettere a fuoco le finalità e secondariamente predisporre un modello di valutazione che, da una parte, consenta tempi e costi sostenibili e, dall'altra, una copertura completa, anche a campione, dell'intero ambito di studio.

I modelli di valutazione possono essere utilizzati sia per l'individuazione di politiche volte al risparmio energetico che possono assumere svariate forme (norme, incentivi, promozioni, condizionamenti più o meno forti del mercato, ecc.), sia per la compilazione di strumenti urbanistici più specifici e più mirati al miglioramento dell'efficienza energetica del parco edilizio esistente.

*Modelli per la valutazione
alle diverse scale*

⁶ L.G. SWAN, V.I. UGURSAL, *Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques*, «Renewable and Sustainable Energy Reviews», vol. 13 (2009), pp. 1819-1835.

In questo capitolo si desidera porre l'accento sui più significativi approcci alla modellazione e, soprattutto sulle finalità che essi possono raggiungere. Ogni metodo, ogni tecnica, ha alla base precise informazioni in ingresso, specifici algoritmi di calcolo e fornisce il risultato o i risultati richiesti con un proprio grado di approssimazione. Il livello di dettaglio dei dati in ingresso, strettamente correlato al tipo di risultati che si desidera ottenere, può variare notevolmente soprattutto in funzione del rapporto costi / benefici legato alla singola informazione. Esistono, infatti, informazioni facilmente reperibili, con un ottimo livello di precisione anche alla grande scala, che consentono particolari tecniche di analisi e che quindi hanno un basso rapporto costi / benefici. Più spesso ci si trova di fronte alla disponibilità di informazioni scarsamente utili ovvero alla difficoltà di reperire dati significativamente fecondi. La scelta delle informazioni in ingresso, influenza in modo decisivo tutto il processo e deve essere fatta con la piena consapevolezza dei dati di cui è possibile disporre con un certo agio, senza incorrere in problematiche di carattere legale, coscienti dello specifico grado di approssimazione e del livello di precisione in uscita. L'approssimazione dei dati in ingresso condiziona inevitabilmente la scelta della tecnica di valutazione, la scelta del modello, tenendo presente che ciascun metodo ha le proprie peculiarità, i propri vantaggi e, conseguentemente, i propri limiti.

Compatibilmente con il modello da utilizzare potranno essere necessarie indicazioni sulle caratteristiche fisiche delle abitazioni e sui comportamenti delle persone che le abitano, sui consumi energetici pregressi e sulla diffusione di determinate tipologie di impianto, più in generale sulle condizioni climatiche della regione e sul panorama socio-economico di riferimento. Le stesse informazioni possono essere raccolte in modo estensivo oppure statistico e possono essere fornite così come sono state raccolte ovvero parzialmente rielaborate. Per fare solo un esempio, una stima del consumo totale di energia per il settore residenziale è normalmente pubblicata da fonti governative. Questo tipo di valutazione, già oggetto di una prima rielaborazione, è però scarsamente utilizzabile in quanto, da una parte, è notevolmente imprecisa perché non tiene conto delle quantità di energia non dichiarata e prodotta direttamente sul posto e, dall'altra, è slegata da qualsiasi caratterizzazione del parco edilizio. Una fonte molto più dettagliata, parametrata sulla singola unità immobiliare, può essere fornita dalle realtà che distribuiscono agli utenti finali l'energia per i diversi usi. Anche in questo caso il dato non è scevro da grande incertezza: le differenti caratteristiche degli edifici e delle abitudini private delle persone che li abitano, non consentono quasi mai valutazioni parametriche. Indagini più approfondite possono essere condotte mettendo al centro non già i consumi ma le caratteristiche tipologiche, tecnologiche e materiche dell'edificio e degli impianti e le consuetudini delle persone che abitano dette unità. In questo caso il limite è dato, da

una parte, dal numero di casi quindi dal numero di unità immobiliari che possono essere indagate e conseguentemente dal carattere statistico dell'analisi e, dall'altra, da problematiche legate alla lavorazione su dati sensibili. È inoltre necessario tener presente che tanto più dettagliate sono le informazioni in ingresso, tanto più tecnicamente complesso sarà l'algoritmo chiamato a gestirle.

In linea del tutto generale troviamo due grandi famiglie di modelli: top-down e bottom-up⁷.

Modelli top-down e bottom-up

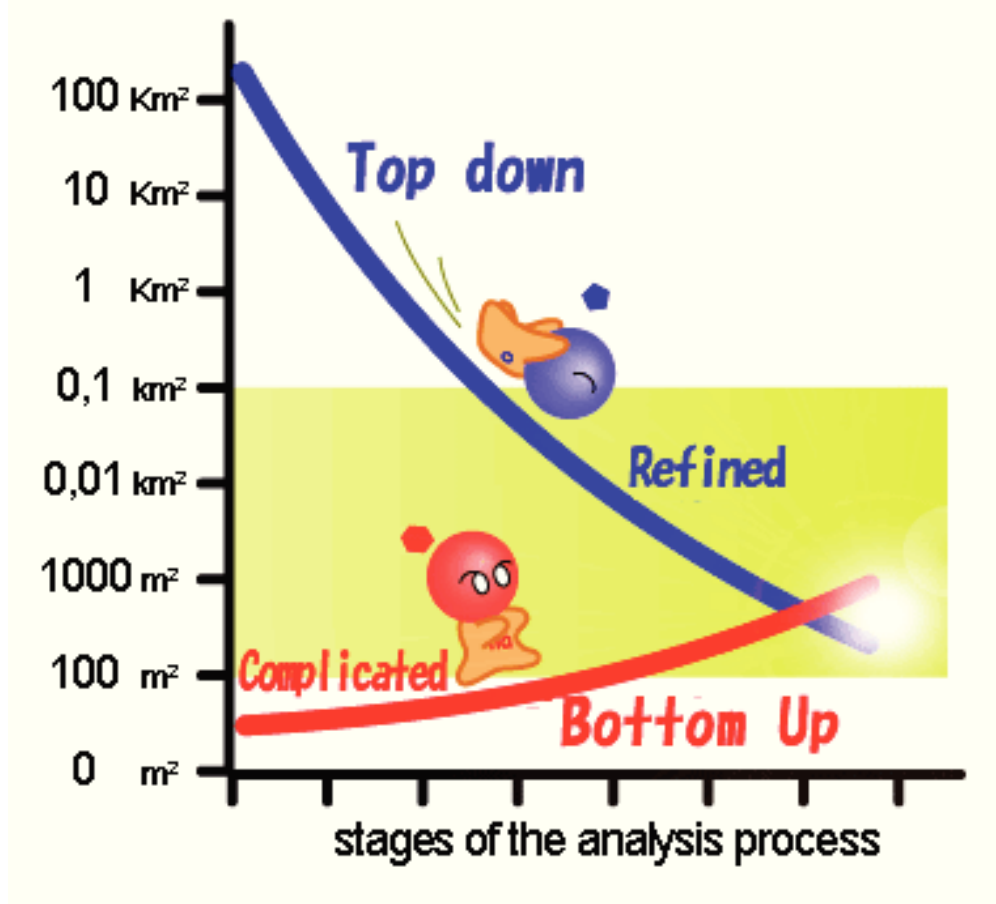


Figura 4. Modello top-down e modello bottom-up.

Top-down e bottom-up sono termini di lingua inglese attribuiti a metodologie utilizzate per analizzare situazioni problematiche e costruire ipotesi adeguate alla loro soluzione.

In seguito alla disamina di numerosi contributi sull'utilizzo delle metodologie di valutazione top-down e/o bottom-up, è possibile proporre alcuni concetti di base per chiarire il loro significato.

⁷ L'individuazione di queste categorie viene ampiamente discussa in L.G. SWAN, V.I. UGURSAL, *Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques*, «Renewable and Sustainable Energy Reviews», vol. 13 (2009), pp. 1819-1835; e successivamente ripresa in M. KAVGIC, A. MAVROGIANNI, D. MUMOVIC, A. SUMMERFIELD, Z. STEVANOVIC, M. DJUROVIC-PETROVIC, *A review of bottom-up building stock models for energy consumption in the residential sector*, «Building and Environment», vol. 45 (2010), pp. 1683-1697.

Innanzitutto, la valutazione si applica ad un *oggetto* di indagine, sia esso un gruppo di edifici, una città, un territorio, che a sua volta è composto da più *elementi* distinguibili tra loro.

In secondo luogo è necessario discernere tra *campione* e *dato*.

Il campione identifica l'insieme critico dei singoli elementi che sono direttamente interessati dalle valutazioni. Gli elementi che costituiscono il campione possono essere edifici, ma anche aree territoriali se l'oggetto della valutazione è, ad esempio, la regione o il territorio nazionale.

Rispetto all'oggetto di indagine, a sua volta, il campione può essere studiato:

- su base estesa, quando lo studio riguarda l'intero oggetto, in altre parole, quando il campione coincide con tutti i singoli elementi che sono compresi all'interno dell'oggetto stesso (per esempio tutti gli edifici appartenenti ad una determinata area);
- su base parziale, quando lo studio riguarda solo una parte dell'intero oggetto, quindi solo alcuni degli elementi, e non tutti, tra quelli compresi all'interno dell'oggetto stesso (per esempio solo una parte degli edifici appartenenti ad una determinata area, non tutti). Tale campione può essere "casuale", quando la scelta degli elementi viene fatta in modo occasionale, o "statistico", quando la scelta viene fatta su base rappresentativa.

Il dato esprime invece le informazioni note o rilevate, legate agli elementi che costituiscono il campione.

Il dato a sua volta può essere:

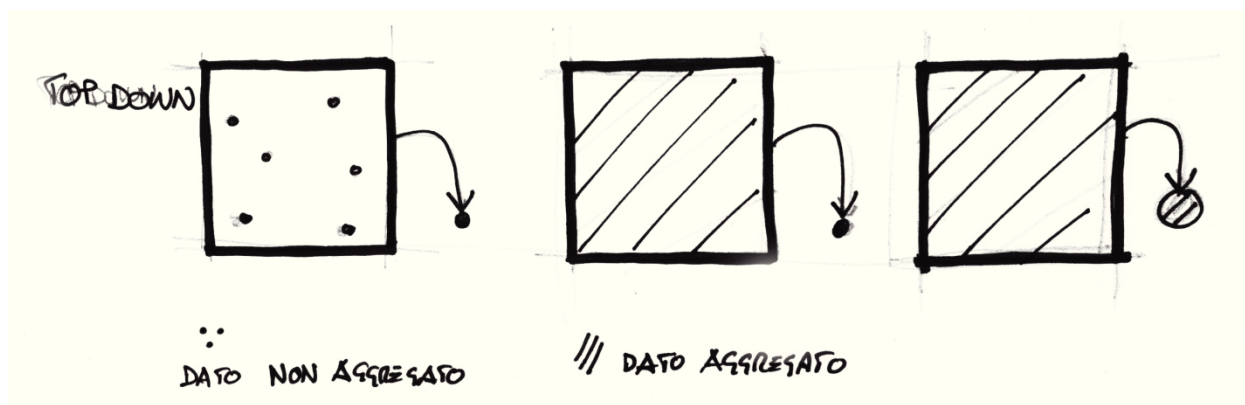
- aggregato, se esprime una caratteristica propria di un insieme di più elementi, espressa in modo unitario, o come sommatoria (ad esempio il consumo totale di energia di tutti gli edifici presenti in una determinata zona espressa in kWh/anno), o come valore medio (ad esempio la media degli indici di prestazione espressa in kWh/m²-anno), o come altro parametro rappresentativo (ad esempio il rendimento degli impianti, la trasmittanza delle chiusure edilizie ecc.). Il dato aggregato può essere ricavato da informazioni non aggregate sulla totalità degli elementi ovvero solo su parte di essi oppure può essere determinato mediante criteri di tipo diverso: analisi di un campione statistico di elementi, analisi inferenziale, ecc.).
- non aggregato, se esprime una caratteristica legata a ciascuno dei singoli elementi, espressa per ogni elemento (ad esempio i consumi energetici o gli indici EP di ciascun edificio, ecc.);

I dati aggregati o non aggregati possono, infine, avere un diverso livello di accuratezza.

Metodi top-down

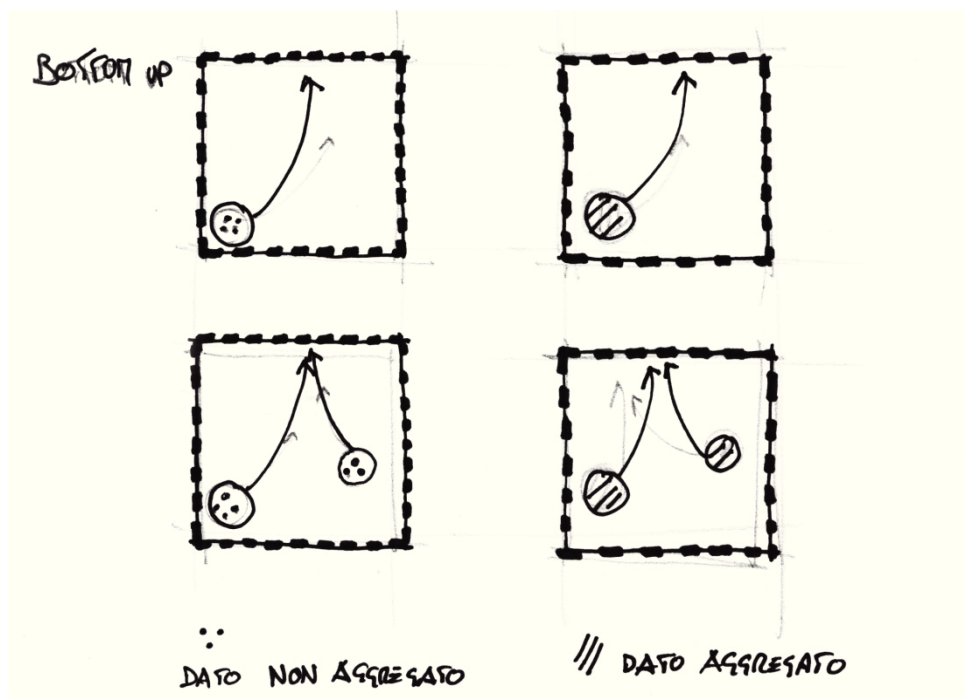
Nel caso di valutazioni con metodo top-down il campione è indagato su base estesa rispetto all'oggetto di studio. L'espressione top-down indica una visione dall'alto (verso il basso), a comprendere l'intero insieme degli elementi contenuti all'interno dell'oggetto di indagine, rispetto al quale è possibile esprimere i dati in maniera aggregata o non

aggregata. Le informazioni top-down sono utilizzate a fini strategici: per indirizzare politiche di intervento ed azioni, o per verificare le stesse, oppure per individuare un valore di benchmarking.



Viceversa nel caso di valutazioni con metodo bottom-up il campione è studiato su base parziale. L'espressione bottom-up indica una visione dal basso (verso l'alto), mediante una precisa selezione di elementi tra quelli compresi all'interno dell'oggetto di indagine. A sua volta i dati possono essere aggregati o non aggregati. Le informazioni di tipo bottom-up sono utilizzate a fini progettuali per l'adozione di soluzioni correttive o migliorative rispetto a valori di benchmarking.

Metodi bottom-up



Il passaggio dalla valutazione top-down a quella bottom-up è generalmente utilizzato per verificare se le informazioni che si riferiscono all'oggetto di valutazione, nel suo insieme, sono riferibili anche ad una sola parte del campione. Ad esempio, a partire dal valore aggregato dei consumi energetici di un dato territorio (top-down), è possibile verificare il

valore dei consumi di un singolo quartiere o di un qualsiasi altro insieme di edifici (bottom-up).

Il passaggio dalla valutazione bottom-up a quella top-down è invece utilizzato per verificare se uno o più campioni statistici (bottom-up) sono rappresentativi dell'intero oggetto di valutazione (top-down).

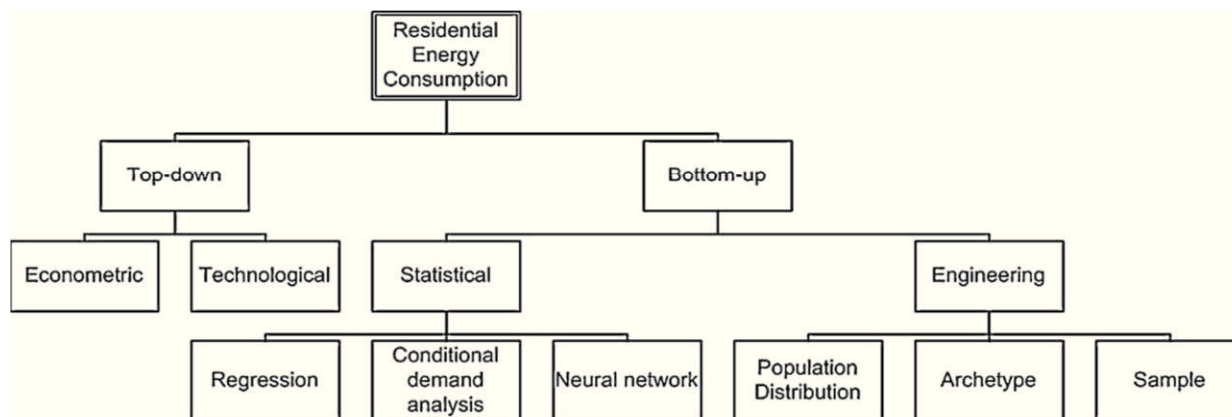


Figura 5. Modello top-down e modello bottom-up per la stima dei consumi energetici alla scala regionale e nazionale. Rielaborazione da L.G. SWAN, V.I. UGURSAL, *op. cit.*, pag. 1822.

Le variabili utilizzate nell'approccio top-down includono prevalentemente indicatori macroeconomici, dal prodotto interno lordo (PIL) alla percentuale di occupati, dal tasso di sostituzione del parco edilizio al numero di unità immobiliari effettivamente abitate. Frequentemente i modelli top-down integrano anche indicatori del tutto generali che si riferiscono ai caratteri tecnologico - costruttivi dell'intero patrimonio immobiliare. In generale l'approccio fa propria l'idea che il fabbisogno globale di energia sia strettamente connesso alla volatilità di questi parametri⁸.

I modelli ascrivibili alla categoria bottom-up fanno uso, invece, di informazioni elaborate ad una scala inferiore a quella dell'ambito cui ci si riferisce nella valutazione. I modelli possono partire dalla quantificazione del fabbisogno per singoli edifici scelti a campione o per piccoli gruppi adeguatamente selezionati e, successivamente, estendere i risultati ottenuti alla scala comunale, regionale o anche nazionale⁹.

Nella seconda parte del capitolo sono affrontati, nello specifico, alcuni tra gli ultimi modelli proposti a livello internazionale. Sarà posto l'accento sulle finalità della valutazione, sulla scala delle informazioni in uscita, sulla metodologia utilizzata, sulla qualità, sulla provenienza e sulla disponibilità delle informazioni in entrata e infine sull'utilizzo di particolari tecnologie e/o strumenti per la lavorazione e l'analisi dei dati.

⁸ L.G. SWAN, V.I. UGURSAL, *op. cit.*, p. 1822.

⁹ *Ibidem*.

3.2. MODELLI DI ANALISI TOP-DOWN PROPOSTI PER LA VALUTAZIONE DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA IN PICCOLI MEDI E GRANDI PARCHI EDILIZI, CON RIFERIMENTO AL PANORAMA ITALIANO ED EUROPEO:

SCHEDE DI SINTESI.

È la crisi energetica che caratterizza a più riprese la seconda metà degli anni '70, a determinare l'avvio delle prime ricerche finalizzate all'elaborazione di modelli top-down di carattere econometrico segnatamente rivolti alla comprensione del comportamento del consumatore ed all'individuazione delle interrelazioni tra i principali indicatori energetici ed economici.

Solo in seguito viene introdotta nella modellazione la componente tecnologica che consente di mettere in relazione il rapido sviluppo in atto durante tutti gli anni Ottanta e Novanta (materiali, impianti, componenti, ecc.), con il conseguente mutamento dei comportamenti e dei consumi.

Negli anni Duemila i modelli si fanno sempre più raffinati e consentono, alle diverse scale, valutazioni indispensabili nella programmazione delle politiche energetiche. Sarà l'avvento dei sistemi informativi territoriali a rendere possibile l'uso d'informazioni energetiche quale principale strumento per una migliore pianificazione degli interventi a carattere urbano.

I modelli sono presentati mantenendo lo stesso schema, cercando in questo modo di rendere agevole un'eventuale comparazione che non può essere tuttavia forzata anche viste le sensibili differenze tra un modello e l'altro. Sono individuate per ciascun lavoro:

FINALITÀ;

METODO;

DATI IN INGRESSO;

DATI IN USCITA;

OGGETTO DI INDAGINE;

e, da ultimo, le CRITICITÀ che si ritiene importante sottolineare.

L'indicazione cronologica che determina l'ordine con il quale le indagini sono presentate, fa riferimento al primo articolo noto ove il lavoro di ricerca è presentato e pubblicato.

3.2.1. Energy and Environmental Prediction (EEP) - Neath Port Talbot, Galles - Regno Unito - 2001¹⁰.

FINALITÀ

Il modello di calcolo Energy and Environmental Prediction (EEP) proposto dieci anni fa da Jones, Lannon, e Williams della Welsh School of Architecture (Cardiff University), integra una serie di sub-modelli con lo scopo di quantificare il fabbisogno energetico relativo ad aree territoriali e ad attività urbane diversificate.

Il modello va a costituire un nuovo strumento urbanistico per lo sviluppo sostenibile della città.

METODO

Per quel che riguarda il fabbisogno energetico legato al comparto residenziale, il modello fornisce valutazioni basandosi sulla metodologia ufficiale Standard Assessment Procedure (SAP) che utilizza un sistema di calcolo a punteggio (0 - 100) adottato nel Regno Unito per la valutazione della prestazione energetica degli edifici e per la redazione della certificazione energetica.

Il sub - modello di calcolo relativo al fabbisogno residenziale sviluppa una procedura di raccolta delle informazioni basata su un'indagine speditiva (non richiede accesso diretto alla proprietà) e sul raggruppamento di edifici con caratteristiche simili (100 cluster individuati da 5 classi di età per 20 tipologie edilizie) a consentire la successiva assegnazione ad ogni singolo edificio degli attributi del gruppo (cluster) di appartenenza.

DATI IN INGRESSO:

- posizione: ogni edificio è collocato all'interno di un sistema informativo territoriale (GIS) sulla base del proprio indirizzo e del proprio numero civico;
- dimensioni: con un elevato livello di approssimazione, direttamente sul sistema GIS, sono stimate la dimensione dell'area a terra, della superficie utile riscaldata e della superficie esposta.
- età: ad ogni edificio è attribuita una specifica classe anagrafica (pre 1919, 1919 - 1944, 1945 - 1964, 1965 - 1980, dopo 1980) in conformità alle fonti storiche esaminate (cartografia, cessati catasti, ecc.);
- tipologia: sono indicati per ogni edificio il numero di piani, il numero di comignoli, l'altezza interpiano, il rapporto tra pieni e vuoti e la superficie della facciata. Queste informazioni sono individuate sulla base dell'indagine speditiva.

¹⁰ P.J. JONES, S. LANNON, J. WILLIAMS, *Modelling building energy use at urban scale*. In: Proceedings of the Seventh International Building Performance Simulation Association Conference (IBPSA), Rio de Janeiro (Brazil), 13-15 August 2001, pp. 175-180.

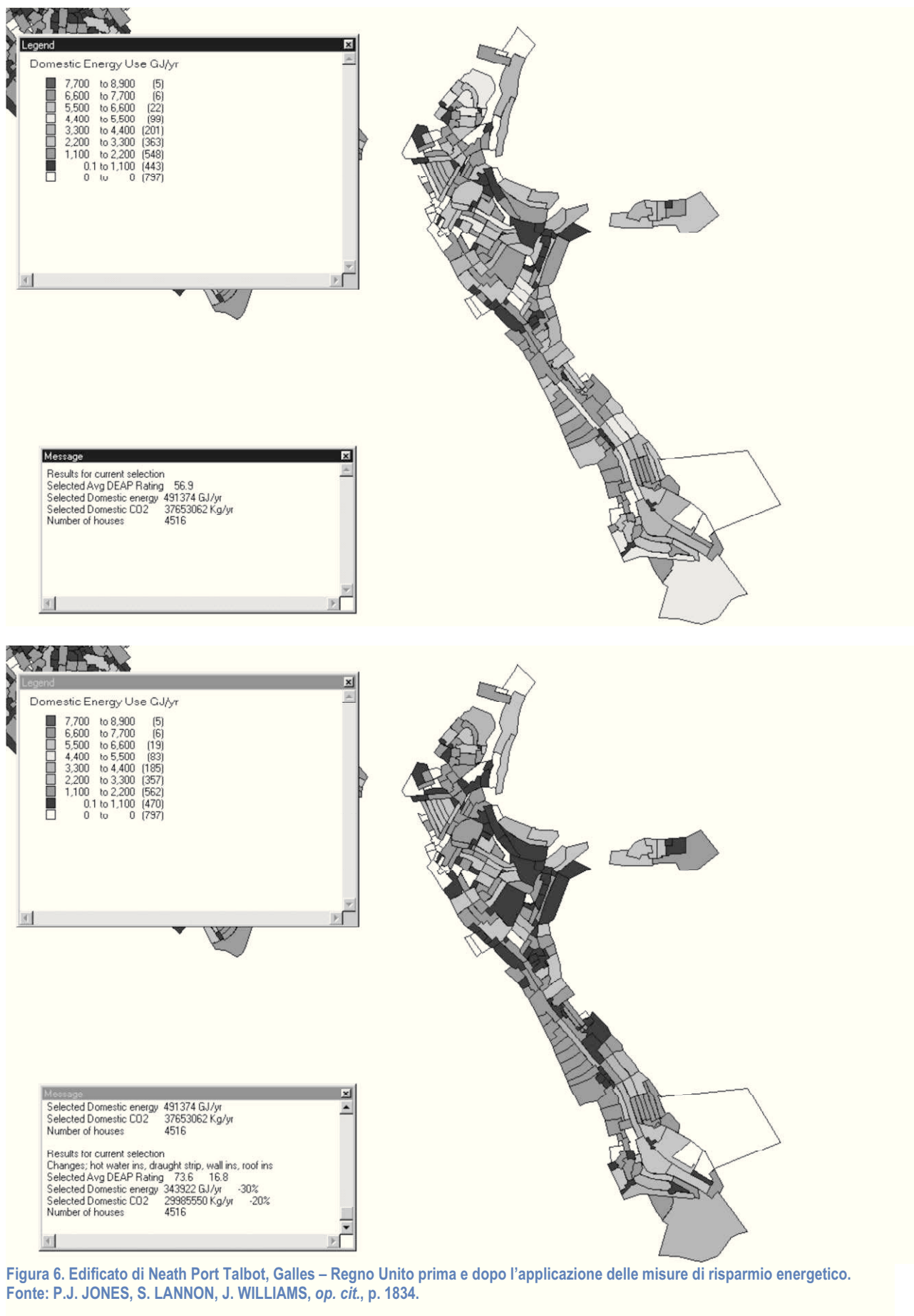


Figura 6. Edificato di Neath Port Talbot, Galles – Regno Unito prima e dopo l'applicazione delle misure di risparmio energetico.
Fonte: P.J. JONES, S. LANNON, J. WILLIAMS, *op. cit.*, p. 1834.

- ipotesi: sulla base della classe anagrafica sono indicate, a loro volta, le caratteristiche fisiche di pareti, pavimenti e coperture e, su base statistica, è calcolato il consumo di ACS.

DATI IN USCITA

Sulla base del fabbisogno di energia attribuito a ciascun cluster e sul conseguente livello di emissione di CO₂, il metodo di analisi permette la valutazione del fabbisogno energetico a diverse scale, dall'unità immobiliare all'intera area urbana. Consente inoltre alla stessa scala la valutazione degli effetti delle differenti misure volte al risparmio energetico.

OGGETTO DI INDAGINE

Dimensioni medio-piccole.

Centro storico di Neath Port Talbot, Galles - Regno Unito.

CRITICITÀ

Il sistema EEP, ascrivibile alla categoria top-down perché impostato su informazioni raccolte per l'intero parco edilizio in esame, individua in modo piuttosto dettagliato i parametri e gli elementi che influiscono sulle prestazioni degli edifici ma determina, con un alto grado di approssimazione, il fabbisogno energetico di ciascuna unità immobiliare. Il rapporto costi / benefici in termini valutazione del modello risulta quindi decisamente elevato.

Infine il sistema non fa alcun riferimento alle caratteristiche delle utenze ed alla quantificazione dei consumi dovuti all'apporto umano.

Analogamente al modello inglese, il progetto di ricerca italiano Building Energy and Environment Performance System (BEEPS) propone uno strumento per la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici esistenti, attraverso una metodologia semplificata di analisi degli edifici supportata da un database in ambiente GIS.¹¹ Il valore aggiunto del progetto BEEPS consiste nell'integrazione dei dati fisico-tecnici dell'edificio mediante un questionario per la valutazione soggettiva della qualità dell'ambiente interno e nella messa in rete del questionario stesso, in modo da fornire uno strumento compilabile e aggiornabile dall'utenza. Si tratta di una proposta sicuramente all'avanguardia poiché il progetto è stato sviluppato tra il 2001 e il 2003.

¹¹ L. DE SANTOLI, U. DI MATTEO, *Building Energy and Environment Performance System (BEEPS): a programme for building energy certification in Italy*, «Building services engineering research & technology», vol. 24, fasc. 2 (2003), pp. 61-68.

3.2.2. GIS energy model - Goteborg - Svezia - 2006¹².

FINALITÀ

L' Environmental Building Stock Information System for Sustainable Development (EBSISSD) consente di poter costruire, analizzare e visualizzare i dati ambientali legati al patrimonio edilizio svedese esistente. Il modello in esame ha come obiettivo l'integrazione del fabbisogno energetico all'interno di questo sistema informativo. La disponibilità dell'informazione sul fabbisogno energetico del patrimonio edilizio esistente consente, da una parte, di sostenere politiche volte al risparmio e, dall'altra, si configura come strumento di benchmarking per l'intero comparto residenziale.

Nello specifico le finalità del modello proposto cinque anni fa da Tornberg e Thuvander sono:

- indagare le piattaforme informative a disposizione e il livello di integrabilità all'interno di un sistema informativo territoriale (GIS);
- consentire la visualizzazione e l'interrogazione delle informazioni di carattere ambientale alle diverse scale.

METODO

Il sistema informativo territoriale che consente l'archiviazione e la gestione delle diverse banche dati è costruito su architettura ArcGIS (software prodotto e distribuito da ESRI). Le banche dati, prima di essere integrate all'interno del sistema informativo territoriale, sono importate (da fonti analogiche, da Microsoft Excel, ecc.) e processate all'interno di Microsoft Access.

DATI IN INGRESSO

- informazioni di carattere catastale: la banca dati del registro immobiliare individua un record per ogni unità e contiene alcune informazioni fondamentali sia di carattere amministrativo (codice, proprietà, ecc.) sia di carattere tecnico (anno di costruzione, destinazione d'uso, ecc.).
- consumi: la banca dati fornita dalla principale compagnia di distribuzione dell'energia (teleriscaldamento, gas ed elettricità) copre completamente la città. Il dato, aggregato per sezioni, distretti e stazioni di misurazione, non consente alcuna relazione diretta con l'unità immobiliare o con l'intero edificio cui essa appartiene. Alla scala dell'isolato e dell'organismo urbano costituisce comunque un eccellente indicatore che può essere messo in relazione con i valori determinati attraverso complessi modelli di calcolo.
- consumi ed informazioni di gestione: la banca dati fornita da tre società di gestione immobiliare individua il reale consumo energetico per elettricità, riscaldamento ed acqua calda sanitaria relativo ad ogni unità immobiliare posseduta. In questo caso

¹² J. TORNBERG, L. THUVANDER, *A GIS energy model for the building stock of Goteborg*. In: Proceedings of the 25th annual ESRI user conference, 2005.

l'informazione risulta parziale (680 unità immobiliari) e disomogenea alla fonte. Non può pertanto essere utilizzata se non per considerazioni e valutazioni sufficientemente circoscritte.

- consumi statisticamente determinati: sulla base del dato anagrafico, il modello individua statisticamente il consumo per il riscaldamento di ciascuna unità immobiliare.
- destinazione d'uso: direttamente sul sistema informativo territoriale (GIS) viene individuata per ciascun edificio la destinazione d'uso (unifamiliare, plurifamiliare, casa per le vacanze, negozio, ospedale, scuola, fabbricato industriale, fabbricato rurale), nella consapevolezza che edifici con la stessa destinazione d'uso hanno forti similarità anche in termini di fabbisogno energetico.

DATI IN USCITA

Il modello consente la visualizzazione e l'eventuale interrogazione su base GIS delle banche dati acquisite.

OGGETTO DI INDAGINE

Dimensioni medie.

Goteborg - Svezia.

CRITICITÀ

Il sistema informativo territoriale (GIS) consente di mettere in relazione le diverse categorie di informazioni e di visualizzarle geograficamente e graficamente in modo molto impattante. Manca però un riferimento preciso per la valutazione dell'incertezza nelle proposte per la quantificazione dei consumi.

La registrazione dei consumi oltre ad essere un dato per sua natura sensibile, quindi oggi scarsamente disponibile, è anche influenzata, in modo del tutto imprevedibile, da numerosi fattori (comportamento, condizione socio-economica, ecc.), che, alle volte, rendono del tutto inattendibile il valore indicato.



Figura 7. Edificato di Goteborg - Svezia. Individuazione delle classi di consumo sulla base delle informazioni fornite dalle società di gestione immobiliare e su base statistica. Fonte: J. TORNBORG, L. THUVANDER, *op. cit.*, pp. 10-11.

3.2.3. Fuel poverty in Scotland: a GIS-based multiple risk index - Scotland - Regno Unito - 2007¹³

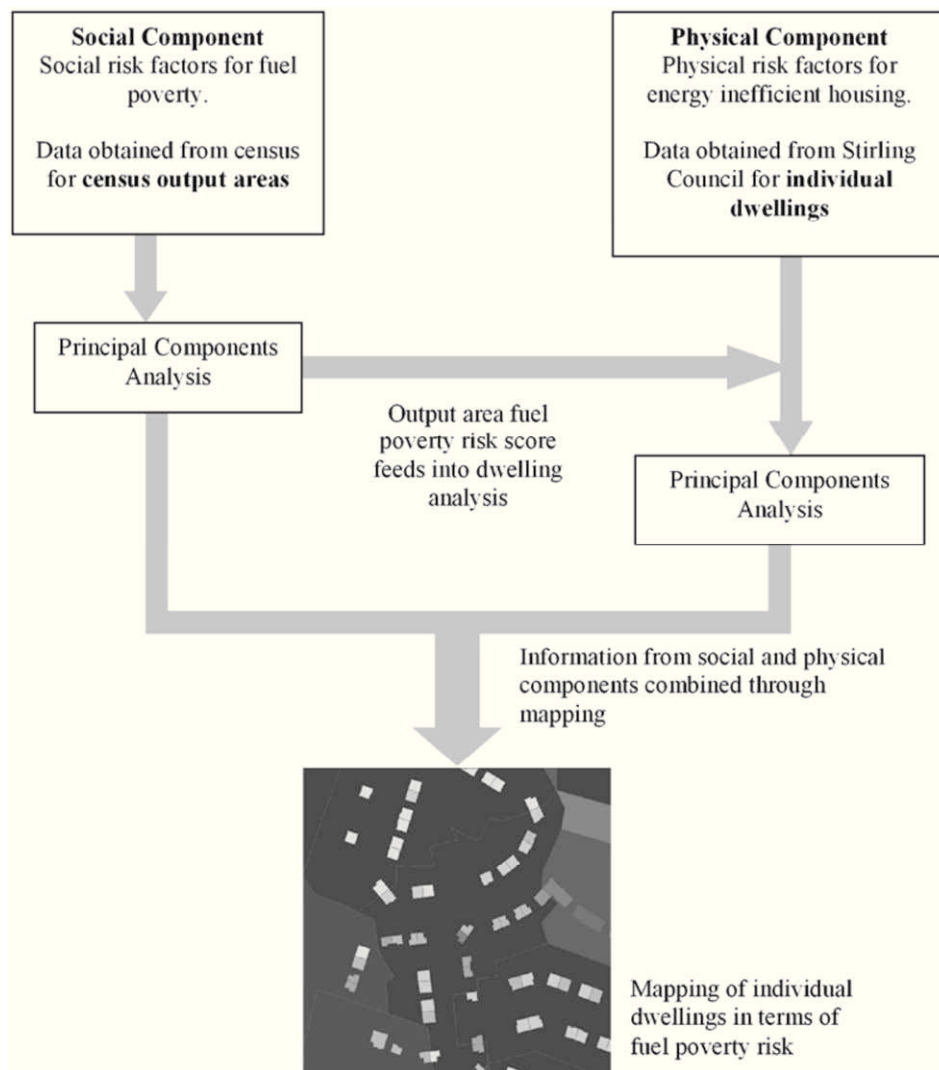


Figura 8. Quadro metodologico. Fonte: C. MORRISON, N. SHORTT, *op. cit.*, p. 707.

FINALITÀ

Lo strumento proposto da Morrison e Shortt dell'Institute of Geography (University of Edinburgh), consente di integrare una molteplicità di indicatori di rischio al fine di migliorare il riconoscimento delle aree caratterizzate da precarietà energetica (fuel poverty), nell'intento del governo scozzese di sradicare il fenomeno entro il 2016. Nello specifico, la metodologia proposta, operando su piattaforma GIS ed integrando i dati del censimento con le informazioni legate all'efficienza energetica del patrimonio edilizio

¹³ C. MORRISON, N. SHORTT, Fuel poverty in Scotland: Refining spatial resolution in the Scottish Fuel Poverty Indicator using a GIS-based multiple risk index, «Health & Place», vol. 14 (2008), pp. 702-717.

esistente, punta a migliorare l'identificazione delle aree, finanche delle abitazioni, maggiormente colpite da precarietà.

METODO

La precarietà energetica risente quindi dell'interazione reciproca tra fattori sociali e fattori fisici legati all'efficienza energetica del patrimonio edilizio esistente. Entrambi gli aspetti devono essere correttamente rappresentati e integrati nell'indicatore di precarietà, che deve prendere in considerazione tutte le informazioni disponibili a livello locale. L'utilizzo della piattaforma GIS garantisce al modello dati una relativa flessibilità che consente di integrare, nel tempo, le nuove informazioni a disposizione, anche a scale molto diverse fra loro.

Uno degli aspetti più innovativi è legato all'utilizzo del modello statistico di Analisi delle Componenti Principali (PCA), finalizzato alla riduzione delle informazioni nella costruzione di indicatori compositi operanti a molteplici scale di riferimento. La PCA è utilizzata in particolare quando la distribuzione probabilistica dei dati relativi alla caratteristica in esame non è nota. Il modello consente di stimare preventivamente la distribuzione probabilistica in modo da fornire un criterio di classificazione per i dati successivamente raccolti.

DATI IN INGRESSO

- informazioni di carattere catastale: la banca dati dello Stirling Council, costruita su piattaforma GIS, messa a disposizione dall'Housing Services, consente la mappatura dell'85 % delle unità immobiliari (30.000), sia pubbliche che private.
- informazioni di carattere locale: le informazioni, fornite in tempi diversi dalle amministrazioni locali, consentono, per una percentuale di edifici che si aggira intorno al 25%, una sommaria valutazione di alcune variabili strettamente connesse con l'efficienza energetica delle costruzioni in esame (anno di costruzione, destinazione d'uso, sistema per il riscaldamento dell'acqua ecc.).
- informazioni di carattere socio - economico: una sistematica indagine sulle condizioni socio - economiche degli abitanti, solo nelle aree per le quali sono disponibili informazioni sufficienti a quantificare la prestazione energetica degli edifici, consente una valutazione ponderata dell'indice di precarietà energetica.

DATI IN USCITA

Il modello consente dapprima la mappatura della componente sociale dell'indice di precarietà energetica sia a livello di circoscrizione sia a livello di settore urbano. La sovrapposizione con la componente di rischio determinata dall'efficienza energetica degli edifici esistenti consente di evidenziare, soprattutto in alcune aree, un forte scostamento in termini di rischio tra le due componenti. L'uso di indicatori sociali, considerati alla grande scala, non consente la distinzione di sacche di rischio che

frequentemente si annidano all'interno di circoscrizioni per loro natura molto eterogenee. È proprio su queste realtà che i geografi scozzesi propongono di intervenire anche con specifiche azioni volte alla riduzione del fabbisogno energetico (sostituzioni dell'impianto di riscaldamento centralizzato, isolamento delle chiusure verticali, isolamento delle chiusure orizzontali, ecc.).

OGGETTO DI INDAGINE

Dimensioni medio-grandi.

Stirling Council area, Scotland - Regno Unito.

CRITICITÀ

Il sistema informativo territoriale (GIS) consente agli autori la predisposizione di una piattaforma multiscalare.

La scrupolosa attenzione dei due studiosi scozzesi alla determinazione dell'indicatore di precarietà e della componente sociale in particolare, non è riscontrabile negli altri modelli analizzati. L'introduzione di variabili di carattere sociale, che frequentemente sfuggono a logiche distributive di tipo gaussiano, e che conseguentemente possono invalidare il risultato, obbliga alla predisposizione di metodiche inverse (PCA) per la validazione dei dati. Come rilevato dagli stessi studiosi, la scarsa disponibilità e la parziale copertura delle informazioni relative alla prestazione energetica dei singoli edifici rende inoltre approssimativa e parziale la ponderazione con il dato socio-economico. Infine il caso studio deve essere considerato a carattere strettamente esemplificativo, in particolare in relazione alla scarsa possibilità di reperire lo stesso tipo di informazioni in altre realtà urbane e territoriali.

3.2.4. Energy performance of large scale building stocks - Piemonte - Italia - 2010¹⁴.

FINALITÀ

Lo strumento predisposto da Fracastoro e Serraino del Dipartimento di Energetica (Politecnico di Torino), si propone quale modello per la definizione di una scala prestazionale di riferimento per la certificazione energetica, finalizzata alla validazione di politiche energetiche e di misure cogenti, alla definizione di incentivi per la riqualificazione degli edifici ed alla valutazione dei risultati.

¹⁴ G. V. FRACASTORO, M. SERRAINO, *E-SDOB per una migliore conoscenza dei grandi parchi edilizi*, «AiCARR journal», n. 1 (2010), pp. 12-16. Più approfonditamente in G. V. FRACASTORO, M. SERRAINO, *A methodology for assessing the energy performance of large scale building stocks and possible applications*, «Energy and Buildings», vol. 43 (2011), pp. 844-852.

L'approccio top-down, finalizzato alla determinazione del fabbisogno di energia primaria, individua un doppio criterio di analisi, a due diversi livelli di approssimazione. La procedura sintetica è basata sulle statistiche riportate dal rapporto Energia ed Ambiente pubblicato da ENEA nel 2005. Al contrario, la procedura analitica, parte dalla banca dati del Censimento Nazionale 2001 integrata con numerose informazioni reperibili anche mediante analisi in situ.

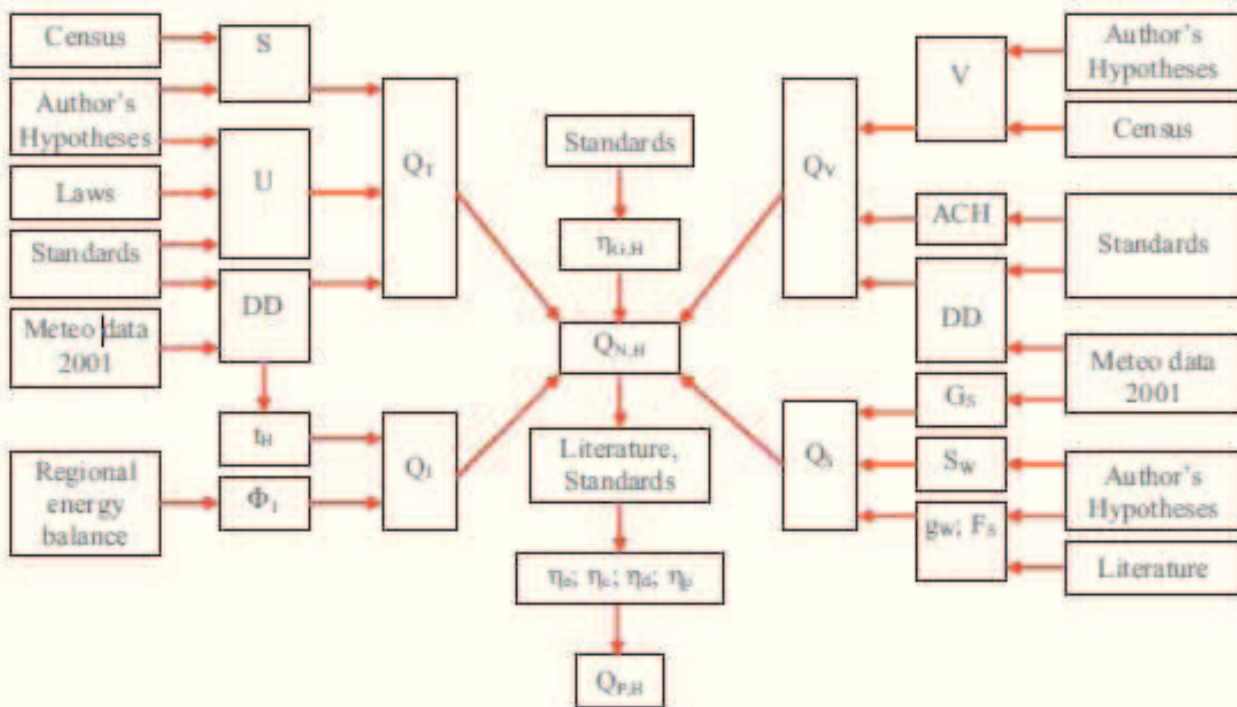


Figura 9. Dati in input per la determinazione del fabbisogno di energia termica utile per il riscaldamento invernale.
Fonte: G. V. FRACASTORO, M. SERRAINO, *op. cit.*, p. 847.

METODO

L'esperienza condotta, a più livelli di approssimazione, sull'intero Piemonte, rimane sempre all'interno della grande famiglia top-down.

La procedura sintetica si basa su dati di consumo aggregati a livello nazionale e su indicazioni molto approssimative della superficie utile totale. Il risultato, in termini di consumo globale di energia primaria, espresso in kWh/m²-anno, è verificato attraverso la procedura analitica che, sulla base della norma UNI EN ISO 13790:2008, determina in modo speditivo il fabbisogno di energia termica utile e il fabbisogno di energia primaria per il solo riscaldamento. La validazione è quindi reciproca. Anche l'approccio analitico trae concretezza poiché confermato dal dato reale di consumo.

DATI IN INGRESSO

- La procedura sintetica utilizza il dato di consumo di energia primaria fornito da ENEA accettando che esso sia sostanzialmente indipendente e dalla regione considerata e dalla fonte energetica utilizzata. Il dato è successivamente interpolato con la superficie

utile della totalità degli edifici piemontesi e ulteriormente lavorato tenendo conto che quota parte della superficie occupata non è effettivamente riscaldata.

- la procedura analitica elabora invece informazioni disponibili a partire dai dati del Censimento Nazionale 2001, integrati con analisi ed osservazioni in situ.

Delle cinque categorie di dati in entrata (fattori geometrici, caratteristiche costruttive, dati meteorologici, condizioni interne, rendimento dell'impianto termico) sono individuati obiettivi, fonti ed incertezza. Per qualificare ciascuna di queste variabili sono individuate differenti categorie. Per fare un esempio, il fattore geometrico è caratterizzato da 72 tipologie di edifici nelle quali vengono fatte rientrare tutte le unità esistenti. Ancora, il rendimento di produzione è stato calcolato facendo uso del concetto di exergia come massimo lavoro ottenibile dall'interazione tra sistema ed ambiente circostante.

DATI IN USCITA

Il primo risultato mira alla definizione precisa della scala prestazionale di riferimento per la certificazione energetica secondo la norma UNI EN ISO 15217:2007. Il consumo medio dell'intero parco edilizio, ricavabile attraverso la procedura sintetica illustrata poco sopra, rappresenta il confine fra le classi D ed E. Se il legislatore regionale non ha strumenti per prendere coscienza della suddivisione nelle diverse classi non è capace di gestire la programmazione delle politiche energetiche e l'ottimizzazione degli incentivi.

Il secondo risultato è la convalida della procedura analitica sulla base dei risultati del metodo sintetico. L'analisi dell'incertezza che grava su alcuni dati in entrata consente, per il metodo analitico, la valutazione degli effetti sulla determinazione del fabbisogno di energia primaria e l'individuazione di un range di valori entro cui il risultato può muoversi. A questo livello il confronto tra le due procedure.

OGGETTO DI INDAGINE

Dimensioni medio-grandi.

Regione Piemonte - Italia.

CRITICITÀ

La verifica incrociata dei risultati a scala così ampia non consente la piena validazione del modello analitico. Le informazioni in entrata, soprattutto in riferimento ai fattori di carattere geometrico (Censimento Nazionale 2001), appaiono approssimative. La geometria dell'edificio è definita attraverso il numero di unità immobiliari e di piani, anche in funzione dell'epoca di costruzione. La presenza di edifici limitrofi, che influenza in modo sostanziale le dispersioni dell'involucro, è assunta come indicazione generica e non consente una quantificazione, ancorché approssimativa, della percentuale di superficie disperdente. Infine, la superficie utile, ed il rapporto tra area vetrata e pavimento sono assunti in termini generali in funzione dell'epoca di costruzione. Questo livello di approssimazione dovrebbe essere validato non tanto da una valutazione alla

scala regionale dei consumi di energia primaria (metodo sintetico), quanto dalla verifica del modello analitico ad una scala più circoscritta (per esempio alcuni isolati scelti a campione in diverse città), mediante l'ingresso di informazioni molto più precise, soprattutto sui caratteri geometrici e costruttivi del parco in analisi.

Infine, il modello presentato, non utilizza nessuno strumento di analisi e restituzione delle valutazioni in ambiente GIS. I risultati ottenuti con il metodo analitico potrebbero invece costituire un'interessante banca dati su cui lavorare anche in chiave geostatistica.

3.2.5. Riqualificazione dell'edilizia residenziale di una città - Roma - Italia - 2010¹⁵.

FINALITÀ

Nell'impossibilità di valutare analiticamente i consumi energetici di ogni singolo edificio, il gruppo guidato dall'prof. De Santoli si pone l'obiettivo di stimare i fabbisogni energetici globali del settore edilizio residenziale mediante un'opportuna lavorazione dei dati aggregati resi disponibili a diversi livelli. Analizzato il fabbisogno energetico dell'intero parco edilizio della città di Roma, il gruppo di ricerca tenta un ulteriore passo nella valutazione dei risultati, in termini di risparmio energetico, di alcuni specifici interventi e degli effetti degli stessi interventi se immaginati condotti a scala urbana. La variabile economica, l'indice di convenienza (individuato nel rapporto tra il kWh risparmiato e l'euro speso), dovrebbe consentire una migliore programmazione delle politiche energetiche ed un più mirato controllo degli esiti delle stesse.

METODO

Il modello di calcolo del fabbisogno di energia termica utile e del fabbisogno di energia primaria per il solo riscaldamento è del tutto simile al modello analitico proposto dagli studiosi piemontesi¹⁶. La semplificazione è ancor più evidente. Gli edifici-tipo individuati sono sette, in stretta relazione alle sette epoche di costruzione indicate dal Censimento Nazionale 2001. L'analisi delle caratteristiche morfologiche ha consentito di associare a ogni edificio-tipo un fattore di forma e, successivamente, di calcolare le superfici disperdenti, siano esse verticali od orizzontali, opache o trasparenti. Anche per gli impianti, il rendimento è fissato sulla base del periodo di costruzione. Il calcolo del fabbisogno di energia primaria per il solo riscaldamento è il primo risultato della ricerca. L'indagine acquisisce poi una dimensione operativa. I risultati in termini di fabbisogno sono ricalcolati tenendo presente alcune possibili categorie di intervento e sulla base di auspicabili integrazioni tra di esse. L'attenzione si sposta sul risparmio, sul costo, sull'indice di convenienza e, non ultimo, sul tempo di ritorno dell'investimento.

¹⁵ L. DE SANTOLI, F. MANCINI, M. CECCONI, *Riqualificazione dell'edilizia residenziale di una città. Il caso Roma*, «AiCARR journal», n. 1 (2010), pp. 18-22.

¹⁶ G. V. FRACASTORO, M. SERRAINO, *op. cit.*, pp. 844-852.

DATI IN INGRESSO

Il modello di calcolo del fabbisogno di energia termica utile e del fabbisogno di energia primaria per il solo riscaldamento utilizza informazioni elaborate sulla base dei dati del Censimento Nazionale 2001, integrati con analisi e osservazioni in situ.

Non sono invece indicati dagli autori i dati di riferimento per il calcolo dell'investimento necessario per ciascuna categoria d'intervento.

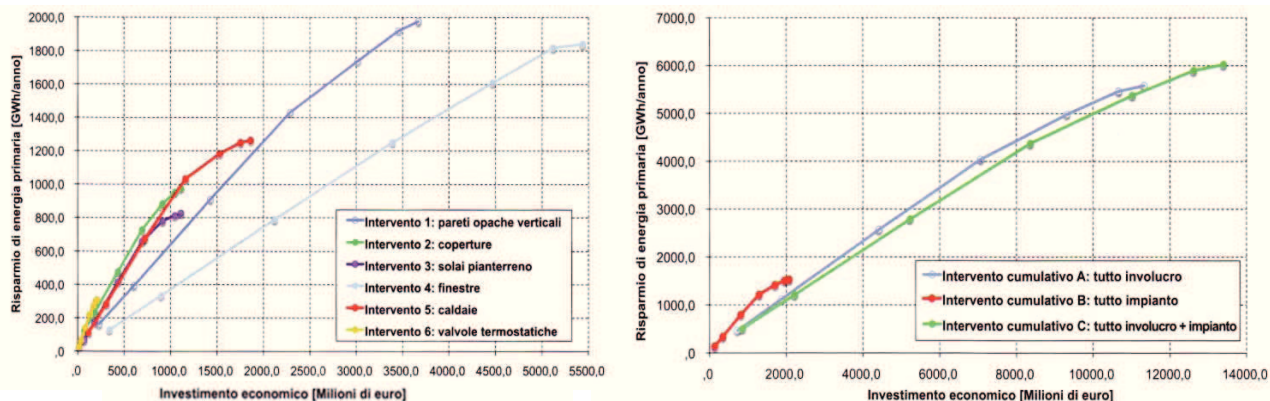


Figura 10. Risparmio energetico conseguente i diversi interventi di riqualificazione energetica.

Fonte: L. DE SANTOLI, F. MANCINI, M. CECCONI, *op. cit.*, pp. 21-22.

DATI IN USCITA

Il primo dato in uscita, il fabbisogno medio di energia primaria per il solo riscaldamento, calcolata in kWh/m²-anno, è quantificata per epoca di costruzione sull'intero campione in esame. Sempre tenendo conto dell'epoca di costruzione sono calcolati gli investimenti necessari per effettuare le diverse categorie di intervento e, soprattutto, il risparmio annuale in GWh/anno e in M€/anno.

Infine, la graduatoria in termini di convenienza economico-energetica dei diversi investimenti (presi singolarmente o cumulati) è costruita sulla base dell'indice di convenienza kWh risparmiato/€ speso.

CASO STUDIO

Dimensioni medie.

Roma - Italia.

CRITICITÀ

Anche in questo caso, così come nel precedente lavoro, le informazioni in entrata, soprattutto in riferimento ai fattori di carattere geometrico e fisico (Censimento Nazionale 2001), appaiono approssimative. Tutte le misurazioni (superficie utile, superficie disperdente - sia essa verticale o orizzontale, trasparente o opaca - trasmittanza termica di pareti, solai, pavimenti e chiusure, rendimento degli impianti) sono stimate in funzione dell'epoca di costruzione. L'indice di convenienza espresso in kWh risparmiato/€ speso appare un primo efficace tentativo di costruire un indicatore che aiuti la promozione di efficaci politiche energetiche. Senza la precisazione delle modalità di calcolo e dei dati in

ingresso per la valutazione del costo dell'intervento, l'indice individuato non risulta però facilmente verificabile.

Infine, il modello presentato, non utilizza nessuno strumento di analisi e restituzione delle valutazioni in ambiente GIS.

3.2.6. Energy Web Feltre per il contenimento dei consumi energetici a scala urbana - Feltre (BL) - Italia - 2010¹⁷.

FINALITÀ

Il progetto di ricerca "Energy Web Feltre", proposto da un grosso gruppo di lavoro che annovera al suo interno alcuni tra i più importanti centri di ricerca e laboratori del Nord-Est, tra cui vale solo la pena di ricordare il Consorzio BIM Piave, l'ARPAV, l'Università IUAV di Venezia ed il Land Technologies & Services "ha lo scopo di sviluppare una iniziativa di ricerca e formazione sul tema del contenimento dei consumi energetici a scala urbana, con l'obiettivo di realizzare un sistema di conoscenze socialmente condivise sullo stato di fatto relativo ai consumi e alle emissioni e alla prospettiva di miglior uso dell'energia, integrando le risorse tradizionali con quelle rinnovabili."¹⁸ L'oggetto di indagine comprende tutti gli edifici situati in una porzione di territorio comunale di circa 2 Km², parzialmente coincidente con il centro urbano di Feltre.

METODO

Ad un modello digitale ad altissima definizione della città storica di Feltre, realizzato mediante l'integrazione di tecnologia Lidar (dal cielo) e di tecnologia Laser Scanner (da terra), sono state associate alcune informazioni mirate alla quantificazione dei consumi di energia, ottenute anche attraverso l'integrazione del rilievo delle dispersioni termiche effettuato a tappeto mediante l'uso di macchina termografica.

Nell'intento dei responsabili del progetto è possibile, in questo modo, costruire un quadro di conoscenze dello stato di fatto dei consumi, da condividere in tempo reale tra comunità e amministrazione locale. L'obiettivo finale rimane la programmazione di efficaci politiche energetiche soprattutto nell'ambito delle rinnovabili, in uno scenario di produzione/consumo strettamente locale (microgenerazione distribuita).

DATI IN INGRESSO:

I dati in ingresso sono strettamente connessi alla significativa disponibilità di mezzi per il rilevamento urbano:

¹⁷ FONDAZIONE PER L'UNIVERSITÀ E L'ALTA CULTURA IN PROVINCIA DI BELLUNO, BIM PIAVE, ARPAV, UNIVERSITÀ IUAV DI VENEZIA – CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SIT E TELERILEVAMENTO, UNISKY SRL SPIN-OFF IUAV, LTS LAND TECHNOLOGIES & SERVICES, *Energy Web Feltre, Formazione e Ricerca a Feltre in tema di contenimento dei consumi energetici a scala urbana*, www.ricercasit.it, pp. 1-62.

¹⁸ *Ivi*, p. 4.

- restituzione tridimensionale ad altissima risoluzione dell'intero ambito di indagine, ottenuta mediante l'integrazione della tecnologia Lidar (dal cielo) e della tecnologia Laser Scanner (da terra);
- restituzione ortofotografica estesa all'intero ambito di indagine;
- rilievo termografico esteso all'intero ambito di indagine;
- monitoraggio dei consumi in tempo reale esteso ad un campione statistico di edifici;
- sistema informativo territoriale finalizzato alla georeferenziazione, per ciascun edificio compreso nell'ambito di indagine, di alcune informazioni sulla composizione delle famiglie e dei dati di consumo, entrambe legati alla numerazione civica. Gli indirizzi anagrafici georiferiti, informazione strategica in qualsiasi sistema informativo territoriale quale possibile chiave di relazione tra banche dati diverse, sono forniti dallo IUAV. Le informazioni sui nuclei famigliari, finalizzate alla qualificazione della popolazione dal punto di vista socio-economico, sono rese disponibili dall'amministrazione comunale di Feltre, le informazioni sulle attività economiche dalla CCIAA ed infine i dati di consumo georiferiti mediante l'indirizzo associato al contratto, sono raccolti dal Consorzio BIM Piave.

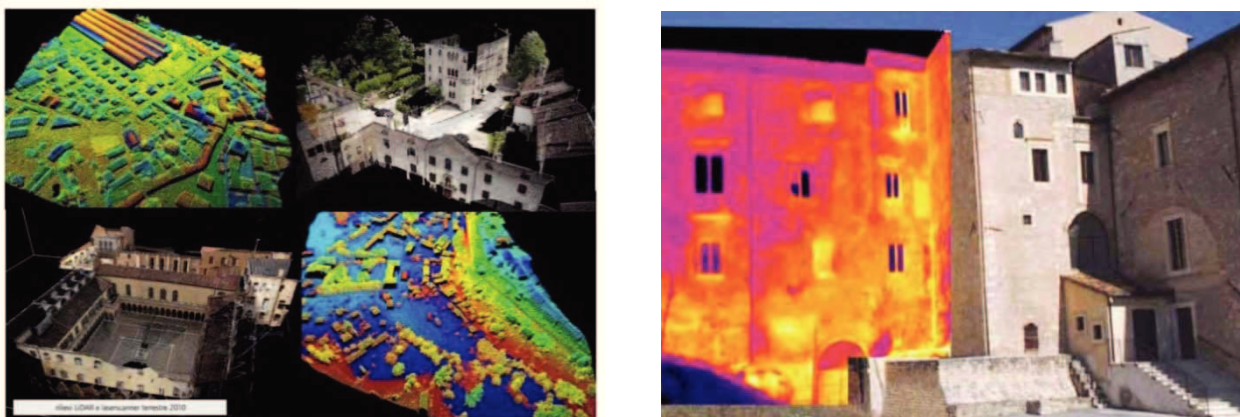


Figura 11. Acquisizioni con tecnologia Lidar (dal cielo) e con tecnologia Laser Scanner (da terra). Fonte: FONDAZIONE PER L'UNIVERSITÀ E L'ALTA CULTURA IN PROVINCIA DI BELLUNO, *op. cit.*, illustrazioni inserite tra le pp. 29-30.

DATI IN USCITA

Per la comprensione delle complesse relazioni tra i diversi aspetti legati alla distribuzione dei consumi ed ai caratteri tipologico - costruttivi dell'edilizia storica del centro di Feltre, gli autori elaborano alcuni indicatori che integrano diversi aspetti correlati tra loro ed allo stesso tempo rendono disponibile la loro proiezione sul medesimo sistema informativo territoriale utilizzato per la georeferenziazione delle informazioni in entrata.

Gli indicatori previsti sono sei¹⁹:

- caratteristiche del patrimonio edilizio e dei quartieri;
- caratteristiche della popolazione;
- caratteristiche delle attività produttive e dei servizi;
- classificazione degli edifici e dei quartieri per dispersione termica;
- classificazione delle unità immobiliari suddivise per classi di consumo (Firma);
- politiche, piani, incentivi e correlazioni con dispersione e consumi

Infine è prevista una piattaforma web geografica, basata sugli standard di interoperabilità previsti dal consorzio OCG²⁰ quale "strumento indispensabile per condividere gli strati informativi tra soggetti che utilizzano piattaforme diverse"²¹: enti, aziende, cittadini, ecc..

CASO STUDIO

Dimensioni medio-piccole.

Centro storico di Feltre - Belluno - Italia.

CRITICITÀ

Ad oggi il progetto deve ancora vedere la luce. Lo studio presentato, per certi versi indiscutibilmente originale, è ancora allo stadio preliminare e molti aspetti sono enunciati senza però essere chiariti. In particolare rimane molto vaga la descrizione della metodologia per l'elaborazione degli indicatori che dovrebbero andare a costituire i dati in uscita.

Una parola può invece essere spesa in merito alle modalità individuate per l'acquisizione delle informazioni. A fronte di un risultato che promette significativi avanzamenti nella comprensione delle maggiori criticità in termini di efficienza energetica nel costruito storico, non è possibile nascondere il grosso onere in termini di conoscenze, tempo e risorse economiche, previste nella fase di acquisizione dei dati.

¹⁹ *Ivi*, p. 31.

²⁰ Per **OGC** si intende l'*Open Geospatial Consortium* rappresentato da un consorzio internazionale di organizzazioni, agenzie governative, aziende, università ed enti di ricerca che, attraverso un processo di collaborazione, si impegnano a sviluppare, pubblicare e rendere disponibili specifiche ed interfacce standard per l'informazione geospaziale. Tali specifiche riguardano servizi e formati che si basano sul linguaggio universale XML che, così definiti, permettono operazioni di interoperabilità tra sistemi e software differenti, tali da condividere numerose tipologie informative. In particolare assume grande importanza il concetto di web service che sta rivoluzionando la diffusione delle informazioni geospaziali, in particolare per quelle di grandi dimensioni. I dati non sono più fruibili come residenti in locale, ma offerti e accessibili in remoto attraverso una richiesta ad un "web server" dedicato, in genere rappresentato da un WebGIS o da una infrastruttura di dati territoriali. Fonte: www.geospazio.it.

²¹ *Ibidem*.

3.2.7. Efficienza energetica degli edifici e applicazioni GIS - Bologna - Italia - 2010²².

FINALITÀ

Lo studio condotto dal responsabile dei sistemi informativi territoriali e tecnici di Gruppo Hera S.p.a., una tra le più importanti multiutility del paese, apre uno scenario del tutto inedito sia sul piano metodologico sia sul piano informativo. L'indagine, proposta al di fuori dell'ambito accademico, è favorita dalla disponibilità di un importante quadro informativo, esaustivo, e per la maggior parte coperto dalle norme previste nel Codice in materia di protezione dei dati personali, in altre parole indisponibile ad altri centri di ricerca²³. Inoltre sul piano delle competenze, i quadri del gruppo bolognese dispongono e sono in grado di gestire tecnologie del tutto innovative per la lavorazione delle informazioni. Infine l'ampio giro d'affari consente all'azienda bolognese di portare senza grossi oneri un significativo contributo sul piano della ricerca.

Lo scopo del lavoro, legato all'ambito dell'efficienza energetica e, più nello specifico, alla qualificazione dei consumi dell'edilizia esistente per una migliore programmazione delle politiche energetiche e degli interventi di riqualificazione energetica (sia a livello di distretto, sia a livello di singolo edificio), rimane in ombra a fronte del principale obiettivo che gli autori del modello si pongono. L'analisi proposta su un quartiere della periferia del capoluogo emiliano (Borgo Panigale) è schiettamente finalizzata a evidenziare le potenzialità del modello stesso.

METODO

Il metodo proposto si basa sull'analisi dei dati relativi ai consumi energetici degli edifici, in stretta relazione alle caratteristiche dei fabbricati. L'obiettivo, dichiarato dagli autori, è arrivare ad una stima, quanto più possibile oggettiva, del fabbisogno di energia primaria per il solo riscaldamento (espresso in kWh/m²-anno), finalizzata ad una valutazione dell'efficienza energetica in una prospettiva di programmazione degli interventi.

Il modello, interamente sviluppato su base GIS (utilizza il software ArcGIS (ESRI) nella versione 9.2), individua una successione di semplici fasi operative. Il primo passo è legato alla georeferenziazione dei dati relativi ai consumi anche in questo caso collegati alla banca dati mediante i numeri civici; con la fase successiva si passa dal consumo assoluto per numero civico al consumo assoluto per edificio, in un sistema di relazioni uno a uno o molti a uno; infine la terza prevede la ponderazione del risultato sulla base della superficie utile degli edifici stessi, calcolata moltiplicando il numero di piani per l'area a terra.

²² I. TANI, C. GARDI, *Efficienza energetica degli edifici. Applicazioni GIS*, www.ingegneri.cc.

²³ D.Lgs 196/2003 e ss.mm.ii. "Codice in materia di protezione dei dati personali".

DATI IN INGRESSO

Per la costruzione del supporto cartografico sono state utilizzate le seguenti banche dati:

- CTR della regione Emilia Romagna in scala 1: 5.000;
- strade (tipo polyline), rappresentazione geometrica lineare degli assi strada, a cui sono associati i dati della toponomastica;
- confini amministrativi comunali e di quartiere (tipo polygon);
- edifici (tipo polygon);
- numeri civici (tipo point), indicazione puntuale del numero civico collocata all'interno del perimetro dell'edificio ed in questo strettamente contenuta. La scelta, nello specifico, consente un'attribuzione diretta della somma dei consumi per edificio mediante semplici analisi di overlay topologico.



Figura 12. Fonte: I. TANI, C. GARDI, *op. cit.*, senza pagina.

- dati di consumo, informazione relativa al consumo di gas naturale che, nell'ambito di indagine, costituisce sostanzialmente l'unica fonte di energia primaria utilizzata per il riscaldamento. È interessante segnalare il monitoraggio del dato di consumo prima del suo inserimento all'interno della banca dati. Con un semplice algoritmo è verificata l'attendibilità della lettura.

Conseguentemente vengono scartati i valori che non risultano coerenti con le aspettative, infine con un altro semplice algoritmo viene calcolato il consumo medio annuo per edificio.

DATI IN USCITA

Il risultato, georiferito all'interno del sistema informativo, espresso in termini di fabbisogno di energia primaria per ogni edificio (kWh/m²-anno), consente l'osservazione, direttamente sulla mappa, di sensibili variazioni della prestazione energetica da zona a zona. È possibile mettere in relazione tali discostamenti con i diversi periodi di costruzione e, conseguentemente, con l'utilizzo di determinate tecniche costruttive.

Come ricordato dagli stessi autori l'approfondita conoscenza del parco edilizio oggetto di indagine, ha consentito l'individuazione a valle di questo tipo di relazioni.

CASO STUDIO

Dimensioni medio-piccole.

Quartiere Borgo Panigale - Bologna - Italia.

CRITICITÀ

Le società che si occupano della distribuzione del gas dispongono di una importante quantità di dati relativi ai consumi presso gli utenti finali. Una razionale organizzazione di queste informazioni, da una parte, è imprescindibile per la gestione delle attività commerciali e per gli obblighi imposti dal gestore dell'Authority per l'energia mentre, dall'altra, consente di ricavare importanti informazioni sulle prestazioni energetiche degli edifici. Il modello presentato, ancorché in fase sperimentale, non viene però verificato con dati reali e di conseguenza non consente una valutazione obiettiva della validità procedurale. Inoltre, il modello non tiene conto di un aspetto centrale: il calcolo del fabbisogno di energia primaria è strettamente connesso al rendimento degli impianti. I consumi dovrebbero pertanto essere normalizzati proprio sulla base del rendimento nominale di ciascun impianto preso in esame.

Infine, il vero valore aggiunto della sperimentazione condotta dal gruppo bolognese, che risiede proprio nell'organizzazione delle informazioni su piattaforma GIS, non viene sfruttato quanto possibile. Il sistema informativo rimane comunque aperto, sono pertanto individuabili molteplici linee di sviluppo.

3.2.8. City Energy Management - Liège - Belgio - 2011²⁴.

FINALITÀ

Il modello proposto da Reiter e Wallemacq del laboratorio di ricerca LEMA - Local Environment Management and Analysis - (University of Liège), mira ad incentivare l'introduzione dello strumento GIS nei processi decisionali e gestionali della città. Nel caso presentato l'obiettivo è strettamente connesso alla gestione delle risorse, alla programmazione di politiche energetiche ed alla pianificazione di interventi per la riqualificazione del parco edilizio anche alla grande scala. Lo studio si muove su un doppio binario, da una parte, mira alla quantificazione dell'energia consumata nel solo settore residenziale, dall'altra, alla valutazione del consumo energetico connesso con l'uso dei mezzi di trasporto. La scheda concentra l'attenzione solo sul primo argomento di indagine.

METODO

Così come in alcune ricerche in precedenza illustrate, in particolare nello studio condotto dal gruppo piemontese facente capo al prof. Fracastoro e nel lavoro seguito dal prof. De Santoli sulla città di Roma, la metodologia proposta dalle studiosse dell'Università di Liegi individua un numero definito di tipologie di isolati nelle quali viene fatta rientrare la quasi

²⁴ S. REITER, V. WALLEMACQ, *City Energy Management: A Case Study on the Urban Area of Liège in Belgium*. In: Proceedings of GEOProcessing 2011: The Third International Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications, and Services, Gosier, Guadeloupe (France), 23-28 February 2011, pp. 7-12.

totalità del costruito della città (97%). Per la valutazione dei consumi energetici del parco edilizio residenziale sono definiti quattordici isolati-tipo in relazione a specifici caratteri che influenzano in modo determinante la prestazione energetica dei singoli aggregati.

I tre criteri per l'individuazione degli isolati-tipo sono: periodo di costruzione inteso come valore aggregato medio dell'intero isolato (prima del 1930, 1931-1969, dal 1970 al 1985, da 1985 al 1996, dal 1996 ad oggi), tipo di edificio (isolato, con tre facciate esterne, con due sole facciate esterne) ed tipo di alloggio (collettivo o individuale). I consumi di energia, comprensivi di riscaldamento, raffrescamento, ACS ed illuminazione, sono determinati per ogni tipologia edilizia sulla base di valori empirici e di simulazioni dinamiche. La modellazione, sensibilmente semplificata, consente un'agevole elaborazione di svariati scenari di sviluppo. Il confronto tra essi è finalizzato alla programmazione di politiche energetiche e di interventi di riqualificazione del parco edilizio alla grande scala.

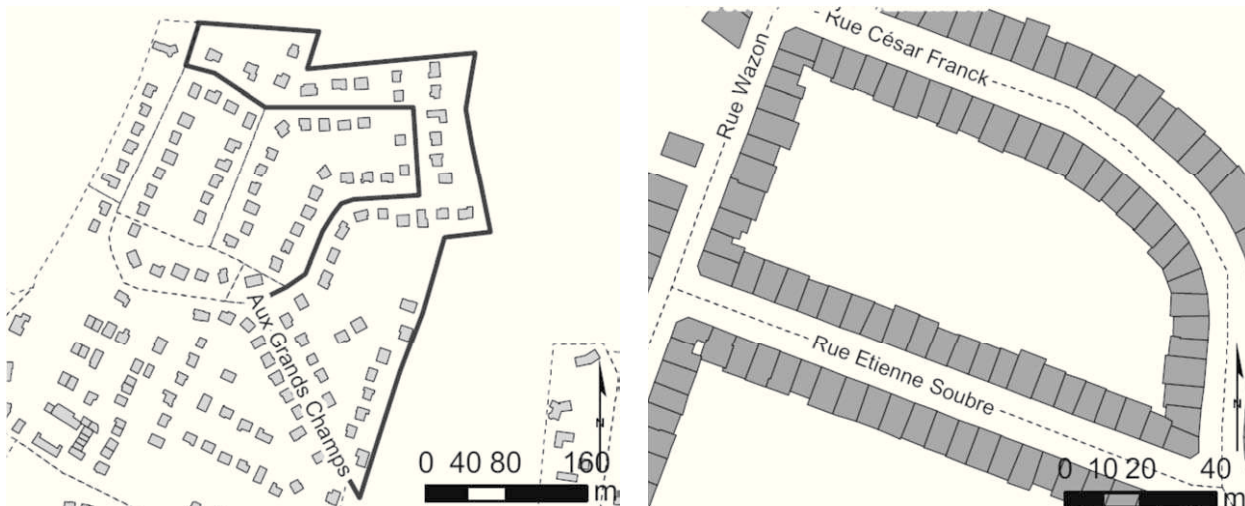


Figura 13. Esempi di isolati-tipo individuati. Fonte: S. REITER, V. WALLEMACQ, *op. cit.*, p. 9.

DATI IN INGRESSO

- qualificazione degli isolati-tipo e delle diverse tipologie edilizie presenti al loro interno, sulla base dei tre criteri precedentemente illustrati. Tutte le informazioni necessarie sono reperibili sul catasto urbano;
- valutazione empirica del consumo energetico per ogni tipologia edilizia.

DATI IN USCITA

- consumo totale di energia dell'intero ambito di indagine (espresso in GWh-anno);
- consumo totale di energia nei diversi scenari evolutivi proposti dal gruppo di ricerca.

CASO STUDIO

Dimensioni medie.

Liège - Belgio.

CRITICITÀ

Come rilevato per altri modelli, il livello di approssimazione è molto elevato e può inficiare in modo determinante le elaborazioni di scenari futuri. Inoltre non sono sfruttate le enormi potenzialità di un sistema informativo costruito su piattaforma GIS.

3.3. MODELLI DI ANALISI *BOTTOM-UP* PROPOSTI PER LA VALUTAZIONE DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA IN PICCOLI MEDI E GRANDI PARCHI EDILIZI, CON RIFERIMENTO AL PANORAMA ITALIANO ED EUROPEO.

Come già precisato nella parte introduttiva al capitolo, nel caso di valutazioni top-down il campione è indagato su base estesa, al contrario, nel caso di valutazioni bottom-up il campione è studiato su base parziale. In quest'ultimo caso le informazioni possono essere raccolte in modo aggregato o, molto più comunemente, non aggregato, ad esempio collazionando i consumi energetici di alcuni edifici campione presenti in una determinata area.

Nelle numerose sperimentazioni proposte nel corso degli ultimi anni, è possibile distinguere due differenti orientamenti²⁵: l'approccio fisico tecnico e l'approccio statistico. L'approccio fisico tecnico prevede la valutazione della prestazione energetica di un campione rappresentativo o casuale di unità abitative nell'ambito di un'area specifica. Senza entrare nel merito del metodo di calcolo utilizzato (quasi statico, dinamico, semplificato, ecc.) e dei dati in uscita (fabbisogno, indice della prestazione, ecc.), il criterio in esame esige comunque l'ingresso di numerose informazioni di carattere quantitativo, rilevabili unicamente mediante l'accesso all'interno di ogni unità. In genere la procedura di calcolo richiede per ciascun elemento tecnico (pareti perimetrali verticali infissi esterni, solai a terra, solai su spazi aperti, coperture, ecc.), sia informazioni di carattere geometrico che di natura termofisica. Oltre a variabili climatiche (temperatura di riferimento esterna, umidità relativa, ventilazione, ecc.) ed al rendimento dell'impianto di riscaldamento e/o raffrescamento, il modello di calcolo è solitamente costruito per integrare ulteriori informazioni (consumo elettrodomestici, numero occupanti, ecc.). Il dato in uscita, relativo ad ogni unità oggetto della valutazione, può essere successivamente esteso ad altre unità interne alla stessa area di indagine, sulla base di informazioni di carattere empirico derivanti generalmente da indagini anagrafiche e tipologiche estese all'intero parco urbano in esame.

L'approccio statistico²⁶, è invece basato su tecniche di regressione²⁷. La regressione formalizza e risolve il problema di una relazione funzionale tra variabili misurate sulla base di dati campionari estratti da un'ipotetica popolazione infinita²⁸. Più formalmente, in statistica, la regressione lineare rappresenta un metodo di stima del valore atteso condizionato di una variabile dipendente, dati i valori di una o più variabili indipendenti. Il

²⁵ M. KAVGIC *et alii*, *op. cit.*, pp. 1685-1686.

²⁶ Per una puntuale disamina dei modelli statistici si rimanda a L.G. SWAN, V.I. UGURSAL, *op. cit.*.

²⁷ Cfr. M. KAVGIC *et alii*, *op. cit.*, p. 1686 e nota 13, 28, 29.

²⁸ Cfr. www.wikipedia.org.

metodo maggiormente utilizzato per la determinazione della retta di regressione è il metodo dei minimi quadrati.

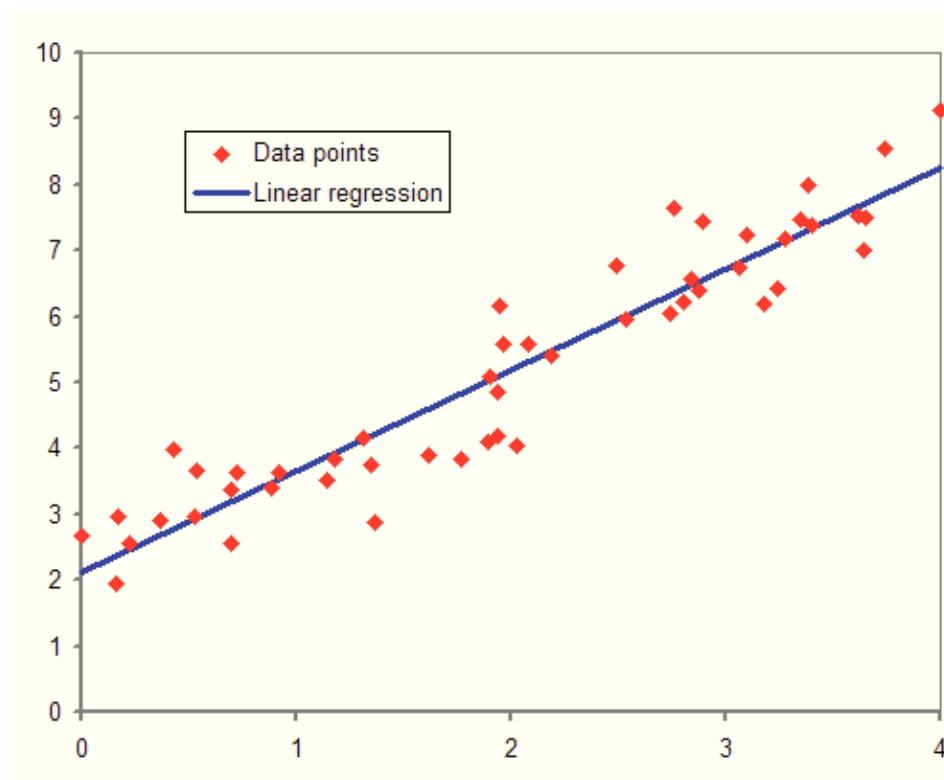


Grafico 2. Sull'asse delle ascisse la variabile indipendente, sull'asse delle ordinate la variabile dipendente, in rosso i dati campionari estratti e in blu la retta di regressione individuata con il metodo dei minimi quadrati.

In altre parole, con un esempio, è possibile cercare la relazione lineare che intercorre tra il consumo di energia (variabile dipendente disponibile per un campione omogeneo di unità abitative), espresso in kWh/m²-anno e il rapporto S/V (variabile indipendente individuata per lo stesso campione omogeneo) espresso in m⁻¹ (dove S, espressa in m², è la superficie che delimita verso l'esterno, ovvero verso ambienti non climatizzati, il volume lordo riscaldato V a sua volta espresso in m³). Individuata ciascuna unità sul piano cartesiano, la relazione tra le due grandezze per quel campione omogeneo di unità abitative (supposto infinito) è data dalla retta di regressione. La retta consente pertanto di ipotizzare il consumo di energia (variabile dipendente) dato un determinato valore del rapporto S/V (variabile indipendente).

Frequentemente gli approcci risultano utilizzati in maniera integrata, si parla pertanto di modelli ibridi²⁹.

Per una puntale *literature reviews*, a carattere internazionale, che tratteggi le finalità, le procedure di calcolo e soprattutto le criticità di alcuni tra i più importanti modelli bottom-

²⁹ Cfr. M. KAVGIC *et alii*, *op. cit.*, p. 1686.

up, si rimanda al contributo di M. KAVGIC *et alii*³⁰ ed al ricco apparato bibliografico ivi riportato. In [Tabella 7](#) una rielaborazione del quadro sinottico.

Name	CREEM	Regional engineering model	A Bottom-up Engineering Estimate of the Aggregate Heating and Cooling Loads for the Entire U.S. Building Stock	Software package VerbCO ₂ M	CDEM
Developer	Canadian Residential Energy End-use Data and Analysis Centre (CREEDAC)	University of Joensuu, Finland	Lawrence Berkeley National Laboratory, U.S. Department of Energy (USDOE)	Department of Civil Engineering, Laboratory for Buildings Physics, Leuven, Belgium	Department of Civil and Building Engineering, Loughborough University, Loughborough, UK
Year	1998	1999	2000	2001	2009
Embedded calculation model	HOT200 Batch v7.14 energy simulation program	–	DOE-2.1E	VerbCO ₂ M	BREDEM-8
Data output and temporal resolution	Annual energy consumption	Annual energy and emission estimates and related heating energy costs based on 1996 prices	Heating and cooling energy consumption of the national building stock	Annual energy consumption and CO ₂ emissions	Monthly energy consumption and CO ₂ emissions
Level of disaggregation (spatial resolution)	8767 dwellings (defined by type, space heating fuels, vintage and province)	4163 calculation units (municipally aggregated groups of buildings with similar heat consumption features)	80 single-family, 60 multi-family buildings and 120 commercial buildings	A set of 960 dwellings for the period up to 1990	47 house archetypes, derived from unique combinations of built form type and dwelling age
Level of data input requirement	Medium (national statistics)	Low (national statistics)	Medium (national statistics)	Medium (national statistics)	Medium (national statistics)
Time dimension (projections to the future)	Two scenarios: (a) R-2000 standards, (b) NECH standards	–	–	Three scenarios: (a) business-as-usual, (b) an explicit shift towards retrofits and reconstruction, restricted expansion of the housing stock, (c) a demand guided retrofit and reconstruction, no expansion of the housing stock beyond 2010	Predictions only for one point in time (2001 housing stock)
Aggregation level of data output (spatial coverage)	National	National	National	National	National, City, Neighbourhood
Inter-model comparison	Comparison with Aydinalp's (2002) two district data-driven models based on the Neural Network (NN) and Conditional Demand Analysis (CDA) techniques.	–	–	Comparison with top-down analysis for the Walloon region	Local sensitivity analysis, linearity and superimposition tests to quantify the impact of input parameters on output uncertainties
Empirical validation with existing data	Validation with 3248 energy billing records from 2811 houses.	Comparison with national statistics provided by SENER	Residential Energy Consumption Survey (1982) and Non-residential Buildings Energy Consumption Survey (1989)	–	Comparison with DEFRA aggregate domestic space heating consumption figure for 2001
Application	Policy advice tool	Policy advice tool	To assess current research, development and deployment activities and prioritize future actions	Policy advice tool	Policy advice tool
Current availability	Used only by the developers	Used only by the developer	Freely available	Used only by the developer	Open structure

Tabella 7. Fonte: M. KAVGIC *et alii*, *op. cit.*, p. 1687-1688.

³⁰ *Ivi*, pp. 1685-1686.

CAPITOLO 4.

ANALISI ALLA GRANDE SCALA (VALUTAZIONE SINTETICA).

4.1. BREVI CONSIDERAZIONI SUL RAPPORTO SAIENERGIA: IL PARCO EDILIZIO IN ITALIA.

L'Italia è un paese fortemente antropizzato fin dall'antichità.

Città e territorio sono pertanto caratterizzati dalla significativa presenza di costruzioni pre-industriali. Come già anticipato, si definisce edilizia pre-industriale “il prodotto di un processo edilizio che si caratterizza per l’interazione di fasi, operazioni ed operatori frutto di una prassi non formalizzata”¹ e si definiscono tecnologie e materiali pre-industriali tutti i componenti ed i prodotti che entrano all’interno di questo tipo di processo che, proprio perché non codificato, costituisce importante testimonianza avente valore di civiltà. Si tralasciano, per ora, considerazioni di carattere conservativo nel tentativo di porre l’accento sull’incidenza degli edifici pre-industriali rispetto al totale del patrimonio edilizio.

In [Tabella 8](#) e in [Tabella 9](#) si riportano il numero e la distribuzione percentuale, suddivisa per decenni, del patrimonio edilizio italiano esistente, ricavate sulla base dell’ultimo Censimento ISTAT. I dati sono relativi rispettivamente all’Italia, alla Regione Emilia-Romagna (dove sono presenti il 6.55% delle unità immobiliari) ed al Comune di Ferrara, dove sono presenti il 2,68% delle unità della regione e lo 0,18% del totale nazionale.

In [Tabella 10](#) si riportano gli stessi valori suddivisi per i tre periodi storici che si ritengono maggiormente significativi:

¹ Definizione concordata con Arch. Keoma Ambrogio.

- edificato pre-industriale antecedente al 1945, (circa il 30% del patrimonio edilizio, quasi il 36% nel Comune di Ferrara), a conferma dell'importanza che la città ha rivestito nel passato;



Figura 14. In bianco, all'interno del centro urbano di Ferrara, individuazione dell'edilizia realizzata nel XX e nel XXI secolo. Crediti: SEAT PAGINE GIALLE per la base e R. FABBRI per l'individuazione degli edifici.

- edificato costruito tra il 1946 e il 1991, antecedente all'introduzione, con la Legge 10/1991, delle prime norme per il contenimento del consumo di energia negli edifici (60% del patrimonio edilizio);

- edificato di recente realizzazione tra il 1991 e il 2001, costituito da edifici realizzati dopo l'entrata in vigore della Legge 10/1991 e quindi dotati di isolamento ed impianti mediamente più efficienti.

Il Censimento Istat si ferma al 2001 ma andrebbe considerato anche il periodo a partire dal 2005, anno di entrata in vigore del D.Lgs 192/2005 e dei provvedimenti nazionali e regionali in materia di prestazione energetica degli edifici.

Tabella 8. Numero di edifici suddivisi per anno di costruzione (Dati ISTAT - Censimento 2001).

	Prima del 1919	Dal 1919 al 1945	Dal 1946 al 1961	Dal 1962 al 1971	Dal 1972 al 1981	Dal 1982 al 1991	Dopo il 1991	Totale
Italia	2.150.259	1.383.815	1.659.829	1.967.957	1.983.206	1.290.502	791.027	11.226.595
Emilia Romagna	129.045	94.115	135.151	140.989	121.597	61.251	52.918	735.066
Ferrara	4.314	2.774	4.887	3.175	1.809	1.320	1.439	19.718

Tabella 9. Percentuale di edifici suddivisi per anno di costruzione (Dati ISTAT - Censimento 2001).

	Prima del 1919	Dal 1919 al 1945	Dal 1946 al 1961	Dal 1962 al 1971	Dal 1972 al 1981	Dal 1982 al 1991	Dopo il 1991	Totale
Italia	19,15%	12,33%	14,78%	17,53%	17,67%	11,50%	7,05%	100,00%
Emilia Romagna	17,56%	12,80%	18,39%	19,18%	16,54%	8,33%	7,20%	100,00%
Ferrara	21,88%	14,07%	24,78%	16,10%	9,17%	6,69%	7,30%	100,00%

Tabella 10. Numero e percentuale di edifici suddivisi per periodo di costruzione - aggregati (Dati ISTAT - Censimento 2001).

	Prima del 1945		Prima del 1991		Dopo il 1991	
Italia	3.534.074	31,48%	6.901.494	61,47%	791.027	7,05%
Emilia Romagna	94.115	30,36%	458.988	62,44%	52.918	7,20%
Ferrara	7.088	35,95%	11.191	56,76%	1.439	7,30%

Le tabelle evidenziano che la maggior parte degli edifici sono realizzati tra il dopoguerra ed il 1991, periodo di forte maturazione del processo edilizio durante il quale erano in uso tecniche costruttive leggere, prevalentemente costituite da strutture portanti in CA e tamponamenti in laterizio, telai con vetri singoli ed impianti di riscaldamento scarsamente efficienti. Questo dato porta a ritenere che l'incidenza energetica di tali edifici sia significativamente più alta rispetto a quella di edifici realizzati in altri periodi.

Il periodo dal 1951 al 1991 coincide con i primi 5 "cicli edilizi" così come definiti dai rapporti CRESME². Il primo ciclo, dal 1951 al 1964, caratterizzato dalla ricostruzione e dal cosiddetto miracolo economico, è contraddistinto da una fase decisamente espansiva con edilizia di bassa qualità e costi energetici molto ridotti, senza regole

² L. BELLICINI, *Le costruzioni al 2010*, CRESME, Roma 2010.

Il CRESME è un'associazione no-profit che favorisce la ricerca e l'informazione sul comparto industriale delle costruzioni e sulle dinamiche di trasformazione del territorio - www.cresme.it.

anche per quanto riguarda gli impianti di riscaldamento, normati solo a partire dal 1976 con la Legge 373/1976. Allo stato attuale, dal 2007, è cominciato il 7° ciclo edilizio, il primo di crisi dopo una lunga serie di cicli con andamento costante e crescente.

Sulla base di questi dati, sempre il CRESME, ha recentemente pubblicato nel Rapporto Saienergia 2010³ alcune considerazioni su quali e quanti interventi di riqualificazione del patrimonio esistente sarebbero necessari in tutto il territorio nazionale per soddisfare gli obiettivi del programma europeo 20.20.20. Tale stima, sempre suddivisa in categorie d'intervento, prevede il calcolo di quanti elementi tecnici sostituire o integrare, entro le seguenti famiglie, suddividendo in modo paritario gli sforzi di riduzione dei consumi:

- chiusure verticali trasparenti (infissi e sistemi vetrati)
- chiusure verticali opache (sistemi parete e isolanti);
- chiusure orizzontali (sistemi tetto e isolanti);
- sistemi di climatizzazione (impianti di riscaldamento e raffrescamento).

I potenziali interventi sono stati valutati suddividendo il territorio italiano in cinque aree geografiche: nord-ovest, nord-est, centro, sud e isole.

Il rapporto stima una necessità di una riduzione dei consumi, in dieci anni, di 2,2 Mtep (25.600 GWh), da spalmare in quote equivalenti tra le quattro categorie d'intervento, perché nessuno degli interventi, da solo, arriva a soddisfare gli obiettivi europei.

Al di là dei numeri finali, il rapporto sostiene che, a parità di resa, l'intervento più vantaggioso in termini economici sia la sostituzione della caldaia. Se, infatti, si dovessero ridurre i consumi dei 2,2 Mtep previsti per la sola sostituzione delle caldaie, sarebbe necessario un investimento di 27,3 miliardi di €, contro i 56,3 miliardi per la coibentazione dell'involucro opaco e i 99,3 miliardi per la sostituzione degli infissi. Sempre considerando questa una stima del tutto approssimativa, la sostituzione della caldaia, a parità di spesa sarebbe oltre tre volte più efficace della sostituzione degli infissi e oltre due volte più efficace della coibentazione dell'involucro.

³ CRESME, Rapporto Saienergia 10. Il Secondo Rapporto su ENERGIA e COSTRUZIONI realizzato da Cresme per SAIE, SAIE - BOLOGNAFIERE, Bologna 2010.

4.2. ESEMPLIFICAZIONE METODO TOP-DOWN APPLICATO AL CENTRO URBANO DI FERRARA.

4.2.1. Introduzione e finalità.

Nell'ambito delle valutazioni con metodo top-down si sono volute verificare le possibilità di calcolo del fabbisogno di energia primaria e dell'indice di prestazione energetica su un'ampia porzione del centro urbano di Ferrara (WP. 12 - OB. 05), facendo riferimento alla procedura indicata nella norma UNI EN 15603⁴.

La valutazione energetica di esercizio, detta anche "a consuntivo", prevede la quantificazione del fabbisogno di energia primaria a partire dai consumi reali ricavabili dalle bollette energetiche degli ultimi tre anni. Il metodo "operational rating" cui riferisce la normativa stessa, è quindi utilizzato nella valutazione della prestazione energetica di edifici esistenti con utenze attive.

Nella maggior parte dei casi, in Italia, la fornitura di energia avviene mediante un distributore di combustibile, attraverso una rete. Per il gas metano, normalmente, la rete di distribuzione ha carattere locale ed è gestita dalla *multi-utility* o dalla cosiddetta azienda municipalizzata.

Processi di trasformazione delle multiutilities

Negli ultimi vent'anni il settore è però attraversato da importanti processi di trasformazione, in particolare processi di privatizzazione, soprattutto a livello locale. Alla data di entrata in vigore del D.Lgs 164/2000⁵, il segmento della distribuzione è caratterizzato da una molteplicità di soggetti (oltre 700 imprese) con notevoli differenze sul piano organizzativo e dimensionale. A fronte della notevole frammentazione del settore, alcuni gruppi di rilievo sono già presenti sul territorio italiano: i principali operatori sono Italgas, presente in tutta Italia, Camuzzi Gazometri presente in Piemonte, Lombardia, Veneto, Abruzzo e Puglia, Enel presente in Piemonte, Lombardia ed Emilia Romagna ed Edison, presente nel Nord-Est, in Emilia Romagna e Lazio. Le prime cinque imprese coprono il 50 per cento del mercato⁶. Queste imprese svolgono anche l'attività di vendita al dettaglio, sulla base di un modello integrato destinato ad essere rimosso dal D.Lgs 164/2000 stesso. La ricerca di economie di scala porta rapidamente nel settore delle attività di vendita e, in seguito, nel settore delle attività di distribuzione, ad una progressiva ma costante concentrazione⁷.

⁴ UNI EN 15603 "Prestazione energetica degli edifici – Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica" (Energy performance of buildings Overall energy use, CO₂ emissions and definition of energy ratings)

⁵ D.Lgs 164/2000 e ss.mm.ii. "Attuazione della direttiva n. 98/30/CE recante norme comuni per il mercato interno del gas naturale, a norma dell'articolo 41 della legge 17 maggio 1999, n. 144".

⁶ AUTORITA' GARANTE DELLA CONCORRENZA E DEL MERCATO, AUTORITA' PER L'ENERGIA ELETTRICA E IL GAS, *Indagine conoscitiva sullo stato della liberalizzazione del settore del gas naturale (IC22)*, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato S.p.A., Roma 2004, p. 68.

⁷ *Ibidem*.

Proprio sul fronte delle attività di vendita, ambito di maggiore interesse per una piena comprensione della distribuzione del dato di consumo, l'entrata in vigore del D.Lgs 164/2000 innesca un rapido processo di accordi, alleanze, aggregazioni ed acquisizioni che interessano prevalentemente le numerosissime ex municipalizzate. Una concentrazione industriale che ha significativamente ridotto il numero di operatori presenti sul mercato. I fenomeni di aggregazione nel comparto dei servizi pubblici locali di distribuzione, possono essere distinti in tre tipologie principali di accordo:

- aggregazione dominata dalle utilities locali;
- aggregazione dominata dalle utilities nazionali;
- aggregazione dominata dalle utilities internazionali⁸.

Sebbene il numero di operatori sia oggi ancora decisamente elevato, il mercato appare invece piuttosto concentrato. Il gruppo ENI detiene la quota principale (22,2% del totale di gas distribuito, 24,7 del totale di gas venduto) seguito a distanza dal gruppo Enel (10,5% del totale di gas distribuito, 13,2 del totale di gas venduto). I primi 20 gruppi coprono più dei tre quarti del mercato della distribuzione e ben l'83,5% del mercato della vendita⁹. Per quanto concerne poi il ruolo degli enti locali, le modalità della loro presenza nel settore sono andate via via modificandosi. Le gestioni in economia, peraltro non ancora definitivamente superate, sono state trasformate per la maggior parte in società di capitali controllate dagli enti locali e, in misura minore, sostituite da operatori privati¹⁰. In conseguenza di questo tipo di processo alcune di esse figurano tra i principali operatori del settore (tra queste, Hera, AEM, Iride, Enia).

Con riferimento al primo tipo di aggregazione - tra *utilities* locali - realizzata con la partecipazione degli stessi enti locali e finalizzata alla costituzione di *multi-utilities* a scala (pluri) regionale, il caso più importante è rappresentato dalla nascita del gruppo Hera.

Gruppo Hera S.p.A., nasce nel 2002 dall'unione di 11 aziende di servizi pubblici dell'Emilia Romagna, operanti nelle province di Bologna, Forlì-Cesena, Rimini e Ravenna, e continua negli anni successivi la propria crescita territoriale, acquisendo nel 2004 Agea di Ferrara e concludendo con Meta la prima fusione italiana tra *multi-utilities* quotate in borsa¹¹. Il modello organizzativo adottato in questo caso è quello della holding finanziaria. La capogruppo, partecipata dagli enti locali, detiene a sua volta partecipazioni nelle 5 società operative che mantengono una forte autonomia nel proprio

⁸ *Ivi*, p.72.

⁹ www.autorita.energia.it.

¹⁰ S. GIACOMELLI, *La distribuzione di gas naturale in Italia: l'attuazione della riforma e i suoi effetti*, «Questioni di Economia e Finanza (Occasional papers)», n. 21, 2008, p. 26.

¹¹ www.gruppohera.it.

bacino territoriale. Le funzioni di ordine strategico e le attività da cui è possibile ricavare economie di scala vengono svolte dalla capogruppo¹².

Oggi, gli interessi di queste *multi-utilities* sono rivolti al proprio *core business*, a ricercare partnership all'estero e, soprattutto, ad aumentare l'espansione territoriale delle proprie attività. Un'indagine campionaria condotta da NetConsulting¹³ sulle aziende *utilities* e *multi-utilities* italiane, indica che, per queste imprese, i principali problemi da affrontare si riconducono alla necessità di portare a termine i processi di privatizzazione e, soprattutto, di aumentare la propria massa critica sul mercato attraverso acquisizioni o *joint-venture*. Tra i problemi che vengono rilevati, in ordine di importanza, viene fatto riferimento alla riorganizzazione della distribuzione e della vendita, al ridisegno dei processi interni ed allo spostamento del baricentro per aziende che fino a qualche anno fa erano abituate a operare in condizioni di sostanziale monopolio. Negli effetti, però, la carenza di concorrenza nell'ambito della vendita all'ingrosso, e la conseguente segmentazione del mercato, implica il mantenimento di condizioni di sostanziale monopolio locale nella vendita di gas al dettaglio, in particolare ai consumatori civili. A distanza di diversi anni dalla completa apertura del mercato sul fronte della domanda, fenomeni di *switching* fra i clienti del mercato civile (passaggio da un operatore di vendita a un altro), possono dirsi del tutto trascurabili. Di fatto, quasi tutti i piccoli clienti sono rimasti vincolati al loro fornitore tradizionale e i prezzi di vendita al consumatore finale non hanno manifestato significative tendenze al ribasso.

Nel centro urbano di Ferrara, coperto a partire dal 2004 dalla rete di distribuzione del Gruppo Hera S.p.A., si innesca solo in questi ultimissimi anni e sulla spinta di un rinvigorito tam-tam mediatico, un nuovo processo di pluralizzazione delle attività di vendita al dettaglio.

Se si confrontano i dati di vendita al mercato finale di gas naturale nel 2010 del Gruppo Hera S.p.A. - 2.064M (m³) - con i dati di distribuzione - 2.330M (m³) - è possibile rilevare uno scarto di 266M (m³) equivalente a poco più dell'11%, che corrisponde alla quota di mercato distribuita da Hera ma venduta da altro operatore. In conclusione, i dati di consumo forniti dall'operatore - in questo caso Hera Ferrara - non coprono al 100% il totale dei consumi. È quindi necessario tenere presente uno scarto medio di circa il 10% tra utenza totale ed utenza del Gruppo Hera S.p.A.¹⁴.

¹² AUTORITA' ..., *op. cit.*, p.73.

¹³ www.dotconsul.it.

¹⁴ Informazioni fornite dal Gruppo Hera S.p.A.

4.2.2. Metodo per la valutazione di esercizio.

Il metodo per la valutazione di esercizio, consiste nel sommare i consumi del vettore energetico riportati sulle bollette dei tre anni precedenti ed eseguire la media dei consumi annuali, tenendo presente la complessità della distribuzione del dato di consumo nell'ambito di indagine, nel caso in oggetto, il centro urbano di Ferrara. Per il gas, si tratta di sommare i metri cubi di metano riportati sulle bollette per i tre anni precedenti il momento dell'indagine. La valutazione di esercizio mediante la misurazione delle sole bollette energetiche declinata alla scala territoriale consente stime "semplificate" ovvero considerazioni sull'andamento storico dei consumi, al fine di verificare l'attuazione di programmi o l'impostazione di strategie finalizzate al risparmio energetico in grandi comparti edilizi¹⁵.

La valutazione d'esercizio prevede che l'edificio sia utilizzato per tre anni consecutivi. Il rilievo dovrebbe quindi tenere presente anche i periodi di assenza, i periodi di vacanza, i cicli d'uso stagionali, ecc..

In questo studio, il metodo di valutazione è però finalizzato all'individuazione di indicatori energetici alla scala territoriale ed all'impostazione di strumenti di programmazione e pianificazione energetica. Il campione è indagato su base estesa rispetto all'oggetto di studio. Un modello di valutazione top-down individua, come già precedentemente precisato, una visione dall'alto che deve comprendere tutti gli elementi contenuti all'interno dell'oggetto di indagine, in questo caso tutte le unità immobiliari ricadenti all'interno del centro urbano di Ferrara.

Il dato di consumo riferito all'unità di superficie, espresso in $m^3(\text{gas metano})/m^2\text{-anno}$, per ciascuna unità abitativa è un valore medio con ampio margine di errore. Non tiene conto di tutte le possibili variabili legate al comportamento dell'utenza, ai caratteri tipologico - costruttivi degli edifici, al tipo di impianto, al tipo di rete, ecc.¹⁶. Il modello consente però la verifica ed il monitoraggio di politiche energetiche in fase di attuazione.

4.2.3. Dati in ingresso.

ACQUISIZIONE DEL DATO

Il reperimento delle informazioni necessarie all'implementazione del metodo per la valutazione di esercizio è ostacolato da una lunga serie di resistenze sia legate alla tutela della privacy - trattandosi di dati comunque sensibili - sia connesse a problematiche di carattere amministrativo. Si desidera pertanto rilevare una prima criticità del modello proprio in relazione alla disponibilità dei dati in ingresso.

¹⁵ K. FABBRI, *op. cit.*, p. 174.

¹⁶ *Ivi*, p. 184

Inoltre, il diverso riferimento geografico dei dati da mettere in relazione - da una parte i consumi, individuati mediante via, numero civico ed interno e, dall'altra la consistenza, identificata su base catastale (foglio, particella, subalterno) - non agevola affatto la valutazione.

L'ambito di indagine comprende tutti gli edifici, quindi tutte le unità immobiliari presenti all'interno di un'ampia porzione del centro urbano di Ferrara (Figura 17).



Figura 15. In rosso, identificazione dell'area in oggetto. È possibile osservare come l'area individuata sia legata alla prevalente presenza di edilizia pre-industriale di base.
Crediti: SEAT PAGINE GIALLE per la base e R. FABBRI per l'individuazione degli edifici.

Acquisizione informazioni catastali

Per l'acquisizione delle informazioni catastali, l'iter prevede passaggi decisamente lunghi. Il contatto con l'Ufficio provinciale di Ferrara dell'Agenzia del Territorio è solo il primo momento del difficile iter burocratico. Sul piano amministrativo la richiesta deve essere validata dalla Direzione regionale dell'Emilia Romagna. Sul piano tecnico, una volta ottenuto il via libera dalla direzione dell'Ufficio provinciale, è necessario rivolgersi alla società Sogei S.p.A. (Società di Information and Communication Technology del Ministero dell'Economia e delle Finanze), attuale gestore della banca dati catastale.

La società fornisce, previo pagamento, l'indicazione di FOGLIO, PARTICELLA, SUBALTERNO, CATEGORIA, CLASSE, CONSISTENZA, SUPERFICIE CATASTALE, VIA, NUMERO, PIANO per ogni singola unità immobiliare ricadente nei fogli catastali 381 - 382 - 383 - 384 - 385 - 386 - 387 - 388 - 389 - 390, della provincia di Ferrara. Si desidera precisare che la selezione effettuata non copre l'intero centro urbano essenzialmente per ragioni di costo. La riduzione di circa 1/3 della spesa non compromette comunque il senso della valutazione.

L'organizzazione dei dati è piuttosto complessa. Per estrapolare tutte le informazioni sopraesposte sono necessarie quattro distinte banche dati:

TIPO RECORD 1 FILE UNITA' IMMOBILIARE

TIPO RECORD 2 FILE IDENTIFICATIVI

TIPO RECORD 3 FILE INDIRIZZI

TIPO RECORD 7 FILE DATI METRICI

Per chiarezza si riporta di seguito uno stralcio delle schede fornite da Sogei S.p.A. per la codifica di ciascun file, operazione seguita direttamente dal sottoscritto.

TIPO RECORD 1 FILE UNITA' IMMOBILIARE

Dati relativi al Comune:

<u>CODICE AMMINISTRATIVO</u>	alfanumerico	4 caratteri.
<u>SEZIONE</u>	alfanumerico	1 carattere.

Progressivo dell'immobile nella banca dati:

<u>IDENTIFICATIVO IMMOBILE</u>	numerico	9 caratteri.
--------------------------------	----------	--------------

Assume valore fisso F (fabbricati)

<u>TIPO IMMOBILE</u>	alfanumerico	1 carattere.
----------------------	--------------	--------------

I valori dei due campi precedenti referenziano gli analoghi campi nel file delle titolarità e consentono di reperire i soggetti che vantano diritti sul bene.

Numero progressivo delle situazioni oggettive dell'immobile:

<u>PROGRESSIVO</u>	numerico	3 caratteri.
--------------------	----------	--------------

Identificativo del tipo record del file immobili, assume valore fisso 1:

<u>TIPO RECORD</u>	numerico	1 carattere.
--------------------	----------	--------------

----- Totale chiave 19 caratteri.

Dati relativi al classamento dell'unità immobiliare:

<u>ZONA</u>	alfanumerico	3 caratteri.
-------------	--------------	--------------

<u>CATEGORIA</u>	alfanumerico	3 caratteri.
------------------	--------------	--------------

<u>CLASSE</u>	alfanumerico	2 caratteri.
---------------	--------------	--------------

L'interpretazione del significato del campo CONSISTENZA dipende dal primo carattere del campo CATEGORIA che assume i seguenti valori:

- A la consistenza viene espressa in vani e l'ultimo carattere rappresenta un valore decimale pari a 0 o 5
- B la consistenza viene espressa in metri cubi
- C la consistenza viene espressa in metri quadrati

<u>CONSISTENZA</u>	numerico	7 caratteri.
--------------------	----------	--------------

Il campo superficie non è in alternativa al campo CONSISTENZA, ma viene impostato indipendentemente da questo:

<u>SUPERFICIE</u>	numerico	5 caratteri.
<u>RENDITA-LIRE</u>	numerico	15 caratteri.
<u>RENDITA-EURO</u>	numerico	18 caratteri.
gli ultimi 3 caratteri sono decimali.		
Dati relativi all'ubicazione dell'immobile nel fabbricato:		
<u>LOTTO</u>	alfanumerico	2 caratteri.
<u>EDIFICIO</u>	alfanumerico	2 caratteri.
<u>SCALA</u>	alfanumerico	2 caratteri.
<u>INTERNO 1</u>	alfanumerico	3 caratteri.
<u>INTERNO 2</u>	alfanumerico	3 caratteri.
<u>PIANO 1</u>	alfanumerico	4 caratteri.
<u>PIANO 2</u>	alfanumerico	4 caratteri.
<u>PIANO 3</u>	alfanumerico	4 caratteri.
<u>PIANO 4</u>	alfanumerico	4 caratteri.

----- In aggiunta altre informazioni sulla situazione oggettiva dell'unità.

TIPO RECORD 2 FILE IDENTIFICATIVI

Dati relativi al Comune:		
<u>CODICE AMMINISTRATIVO</u>	alfanumerico	4 caratteri.
<u>SEZIONE</u>	alfanumerico	1 carattere.
Progressivo dell'immobile nella banca dati:		
<u>IDENTIFICATIVO IMMOBILE</u>	numerico	9 caratteri.
Assume valore fisso F (fabbricati):		
<u>TIPO IMMOBILE</u>	alfanumerico	1 carattere
Numero progressivo delle situazioni oggettive dell'immobile:		
<u>PROGRESSIVO</u>	numerico	3 caratteri.
Identificativo del tipo record del file immobili, assume valore fisso 2:		
<u>TIPO RECORD</u>	numerico	1 carattere.
----- Totale chiave 19 caratteri.		
<u>SEZIONE URBANA</u>	alfanumerico	3 caratteri.
<u>FOGLIO</u>	alfanumerico	4 caratteri.
<u>NUMERO</u>	alfanumerico	5 caratteri.
<u>DENOMINATORE</u>	numerico	4 caratteri.
<u>SUBALTERNO</u>	alfanumerico	4 caratteri.

TIPO RECORD 3 FILE INDIRIZZI

Dati relativi al Comune:		
<u>CODICE AMMINISTRATIVO</u>	alfanumerico	4 caratteri.
<u>SEZIONE</u>	alfanumerico	1 carattere.
Progressivo dell'immobile nella banca dati:		
<u>IDENTIFICATIVO IMMOBILE</u>	numerico	9 caratteri.
Assume valore fisso F (fabbricati):		
<u>TIPO IMMOBILE</u>	alfanumerico	1 carattere
Numero progressivo delle situazioni oggettive dell'immobile:		
<u>PROGRESSIVO</u>	numerico	3 caratteri.
Identificativo del tipo record del file immobili, assume valore fisso 2:		
<u>TIPO RECORD</u>	numerico	1 carattere.
----- Totale chiave 19 caratteri.		
<u>TOPONIMO</u>	numerico	3 caratteri.
<u>INDIRIZZO</u>	alfanumerico	50 caratteri.
<u>CIVICO 1</u>	alfanumerico	6 caratteri.

<u>CIVICO 2</u>	alfanumerico	6 caratteri.
<u>CIVICO 3</u>	alfanumerico	6 caratteri.
<u>CODICE STRADA</u>	numerico	5 caratteri.
<u>CODICE THESAURUS</u>	numerico	11 caratteri.
<u>CODICE STRADA COMUNALE</u>	alfanumerico	30 caratteri.

TIPO RECORD 7 FILE DATI METRICI

Dati relativi al Comune:

<u>CODICE AMMINISTRATIVO</u>	alfanumerico	4 caratteri.
<u>SEZIONE</u>	alfanumerico	1 carattere.

Progressivo dell'immobile nella banca dati:

<u>IDENTIFICATIVO IMMOBILE</u>	numerico	9 caratteri.
--------------------------------	----------	--------------

Assume valore fisso F (fabbricati):

<u>TIPO IMMOBILE</u>	alfanumerico	1 carattere.
----------------------	--------------	--------------

Numero progressivo delle situazioni oggettive dell'immobile:

<u>PROGRESSIVO</u>	numerico	3 caratteri.
--------------------	----------	--------------

Identificativo del tipo record del file immobili, assume valore fisso 2:

<u>TIPO RECORD</u>	numerico	1 carattere.
--------------------	----------	--------------

----- Totale chiave 19 caratteri.

Dati relativi al protocollo:

<u>PROTOCOLLO CATASTALE</u>	alfanumerico	9 carattere.
-----------------------------	--------------	--------------

<u>ANNO</u>	numerico	4 caratteri.
-------------	----------	--------------

<u>DATA DI PRESENTAZIONE DEL DOCUMENTO</u>	formato AAAAMMGG	8 caratteri.
--	------------------	--------------

<u>PROGRESSIVO POLIGONO</u>	numerico	4 caratteri.
-----------------------------	----------	--------------

<u>SUPERFICIE</u>	numerico	9 caratteri.
-------------------	----------	--------------

<u>AMBIENTE</u>	alfanumerico	1 carattere.
-----------------	--------------	--------------

<u>ALTEZZA</u>	numerico	4 caratteri.
----------------	----------	--------------

<u>ALTEZZA MAX</u>	numerico	4 caratteri.
--------------------	----------	--------------

Per l'acquisizione dei dati di consumo, al contrario, il contatto diretto con Hera Ferrara, struttura operativa territoriale del Gruppo Hera S.p.A., consente, in tempi sufficientemente rapidi, di entrare in possesso delle informazioni necessarie. Il sistema di gestione della banca dati, interno all'azienda, permette un confronto diretto con l'operatore tecnico per concordare, sulla base dei dati disponibili, quali siano le informazioni utili alla messa a punto del modello e, soprattutto, le chiavi indispensabili a legare dette informazioni alle relative unità abitative.

*Acquisizione
dati di consumo*

I campi richiesti per ciascuna unità riscaldata compresa nell'area oggetto di studio sono:

- via (nome esteso della via);
- Cod-via (codice numerico univoco della via);
- Civico (numero civico);
- Interno (numero dell'interno cui si riferisce il dato di consumo);
- anno 2007 mc. (quantità in m³ di gas metano consumato nell'intero arco del 2007);
- anno 2008 mc. (quantità in m³ di gas metano consumato nell'intero arco del 2008);
- anno 2009 mc. (quantità in m³ di gas metano consumato nell'intero arco del 2009).

Come illustrato precedentemente la copertura non è completa, in quanto Hera distribuisce gas metano che può essere venduto all'utente finale anche da altri operatori. Solo in quest'ultimissimo periodo il fenomeno di *switching* inizia ad interessare una rilevante quota di mercato. Le informazioni sarebbero disponibili anche per il triennio 2008 - 2010 ma, proprio per le ragioni sopraesposte, si preferisce anticipare l'arco temporale al triennio 2007 - 2009.

4.2.4. Lavorazione dei dati in ingresso.

Per mettere in relazione le informazioni fornite dall'Ufficio provinciale dell'Agenzia del Territorio con le informazioni fornite dal Gruppo Hera S.p.A. e, in ultimo, per arrivare alla rappresentazione del dato su piattaforma GIS, sono necessari numerosi passaggi informativi.

Di seguito si riporta una sintetica descrizione dell'iter seguito organizzata per FASI successive. Inoltre, per agevolare la comprensione di ciascuna fase, si evidenzia di volta in volta, sia il codice SQL redatto per ottenere il risultato, sia, a titolo esemplificativo, i primi dieci record della tabella in uscita. Con lo stesso colore si evidenziano i record corrispondenti tra tabella e tabella.

FASE 1

- Semplificazione della banca dati "**TIPO RECORD 2 FILE IDENTIFICATIVI**" fornita dall'Ufficio provinciale dell'Agenzia del Territorio, conservando la chiave di riferimento dell'unità immobiliare "ID_UI" per le 27734 unità immobiliari che hanno almeno una corrispondenza ad una particella e ad un subalterno all'interno dell'area oggetto di indagine. A una stessa unità immobiliare possono però corrispondere più particelle o più subalterni (si vedano ad esempio la riga 6 e 7).

IDENT_CAT_TOT						
ID	COD_AMM	ID_UI	FOGLIO	PARTICELLA	SUB	
1	D548	135782	381	00001	009	
2	D548	135783	381	00001	010	
3	D548	135784	381	00001	011	
4	D548	135785	381	00001	012	
5	D548	135786	381	00001	013	
6	D548	135790	381	00005	000	
7	D548	135790	381	00006	000	
8	D548	135791	381	00007	001	
9	D548	135792	381	00007	002	
10	D548	135793	381	00007	003	

- Creazione dell'identificativo del subalterno "ID_F_MAP_SUB", della particella "ID_F_MAP" e del codice di riconoscimento della geometria che rappresenta in ambiente GIS la singola particella "ID_SHAPE", conservando la chiave di riferimento dell'unità immobiliare "ID_UI" per le stesse 27734 unità immobiliari:

```
SELECT IDENT_CAT_TOT.COD_AMM AS COD_AMM, IDENT_CAT_TOT.ID_UI AS ID_UI, IDENT_CAT_TOT.FOGLIO AS FOGLIO,
IDENT_CAT_TOT.PARTICELLA AS PARTICELLA, IDENT_CAT_TOT.SUB AS SUB, ((IDENT_CAT_TOT).COD_AMM+"-0"+[IDENT_CAT_TOT].FOGLIO+"-"+[IDENT_CAT_TOT].PARTICELLA) AS ID_SHAPE,
([IDENT_CAT_TOT].FOGLIO+[IDENT_CAT_TOT].PARTICELLA) AS ID_F_MAP,
([IDENT_CAT_TOT].FOGLIO+[IDENT_CAT_TOT].PARTICELLA+[IDENT_CAT_TOT].SUB) AS ID_F_MAP_SUB, 1 AS CONTATORE INTO
IDENT_CAT_COD_PART
FROM IDENT_CAT_TOT;
```

IDENT_CAT_COD_PART								
COD_AMM	ID_UI	FOGLIO	PARTICELLA	SUB	ID_SHAPE	ID_F_MAP	ID_F_MAP_SUB	CONTATORE
D548	135782	381	00001	009	D548-0381-00001	38100001	38100001009	1
D548	135783	381	00001	010	D548-0381-00001	38100001	38100001010	1
D548	135784	381	00001	011	D548-0381-00001	38100001	38100001011	1
D548	135785	381	00001	012	D548-0381-00001	38100001	38100001012	1
D548	135786	381	00001	013	D548-0381-00001	38100001	38100001013	1
D548	135790	381	00005	000	D548-0381-00005	38100005	38100005000	1
D548	135790	381	00006	000	D548-0381-00006	38100006	38100006000	1
D548	135791	381	00007	001	D548-0381-00007	38100007	38100007001	1
D548	135792	381	00007	002	D548-0381-00007	38100007	38100007002	1
D548	135793	381	00007	003	D548-0381-00007	38100007	38100007003	1

FASE 2

- Semplificazione della banca dati "TIPO RECORD 3 FILE INDIRIZZI" fornita dall'Ufficio provinciale dell'Agenzia del Territorio, conservando la chiave di riferimento dell'unità immobiliare "ID_UI" per le 24409 unità immobiliari provviste di indirizzo e numero civico.

A una stessa unità immobiliare possono però corrispondere più numeri civici. È quindi necessario computare più volte la stessa unità immobiliare (il cui numero per questa ragione passa da 24409 a 25653), per non rischiare di lasciare indietro qualche unità nella successiva relazione con la banca dati fornita dal Gruppo Hera S.p.A..

Per fare un esempio l'unità immobiliare "136062" ha come indirizzo "via Giorgio Byron 55" e "via Giorgio Byron 57". Non sapendo al momento a quale civico faccia riferimento il dato di consumo fornito da Hera, è necessario, per ora, conservare entrambe gli indirizzi.

INDIR_CAT_TOT		
ID_UI	VIA	N. CIV
135782	CORSO PORTA PO	87
135783	CORSO PORTA PO	87
135784	CORSO PORTA PO	89
135785	CORSO PORTA PO	91
135786	CORSO PORTA PO	93
135790	VIA DELLA CITTADELLA	36
135791	VIA DELLA CITTADELLA	34
135792	VIA DELLA CITTADELLA	34
135793	VIA DELLA CITTADELLA	34
135797	VIA MURA DI PORTA PO	83

FASE 3

- Semplificazione della banca dati "TIPO RECORD 1 FILE UNITA' IMMOBILIARE" fornita dall'Ufficio provinciale dell'Agenzia del Territorio, conservando la chiave di riferimento dell'unità immobiliare "ID_UI", per le 24371 unità immobiliari effettivamente censite all'interno dell'area oggetto di indagine.

UIU_CAT_TOT											
ID_UI	CATEG_CAT	CATEG_UNI	CLASSE_CAT	VANI_CAT	SUP_CAT	REND_LIRE	REND_EURO	PIANO_01	PIANO_02	PIANO_03	ANNO
135782	C06	C/06	04	36		540000	278,89	T			29122008
135783	C01	C/01	17	27		2057400	1062,56	T			3062009
135784	A02	A/02	03	7,5		2025000	1045,83	T	0001		29122008
135785	C01	C/01	17	21		1600200	826,43	T			3062009
135786	C01	C/01	17	21		1600200	826,43	T			3062009
135790	A02	A/02	03	11		2970000	1533,88	T	0001		29122008
135791	A02	A/02	03	6		1620000	836,66				29122008
135792	A02	A/02	02	7		1610000	831,5				29122008
135793	A02	A/02	02	7		1610000	831,5	T			29122008
135797	A03	A/03	03	5		1025000	529,37	T-1			29122008

- Collegamento - mediante la chiave di riferimento dell'unità immobiliare "ID_UI" - tra le informazioni catastali elaborate in "IDENT_CAT_COD_PART" (FASE 1) e le informazioni sulla consistenza della singola unità immobiliare elaborate in "UIU_CAT_TOT" (FASE 3), per le 27734 unità immobiliari che hanno almeno una corrispondenza ad una particella e ad un subalterno all'interno dell'area oggetto di indagine.

```
SELECT UIU_CAT_TOT.ID_UI, UIU_CAT_TOT.CATEG_CAT, UIU_CAT_TOT.CATEG_UNI, IDENT_CAT_COD_PART.FOGLIO,
IDENT_CAT_COD_PART.PARTICELLA, IDENT_CAT_COD_PART.SUB, IDENT_CAT_COD_PART.ID_F_MAP,
IDENT_CAT_COD_PART.ID_F_MAP_SUB, IDENT_CAT_COD_PART.CONTATORE, UIU_CAT_TOT.VANI_CAT, UIU_CAT_TOT.SUP_CAT,
UIU_CAT_TOT.PIANO_01, UIU_CAT_TOT.PIANO_02, UIU_CAT_TOT.PIANO_03 INTO UIU_CAT
FROM IDENT_CAT_COD_PART INNER JOIN UIU_CAT_TOT ON IDENT_CAT_COD_PART.ID_UI = UIU_CAT_TOT.ID_UI;
```

UIU_CAT													
ID_UI	CATEG_CAT	CATEG_UNI	FOGLIO	PARTICELLA	SUB	ID_F_MAP	ID_F_MAP_SUB	CONTATORE	VANI_CAT	SUP_CAT	PIANO_01	PIANO_02	PIANO_03
135782	C06	C/06	381	00001	009	38100001	38100001009	1	36		T		
135783	C01	C/01	381	00001	010	38100001	38100001010	1	27		T		
135784	A02	A/02	381	00001	011	38100001	38100001011	1	7,5		T	0001	
135785	C01	C/01	381	00001	012	38100001	38100001012	1	21		T		
135786	C01	C/01	381	00001	013	38100001	38100001013	1	21		T		
135790	A02	A/02	381	00005	000	38100005	38100005000	1	11		T	0001	
135790	A02	A/02	381	00006	000	38100006	38100006000	1	11		T	0001	
135791	A02	A/02	381	00007	001	38100007	38100007001	1	6				
135792	A02	A/02	381	00007	002	38100007	38100007002	1	7				
135793	A02	A/02	381	00007	003	38100007	38100007003	1	7		T		

La banca dati fornita dall'Agenzia del Territorio è, nella stragrande maggioranza dei casi, priva dell'indicazione della superficie catastale "SUP_CAT". Inoltre, come già sottolineato, l'interpretazione del significato del campo CONSISTENZA dipende dal primo carattere del campo CATEGORIA e può assumere valori diversi. Per le unità

immobiliari in categoria A (abitazioni, edifici di pregio, uffici e studi) la consistenza viene espressa in vani e l'ultimo carattere rappresenta un valore decimale pari a 0 o a 5; per le unità in categoria B (collegi, case di cura, prigioni, uffici pubblici, scuole, biblioteche, magazzini, ecc.) la consistenza viene espressa in metri cubi; infine, per le unità di categoria C (negozi, magazzini, laboratori, ecc.) la consistenza viene espressa in metri quadrati.

Nell'ambito del calcolo del fabbisogno di energia primaria e dell'indice di prestazione energetica, tenendo presente le finalità del lavoro di ricerca e la difficoltà di portare sullo stesso piano, categorie che presentano caratteri molto diversi fra loro, si preferisce restringere il campo alle sole unità ricadenti in categoria A, in altre parole alle sole unità a destinazione residenziale. L'operazione non ha nessuna ripercussione sul calcolo della somma dei consumi per numero civico giacché, nella stragrande maggioranza dei casi, le unità ricadenti in categoria B e C hanno civici indipendenti rispetto alle unità ricadenti in categoria A.

- Eliminazione delle unità immobiliari contate più volte perché corrispondenti a più particelle o a più subalterni.

- Selezione delle unità immobiliari ricadenti in categoria catastale A.

Delle 27734 unità immobiliari che hanno almeno una corrispondenza ad una particella e ad un subalterno all'interno dell'area oggetto di indagine restano 15624 unità.

UIU_CAT_TOT_RES										
ID_UI	CATEG_UNI	CATEGORIA CATASTALE	CLASSE_CAT	VANI_CAT	REND_LIRE	REND_EURO	PIANO_01	PIANO_02	PIANO_03	ANNO
135784	A/02	A/02 - Abitazioni di tipo civile	03	7,50	2025000	1045,83	T	0001		29122008
135790	A/02	A/02 - Abitazioni di tipo civile	03	11,00	2970000	1533,88	T	0001		29122008
135791	A/02	A/02 - Abitazioni di tipo civile	03	6,00	1620000	836,66				29122008
135792	A/02	A/02 - Abitazioni di tipo civile	02	7,00	1610000	831,5				29122008
135793	A/02	A/02 - Abitazioni di tipo civile	02	7,00	1610000	831,5	T			29122008
135797	A/03	A/03 - Abitazioni di tipo eco.	03	5,00	1025000	529,37	T-1			29122008
135803	A/03	A/03 - Abitazioni di tipo eco.	03	6,00	1230000	635,24	1-2			7052010
135804	A/03	A/03 - Abitazioni di tipo eco.	03	4,00	820000	423,49	1-2			7052010
135805	A/03	A/03 - Abitazioni di tipo eco.	03	7,50	1537500	794,05	2			7052010
135816	A/03	A/03 - Abitazioni di tipo eco.	04	5,50	1320000	681,72	T			10052010

FASE 4

- Semplificazione della banca dati "TIPO RECORD 7 FILE DATI METRICI" fornita dall'Ufficio provinciale dell'Agenzia del Territorio, conservando la chiave di riferimento dell'unità immobiliare "ID_UI", per i 57787 poligoni individuati all'interno dell'area oggetto di indagine.

METR_CAT_TOT					
ID_UI	PROG_POLIGONO	SUP_POLIGONO	CAR_POLIGONO	H_MIN	H_MAX
135782	1	39	A	260,00	260,00
135782	2	36	F	300,00	300,00
135783	1	9	H	395,00	395,00
135783	2	28	A	395,00	395,00
135783	3	3	H	395,00	395,00
135784	1	27	A	395,00	395,00
135784	2	139	A	340,00	340,00
135785	1	9	H	395,00	395,00
135785	2	21	A	395,00	395,00
135786	1	20	H	395,00	395,00

- Calcolo della superficie "SommaDiSUP_POLIGONO" (terza colonna) e del volume "VOL_TOT_ID_UI" (sesta colonna) per ciascuna delle 23146 unità immobiliari individuate all'interno della banca dati "TIPO RECORD 7 FILE DATI METRICI", conservando la chiave di riferimento dell'unità immobiliare "ID_UI".

```
SELECT METR_CAT_TOT.ID_UI, Max(METR_CAT_TOT.PROG_POLIGONO) AS MaxDiPROG_POLIGONO,
Sum(METR_CAT_TOT.SUP_POLIGONO) AS SommaDiSUP_POLIGONO, Min(METR_CAT_TOT.H_MIN) AS MinDiH_MIN,
Max(METR_CAT_TOT.H_MAX) AS MaxDiH_MAX,
Sum((((([METR_CAT_TOT].[H_MIN]+[METR_CAT_TOT].[H_MAX])/200)*[METR_CAT_TOT].[SUP_POLIGONO]))) AS VOL_TOT_ID_UI INTO
RACCOLTA_DATI_08
FROM METR_CAT_TOT
GROUP BY METR_CAT_TOT.ID_UI;
```

RACCOLTA_DATI_08					
ID_UI	MaxDiPROG_POLIGONO	SommaDiSUP_POLIGONO	MinDiH_MIN	MaxDiH_MAX	VOL_TOT_ID_UI
135782	2	75	260	300	209,4
135783	3	40	395	395	158
135784	2	166	340	395	579,25
135785	2	30	395	395	118,5
135786	2	41	395	395	161,95
135790	8	567	250	380	1868,8
135791	3	145	190	320	417
135792	2	152	190	320	450
135793	3	266	20	320	581,9
135797	3	103	300	316	322,44

- Collegamento - mediante la chiave di riferimento dell'unità immobiliare "ID_UI" - tra le informazioni sulla consistenza della singola unità immobiliare elaborate in "UIU_CAT_TOT_RES" (FASE 3): "SommaDiVANI_CAT" (numero totale dei vani riscaldati - in categoria A - per numero civico); e le informazioni sulla consistenza della singola unità immobiliare elaborate in "RACCOLTA_DATI_08" (FASE 4): "SommaDiSUP_POLIGONO" (superficie totale riscaldata - in categoria A - per numero civico) e "VOL_TOT_ID_UI" (volume totale riscaldata - in categoria A - per numero civico); per le 15624 unità immobiliari ricadenti in categoria A con almeno una corrispondenza ad una particella e ad un subalterno all'interno dell'area oggetto di indagine.

```
SELECT UIU_CAT_TOT_RES.ID_UI, UIU_CAT_TOT_RES.MinDiCATEG_UNI, UIU_CAT_TOT_RES.[MinDiCATEGORIA CATASTALE],
RACCOLTA_DATI_08.SommaDiSUP_POLIGONO, RACCOLTA_DATI_08.VOL_TOT_ID_UI, UIU_CAT_TOT_RES.SommaDiVANI_CAT,
(RACCOLTA_DATI_08.VOL_TOT_ID_UI/UIU_CAT_TOT_RES.SommaDiVANI_CAT) AS RAPPORTO INTO UIU_CAT_CONS
FROM UIU_CAT_TOT_RES LEFT JOIN RACCOLTA_DATI_08 ON UIU_CAT_TOT_RES.ID_UI = RACCOLTA_DATI_08.ID_UI;
```

UIU_CAT_CONS						
ID_UI	MinDiCATEG_UNI	MinDiCATEGORIA CATASTALE	SommaDiSUP_POLIGONO	VOL_TOT_ID_UI	SommaDiVANI_CAT	RAPPORTO
135784	A/02	A/02 - Abitazioni di tipo civile	166	579,25	7,5	77,2
135790	A/02	A/02 - Abitazioni di tipo civile	567	1868,8	11	169,9
135791	A/02	A/02 - Abitazioni di tipo civile	145	417	6	69,5
135792	A/02	A/02 - Abitazioni di tipo civile	152	450	7	64,3
135793	A/02	A/02 - Abitazioni di tipo civile	266	581,9	7	83,1
135797	A/03	A/03 - Abitazioni di tipo economico	103	322,44	5	64,5
135803	A/03	A/03 - Abitazioni di tipo economico	111	338,2	6	56,4
135804	A/03	A/03 - Abitazioni di tipo economico	67	204,2	4	51,1
135805	A/03	A/03 - Abitazioni di tipo economico	267	665	7,5	88,7
135816	A/03	A/03 - Abitazioni di tipo economico	118	329	5,5	59,8

FASE 5

- Collegamento e raggruppamento per via e numero civico - mediante la chiave di riferimento dell'unità immobiliare "ID_UI" - delle informazioni sulla consistenza della singola unità immobiliare elaborate in "UIU_CAT_CONS" (FASE 4): "SommaDiSUP_POLIGONO", "VOL_TOT_ID_UI" e "SommaDiVANI_CAT"; e delle informazioni sull'indirizzo della singola unità immobiliare elaborate in "INDIR_CAT_TOT" (FASE 2); per le 15624 unità immobiliari ricadenti in categoria A con almeno una corrispondenza ad una particella e ad un subalterno all'interno dell'area oggetto di indagine. I record così ottenuti sono 4372.

```
SELECT INDIR_CAT_TOT.VIA, INDIR_CAT_TOT.N_CIV, Min(UIU_CAT_CONS.MinDiCATEG_UNI) AS MinDiMinDiCATEG_UNI,
Min(UIU_CAT_CONS.[MinDiCATEGORIA CATASTALE]) AS [MinDiMinDiCATEGORIA CATASTALE],
Sum(UIU_CAT_CONS.SommaDiSUP_POLIGONO) AS SommaDiSommaDiSUP_POLIGONO, Sum(UIU_CAT_CONS.VOL_TOT_ID_UI) AS
SommaDiVOL_TOT_ID_UI, Sum(UIU_CAT_CONS.SommaDiVANI_CAT) AS SommaDiSommaDiVANI_CAT
FROM INDIR_CAT_TOT RIGHT JOIN UIU_CAT_CONS ON INDIR_CAT_TOT.ID_UI = UIU_CAT_CONS.ID_UI
GROUP BY INDIR_CAT_TOT.VIA, INDIR_CAT_TOT.N_CIV;
```

RACCOLTA_LAV_01					
VIA	N_CIV	MinDiMinDiCATEGORIA CATASTALE	SommaDiSommaDiSUP_POLIGONO	SommaDiVOL_TOT_ID_UI	SommaDiSommaDiVANI_CAT
CORSO PORTA PO	35	A/02 - Abitazioni di tipo civile	485	1077,95	21
CORSO PORTA PO	41	A/03 - Abitazioni di tipo eco	180	283,5	10,5
CORSO PORTA PO	49	A/02 - Abitazioni di tipo civile	381	1120,29	20
CORSO PORTA PO	57	A/03 - Abitazioni di tipo eco	445	1207,4	17,5
CORSO PORTA PO	81	A/10 - Uffici e studi privati	794	1190,88	14,5
CORSO PORTA PO	89	A/02 - Abitazioni di tipo civile	166	579,25	7,5
OMISSIS					
VIA DELLA CITTADELLA	30	A/02 - Abitazioni di tipo civile	2374	6858,45	96
VIA DELLA CITTADELLA	34	A/02 - Abitazioni di tipo civile	563	1448,9	20
VIA DELLA CITTADELLA	36	A/02 - Abitazioni di tipo civile	567	1868,8	11
VIA DELLA CITTADELLA	38	A/03 - Abitazioni di tipo eco	258	914,65	9,5

FASE 6

Si prende ora in esame la banca dati fornita dal Gruppo Hera S.p.A..

DATI HERA							
ID	via	Cod_via	Civico	Interno	anno_2007_mc	anno_2008_mc	anno_2009_mc
17227	CORSO PORTA PO	38008006669	35	1	2.195,00	1.912,00	2.035,90
17228	CORSO PORTA PO	38008006669	35	2	1.256,00	1.669,00	1.583,72
17229	CORSO PORTA PO	38008006669	35	3	320,00	538,00	690,11
17230	CORSO PORTA PO	38008006669	35	4	698,00	587,00	732,45
OMISSIS							
17331	CORSO PORTA PO	38008006669	81	1	3.335,00	3.290,00	3.214,30
OMISSIS							
17359	CORSO PORTA PO	38008006669	89	1	3.717,00	3.254,00	4.302,79
OMISSIS							
7417	VIA DELLA CITTADELLA	38008002403	34	1	1.525,00	1.875,00	2.142,63
7418	VIA DELLA CITTADELLA	38008002403	34	2	1.123,00	1.448,00	1.676,29
7419	VIA DELLA CITTADELLA	38008002403	34	3	722,00	297,00	550,59
7420	VIA DELLA CITTADELLA	38008002403	36	1	3.464,00	3.130,00	3.338,38

È necessario rilevare fin da subito le numerose discrepanze con le informazioni fornite dall'Ufficio provinciale dell'Agenzia del Territorio.

Come già in precedenza sottolineato, i dati di consumo forniti da Hera Ferrara non coprono il 100% dei consumi. È quindi necessario tenere presente uno scarto medio di circa il 10% tra utenza totale ed utenza del Gruppo Hera S.p.A..

In secondo luogo la banca dati Hera copre l'intero centro urbano mentre le informazioni di natura catastale coprono circa i 2/3 del centro stesso (si vedano i fogli effettivamente estratti). Conseguentemente i dati di consumo di molti civici vengono eliminati una volta collegati con il dato catastale.

Inoltre, nella banca dati fornita dal Gruppo Hera S.p.A. non sono comprese alcune vie presenti invece nella banca dati catastale (corso Isonzo, piazza A. Gramsci, vicolo Cornuda, via A. Volta, via C. Ravera, via Campo Franco, via Chiesa, via Colombara, via dei Teatini, via della Libertà, via della Pesca, via della Roja, via G. Amendola, via G. Marconi, via Mura di Porta Po, via Pioppa, vicolo dei Duelli, vicolo del Turco, viale Boldrini). Si perdono per questa ragione 259 unità immobiliari.

Infine molte utenze presentano consumi molto diversi nell'arco dei tre anni. Le ragioni sono probabilmente da ricercarsi nell'uso saltuario di alcune abitazioni ovvero nella risoluzione del contratto con Hera nell'arco del triennio. Sono quindi scartati tutti i numeri civici che presentano utenze con valori troppo differenti tra un anno e l'altro.

La lavorazione dei dati di consumo prosegue quindi con il calcolo della media annuale per ciascuna utenza.

- Calcolo della media annuale dei consumi "MC_ANNO_MEDIA" delle 23785 utenze del Gruppo Hera S.p.A..

```
SELECT [DATI HERA].via, [DATI HERA].Civico, [DATI HERA].Interno, ((([DATI HERA].[anno_2007_mc]+[DATI HERA].[anno_2008_mc]+[DATI HERA].[anno_2009_mc])/3) AS MC_ANNO_MEDIA
FROM [DATI HERA];
```

RACCOLTA LAV_02			
via	Civico	Interno	MC_ANNO_MEDIA
CORSO PORTA PO	35	1	2047,63
CORSO PORTA PO	35	2	1502,90
CORSO PORTA PO	35	3	516,03
CORSO PORTA PO	35	4	672,48
OMISSIS			
CORSO PORTA PO	81	1	3279,76
OMISSIS			
CORSO PORTA PO	89	1	3757,93
OMISSIS			
VIA DELLA CITTADELLA	34	1	1847,54
VIA DELLA CITTADELLA	34	2	1415,76
VIA DELLA CITTADELLA	34	3	523,19
VIA DELLA CITTADELLA	36	1	3310,79

FASE 7

- Calcolo della media annuale dei consumi "SOMMA_N_CIV" dei 6999 numeri civici individuati all'interno dell'area oggetto di indagine a partire dalla banca dati fornita dal Gruppo Hera S.p.A..

```
SELECT RACCOLTA_LAV_02.via, RACCOLTA_LAV_02.Civico, Sum(RACCOLTA_LAV_02.MC_ANNO_MEDIA) AS SOMMA_N_CIV
FROM RACCOLTA_LAV_02
GROUP BY RACCOLTA_LAV_02.via, RACCOLTA_LAV_02.Civico;
```

RACCOLTA LAV_04		
via	Civico	SOMMA_N_CIV
CORSO PORTA PO	35	4739,06
OMISSIS		
CORSO PORTA PO	81	3279,76
OMISSIS		
CORSO PORTA PO	89	3757,93
OMISSIS		
VIA DELLA CITTADELLA	34	3786,50
VIA DELLA CITTADELLA	36	3310,79
VIA DELLA CITTADELLA	37	0,00
VIA DELLA CITTADELLA	38	1268,00
VIA DELLA CITTADELLA	41	4661,60
VIA DELLA CITTADELLA	43	741,97
VIA DELLA CITTADELLA	51	17238,35

4.2.5. Dati in uscita.

1) FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA ED INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA PER NUMERO CIVICO

FASE 8

- Calcolo del fabbisogno di energia primaria espresso in m³(gas metano)·anno e dell'indice di prestazione energetica espresso in m³(gas metano)/m²·anno "MC_SUP_UIU" (ottava colonna - Grafico 3); in m³(gas metano)/m³·anno "MC_MC_UIU" (nona colonna - Grafico 4) e in m³(gas metano)/vano·anno "MC_VANO_UIU" (decima colonna - Grafico 5) per i 3643 numeri civici comuni ad entrambe le banche dati "RACCOLTA_LAV_01" (si veda elaborazione banca dati Agenzia del Territorio - FASE 5) e "RACCOLTA_LAV_04" (si veda elaborazione banca dati Gruppo Hera - FASE 7).

```
SELECT RACCOLTA_LAV_01.VIA, RACCOLTA_LAV_01.N_CIV, RACCOLTA_LAV_04.SOMMA_N_CIV,
RACCOLTA_LAV_01.MinDiMinDiCATEG_UNI, RACCOLTA_LAV_01.[MinDiMinDiCATEGORIA CATASTALE],
RACCOLTA_LAV_01.SommaDiSommaDiSUP_POLIGONO, RACCOLTA_LAV_01.SommaDiVOL_TOT_ID_UI,
RACCOLTA_LAV_01.SommaDiSommaDiVANI_CAT,
([RACCOLTA_LAV_04].[SOMMA_N_CIV]/[RACCOLTA_LAV_01].[SommaDiSommaDiSUP_POLIGONO]) AS MC_SUP_UIU,
(RACCOLTA_LAV_04.SOMMA_N_CIV/RACCOLTA_LAV_01.SommaDiVOL_TOT_ID_UI) AS MC_MC_UIU,
(RACCOLTA_LAV_04.SOMMA_N_CIV/RACCOLTA_LAV_01.SommaDiSommaDiVANI_CAT) AS MC_VANO_UIU INTO
RACCOLTA_DATI_05
FROM RACCOLTA_LAV_01 INNER JOIN RACCOLTA_LAV_04 ON (RACCOLTA_LAV_01.N_CIV = RACCOLTA_LAV_04.Civico) AND
(RACCOLTA_LAV_01.VIA = RACCOLTA_LAV_04.via);
```

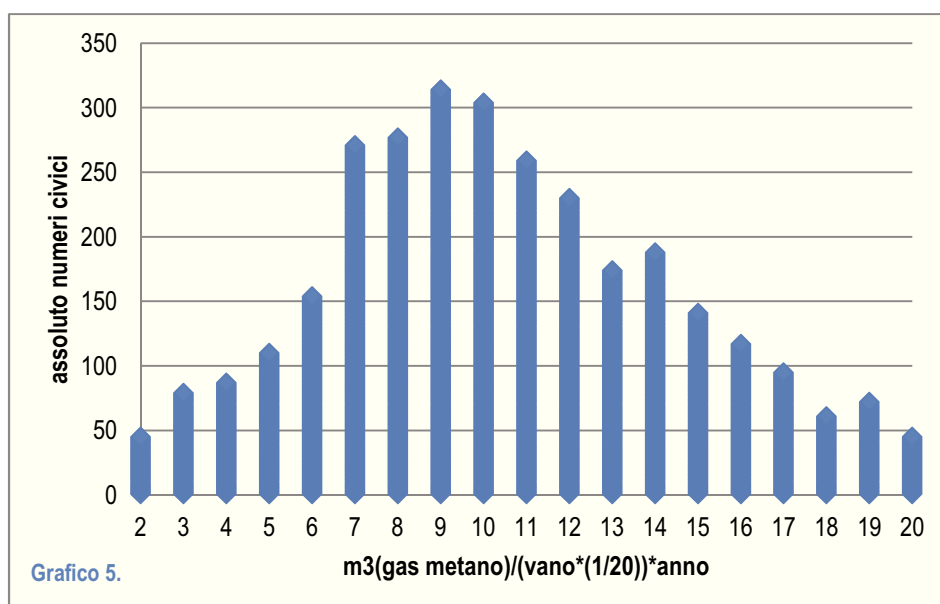
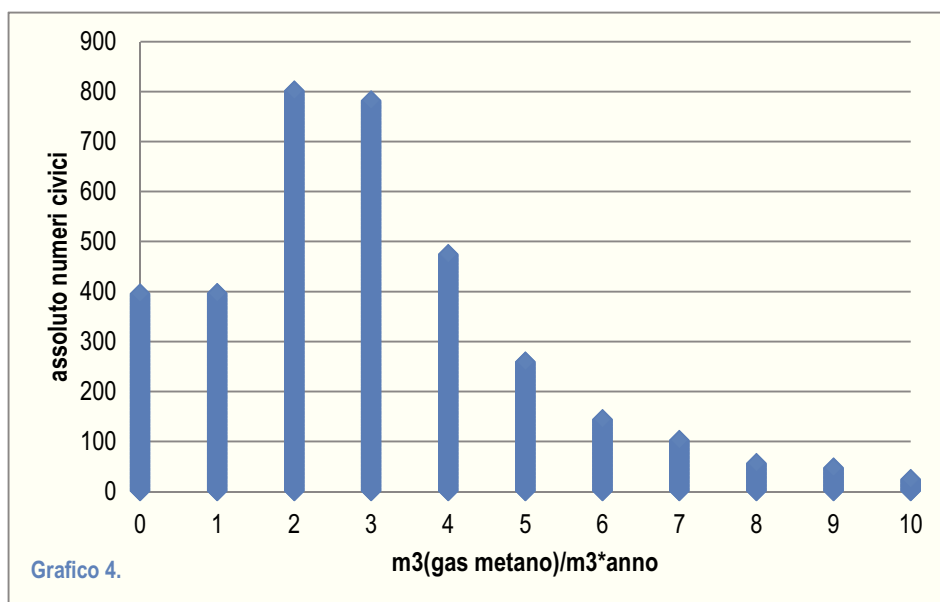
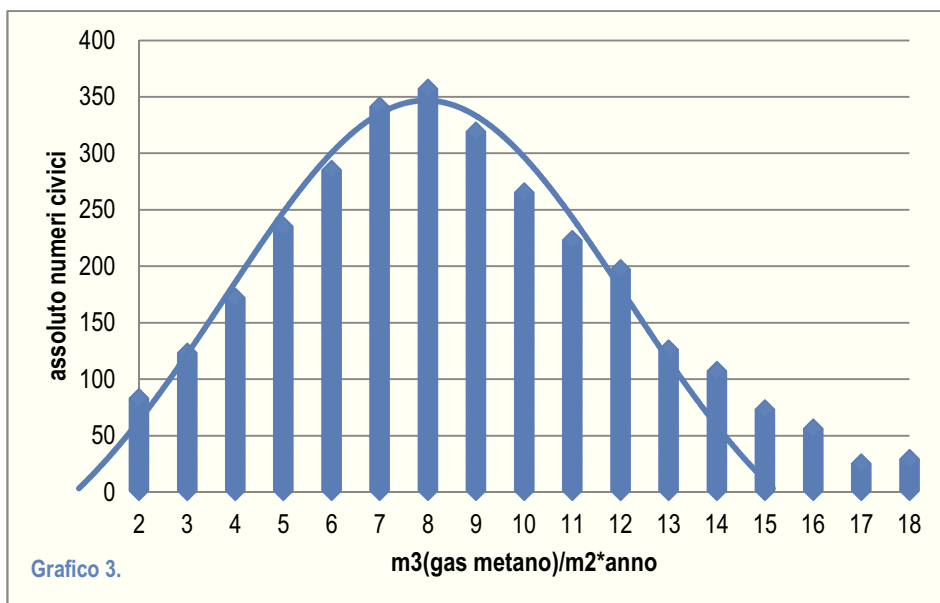
RACCOLTA_DATI_05									
VIA	N_CIV	SOMMA_N_CIV	MinDiMinDiCATEG_UNI	SommaDiSommaDiSUP_POLIGONO	SommaDiVOL_TOT_ID_UI	SommaDiSommaDiVANI_CAT	MC_SUP_UIU	MC_MC_UIU	MC_VANO_UIU
CORSO PORTA PO	35	4739	A/02	485	1077,95	21	9,77	4,39	225
CORSO PORTA PO	41	3998	A/03	180	283,5	10,5	22,21	14,10	380
CORSO PORTA PO	49	4649	A/02	381	1120,29	20	12,20	4,15	232
CORSO PORTA PO	57	3118	A/03	445	1207,4	17,5	7,00	2,58	178
CORSO PORTA PO	81	3279	A/10	794	1190,88	14,5	4,13	2,75	226
CORSO PORTA PO	89	3757	A/02	166	579,25	7,5	22,63	6,48	501
VIA DELLA CITTADELLA	34	3786	A/02	563	1448,9	20	6,72	2,61	189
VIA DELLA CITTADELLA	36	3310	A/02	567	1868,8	11	5,83	1,77	300
VIA DELLA CITTADELLA	38	1268	A/03	258	914,65	9,5	4,91	1,38	133
VIA XX SETTEMBRE	1	3054	A/02	249	406,5	9	12,26	7,51	339
VIA XX SETTEMBRE	2	6625	A/02	1268	3864,8	21	5,22	1,71	315

2) ANALISI DELLA DISTRIBUZIONE PER NUMERO CIVICO

I tre grafici individuano tutti i 3643 numeri civici comuni ad entrambe le banche dati.

Considerando il **Grafico 3** è possibile trarre fin da subito alcune sintetiche conclusioni:

- l'indice di prestazione energetica più frequente (oltre i 350 numeri civici) coincide sostanzialmente con l'indice di prestazione medio (individuato dall'apice della gaussiana): la distribuzione risulta pertanto credibile;
- la gaussiana si presenta molto ampia: esiste quindi una significativa quantità di valori anche significativamente distanti dall'indice di prestazione medio. In altre parole, il margine di errore del modello di valutazione potrebbe essere molto elevato.



3) FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA ED INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA PER PARTICELLA CATASTALE

Per consentire la visualizzazione su piattaforma GIS è necessario calcolare il fabbisogno di energia primaria espresso in m³(gas metano)-anno e l'indice di prestazione energetica espresso in m³(gas metano)/m²-anno "MC_SUP_UIU"; in m³(gas metano)/m³-anno "MC_MC_UIU" e in m³(gas metano)/vano-anno "MC_VANO_UIU" relativo ad ogni particella catastale all'interno dell'area oggetto di indagine.

FASE 9

- Collegamento e raggruppamento per particella catastale - mediante la chiave di riferimento dell'unità immobiliare "ID_UI" - delle informazioni sulla consistenza della singola unità immobiliare elaborate in "UIU_CAT_CONS" (FASE 4): "SommaDiSUP_POLIGONO" (superficie totale riscaldata - in categoria A - per particella catastale), "VOL_TOT_ID_UI" (volume totale riscaldato - in categoria A - per particella catastale) e "SommaDiVANI_CAT" (numero totale vani riscaldati - in categoria A - per particella catastale); e delle informazioni sulla particella catastale elaborate in "IDENT_CAT_COD_PART" (FASE 1).

In particolare si conserva il codice della particella catastale "ID_SHAPE" per consentire il collegamento con il codice di riconoscimento della geometria (polygon) che rappresenta, in ambiente GIS, la singola particella all'interno dell'area oggetto di indagine ("ID_SHAPE").

```
SELECT IDENT_CAT_COD_PART.ID_SHAPE, Sum(IDENT_CAT_COD_PART.CONTATORE) AS SommaDiCONTATORE,
Min(UIU_CAT_CONS.MinDiCATEG_UNI) AS MinDiMinDiCATEG_UNI, Sum(UIU_CAT_CONS.SommaDiSUP_POLIGONO) AS
SommaDiSommaDiSUP_POLIGONO, Sum(UIU_CAT_CONS.VOL_TOT_ID_UI) AS SommaDiVOL_TOT_ID_UI,
Sum(UIU_CAT_CONS.SommaDiVANI_CAT) AS SommaDiSommaDiVANI_CAT INTO RACCOLTA_DATI_19
FROM IDENT_CAT_COD_PART INNER JOIN UIU_CAT_CONS ON IDENT_CAT_COD_PART.ID_UI = UIU_CAT_CONS.ID_UI
GROUP BY IDENT_CAT_COD_PART.ID_SHAPE;
```

RACCOLTA DATI 19					
ID_SHAPE	SommaDiCONTATORE	MinDiMinDiCATEG_UNI	SommaDiSommaDiSUP_POLIGONO	SommaDiVOL_TOT_ID_UI	SommaDiSommaDiVANI_CAT
D548-0381-00001	1	A/02	166	579,25	7,5
D548-0381-00003	1	A/03	258	914,65	9,5
D548-0381-00005	1	A/02	567	1868,8	11
D548-0381-00006	1	A/02	567	1868,8	11
D548-0381-00007	3	A/02	563	1448,9	20
D548-0381-00008	1	A/03	103	322,44	5
D548-0381-00011	7	A/03	915	2162,6	41
D548-0381-00012	20	A/02	1856	5346,29	94
D548-0381-00013	24	A/02	2578	7722,24	118
D548-0381-00017	1	A/03	68	181,6	4

FASE 10

- Collegamento e raggruppamento per particella catastale, via e numero civico - mediante la chiave di riferimento dell'unità immobiliare "ID_UI" - delle informazioni sull'identità della singola unità immobiliare elaborate in "IDENT_CAT_TOT" (FASE 1) e

delle informazioni sull'indirizzo della singola unità immobiliare elaborate in
"INDIR_CAT_TOT" (FASE 2).

I record così ottenuti sono 10632.

```
SELECT ((IDENT_CAT_TOT).COD_AMM+"-0"+(IDENT_CAT_TOT).FOGLIO+"-"+(IDENT_CAT_TOT).PARTICELLA) AS ID_SHAPE,
INDIR_CAT_TOT.VIA, INDIR_CAT_TOT.N_CIV, Sum(1) AS CONTATORE INTO RACCOLTA_DATI_20
FROM IDENT_CAT_TOT INNER JOIN INDIR_CAT_TOT ON IDENT_CAT_TOT.ID_UI = INDIR_CAT_TOT.ID_UI
GROUP BY ((IDENT_CAT_TOT).COD_AMM+"-0"+(IDENT_CAT_TOT).FOGLIO+"-"+(IDENT_CAT_TOT).PARTICELLA),
INDIR_CAT_TOT.VIA, INDIR_CAT_TOT.N_CIV;
```

RACCOLTA_DATI_20			
ID_SHAPE	VIA	N_CIV	CONTATORE
D548-0381-00001	CORSO PORTA PO	87	2
D548-0381-00001	CORSO PORTA PO	89	1
D548-0381-00001	CORSO PORTA PO	91	1
D548-0381-00001	CORSO PORTA PO	93	1
D548-0381-00003	VIA DELLA CITTADELLA	38	1
D548-0381-00003	VIA DELLA CITTADELLA	40	1
D548-0381-00005	VIA DELLA CITTADELLA	36	1
D548-0381-00006	VIA DELLA CITTADELLA	36	1
D548-0381-00007	VIA DELLA CITTADELLA	34	3
D548-0381-00008	VIA MURA DI PORTA PO	83	1

FASE 11

- Collegamento e raggruppamento per particella catastale - mediante le chiavi di riferimento "VIA" e "N_CIV" - delle informazioni catastali di ciascun numero civico elaborate in "RACCOLTA_DATI_20" (FASE PRECEDENTE) e delle informazioni relative ai consumi di ciascun numero civico elaborate in "RACCOLTA_DATI_05" (FASE 8).

I record così ottenuti sono 4974 e rappresentano la somma dei consumi annuali medi, calcolati sul triennio di riferimento 2007 - 2009, relativi ad ogni particella catastale individuata all'interno dell'area oggetto di indagine.

```
SELECT RACCOLTA_DATI_20.ID_SHAPE, Sum(RACCOLTA_DATI_05.SOMMA_N_CIV) AS SommaDiSOMMA_N_CIV INTO
RACCOLTA_DATI_30
FROM RACCOLTA_DATI_05 INNER JOIN RACCOLTA_DATI_20 ON (RACCOLTA_DATI_05.N_CIV = RACCOLTA_DATI_20.N_CIV) AND
(RACCOLTA_DATI_05.VIA = RACCOLTA_DATI_20.VIA)
GROUP BY RACCOLTA_DATI_20.ID_SHAPE;
```

RACCOLTA_DATI_30	
ID_SHAPE	SommaDiSOMMA_N_CIV
D548-0381-00001	3757,93
D548-0381-00003	1268,00
D548-0381-00005	3310,79
D548-0381-00006	3310,79
D548-0381-00007	3786,50
D548-0381-00011	7948,46
D548-0381-00012	5527,26
D548-0381-00013	4387,86
D548-0381-00017	4649,55
D548-0381-00021	5718,55

FASE 12

- Calcolo del fabbisogno di energia primaria espresso in m³(gas metano)·anno e dell'indice di prestazione energetica espresso in m³(gas metano)/m²·anno "MC_SUP_ID_SHAPE"; in m³(gas metano)/m³·anno "MC_MC_ID_SHAPE" e in m³(gas metano)/vano·anno "MC_VANO_ID_SHAPE" per le 4701 particelle catastali comuni ad entrambe le banche dati "RACCOLTA_DATI_19" (FASE 9) e "RACCOLTA_DATI_30" (FASE PRECEDENTE).

La banca dati così ottenuta può essere direttamente collegata - mediante la chiave "ID SHAPE" - alla geometria (polygon) che rappresenta, in ambiente GIS, la singola particella catastale all'interno dell'area oggetto di indagine.

```
SELECT RACCOLTA_DATI_19.ID_SHAPE, RACCOLTA_DATI_30.SommaDiSOMMA_N_CIV,
RACCOLTA_DATI_19.MinDiMinDiCATEG_UNI, RACCOLTA_DATI_19.SommaDiSommaDiSUP_POLIGONO,
RACCOLTA_DATI_19.SommaDiVOL_TOT_ID_UI, RACCOLTA_DATI_19.SommaDiSommaDiVANI_CAT,
([RACCOLTA_DATI_30].[SommaDiSOMMA_N_CIV]/[RACCOLTA_DATI_19].[SommaDiSommaDiSUP_POLIGONO]) AS
MC_SUP_ID_SHAPE, ([RACCOLTA_DATI_30].[SommaDiSOMMA_N_CIV]/[RACCOLTA_DATI_19].[SommaDiVOL_TOT_ID_UI]) AS
MC_MC_ID_SHAPE, ([RACCOLTA_DATI_30].[SommaDiSOMMA_N_CIV]/[RACCOLTA_DATI_19].[SommaDiSommaDiVANI_CAT]) AS
MC_VANO_ID_SHAPE
FROM RACCOLTA_DATI_19 INNER JOIN RACCOLTA_DATI_30 ON RACCOLTA_DATI_19.ID_SHAPE = RACCOLTA_DATI_30.ID_SHAPE;
```

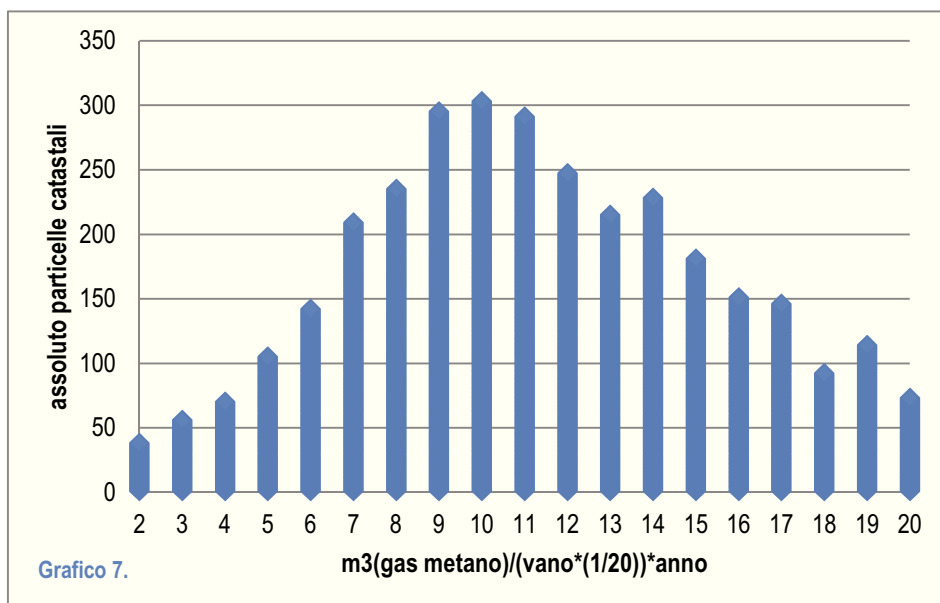
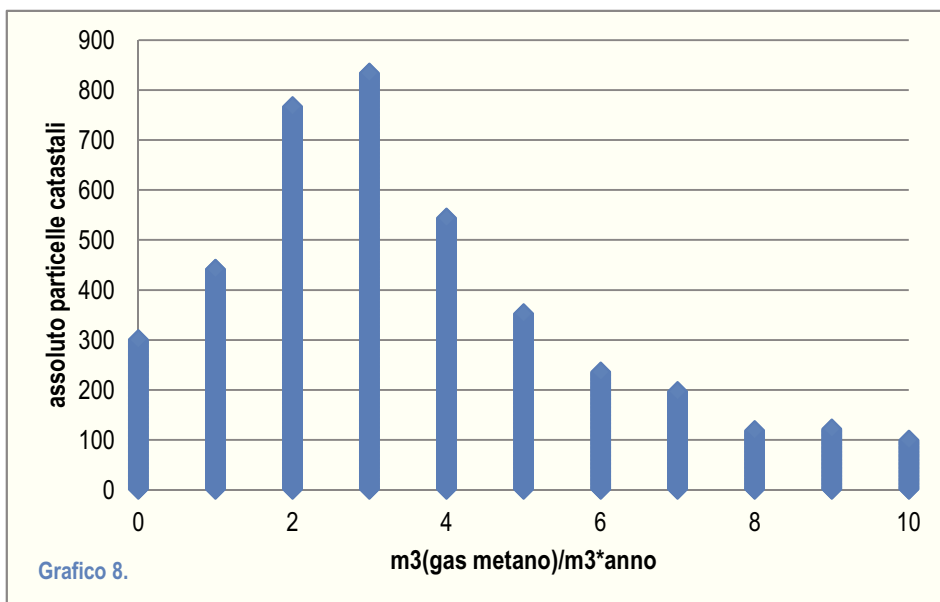
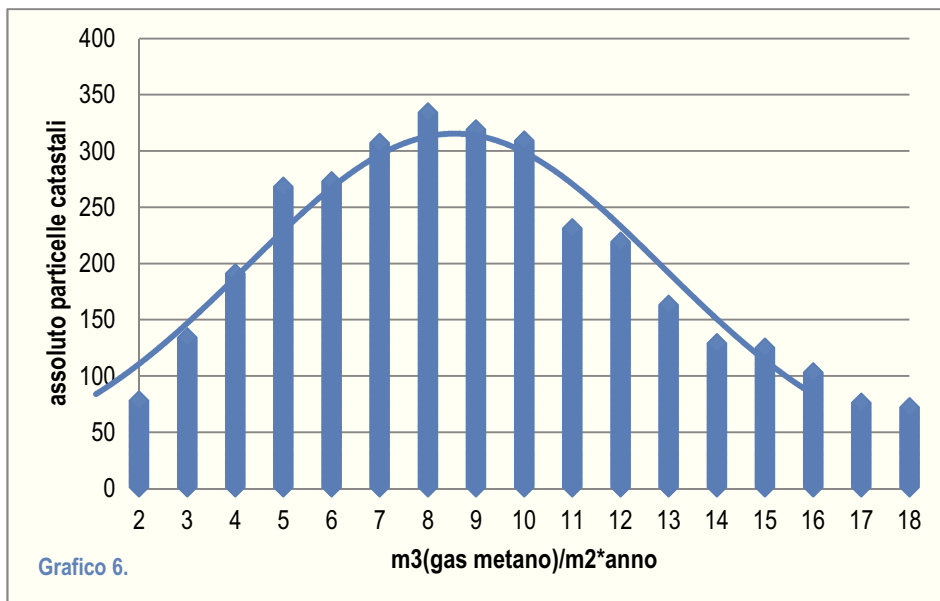
RACCOLTA_DATI_GIS								
ID_SHAPE	SommaDiSOMMA_N_CIV	MinDiMinDiCATEG_UNI	SommaDiSommaDiSUP_POLIGONO	SommaDiVOL_TOT_ID_UI	SommaDiSommaDiVANI_CAT	MC_SUP_ID_SHAPE	MC_MC_ID_SHAPE	MC_VANO_ID_SHAPE
D548-0381-00001	3757	A/02	166	579,25	7,5	22,63	6,48	501,05
D548-0381-00003	1268	A/03	258	914,65	9,5	4,91	1,38	133,47
D548-0381-00005	3310	A/02	567	1868,8	11	5,83	1,77	300,98
D548-0381-00006	3310	A/02	567	1868,8	11	5,83	1,77	300,98
D548-0381-00007	3786	A/02	563	1448,9	20	6,72	2,61	189,32
D548-0381-00011	7948	A/03	915	2162,6	41	8,68	3,67	193,86
D548-0381-00012	5527	A/02	1856	5346,29	94	2,97	1,03	58,80
D548-0381-00013	4387	A/02	2578	7722,24	118	1,70	0,56	37,18
D548-0381-00017	4649	A/03	68	181,6	4	68,37	25,60	1162,38
D548-0381-00021	5718	A/02	927	2928,75	39,5	6,16	1,95	144,77

4) ANALISI DELLA DISTRIBUZIONE PER PARTICELLA CATASTALE

I tre grafici riportati alla pagina seguente individuano tutte le 4974 particelle catastali comuni ad entrambe le banche dati.

Anche in questo caso è possibile ribadire quanto affermato al punto 2.

La gaussiana si presenta ancora più ampia di prima: esiste quindi una notevole quantità di valori molto distanti dall'indice medio. Si osserva inoltre la presenza di un nutrito gruppo di valori eccessivamente bassi, anche inferiori ai 4 m³(gas metano)/m²·anno. Valori così bassi individuerrebbero edifici in CLASSE A, sostanzialmente assenti all'interno del centro urbano. Il dato conferma quindi l'ampio margine di errore del modello di valutazione.



5) RAPPRESENTAZIONE SU PIATTAFORMA GIS PER PARTICELLA CATASTALE

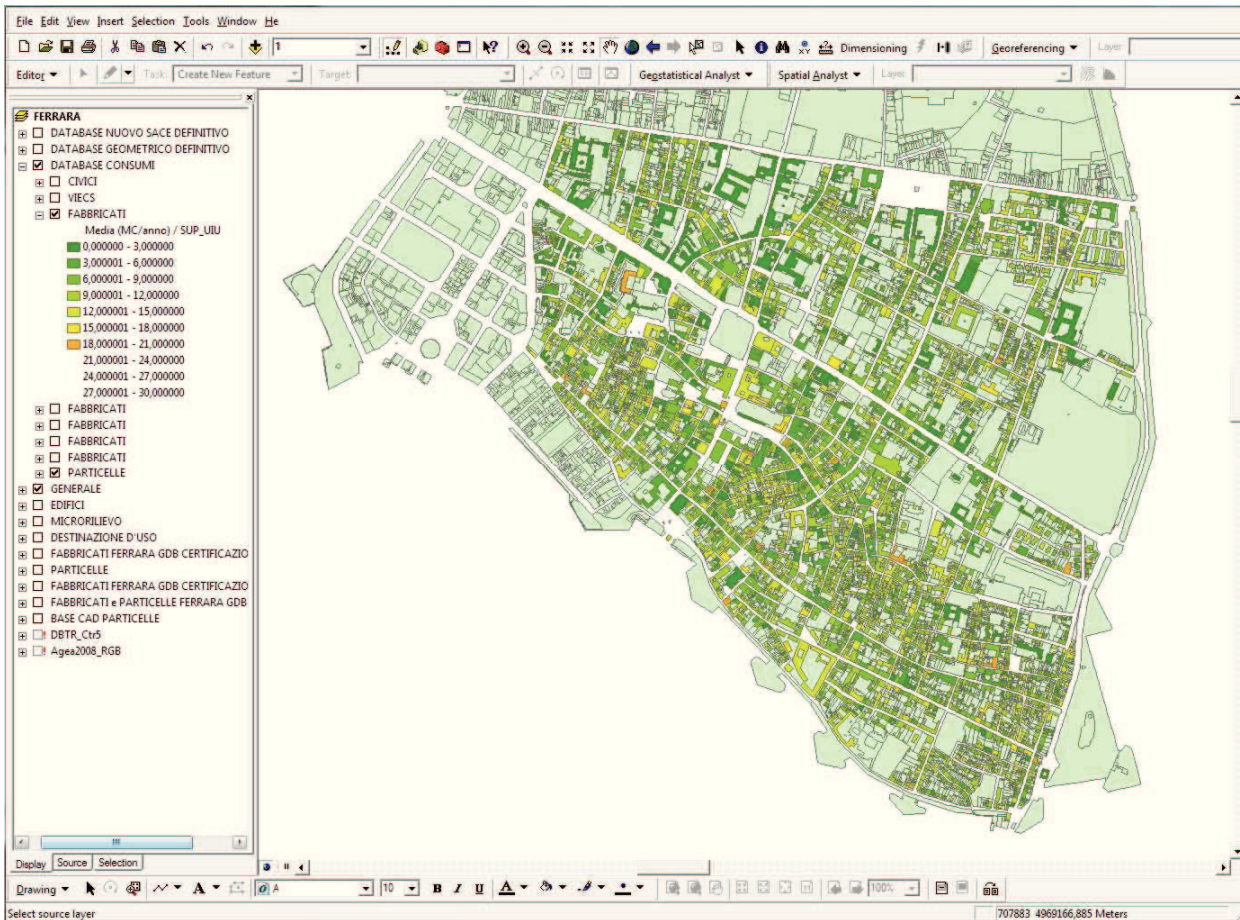


Figura 16. Rappresentazione dell'indice di prestazione energetica espresso in $m^3(\text{gas metano})/m^2\text{-anno}$ per ciascuna delle 4974 particelle catastali comuni ad entrambe le banche dati.

4.2.6. Conclusioni e criticità.

La rappresentazione sopra riportata consente la lettura, particella per particella, della valutazione effettuata sull'intero parco edilizio pre-industriale compreso nel centro urbano di Ferrara.

Gli intervalli individuati con differenti cromie (consumi crescenti dal verde all'arancione) non corrispondono agli intervalli previsti dalla Regione Emilia Romagna. La pubblicazione del DM del 26 giugno 2009 "Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici" ed i singoli provvedimenti regionali hanno reso evidente l'assenza di un sistema condiviso per la costruzione degli intervalli nelle scale di prestazione energetica. Con l'ausilio della tabella sottostante è possibile effettuare il confronto tra il sistema di classamento in $kWh/m^2\text{-anno}$ (o in $kWh/m^3\text{-anno}$ per edifici non residenziali) previsto dalla normativa regionale e il classamento proposto in questa sede per la rappresentazione della valutazione energetica di esercizio in $m^3(\text{gas metano})/m^2\text{-anno}$.

CLASSE	kWh/m ² -anno	m ³ (gas metano)/m ² -anno
Classe A	< 40	< 4,17
Classe B	< 60	< 6,26
Classe C	< 90	< 9,38
Classe D	< 130	< 13,56
Classe E	< 170	< 17,73
Classe F	< 210	< 21,9
Classe G	> 210	> 21,9

La distribuzione dei valori individua fin da subito alcune importanti problematiche del metodo di valutazione top-down in esame. Da una parte, è possibile osservare che la stragrande maggioranza degli edifici risulta compresa tra la classe A e la classe D, dall'altra, è riscontrabile una sostanziale proporzionalità tra la dimensione della superficie catastale dell'unità immobiliare e la classe energetica. In altre parole, all'aumentare della superficie totale ipoteticamente riscaldata per particella catastale ("SommaDiSUP_POLIGONO" - FASE 9), i consumi al m² tendono a diminuire.

Mentre il primo elemento di riflessione potrebbe essere legato a fattori esogeni alla procedura in esame, quali, ad esempio, la sovrastima del fabbisogno nella valutazione con metodo di calcolo quasi statico (adottato in Italia con le UNI/TS 11300), il secondo è con certezza connesso alla scarsa affidabilità della procedura stessa. La conoscenza diretta del parco edilizio del centro urbano di Ferrara consente alcune ipotesi. Gli edifici di dimensioni più grandi, quasi sempre coincidenti con le particelle catastali di dimensioni maggiori (edifici specialistici di carattere ecclesiastico o nobiliare: chiese, conventi, palazzi, ecc.), risultano oggi frequentemente abbandonati ovvero utilizzati solo in piccolissima parte o per brevissimi periodi l'anno. Su questi edifici il calcolo della superficie totale ipoteticamente riscaldata su base catastale, non consente di ottenere un risultato anche solo statisticamente attendibile. Al contrario, ove siamo in presenza di edilizia pre-industriale di base, normalmente più minuta e scarsamente caratterizzata da fenomeni di abbandono sistematico, i valori di consumo tendono, in media, ad alzarsi, avvicinandosi ai valori di fabbisogno che si sarebbero potuti calcolare con metodo quasi statico. In particolare, è possibile riscontrare questo fenomeno nell'organismo urbano di origine medioevale (Figura 17).

La media dei consumi, calcolata su base statistica considerando solo edifici sicuramente abitati e di dimensioni abbastanza ridotte, è pari a circa 9 m³(gas metano)/m²-anno. Il dato evidenzia comunque una sensibile distanza tra la valutazione di esercizio e la valutazione del fabbisogno. Concludendo, il metodo di valutazione di esercizio proposto non consente di garantire un livello di approssimazione adeguato alla caratterizzazione della prestazione energetica del parco edilizio in esame.



Figura 17. Rappresentazione dell'indice di prestazione energetica: particolare.

Ancora, venendo a mancare una significativa corrispondenza tra la valutazione di esercizio e la valutazione del fabbisogno con metodo quasi statico, il metodo di valutazione in esame non consente altresì il calcolo del rendimento globale medio stagionale dell'impianto di riscaldamento così come sinteticamente rappresentato in Figura 18.

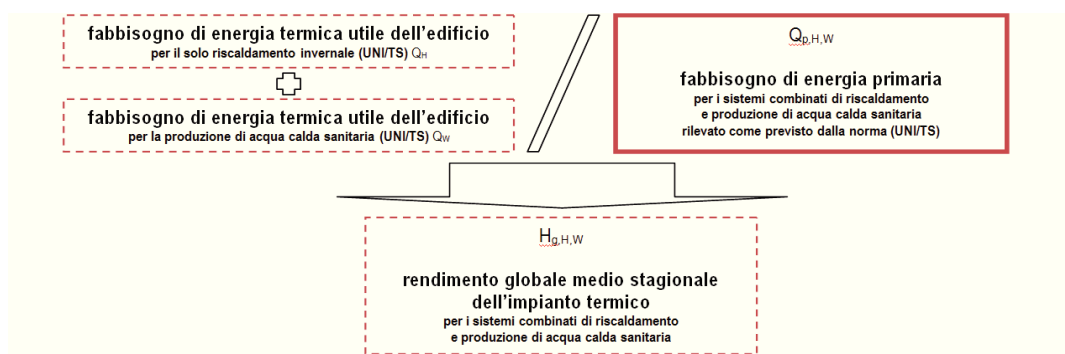


Figura 18. Ipotesi per il calcolo del rendimento globale medio stagionale dell'impianto di riscaldamento.

4.3. ESEMPLIFICAZIONE METODO BOTTOM-UP APPLICATO AL CENTRO URBANO DI FERRARA.

4.3.1. Introduzione e finalità.

Nell'ambito delle valutazioni con metodo bottom-up si sono volute verificare le potenzialità degli Attestati di Certificazione (ACE) come strumento per la programmazione e la verifica di politiche energetiche (WP. 13 - OB. 06).

La Regione Emilia-Romagna si è dotata di una propria disciplina in materia di prestazione energetica degli edifici con la DAL 156/2008 modificata dalla DGR 1362/2010 e dalla DGR 1366/2011 e, dal 1° gennaio 2009, ha attivato il Sistema di Accreditamento e Certificazione Energetica (SACE)¹ per la compilazione, emissione e trasmissione degli Attestati di Certificazione Energetica relativi alle singole unità immobiliari.

Il SACE prevede l'inserimento dei dati catastali, geometrici ed energetici dell'edificio, oltre a quelli della proprietà. In particolare, richiede la compilazione del fabbisogno di energia termica utile e dell'indice di prestazione energetica EP (kWh/m²-anno o kWh/m³-anno), per l'attribuzione della classe energetica. Il 5 Ottobre 2010 è stata messa online la release 2.0 del SACE, che fornisce una serie di dati tabellati in aggiunta ai dati già presenti e prevede la richiesta di maggiori informazioni sulle caratteristiche energetiche e termo fisiche dell'edificio.

L'obbligatorietà dell'inserimento dei dati nel SACE per l'emissione dell'Attestato di Certificazione Energetica, contribuisce alla costituzione di un'importante banca dati sulle caratteristiche energetiche del patrimonio edilizio della Regione Emilia-Romagna.

Secondo i dati del Censimento ISTAT 2001, nel Comune di Ferrara sono presenti 63.191 unità immobiliari. Di queste, a tutto giugno 2010, risultano certificate 3.046 U.I. (4,86%), delle quali 1.081 (1,71%) site nel centro urbano all'interno della cinta muraria. Le analisi dei dati che seguono sono pertanto riferite alle 1.081 U.I. ricadenti all'interno di particelle catastali appartenenti ai 17 fogli (374-390) relativi al centro urbano del capoluogo estense, certificate durante i primi 18 mesi di registrazione.

Le considerazioni a seguire non tengono conto della validità di tale campione rispetto al totale. La distribuzione casuale dei dati e la quantità di certificati sufficientemente rappresentativa (con una media del 5% sul totale delle U.I. del Comune) consentono comunque, pur nel limite di incertezza statistica, di poter esprimere alcune prime considerazioni di carattere generale anche sulla base di elementi valutati in sito dai soggetti certificatori.

¹ SACE - Sistema Accreditamento Certificatori Energetici vers. 2.2 © 2010 (*Independent expert and EPC Accreditation*). Software della Regione Emilia-Romagna per la registrazione degli Attestati di Certificazione Energetica.

Per ogni attestato sono stati evidenziati: la classe energetica, l'indice di prestazione energetica EP totale (EP_{tot}), espresso in kWh/m²-anno (o in kWh/m³-anno per edifici non residenziali) di energia primaria in relazione alla destinazione d'uso, il volume lordo (m³) ed i dati catastali (foglio, particella e subalterno).

In merito all'accuratezza dei dati occorre ricordare che l'indice EP_{tot} costituisce il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento e la produzione di ACS e che si riferisce ai dati inseriti dai soggetti certificatori nel SACE, quindi contiene un errore relativo alla metodologia di calcolo utilizzata: secondo le norme UNI/TS 11300 - Parte 1 e Parte 2, oppure mediante metodi semplificati quali il DOCET o il metodo semplificato previsto dall'Allegato 8 della DAL 156/2008.

4.3.2. Lavorazione dei dati in ingresso.

Una prima analisi dei dati ha consentito di calcolare il fabbisogno di energia primaria, dato dal prodotto del volume per l'indice EP_{tot} nel caso di U.I. non residenziali, e dal prodotto dell'indice EP_{tot} , per il volume diviso un'altezza media di 2,70 m nel caso di U.I. residenziali (destinazione E.1). La banca dati riporta, per il centro urbano, un volume totale di U.I. certificate pari a 429.081 m³, di cui 102.734 m³ costituiti da unità con destinazione d'uso non residenziale. La superficie utile a destinazione residenziale risulta pari a 120.869 m².

I risultati relativi all'intero Comune sono riportati in [Tabella 11](#), suddivisi in base alla destinazione d'uso (DPR 412/93), al numero di certificati ed al fabbisogno di energia primaria.

Tabella 11. Dati aggregati dagli Attestati di Certificazione Energetica del Comune di Ferrara.

	E.1	E.2	E.3	E.4	E.5	E.6	E.7	E.8	TOTALE
Numero unità immobiliari	2.737,00	116,00	3,00	18,00	99,00	1,00	2,00	70,00	3.046,00
	89,86%	3,81%	0,10%	0,59%	3,25%	0,03%	0,07%	2,30%	100,00%
Fabbisogno Energia Primaria (MWh)	128.009,59	7.519,91	20,34	842,58	7.153,89	149,36	0,00	7.846,39	151.542,06
	84,47%	4,96%	0,01%	0,56%	4,72%	0,10%	0,00%	5,18%	100,00%

Tabella 12. Dati aggregati dagli Attestati di Certificazione Energetica del centro urbano del Comune di Ferrara.

	E.1	E.2	E.3	E.4	E.5	E.6	E.7	E.8	TOTALE
Numero unità immobiliari	966,00	58,00	1,00	8,00	41,00	0,00	1,00	6,00	1.081,00
	89,36%	5,37%	0,09%	0,74%	3,79%	0,00%	0,09%	0,56%	100,00%
Fabbisogno Energia Primaria (MWh)	25.945,75	3.287,98	9,34	317,19	1.183,63	0,00	0,00	15,20	30.759,09
	84,35%	10,69%	0,03%	1,03%	3,85%	0,00%	0,00%	0,05%	100,00%

In [Tabella 12](#) sono riportate le stesse informazioni relative al solo centro urbano.

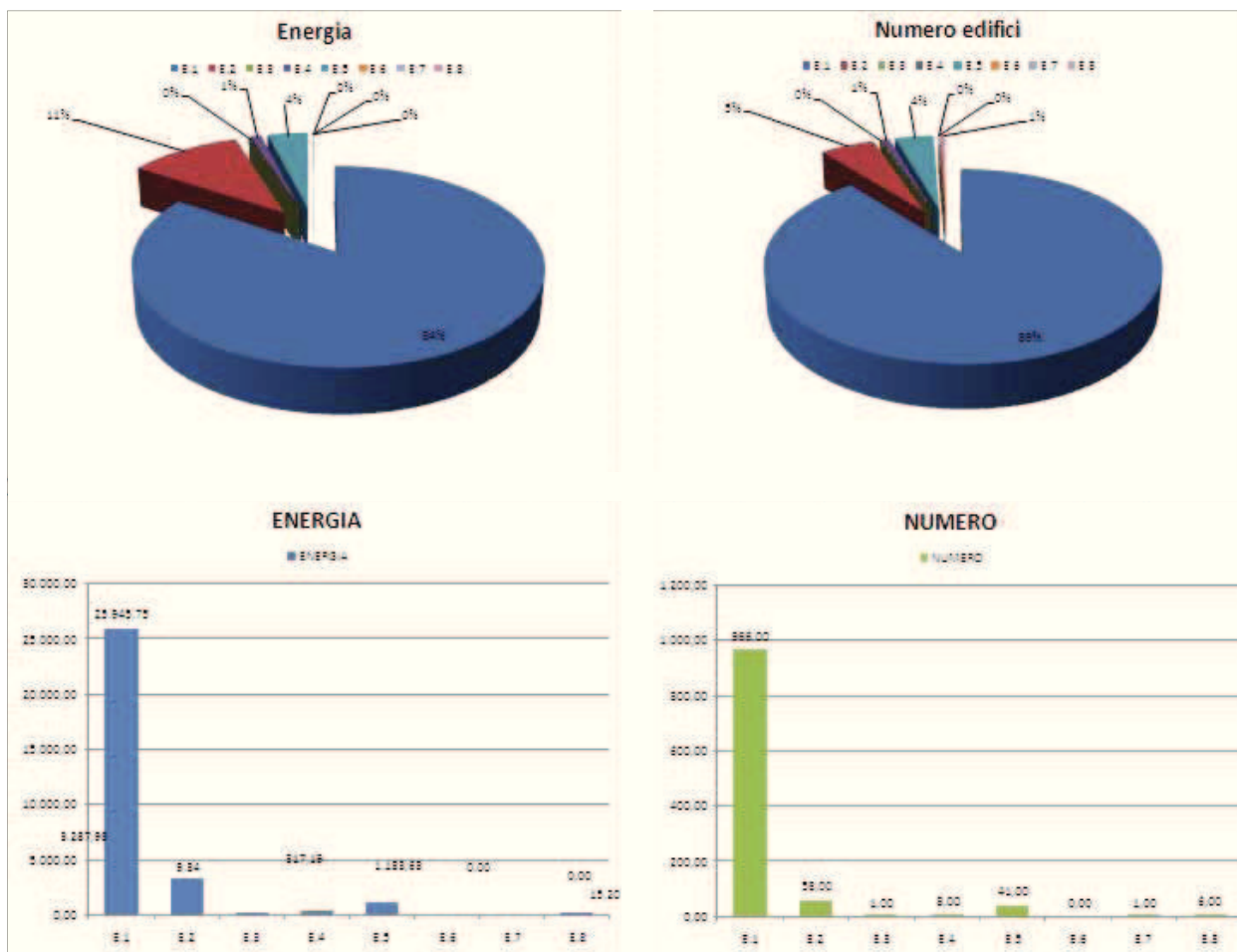


Grafico 9.

Tabella 13. Distribuzione delle classi energetiche nel Comune di Ferrara, nel centro urbano ed in base alla destinazione d'uso, per le destinazioni d'uso maggiormente significative.

CLASSI	A	B	C	D	E	F	G	ND	TOTALE
Comune di Ferrara	22,00	175,00	414,00	505,00	422,00	361,00	989,00	157,00	3.045,00
	0,72%	5,75%	13,60%	16,58%	13,86%	11,86%	32,48%	5,16%	100,00%
Centro urbano	0,00	38,00	64,00	135,00	181,00	171,00	436,00	56,00	1.081,00
	0,00%	3,52%	5,92%	12,49%	16,74%	15,82%	40,33%	5,18%	100,00%
Centro urbano destinazione d'uso residenziale (E.1)	0,00	36,00	47,00	112,00	165,00	146,00	428,00	32,00	966,00
	0,00%	3,73%	4,87%	11,59%	17,08%	15,11%	44,31%	3,31%	100,00%
Centro urbano destinazione d'uso uffici (E.2)	0,00	1,00	13,00	16,00	12,00	11,00	5,00	0,00	58,00
	0,00%	1,72%	22,41%	27,59%	20,69%	18,97%	8,62%	0,00%	100,00%

La maggior parte degli ACE si riferisce ad U.I. con destinazione d'uso residenziale E.1 (89,36%), seguiti da U.I. destinate ad uffici E.2 (5,37%) e da U.I. destinate ad attività commerciali e negozi E.5 (3,79%). Minori sono i trasferimenti di U.I. ad uso industriale quali autorimesse, magazzini e laboratori artigianali (E.8), ospedali o ambulatori sanitari

(E.3) e attività ricreative (E.4). Un solo edificio certificato è adibito ad attività scolastiche (E.7) e nessun edificio è adibito ad attività sportive (E.6).

Il fabbisogno di energia primaria riporta sostanzialmente la stessa distribuzione percentuale la maggior parte delle U.I. consuma la maggior parte dell'energia, le unità residenziali hanno un fabbisogno di 25.945 MWh (\pm 3.890 MWh), pari a quasi l'85% del totale. Si nota che le unità destinate ad uffici (E2), che incidono per il 5,37% sul totale, consumano il 10,69% di energia primaria.

La distribuzione delle classi energetiche, relativa a tutto il territorio comunale (Tabella 13), evidenzia che il 32 % delle unità ricade in classe G, il 42% nella classi dalla D alla F, il 20 % nelle classi dalla A alla C, ed al 5% non è attribuita nessuna classe energetica in quanto non è presente l'impianto di climatizzazione invernale. I dati sono riferiti sia alle unità immobiliari esistenti sia a quelle di nuova costruzione. L'incidenza percentuale delle classi energetiche più alte è pari a circa il 6% (classi A e B). Anche se gli edifici di nuova costruzione rappresentano circa l'1/1,5% dell'intero parco edilizio ferrarese, l'incidenza delle classi A e B risulta maggiore poiché tutti gli edifici di nuova costruzione sono obbligati a redigere l'attestato di certificazione, mentre, per gli edifici esistenti, come precisato in precedenza, tale obbligo esiste solo in caso di compravendita o locazione.

Scendendo nel dettaglio dei dati relativi al centro urbano di Ferrara, in netta prevalenza rappresentativi di unità immobiliari esistenti, la distribuzione percentuale delle classi energetiche varia sensibilmente. Aumentano, anche se di poco, le unità in classe energetica G (da 32% a 40%), e diminuiscono quelle nelle classi dalla B alla C (da 19% a 9%) mentre non sono presenti unità in classe A. All'interno della cinta muraria e, più in generale, negli aggregati pre-industriali, è possibile che unità immobiliari esistenti siano classificate in classe A solo nel caso in cui siano dotate di impianti che utilizzano fonti energetiche rinnovabili (teleriscaldamento alimentato da fonte energetica geotermica, impianto fotovoltaico, ecc.), dimensionati in maniera tale da ridurre notevolmente il fabbisogno di energia primaria. È interessante notare che la distribuzione delle classi energetiche nel caso di unità immobiliari a destinazione uffici (E.2) è più omogenea ed equamente ripartita tra le classi C e D.

Tabella 14. Confronto tra i certificati dell'intero territorio comunale di Ferrara ed i certificati degli edifici ricadenti nel centro urbano.

	E.1	E.2	E.3	E.4	E.5	E.6	E.7	E.8	TOTALE
Percentuale di U.I. certificate ricadenti nel centro urbano rispetto al totale dei certificati emessi	35,29%	50,00%	33,33%	44,44%	41,41%	0,00%	50,00%	8,57%	35,50%
Percentuale del fabbisogno di energia primaria delle U.I. del centro urbano rispetto al totale delle U.I.	20,27%	43,72%	45,94%	37,65%	16,55%	0,00%	0,00%	0,19%	20,30%

In **Tabella 14** sono riportate le percentuali dei certificati emessi per le U.I. situate all'interno della cinta muraria (centro urbano), rispetto al totale dei certificati emessi per l'intero Comune di Ferrara. In primo luogo è possibile notare che le U.I. a destinazione residenziale rappresentano circa il 35,29% del totale, ma che le stesse incidono solo per il 20% del fabbisogno di energia primaria. In altre parole l'incidenza del fabbisogno energetico totale delle U.I. residenziali ricadenti nel centro urbano (30.759,09 MWh) rispetto al totale delle U.I. residenziali (151.542,06 MWh) è pari a solo il 20%, con un indice energia / unità immobiliare, espresso in MWh / n. U.I., pari a 28,45 (30.759,09/1081) a fronte di un indice per l'intero Comune pari a 49,75 (151.542,06/3046). Espresso in tonnellate equivalenti di petrolio, un'unità immobiliare nel centro urbano ha un'incidenza di 2,44 tep/U.I., mentre il valore per l'intero territorio comunale è di 4,27 tep/U.I..

Il territorio comunale al di fuori del centro urbano è costituito, per la maggior parte, da edifici costruiti dopo il 1945. I valori di cui sopra possono indurre le prime riflessioni su quale sia l'incidenza delle prestazioni energetiche di tali edifici rispetto al totale e, viceversa, per l'edificato storico, su quanto le istanze conservative possano ritenersi prevalenti a fronte della riduzione del consumo energetico delle singole unità immobiliari. Inoltre, sempre in via del tutto approssimativa, l'analisi può arrivare a dimostrare la maggiore efficacia di un intervento di riqualificazione energetica sviluppato su un edificio recente rispetto allo stesso sviluppato su un edificio pre-industriale.

4.3.3. La rappresentazione cartografica degli edifici certificati.

La seconda parte dell'elaborazione dei dati riguarda la rappresentazione cartografica del centro urbano di Ferrara, con riportati gli edifici certificati colorati in base alla loro classe energetica. Il sistema informativo territoriale proposto garantisce l'archiviazione e la gestione in contemporanea di più banche dati (Agenzia del Territorio, SACE, ecc.) integrabili ed implementabili nel tempo. Come nel caso precedente (metodo di valutazione di esercizio), anche in questo caso il sistema informativo è costruito su architettura ArcGIS, software prodotto e distribuito da ESRI ed utilizzato nella maggior parte delle realtà amministrative del paese.

Ogni banca dati, prima di essere integrata all'interno del sistema informativo territoriale, è importata (da fonti analogiche, da Microsoft Excel, ecc.) e processata all'interno di Microsoft Access. L'ambiente GIS, integrando i diversi livelli informativi, consente, da una parte, di elaborare analisi maggiormente finalizzate alla comprensione degli aspetti che più influenzano l'indice di prestazione energetica (età edifici, superficie utile, ecc.), dall'altra, di visualizzare geograficamente e graficamente le stesse informazioni in modo sicuramente più sintetico. L'estensione *geostatistical analyst* (fornita con licenza INFO)

permette inoltre analisi tassonomiche su base geografica. Con quest'ultimo strumento, estremamente versatile, è possibile predisporre modelli sintetici avanzati di superfici geostatistiche. Nel caso in esame, la forte discontinuità territoriale dei valori riportati dalla banca dati SACE non consente, ad oggi, l'elaborazione di superfici continue (isolinee del fabbisogno energetico) caratterizzanti i diversi ambiti del centro urbano.

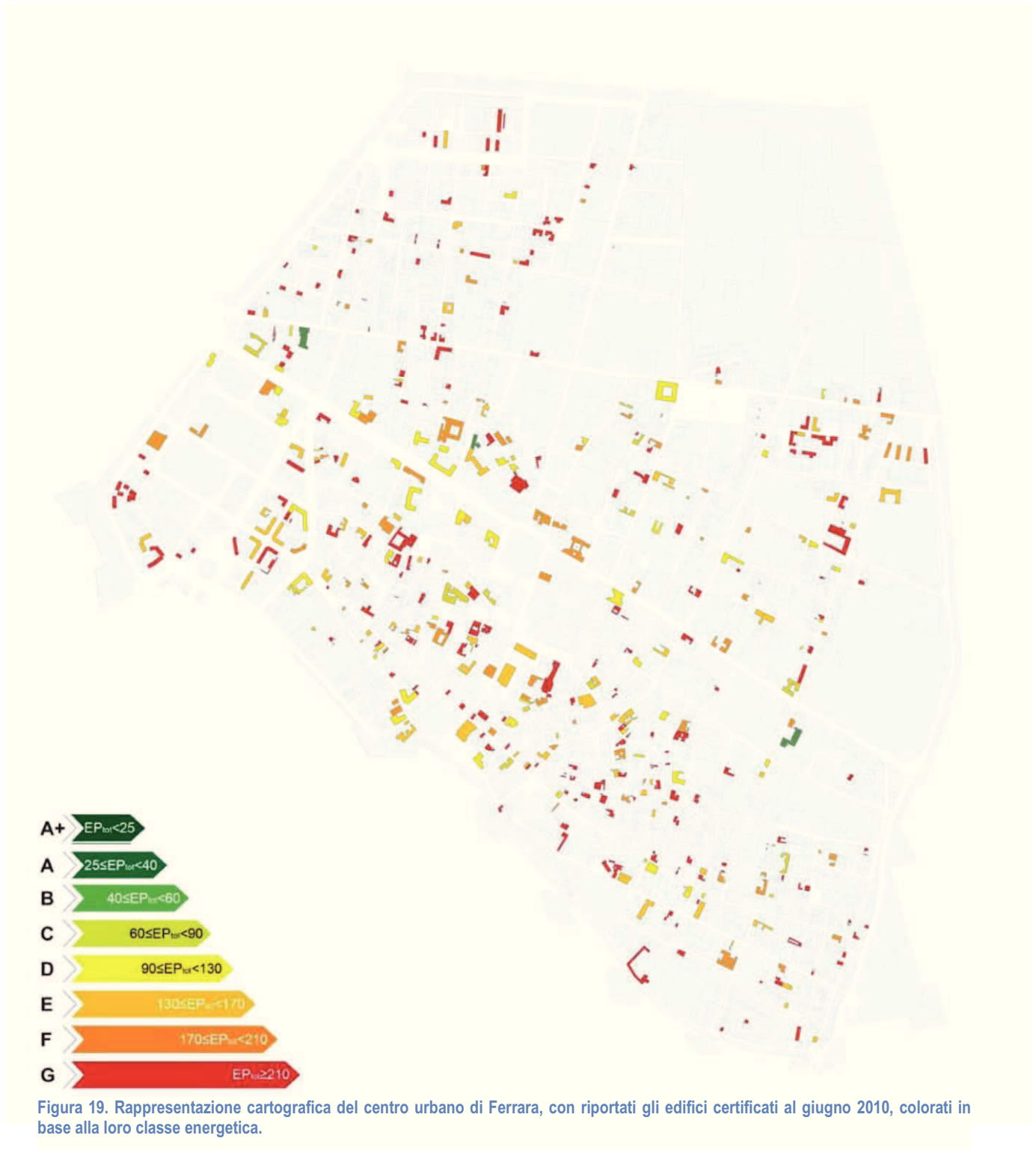


Figura 19. Rappresentazione cartografica del centro urbano di Ferrara, con riportati gli edifici certificati al giugno 2010, colorati in base alla loro classe energetica.

La restituzione in ambiente GIS tiene conto di una forte semplificazione. Essendo impossibile una rappresentazione planimetrica di tutte le unità immobiliari, ed essendo impossibile con l'attuale SACE ripartire i certificati emessi tra interi edifici (quelli dotati di impianto termico centralizzato senza contabilizzazione), e singole unità immobiliari, è stato necessario attribuire all'intero fabbricato (quindi, ai fini della rappresentazione, all'intera particella catastale) la classe dell'unità immobiliare certificata presente all'interno del fabbricato stesso. Inoltre, nei fabbricati in cui sono diverse le unità certificate, la classe energetica è stata assegnata in base alla media delle classi energetiche delle singole unità.

La semplificazione adottata, porta ad alcuni discostamenti. Troviamo infatti interi edifici in classe B, presumibilmente legati, ad Attestati di Certificazione Energetica relativi a singole unità immobiliari, con riscaldamento autonomo, situate ad un livello intermedio dell'edificio cui appartengono, con i solai inferiore e superiore a contatto con altre unità immobiliari anch'esse riscaldate. Alcune considerazioni di natura generale sulle caratteristiche dell'edificato pre-industriale, soprattutto a carattere residenziale, maggiormente diffuso proprio all'interno del centro urbano (tessuto compatto, estremamente omogeneo sia nelle forme che nei caratteri tipologico - costruttivi, ecc.) portano a validare il modello proposto che, d'altra parte, consente una serie di valutazioni sui dati aggregati finalizzate alla descrizione delle caratteristiche energetiche del patrimonio edilizio.

La rappresentazione cartografica in [Figura 19](#) evidenzia innanzi tutto quanto sia frammentata la distribuzione degli edifici certificati nel tessuto storico, così come lo è l'andamento delle compravendite e/o degli interventi edilizi.

La ripartizione delle classi energetiche evidenzia una distribuzione abbastanza equilibrata degli edifici in classe G (in rosso) e in classe D od E (in giallo o in arancione). Ricordando che all'interno delle mura sono molto numerosi gli edifici realizzati lungo il corso del XX secolo ([Figura 14](#)), possiamo fin da subito riscontrare come, nelle aree ove la presenza di edifici novecenteschi costituisce la quasi totalità del costruito (Arianuova - zona NW, Rione Giardino - zona SW), si concentra una percentuale molto forte di U.I. in classe G, così come, d'altra parte, nelle aree ove la presenza di edilizia pre-industriale è sicuramente prevalente rispetto alle costruzioni più recenti (tessuto di origine medioevale a nord di via Carlo Mayr - zona SE), si concentra la maggior parte delle unità in classe D. Se sovrapponiamo poi la cartografia l'edificato novecentesco in evidenza e la rappresentazione della distribuzione delle classi energetiche ([Figura 20](#)), possiamo osservare come questa corrispondenza torni frequentemente anche in aree più eterogenee.

Questa evidenza deve essere messa in relazione con i caratteri tipologico - costruttivi, molto diversi fra loro, e con le differenti tipologie di tessuto, decisamente rarefatto nelle aree di nuova edificazione ed estremamente compatto nelle aree di origine medioevale. Non ultima è riscontrabile una forte influenza dell'orientamento che spontaneamente nelle aree medioevali andava a costituire un fattore determinante nella distribuzione dei volumi.

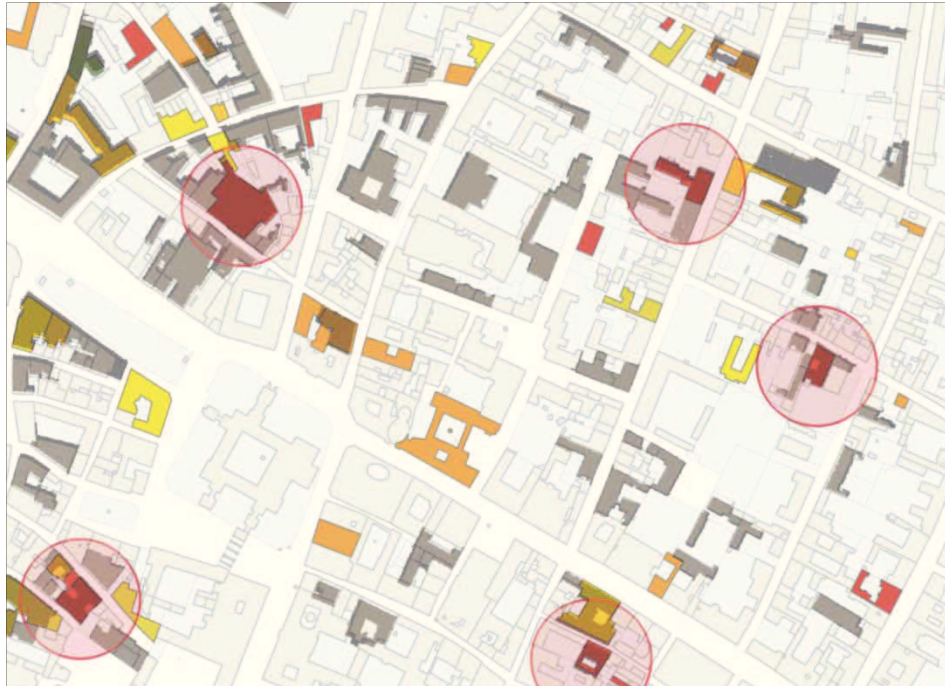


Figura 20. Sovrapposizione della cartografia con l'edificato novecentesco evidenziato in nero alla rappresentazione della distribuzione delle classi energetiche. Crediti: R. FABBRI per l'individuazione degli edifici.

Le considerazioni sopraesposte conducono a una preliminare riflessione circa la necessità di considerare, ai fini di una più attenta conoscenza del comportamento energetico del costruito pre-industriale, non già la singola unità immobiliare, ma porzioni più o meno grandi di tessuto, in grado di esprimere anche aspetti legati alle modalità aggregative, ovvero al modo in cui le unità risultano raggruppate e connesse tra loro.

Uno studio di questo tipo necessita però di alcune semplificazioni preliminari che nel prosieguo del lavoro saranno attentamente qualificate e quantificate, prima di tutto in termini numerici, in modo da comprenderne precisamente l'entità.

Appare chiaro, inoltre come l'enorme mole di informazioni a carattere estremamente eterogeneo necessiti fin da subito di un sistema di integrazione dei dati che consenta successive analisi statistiche e di valutazione dell'accuratezza, rappresentatività e propagazione dell'errore, anche nella rappresentazione geometrica e cartografica. L'ambiente GIS consente in questo senso la più ampia prospettiva di integrazione e di elaborazione delle informazioni. Un valido modello dati costituisce pertanto il passo

preliminare senza il quale si correrebbe il rischio di accumulare informazioni incapaci di dialogare tra loro.

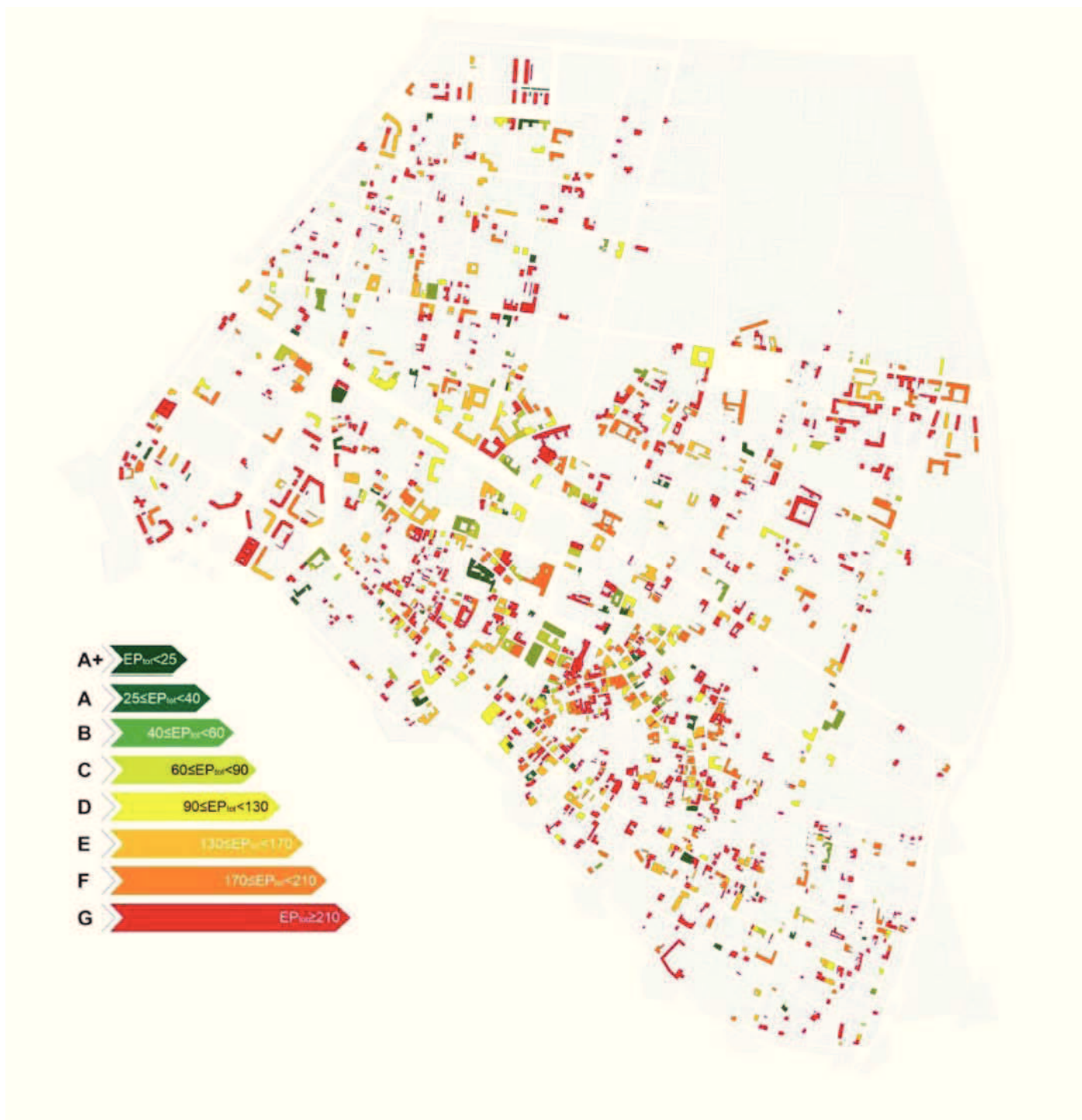


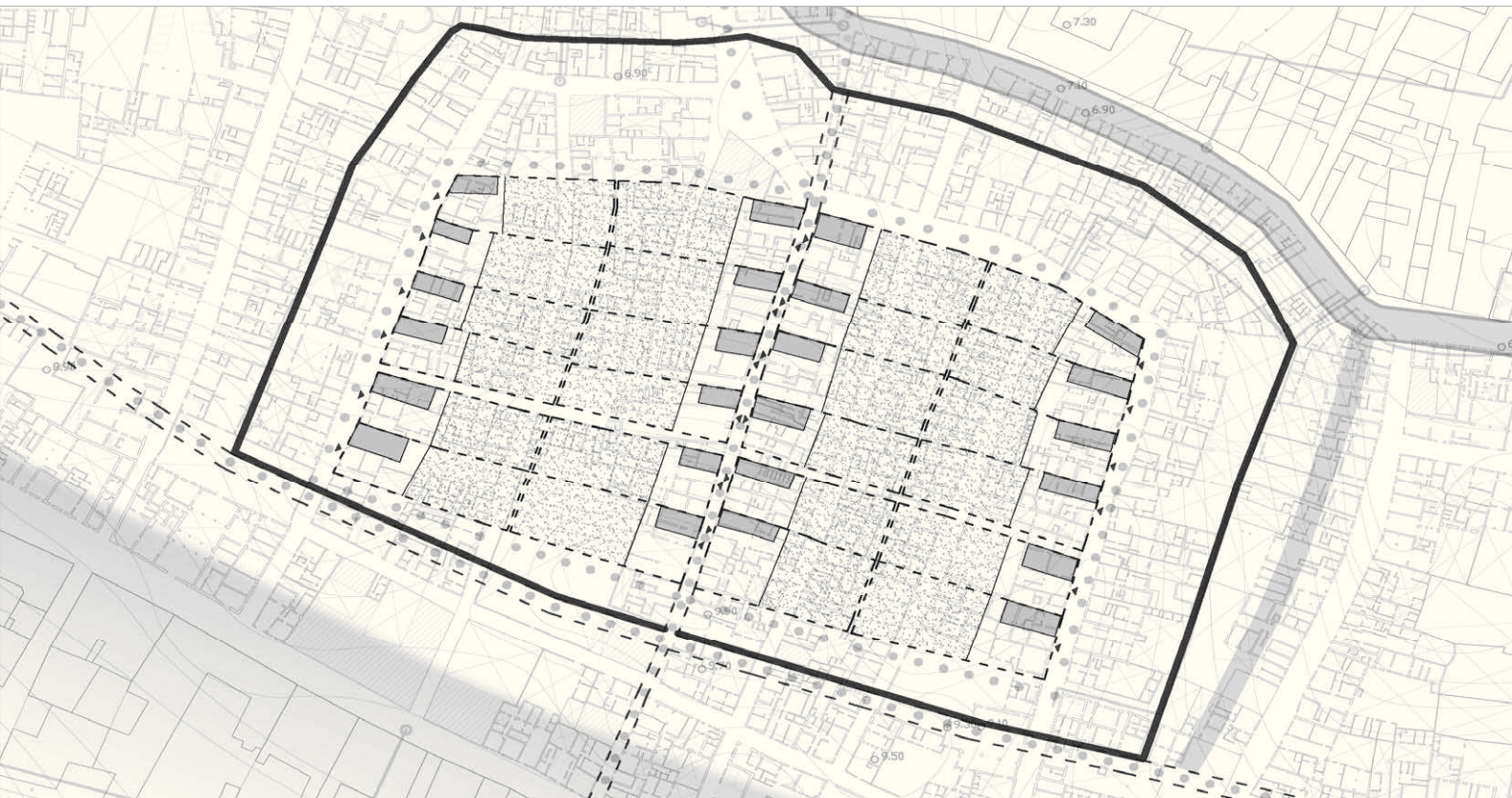
Figura 21. Rappresentazione cartografica del centro urbano di Ferrara, con riportati gli edifici certificati al giugno 2011.

Nell'elaborazione riportata in Figura 21 è restituita la stessa planimetria della Figura 19 ma con i valori della banca dati SACE aggiornati a luglio 2011. Il confronto tra le due mappe rende evidente l'esplosione del numero di certificati. A tutto giugno 2011, esattamente ad un anno di distanza dalla precedente registrazione, risultano certificate 8.654 UI (13,70%), delle quali 2.824 (4,47%) ricadenti all'interno di particelle catastali

appartenenti ai 17 fogli (374>390) relativi al centro urbano del capoluogo estense. La nuova mappa dimostra che il mercato immobiliare, ed in particolare il mercato delle locazioni, ha effettivamente recepito lo strumento della certificazione energetica. La colorazione delle singole particelle catastali con i colori della scala di prestazione energetica, mostra graficamente la maggior presenza di immobili di colore giallo (classe D) e di colore rosso (classe G), con alcuni edifici puntuali in classe A o B, presumibilmente sempre da riferire a singole unità immobiliari con poche superfici disperdenti.

Le considerazioni di cui sopra, pur nella loro incertezza statistica, costituiscono un utile strumento per i decisori, politici ed economici. Se non si conosce un territorio, il consumo energetico di una città, di un centro urbano, almeno come dato aggregato, non è possibile adottare soluzioni "efficienti" che siano anche "efficaci".

Il fatto che l'edificato storico incida sì sui consumi energetici, ma non tanto quanto il resto dell'edificato (2,44 tep/U.I., contro 4,27 tep/U.I.), consente di far dialogare le necessità di conservazione del dato storico, caratteristiche della disciplina del restauro, con le volontà di efficienza energetica, anche contro ad abitudini e mode, che, spesso, caratterizzano il settore delle costruzioni nella sua pratica corrente, nel mondo delle professioni e nella ricerca.



CAPITOLO 5.

ANALISI ALLA SCALA DELL'AGGREGATO (VALUTAZIONE ANALITICA).

La terza parte del lavoro ha come principale obiettivo la definizione di un metodo di valutazione a carattere speditivo, da potersi utilizzare anche in altre realtà urbane, essenzialmente finalizzato alla valutazione quantitativa del fabbisogno di energia termica utile e del fabbisogno di energia primaria a diverse scale: unità immobiliare, edificio ed aggregato (WP. 6 - OB. 01). Tra gli esiti attesi si desidera segnalare, da una parte, la quantificazione dell'influenza sul fabbisogno di energia termica utile di alcuni indici caratteristici: S/V, orientamento, modalità aggregativa, tipologia, ecc. (WP. 9, 10 - OB. 03 - capitolo 6.6) e, dall'altra, la possibilità di elaborare scenari futuri, di evidenziare priorità di intervento ed in particolare di quantificare le possibilità effettive di risparmio energetico (WP. 11 - OB. 04 - capitolo 7.x).

Nell'ambito dei metodi top-down il metodo in esame ha come obiettivo la massima accuratezza possibile nella quantificazione del fabbisogno di energia termica utile per il solo riscaldamento invernale (Q_H espresso in kWh), del fabbisogno di energia primaria ($Q_{p,h}$ espresso in kWh) e del relativo indice di prestazione energetica (EP_i espresso in kWh/m²·anno), senza poter avere accesso all'interno delle singole unità immobiliari.

Questo limite comporta, da una parte, l'utilizzo di un nutrito insieme di strumenti sostitutivi finalizzati alla comprensione dei caratteri tipologico - costruttivi delle singole unità immobiliari (planimetrie catastali, rilievi dei fronti strada e delle bucatore, rilievi degli ambiti funzionali accessibili, immagini fotografiche dall'alto, ecc.) e, dall'altra, la generalizzazione dei caratteri materico - tecnologici tradizionali (capitolo 6.2), difficilmente indagabili senza un approccio diretto all'edificio pre-industriale.

Come già rilevato, nella sua costruzione e nella sua incessante modificazione la città conserva, come sostrato, i caratteri originari, precisandoli, confermandoli o negandoli. Nell'evolversi delle trasformazioni incidono soprattutto le variazioni progressive degli edifici già esistenti e gli adattamenti capillari di quanto già realizzato, al fine di predisporlo alla mutazione processuale dei bisogni¹. L'edificato pre-industriale, in apparenza omogeneo, si caratterizza al contrario per una straordinaria variabilità al suo interno. Ogni edificio, ogni unità abitativa, costituisce un *unicum* del tutto irripetibile. Come tale deve pertanto essere trattato.

Da una parte, la scarsità di risorse temporali a disposizione e, dall'altra, la significativa necessità di energie per l'acquisizione del dato in ingresso, impone, in un contesto così eterogeneo, una scelta critica degli aggregati che andranno a costituire l'ambito di sperimentazione del metodo speditivo. Una delle principali motivazioni nella scelta degli aggregati è determinata dalla volontà di indagare, con certezza, le due principali fasi edilizie nella storia urbana ferrarese: la prima, caratterizzata da un tessuto di origine medioevale con impianto "a corte", oggetto, nel tempo, di complesse trasformazioni (insulizzazioni, plurifamiliarizzazioni e rifusioni); la seconda, di origine moderna con impianto "a schiera", oggetto di modificazioni seriori, meno significative, ma pur sempre importanti (rifusioni).

I sette sistemi aggregati oggetto di studio si collocano pertanto in due ambiti di formazione molto distinti (individuati in blu in Figura 22): i primi due (individuati in rosso in Figura 22) sono collocati all'interno del *Castrum Ferrariae*, primo nucleo della città di origine altomedioevale con trasformazioni che si protraggono fino al XIV secolo, mentre, gli altri cinque (individuati in giallo in Figura 22), sono compresi in una fascia edilizia di sicura formazione tardo-quattrocentesca, legata all'interrimento di un ramo del fiume Po e caratterizzata da progressive trasformazioni lungo tutto il Cinquecento.

Nell'immagine riportata nella pagina a fianco, risulta evidente lo stretto legame tra il quadro geomorfologico e la progressiva evoluzione dell'organismo urbano. La caratterizzazione della crescita urbana per fasi successive (individuate con numeri da 1 a 5 in Figura 22), evidenzia la stretta relazione tra la distribuzione del sedimento portato dal fiume Po e l'assetto urbano della città medioevale, dapprima, concentrata lungo l'argine naturale del grande fiume e, solo in un secondo momento, diffusa in direzione nord, in vaste aree più facilmente allagabili. Solo successivamente, con il progressivo interrimento del fiume Po, l'isola fluviale di S. Antonio, a sud-est, entrerà a far parte dell'organismo urbano ormai consolidato all'interno del perimetro delle mura bassomedievali (fase 5 in Figura 22).

¹ Cfr. G. MIARELLI MARIANI, *op. cit.*, p. 13. Si vedano anche le considerazioni in nota 15, del capitolo 1 all'interno del presente lavoro.

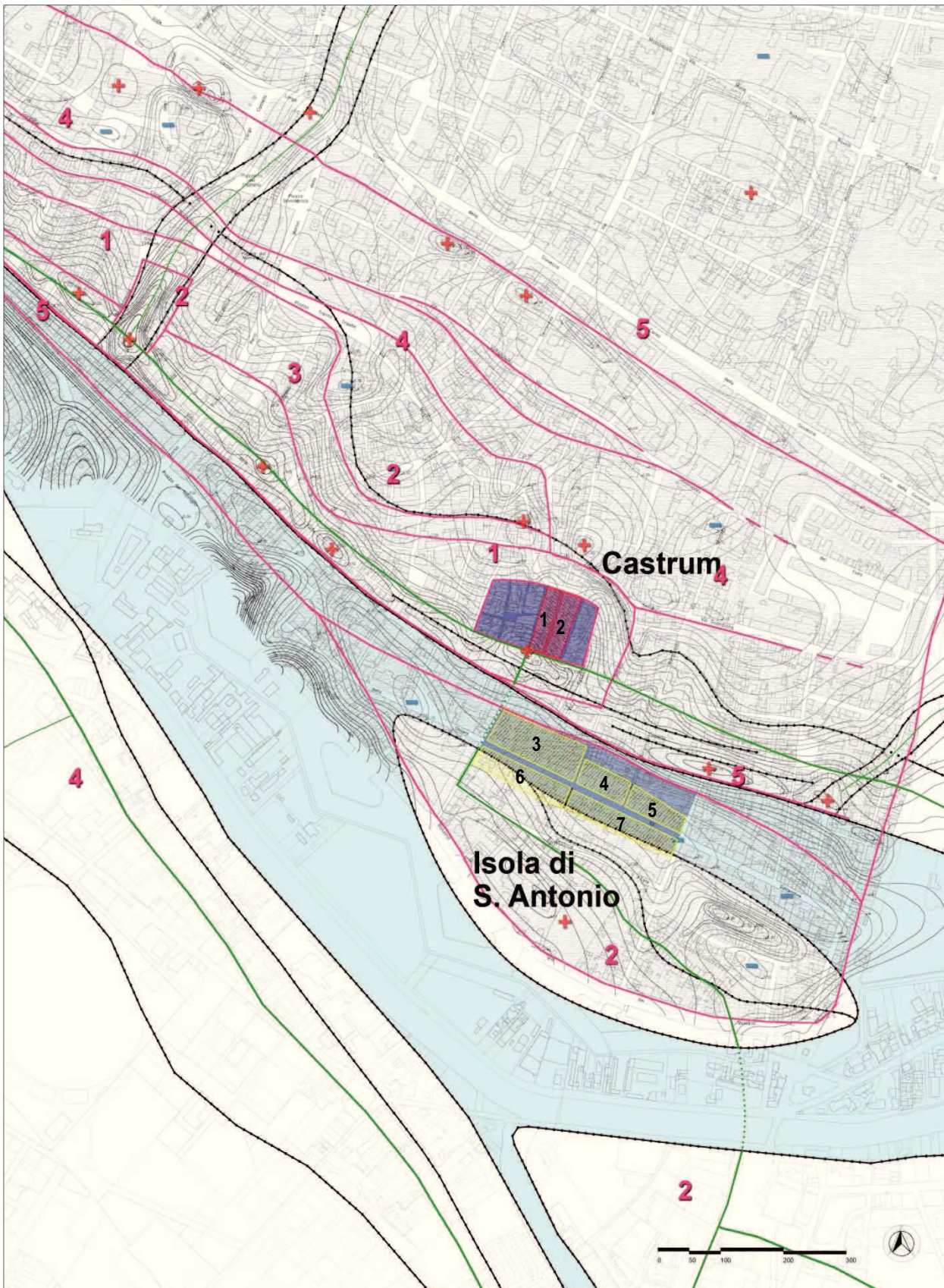


Figura 22. Sintesi delle relazioni tra quadro geomorfologico e fasi evolutive dal VII secolo a tutto il XIV secolo. Le aree di espansione sono individuate dalle linee di colore rosso e numerate da 1 a 5. L'orografia è individuata dalle curve di livello e dai segni "+" e "-". Le linee di colore verde individuano i tracciati delle percorrenze territoriali, dettati essenzialmente dai depositi fluviali (argini naturali). Le aree tratteggiate, di colore rosso e di colore giallo, numerate da 1 a 7 individuano infine gli ambiti oggetto d'indagine.

5.1. LETTURA MORFO-TIPOLOGICA PER MACRO FASI EVOLUTIVE DEI DUE AMBITI OGGETTO DELLA VALUTAZIONE.

I maggiori e più consistenti studi sui processi evolutivi degli organismi urbani restano, ancor oggi, appannaggio della cosiddetta Scuola Muratoriana, sebbene, su queste tematiche, nell'ultimo ventennio si sia registrato un progressivo decremento della produzione scientifica. Si deve, infatti, a Saverio Muratori, aver rifondato negli anni '50 il concetto di tipologia edilizia "facendolo uscire dalle secche di un uso classificatorio ed astratto con il quale prima di allora era stato utilizzato"². Il riferimento è ai noti studi su Venezia del 1959³ e su Roma del 1963⁴. Tali studi nascono con una duplice finalità: quella di comprendere il processo evolutivo spontaneo della città storica e quella di far derivare, da tale comprensione, le regole per la crescita di nuove parti di città, organicamente connesse alla città preesistente.

Un ulteriore passo in avanti, forse limitatamente compreso nel mondo del restauro, si deve a Gianfranco Caniggia⁵. Nei suoi contributi egli sostiene che le mutate esigenze abitative portino, da una parte, alla sperimentazione di nuove tipologie edilizie nelle aree di nuova edificazione o di saturazione e, dall'altra, ad una sorta di reazione a catena nelle case già esistenti, le quali tentano anch'esse di adattarsi ai nuovi bisogni, avviando un processo evolutivo di straordinario interesse. Quello che Caniggia definisce processo tipologico è l'aspetto che maggiormente contraddistingue le più significative fasi di sviluppo degli organismi urbani accresciutisi in maniera spontanea.

In particolare, tali fenomeni possono essere letti attraverso un processo critico a posteriori basato sia sull'analisi storiografica e documentaria, sia, e con maggiore prevalenza, sull'osservazione puntuale di ogni singolo edificio nell'attuale consistenza edilizia e nel rapporto con gli altri edifici, in una continua alternanza di scale di lettura diverse. Solo in questo modo è possibile comprendere fenomeni che, altrimenti, rimarrebbero inesplorati, se non addirittura misconosciuti.

In questa chiave, con le stesse finalità sono indagati, nelle pagine a seguire, i caratteri morfo-tipologici degli aggregati oggetto di indagine⁶.

² Cfr. SANDRO BENEDETTI, *La teoria tipologica ed il restauro dei centri storici*, in «STORIA ARCHITETTURA», n. 1-2, Roma 1988, pp. 75-84.

³ SAVERIO MURATORI, *Studi per una operante storia urbana di Venezia*, Roma 1959.

⁴ RENATO BOLLATI, SERGIO BOLLATI, GUIDO MARINUCCI, *Studi per una operante storia urbana di Roma*, Roma 1963.

⁵ GIANFRANCO CANIGGIA, GIAN LUIGI MAFFEI, *Composizione architettonica e tipologia edilizia. 1. Lettura dell'edilizia di base*, Venezia 1979.

⁶ Le tematiche trattate in questo capitolo sono state oggetto, a più riprese, di studi a carattere interdisciplinare, condotti all'interno del Laboratorio di Restauro Architettonico del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Ferrara. I primi risultati di questo lungo percorso di ricerca sono pubblicati in R. DALLA NEGRA, R. FABBRI, M. STEFANI, K. AMBROGIO, A. CONFORTI, M. ZUPPIROLI, *Le ricerche sulla città di Ferrara finalizzate alla sua conservazione: prime ipotesi attorno alla nascita e all'evoluzione del Castrum Ferrariae*, in R. DALLA NEGRA ET ALII (a cura di), *Competenze e strumenti per il patrimonio culturale. Il caso del territorio ferrarese*, Corbo Editore, Ferrara 2010, pp. 23 - 49.

5.1.1. IL CASTRUM BIZANTINO.

Gli studiosi di storia locale concordano nel riconoscere la fase di avvio della formazione della città di Ferrara al momento della costruzione del *Castrum Ferrariae*, voluto dall'Esarcato Bizantino all'inizio del VII secolo quale presidio militare facente parte di una vasta rete di *castra* posti a protezione del confine settentrionale del territorio di competenza. Il nucleo del *Castrum* (Figura 23) è ancora oggi identificabile all'interno del tessuto urbano ferrarese osservando l'evidente soluzione di continuità che contraddistingue la sua corona difensiva. Allo stato attuale l'area è caratterizzata da un percorso centrale, l'odierna via Porta San Pietro, sul quale insistono due ali laterali suddivise in tre fasce di lotti longitudinali non esattamente speculari tra loro. I due settori centrali sono delimitati da una viabilità ad anello, costituita dalle vie Fondobanchetto, Belfiore e Coperta. A chiusura dell'area è riconoscibile, ancora oggi, una fascia a ferro di cavallo, di larghezza pari a 18/20 m, non esattamente regolare e probabilmente coincidente con la fascia di fortificazioni a difesa dell'insediamento.



Figura 23. Immagine ortofotografica del *Castrum Ferrariae*.

Di prossima pubblicazione R. DALLA NEGRA, M. ZUPPIROLI, C. COCCHI, L. GAZZOTTI, C. NARDELLI, M. TASSOTTI, *Lettura del tessuto urbano e sviluppo morfologico della città. Il caso dell'isola di S. Antonio a Ferrara*, in E. MANZO ET ALII (a cura di), "La città che si rinnova" gli sviluppi storici e l'esperienza attuale, Atti del Convegno di Studi (Napoli, 6 - 7 ottobre 2011).

L'attuale consistenza muraria del primo ambito d'indagine (due isolati individuati in rosso in [Figura 22](#)) è il risultato di una molteplicità di trasformazioni e sostituzioni edilizie che hanno inevitabilmente portato ad una configurazione molto diversa da quella originaria. In questo senso, in questa fase del lavoro, è indagato il sostrato originario che le murature di oggi, almeno parzialmente, sono in grado di confermare. La caratterizzazione del sostrato, mediante il riconoscimento dei passi fondiari ricorrenti, consente, da una parte, di qualificare la struttura originaria dell'insediamento bizantino e, dall'altra, di individuare i caratteri morfologici del tessuto urbano in esame.

Per le successive fasi di sviluppo, via via sempre più rigide nel confermare l'impianto originario, è stato possibile stabilire una periodizzazione su lunghe fasi di trasformazione urbana (conferma dei percorsi di impianto e formazione di percorsi di ristrutturazione) ed edilizia (forme di saturazione del lotto quali: insulizzazioni, tabernizzazioni, rifusioni).

Dopo una prima fase di ristrutturazione dell'impianto difensivo, che segue il consolidamento delle attività mercantili al di fuori dei confini del perimetro murario, il margine del *Castrum* perde di senso e viene progressivamente smantellato, pur rimanendo leggibile, in traccia, nell'edificato. All'interno, la densificazione del tessuto porta alla suddivisione dei lotti ed alla formazione di viabilità longitudinali intermedie, prima inesistenti.

L'ultima fase di sviluppo effettivamente caratterizzata da significative mutazioni vede la saturazione delle aree inedificate a ridosso del perimetro difensivo con la prima edilizia a schiera. Diversamente, le epoche successive sono connotate principalmente da interventi a carattere eminentemente edilizio quali: sopraelevazioni, plurifamiliarizzazioni e, in seguito, rifusioni delle singole unità in edifici in linea.

Le schede che seguono cercano di illustrare con una trattazione sintetica i principali esiti del percorso di lettura intrapreso, soprattutto per quel che riguarda gli aspetti di natura urbana: dalle fasi di primo impianto (VII secolo d. C.) alla situazione riconoscibile all'inizio del XVII secolo, dopo il quale è possibile ritenere sostanzialmente concluso il processo insediativo.

FASE 1: VII SECOLO

L'inizio del VII secolo è caratterizzato dalla discesa dei Longobardi verso i territori posti sotto il controllo dell'Esarcato Bizantino. La necessità di strutturare un sistema di difesa dei possibili accessi alla città di Ravenna dal fiume Po, si concretizza con la fondazione, da parte dell'Esarcato, di *castra* posti a controllo dei punti nodali sulle grandi percorrenze territoriali. Tra questi si ricordano: Argenta, Comacchio e Ferrara.

Il *Castrum Ferrariae* sorge sul lato sinistro del Po, a presidio di un guado di attraversamento del fiume, posto lungo l'antico percorso descritto nella celebre Tabula Peutingeriana come "*ab Hostilia per Padum*". Questo luogo è caratterizzato ancora oggi

da un sensibile rilevato rispetto alle altezze medie delle aree circostanti e da un fossato per la raccolta ed il deflusso delle acque piovane provenienti dalla cresta dell'argine. Oggi è possibile individuarne qualche traccia nei canali di scolo sotterranei esistenti.

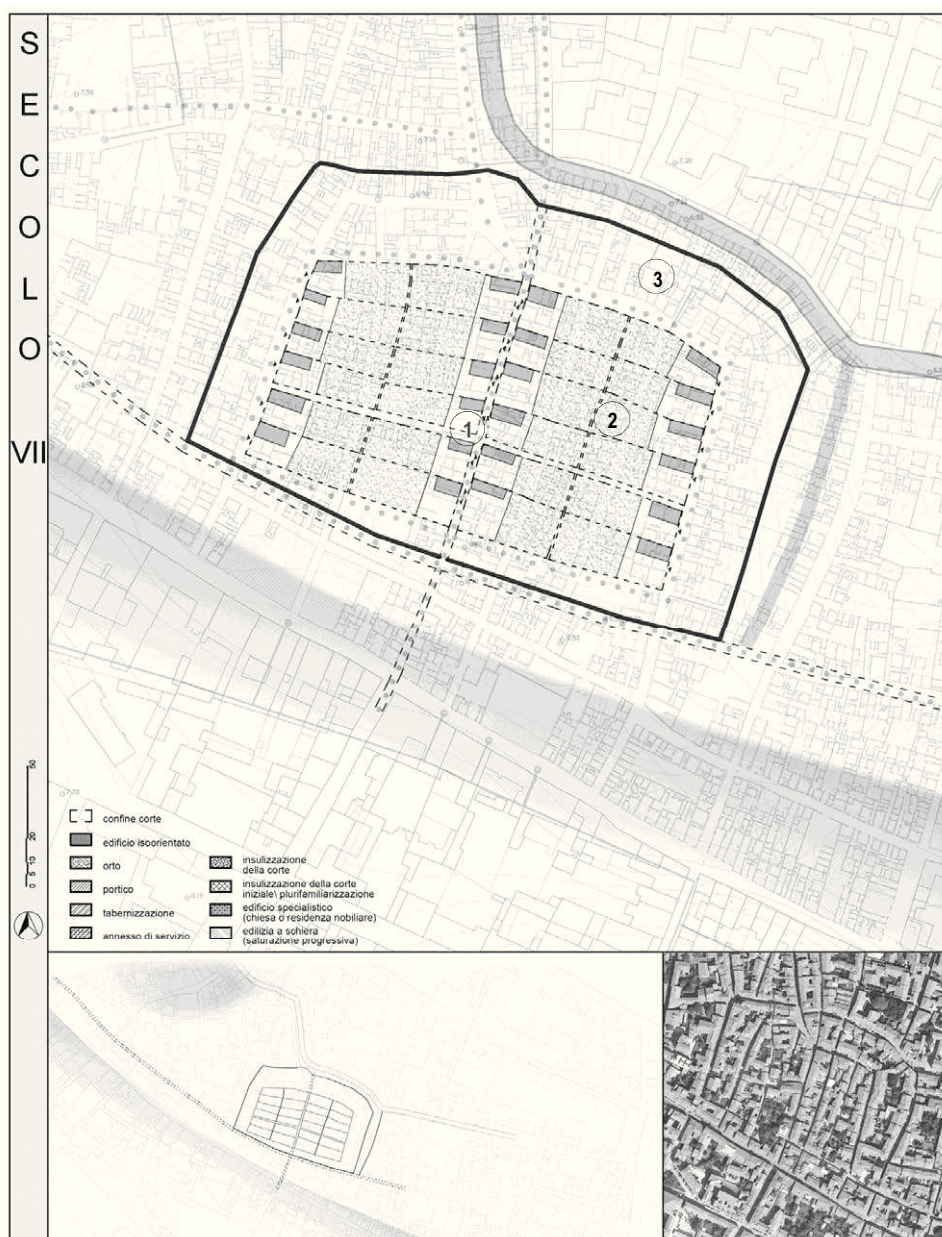


Figura 24. Fase 1.

Il primo impianto è organizzato su un percorso matrice identificabile con l'attuale via Porta San Pietro (Figura 24.1), in stretta continuità con l'asse del guado (orientamento nord-sud). Le case a corte che sembrerebbero costituire il sostrato originario sono disposte secondo uno schema in serie chiusa e si attestano sul percorso matrice e su due percorsi laterali finalizzati al disimpegno delle ali esterne. L'edificato, secondo un criterio di orientamento solare, forma quattro colonne parallele costituite da sei lotti ciascuna. All'interno della serie chiusa, lungo il limite della pertinenza, è probabilmente collocato un *anditus* adibito a scolo di servizio di due casali confinanti (Figura 24.2).

A questa prima fase non si fanno corrispondere soluzioni murarie di difesa bensì un'integrazione tra le risorse idrografiche, ancorché modificate con interventi antropici (il canale di scolo a nord), ed un sistema di profondi valli artificiali, probabilmente coronati da una palizzata lignea. Sul lato meridionale sembra insistere una semplice palizzata parallela al percorso territoriale con porta di accesso centrale. Tutta la fascia interna alla cinta difensiva, in particolare a nord, è lasciata libera per le diverse esigenze della struttura militare (piazza d'armi, depositi, aree di coltivazione, ecc. - [Figura 24.1](#)).

FASE 2: VIII-IX SECOLO



Figura 25. Fase 2.

A seguito della caduta dell'Esarcato, nel 751, e della definitiva cessione della città di Ferrara al Vescovo di Ravenna, dopo le occupazioni dei Longobardi prima e dei Franchi poi, l'insediamento perde la sua funzione militare trasformandosi in centro agricolo para-

fluviale e dando vita alla strutturazione di un'intensa attività mercantile lungo l'importante via d'acqua. Nell'VIII secolo, sull'argine settentrionale del Po, ad ovest del *Castrum*, al riparo dal pericolo di possibili allagamenti, sembra avviarsi un processo di colonizzazione agricola attraverso l'insediamento di case a corte isorientate, attestate sul lato meridionale della percorrenza territoriale (Figura 25.1 e individuata in verde in Figura 22). Sul lato settentrionale della stessa percorrenza, coincidente con l'attuale via Ragno, diramano ulteriori percorsi di impianto, trasversali, che scendono lungo il fianco dell'argine nel tentativo di sottrarre terreni agricoli alla palude (Figura 25.2).

Lo spostamento di alcune polarità urbane verso ovest, in adiacenza alla zona già destinata alle attività portuali e la rapida crescita del Borgo di Sopra, così detto perché a monte rispetto all'insediamento militare, sembrano determinare un differente processo di trasformazione nei due settori interni al *Castrum* e, conseguentemente, nella corona difensiva.

L'ala occidentale, più prossima alla nuova espansione dell'organismo, subisce infatti un'accelerata riorganizzazione dei lotti fondiari, caratterizzata dalla formazione di un primo percorso di ristrutturazione corrispondente all'attuale via Voltacasotto (Figura 25.3). Sulla parallela via Belfiore, si assiste inoltre ad un nuovo appoderamento con casali di più ridotte dimensioni che va ad occupare la fascia di pertinenza interna alla palizzata (Figura 25.4). Sempre in quest'area, tra il IX e il X secolo, la forte attrazione esercitata dalle nuove espansioni della città, comporta lo sfondamento del limite difensivo, a garanzia di un collegamento diretto tra l'interno del *Castrum* e la nuova *Platea Maioris* situata nel Borgo di Sopra (Figura 25.5).

Al contrario, con l'allungamento dell'abitato lungo le direttrici occidentali, l'ala orientale viene progressivamente marginalizzata. La minor pressione abitativa, che non costringe all'occupazione di aree più basse e soggette a possibili allagamenti, contribuisce ad una trasformazione più lenta, capace di meglio conservare, in quest'area, la struttura urbana originaria. In questi due secoli sembrano riconoscersi processi di saturazione dei lotti, che anticiperanno, di lì a poco, tarde ristrutturazioni viarie.

Sul fronte meridionale, fin dall'VIII secolo, la struttura a protezione dell'abitato è rapidamente obliterata dall'inserimento di una fila di casali anche con andamento est-ovest e dalla costituzione di una ulteriore fascia di casali a sud dell'attuale via Ragno (Figura 25.6). Nel IX secolo, l'asse di via Ragno sembra perdere importanza a favore dell'attuale via delle Volte, percorso di ristrutturazione interno alla fascia di casali posti a sud dell'antica percorrenza territoriale, che si afferma come via di primaria importanza a servizio dell'area mercantile del Borgo (Figura 25.7).

All'esterno del tratto di palizzata posto ad ovest del *Castrum*, dopo una prima fase di mancato riutilizzo del fossato, quest'ultimo viene intasato per potervi insediare una fila di

otto casali addossati alla palizzata stessa. La ristrutturazione delle pertinenze interne a questa fila di casali porterà alla formazione di un nuovo percorso rettilineo e regolare, ancora oggi riconoscibile in via Cammello (Figura 25.8).

Infine, intorno al IX secolo sembra prendere avvio, la formazione del Borgo di Sotto, lungo l'argine del Po a valle del *Castrum* (Figura 25.9), secondo una logica simile al Borgo di Sopra.

FASE 3: X-XII SECOLO

Questo lungo e complesso periodo della storia della città è caratterizzato dal consolidamento dell'espansione lineare lungo l'asse fluviale, sia verso ovest che verso est. La città, decisamente orientata verso l'attività mercantile, incentivata principalmente dalla presenza del Po, si spinge progressivamente lungo il declivio dell'argine settentrionale andando a bonificare le aree paludose più depresse con complessi sistemi di regimentazione delle acque di dislivello. Se a sud si assiste al consolidamento dell'asse di via delle Volte e si avvia il processo di definizione di via Ripagrande quale fronte portuale della città (Figura 26.1), a nord le diramazioni trasversali tendono a riunirsi lungo il percorso costituito oggi dalle vie Saraceno e Mazzini in corrispondenza dell'antico canale di drenaggio delle acque (Figura 26.2).

Sul finire del periodo, l'avvio del cantiere della nuova Cattedrale di San Giorgio, nel 1135, porterà ad una parziale perdita di importanza della *Platea Maioris*, prossima al *Castrum*, e ad uno spostamento del baricentro urbano ancora più ad ovest, almeno per quanto attiene le principali funzioni pubbliche e commerciali.

All'interno dell'ormai dismesso perimetro difensivo si assiste, nel settore orientale, all'attivazione del processo di ristrutturazione già visto in quello occidentale, anche se con alcune differenze dovute alle diverse condizioni di polarità. La scarsa azione edilizia che aveva caratterizzato l'area nei secoli precedenti, risulta evidente se si osserva la minore densità edilizia che caratterizza ancora oggi l'ala est. I fronti principali appaiono rafforzati, nella loro specializzazione funzionale, mentre i retri, sottoposti ad un debole processo di insulizzazione, non risultano particolarmente strutturati. Le aree cortilive degli antichi casali, rimangono libere e vengono progressivamente sfondate per consentire l'attivazione di percorsi di collegamento intermedi (Figura 26.3). Questo processo porta alla lenta definizione di via Salinguerra e di via Fossato dei Buoi.

La corona orientale, sia sul fronte interno che su quello esterno, rimane sostanzialmente inalterata o, più semplicemente, viene destinata ad attività agricole, mantenendo il limite della palizzata ancora chiaramente riconoscibile. È confermata, in questo periodo, l'apertura di un attraversamento della palizzata sulla direttrice della chiesa di Sant'Apollinare, eretta nel 1171 oltre la linea del vallo costruito nel VII secolo (Figura 26.4).



Figura 26. Fase 3.

Analogamente, lungo la fascia esterna della corona occidentale del *Castrum*, sui casali addossati alla palizzata, si attiva un ulteriore processo di ristrutturazione. In questo caso il nuovo percorso risente della polarità dovuta al tratto superiore di via Cammello, già esistente, e porta ad isolare i casali dalle rispettive corti, che andranno a loro volta a fondersi con la fila di lotti sul fronte opposto. La primitiva unione delle proprietà ai due lati dell'attuale via Cammello e l'apertura del nuovo passaggio, sono evidenziati, con chiarezza, dal volto di accesso alla strada, lungo l'odierna via Carlo Mayr (Figura 26.5). Su Carlo Mayr, infatti, il fronte edilizio doveva essere più strutturato che all'interno e, nell'ambito della ristrutturazione di via Cammello, si preferisce consentire il passaggio al piano terra, senza perdere l'unione ai piani superiori (realizzazione del volto).

Lo stesso processo si presenta con un nutrito numero di casi anche in via delle Volte con l'obiettivo di mantenere uniti al primo piano i fondachi e le residenze retrostanti separate al piano terra dal percorso di ristrutturazione.

Un ultimo aspetto che interessa la testata meridionale del *Castrum*, è il definitivo spostamento dell'asse di attraversamento longitudinale della città, da via Ragno (ormai completamente obliterata all'interno dell'ex accampamento militare) al sistema costituito da via delle Volte e via Coperta. Questo processo induce un rafforzamento della fascia abitativa prospiciente caratterizzata da processi di tabernizzazione e sopraelevazione delle cellule edilizie e dalla formazione di prime forme palaziali, forse a carattere specialistico (Palazzo della Ragione, ecc.).

FASE 4: XIII-XVIII SECOLO

In questo periodo diventano evidenti gli effetti di una serie di rotte del grande fiume, fra Ficarolo e S. Biagio di Bondeno (Figura 28), località a nord-ovest della città (tra le quali la più importante è quella del 1152). Esse determinano lo spostamento dell'alveo principale sull'attuale ramo di Venezia, facendo perdere progressivamente portata a quello di Ferrara. La città entra quindi in una nuova fase edilizia non più incentrata sulla riva del fiume e sulle rotte mercantili, ma sulla nuova centralità, costituita dalla cattedrale e dal centro politico-amministrativo al limite nord dell'organismo urbano allora consolidato. A partire dalla metà del XV secolo, successive addizioni contribuiranno ad aumentare in modo significativo la dimensione del centro urbano fino a raggiungere l'attuale conformazione.

Nelle prime fasi di questo periodo, almeno fino al XIV secolo, si assiste alle ultime trasformazioni significative del tessuto edilizio del *Castrum*, con particolare riferimento alle aree ancora parzialmente o totalmente inedificate. L'area dell'originario insediamento bizantino è ormai inglobata tra il centro cittadino, ad ovest, il Borgo di Sotto, ad est, ed i nuovi sviluppi urbani a nord.

Gli isolati del *Castrum* ormai consolidati almeno sotto il profilo della viabilità, sono in questa fase principalmente caratterizzati da trasformazioni di tipo edilizio, con processi di insulizzazione ed intasamento delle corti e di sopraelevazione delle unità più elementari. Questi processi di trasformazione continuano comunque a risentire del sottostante sostrato e soprattutto del fatto che derivino da abitazioni principali (casali elementari collocati, in questo caso, sul percorso matrice - Figura 24) o annessi di servizio (collocati generalmente sul fondo delle antiche corti). Nei punti nodali si attivano processi di rifusione delle unità originarie finalizzate alla formazione di complessi palaziali di una certa rilevanza (come l'attuale palazzo Mayr e il palazzo dei Salinguerra, oggi non più esistente) e di alcune realtà specialistiche di tipo religioso come le antiche chiese di San Pietro e San Gregorio Magno.

Nell'ala destra, dove si era avviata in precedenza la doppia ristrutturazione viaria di via Salinguerra e di via Fossato dei Buoi, il settore centrale residuo, interrotto al suo interno dall'antico andito di confine, viene progressivamente saturato da nuove cellule edilizie, che lo portano a configurarsi come isolato estremamente denso anche se caratterizzato da un'edilizia particolarmente minuta (Figura 27.1). Al contrario, gli altri due isolati, confermano la presenza del fronte principale sui percorsi di impianto originari e del cortile, all'interno, sui nuovi percorsi di ristrutturazione (Figura 27.2).



Figura 27. Fase 4.

Al periodo tra il XIII ed il XIV secolo è possibile far risalire il definitivo insediamento della corona destra del *Castrum*, ancora ineditata, a causa di una spinta demografica da collegarsi in parte al rafforzamento del Borgo di Sotto ed in parte alla formazione dell'asse dell'odierna via Saraceno ricavata dal tombamento del canale di scolo (Figura

27.3). Questo percorso consente la diretta connessione dell'area del *Castrum* con la piazza della Cattedrale e conferisce un nuovo impulso al settore orientale della città. Tutta la corona, pur nel rispetto del limite della palizzata che doveva evidentemente costituire un segno ancora importante all'interno tessuto urbano, viene insediata con una fitta trama di case a schiera su ambo i lati. La casa a schiera costituisce il nuovo tipo di base, adeguato agli avvenuti mutamenti della società. La dimensione della fascia interna alla palizzata è condizionata dalla ormai matura configurazione di via Fondobanchetto (Figura 27.4), mentre la fascia esterna tende a strutturarsi con soluzione ad arco convesso, secondo un tipico processo dovuto al tentativo di guadagnare il maggiore terreno possibile in aree dove la struttura viaria non è ancora chiaramente riconoscibile. Si configurano in questo modo il fronte stradale occidentale dell'attuale via Ghisiglieri (Figura 27.5) e quello meridionale dell'attuale via Borgo di Sotto (Figura 27.6), chiaramente individuabili nella pianta del rilievo murario.

5.1.2. L'INSEDIAMENTO SULL'ATTUALE VIA XX SETTEMBRE.



Figura 28. Inquadramento territoriale.

Nel secondo ambito d'indagine (cinque isolati individuati in giallo in Figura 22) concentrato sull'odierna via XX Settembre, gli assetti costruttivi appaiono decisamente meno trasformati. In questo caso sarà più facile individuare il sostrato originario. La caratterizzazione del sostrato, mediante il riconoscimento dei passi fondiari e l'ausilio di alcuni atti notarili, consente, da una parte, di qualificare la struttura originaria dell'insediamento tardo-quattrocentesco e, dall'altra, di individuare i caratteri morfologici del tessuto urbano in esame.

In una situazione caratterizzata dalla forte presenza di aree umide (paludi, valli, ecc.), gli argini sopraelevati, quasi sempre asciutti, sono i soli percorsi effettivamente praticabili con continuità. Inoltre, le condizioni idrodinamiche legate alla biforcazione deltizia di San Giorgio, favoriscono lo sviluppo di isole fluviali, come l'ex isola di S. Antonio (Figura 22), particolarmente adatte alla predisposizione di attraversamenti parcellizzati. Come già detto nel corso del XII secolo, una serie di rotte sulla sponda sinistra del Po, fra Ficarolo e S. Biagio di Bondeno (Figura 28), producono ampi allagamenti a nord di Ferrara. In tempi relativamente rapidi si crea un nuovo corso, a nord di Casaglia, con sbocco a mare in una posizione più prossima alla Laguna di Venezia. L'area a nord dell'organismo urbano diviene perciò una zona interalvea, depressa ed allagabile, limitata, sia a nord che a sud, da alvei pensili (Figura 28). Il corso del Po che lambisce Ferrara sul fronte meridionale rimane attivo fino all'inizio del XVI secolo, ma con un flusso di acqua in costante diminuzione. Il progressivo ritiro delle acque consente, da una parte, lo sviluppo dell'abitato verso sud e, dall'altra, il progressivo ricongiungimento dell'isola di S. Antonio alla città e la realizzazione di un nuovo asse viario coincidente con l'attuale via XX Settembre.

Le trasformazioni territoriali devono intendersi in un lento procedere nel corso di circa quattro secoli, sempre inseguite da un graduale adattamento dell'organismo urbano alle mutate condizioni geomorfologiche. Nelle schede a seguire sono esaminate le principali fasi che hanno caratterizzato il processo morfo-tipologico concentrando l'attenzione sull'ex isola di S. Antonio e sul nuovo asse di via XX Settembre e presentando in particolare le osservazioni che hanno consentito di riconoscere i principali momenti di trasformazione del tessuto.

FASE 1: PRIMA METÀ DEL XIV SECOLO

A seguito della continua perdita di portata del ramo meridionale del Po, l'espansione dell'isola di S. Antonio sembra procedere molto rapidamente tanto che si rendono necessarie le prime opere di bonifica. Per una migliore regolazione delle acque viene infatti realizzato un canale di scolo parallelo all'odierna via XX Settembre, lungo l'antica sponda settentrionale dell'isola, al centro degli attuali isolati compresi tra l'asse Quattrocentesco e l'attuale via Beatrice II d'Este (Figura 29.1)⁷. I rilevati riscontrabili in corrispondenza di via Cantarana e di via delle Chiodare (Figura 29.2) sembrano poter costituire argini artificiali finalizzati al controllo delle acque del fiume. I lavori di bonifica dell'area continueranno per tutto il XIV secolo fino alla completa annessione dell'isola

⁷ A. FAORO, M. MAZZEI TRAINA, *Il polesine di S. Antonio dal tardo medioevo all'età moderna. Topografia e vicende di popolamento*, in *Sant'Antonio in Polesine: Archeologia e storia di un monastero estense*, in C. GUARNIERI (a cura di), *All'insegna del giglio*, Borgo San Lorenzo (FI) 2006, p. 23.

alla città⁸. Quando il ramo superiore del fiume (compreso tra l'organismo urbano a nord e l'isola di S. Antonio a sud), è ormai attraversabile in più punti, il percorso territoriale diretto a Ravenna, nella parte coincidente con l'attuale via Quartieri, viene parzialmente ristrutturato al fine di incrementarne la sezione (Figura 29.3). La restante parte della percorrenza, che sarebbe possibile definire di controcinale, sembra non subire sostanziali cambiamenti.

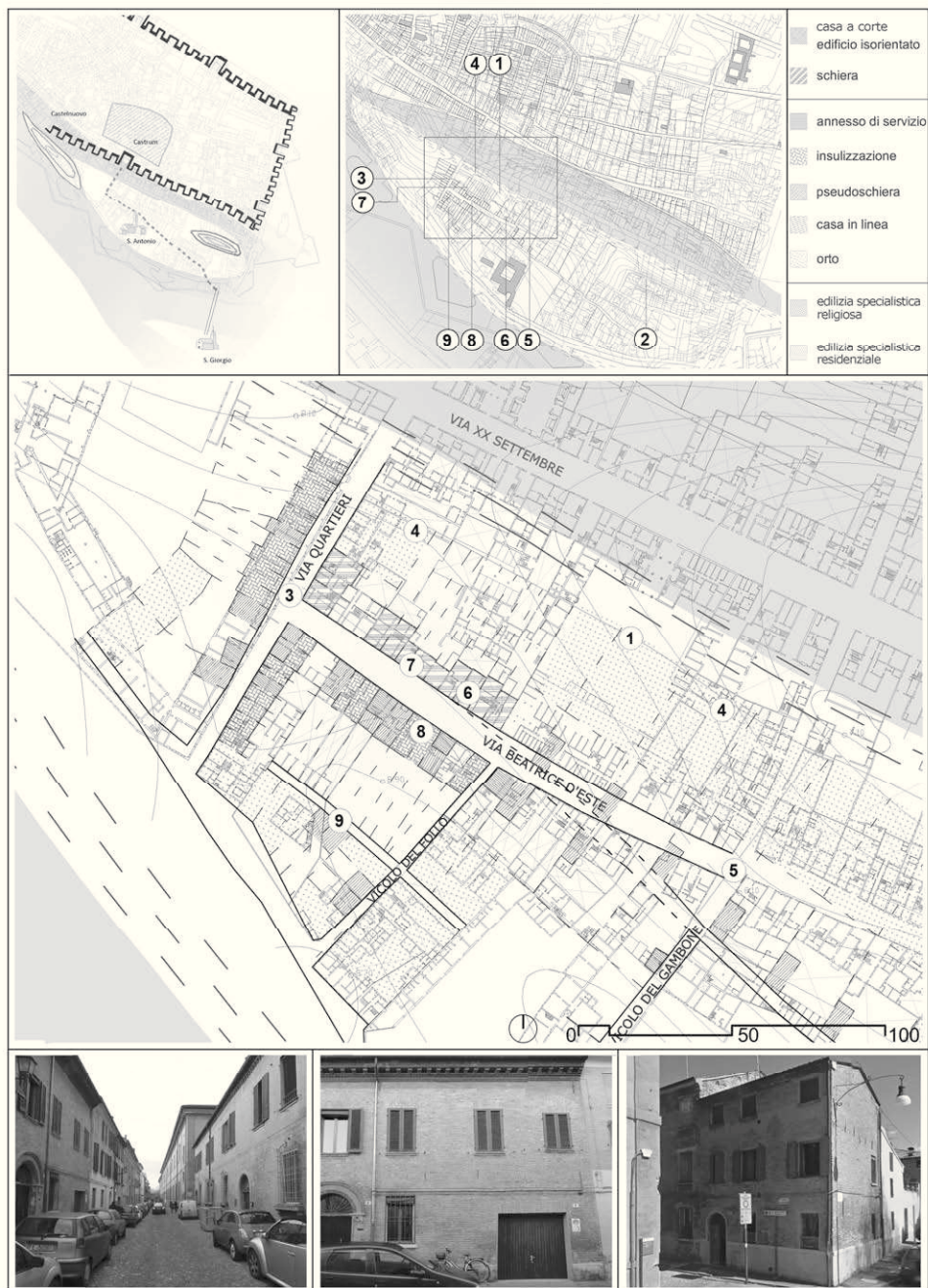


Figura 29. Fase 1. Crediti: C. COCCHI per la restituzione grafica dell'edificato.

⁸ *Ivi*, p. 10-11.

Il rilievo murario e l'analisi delle isoipse documentano come l'insediamento sul percorso principale sia conseguenza del processo di allontanamento delle acque. I limiti settentrionali delle nuove corti, a nord del primo tratto dell'attuale via Beatrice II d'Este, terminano infatti nel canale di scolo (Figura 29.4). Inoltre, è possibile ascrivere a questa fase la realizzazione di un breve collettore in corrispondenza dell'attuale via del Gambone, diretto verso l'odierna via XX Settembre e originato dalla naturale differenza di quota, (Figura 29.5). Questa pendenza potrebbe aver determinato successivamente l'orientamento delle corti sul secondo tratto di via Beatrice II d'Este.

L'attività insediativa su entrambi i fronti dell'asse est-ovest dell'isola, in fase di parziale ristrutturazione, sembra intensificarsi ulteriormente (Figura 29.6). Il passo delle nuove case a schiera definisce la cortina settentrionale del percorso (Figura 29.7), mentre, sul lato meridionale, si ipotizza una saturazione del fronte, mediante fenomeni di parziale insulizzazione (Figura 29.8). Le case a corte vengono dotate di annessi di servizio, contrapposti al casale già presente ma sempre in adiacenza al percorso.

L'insediamento disposto sull'asse costituito dall'attuale via Quartieri, guado ormai consolidato, sembrerebbe presentare fenomeni di insulizzazione delle corti preesistenti. Perde importanza, come percorrenza locale, vicolo Sguassaretto (Figura 29.9), ultima traccia della prima percorrenza di crinale⁹, ormai cieca a causa del denso edificato attestato su via Quartieri.

FASE 2: FINE XIV SECOLO

L'ulteriore crollo della portata del ramo ferrarese, favorisce il processo di annessione naturale dell'isola fluviale alla sua sponda nord. Nel 1385 gran parte delle proprietà, sotto il dominio del monastero, confinano con il letto ormai asciutto del fiume¹⁰. L'isola, difficilmente distinguibile nei suoi confini, risulta ormai connessa alla città, tanto che il tratto dell'attuale via XX Settembre in prossimità di via Porta San Pietro è già percorribile senza l'ausilio di barche¹¹.

In questa fase è possibile collocare la ristrutturazione del secondo tratto dell'attuale via Beatrice II d'Este che, a causa di diverse preesistenze, non risulta allineato al primo. Questa ristrutturazione avviene probabilmente in previsione delle modifiche urbanistiche che interesseranno l'area di lì a poco¹². L'edificato che caratterizza il lato nord del percorso è costituito da case a schiera i cui lotti sembrano definiti dallo scolo naturale delle acque (Figura 30.1). Il percorso di controcrinale sembra volgere al declino, interrotto da parziali fenomeni di insulizzazione che interessano le corti attestate sulla

⁹ *Ibidem*.

¹⁰ A. FAORO, M. MAZZEI TRAINA, op. cit., p. 23.

¹¹ *Ibidem*.

¹² C. GUARNIERI, M. LIBRENTI, *Sviluppo di un insediamento monastico nella Ferrara tardomedievale: il convento di S. Antonio in Polesine*, in *Atti del I Congresso Nazionale di Archeologia Medievale*, Pisa 1997, All'insegna del giglio, Firenze 1997, p. 54.

nuova percorrenza (Figura 30.2). La consultazione degli atti notarili¹³ ha contribuito a dimostrare la contemporanea esistenza, per un breve periodo, dei due percorsi paralleli, entrambi diretti verso l'odierna via Porta d'Amore. Quello meridionale, che fiancheggia il complesso monastico, col tempo perderà importanza fino ad essere completamente obliterato dall'edificato (Figura 30.3).



Figura 30. Fase 2. Crediti: L. GAZZOTTI per la restituzione grafica dell'edificato.

I primi lotti lungo via Quartieri e lungo il primo tratto di via Beatrice II d'Este vengono riorganizzati e saturati con nuove case a schiera (pseudo-schiere).

¹³ Biblioteca Comunale Ariosteia Ferrara, Archivio Pasi-Strade, Busta 3, fasc. 50-70.

Nella seconda metà del secolo proseguono gli interventi per un migliore controllo delle acque di scolo. La creazione del secondo tratto di canaletta compresa tra le attuali via del Gambone e via Porta d'Amore, connessa ad un breve collettore diretto verso l'attuale asse di via XX Settembre, è testimoniata da un grafico redatto dal notaio Giacomo Meleghini il 30 aprile 1461 (Figura 30.4).

Sulla sponda meridionale dell'isola, in corrispondenza dell'attuale asse dei Baluardi, si sviluppa un percorso antinodale a collegare il rilevato presso l'attuale via Chiodare con il punto di attraversamento di ciò che rimane del ramo meridionale del Po (Figura 30.5). In prossimità dell'attuale baluardo di San Pietro, sul fronte settentrionale del nuovo percorso (Figura 30.6), prende corpo una lottizzazione di case a schiera che, nonostante l'infelice posizione, risente della polarità data dal nuovo punto di accesso alla città (Figura 30.7).

Nel 1393¹⁴ vengono rettificate le mura a sud-est della città fino alla Porta del Barbacane, realizzata per proteggere il guado della percorrenza territoriale diretta a Ravenna (Figura 30.8). E' possibile ipotizzare che, proprio nei pressi della Porta, trovi spazio un primo nucleo di case a schiera connesse all'insediamento di natura commerciale sviluppatosi subito a ridosso dell'attraversamento (Figura 30.9). Il rilievo murario consente di leggere un tessuto a schiera, con passo decisamente ridotto, probabilmente caratterizzato al piano terra dalla presenza di botteghe, come attestano le tracce delle bucatore ancora oggi leggibili su alcuni prospetti (Figura 30, Foto 3).

FASE 3: PRIMA METÀ DEL XV SECOLO

Nel 1401 Niccolò III d'Este decreta la realizzazione del nuovo asse stradale (Figura 31.1), attuale via XX Settembre, piantando stili e colonnette e cedendo il terreno su entrambi i lati del percorso a chi volesse costruirvi la propria casa¹⁵.

Tale percorrenza diventa l'asse portante dell'Addizione voluta da Borso nel 1451¹⁶ e intrapresa mediante la realizzazione di una nuova cinta muraria, necessaria a proteggere l'ex isola di S. Antonio annessa ufficialmente nel 1466¹⁷ (Figura 31.2). Nella cinta muraria sono aperte le porte di ingresso alla città, la porta di San Giorgio (Figura 31.3), dell'Amore (Figura 31.4) e di San Pietro (Figura 31.5). Il percorso prosegue fino al ponte di San Giorgio, congiungendosi con l'asse che costeggia le mura del Barbacane, l'attuale via Porta Romana, volute qualche decennio prima sempre da Niccolò III¹⁸. Il

¹⁴ F. BORGATTI, *La pianta di Ferrara nel 1597*, in Atti e Memorie della Deputazione Provinciale Ferrarese di Storia Patria, Vol. VII, fasc. 1, G. Zuffi dal 1899, Ferrara 1895, pp.3-73. Si vedano anche C. CESARI, M. PASTORE, R. SCANNAVINI, *Il centro storico di Ferrara*, in P.L. CERVELLATI (a cura di), R. F. Levi, Modena 1976, p.22; A. M. VISSER TRAVAGLI (a cura di), *Ferrara nel Medioevo*, Grafis Edizioni, Casalecchio di Reno (Bo) 1995, p. 190.

¹⁵ A. FRIZZI, *op. cit.*, Volume IV, pp. 10-11.

¹⁶ A. M. VISSER TRAVAGLI, *op. cit.*, p.196.

¹⁷ C. CESARI, M. PASTORE, R. SCANNAVINI, *op. cit.*, p. 22.

¹⁸ F. BORGATTI, *op. cit.*... Si veda anche A. M. VISSER TRAVAGLI *op. cit.*, p. 190.

nuovo insediamento sull'asse di XX Settembre, caratterizzato da una forte prevalenza del tipo a schiera, prende avvio sia sul fronte settentrionale che su quello meridionale, dalle estremità della percorrenza stessa, in corrispondenza delle attuali via Quartieri e via Porta Romana (Figura 31.6), nelle situazioni orograficamente più difendibili da eventuali allagamenti.



Figura 31. Fase 3. Crediti: C. NARDELLI per la restituzione grafica dell'edificato.

E' possibile collocare in questa fase anche l'edificato lungo via Quartieri dove, nell'ultimo tratto a ridosso dell'attuale via XX Settembre, trovano spazio altre case a schiera (Figura 31.7). Si assiste inoltre alla progressiva saturazione delle corti con pseudo-schiere nella porzione di strada ormai consolidata (Figura 31.8). Il rilievo murario e l'analisi dei fronti

strada evidenziano come, in una fase iniziale, l'edificato lungo il nuovo asse fosse subordinato all'edificato attestato sull'antica percorrenza territoriale costituita, nell'ordine, dalle attuali vie Quartieri, Beatrice II d'Este e Porta Romana (Figura 31, Foto 2).

Prosegue inoltre l'edificazione lungo il secondo tratto dell'attuale via Beatrice II d'Este, fino al nuovo asse di via Porta d'Amore. Su quest'ultimo cominciano ad attestarsi nuove case a schiera. Dal rilievo murario è emerso che le case all'angolo tra via Beatrice II d'Este e via Porta d'Amore (Figura 31, Foto 1) si attestano sulle percorrenze in maniera differente: gli edifici sul fronte settentrionale continuano ad essere rivolti su via Beatrice II d'Este (Figura 31.9), mentre quelli sul fronte meridionale si attestano su via Porta d'Amore (Figura 31.10).

Gli scavi archeologici¹⁹ effettuati all'interno del cortile di Palazzo Costabili, detto di Ludovico il Moro, supportano l'ipotesi dell'esistenza di un percorso, in asse con l'attuale via Cantarana risalente ad un periodo compreso tra il 1425 e 1450 (Figura 31.11). Questa strada si sviluppa probabilmente in seguito alla definizione della lunghezza dei lotti che si attestano lungo via XX Settembre e consente di raggiungere via Porta Romana attraverso la demolizione di uno dei lotti presenti lungo quest'ultima (Figura 31.12). È un percorso secondario, su cui si affacciano principalmente i retri degli edifici presenti lungo l'asse principale e rimarrà tale sicuramente fino ai primi anni del '900, come dimostrano le foto dall'alto dell'area risalenti al 1918²⁰, in cui la strada risulta essere una via posta tra numerosi lotti agricoli. La maggior parte degli edifici attualmente collocati lungo la via risalgono al secondo dopoguerra e i pochi già presenti nei Catasti Ottocenteschi²¹ derivano da granai e magazzini.

FASE 4: DALLA FINE DEL XV SECOLO AL XVIII SECOLO

La seconda parte di via XX Settembre, è caratterizzata dalla presenza contestuale di edilizia di base (case a schiera) e di edilizia specialistica di tipo palaziale. Tra questi ultimi si segnala la casa dell'architetto Biagio Rossetti edificata a partire dal 1479 (Figura 32, Foto 1). La presenza di questo edificio alla fine della via e in uno dei punti orograficamente più bassi, ci induce a pensare che già alla fine del XV secolo l'edificazione su via XX Settembre fosse sostanzialmente conclusa.

A partire dal Cinquecento il processo insediativo va progressivamente consolidandosi. È possibile osservare la presenza di nuove schiere lungo via Assiderato (percorso ormai sostituito dai nuovi assi stradali) (Figura 32.1), lungo via Porta d'Amore (Figura 32.2) e lungo via XX Settembre (Figura 32.3).

¹⁹ Materiali di scavo (Palazzo Costabili) messi a disposizione dalla Soprintendenza per i Beni Archeologici per l'Emilia Romagna, 2010.

²⁰ Foto aerea di Ferrara al 1918.

²¹ Archivio di Stato di Ferrara, Cessato catasto di Ferrara del 1842 e del 1881.

Con Alfonso II viene rafforzata la difesa nella parte sud-orientale della città con la costruzione dei primi bastioni a freccia (Figura 32.4). Nel corso dei decenni successivi, le nuove esigenze abitative innescano processi di plurifamiliarizzazione degli edifici esistenti. Nella maggior parte dei casi, solitamente lungo i principali assi viari, come via XX Settembre e via Beatrice d'Este, è possibile verificare l'aggregazione di più case a schiera in edifici in linea (Figura 32.5). Questa combinazione presenta comunemente al piano terra un grande androne di distribuzione connesso ad un vano specializzato adibito ad ospitare la scala comune ad U. Questo vano, parallelo al percorso esterno, coincide spesso con il vano scala appartenente ad uno dei tipi a schiera aggregati.

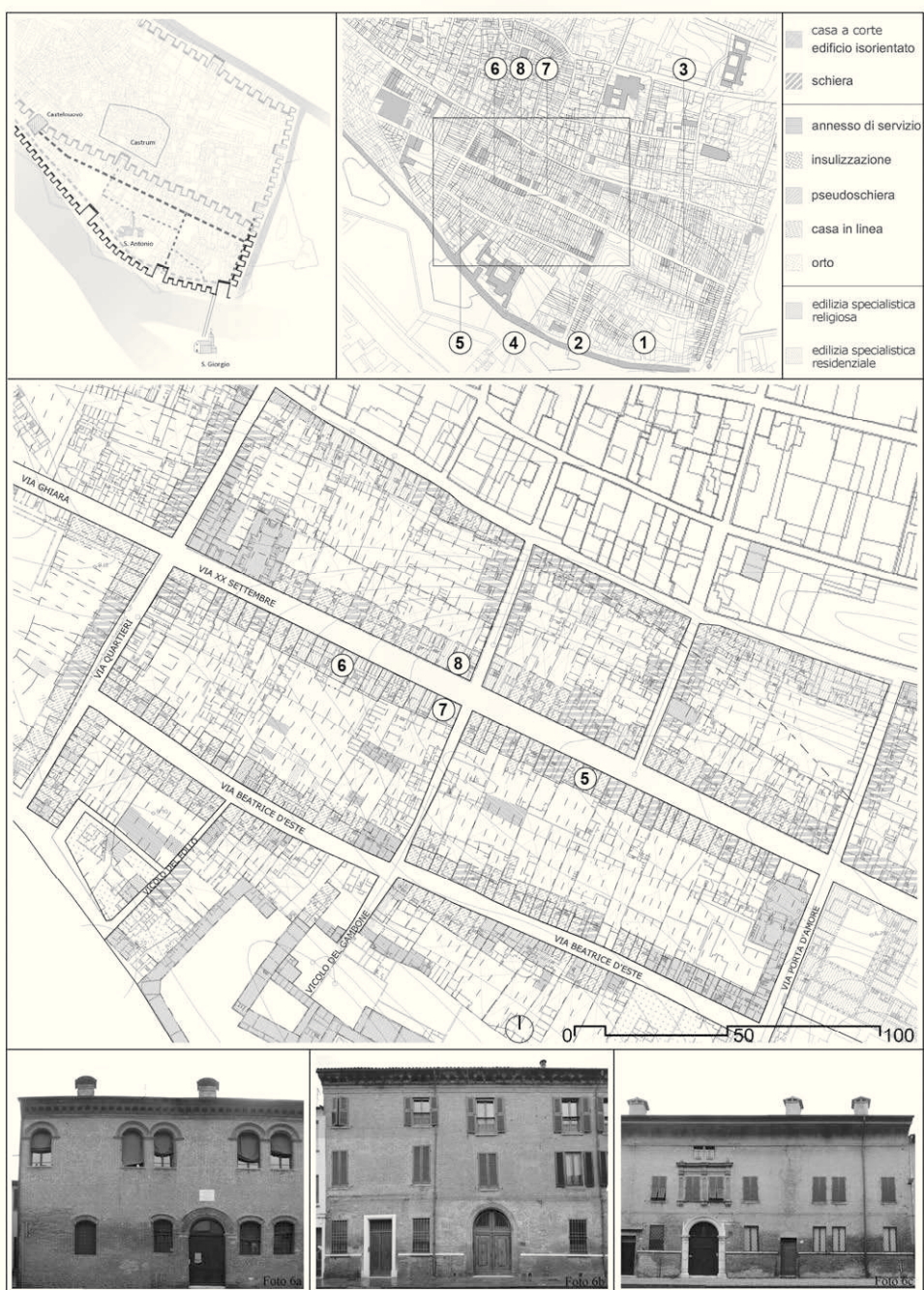


Figura 32. Fase 4. Crediti: M. TASSOTTI per la restituzione grafica dell'edificio.

Nelle facciate di rifusione sono ancora oggi rintracciabili i moduli delle cellule elementari (Figura 32, Foto 2), anche se la trasformazione dei singoli edifici in case in linea comporta significative modifiche al prospetto. Si riscontrano: l'aggiunta di cornicioni e marcapiani, l'inserimento di un unico portone di ingresso e la conseguente modifica della distanza tra le aperture per rendere la facciata pseudo-simmetrica. Gli edifici collocati nei punti nodali dell'asse XX Settembre sono stati acquisiti da facoltose famiglie che, a partire dal XVI secolo, realizzano le proprie residenze palaziali attraverso la fusione di schiere attigue. Ne sono un esempio Palazzo Gulinelli, dove il prospetto rifuso perde il legame con lo schema planimetrico (Figura 32.6); Palazzo Oroboni (Figura 32.7 - Figura 32, Foto 3) e Palazzo Guzzinati (Figura 32.8) dove invece la rifusione della facciata è ancora leggibile.

5.2. CARATTERI TIPOLOGICI DELL'EDILIZIA PREINDUSTRIALE NEGLI AGGREGATI OGGETTO DI INDAGINE.

Nel precedente capitolo si è potuto osservare come i sette sistemi aggregati criticamente scelti all'interno dell'organismo urbano ferrarese (Figura 22 e Figure 33 - 38), abbiano origini molto diverse ed abbiano subito nel tempo modificazioni alquanto articolate. Se la variabilità delle trasformazioni e la complessità del tessuto in esame non consentono di individuare caratteri tipologici rigidamente definiti per aggregato, è però possibile indicare sinteticamente alcune peculiarità che caratterizzano l'edilizia di ciascun sistema e che saranno decisive nella quantificazione del fabbisogno di energia termica utile.

Nei primi due aggregati, caratterizzati da un tessuto di origine medioevale con impianto "a corte", l'edilizia di base risente di fortissime trasformazioni (insulzzazioni, plurifamiliarizzazioni e rifusioni). Il processo di ristrutturazione, avvenuto presumibilmente tra il X e il XII secolo, connota però alcune significative differenze tra l'aggregato 1 e l'aggregato 2.

L'aggregato 1 (Figura 33.sx), compreso tra via Porta San Pietro e via Salinguerra, è inequivocabilmente rivolto sull'antica percorrenza territoriale, ove probabilmente erano attestati gli antichi casali elementari delle case a corte isorientate (Figura 24). Il fronte sul percorso principale (via Porta San Pietro) è oggi caratterizzato da un'edilizia compatta, organizzata su due/tre livelli, con volumetrie abbastanza ampie. Il fronte sul percorso di ristrutturazione (via Salinguerra) è invece contraddistinto in netta prevalenza da corti residuali, solo occasionalmente intasate e, nella maggior parte dei casi, con edilizia molto recente.

L'aggregato 2 (Figura 33.dx), compreso tra i due percorsi di ristrutturazione via Salinguerra e via Fossato dei Buoi (Figura 26), è altresì caratterizzato da un'edilizia abbastanza compatta su entrambe i fronti, organizzata, anche in questo caso, su due/tre livelli, con pochi vuoti all'interno (piccole chiostrine, pozzi luce, ecc.) ma con volumetrie decisamente più ridotte (sia in pianta che in alzato). Gli esili spessori murari, il ridotto interesse tra i muri d'ambito, l'altezza interpiano e la dimensione media delle bucaure connotano un'edilizia minuta, probabilmente legata al sostrato originario, caratterizzato, in questa sede, dalla presenza di bassocomodi ed annessi di servizio (Figura 25). Sono frequenti, inoltre, le superfetazioni a carattere funzionale (servizi igienici, cucine, disimpegno, ecc.), collocate anche su più livelli. Le volumetrie aggiunte, spesso libere su cinque delle sei facce, oltre a presentare enormi problematiche di carattere conservativo, strutturale e figurativo, presentano un alto rapporto S/V, incrementando significativamente il fabbisogno di energia.

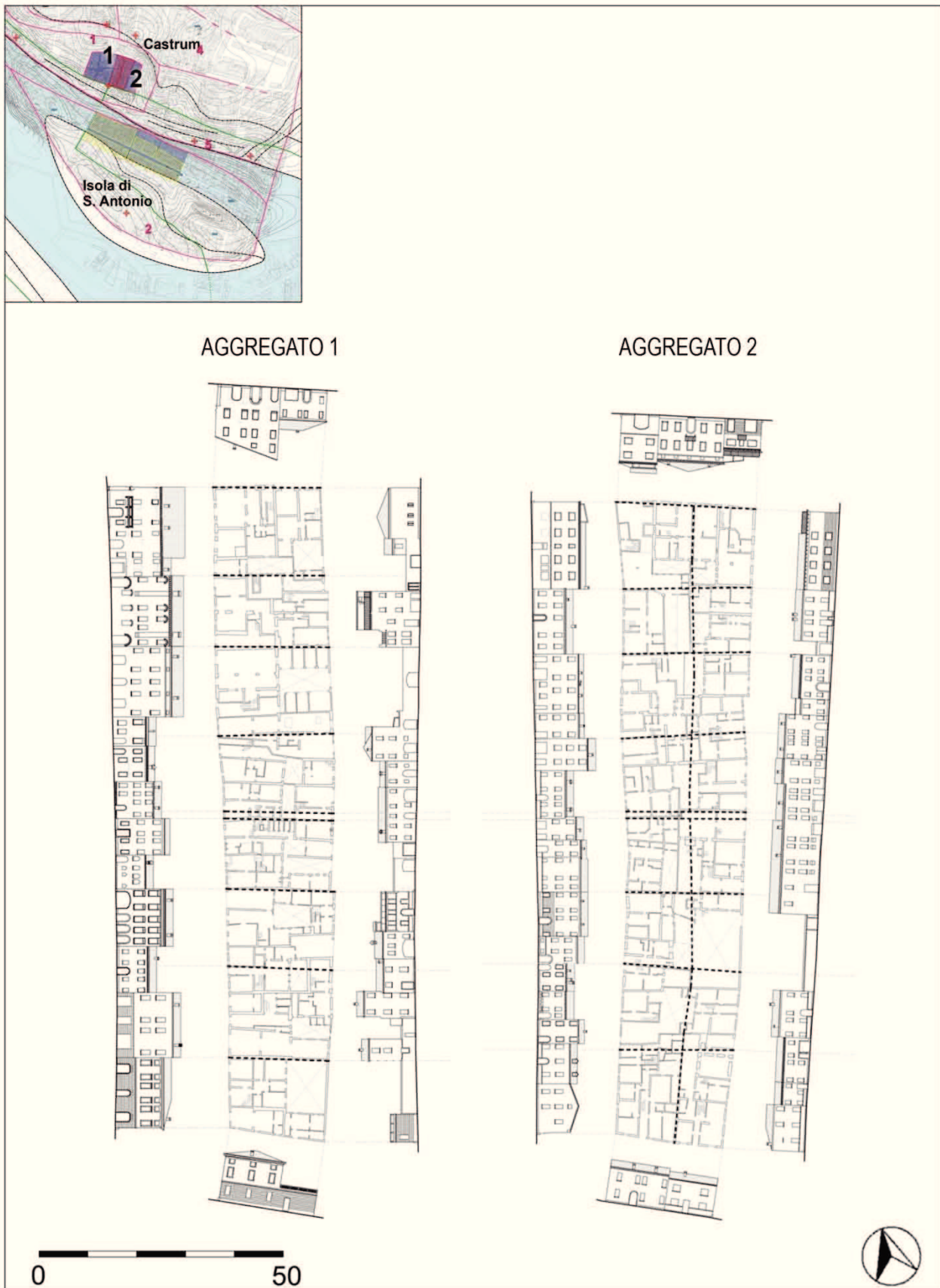


Figura 33. Piante dei piani terra e prospetti degli aggregati 1 e 2 (Castrum Ferrariae, aggregati compresi tra via Porta San Pietro e via Salinguerra e tra via Salinguerra e via Fossato dei Buoi).

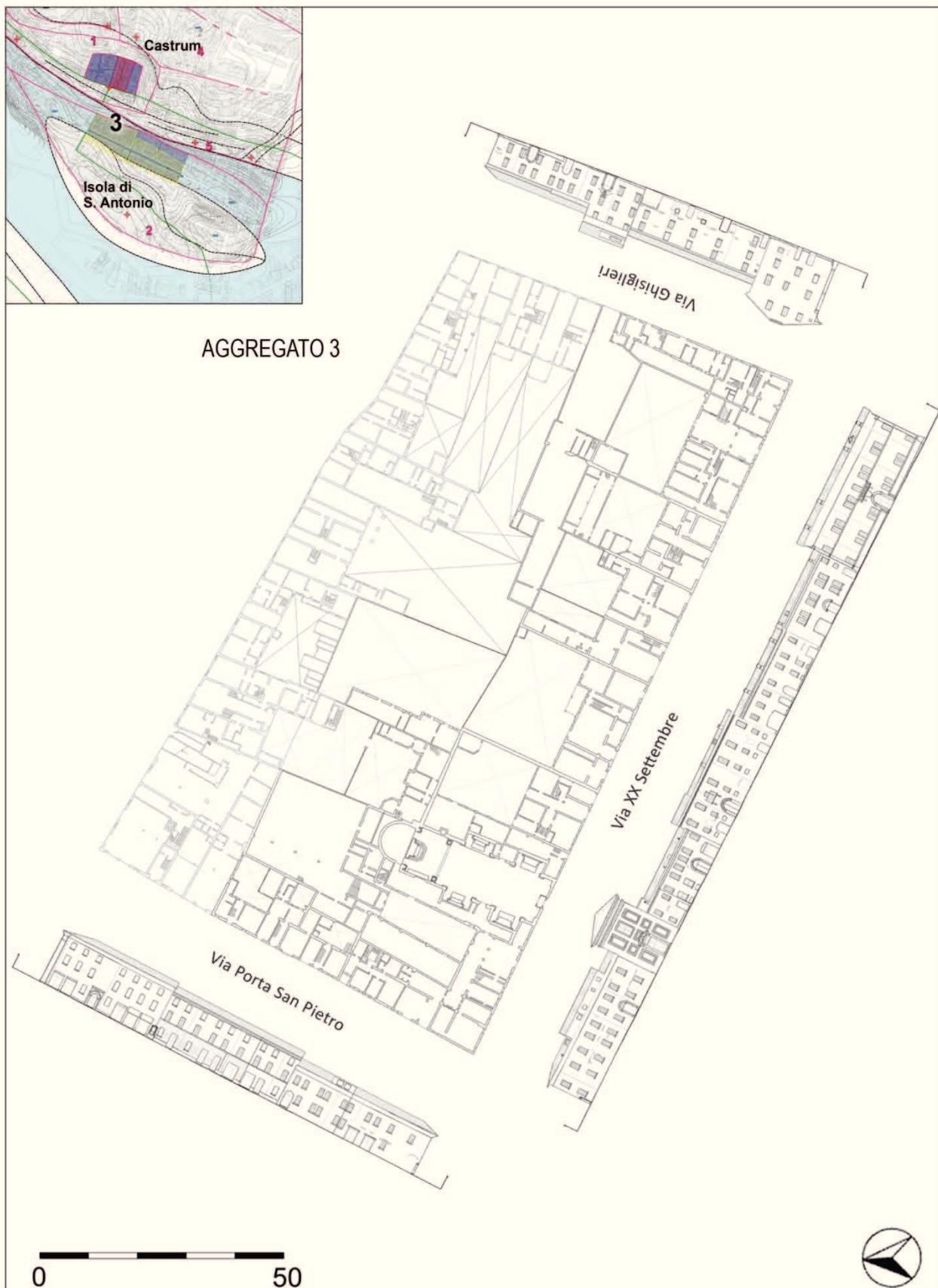


Figura 34. Piante dei piani terra e prospetti dell'aggregato 3 (Asse XX Settembre - fronte nord, aggregato compreso tra via Porta San Pietro e via Ghisiglieri). Crediti: C. NARDELLI, M. TASSOTTI per la restituzione grafica dell'edificato.

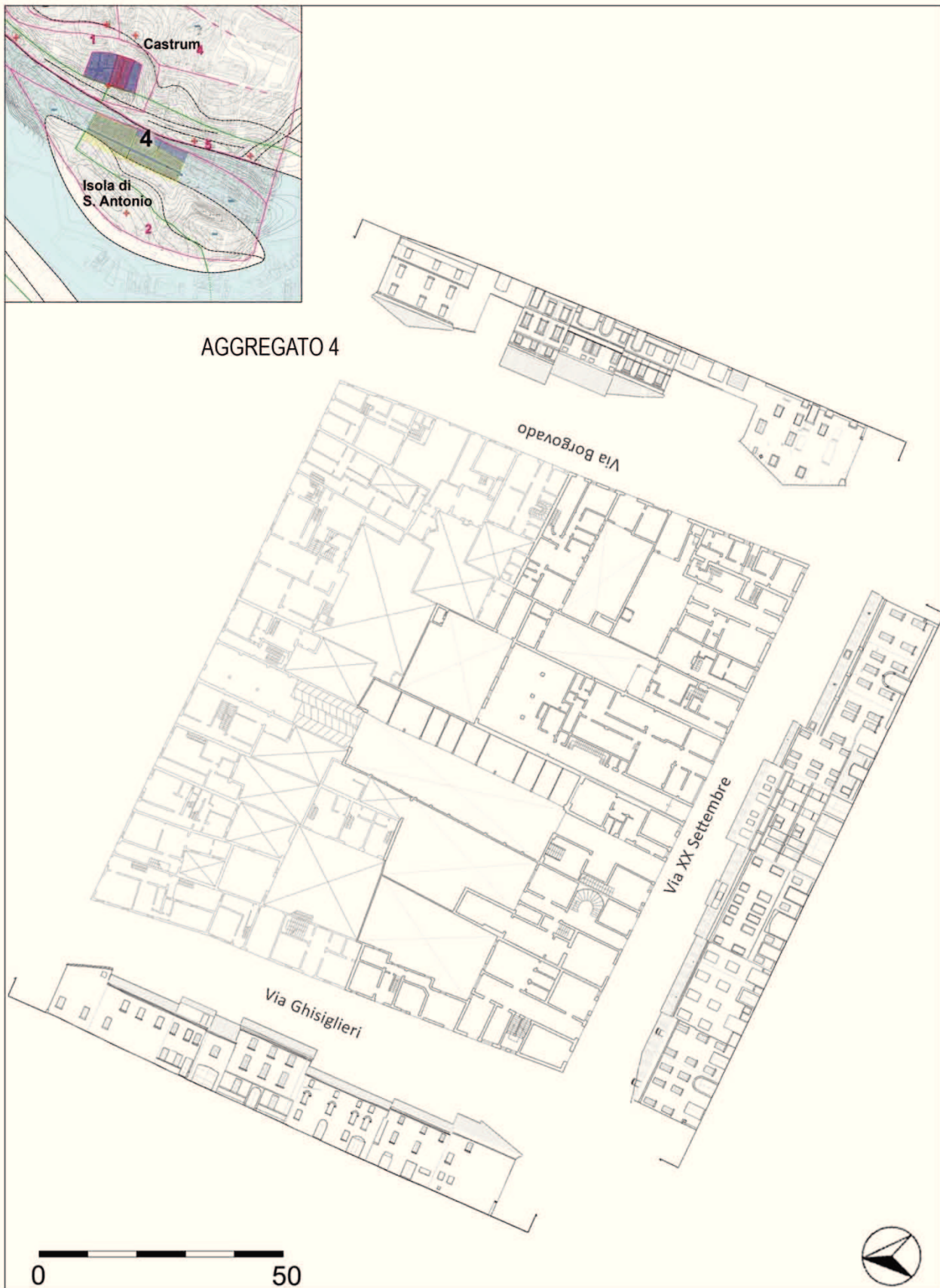


Figura 35. Pianta dei piani terra e prospetti dell'aggregato 4 (Asse XX Settembre - fronte nord, aggregato compreso tra via Ghisiglieri e via Borgovado). Crediti: C. NARDELLI, M. TASSOTTI per la restituzione grafica dell'edificato.

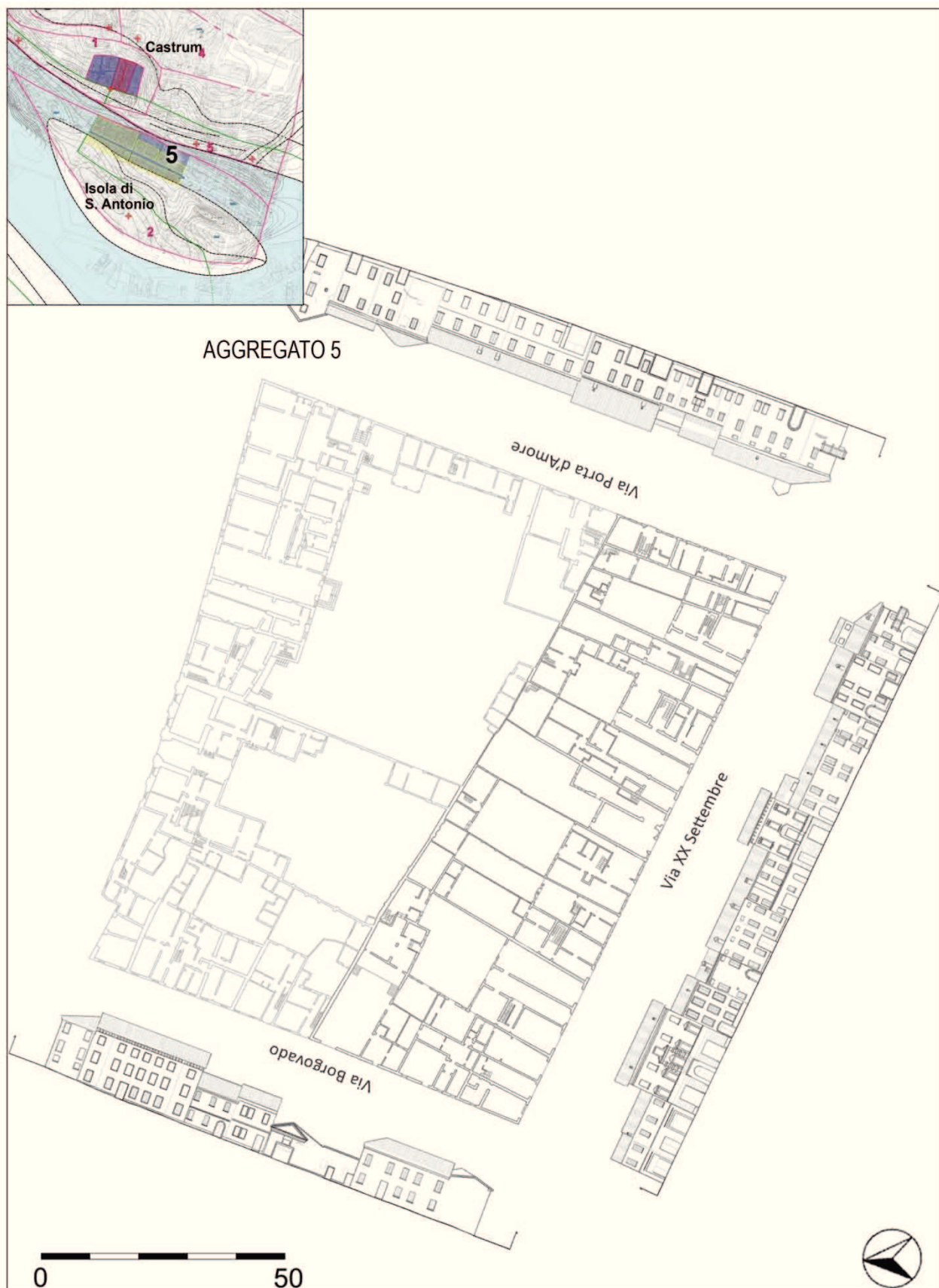


Figura 36. Piante dei piani terra e prospetti dell'aggregato 3 (Asse XX Settembre - fronte nord, aggregato compreso tra via Borgovado e via Porta d'Amore). Crediti: C. NARDELLI, M. TASSOTTI per la restituzione grafica dell'edificato.

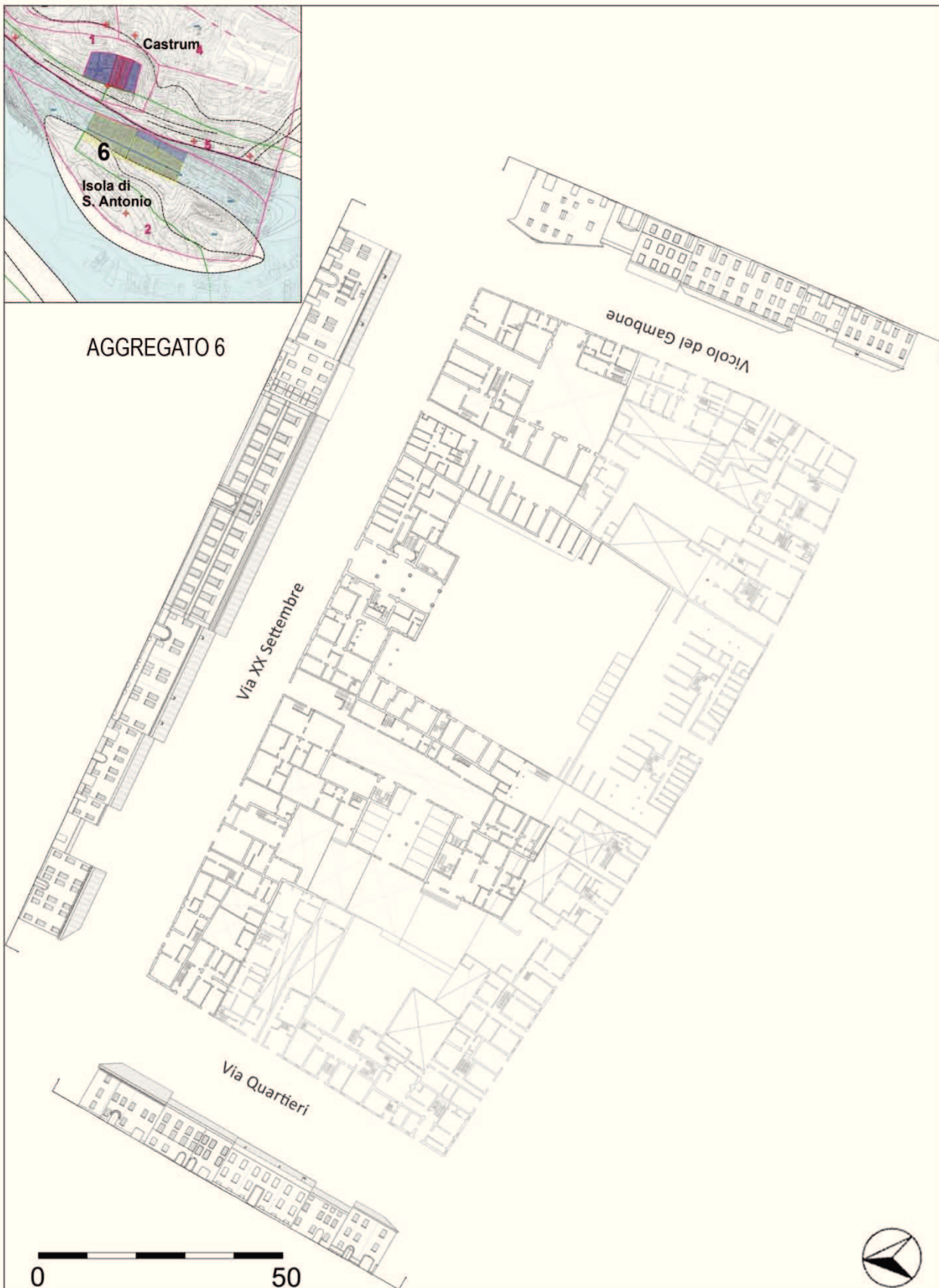


Figura 37. Piante dei piani terra e prospetti dell'aggregato 6 (Asse XX Settembre - fronte sud, aggregato compreso tra via Quartieri e vicolo del Gambone). Crediti: C. NARDELLI, M. TASSOTTI per la restituzione grafica dell'edificato.

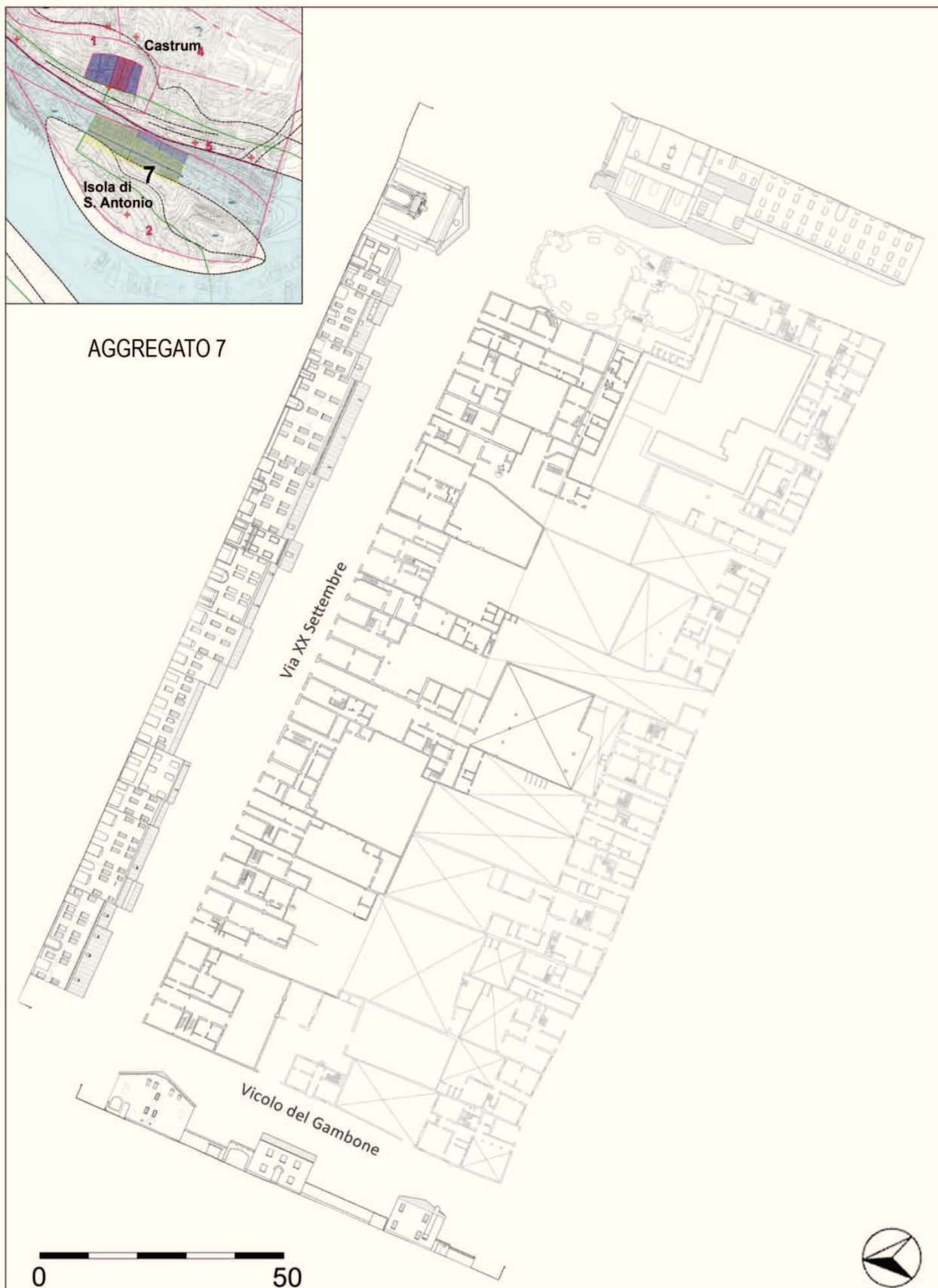


Figura 38. Piante dei piani terra e prospetti dell'aggregato 7 (Asse XX Settembre - fronte sud, aggregato compreso tra vicolo del Gambone e via Porta d'Amore). Crediti: C. NARDELLI, M. TASSOTTI per la restituzione grafica dell'edificato.

Negli altri cinque aggregati, caratterizzati da un tessuto di origine tardo-quattrocentesca con impianto "a schiera", il processo tipologico è senz'altro maggiormente decodificabile. Anche in questo caso è possibile individuare alcune peculiarità che qualificano alcuni aggregati e non altri.

L'aggregato 3 (Figura 34) e l'aggregato 6 (Figura 37), presentano uno stadio processuale sicuramente più avanzato, anche perché più prossimi al centro politico-amministrativo della città. Le importanti rifusioni di facciata obliterano i caratteri delle schiere originarie, ormai quasi tutte trasformate in case in linea e in edifici residenziali a carattere palaziale anche di ragguardevoli dimensioni (Palazzo Gulinelli (Figura 33.6), Palazzo Oroboni, ecc.). Nei casi più comuni troviamo, al piano terra, un grande androne d'ingresso, comunemente passante, connesso al vano scale comune, alle volte coincidente con il vano scale appartenente ad una delle schiere aggregate. In questo settore urbano l'edilizia presenta fronti molto compatti, di dimensioni abbastanza importanti, con volumetrie molto ampie (interasse tra i muri d'ambito anche superiore a sei metri, altezza interpiano compresa fra tre e, in alcuni casi, anche cinque metri).

L'aggregato 4 (Figura 35), l'aggregato 5 (Figura 36) e l'aggregato 7 (Figura 38), presentano invece un'edilizia meno trasformata e decisamente più minuta in cui sono ancora leggibili le case a schiera originarie (a due o a tre assi) e in cui le aggregazioni in linea non arrivano quasi mai ad una rifusione dei fronti. Anche in questo caso l'edilizia si presenta compatta con dimensioni decrescenti scendendo verso est e con volumetrie molto più ridotte.

I caratteri tipologici contribuiscono a definire i fattori geometrico-costruttivi che influiscono in maniera determinante sulla valutazione del fabbisogno: orientamento solare, compattezza volumetrica, androne, corpo scala (condominiale), loggia/portico, vano sottotetto, cortile, pozzo luce, ecc..

CAPITOLO

6.

MODELLO DI VALUTAZIONE SPEDITIVO.

6.1. METODOLOGIA DI CALCOLO PREVISTA DALLA UNI/TS 11300.

6.1.1. Introduzione.

Una volta individuati i Sistemi Aggregati di Edilizia Pre-industriale di Base sui quali poter verificare la metodologia di calcolo, dopo una sintetica lettura dei caratteri morfologici d'insieme in relazione ai fattori geometrici di interesse per la valutazione (per i quali si rimanda al capitolo precedente), è finalmente possibile entrare nel vivo della valutazione quantitativa del fabbisogno di energia termica utile per il solo riscaldamento invernale (Q_H espresso in kWh), del fabbisogno di energia primaria ($Q_{p,h}$ espresso in kWh) e del relativo indice di prestazione energetica ($EP_{i,INV}$ espresso in kWh/m²-anno).

Questa fase del lavoro consente, da una parte, la quantificazione dell'influenza sul fabbisogno di energia termica utile di alcuni indici caratteristici relativi all'unità immobiliare, all'edificio ed all'isolato. (orientamento, modalità aggregativa, tipologia, ecc. - WP. 9, 10 - OB. 03 - capitolo 6.6); dall'altra, la possibilità di elaborare scenari futuri, di evidenziare priorità di intervento ed in particolare di quantificare le possibilità effettive di risparmio (WP. 11 - OB. 04 - capitolo 7.x). In questo senso si desidera tornare a sottolineare che l'intero lavoro di ricerca è principalmente volto ad una corretta formalizzazione dell'esigenza (in questo caso di miglioramento dell'efficienza energetica), tenendo conto di ciò che l'edilizia storica pre-industriale è in grado di offrire, e del rapporto costi / benefici relativo alle diverse categorie di intervento. La definizione dell'ambito di analisi e delle problematiche connesse con le attuali tendenze negli interventi di riqualificazione dell'edilizia pre-industriale, con particolare riferimento

all'efficienza energetica, comportano, come si è già detto, la necessità di ridefinire con chiarezza gli obiettivi a carattere generale che si vogliono attuare ed un approccio metodologico specifico per tale campo dell'edilizia esistente.

Come già precisato, la normativa tecnica di riferimento per il calcolo della prestazione energetica degli edifici è la UNI EN ISO 13790:2008.¹ Questa individua tre metodi di calcolo:

- metodo quasi - statico su base mensile (simplified methods), o anche su base stagionale (che è quello adottato in Italia con le norme UNI/TS 11300), si riferisce alle condizioni medie al contorno e le considera quali variabili in continuità, entro periodi ampi di tempo;
- metodo dinamico su base oraria (detailed methods); valuta il comportamento energetico in base alle variazioni istantanee che si presentano nel corso della giornata, delle stagioni e dell'annualità, in relazione alle modalità d'uso;
- metodo di calcolo dettagliato, attraverso l'uso di strumenti di simulazione informatica (Virtual Environment).

6.1.2. Metodologia di calcolo prevista dalla UNI/TS 11300.

L'Italia, come già detto, per la redazione degli Attestati di Qualificazione Energetica e degli Attestati di Certificazione Energetica, ha adottato, con il DPR 59/2009, il metodo di calcolo statico su base mensile ed ha elaborato, a partire dalla normativa UNI EN ISO 13790, adattata al territorio italiano, la "UNI/TS 11300 - Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale" e la "UNI/TS 11300 - 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".

Attualmente, la procedura di calcolo dell'indice di prestazione energetica (EP) prevista nell'Allegato C del D.Lgs. 192/2005, così come modificato dal D.Lgs. 311/2006, impone:

- 1.1) la valutazione del fabbisogno di energia termica utile per il riscaldamento invernale ed il raffrescamento estivo (UNI/TS 11300 - Parte 1);
- 1.2) la valutazione del fabbisogno energia termica utile per la produzione di acqua calda sanitaria (UNI/TS 11300 - Parte 2);
- 2) la determinazione del fabbisogno di energia primaria per il solo riscaldamento invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria (tenendo conto del rendimento dell'impianto e delle perdite dei diversi sottosistemi dovuti alla diversa tipologia di

¹ UNI EN 13790:2008 Prestazione termica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento (Energy Performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling).

terminali utilizzati per l'emissione di calore, alla rete di distribuzione, ai sistemi di regolazione ed al tipo di generatore utilizzato² (UNI/TS 11300 - Parte 2).

In estrema sintesi, il calcolo della prestazione energetica prevede quattro successive fasi di lavoro:

- 1) la definizione del contorno dell'edificio o del complesso di edifici che costituiscono l'oggetto della valutazione (boundary);
- 2) la raccolta dei dati in ingresso (geometrici, termofisici, climatici e legati alla destinazione d'uso);
- 3) il calcolo del fabbisogno di energia termica utile per il riscaldamento invernale, il raffrescamento estivo e la produzione di acqua calda sanitaria;
- 4) il calcolo del fabbisogno di energia primaria che il sistema impiantistico deve erogare per il solo riscaldamento invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.

Per la descrizione degli algoritmi di calcolo previsti si rimanda direttamente alla normativa UNI/TS 11300 - Parte 1 e Parte 2.

Le UNI/TS come strumento per il governo delle trasformazioni edilizie

Come precisato nel capitolo introduttivo al lavoro di ricerca, la Certificazione Energetica "governa" oggi le trasformazioni del parco edilizio esistente, sia in termini di mercato immobiliare, sia in termini di programmazione, progettazione e verifica degli interventi di riqualificazione energetica. La validità del metodo quasi - statico, adottato in Italia con le UNI/TS 11300, non è oggetto di discussione nell'economia del presente lavoro. Il metodo proposto per la valutazione del fabbisogno di energia termica utile per il riscaldamento invernale, il raffrescamento estivo e la produzione di acqua calda sanitaria di Sistemi Aggregati di Edilizia Pre-industriale di Base, costruito sulla base delle UNI/TS 11300, prevede alcune importanti semplificazioni (in particolare in riferimento ai dati in ingresso ed alle procedure di calcolo) finalizzate a consentire l'acquisizione speditiva delle informazioni, anche alla grande scala.

Le semplificazioni previste, puntualmente prese in esame nel capitolo 6.2, avranno come costante riferimento le stesse UNI/TS 11300. La valutazione dell'incertezza del risultato, oggetto del capitolo 6.5, sarà sempre calcolata, su base statistica, in riferimento a valutazioni effettuate seguendo scrupolosamente la stessa normativa.

In altre parole, se le semplificazioni proposte nel "metodo speditivo" mirano alla predisposizione di uno strumento snello per la programmazione e la verifica di possibili politiche energetiche (incentivi per determinate categorie di intervento, pianificazione strategica, ecc.), il riferimento dello stesso "metodo speditivo" non potrà che essere lo strumento che attualmente "governa" le trasformazioni cui le stesse politiche riferiscono.

² K. FABBRÌ, *op. cit.*, p. 21.

6.2. SEMPLIFICAZIONI INTRODOTTE NEL FOGLIO DI CALCOLO.

Nella redazione dell'Attestato di Certificazione Energetica entrano in gioco numerosi fattori quali: le dimensioni dell'immobile, la tipologia degli impianti presenti, la quantità e la qualità del materiale che il cliente mette a disposizione del certificatore. A volte, il disbrigo degli adempimenti necessari a produrre l'attestato ACE può richiedere anche diversi giorni. L'Attestato di Certificazione energetica è, infatti, un documento che va prodotto sulla base di calcoli, disegni e soprattutto sopralluoghi che richiedono una significativa quantità di tempo. Se si procede con la metodologia prevista per la redazione dell'Attestato di Certificazione anche nel caso di analisi a grande scala, l'impegno previsto per ciascuna unità immobiliare compresa nell'area oggetto di indagine, non consente tempi tecnici accettabili ai fini della ricerca. È inoltre necessario tenere presente che i Sistemi Aggregati di Edilizia Pre-industriale di Base in esame, sono costituiti da edifici ed unità immobiliari sempre diversi tra loro. Non è quindi quasi mai possibile estendere lo studio di un'unità abitativa ad altre unità abitative.

Il "metodo speditivo" proposto si pone l'obiettivo specifico di quantificare il fabbisogno di energia termica utile per il solo riscaldamento invernale (Q_H espresso in kWh), del fabbisogno di energia primaria ($Q_{p,h}$ espresso in kWh) e del relativo indice di prestazione energetica ($EP_{i,INV}$ espresso in kWh/m²-anno), senza dover necessariamente entrare all'interno delle singole unità immobiliari. L'estrema difficoltà di accesso alle unità abitative, altresì riscontrata in altre esperienze simili (si veda il capitolo 3.2), impone un limite invalicabile alla possibilità di analisi ma d'altra parte diventa lo stimolante obiettivo della semplificazione introdotta dal foglio di calcolo elaborato sulla base delle UNI/TS 11300.

Chiarito il limite, nel seguente paragrafo, s'individuano uno per uno i dati in ingresso, le modalità di acquisizione delle informazioni e le relative semplificazioni introdotte rispetto alla UNI/TS 11300.

6.2.1. DATI IN INGRESSO.

DEFINIZIONE DELL'AMBIENTE CLIMATIZZATO

[Riferimento UNI/TS 11300 - Parte 1]

La valutazione della prestazione energetica è relativa ai soli "ambienti climatizzati". Con il termine climatizzato si intende un ambiente servito da un impianto che consente di controllare i parametri di comfort termo-igrometrico: riscaldamento, raffrescamento e ventilazione dell'ambiente stesso. L'ambiente climatizzato comprende tutti gli spazi fisici nei quali devono essere mantenute precise condizioni di set-point interno.

L'intera valutazione è di fatto riferita alle caratteristiche geometriche dell'ambiente climatizzato (area, volume lordo e superficie disperdente).

All'interno dell'ambiente climatizzato la norma prevede la possibile esistenza di una o più "zone termiche" individuabili come frazioni dell'ambiente climatizzato mantenute a temperatura uniforme attraverso lo stesso impianto di riscaldamento, raffrescamento e ventilazione. A titolo esemplificativo nel caso di una palazzina con più unità abitative, servita da un unico impianto di riscaldamento, la palazzina costituisce l'ambiente climatizzato e ciascuna unità abitativa, o parte di essa, può rappresentare la singola zona termica.

L'ambiente climatizzato può confinare con l'esterno, con ambienti non climatizzati e/o con altri ambienti climatizzati con differenti condizioni di set-point interno.

SEMPLIFICAZIONE

Tenuto conto del limite alla fruibilità delle singole unità immobiliari (si veda il paragrafo precedente), e delle puntuali osservazioni estese all'intera realtà abitativa degli aggregati oggetto di indagine (si veda il capitolo precedente), si ritiene possibile imporre al metodo speditivo in studio la coincidenza tra unità immobiliare, ambiente climatizzato e zona termica. In altre parole l'intera valutazione è di fatto riferita alle caratteristiche geometriche dell'unità immobiliare (area climatizzata, volume lordo, volume netto e superficie disperdente).

Inoltre, non essendo possibile verificare su basi oggettive la presenza dell'impianto di riscaldamento per tutte le unità immobiliari comprese nell'ambito di indagine, e non essendo altresì un aspetto significativo ai fini della ricerca - che ricordiamo essere finalizzata all'individuazione ed alla verifica di possibili politiche energetiche - si considerano climatizzate tutte le unità rientranti nelle categorie catastali individuate in nero nella tabella sottostante.

ID	CATEGORIA CATASTALE
1	A/01 - Abitazioni di tipo signorile
2	A/02 - Abitazioni di tipo civile
3	A/03 - Abitazioni di tipo economico
4	A/04 - Abitazioni di tipo popolare
5	A/05 - Abitazioni di tipo ultrapopolare
6	A/06 - Abitazioni di tipo rurale
7	A/07 - Abitazioni in villini
8	A/08 - Abitazioni in ville
9	A/09 - Castelli, palazzi di eminenti pregi artistici o storici
10	A/10 - Uffici e studi privati
11	A/11 - Abitazioni ed alloggi tipici dei luoghi
12	B/01 - Collegi e convitti, educandati; ricoveri; orfanotrofi; ospizi; conventi; seminari; caserme
13	B/02 - Case di cura ed ospedali (senza fine di lucro)
14	B/03 - Prigioni e riformatori
15	B/04 - Uffici pubblici
16	B/05 - Scuole e laboratori scientifici
17	B/06 - Biblioteche, pinacoteche, musei, gallerie, accademie che non hanno sede in edifici della categoria A/9

ID	CATEGORIA CATASTALE
18	B/07 - Cappelle ed oratori non destinati all'esercizio pubblico del culto
19	B/08 - Magazzini sotterranei per depositi di derrate
20	C/01 - Negozi e botteghe
21	C/02 - Magazzini e locali di deposito
22	C/03 - Laboratori per arti e mestieri
23	C/04 - Fabbricati e locali per esercizi sportivi (senza fine di lucro)
24	C/05 - Stabilimenti balneari e di acque curative (senza fine di lucro)
25	C/06 - Stalle, scuderie, rimesse, autorimesse (senza fine di lucro)
26	C/07 - Tettoie chiuse od aperte
27	D/01 - Opifici
28	D/02 - Alberghi e pensioni (con fine di lucro)
29	D/03 - Teatri, cinematografi, sale per concerti e spettacoli e simili (con fine di lucro)
30	D/04 - Case di cura ed ospedali (con fine di lucro)
31	D/05 - Istituti di credito, cambio e assicurazione (con fine di lucro)
32	D/06 - Fabbricati e locali per esercizi sportivi (con fine di lucro)
33	D/07 - Fabbricati costruiti o adattati per le speciali esigenze di un'attività industriale e non suscettibili di destinazione diversa senza radicali trasformazioni
34	D/08 - Fabbricati costruiti o adattati per le speciali esigenze di un'attività commerciale e non suscettibili di destinazione diversa senza radicali trasformazioni
35	D/09 - Edifici galleggianti o sospesi assicurati a punti fissi del suolo, ponti privati soggetti a pedaggio
36	D/10 - Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole
37	E/01 - Stazioni per servizi di trasporto, terrestri, marittimi ed aerei
38	E/02 - Ponti comunali e provinciali soggetti a pedaggio
39	E/03 - Costruzioni e fabbricati per speciali esigenze pubbliche
40	E/04 - Recinti chiusi per speciali esigenze pubbliche
41	E/05 - Fabbricati costituenti fortificazioni e loro dipendenze
42	E/06 - Fari, semafori, torri per rendere d'uso pubblico l'orologio comunale
43	E/07 - Fabbricati destinati all'esercizio pubblico dei culti
44	E/08 - Fabbricati e costruzioni nei cimiteri, esclusi i colombari, i sepolcri e le tombe di famiglia
45	E/09 - Edifici a destinazione particolare non compresi nelle categorie precedenti del gruppo E

DATI GEOMETRICI DELL'AMBIENTE CLIMATIZZATO

[Riferimento UNI/TS 11300 - Parte 1]

Il calcolo della prestazione energetica è dunque riferito all'ambiente climatizzato. Ai fini del calcolo l'ambiente è geometricamente caratterizzato dal volume lordo (V_L), dal volume netto (V_N), dalla superficie utile (S_N), dalla superficie dell'involucro (S), dalla tipologia e dalla lunghezza dei ponti termici, dall'orientamento ed infine dalle caratteristiche geometriche di tutti gli elementi esterni che possono creare ombre sui componenti trasparenti dell'involucro stesso.

Nello specifico il volume lordo climatizzato (V_L) è il volume dell'ambiente climatizzato comprensivo del volume delle chiusure esterne o delle chiusure rivolte verso altri ambienti. Nel caso di ambienti climatizzati confinanti, il volume è misurato tenendo conto della mezzeria degli elementi divisori.

Il volume netto climatizzato (V_N) è il volume dell'ambiente climatizzato al netto delle chiusure esterne o delle chiusure rivolte verso altri ambienti.

La superficie utile (S_N) è la superficie netta del pavimento dell'ambiente climatizzato. Coincide il più delle volte con la superficie utile netta, parametro fondamentale utilizzato per riferire l'indice di prestazione energetica EP all'unità di superficie ($\text{kWh/m}^2\cdot\text{anno}$).³

La superficie disperdente (S) è costituita dalla superficie esterna di tutte le chiusure che delimitano il volume lordo climatizzato. Le superfici disperdenti costituiscono il principale riferimento per il calcolo delle dispersioni per trasmissione attraverso l'involucro. Ai fini della procedura imposta dalla norma, è necessario tenere conto di tutte le superfici disperdenti verso l'esterno, verso il terreno, verso ambienti non climatizzati e verso ambienti climatizzati a temperatura inferiore di 4°K rispetto alla temperatura di set-point interno caratterizzante l'ambiente climatizzato oggetto della valutazione.

La procedura imposta dalla norma prevede inoltre la conoscenza di altre informazioni: la tipologia e la lunghezza dei ponti termici (l); l'area della superficie finestrata e del rapporto tra l'area dell'infisso e l'area della parte effettivamente trasparente (A , F_F); l'orientamento di tutte le chiusure esterne; le dimensioni e la posizione di tutti gli elementi esterni che possono creare ombre (portate) sui componenti trasparenti dell'involucro stesso (F_{sh}).

SEMPLIFICAZIONE

L'informazione geometrica costituisce la chiave del modello speditivo proposto.

Non essendo possibile, per ipotesi, fruire delle singole unità immobiliari, l'acquisizione del dato geometrico si concretizza innanzitutto nell'analisi della fonte materiale primaria costituita dal tessuto urbano e dagli organismi edilizi degli aggregati oggetto di indagine.

FASE 1:

La restituzione delle informazioni, sia in termini grafici, sia in termini di consistenza volumetrica, prevede innanzitutto la predisposizione dei seguenti elaborati:

- pianta catastale attuale: la planimetria con l'individuazione delle singole particelle catastali (riportata anche su piattaforma GIS) costituisce la base geometrica ed informativa per il riferimento dei rilievi e delle successive valutazioni. L'indicazione planimetrica della particella ed il codice dei subalterni ad essa collegati, consentono l'identificazione univoca dell'unità immobiliare (corrispondente al singolo subalterno). Essa costituisce l'unità di riferimento della procedura di valutazione. È naturalmente possibile, sulla base della valutazione della singola unità, e della relazione univoca individuata tra unità e particella, predisporre successive valutazioni in forma aggregata sia alla scala dell'organismo edilizio, (considerando l'insieme di subalterni effettivamente presenti all'interno di una particella), sia alla scala del tessuto (considerando l'insieme degli organismi edilizi presenti all'interno dell'aggregato). Le piante murarie dei piani

³ Ivi, p. 30.

terra e dei piani superiori di ciascun edificio vengono ad essa riferite per potere disporre di un filo murario univoco (Figura 39);

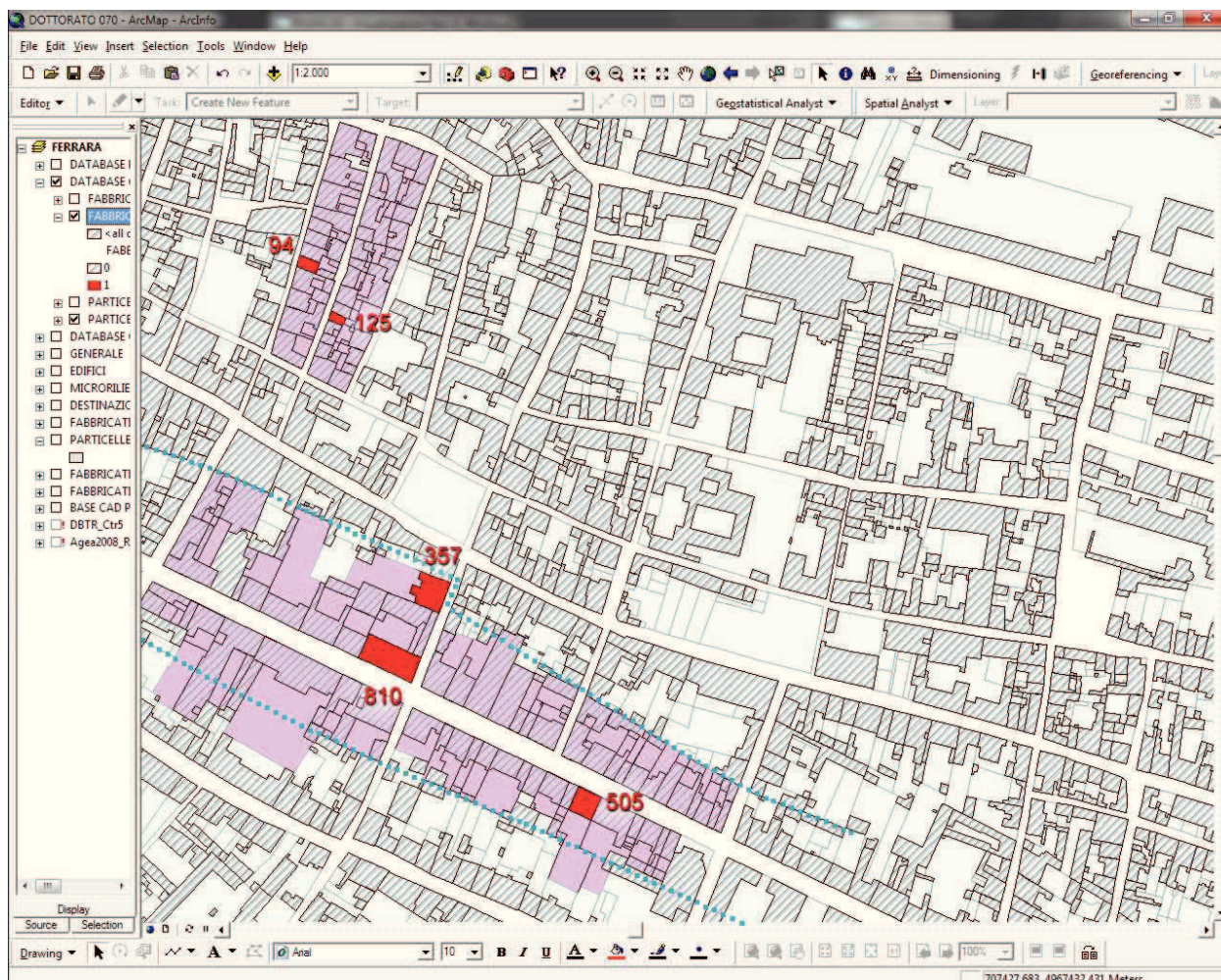


Figura 39. Pianta catastale attuale georeferenziata su piattaforma GIS. Le aree tratteggiate di colore lilla individuano gli edifici oggetto di indagine.

- pianta delle murature dei piani terra: la planimetria con l'individuazione delle piante dei piani terra, restituita in scala 1:200, è ottenuta mediante l'assemblaggio delle planimetrie catastali correnti, depositate presso l'Agenzia del Territorio di Ferrara. Lo strumento è predisposto seguendo principi grafici ormai standardizzati (evidenziazione con spessore maggiore delle murature portanti, indicazione delle bucatore, posizione delle scale e identificazione delle aree aperte). La pianta è ottenuta assemblando le planimetrie catastali delle singole unità immobiliari entro i fili murari di ciascuna particella (Figure 33 - 38). Ulteriori verifiche strumentali, nei punti ove la corrispondenza tra filo murario e filo catastale appare significativamente controversa, mirano ad assicurare un basso livello di incertezza.

- piante dei piani superiori: le piante dei piani superiori redatte per ogni unità immobiliare, anch'esse restituite in scala 1:200, sono ottenute mediante l'assemblaggio delle planimetrie catastali correnti.

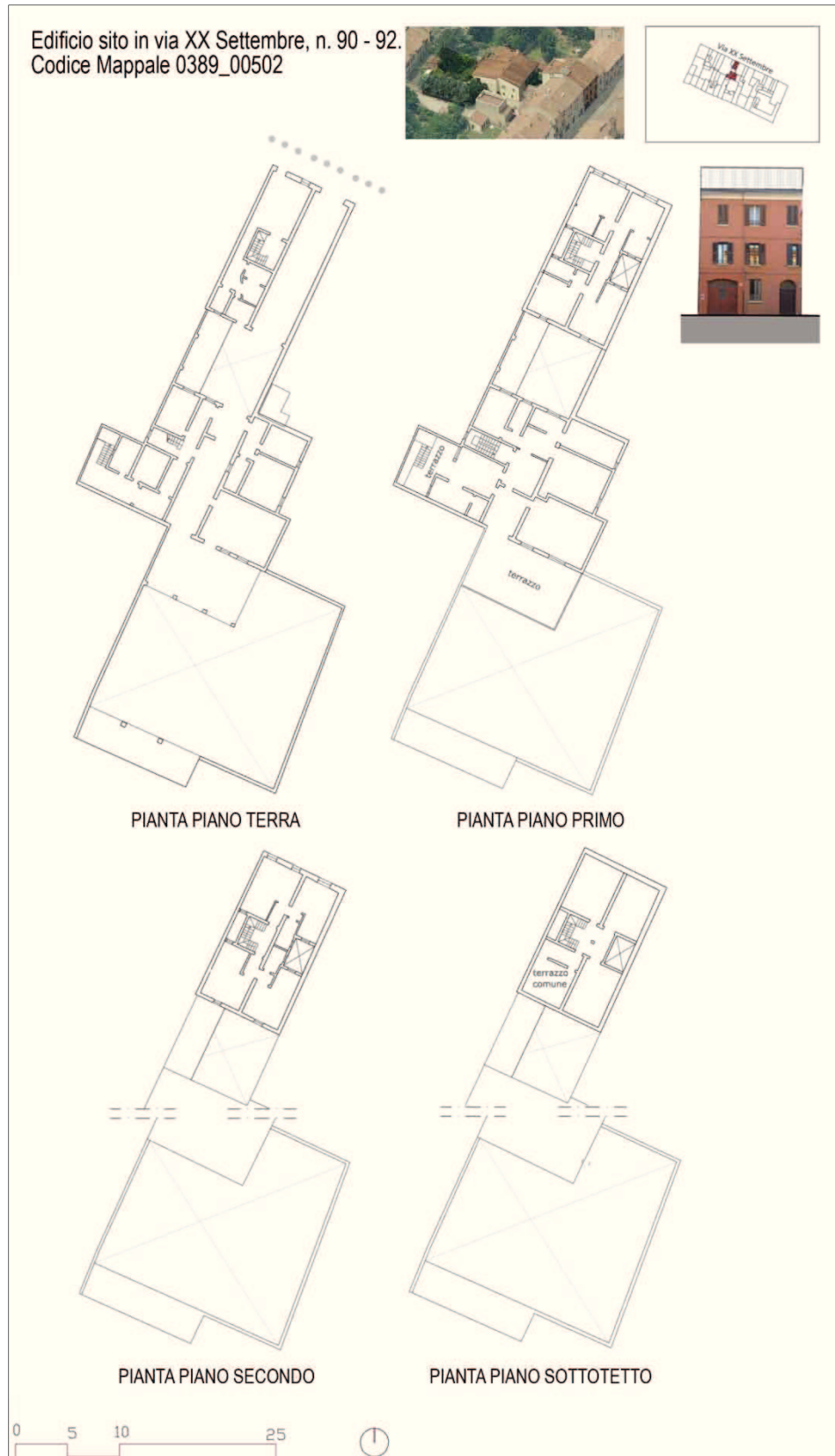


Figura 40. Pianta dei piani di ciascun edificio. Crediti: C. NARDELLI, M. TASSOTTI per la restituzione grafica dell'edificio.

Tenendo presente i caratteri costruttivi dell'edilizia pre-industriale nella quale le murature portanti, generalmente ortogonali al fronte strada, sono continue a tutti i livelli dell'edificio, il riferimento per la restituzione è costituito dai fili murari delle strutture individuate nella pianta dei piani terra (Figura 40).

- rilievo e restituzione grafica dei fronti: gli alzati, restituiti in scala 1:200, sono predisposti tenendo conto del relativo andamento del suolo e ponendo particolare attenzione alla collocazione delle aperture esistenti (porte e finestre), alle eventuali aperture tamponate (anche solo in traccia), all'esatta localizzazione delle linee di gronda ed all'andamento delle coperture. La stragrande maggioranza dei fronti non direttamente rilevabili dalla strada è indagata con metodo diretto accedendo alla corte interna di ciascun edificio (Figure 33 - 38). I pochissimi fronti non direttamente rilevabili sono ricavati tenendo conto delle dimensioni degli edifici adiacenti o della geometria degli altri fronti dello stesso edificio e mediante l'osservazione incrociata di numerose immagini fotografiche a volo d'uccello rese disponibili dall'Ufficio Tecnico del Comune di Ferrara o scaricate dal sito www.bing.com/maps/.

- microrilievo orografico: realizzato con curve di livello ogni 20 cm. La mappa consente di mettere in relazione i percorsi e l'edificato con la morfologia del territorio. Il dato orografico, seppur micrometrico, è stato fondamentale per comprendere appieno l'organizzazione del tessuto, confermando la posizione sia delle percorrenze più antiche sia di quelle più recenti (Figura 41).

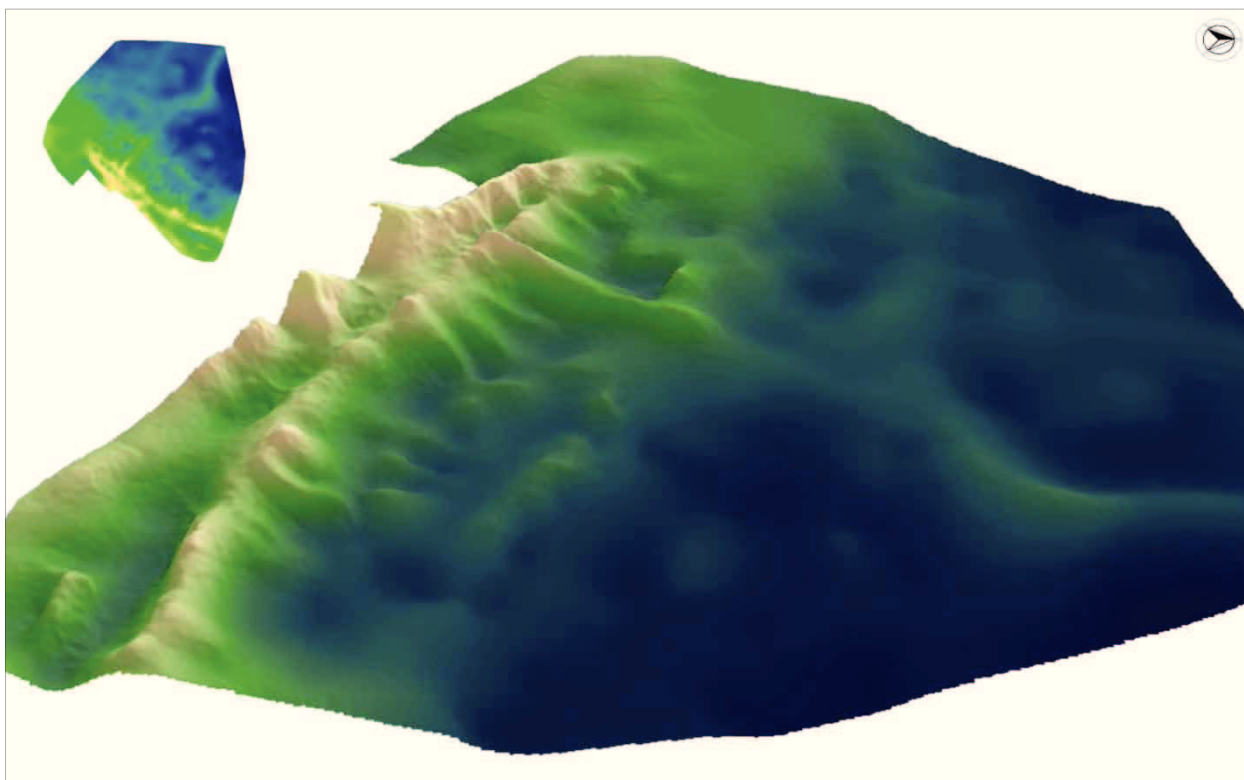
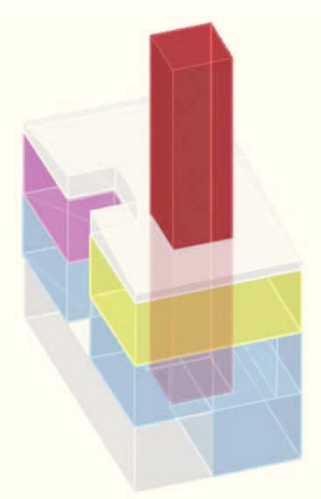


Figura 41. Microrilievo orografico georeferenziato su piattaforma GIS. L'immagine è ricavata in ArcGIS – ArcScene (ESRI) con un'esagerazione delle quote di 20X.



- schema tridimensionale con individuazione delle singole proprietà. Le importanti trasformazioni subite dal tessuto urbano e soprattutto dagli organismi edilizi lungo il corso dei secoli (si vedano i capitoli 5.1 e 5.2), portano ad un'articolazione estremamente complessa delle unità immobiliari all'interno dei singoli edifici. Sono molto frequenti unità abitative che si ramificano planimetricamente su più particelle o a diversi livelli. I fenomeni che rendono complesso l'organismo edilizio sono molteplici: dal continuo trasferimento di vani tra una proprietà e la proprietà ad essa adiacente a sopraelevazioni anche a cavallo di più particelle, dalla suddivisione degli interpiani più importanti con mezzanini, soppalchi e seminterrati a rifusioni di facciata che obliterano, in un impaginato coerente, complicate situazioni distributive.

Il modello, semplificato nelle forme ed esplicito nei colori, è realizzato con lo scopo di rendere evidenti, edificio per edificio (particella per particella), assetto proprietario, vani di distribuzione (androni in grigio, vani scale in rosso, corti interne in bianco, ecc.) e caratteri dimensionali di massima.

FASE 2:

Una volta completati gli elaborati grafici è necessario raccogliere tutte le informazioni utili all'interno di un'unica scheda organizzata per unità immobiliare (ID_F_MAP_SUB) (Figura 42). All'interno della scheda sono riportati graficamente gli elementi individuati nella tabella sottostante.

ID_F_MAP_SUB	Codice identificativo dell'unità immobiliare (subalterno).
	<u>Planimetria catastale dell'aggregato</u> con individuazione della particella interessata.
	<u>Planimetria in scala dell'intera particella al piano interessato</u> con individuazione dell'unità immobiliare in oggetto.
	<u>Schema tridimensionale</u> con individuazione dell'unità immobiliare in oggetto
PROSPETTO SU VIA ...	<u>Prospetto su fronte strada</u> con individuazione della porzione relativa all'unità immobiliare in oggetto.
SEZIONE TRASVERSALE	<u>Eventuale sezione ortogonale al fronte strada.</u>
SUPERFICIE LORDA	<u>Superficie al lordo dei muri esterni.</u> Superfici dell'ambiente climatizzato comprensive della superficie in pianta delle chiusure esterne o delle chiusure rivolte verso altri ambienti. Nel caso di ambienti climatizzati confinanti, la superficie è misurata tenendo conto della mezzeria degli elementi divisorii.
SUP LAT NORD	<u>Superfici disperdenti verso l'esterno orientate a nord.</u> Ai fini della procedura speditiva non è necessario tenere conto delle superfici disperdenti verso ambienti interni non climatizzati (androni, vani scale, ecc.) o climatizzati ma con temperature di set-point inferiori a quelle dell'unità immobiliare in oggetto. Si affiancano con colore diverso tutte le bucatore (vani porta e vani finestra).
SUP LAT EST	<u>Superfici disperdenti verso l'esterno orientate a est.</u>
SUP LAT SUD	<u>Superfici disperdenti verso l'esterno orientate a sud.</u>
SUP LAT OVEST	<u>Superfici disperdenti verso l'esterno orientate a ovest.</u>

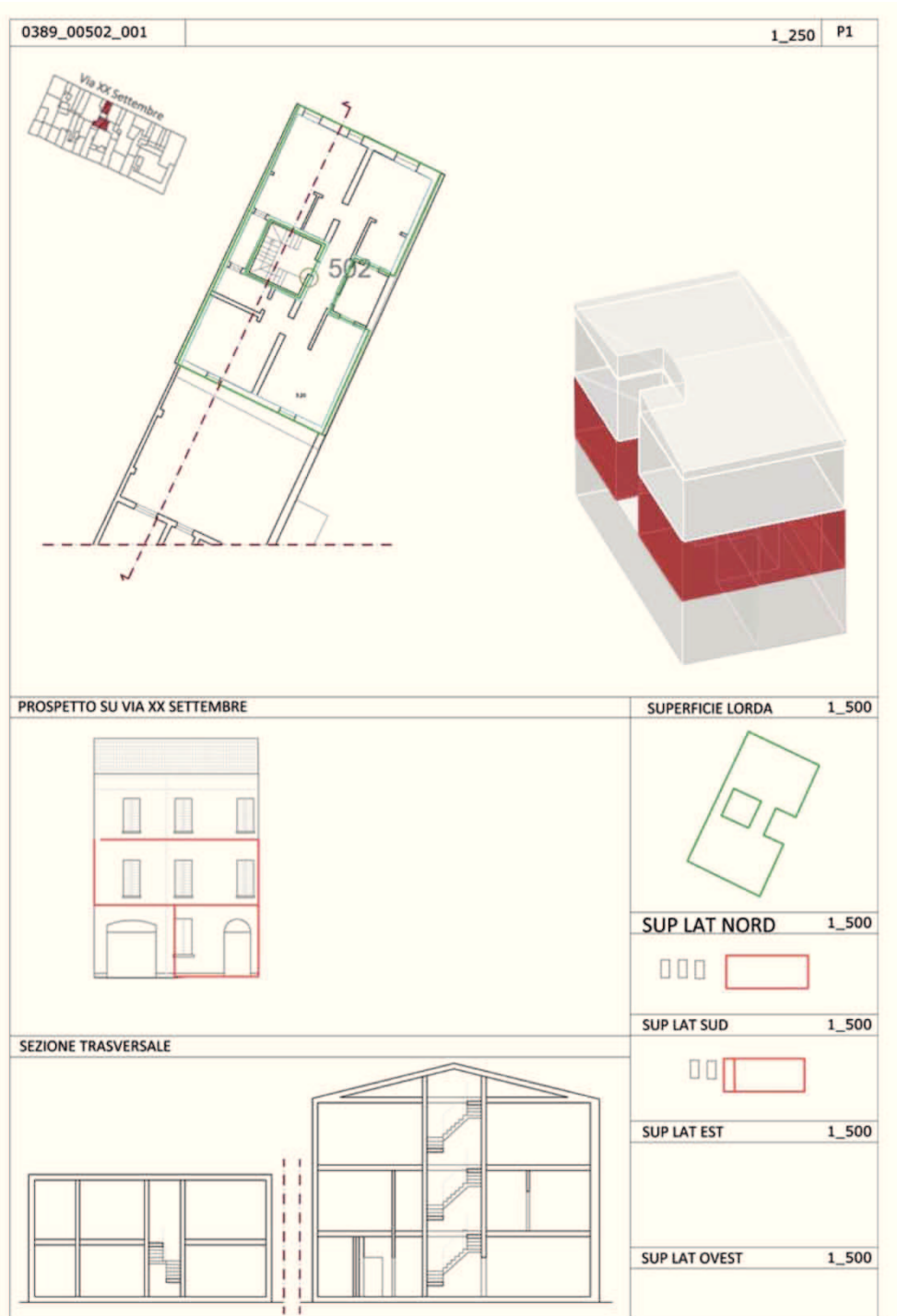


Figura 42. Scheda catalografica esemplificativa organizzata per unità immobiliare.

FASE 3:

Sulla base della scheda sono ricavate tutte le informazioni di carattere geometrico necessarie ad implementare la procedura (perimetri, altezze, superfici, volumi, ecc.). I valori sono successivamente inseriti all'interno di una banca dati costruita su piattaforma Microsoft Access e sempre organizzata per unità immobiliare (ID_F_MAP_SUB). La banca dati prevede numerose chiavi di relazione finalizzate a consentire l'aggregazione delle informazioni a diverse scale di lettura: dall'edificio inteso come particella catastale

(ID_F_MAP), all'edificio inteso come numero civico (STRADA, CIV, CIV_SUB), alla categoria catastale (CATEGORIA CATASTALE), finanche all'aggregato. L'inserimento delle componenti alfanumeriche è agevolato da una specifica interfaccia - maschera - caratterizzata dalla sistematizzazione delle variabili da inserire in classi omogenee e dall'utilizzo di liste predefinite di valori (DESTINAZIONE D'USO, PIANO, PIANO SIGNIFICATIVO, ecc.). La compilazione è successivamente integrata con l'acquisizione digitale ed il collegamento URL - inserito direttamente nella banca dati - sia della documentazione catastale (planimetria catastale di ciascuna unità immobiliare) che dalla documentazione fotografica. (Tabella 15):

ID		CODICE IDENTIFICATIVO AUTOMATICO.
CATEGORIA CATASTALE		Indicazione estesa della categoria catastale.
FOGLIO_N		Indicazione del numero di foglio catastale.
M_N		Indicazione del numero di particella catastale (mappale).
SUB_N		Indicazione del numero di subalterno. Il campo assume valore 0 dove non esiste il subalterno.
ID_F_MAP		Codice identificativo della particella catastale (mappale).
ID_F_MAP_SUB		Codice identificativo dell'unità immobiliare (subalterno).
DATA_CATASTINO		Indicazione dell'anno in cui è stata compilata la planimetria catastale.
CIV		Indicazione del numero civico.
CIV_SUB		Specificazione del numero civico. Il campo assume valore 0 dove non esiste la specifica.
STRADA		Indicazione estesa della via.
DESTINAZIONE D'USO		Indicazione della destinazione d'uso. RESIDENZIALE (RISCALDATO) RESIDENZIALE (NON RISCALDATO) COMMERCIALE (RISCALDATO) COMMERCIALE (NON RISCALDATO) TERZIARIO (RISCALDATO) TERZIARIO (NON RISCALDATO) INDUSTRIALE (RISCALDATO) INDUSTRIALE (NON RISCALDATO) AGRICOLO (RISCALDATO) AGRICOLO (NON RISCALDATO)
PIANO		Indicazione dei livelli occupati dall'unità immobiliare e dai vani di distribuzione per poterla raggiungere (androni, vani scale).
PIANO_SIGNIFICATIVO		Indicazione dei livelli effettivamente occupati dalla sola unità immobiliare.
VANI_CAT		Indicazione del numero di vani catastali così come indicato nella planimetria catastale.
A_SUN	(m ²)	(S _N) Superficie netta del pavimento dell'ambiente climatizzato. L'area climatizzata coincide con la superficie utile netta, parametro utilizzato per riferire l'indice di prestazione energetica EP all'unità di superficie.
B_VL	(m ³)	(V _L) Volume dell'ambiente climatizzato comprensivo del volume delle chiusure esterne e/o delle chiusure rivolte verso altri ambienti.
C_VN	(m ³)	(V _N) Volume dell'ambiente climatizzato al netto delle chiusure esterne e/o delle chiusure rivolte verso altri ambienti.
D_PPT	(m)	Stima della lunghezza dei ponti termici.
D_PP	(m)	Perimetro dell'attacco a terra.
D_SP	(m ²)	Superficie lorda dell'attacco a terra.
E_Cop	(m ²)	Superficie lorda della porzione di copertura direttamente a contatto con l'ambiente climatizzato.

E_Cop COMPLETA	(m ²)	Superficie lorda dell'intera copertura.
F_PAR_N	(m ²)	Superficie disperdente verso l'esterno orientata a nord. Ai fini della procedura speditiva non è necessario tenere conto delle superfici disperdenti verso ambienti interni non climatizzati (androni, vani scale, ecc.) o climatizzati ma con temperature di set-point inferiori a quelle dell'unità immobiliare in oggetto.
F_PAR_S	(m ²)	Superficie disperdente verso l'esterno orientata a sud.
F_PAR_E	(m ²)	Superficie disperdente verso l'esterno orientata a est.
F_PAR_W	(m ²)	Superficie disperdente verso l'esterno orientata a ovest.
G_FIN_N	(m ²)	Superficie finestrata orientata a nord. Si considerano i vani porta e i vani finestra direttamente a contatto con l'ambiente climatizzato.
G_FIN_S	(m ²)	Superficie finestrata orientata a sud.
G_FIN_E	(m ²)	Superficie finestrata orientata a est.
G_FIN_W	(m ²)	Superficie finestrata orientata a ovest.
G_FIN_Z	(m ²)	Superficie finestrata orizzontale (in copertura).
ALTEZZA NETTA	(m)	Altezza netta media dell'unità immobiliare (interpiano).
Campo1	(m ²)	Superficie lorda della pianta del fabbricato (mappa catastale).
Campo2	(m ²)	Superficie della particella (mappa catastale).
Campo3	(m)	Altezza del fabbricato alla linea di gronda.

I singoli campi chiariscono immediatamente alcune semplificazioni nella raccolta delle informazioni geometriche per la compilazione del "metodo speditivo" rispetto alla procedura prevista dalla norma UNI/TS 11300. Sono acquisiti i valori maggiormente significativi che caratterizzano l'ambiente climatizzato: volume lordo (V_L), volume netto (V_N) e superficie utile (S_N).

Sono considerate disperdenti solo le superfici dell'ambiente climatizzato direttamente a contatto con l'ambiente esterno (chiusure opache e/o trasparenti, verticali e/o orizzontali), e quelle a contatto con il terreno (chiusure orizzontali). Viceversa non sono considerate disperdenti le superfici verso ambienti interni non climatizzati (androni, vani scale, ecc.) o climatizzati ma con temperature di set-point inferiori a quelle dell'unità immobiliare in oggetto (incidenza errore: media). Ogni superficie, sia essa opaca, sia essa trasparente, è acquisita tenendo conto dell'orientamento che la caratterizza.

Per gli edifici esistenti, in assenza di informazioni attendibili e solo limitatamente ad alcune tipologie di chiusure verticali, la procedura imposta dalla norma UNI/TS 11300 consente il calcolo delle dispersioni dei ponti termici incrementando la dispersione per trasmissione della chiusura verticale (W/K) in funzione del sistema costruttivo con percentuali variabili tra il 5% ed il 30%. Le maggiorazioni tengono in considerazione anche i ponti termici relativi ai serramenti. Per chiusure verticali caratterizzate da "parete omogenea in mattoni pieni o in pietra (senza isolante)"⁴ la norma individua un incremento percentuale pari al 5% che nella procedura proposta è raddoppiato in

⁴ UNI/TS 11300 - Parte 1°, p. 16.

funzione della presenza di infissi generalmente molto scadenti (serramenti in alluminio senza taglio termico). L'incremento medio del 10% è stato inoltre verificato sulla base di una valutazione effettuata su alcune unità immobiliari scelte a campione e riportate in [Figura 39](#) e [Tabella 16](#) (si veda a questo proposito il capitolo 6.5), per le quali sono state calcolate le dispersioni effettive dovute ai ponti termici (W/K) sulla base dei coefficienti di trasmissione termica lineica previsti dalla norma UNI 14683⁵, della trasmittanza caratteristica del componente e della lunghezza del ponte stesso (incidenza errore: bassa).

Tenendo presente sia la significativa eterogeneità di chiusure oscuranti esterne presenti all'interno dell'ambito urbano considerato (tende, infissi in alluminio, tapparelle in plastica, persiane in legno), sia le numerose unità abitative assolutamente prive di elementi esterni a favore di sistemi schermanti interni (tende, scuretti, ecc.), non sono computati gli apporti termici dovuti alla presenza di elementi oscuranti (persiane, scuri, tapparelle, ecc.) che, se chiusi durante il periodo notturno, contribuirebbero, anche se di poco, a diminuire la trasmittanza termica della finestra (incidenza errore: bassa).

Sono inoltre escluse dalla procedura di calcolo tutte le riduzioni degli apporti solari per ombreggiatura dovute alla presenza di ostruzioni esterne, di aggetti orizzontali e di aggetti verticali (incidenza errore: bassa). È doveroso precisare che il presente discostamento (guadagno termico sovrastimato) è parzialmente compensato dal precedente discostamento (guadagno termico sottostimato).

FASE 4:

In parallelo è predisposto il sistema informativo territoriale, anche in questo caso costruito su architettura ArcGIS (ESRI). La piattaforma GIS consente, da una parte, di integrare le numerose tipologie di informazioni raccolte e successivamente elaborate con la procedura di calcolo proposta, nel tentativo di comprendere gli aspetti geometrico - morfologici che più influenzano l'indice di prestazione energetica e, dall'altra, di visualizzare geograficamente e graficamente le stesse informazioni in modo estremamente sintetico.

Le unità immobiliari considerate nella procedura di calcolo possono configurarsi sia come fabbricati isolati, sia come porzioni di complessi edilizi più articolati. In questo secondo caso è necessario identificare, individuandola su base cartografica, la particella catastale di appartenenza di ciascuna unità immobiliare.

Tabella 15. Alla pagina seguente piccolo stralcio della banca dati costruita su piattaforma Microsoft Access e sempre organizzata per unità immobiliare (ID_F_MAP_SUB).

⁵ UNI EN ISO 14683:2001 Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica – Metodi semplificati e valori di riferimento (Thermal bridges in building construction - Linear thermal transmittance - Simplified methods and default values).

Essendo impossibile una rappresentazione planimetrica di tutte le unità immobiliari (spesso sovrapposte o parzialmente sovrapposte), le informazioni relative a ciascuna unità immobiliare sono aggregate per particella catastale - polygon - sulla base della chiave di relazione ID_F_MAP, ovvero per numero civico - point - sulla base della chiave (STRADA, CIV, CIV_SUB) precedentemente assegnata su piattaforma Microsoft Access.

DATI TERMOFISICI DELL'AMBIENTE CLIMATIZZATO

[Riferimento UNI/TS 11300 - Parte 1]

Le caratteristiche dei materiali e degli elementi costruttivi determinano il comportamento dell'involucro - gli scambi energetici - con l'ambiente esterno⁶.

Il calcolo della prestazione energetica, sempre riferito all'ambiente climatizzato, considera: le dispersioni termiche attraverso l'involucro per trasmissione e per ventilazione degli ambienti, gli apporti termici dovuti alla radiazione solare e alla presenza di fonti energetiche interne (elettrodomestici, sistemi di illuminazione, ecc.).

Per il calcolo delle dispersioni e degli apporti termici è necessario conoscere le caratteristiche dei materiali e degli elementi tecnici. I dati termofisici in ingresso previsti dalla norma UNI/TS 11300 sono i coefficienti di scambio termico per trasmissione (H_T) e per ventilazione (H_V), la capacità termica areica dei componenti della struttura edilizia (c), il fattore solare dei componenti trasparenti (g_{gl}) e dei componenti opachi (α), i fattori di riduzione degli apporti solari dovuti alla presenza di chiusure oscuranti esterne ($F_{sh,gl}$) o di oggetti orizzontali e verticali ($F_{sh,ob}$), i fattori di riduzione degli apporti termici dovuti al telaio dei componenti trasparenti (F_T) ed infine i coefficienti di trasmissione termica lineica previsti dalla norma UNI 14683⁷ per i singoli componenti che costituiscono il ponte termico (ψ).

SEMPLIFICAZIONE

COEFFICIENTI DI SCAMBIO TERMICO PER TRASMISSIONE (H_T)

Le caratteristiche dei materiali e degli elementi tecnici definiscono l'intero sistema costruttivo che spesso costituisce l'elemento maggiormente qualificante l'edilizia pre-industriale di base. Come già evidenziato dall'Arch. Ambrogio nella lucida analisi dei fattori geometrico - costruttivi che caratterizzano l'edilizia ferrarese⁸ non si possono non osservare soluzioni tecnologiche spesso inedite e finiture sempre diverse tra loro. Diversificazioni che trovano radice nella scarsa disponibilità di materia prima (legno e pietra naturale) e che portano a varianti tecnologiche estremamente interessanti (travi

⁶ K. FABBRÌ, *op. cit.*, p. 34.

⁷ UNI EN ISO 14683:2001 Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento (Thermal bridges in building construction - Linear thermal transmittance - Simplified methods and default values).

⁸ K. AMBROGIO, *op. cit.*, p. 184.

composte, angolari in pietra naturale, intonaci a finta pietra, volte leggere, ecc.) ma che non sempre influiscono in modo significativo sulle prestazioni energetiche.

Se la caratterizzazione di queste soluzioni e della loro estrema varietà espressiva, costituisce uno dei momenti più importanti nell'intervento di miglioramento energetico⁹, nell'ambito della procedura proposta per la valutazione del fabbisogno di energia termica utile e del fabbisogno di energia primaria alla scala dell'aggregato, è necessario semplificare drasticamente i parametri termofisici in ingresso.

Con riferimento alle appendici A, B e C della norma UNI/TS 11300¹⁰ - che individuano trasmittanze termiche medie da utilizzarsi per valutazioni energetiche di edifici esistenti, quando, come nel caso in oggetto, non sia possibile effettuare una determinazione rigorosa sulla base di dati derivanti da ispezioni o da altre fonti più attendibili - la semplificazione apportata nel "metodo speditivo" prevede l'individuazione di un unico valore medio per ciascuna classe di elementi tecnici che caratterizza l'involucro (chiusure verticali opache, chiusure mobili, coperture piane e a falde, solai a terra, solai su spazi aperti...).

I valori, determinati sulla base dell'esperienza diretta e di valutazioni effettuate nell'ambito urbano oggetto di indagine, entrano quindi all'interno della procedura di calcolo per tutte le unità immobiliari.

Chiusure verticali opache

L'edilizia pre-industriale di base è caratterizzata, a Ferrara, da murature in laterizio che costituiscono la quasi totalità delle strutture portanti (generalmente ortogonali alla percorrenza), e delle chiusure verticali verso l'esterno (generalmente parallele alla percorrenza). Esse sono costituite da setti in muratura piena con spessori variabili dal piano terra all'ultimo in funzione dell'altezza dell'edificio. Generalmente sono riscontrabili murature a due/tre teste al piano terra, e murature a una/due teste all'ultimo piano. La muratura può essere finita all'esterno con intonaco di spessore 1-2 cm (oggi solitamente di recente sostituzione), ovvero, nella maggior parte dei casi, lasciata a vista con svariate soluzioni di stuccatura dei giunti. Il paramento interno è quasi sempre intonacato con malta di calce aerea o idraulica stesa in strati sottili e successivamente tinteggiati.

A causa della porosità del laterizio e della forte presenza di acqua nel terreno le murature ferraresi presentano fenomeni di risalita capillare molto importanti. Il fronte di risalita può raggiungere altezze considerevoli, anche fino a 3 mt. La forte presenza di

⁹ *Ibidem*.

¹⁰ UNI/TS 11300 - Parte 1°, APPENDICE A - DETERMINAZIONE SEMPLIFICATA DELLA TRASMITTANZA TERMICA DEI COMPONENTI OPACHI IN EDIFICI ESISTENTI, p. 29-31, APPENDICE B - ABACO DELLE STRUTTURE MURARIE UTILIZZATE IN ITALIA IN EDIFICI ESISTENTI - p. 32-43 e APPENDICE C - DETERMINAZIONE SEMPLIFICATA DELLA TRASMITTANZA TERMICA DEI COMPONENTI TRASPARENTI - p. 44-47.

umidità, da considerarsi solo nelle murature più prossime al terreno, concorre ad aumentare significativamente la trasmittanza.

Considerando uno spessore medio di 0,35 m, il valore della trasmittanza indicato nel prospetto A.1 dell'APPENDICE A - UNI/TS 11300 risulta pari a 1,56 W/(m²K). Tenendo conto della significativa percentuale di murature caratterizzate da umidità di risalita il valore indicato dalla norma viene incrementato di circa il 10%. La trasmittanza delle murature nella procedura di calcolo è quindi uguale a 1,70 W/(m²K).

L'edilizia pre-industriale di base è caratterizzata, a Ferrara, da coperture a due falde con linee di gronda parallele al fronte stradale. Se, sul piano strutturale, le varianti sono molto numerose, sul piano tecnologico il pacchetto è normalmente costituito da listelli a sostegno delle tavelle in laterizio o del tavolato ligneo e da un sottile strato di malta di calce idraulica finalizzata a migliorare l'aderenza del manto di tenuta allo scempiato di tavelle.

Le chiusure superiori rappresentano l'unità tecnologica maggiormente segnata, a partire dal secondo dopoguerra, da interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, finanche da interventi di vera e propria ristrutturazione dell'intero sistema di chiusura. Si passa dalla sostituzione dei coppi con altre tipologie di tegole (marsigliesi...) all'inserimento di uno strato di tenuta aggiuntivo (ondulina, guaina impermeabilizzante...), dall'inserimento di pannelli isolanti al di sotto dei listelli (polistirene, lana di roccia) alla realizzazione di una camera ventilata al di sotto del manto, finanche alla realizzazione di una soletta in calcestruzzo debolmente armato con funzioni consolidanti. A questa considerazione è necessario aggiungere che le abitazioni che non hanno subito importanti interventi di ristrutturazione presentano, ancora oggi, controsoffitti leggeri, realizzati il più delle volte in *camera a canne*, a separare l'ultimo livello abitabile dal sottotetto. In questa situazione, come asserito poco sopra, il vano sottotetto è considerato come ambiente interno non climatizzato pertanto, non computato all'interno della procedura di calcolo. Nei recenti interventi di ristrutturazione, invece, la massimizzazione della superficie abitabile e quindi della rendita, porta, laddove possibile, all'eliminazione dei sottotetti e dei controsoffitti contribuendo ad aumentare la cubatura disponibile ma privando le unità immobiliari più prossime alla copertura dell'importante ruolo di filtro garantito proprio da questo tipo di elementi tecnici.

Considerando uno spessore totale medio di circa 0,30 m, il valore della trasmittanza indicato nel prospetto A.4 dell'APPENDICE A - UNI/TS 11300 per il tetto in laterizio, risulta pari a 1,80 W/(m²K). Alla luce di quanto detto, tenendo conto della significativa percentuale di coperture già segnate da interventi che almeno in parte hanno contribuito ad aumentarne la resistenza termica, il valore indicato dalla norma viene ridotto di circa

*Coperture piane
e a falde*

il 10%. La trasmittanza delle coperture nella procedura di calcolo è quindi uguale a 1,60 W/(m²K).

Solai su spazi aperti

I solai su spazi aperti rappresentano una vera e propria rarità sia a Ferrara che, più in generale, negli ambiti caratterizzati da una forte prevalenza dell'edilizia pre-industriale di base. Il valore della trasmittanza è pertanto equiparato a quello dei solai a terra.

Solai a terra

Il solaio a terra, nella tradizione costruttiva ferrarese non presenta particolari soluzioni tecniche. Nonostante la forte presenza di umidità di risalita dal terreno, la prevalenza di destinazioni d'uso di tipo accessorio (cantine, magazzini...) non ha determinato lo sviluppo di soluzioni tecnologiche particolarmente efficienti (vespai, gattaiolati...). Nella quasi totalità dei casi, in particolare nell'area oggetto di studio, il livello della falda non consente la realizzazione di volumi interrati o seminterrati. Nella sostanza il pavimento del piano terra è normalmente posato su uno strato di calcestruzzo (magrone) a sua volta gettato direttamente sul terreno.

Considerando uno spessore totale medio di circa 0,35 m, il valore della trasmittanza indicato nel prospetto A.6 dell'APPENDICE A - UNI/TS 11300 per il basamento in calcestruzzo su terreno, risulta pari a 1,50 W/(m²K). La trasmittanza dei solai a terra e dei solai su spazi aperti nella procedura di calcolo è quindi uguale a 1,50 W/(m²K).

Chiusure verticali opache verso ambienti interni, solai sotto ambienti non climatizzati e su ambienti non climatizzati:

Tenendo conto che, come già sottolineato in precedenza, all'interno della procedura di calcolo non sono considerate disperdenti le superfici verso ambienti interni non climatizzati (androni, vani scale, sottotetti, ecc.) o climatizzati ma con temperature di set-point inferiori a quelle dell'unità immobiliare in oggetto, non è necessario determinare la trasmittanza delle chiusure verticali opache e dei solai verso ambienti interni (incidenza errore: media).

Concludendo, i coefficienti di scambio termico per trasmissione (H_T) degli elementi tecnici che costituiscono l'involucro dell'unità abitativa, sono calcolati con la seguente formula semplificata:

$$H_{Ti} \text{ (W/K)} = A_i \times U_i \times b_{tr}$$

dove:

- A_i è l'area dell'elemento i-esimo dell'involucro edilizio espressa in metri quadrati (m²), calcolata vuoto per pieno.

- U_i è la trasmittanza W/(m²K) dell'elemento i-esimo dell'involucro edilizio precedentemente determinata per ciascuna classe di elementi tecnici che caratterizza l'involucro.

- b_{tr} è il fattore di correzione dello scambio termico tra ambiente climatizzato e non climatizzato. È sempre uguale a 1 per tutti i componenti esterni (chiusure verticali opache, chiusure mobili, coperture piane e a falde, solai su spazi aperti) in quanto, come già detto, sono considerate disperdenti solo le superfici verso l'ambiente esterno. È

invece uguale a 0,45 per i solai a terra come indicato nel prospetto 6 della norma UNI/TS 11300. Il valore (H_T) è poi incrementato del 10% in considerazione delle dispersioni dovute ai ponti termici.

Nell'edilizia pre-industriale di base i portoni su strada non sono quasi mai parte dell'involucro dell'unità abitativa effettivamente riscaldata, ma consentono l'accesso ai vani di distribuzione delle diverse unità o delle singole parti della stessa unità presenti all'interno del medesimo edificio.

Se l'accesso su strada è generalmente individuato da un portone in legno (o in ferro), sul lato interno, soprattutto nei particolari casi dove il vano consente l'accesso diretto all'unità abitativa, troviamo un secondo serramento vetrato normalmente apribile con diverse configurazioni e, pertanto, del tutto simile alle finestre o alle porte-finestre che normalmente distribuiscono terrazze, balconi o giardini.

Anche le finestre, così come i portoni, sono state oggetto negli ultimi quattro lustri, di notevoli trasformazioni (mutazioni e sostituzioni). Oggi troviamo generalmente serramenti in legno con vetrocamera 4-6-4. Il gas presente nell'intercapedine è normalmente Argon. La dimensione del telaio è molto più importante rispetto alle esili strutture di un tempo. Prevale ancora la doppia anta, anche se, in molte sostituzioni, è stata preferita l'anta singola che consente l'inserimento di un meccanismo di apertura più complesso (apertura "a vasistas").

Considerando un vetrocamera 4-6-4 (Argon), il valore della trasmittanza indicato nel prospetto C.1 dell'APPENDICE C - UNI/TS 11300, risulta pari a 3,00 W/(m²K).

Considerando un telaio in legno duro di circa 70 mm di spessore, il valore della trasmittanza indicato nel prospetto C.2 dell'APPENDICE C - UNI/TS 11300, risulta pari a 2,10 W/(m²K).

La trasmittanza termica di finestre con percentuale dell'area di telaio pari a circa il 20% dell'area dell'intera finestra nella procedura di calcolo è quindi uguale a 3,05 W/(m²K).

ALTRI PARAMETRI TERMOFISICI IN INGRESSO

- Il coefficiente di scambio termico per ventilazione (H_V) che descrive le perdite di calore dovuta al ricambio d'aria in ciascun ambiente climatizzato (necessario per il rinnovo dell'aria viziata e per la riduzione del carico degli inquinanti negli ambienti climatizzati), è calcolato con la seguente formula:

$$H_V \text{ (W/K)} = V \times n \times \rho_a \times c_a$$

dove:

- V è il volume netto dell'ambiente climatizzato espresso in metri cubi (m³).
- n è il tasso dei ricambi d'aria che per gli edifici residenziali vale 0,3 (1/h).
- $\rho_a \times c_a$ è la capacità termica dell'aria che vale 0,34 Wh/(m³K).

*Chiusure mobili
(porte e finestre)*

- Il fattore solare dei componenti trasparenti (g_{gl}), i fattori di riduzione degli apporti solari dovuti alla presenza di chiusure oscuranti esterne ($F_{sh,gl}$) o di aggetti orizzontali e verticali ($F_{sh,ob}$) e il fattore solare dei componenti opachi (α), consentono il calcolo dell'area di captazione (per i componenti trasparenti e per i componenti opachi) e quindi degli apporti termici solari.

Il calcolo degli apporti termici consente di valutare la quantità di energia dovuta alla radiazione solare che viene trasmessa verso l'ambiente climatizzato dall'involucro, sia nel periodo estivo che nel periodo invernale. Gli apporti termici sono un fattore positivo in inverno, poiché aumentano la quantità di energia in ingresso nell'ambiente climatizzato compensando, in parte, le dispersioni termiche dall'interno verso l'esterno. Viceversa, sono un fattore negativo durante il periodo estivo e, in ogni caso, quando la quantità di energia dovuta alla radiazione solare che penetra nell'edificio aumenta la temperatura dell'ambiente climatizzato oltre i parametri di comfort, rendendo necessaria la sottrazione del calore in eccesso (raffrescamento)¹¹.

L'obiettivo della procedura di calcolo è conoscere la quantità di energia che viene trasmessa attraverso l'involucro dall'esterno verso l'ambiente interno. Nel caso di chiusure trasparenti si tratta della quantità di energia incidente direttamente trasmessa verso l'interno, nel caso di chiusure opache è necessario conoscere la quantità di energia incidente assorbita e successivamente re-irradiata.

Il fattore solare g_{gl} caratterizza il comportamento degli elementi trasparenti rispetto alla radiazione solare incidente. Considerando mediamente un vetrocamera 4-6-4 (Argon), nella procedura di calcolo è assunto il valore del fattore solare (g_{gl}) indicato per il normale doppio vetro nel prospetto 13 della UNI/TS 11300: 0,75.

Come già rilevato in precedenza, il vasto assortimento di chiusure oscuranti esterne e le numerose unità abitative che ne sono assolutamente prive, non consentono di considerare le riduzioni degli apporti solari dovuti alla presenza di elementi oscuranti (persiane, scuri, tapparelle, ecc.). Nella procedura di calcolo il fattore di riduzione degli apporti solari dovuti alla presenza di chiusure oscuranti esterne ($F_{sh,gl}$) è assunto pari a 1 (incidenza errore: bassa).

Sono inoltre escluse dalla procedura di calcolo tutte le riduzioni degli apporti solari per ombreggiatura dovute alla presenza di ostruzioni esterne, di aggetti orizzontali e di aggetti verticali. Nella procedura di calcolo il fattore di riduzione ($F_{sh,ob}$) è assunto pari a 1 (incidenza errore: bassa).

Il fattore solare α caratterizza invece il comportamento degli elementi opachi rispetto alla radiazione solare incidente. In assenza di informazioni attendibili, come previsto dalla

¹¹ K. FABBRI, *op. cit.*, p. 55.

norma, nella procedura di calcolo è assunto il valore del fattore di assorbimento solare (α) indicato per superfici esterne di colore chiaro al punto 14.2 della UNI/TS 11300: 0,30.

DATI CLIMATICI E PERIODO DI RIFERIMENTO

[Riferimento UNI/TS 11300 - Parte 1]

Definiti i parametri geometrici e termofisici di riferimento è necessario raccogliere le informazioni relative alle caratteristiche climatiche della località ed alla durata della stagione di riscaldamento e raffrescamento dell'edificio. La norma prevede un metodo di calcolo su base mensile o stagionale. I dati climatici standardizzati di riferimento per la valutazione (relativi a Ferrara) sono la temperatura media su base mensile dell'aria esterna (θ_e) e l'irradianza solare totale media sempre su base mensile, determinata sia sul piano orizzontale ($I_{sol,h}$) che sul piano verticale ($I_{sol,v}$). Tutti i valori sono riportati, per ogni provincia, nella norma UNI EN ISO 10349 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici".

La procedura di calcolo prevede inoltre l'acquisizione di altri due valori - gradigiorno e periodo di esercizio - utilizzati per la parametrizzazione dei risultati. I gradigiorno sono determinati sommando la differenza tra la temperatura media dell'aria esterna e la temperatura di set-point prevista all'interno per ogni giorno dell'anno. Il periodo di esercizio fissa, per ogni zona climatica, il funzionamento dell'impianto di riscaldamento. Entrambe i valori sono riportati nel DPR 412/1993.

SEMPLIFICAZIONE

Nessuna.

DATI CONVENZIONALI RELATIVI A UTENZA E DESTINAZIONE D'USO

[Riferimento UNI/TS 11300 - Parte 1]

Il fabbisogno di energia per il riscaldamento è dato dalla differenza tra le dispersioni termiche e gli apporti termici, moltiplicati per il fattore di utilizzazione (η_H); reciprocamente, il fabbisogno per il raffrescamento è dato dalla differenza tra gli apporti termici e le dispersioni termiche sempre moltiplicate per il fattore di utilizzazione (η_C)¹².

Il fattore di utilizzazione è un parametro che tiene conto del comportamento dinamico dell'edificio e della contemporanea presenza di scambi di calore dall'interno verso l'esterno, dovuti a dispersioni ed a ventilazione, e dall'esterno verso l'interno dovuti a radiazione solare e ad apporti interni.

La norma UNI/TS 11300 prevede che nella valutazione di progetto o nella valutazione standard, i dati relativi alle modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio si riferiscano ad un'utenza convenzionale.

SEMPLIFICAZIONE

Nessuna.

¹² Ivi, p. 66.

6.2.2. METODO DI CALCOLO.

FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA UTILE PER IL SOLO RISCALDAMENTO

[Riferimento UNI/TS 11300 - Parte 1 e Parte 2]

Il fabbisogno di energia termica utile dell'unità abitativa è calcolato in funzione dei dati in ingresso che si riferiscono all'ambiente climatizzato (geometrici e termofisici) ed alle condizioni climatiche della località dove l'unità abitativa è ubicata. Il risultato della procedura di calcolo prevista dalla norma UNI/TS 11300 - Parte 1, determinato su base mensile, esprime la quantità di energia di cui necessita l'unità abitativa per garantire le condizioni di comfort fissate dai set-point interni in inverno (Q_H espresso in kWh) e in estate (Q_C espresso in kWh). Il risultato di tale procedura è a sua volta il dato in ingresso per il calcolo dell'energia erogata dal sistema impiantistico per il riscaldamento invernale ed il raffrescamento estivo, del fabbisogno di energia primaria per il solo riscaldamento ($Q_{p,h}$ espresso in kWh) e del relativo indice di prestazione energetica ($EP_{i,INV}$ espresso in kWh/m²·anno)¹³.

SEMPLIFICAZIONE

Il "metodo speditivo" proposto, ricalcando nella sostanza le modalità di calcolo previste dalla norma, sulla base delle semplificazioni ai dati in ingresso precedentemente precisate, arriva alla determinazione del fabbisogno di energia termica utile per il solo riscaldamento invernale (Q_H espresso in kWh), del fabbisogno di energia primaria ($Q_{p,h}$ espresso in kWh) e del relativo indice di prestazione energetica ($EP_{i,INV}$ espresso in kWh/m²·anno), per ogni singola unità immobiliare (453 unità analizzate, 364 unità effettivamente riscaldate).

A differenza di quanto previsto dalla norma UNI/TS 11300 - Parte 2, la procedura di calcolo del fabbisogno di energia termica utile esclude il contributo dell'extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste (incidenza errore: quasi nulla).

Inoltre, nel calcolo degli apporti termici interni e degli apporti termici solari, in coerenza con quanto previsto per il calcolo delle dispersioni verso ambienti interni non climatizzati o climatizzati ma con temperature di set-point inferiori a quelle dell'unità immobiliare oggetto della valutazione, non sono considerati, rispettivamente, il flusso di calore medio delle sorgenti interne e il flusso di calore medio della radiazione solare, provenienti dagli ambienti adiacenti. In altre parole, come non vengono computate le dispersioni se non verso l'esterno, così non vengono considerati gli apporti se non da fonte esterna (radiazione solare diretta) o da fonte interna all'ambiente climatizzato (metabolismo degli occupanti, presenza di apparecchiature elettriche, impianto di illuminazione, ecc.).

¹³ UNI/TS 11300 - Parte 2.

FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA PER IL SOLO RISCALDAMENTO

[Riferimento UNI/TS 11300 - Parte 1 e Parte 2]

Una volta calcolato il fabbisogno di energia termica utile per il solo riscaldamento invernale (Q_H espresso in kWh) per ogni unità immobiliare ricadente all'interno dei sette sistemi aggregati precedentemente individuati, si procede con il calcolo del fabbisogno di energia primaria ($Q_{p,h}$ espresso in kWh).

La quantità di energia effettivamente erogata tiene conto delle caratteristiche e dei rendimenti dei dispositivi e dei sottosistemi impiantistici per la produzione, la regolazione, la distribuzione e l'emissione di energia. Tenendo presente che la procedura semplificata, oggetto della proposta, si concentra sulla valutazione quantitativa del fabbisogno durante il periodo invernale, seguendo la norma, andrebbero calcolati tutti i rendimenti relativi ad ogni sottosistema impiantistico per ogni particolare tipologia di impianto presente in ciascuna unità immobiliare. Andrebbero quindi determinati il rendimento (e quindi le perdite) del sottosistema di emissione (radiatore, ventilconvettore, sistemi ad aria, pannelli radianti, ecc.), del sottosistema di distribuzione (rete idraulica o aeraulica di distribuzione del fluido termoconvettore), del sottosistema di regolazione (termostato, temporizzatore, cronotermostato, sonda, valvola termostatica, ecc.) ed in ultimo del sottosistema di generazione (centrale termica, caldaia, ecc.). Inoltre sarebbe necessario distinguere tra sistemi di generazione per il solo riscaldamento e sistemi di generazione combinati per riscaldamento ed acqua calda sanitaria.

SEMPLIFICAZIONE

Essendo impossibile, nell'economia del "metodo speditivo" qui proposto, determinare il rendimento relativo ad ogni sottosistema per ciascuna unità immobiliare, è necessario indagare meglio le tipologie di impianto maggiormente diffuse nell'area in esame.

L'impianto a gas metano è di gran lunga prevalente, ma non deve essere totalmente esclusa la presenza, in particolari situazioni, di altre tipologie di impianto, prevalentemente ad energia elettrica. Negli ultimi anni si assiste, inoltre, ad una lenta ma costante diffusione del pavimento radiante, con serpentine mascherate al di sotto del pavimento, che consentono di rimuovere i tradizionali radiatori e di distribuire omogeneamente il calore senza provocare moti convettivi all'interno dell'ambiente climatizzato. La caldaia, ormai presente in quasi tutte le unità immobiliari, è nella stragrande maggioranza dei casi di tipo tradizionale (combinata di tipo B).

A seguito di un'attenta indagine di mercato e di una verifica su numerose unità abitative (20), nella procedura non sono stimate separatamente le perdite dei diversi sottosistemi ma viene considerato un unico valore per il rendimento medio globale stagionale dell'impianto termico ($\eta = Q_H/Q_p$) che li include tutti.

Il valore di (η), assunto ai fini del calcolo, è pari a 0,75 (75%). La stima effettuata descrive il valore medio delle valutazioni di impianti autonomi con radiatori, regolazione climatica (termostato), distribuzione al piano (a stella o ad anello) e caldaia tradizionale combinata di tipo B con buon grado di manutenzione (incidenza errore: media).

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA

L'indicatore della performance energetica previsto dal DLgs 192/2005 è l'indice di prestazione energetica EP_{tot} espresso in kWh/m²-anno (o in kWh/m³-anno per le unità immobiliari non residenziali).

Nella procedura di calcolo interessa in particolare il valore dell'indice per il solo riscaldamento invernale $EP_{i,INV}$.

SEMPLIFICAZIONE

Nessuna.

6.3. VALUTAZIONE QUANTITATIVA DEL FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA UTILE E DEL FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA DEI SISTEMI AGGREGATI INDIVIDUATI.

In brevissima sintesi, il metodo speditivo proposto per la valutazione della prestazione energetica prevede:

DATI IN INGRESSO:

- [GEOM_{XLS}^{REAL}] - Dati geometrici reali (^{REAL}) elaborati sulla base delle geometria e delle superfici di ciascuna unità immobiliare;
- [TERMO_{XLS}^{RIF}] Dati termofisici di riferimento (^{RIF}) determinati sulla base di una valutazione statistica (stima);
- [CLIMA_{XLS}^{NORM}] Dati climatici, sulla dei valori da normativa.

DATI IN USCITA:

- [Q_{H,XLS}] fabbisogno di energia termica utile in regime invernale per ogni U.I.
- [Q_{p,h,XLS}] fabbisogno di energia primaria in regime invernale per ogni U.I.
- [EP_{i,INV,XLS}] indice di prestazione energetica per il solo riscaldamento invernale per ogni U.I.

A titolo esemplificativo si riporta nella pagina a fianco il foglio di calcolo compilato per ogni unità immobiliare effettivamente riscaldata (364 su 453 analizzate).

Le informazioni in ingresso ed i dati in uscita, relativi a ciascuna unità immobiliare, confluiscono in un unico foglio di calcolo riassuntivo per ogni edificio. A sua volta, le informazioni di ogni edificio sono raggruppate per aggregato.

Non essendo possibile riportare, per ragioni di spazio, i risultati per ciascuna unità immobiliare (364), si riportano, nelle pagine a seguire, i risultati per ciascun edificio (110). In tabella è evidenziato in grigio il record corrispondente all'indice di prestazione energetica EP_{tot} previsto dal DLgs 192/2005 (indicato come EP_i).

Alla riga 57 è indicato l'indice di prestazione energetica per il solo riscaldamento invernale EP_{i,INV,XLS}.

DATI GENERALI

Table with columns: chiusura verticali opache, superficie (m2), orientamento, Finito Nord, Finito Est, Finito Sud, Finito Ovest, volume netto.

DATI CLIMATICI

Table with columns: chiusura verticali opache, superficie, orientamento, U parete, Rtot, Ra0, Ra1, Ra2, Ra3, Ra4, Ra5, Ra6, Ra7, Ra8, Ra9.

DATI DI TRASMISSIONE

Table with columns: Area Capiente, Ua (W/m2K), % Tattici su area totale, Area, Utrans (W/m2K), Atrans, Utrans (W/m2K), Utrans (W/m2K), Permetto, fattore g, fattore gmax, F, Fmax, Utrans, orientamento, TELAO (m), Fmax, For, Fce, Fct.

DATI CLIMATICI

Table with columns: GEN, FEB, MAR, APR, MAG, GIU, LUG, AGO, SET, OTT, NOV, DIC. Values for various parameters like H, T, etc.

Table with columns: Temperatura media giornaliera aria interna, Temperatura media giornaliera aria esterna, Raffrescamento sistema, etc. Values for various months and parameters.

DATI CLIMATICI

Table with columns: GEN, FEB, MAR, APR, MAG, GIU, LUG, AGO, SET, OTT, NOV, DIC. Values for various parameters like H, T, etc.

Table with columns: Temperatura media giornaliera aria interna, Temperatura media giornaliera aria esterna, Raffrescamento sistema, etc. Values for various months and parameters.

SUPERFICI OPACHE

Table with columns: C.O. - Verticali, C.O. - Orizzontali, Piani Trasparenti. Values for various parameters like U, g, gmax, F, etc.

DATI DI TRASMISSIONE

Table with columns: GEN, FEB, MAR, APR, MAG, GIU, LUG, AGO, SET, OTT, NOV, DIC. Values for various parameters like H, T, etc.

Table with columns: GEN, FEB, MAR, APR, MAG, GIU, LUG, AGO, SET, OTT, NOV, DIC. Values for various parameters like H, T, etc.

Table with columns: GEN, FEB, MAR, APR, MAG, GIU, LUG, AGO, SET, OTT, NOV, DIC. Values for various parameters like H, T, etc.

Table with columns: GEN, FEB, MAR, APR, MAG, GIU, LUG, AGO, SET, OTT, NOV, DIC. Values for various parameters like H, T, etc.

Table with columns: GEN, FEB, MAR, APR, MAG, GIU, LUG, AGO, SET, OTT, NOV, DIC. Values for various parameters like H, T, etc.

Table with columns: GEN, FEB, MAR, APR, MAG, GIU, LUG, AGO, SET, OTT, NOV, DIC. Values for various parameters like H, T, etc.

Table with columns: GEN, FEB, MAR, APR, MAG, GIU, LUG, AGO, SET, OTT, NOV, DIC. Values for various parameters like H, T, etc.

Table with columns: GEN, FEB, MAR, APR, MAG, GIU, LUG, AGO, SET, OTT, NOV, DIC. Values for various parameters like H, T, etc.

Table with columns: GEN, FEB, MAR, APR, MAG, GIU, LUG, AGO, SET, OTT, NOV, DIC. Values for various parameters like H, T, etc.

Table with columns: GEN, FEB, MAR, APR, MAG, GIU, LUG, AGO, SET, OTT, NOV, DIC. Values for various parameters like H, T, etc.

Table with columns: GEN, FEB, MAR, APR, MAG, GIU, LUG, AGO, SET, OTT, NOV, DIC. Values for various parameters like H, T, etc.

Table with columns: GEN, FEB, MAR, APR, MAG, GIU, LUG, AGO, SET, OTT, NOV, DIC. Values for various parameters like H, T, etc.

Table with columns: GEN, FEB, MAR, APR, MAG, GIU, LUG, AGO, SET, OTT, NOV, DIC. Values for various parameters like H, T, etc.

	A	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO
1											
2	CONTATORE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	ID_F_MAP	038900120	038900121	038900124	038900125	038900127	038900128	038900130	038900131	038900132	038900133
4	UNITA' IMMOBILIARI	2,00	1,00	4,00	1,00	4,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00
5											
6	Dati MAPPALE - input										
7	Sup.Utilile netta (m ²)	276,30	262,30	137,10	146,00	188,00	137,50	167,10	116,00	67,00	306,40
8	Volume lordo (m ³)	841,10	895,10	466,30	436,00	623,50	423,80	503,50	374,30	208,80	759,80
9	Volume netto (m ³)	733,70	729,10	351,10	362,10	517,30	359,30	429,70	292,00	172,60	660,20
10	Sup.Pavimento-Basamento (m ²)	120,50	108,10	39,00	57,70	88,90	41,00	64,60	60,60	39,00	0,00
11	Sup.Copertura (m ²)	134,90	27,90	52,30	61,30	45,80	41,00	60,90	0,00	0,00	174,90
12	Parete Nord (m ²)	22,20	21,50	14,70	0,00	92,10	8,10	0,00	0,00	0,00	13,70
13	Parete Est (m ²)	74,40	74,90	50,80	57,80	61,70	57,50	57,60	59,50	26,30	20,90
14	Parete Sud (m ²)	88,70	0,00	10,30	0,00	30,90	8,10	0,00	18,20	0,00	37,80
15	Parete Ovest (m ²)	37,20	79,30	35,00	32,00	43,60	43,70	32,30	31,00	26,60	44,90
16	Finestre Nord (m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	3,10
17	Finestre Est (m ²)	8,70	7,30	11,70	9,80	8,40	7,10	11,40	6,30	6,20	2,80
18	Finestre Sud (m ²)	8,80	0,00	1,20	0,00	3,30	0,00	0,00	2,00	0,00	6,10
19	Finestre Ovest (m ²)	4,50	15,30	8,30	8,90	7,20	9,60	10,10	3,10	2,90	5,20
20	Finestre Zenit (m ²)	0,00	0,00	0,00	2,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	Perimetro Pavimento a Terra (m)	71,50	42,70	28,70	32,20	66,00	26,50	37,50	41,40	25,50	0,00
22	Perimetro Pavimento Ponte Termico (m)	153,10	127,90	117,80	96,60	165,50	105,90	37,50	89,80	25,50	133,90
23	Sup.Copertura REALE (m ²)	134,90	108,00	52,30	61,30	82,70	41,00	60,90	81,70	39,00	174,90
24											
25	Dati MAPPALE - output										
26	Sup.Disperdente (m ²)	477,90	311,70	201,90	188,80	363,00	179,20	215,40	149,30	91,90	292,20
27	S/V (m-1)	0,58	0,35	0,49	0,43	0,63	0,42	0,43	0,45	0,44	0,38
28	Densità V.netto/V lordo	0,88	0,81	0,76	0,83	0,84	0,85	0,85	0,78	0,83	0,87
29	Massa (m ³)	107,40	166,00	115,20	73,90	106,20	64,50	73,80	82,30	36,20	99,60
30	Finestratura (%) - sup.disp	3,57	6,65	11,21	8,52	5,18	7,58	7,78	8,52	9,90	3,68
31	Finestratura (%) - sup.utile	8,01	8,62	15,75	14,59	11,01	12,15	12,87	9,96	13,58	5,61
32	Incidenza PontiTermici	0,32	0,41	0,74	0,51	0,47	0,59	0,17	0,67	0,28	0,46
33											
34	Area Lotto (m ²)	459,70	130,61	87,02	65,40	175,78	42,81	79,79	99,81	39,95	156,84
35	Area Lotto Coperta (m ²)	223,61	106,82	61,96	46,28	118,09	42,81	64,02	70,93	39,95	156,84
36	Sup.Lotto Climatizzata (m ²)	276,30	262,30	137,10	146,00	188,00	137,50	167,10	116,00	67,00	306,40
37	h media (m)	8,70	9,40	8,60	6,30	7,30	9,00	7,20	5,80	5,80	9,30
38	Volume Lotto lordo (m ³) - max edificabile	3.999,39	1.227,72	748,34	412,05	1.283,17	385,33	574,46	578,88	231,72	1.458,57
39	Volume Lotto lordo (m ³) - edificato	841,10	895,10	466,30	436,00	623,50	423,80	503,50	374,30	208,80	759,80
40	Area Copertura/Lotto (%)	48,64	81,79	71,21	70,76	67,18	100,00	80,24	71,07	100,00	100,00
41	Vuoto (%)	51,36	18,21	28,79	29,24	32,82	0,00	19,76	28,93	0,00	0,00
42	Area Climatizzato/Lotto (%)	60,10	200,83	157,56	223,23	106,95	321,15	209,43	116,22	167,70	195,36
43	n. Unità Immobiliari	2,00	1,00	4,00	1,00	4,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00
44	n. Mappale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
45	UI/Area Lotto	0,44	0,77	4,60	1,53	2,28	2,34	1,25	2,00	2,50	0,64
46	Edifici/Area Lotto	0,22	0,77	1,15	1,53	0,57	2,34	1,25	1,00	2,50	0,64
47	UI/Area Lotto coperta	0,89	0,94	6,46	2,16	3,39	2,34	1,56	2,82	2,50	0,64
48	Edifici/Area Lotto coperta	0,45	0,94	1,61	2,16	0,85	2,34	1,56	1,41	2,50	0,64
49	hmedia/V Lordo lotto	1,03	1,05	1,84	1,44	1,17	2,12	1,43	1,55	2,78	1,22
50											
51	Dati Energetici MAPPALE										
52	EP.termici (HERA)	0,75	0,38	2,99	0,68	2,23	0,73	0,60	1,77	1,49	0,33
53	EP.elettrici (HERA)	0,38	0,19	1,50	0,34	1,11	0,36	0,30	0,89	0,75	0,16
54	Scambi termici Qls (kWh)	51.656,44	35.328,34	25.444,99	22.182,01	40.390,41	22.010,93	25.590,50	16.166,60	10.205,78	38.295,23
55	Apporti Gratuiti Qgn(kWh)	10.223,13	9.768,60	8.100,61	6.761,94	9.187,72	6.660,99	7.965,68	4.967,41	3.665,87	6.449,35
56	En. Termica Utile Riscaldamento (kWh)	42.022,74	28.327,02	20.086,81	17.634,18	32.724,66	17.488,98	20.309,09	12.752,07	7.980,95	31.534,60
57	EPi,inv - En.Termica Utile (kWh/m ² anno)	153,43	107,99	155,55	120,78	179,83	127,19	121,54	113,01	119,12	102,92
58	En. Termica Utile Raffrescamento (kWh)	3.386,58	3.885,83	3.422,02	2.794,25	3.338,48	2.721,60	3.318,32	1.996,51	1.610,55	2.075,92
59	EPe,inv - En.Termica Utile (kWh/m ² anno)	12,33	14,81	25,25	19,14	17,84	19,79	19,86	17,18	24,04	6,78
60	Epi - En.primaria (kWh/m2anno)	204,58	143,99	207,40	161,04	239,77	169,59	162,05	150,68	158,82	137,23
61	En. primaria (kWh/anno)	56.030,33	37.769,36	26.782,41	23.512,24	43.632,89	23.318,63	27.078,79	17.002,76	10.641,26	42.046,14
62											
63	kWh.termici/Area Lotto (kWh/m ²) kWh/ettaro	4,35	15,31	22,98	30,58	11,38	46,71	25,07	20,04	50,06	12,75
64	kWh.elettrici/Area Lotto (kWh/m ²) kWh/ettaro	2,18	7,66	11,49	15,29	5,69	23,36	12,53	10,02	25,03	6,38
65	Scambi termici Qls/Area Lotto (kWh/m ²) Apporti Gratuiti Qgn/Area Lotto (kWh/m2)(kWh)	112,37	270,49	292,42	339,15	229,78	514,10	320,74	161,98	255,45	244,17
66	En.Termica Utile Riscaldamento/Area Lotto (kWh/m2)	91,41	216,88	230,84	269,62	186,17	408,48	254,54	127,77	199,76	201,07
67	En.Termica Utile Raffrescamento/Area Lotto (kWh/m2)	7,37	29,75	39,33	42,72	18,99	63,57	41,59	20,00	40,31	13,24

Miglioramento dell'efficienza energetica
in sistemi aggregati di edilizia pre-industriale di base, tra istanze conservative e prestazionali

	A	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY
1											
2	CONTATORE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
3	ID_F_MAP	038900134	038900338	038900340	038900341	038900342	038900349	038900350	038900351	038900357	038900358
4	UNITA' IMMOBILIARI	1,00	8,00	3,00	1,00	4,00	1,00	5,00	5,00	7,00	3,00
5											
6	Dati MAPPALE - input										
7	Sup.Utilile netta (m ²)	186,40	479,20	187,00	540,50	632,10	145,80	381,90	880,50	730,70	759,50
8	Volume lordo (m ³)	696,80	2.070,50	728,70	3.178,70	2.654,40	500,30	1.467,70	3.128,70	2.765,40	2.487,20
9	Volume netto (m ³)	596,50	1.614,00	579,40	3.120,10	2.095,10	389,00	1.243,10	2.489,50	2.288,90	2.107,90
10	Sup.Pavimento-Basamento (m ²)	105,60	200,70	70,50	531,60	164,10	57,00	214,70	231,30	237,15	332,50
11	Sup.Copertura (m ²)	0,00	163,70	73,80	531,60	262,50	58,10	288,90	392,40	188,70	184,90
12	Parete Nord (m ²)	19,70	10,40	0,00	0,00	87,70	44,60	105,90	218,10	59,60	170,50
13	Parete Est (m ²)	63,30	266,30	0,00	71,80	146,20	4,70	51,10	15,30	139,40	49,50
14	Parete Sud (m ²)	67,80	63,10	0,00	0,00	237,00	49,50	87,90	250,20	71,50	145,40
15	Parete Ovest (m ²)	0,00	247,20	111,30	32,20	79,40	0,00	0,00	35,00	132,30	18,60
16	Finestre Nord (m ²)	8,60	0,00	0,00	0,00	12,80	3,70	24,00	26,00	3,10	24,30
17	Finestre Est (m ²)	12,60	36,80	0,00	0,00	17,00	1,40	14,60	0,00	20,50	6,00
18	Finestre Sud (m ²)	9,20	6,20	0,00	0,00	26,50	10,80	13,20	27,20	2,50	29,50
19	Finestre Ovest (m ²)	0,00	50,80	21,70	0,00	1,60	0,00	0,00	1,90	32,60	1,80
20	Finestre Zenit (m ²)	6,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	3,60	2,60
21	Perimetro Pavimento a Terra (m)	41,40	144,20	35,50	103,30	90,50	39,20	128,80	152,10	126,40	154,70
22	Perimetro Pavimento Ponte Termico (m)	41,40	372,80	106,50	103,30	431,90	119,50	274,90	471,90	392,40	351,40
23	Sup.Copertura REALE (m ²)	105,60	218,20	73,80	531,60	262,50	58,10	288,90	392,40	234,40	365,70
24											
25	Dati MAPPALE - output										
26	Sup.Disperdente (m ²)	256,40	951,60	255,60	1.167,20	976,90	213,90	748,50	1.142,50	828,65	901,40
27	S/V (m-1)	0,37	0,48	0,40	0,37	0,48	0,43	0,48	0,34	0,39	0,40
28	Densità V.netto/V.lordo	0,86	0,79	0,77	0,98	0,76	0,78	0,85	0,79	0,81	0,85
29	Massa (m ³)	100,30	456,50	149,30	58,60	559,30	111,30	224,60	639,20	476,50	379,30
30	Finestratura (%) - sup.disp	14,20	8,82	8,72	0,00	4,94	5,85	7,82	6,08	6,49	5,99
31	Finestratura (%) - sup.utile	19,53	19,17	12,19	0,00	9,84	10,91	15,16	7,80	10,83	8,80
32	Incidenza PontiTermici	0,16	0,42	0,47	0,09	0,45	0,56	0,45	0,58	0,51	0,39
33											
34	Area Lotto (m ²)	144,65	292,64	233,50	731,37	316,80	53,07	494,38	1.397,81	932,87	592,77
35	Area Lotto Coperta (m ²)	110,29	225,36	233,50	520,59	316,80	53,07	249,27	401,88	296,72	361,66
36	Sup.Lotto Climatizzata (m ²)	186,40	479,20	187,00	540,50	632,10	145,80	381,90	880,50	730,70	759,50
37	h media (m)	7,30	10,70	9,00	3,30	10,90	7,70	8,10	10,60	8,20	8,50
38	Volume Lotto lordo (m ³) - max edificabile	1.055,91	3.131,25	2.101,47	2.413,52	3.453,10	408,65	4.004,51	14.816,77	7.649,52	5.038,55
39	Volume Lotto lordo (m ³) - edificato	696,80	2.070,50	728,70	3.178,70	2.654,40	500,30	1.467,70	3.128,70	2.765,40	2.487,20
40	Area Copertura/Lotto (%)	76,25	77,01	100,00	71,18	100,00	100,00	50,42	28,75	31,81	61,01
41	Vuoto (%)	23,75	22,99	0,00	28,82	0,00	0,00	49,58	71,25	68,19	38,99
42	Area Climatizzata/Lotto (%)	128,87	163,75	80,09	73,90	199,53	274,72	77,25	62,99	78,33	128,13
43	n.° Unità Immobiliari	1,00	8,00	3,00	1,00	4,00	1,00	5,00	5,00	7,00	3,00
44	n.° Mappale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
45	Ul/Area Lotto	0,69	2,73	1,28	0,14	1,26	1,88	1,01	0,36	0,75	0,51
46	Edifici/Area Lotto	0,69	0,34	0,43	0,14	0,32	1,88	0,20	0,07	0,11	0,17
47	Ul/Area Lotto coperta	0,91	3,55	1,28	0,19	1,26	1,88	2,01	1,24	2,36	0,83
48	Edifici/Area Lotto coperta	0,91	0,44	0,43	0,19	0,32	1,88	0,40	0,25	0,34	0,28
49	hmedia/V Lordo lotto	1,05	0,52	1,24	0,10	0,41	1,54	0,55	0,34	0,30	0,34
50											
51	Dati Energetici MAPPALE										
52	EP.termici (HERA)	0,54	2,00	1,60	0,19	1,32	0,69	2,00	1,06	1,49	0,45
53	EP.elettrici (HERA)	0,27	1,00	0,80	0,09	0,66	0,34	1,00	0,53	0,74	0,22
54	Scambi termici Qls (kWh)	30.461,22	117.608,59	30.449,56	105.758,80	117.933,70	24.565,33	82.770,14	132.294,35	98.745,59	99.353,90
55	Apporti Gratuiti Qgn(kWh)	9.949,85	38.308,04	8.447,40	2.061,49	23.908,84	5.105,23	14.722,27	19.257,70	23.809,66	18.911,25
56	En. Termica Utile Riscaldamento (kWh)	23.825,24	92.739,43	24.474,58	91.890,68	95.746,14	19.857,91	68.053,55	109.432,04	79.766,22	81.093,60
57	Epi.inv - En.Termica Utile (kWh/m ² anno)	127,82	198,77	130,98	170,01	177,55	136,20	164,80	114,98	133,36	115,62
58	En. Termica Utile Raffrescamento (kWh)	4.005,48	16.261,22	3.758,69	392,53	8.012,29	1.707,84	4.952,62	5.787,46	9.057,59	6.328,15
59	EPE.inv - En.Termica Utile (kWh/m ² anno)	21,49	32,46	20,18	0,73	12,94	11,71	14,04	8,70	15,47	8,84
60	Epi - En.primaria (kWh/m2anno)	170,42	265,02	174,64	226,68	236,73	181,60	219,73	153,30	177,81	154,16
61	En. primaria (kWh/anno)	31.766,99	123.652,58	32.632,78	122.520,91	127.661,52	26.477,22	90.738,07	145.909,38	106.354,97	108.124,80
62											
63	kWh.termici/Area Lotto (kWh/m ²)										
64	kWh.elettrici/Area Lotto (kWh/m ²)	13,83	6,83	8,57	2,73	6,31	37,69	4,05	1,43	2,14	3,37
65	Scambi termici Qls/Area Lotto (kWh/m ²)	210,59	401,89	130,41	144,60	372,27	462,87	167,42	94,64	105,85	167,61
66	Apporti Gratuiti Qgn/Area Lotto (kWh/m2)(kWh)	68,79	130,90	36,18	2,82	75,47	96,20	29,78	13,78	25,52	31,90
67	En.Termica Utile Riscaldamento/Area Lotto (kWh/m2)	164,71	316,91	104,82	125,64	302,23	374,17	137,65	78,29	85,51	136,80
68	En.Termica Utile Raffrescamento/Area Lotto (kWh/m2)	27,69	55,57	16,10	0,54	25,29	32,18	10,02	4,14	9,71	10,68

	A	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI
1											
2	CONTATORE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	ID_F_MAP	038900360	038900365	038900386	038900396	038900398	038900399	038900400	038900401	038900402	038900403
4	UNITA' IMMOBILIARI	1,00	6,00	4,00	4,00	8,00	3,00	8,00	12,00	2,00	1,00
5											
6	Dati MAPPALE - input										
7	Sup.Utile netta (m ²)	45,00	290,00	144,80	353,30	615,60	470,70	546,10	961,80	270,30	217,70
8	Volume lordo (m ³)	155,40	1.085,00	501,00	1.154,20	2.297,60	1.641,40	2.176,60	3.424,30	1.037,70	809,70
9	Volume netto (m ³)	132,70	840,00	381,70	962,30	1.897,90	1.399,60	1.817,00	2.930,90	846,50	668,60
10	Sup.Pavimento-Basamento (m ²)	0,00	127,00	58,80	138,10	190,00	139,60	95,10	221,10	46,60	74,30
11	Sup.Copertura (m ²)	0,00	0,00	58,70	148,30	19,00	32,20	210,40	279,30	119,70	78,70
12	Parete Nord (m ²)	15,30	9,00	0,00	89,40	81,70	102,30	111,80	191,60	74,00	50,00
13	Parete Est (m ²)	30,70	204,00	85,40	53,10	54,90	44,10	13,70	188,70	3,90	0,00
14	Parete Sud (m ²)	14,90	8,00	14,00	145,60	112,60	87,20	125,40	227,50	81,30	57,30
15	Parete Ovest (m ²)	30,10	164,00	136,70	40,40	178,47	44,00	13,70	55,20	50,00	6,20
16	Finestre Nord (m ²)	0,00	1,00	0,00	7,60	53,80	22,90	18,10	40,10	13,20	7,40
17	Finestre Est (m ²)	2,50	15,00	10,80	13,50	3,90	11,40	0,00	8,00	0,00	0,00
18	Finestre Sud (m ²)	0,00	1,00	0,00	22,50	25,60	23,60	25,50	89,20	16,50	11,40
19	Finestre Ovest (m ²)	1,20	23,00	9,50	0,00	15,60	0,00	0,00	0,00	2,40	0,00
20	Finestre Zenit (m ²)	0,00	0,00	0,00	2,20	0,00	0,00	14,60	27,60	0,00	0,00
21	Perimetro Pavimento a Terra (m)	0,00	91,00	60,00	72,50	124,40	87,30	44,30	68,20	41,50	44,80
22	Perimetro Pavimento Ponte Termico (m)	30,80	232,70	161,70	199,90	367,50	263,50	309,80	521,40	163,20	121,50
23	Sup.Copertura REALE (m ²)	52,70	129,00	58,70	148,30	267,80	209,50	210,40	278,70	119,70	78,70
24											
25	Dati MAPPALE - output										
26	Sup.Disperdente (m ²)	91,00	512,00	353,60	614,90	636,67	449,40	570,10	1.163,40	375,50	266,50
27	S/V (m-1)	0,59	0,51	0,91	0,51	0,37	0,31	0,30	0,29	0,42	0,33
28	Densità V.netto/V.lordo	0,85	0,77	0,76	0,83	0,82	0,85	0,82	0,84	0,81	0,83
29	Massa (m ³)	22,70	245,00	119,30	191,90	399,70	241,80	359,60	493,40	191,20	141,10
30	Finestratura (%) - sup.disp	4,07	8,02	5,10	7,91	13,16	15,99	9,97	14,27	7,07	5,45
31	Finestratura (%) - sup.utile	8,22	16,01	12,08	13,45	17,75	12,06	11,73	15,05	11,47	8,64
32	Incidenza PontiTermici	0,34	0,50	0,46	0,37	0,63	0,69	0,70	0,70	0,44	0,46
33											
34	Area Lotto (m ²)	629,00	181,25	75,78	306,56	460,48	479,41	679,13	455,93	217,28	107,50
35	Area Lotto Coperta (m ²)	629,00	119,84	75,78	166,71	265,29	247,14	679,13	455,93	108,13	72,13
36	Sup.Lotto Climatizzata (m ²)	45,00	290,00	144,80	353,30	615,60	470,70	546,10	961,80	270,30	217,70
37	h media (m)	4,00	9,10	8,50	7,80	10,30	10,80	12,50	13,50	12,30	9,70
38	Volume Lotto lordo (m ³) - max edificabile	2.516,01	1.649,40	644,12	2.391,19	4.742,92	5.177,59	8.489,09	6.155,03	2.672,59	1.042,72
39	Volume Lotto lordo (m ³) - edificato	155,40	1.085,00	501,00	1.154,20	2.297,60	1.641,40	2.176,60	3.424,30	1.037,70	809,70
40	Area Copertura/Lotto (%)	100,00	66,12	100,00	54,38	57,61	51,55	100,00	100,00	49,76	67,10
41	Vuoto (%)	0,00	33,88	0,00	45,62	42,39	48,45	0,00	0,00	50,24	32,90
42	Area Climatizzata/Lotto (%)	7,15	160,00	191,08	115,25	133,69	98,18	80,41	210,95	124,40	202,52
43	n.° Unità Immobiliari	1,00	6,00	4,00	4,00	8,00	3,00	8,00	12,00	2,00	1,00
44	n.° Mappale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
45	UI/Area Lotto	0,16	3,31	5,28	1,30	1,74	0,63	1,18	2,63	0,92	0,93
46	Edifici/Area Lotto	0,16	0,55	1,32	0,33	0,22	0,21	0,15	0,22	0,46	0,93
47	UI/Area Lotto coperta	0,16	5,01	5,28	2,40	3,02	1,21	1,18	2,63	1,85	1,39
48	Edifici/Area Lotto coperta	0,16	0,83	1,32	0,60	0,38	0,40	0,15	0,22	0,92	1,39
49	hmedia/V Lordo lotto	2,57	0,84	1,70	0,68	0,45	0,66	0,57	0,39	1,19	1,20
50											
51	Dati Energetici MAPPALE										
52	EP.termici (HERA)	2,22	2,67	3,20	1,28	2,20	0,66	1,99	1,45	0,88	0,46
53	EP.elettrici (HERA)	1,11	1,34	1,60	0,64	1,10	0,33	1,00	0,72	0,44	0,23
54	Scambi termici Qls (kWh)	11.462,81	60.192,23	40.412,74	71.100,05	88.139,64	59.615,31	74.410,84	155.835,20	48.670,03	31.310,58
55	Apporti Gratuiti Qgn(kWh)	2.737,34	18.865,39	10.538,99	16.192,93	27.264,99	16.818,49	13.011,58	40.968,34	10.059,16	5.624,61
56	En. Termica Utile Riscaldamento (kWh)	9.245,68	47.678,01	32.508,85	57.227,47	69.602,59	47.342,18	61.017,78	124.134,35	39.494,04	25.577,75
57	EPi,inv - En.Termica Utile (kWh/m ² anno)	205,46	179,29	258,83	158,72	135,26	106,26	126,65	121,27	171,55	117,49
58	En. Termica Utile Raffrescamento (kWh)	990,10	7.909,02	4.189,98	5.720,06	11.440,54	6.514,66	4.263,33	15.326,20	3.451,98	1.802,03
59	EPe,inv - En.Termica Utile (kWh/m ² anno)	22,00	31,16	27,30	17,69	23,09	14,07	7,36	15,82	13,05	8,28
60	Epi - En.primaria (kWh/m2anno)	273,95	239,06	345,10	211,62	180,34	141,68	168,86	161,69	228,73	156,65
61	En. primaria (kWh/anno)	12.327,58	63.570,68	43.345,14	76.303,29	92.803,46	63.122,91	81.357,05	165.512,47	52.658,72	34.103,66
62											
63	kWh.termici/Area Lotto (kWh/m ²)										
64	kWh.elettrici/Area Lotto (kWh/m ²)	3,18	11,03	26,39	6,52	4,34	4,17	2,94	4,39	9,20	18,61
65	Scambi termici Qls/Area Lotto (kWh/m ²)	18,22	332,09	533,30	231,93	191,41	124,35	109,57	341,80	223,99	291,27
66	Apporti Gratuiti Qgn/Area Lotto (kWh/m2)(kWh)	4,35	104,08	139,08	52,82	59,21	35,08	19,16	89,86	46,29	52,32
67	En.Termica Utile Riscaldamento/Area Lotto (kWh/m2)	14,70	263,05	429,00	186,67	151,15	98,75	89,85	272,27	181,76	237,94
68	En.Termica Utile Raffrescamento/Area Lotto (kWh/m2)	1,57	43,64	55,29	18,66	24,84	13,59	6,28	33,62	15,89	16,76

Miglioramento dell'efficienza energetica
in sistemi aggregati di edilizia pre-industriale di base, tra istanze conservative e prestazionali

	A	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS
1											
2	CONTATORE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	ID_F_MAP	038900405	038900419	038900421	038900422	038900430	038900431	038900432	038900433	038900437	038900438
4	UNITA' IMMOBILIARI	2,00	1,00	1,00	2,00	1,00	4,00	2,00	3,00	1,00	4,00
5											
6	Dati MAPPALE - input										
7	Sup.Utilite netta (m ²)	723,10	186,10	210,60	448,50	115,70	309,20	540,90	259,20	247,30	482,90
8	Volume lordo (m ³)	2.774,20	699,10	664,40	1.407,90	423,90	1.250,50	1.976,60	843,00	883,30	1.802,00
9	Volume netto (m ³)	2.270,60	622,50	554,80	1.214,10	344,80	1.045,20	1.625,90	725,60	707,80	1.538,70
10	Sup.Pavimento-Basamento (m ²)	252,90	130,50	91,90	178,40	55,10	148,80	63,90	95,90	71,20	156,00
11	Sup.Copertura (m ²)	261,70	133,90	94,20	183,30	58,40	204,10	196,50	0,00	113,60	201,30
12	Parete Nord (m ²)	152,70	0,00	36,60	113,00	9,60	45,90	129,40	52,30	67,60	104,60
13	Parete Est (m ²)	183,60	29,40	0,00	24,60	80,70	41,70	65,70	17,10	0,00	40,60
14	Parete Sud (m ²)	169,70	95,00	54,20	129,40	0,00	58,30	117,40	55,50	62,90	82,70
15	Parete Ovest (m ²)	29,60	35,50	12,50	0,00	37,80	147,70	71,40	17,10	44,20	52,10
16	Finestre Nord (m ²)	25,40	0,00	5,00	15,20	2,50	6,20	21,70	13,00	9,60	15,60
17	Finestre Est (m ²)	13,10	1,20	0,00	2,80	13,90	3,00	7,20	0,00	0,00	3,10
18	Finestre Sud (m ²)	20,60	12,20	10,50	31,10	0,00	17,00	16,30	18,10	10,30	17,90
19	Finestre Ovest (m ²)	1,00	2,40	0,00	0,00	3,40	16,50	7,70	1,70	7,10	0,80
20	Finestre Zenit (m ²)	0,00	0,00	1,00	4,00	0,80	0,00	2,00	0,00	0,00	3,90
21	Perimetro Pavimento a Terra (m)	111,00	57,00	55,80	75,90	31,80	74,90	41,30	45,40	42,80	98,40
22	Perimetro Pavimento Ponte Termico (m)	305,60	113,00	131,30	198,60	84,00	168,80	233,60	136,00	139,40	244,80
23	Sup.Copertura REALE (m ²)	261,70	133,90	94,20	183,30	58,40	204,10	196,50	0,00	113,60	201,30
24											
25	Dati MAPPALE F - output										
26	Sup.Disperdente (m ²)	1.050,20	424,30	289,40	628,70	241,60	646,50	644,30	237,90	359,50	637,30
27	S/V (m-1)	0,45	0,61	0,44	0,59	0,57	0,53	0,32	0,30	0,41	0,38
28	Densità V.netto/V.lordo	0,80	0,89	0,84	0,85	0,81	0,84	0,82	0,86	0,80	0,87
29	Massa (m ³)	503,60	76,60	109,60	193,80	79,10	205,30	350,70	117,40	175,50	263,30
30	Finestratura (%) - sup.disp	4,78	2,83	4,30	6,34	6,87	6,21	9,58	16,68	5,71	7,45
31	Finestratura (%) - sup.utile	8,38	8,49	7,83	14,55	17,80	15,96	10,65	12,65	10,92	9,65
32	Incidenza PontiTermici	0,35	0,27	0,45	0,31	0,35	0,27	0,41	0,73	0,39	0,45
33											
34	Area Lotto (m ²)	346,35	129,66	153,18	330,24	48,54	270,98	407,85	181,22	260,79	230,00
35	Area Lotto Coperta (m ²)	254,18	129,66	80,58	177,22	48,54	222,59	200,16	114,65	109,75	191,98
36	Sup.Lotto Climatizzata (m ²)	723,10	186,10	210,60	448,50	115,70	309,20	540,90	259,20	247,30	482,90
37	h media (m)	12,80	6,70	7,90	7,90	9,10	8,70	12,30	9,30	8,00	11,50
38	Volume Lotto lordo (m ³) - max edificabile	4.433,26	868,75	1.210,13	2.608,87	441,71	2.357,53	5.016,53	1.685,33	2.086,33	2.644,99
39	Volume Lotto lordo (m ³) - edificato	2.774,20	699,10	664,40	1.407,90	423,90	1.250,50	1.976,60	843,00	883,30	1.802,00
40	Area Copertura/Lotto (%)	73,39	100,00	52,61	53,66	100,00	82,14	49,08	63,27	42,08	83,47
41	Vuoto (%)	26,61	0,00	47,39	46,34	0,00	17,86	50,92	36,73	57,92	16,53
42	Area Climatizzata/Lotto (%)	208,78	143,52	137,48	135,81	238,36	114,10	132,62	143,03	94,83	209,96
43	n.° Unità Immobiliari	2,00	1,00	1,00	2,00	1,00	4,00	2,00	3,00	1,00	4,00
44	n.° Mappale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
45	UI/Area Lotto	0,58	0,77	0,65	0,61	2,06	1,48	0,49	1,66	0,38	1,74
46	Edifici/Area Lotto	0,29	0,77	0,65	0,30	2,06	0,37	0,25	0,55	0,38	0,43
47	UI/Area Lotto coperta	0,79	0,77	1,24	1,13	2,06	1,80	1,00	2,62	0,91	2,08
48	Edifici/Area Lotto coperta	0,39	0,77	1,24	0,56	2,06	0,45	0,50	0,87	0,91	0,52
49	hmedia/V Lordo lotto	0,46	0,96	1,19	0,56	2,15	0,70	0,62	1,10	0,91	0,64
50											
51	Dati Energetici MAPPALE										
52	EP.termici (HERA)	0,54	0,54	0,47	0,79	0,86	1,47	0,38	1,16	0,40	1,08
53	EP.elettrici (HERA)	0,27	0,27	0,24	0,39	0,43	0,73	0,19	0,58	0,20	0,54
54	Scambi termici Qls (kWh)	121.234,79	43.164,79	31.037,92	72.282,66	28.205,36	73.774,03	85.360,70	30.495,07	43.300,05	74.383,71
55	Apporti Gratuiti Qgn(kWh)	21.966,78	7.265,90	4.992,47	14.784,75	7.776,94	16.014,92	17.786,27	9.058,85	8.763,91	12.269,86
56	En. Termica Utile Riscaldamento (kWh)	99.393,47	35.317,77	25.504,36	58.571,83	22.625,96	59.891,71	69.444,99	23.990,88	35.233,91	61.347,00
57	EPI,inv - En.Termica Utile (kWh/m ² anno)	132,70	189,78	121,10	171,66	195,56	196,53	124,55	92,56	142,47	122,96
58	En. Termica Utile Raffrescamento (kWh)	7.172,64	2.259,05	1.552,98	4.974,98	3.109,47	5.808,93	6.313,29	3.520,74	2.962,40	4.035,27
59	EPE,inv - En.Termica Utile (kWh/m ² anno)	11,55	12,14	7,37	16,71	26,88	21,92	12,14	13,58	11,98	8,98
60	Epi - En.primaria (kWh/m2anno)	176,94	253,04	161,47	228,88	260,74	262,05	166,06	123,41	189,97	163,94
61	En. primaria (kWh/anno)	132.524,62	47.090,37	34.005,81	78.095,78	30.167,95	79.855,62	92.593,31	31.987,85	46.978,55	81.796,00
62											
63	kWh.termici/Area Lotto (kWh/m ²)										
64	kWh.elettrici/Area Lotto (kWh/m ²)	5,77	15,42	13,06	6,06	41,20	7,38	4,90	11,04	7,67	8,70
65	Scambi termici Qls/Area Lotto (kWh/m ²)	350,04	332,90	202,62	218,88	581,08	272,25	209,30	168,28	166,03	323,41
66	Apporti Gratuiti Qgn/Area Lotto (kWh/m2)(kWh)	63,42	56,04	32,59	44,77	160,22	59,10	43,61	49,99	33,61	53,35
67	En.Termica Utile Riscaldamento/Area Lotto (kWh/m2)	286,98	272,38	166,50	177,36	466,14	221,02	170,27	132,39	135,10	266,73
68	En.Termica Utile Raffrescamento/Area Lotto (kWh/m2)	20,71	17,42	10,14	15,06	64,06	21,44	15,48	19,43	11,36	17,54

	A	BT	BU	BV	BW	BX	BY	BZ	CA	CB	CC
1											
2	CONTATORE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	ID_F_MAP	038900439	038900440	038900441	038900442	038900443	038900444	038900445	038900448	038900449	038900450
4	UNITA' IMMOBILIARI	4,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	2,00	1,00	3,00	14,00
5											
6	Dati MAPPALE - input										
7	Sup.Utile netta (m ²)	410,20	166,20	283,70	198,60	221,00	265,10	325,70	131,80	491,50	2.010,20
8	Volume lordo (m ³)	1.250,00	611,10	1.003,70	722,80	841,83	900,00	1.260,30	460,40	1.489,80	6.856,10
9	Volume netto (m ³)	1.142,20	492,00	800,60	588,50	673,00	674,90	1.067,70	384,00	1.231,50	5.885,70
10	Sup.Pavimento-Basamento (m ²)	141,80	77,20	90,70	61,60	78,70	92,80	99,40	75,90	113,40	363,70
11	Sup.Copertura (m ²)	191,40	77,50	134,60	89,10	93,60	84,50	158,40	76,40	211,20	931,70
12	Parete Nord (m ²)	54,80	37,70	60,40	48,40	0,00	165,70	19,70	28,80	85,40	216,50
13	Parete Est (m ²)	15,90	18,50	0,00	7,60	133,40	62,00	97,60	0,00	43,40	295,70
14	Parete Sud (m ²)	77,50	36,50	85,40	62,40	43,30	23,60	50,00	0,00	109,10	241,90
15	Parete Ovest (m ²)	39,90	0,00	34,60	7,60	42,00	51,40	86,70	55,00	23,50	401,90
16	Finestre Nord (m ²)	6,10	4,40	11,50	8,40	0,00	26,00	2,20	5,90	17,40	43,00
17	Finestre Est (m ²)	0,00	2,10	0,00	0,00	12,90	6,50	15,80	0,00	4,60	44,80
18	Finestre Sud (m ²)	15,10	7,10	21,10	13,70	11,60	1,40	4,20	0,00	11,70	35,20
19	Finestre Ovest (m ²)	3,90	0,00	0,00	0,00	0,70	5,60	12,70	9,00	1,00	71,40
20	Finestre Zenit (m ²)	0,00	0,00	2,20	1,00	0,00	0,80	1,20	0,00	6,80	32,40
21	Perimetro Pavimento a Terra (m)	99,20	49,80	62,30	54,00	57,40	67,90	61,30	41,80	70,80	111,20
22	Perimetro Pavimento Ponte Termico (m)	280,20	120,70	167,80	166,10	150,10	215,10	154,30	83,50	197,80	811,50
23	Sup.Copertura REALE (m ²)	191,40	77,50	134,60	89,10	93,60	130,10	158,40	76,40	211,20	931,70
24											
25	Dati MAPPAIF - output										
26	Sup.Disperdente (m ²)	521,30	247,40	405,70	276,70	391,00	480,00	511,80	236,10	586,00	2.451,40
27	S/V (m-1)	0,46	0,40	0,40	0,38	0,48	0,57	0,44	0,51	0,51	0,42
28	Densità V.netto/V.lordo	0,91	0,81	0,80	0,81	0,82	0,76	0,86	0,83	0,83	0,86
29	Massa (m ³)	107,80	119,10	203,10	134,30	168,83	225,10	192,60	76,40	258,30	970,40
30	Finestratura (%) - sup.disp	4,50	4,19	6,44	6,31	8,92	8,69	5,93	4,77	7,89	9,05
31	Finestratura (%) - sup.utile	7,17	8,18	12,27	11,63	17,88	15,17	12,31	11,31	11,45	11,12
32	Incidenza PontiTermici	0,53	0,49	0,41	0,60	0,41	0,48	0,30	0,35	0,37	0,42
33											
34	Area Lotto (m ²)	276,25	134,56	211,73	127,42	83,79	153,55	188,87	115,20	343,45	1.464,06
35	Area Lotto Coperta (m ²)	194,88	79,24	133,76	92,02	83,79	127,93	123,42	73,18	227,56	905,04
36	Sup.Lotto Climatizzata (m ²)	410,20	166,20	283,70	198,60	221,00	265,10	325,70	131,80	491,50	2.010,20
37	h media (m)	9,20	6,50	9,20	12,40	8,60	9,70	9,60	6,90	7,60	9,30
38	Volume Lotto lordo (m ³) - max edificabile	2.541,48	874,64	1.947,93	1.580,05	720,58	1.489,44	1.813,16	794,90	2.610,22	13.615,76
39	Volume Lotto lordo (m ³) - edificato	1.250,00	611,10	1.003,70	722,80	841,83	900,00	1.260,30	460,40	1.489,80	6.856,10
40	Area Copertura/Lotto (%)	70,54	58,89	63,18	72,21	100,00	83,32	65,35	63,52	66,26	61,82
41	Vuoto (%)	29,46	41,11	36,82	27,79	0,00	16,68	34,65	36,48	33,74	38,18
42	Area Climatizzata/Lotto (%)	148,49	123,51	133,99	155,86	263,76	172,65	172,45	114,41	143,11	137,30
43	n.° Unità Immobiliari	4,00	1,00	1,00	1,00	3,00	5,00	2,00	1,00	3,00	14,00
44	n.° Mappale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
45	Ul/Area Lotto	1,45	0,74	0,47	0,78	3,58	3,26	1,06	0,87	0,87	0,96
46	Edifici/Area Lotto	0,36	0,74	0,47	0,78	1,19	0,65	0,53	0,87	0,29	0,07
47	Ul/Area Lotto coperta	2,05	1,26	0,75	1,09	3,58	3,91	1,62	1,37	1,32	1,55
48	Edifici/Area Lotto coperta	0,51	1,26	0,75	1,09	1,19	0,78	0,81	1,37	0,44	0,11
49	hmedia/V Lordo lotto	0,74	1,06	0,92	1,72	1,02	1,08	0,76	1,50	0,51	0,14
50											
51	Dati Energetici MAPPALE										
52	EP.termici (HERA)	1,23	0,60	0,35	0,50	2,37	2,09	0,71	0,76	0,98	0,93
53	EP.elettrici (HERA)	0,62	0,30	0,18	0,25	1,18	1,04	0,36	0,38	0,49	0,47
54	Scambi termici Qls (kWh)	57.799,80	26.842,16	48.543,60	33.394,77	45.720,23	57.410,53	61.472,02	25.281,78	69.198,47	311.785,48
55	Apporti Gratuiti Qgn(kWh)	8.906,96	4.449,32	9.798,04	6.589,73	11.088,27	11.919,09	14.429,32	4.806,79	11.392,52	69.114,52
56	En. Termica Utile Riscaldamento (kWh)	47.758,92	22.075,12	39.369,14	27.117,50	36.796,75	47.003,91	49.707,58	20.820,14	57.051,31	253.492,41
57	EPi,inv - En.Termica Utile (kWh/m ² anno)	119,07	132,82	138,77	136,54	163,87	179,18	153,46	157,97	122,91	133,62
58	En. Termica Utile Raffrescamento (kWh)	2.940,75	1.410,55	3.273,67	2.177,39	4.109,90	4.341,65	5.324,89	1.668,48	3.856,69	26.644,12
59	EPe,inv - En.Termica Utile (kWh/m ² anno)	8,88	8,49	11,54	10,96	25,58	16,10	18,13	12,66	9,53	11,90
60	Epi - En.primaria (kWh/m2anno)	158,76	177,10	185,03	182,06	218,50	238,90	204,61	210,62	163,88	178,16
61	En. primaria (kWh/anno)	63.678,56	29.433,49	52.492,18	36.156,67	49.062,33	62.671,88	66.276,78	27.760,19	76.068,41	337.989,88
62											
63	kWh.termici/Area Lotto (kWh/m ²) kWh/ettaro	7,24	14,86	9,45	15,70	23,87	13,02	10,59	17,36	5,82	1,37
64	kWh.elettrici/Area Lotto (kWh/m ²) kWh/ettaro	3,62	7,43	4,72	7,85	11,93	6,51	5,29	8,68	2,91	0,68
65	Scambi termici Qls/Area Lotto (kWh/m ²) Apporti Gratuiti Qgn/Area Lotto	209,23	199,48	229,27	262,08	545,67	373,89	325,47	219,45	201,48	212,96
66	(kWh/m2)(kWh)	32,24	33,07	46,28	51,72	132,34	77,62	76,40	41,72	33,17	47,21
67	En.Termica Utile Riscaldamento/Area Lotto (kWh/m2)	172,88	164,05	185,94	212,81	439,16	306,11	263,18	180,73	166,11	173,14
68	En.Termica Utile Raffrescamento/Area Lotto (kWh/m2)	10,65	10,48	15,46	17,09	49,05	28,27	28,19	14,48	11,23	18,20

Miglioramento dell'efficienza energetica
in sistemi aggregati di edilizia pre-industriale di base, tra istanze conservative e prestazionali

	A	CD	CE	CF	CG	CH	CI	CJ	CK	CL	CM
1											
2	CONTATORE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	ID_F_MAP	038900451	038900452	038900455	038900457	038900474	038900495	038900496	038900497	038900498	038900499
4	UNITA' IMMOBILIARI	9,00	4,00	7,00	8,00	3,00	2,00	3,00	1,00	4,00	3,00
5											
6	Dati MAPPALE - input										
7	Sup.Utile netta (m ²)	1.981,00	388,20	638,60	1.265,00	175,90	669,00	662,60	37,20	230,60	298,90
8	Volume lordo (m ³)	8.318,50	1.387,00	2.321,80	5.151,80	510,40	2.315,20	2.449,90	124,90	634,00	1.152,70
9	Volume netto (m ³)	7.133,30	1.194,80	1.886,60	4.466,70	394,10	2.002,50	2.132,10	113,00	534,50	990,10
10	Sup.Pavimento-Basamento (m ²)	138,30	0,00	0,00	397,00	49,50	208,70	208,50	43,10	38,80	93,10
11	Sup.Copertura (m ²)	718,50	161,00	256,80	448,30	56,60	285,10	317,60	0,00	87,50	0,00
12	Parete Nord (m ²)	486,60	0,00	163,20	298,00	69,60	131,60	179,30	23,00	40,60	91,20
13	Parete Est (m ²)	125,30	253,20	107,30	340,90	109,90	86,90	52,20	0,00	15,00	0,00
14	Parete Sud (m ²)	549,60	0,00	159,70	301,70	0,00	170,80	214,10	0,00	46,70	76,00
15	Parete Ovest (m ²)	73,90	0,00	111,80	211,70	78,80	134,10	203,10	0,00	0,00	64,50
16	Finestre Nord (m ²)	76,40	0,00	32,60	43,00	3,70	25,50	35,20	6,70	8,00	25,80
17	Finestre Est (m ²)	7,10	27,70	26,00	31,90	22,20	7,80	2,20	0,00	1,30	0,00
18	Finestre Sud (m ²)	95,90	0,00	20,90	29,40	0,00	25,20	32,70	0,00	10,70	11,50
19	Finestre Ovest (m ²)	6,60	0,00	0,00	11,30	5,40	5,80	7,80	0,00	0,00	0,00
20	Finestre Zenit (m ²)	8,20	0,00	0,00	2,40	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00
21	Perimetro Pavimento a Terra (m)	72,00	0,00	0,00	187,70	33,90	90,30	118,60	37,30	30,40	79,90
22	Perimetro Pavimento Ponte Termico (m)	697,10	225,90	328,10	596,20	139,40	230,80	338,50	37,30	169,10	168,70
23	Sup.Copertura REALE (m ²)	718,50	161,00	256,80	448,30	56,60	285,10	317,60	0,00	87,50	126,90
24											
25	Dati MAPPALE F - output										
26	Sup.Disperdente (m ²)	2.092,20	414,20	798,80	1.997,60	364,40	1.017,20	1.174,80	66,10	228,60	324,80
27	S/V (m-1)	0,37	0,27	0,34	0,46	0,71	0,49	0,49	0,53	0,43	0,41
28	Densità V.netto/V lordo	0,85	0,90	0,82	0,87	0,78	0,88	0,87	0,90	0,85	0,87
29	Massa (m ³)	1.185,20	192,20	435,20	685,10	116,30	312,70	317,80	11,90	99,50	162,60
30	Finestratura (%) - sup.disp	9,96	7,89	11,44	5,21	8,28	6,55	5,86	10,14	9,07	13,75
31	Finestratura (%) - sup.utile	9,75	7,29	12,85	10,22	18,98	12,89	12,02	18,01	9,90	21,39
32	Incidenza PontiTermici	0,41	0,68	0,55	0,30	0,40	0,23	0,29	0,56	0,80	0,55
33											
34	Area Lotto (m ²)	2.615,78	184,68	301,29	492,42	365,34	482,48	181,28	313,58	191,05	262,37
35	Area Lotto Coperta (m ²)	783,63	184,68	255,85	472,85	73,07	259,21	80,89	169,81	106,37	107,53
36	Sup.Lotto Climatizzata (m ²)	1.981,00	388,20	638,60	1.265,00	175,90	669,00	662,60	37,20	230,60	298,90
37	h media (m)	12,00	12,00	11,80	13,40	10,00	11,00	9,70	9,70	10,40	10,80
38	Volume Lotto lordo (m ³) - max edificabile	31.389,32	2.216,17	3.555,25	6.598,49	3.653,43	5.307,28	1.758,45	3.041,72	1.986,96	2.833,54
39	Volume Lotto lordo (m ³) - edificato	8.318,50	1.387,00	2.321,80	5.151,80	510,40	2.315,20	2.449,90	124,90	634,00	1.152,70
40	Area Copertura/Lotto (%)	29,96	100,00	84,92	96,03	20,00	53,73	44,62	54,15	55,68	40,99
41	Vuoto (%)	70,04	0,00	15,08	3,97	80,00	46,27	55,38	45,85	44,32	59,01
42	Area Climatizzata/Lotto (%)	75,73	210,20	211,95	256,89	48,15	138,66	365,50	11,86	120,70	113,93
43	n.° Unità Immobiliari	9,00	4,00	7,00	8,00	3,00	2,00	3,00	1,00	4,00	3,00
44	n.° Mappale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
45	UI/Area Lotto	0,34	2,17	2,32	1,62	0,82	0,41	1,65	0,32	2,09	1,14
46	Edifici/Area Lotto	0,04	0,54	0,33	0,20	0,27	0,21	0,55	0,32	0,52	0,38
47	UI/Area Lotto coperta	1,15	2,17	2,74	1,69	4,11	0,77	3,71	0,59	3,76	2,79
48	Edifici/Area Lotto coperta	0,13	0,54	0,39	0,21	1,37	0,39	1,24	0,59	0,94	0,93
49	hmedia/V Lordo lotto	0,14	0,87	0,51	0,26	1,96	0,48	0,40	7,77	1,64	0,94
50											
51	Dati Energetici MAPPALE										
52	EP.termici (HERA)	0,63	1,13	1,16	1,09	1,89	0,52	0,59	2,69	1,92	2,54
53	EP.elettrici (HERA)	0,32	0,56	0,58	0,54	0,95	0,26	0,29	1,34	0,96	1,27
54	Scambi termici QIs (kWh)	296.415,61	57.189,13	113.330,87	238.050,74	44.584,10	119.738,98	140.228,58	6.246,03	29.043,27	42.706,87
55	Apporti Gratuiti Qgn(kWh)	58.284,03	12.985,82	26.498,96	45.931,75	12.894,14	22.909,02	27.129,53	1.185,33	5.772,83	10.240,86
56	En. Termica Utile Riscaldamento (kWh)	241.207,12	46.501,64	91.522,44	194.704,27	35.624,99	97.798,04	114.422,92	5.165,16	23.602,92	34.360,76
57	EPI,inv - En.Termica Utile (kWh/m ³ anno)	123,58	111,87	143,95	159,62	205,05	150,05	165,18	138,85	112,93	137,76
58	En. Termica Utile Raffrescamento (kWh)	20.021,75	4.884,79	9.916,32	15.795,71	5.291,55	7.674,32	9.087,33	420,74	1.966,28	3.735,89
59	EPE,inv - En.Termica Utile (kWh/m ³ anno)	10,55	13,12	17,25	13,46	32,35	13,99	13,88	11,31	9,37	17,33
60	Epi - En.primaria (kWh/m2anno)	164,77	149,16	191,94	212,83	273,41	200,06	220,24	185,13	150,57	183,69
61	En. primaria (kWh/anno)	321.609,50	62.002,19	122.029,92	259.605,69	47.499,98	130.397,39	152.563,89	6.886,88	31.470,56	45.814,35
62											
63	kWh.termici/Area Lotto (kWh/m ²)	0,76	10,83	6,64	4,06	5,47	4,15	11,03	6,38	10,47	7,62
64	kWh.elettrici/Area Lotto (kWh/m ²)	0,38	5,41	3,32	2,03	2,74	2,07	5,52	3,19	5,23	3,81
65	Scambi termici QIs/Area Lotto (kWh/m ²)	113,32	309,66	376,15	483,43	122,03	248,17	773,53	19,92	152,02	162,78
66	Apporti Gratuiti Qgn/Area Lotto (kWh/m2)(kWh)	22,28	70,31	87,95	93,28	35,29	47,48	149,65	3,78	30,22	39,03
67	En.Termica Utile Riscaldamento/Area Lotto (kWh/m2)	92,21	251,79	303,77	395,40	97,51	202,70	631,18	16,47	123,54	130,97
68	En.Termica Utile Raffrescamento/Area Lotto (kWh/m2)	7,65	26,45	32,91	32,08	14,48	15,91	50,13	1,34	10,29	14,24

	A	CN	CO	CP	CQ	CR	CS	CT	CU	CV	CW
1											
2	CONTATORE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	ID_F_MAP	038900500	038900502	038900503	038900504	038900505	038900506	038900507	038900508	038900509	038900510
4	UNITA' IMMOBILIARI	5,00	4,00	4,00	2,00	5,00	4,00	1,00	1,00	3,00	1,00
5											
6	Dati MAPPALE - input										
7	Sup.Utile netta (m ²)	360,30	537,40	360,70	313,60	382,40	667,60	191,90	349,80	289,60	226,30
8	Volume lordo (m ³)	1.474,90	1.945,60	1.431,80	1.178,40	1.354,50	2.790,50	632,80	1.192,20	789,90	961,30
9	Volume netto (m ³)	1.224,60	1.657,40	1.159,00	970,50	1.112,20	2.433,80	502,10	1.026,30	657,90	851,60
10	Sup.Pavimento-Basamento (m ²)	149,90	146,80	86,20	96,90	102,50	212,90	22,60	116,80	84,80	104,10
11	Sup.Copertura (m ²)	0,00	0,00	0,00	107,40	9,40	282,90	85,70	152,20	102,10	39,30
12	Parete Nord (m ²)	121,50	131,40	118,80	96,50	122,00	198,10	47,60	60,90	50,10	69,20
13	Parete Est (m ²)	12,80	105,40	8,80	51,00	4,50	24,50	0,00	3,40	42,40	83,50
14	Parete Sud (m ²)	115,60	148,70	98,20	65,40	94,60	211,10	62,00	111,10	31,80	52,80
15	Parete Ovest (m ²)	34,30	0,00	10,10	32,10	3,70	79,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	Finestre Nord (m ²)	25,40	32,30	31,60	20,80	29,00	31,00	9,40	10,90	11,70	15,40
17	Finestre Est (m ²)	0,00	9,30	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,50	10,40
18	Finestre Sud (m ²)	19,40	24,90	21,30	8,00	18,60	32,20	15,10	19,20	7,20	9,50
19	Finestre Ovest (m ²)	3,00	0,00	1,70	1,00	0,00	6,80	0,00	0,00	0,00	0,00
20	Finestre Zenit (m ²)	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	Perimetro Pavimento a Terra (m)	94,20	72,70	60,70	56,00	79,10	77,10	22,10	47,30	70,20	44,20
22	Perimetro Pavimento Ponte Termico (m)	200,50	268,80	209,60	204,90	259,00	298,30	138,50	157,80	228,30	113,90
23	Sup.Copertura REALE (m ²)	261,90	0,00	177,70	107,40	9,40	282,90	85,70	152,20	102,10	144,80
24											
25	Dati MAPPALE - output										
26	Sup.Disperdente (m ²)	434,10	530,30	322,10	449,30	336,70	1.008,30	217,90	444,40	311,20	348,70
27	S/V (m-1)	0,39	0,26	0,24	0,40	0,26	0,43	0,34	0,37	0,45	0,36
28	Densità V.netto/V.lordo	0,84	0,82	0,81	0,84	0,82	0,86	0,79	0,86	0,86	0,89
29	Massa (m ³)	250,30	288,20	272,80	207,90	242,30	356,70	130,70	165,90	132,00	109,70
30	Finestratura (%) - sup.disp	11,06	16,75	18,07	7,20	14,92	6,01	8,07	5,05	6,97	9,10
31	Finestratura (%) - sup.utile	15,62	17,94	16,06	14,33	12,61	11,40	12,77	8,60	11,91	15,60
32	Incidenza PontiTermici	0,47	0,60	0,69	0,43	0,88	0,35	0,64	0,36	0,73	0,33
33											
34	Area Lotto (m ²)	617,13	135,20	312,06	120,58	867,94	833,93	111,37	256,29	123,82	182,91
35	Area Lotto Coperta (m ²)	177,13	135,20	188,12	92,41	218,49	330,48	84,18	149,96	104,34	134,72
36	Sup.Lotto Climatizzata (m ²)	360,30	537,40	360,70	313,60	382,40	667,60	191,90	349,80	289,60	226,30
37	h media (m)	7,00	10,80	10,40	12,30	10,30	11,50	9,60	9,00	9,00	8,10
38	Volume Lotto lordo (m ³) - max edificabile	4.319,94	1.460,14	3.245,43	1.483,13	8.939,76	9.590,15	1.069,17	2.306,60	1.114,41	1.481,56
39	Volume Lotto lordo (m ³) - edificato	1.474,90	1.945,60	1.431,80	1.178,40	1.354,50	2.790,50	632,80	1.192,20	789,90	961,30
40	Area Copertura/Lotto (%)	28,70	100,00	60,28	76,63	25,17	39,63	75,58	58,51	84,26	73,65
41	Vuoto (%)	71,30	0,00	39,72	23,37	74,83	60,37	24,42	41,49	15,74	26,35
42	Area Climatizzato/Lotto (%)	58,38	397,49	115,59	260,08	44,06	80,06	172,30	136,49	233,88	123,72
43	n.° Unità Immobiliari	5,00	4,00	4,00	2,00	5,00	4,00	1,00	1,00	3,00	1,00
44	n.° Mappale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
45	UI/Area Lotto	0,81	2,96	1,28	1,66	0,58	0,48	0,90	0,39	2,42	0,55
46	Edifici/Area Lotto	0,16	0,74	0,32	0,83	0,12	0,12	0,90	0,39	0,81	0,55
47	UI/Area Lotto coperta	2,82	2,96	2,13	2,16	2,29	1,21	1,19	0,67	2,88	0,74
48	Edifici/Area Lotto coperta	0,56	0,74	0,53	1,08	0,46	0,30	1,19	0,67	0,96	0,74
49	hmedia/V Lordo lotto	0,47	0,56	0,73	1,04	0,76	0,41	1,52	0,75	1,14	0,84
50											
51	Dati Energetici MAPPALE										
52	EP.termici (HERA)	1,99	1,40	1,28	0,87	1,32	1,49	0,52	0,29	1,34	0,44
53	EP.elettrici (HERA)	1,00	0,70	0,64	0,44	0,66	0,75	0,26	0,14	0,67	0,22
54	Scambi termici Qls (kWh)	54.243,39	71.532,01	47.904,16	53.533,51	46.218,03	122.485,04	29.725,73	51.735,12	36.993,40	42.948,67
55	Apporti Gratuiti Qgn(kWh)	13.735,33	19.769,87	14.207,76	9.170,18	11.982,81	22.597,10	6.750,42	9.190,60	7.854,36	10.927,06
56	En. Termica Utile Riscaldamento (kWh)	43.346,75	56.812,88	37.849,49	44.102,49	36.860,86	100.109,05	23.887,41	42.232,60	30.105,64	34.472,00
57	EPi,inv - En.Termica Utile (kWh/m ² anno)	132,17	126,14	105,48	150,29	96,38	167,62	124,48	120,73	120,94	152,33
58	En. Termica Utile Raffrescamento (kWh)	5.011,90	7.673,40	5.583,90	3.017,78	4.446,67	7.412,57	2.332,02	2.904,58	2.882,10	4.097,81
59	EPe,inv - En.Termica Utile (kWh/m ² anno)	14,99	20,28	15,21	12,41	11,76	14,93	12,15	8,30	13,32	18,11
60	Epi - En.primaria (kWh/m2anno)	176,22	168,19	140,65	200,38	128,50	223,50	165,97	160,98	161,26	203,10
61	En. primaria (kWh/anno)	57.795,67	75.750,50	50.465,99	58.803,32	49.147,81	133.478,73	31.849,88	56.310,13	40.140,85	45.962,66
62											
63	kWh.termici/Area Lotto (kWh/m ²)										
64	kWh.elettrici/Area Lotto (kWh/m ²)	3,24	14,79	6,41	16,59	2,30	2,40	17,96	7,80	16,15	10,93
65	Scambi termici Qls/Area Lotto (kWh/m ²)	87,90	529,09	153,51	443,97	53,25	146,88	266,90	201,86	298,76	234,81
66	Apporti Gratuiti Qgn/Area Lotto (kWh/m2)(kWh)	22,26	146,23	45,53	76,05	13,81	27,10	60,61	35,86	63,43	59,74
67	En.Termica Utile Riscaldamento/Area Lotto (kWh/m2)	70,24	420,22	121,29	365,75	42,47	120,05	214,48	164,78	243,13	188,47
68	En.Termica Utile Raffrescamento/Area Lotto (kWh/m2)	8,12	56,76	17,89	25,03	5,12	8,89	20,94	11,33	23,28	22,40

Miglioramento dell'efficienza energetica
in sistemi aggregati di edilizia pre-industriale di base, tra istanze conservative e prestazionali

	A	CX	CY	CZ	DA	DB	DC	DD	DE	DF	DG
1											
2	CONTATORE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	ID_F_MAP	038900516	038900518	038900521	038900807	038900809	038900810	038900819	038900821	038900827	038900930
4	UNITA' IMMOBILIARI	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	5,00	1,00	2,00	1,00	2,00
5											
6	Dati MAPPALE - input										
7	Sup.Utilite netta (m ²)	32,90	74,60	103,70	111,00	259,00	1.276,00	159,70	252,70	58,80	142,50
8	Volume lordo (m ³)	113,00	285,00	346,50	486,00	1.114,00	5.767,00	512,30	838,30	210,60	549,10
9	Volume netto (m ³)	93,70	216,20	280,00	432,00	909,00	4.896,00	411,60	679,70	170,60	484,30
10	Sup.Pavimento-Basamento (m ²)	39,70	46,70	61,90	0,00	101,00	332,00	55,30	128,70	0,00	161,50
11	Sup.Copertura (m ²)	39,70	46,70	61,90	43,40	11,00	505,00	69,00	38,90	65,80	0,00
12	Parete Nord (m ²)	20,60	0,00	62,60	0,00	55,00	335,00	45,10	0,00	0,00	16,00
13	Parete Est (m ²)	20,50	51,40	0,00	85,00	0,00	162,00	66,90	0,00	0,00	24,90
14	Parete Sud (m ²)	27,50	31,60	0,00	0,00	55,00	438,00	67,10	0,00	16,50	35,80
15	Parete Ovest (m ²)	20,20	51,00	0,00	0,00	0,00	36,00	64,50	211,90	39,60	37,80
16	Finestre Nord (m ²)	7,30	0,00	9,90	0,00	18,00	40,00	0,00	0,00	0,00	4,30
17	Finestre Est (m ²)	0,00	1,30	0,00	11,00	0,00	18,00	1,70	0,00	0,00	2,80
18	Finestre Sud (m ²)	0,00	5,10	0,00	0,00	16,00	45,00	12,80	0,00	1,70	4,60
19	Finestre Ovest (m ²)	1,90	11,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,60	22,10	0,00	3,00
20	Finestre Zenit (m ²)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	Perimetro Pavimento a Terra (m)	32,50	28,40	33,80	0,00	63,00	145,00	31,60	81,60	0,00	90,40
22	Perimetro Pavimento Ponte Termico (m)	32,50	56,80	67,70	54,00	130,50	502,60	110,10	191,30	41,40	90,40
23	Sup.Copertura REALE (m ²)	39,70	46,70	61,90	43,40	189,30	505,00	69,00	38,90	65,80	0,00
24											
25	Dati MAPPALE - output										
26	Sup.Disperdente (m ²)	168,20	227,40	186,40	126,40	222,00	1.808,00	367,90	379,50	121,90	276,00
27	S/V (m-1)	1,49	0,80	0,54	0,26	0,20	0,36	0,72	0,45	0,58	0,51
28	Densità V.netto/V lordo	0,83	0,76	0,81	0,89	0,82	0,84	0,80	0,81	0,81	0,88
29	Massa (m ³)	19,30	68,80	66,50	54,00	205,00	871,00	100,70	158,60	40,00	64,80
30	Finestratura (%) - sup.disp	4,43	6,61	3,99	6,48	14,59	6,37	3,91	5,36	0,91	5,33
31	Finestratura (%) - sup.utile	27,96	23,32	9,55	9,91	13,13	10,28	10,71	8,71	2,89	10,53
32	Incidenza PontiTermici	0,19	0,25	0,36	0,43	0,59	0,36	0,30	0,50	0,34	0,33
33											
34	Area Lotto (m ²)	23,12	46,71	55,35	70,64	361,80	822,36	51,32	376,07	94,80	33,74
35	Area Lotto Coperta (m ²)	23,12	46,71	55,35	70,64	193,28	503,35	51,32	123,98	73,82	29,83
36	Sup.Lotto Climatizzata (m ²)	32,90	74,60	103,70	111,00	259,00	1.276,00	159,70	252,70	58,80	142,50
37	h media (m)	3,30	6,00	5,00	10,90	8,80	12,60	8,70	9,30	6,10	9,30
38	Volume Lotto lordo (m ³) - max edificabile	76,30	280,26	276,73	769,95	3.183,87	10.361,70	446,52	3.497,49	578,28	313,75
39	Volume Lotto lordo (m ³) - edificato	113,00	285,00	346,50	486,00	1.114,00	5.767,00	512,30	838,30	210,60	549,10
40	Area Copertura/Lotto (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	53,42	61,21	100,00	32,97	77,87	88,43
41	Vuoto (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	46,58	38,79	0,00	67,03	22,13	11,57
42	Area Climatizzata/Lotto (%)	142,29	159,71	187,37	157,14	71,59	155,16	311,16	67,19	62,03	422,40
43	n.° Unità Immobiliari	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	5,00	1,00	2,00	1,00	2,00
44	n.° Mappale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
45	UI/Area Lotto	4,33	4,28	1,81	1,42	0,28	0,61	1,95	0,53	1,05	5,93
46	Edifici/Area Lotto	4,33	2,14	1,81	1,42	0,28	0,12	1,95	0,27	1,05	2,96
47	UI/Area Lotto coperta	4,33	4,28	1,81	1,42	0,52	0,99	1,95	1,61	1,35	6,70
48	Edifici/Area Lotto coperta	4,33	2,14	1,81	1,42	0,52	0,20	1,95	0,81	1,35	3,35
49	hmedia/V Lordo lotto	2,92	2,11	1,44	2,24	0,79	0,22	1,70	1,11	2,90	1,69
50											
51	Dati Energetici MAPPALE										
52	EP.termici (HERA)	3,04	2,68	0,96	0,90	0,39	1,24	0,63	0,79	1,70	1,43
53	EP.elettrici (HERA)	1,52	1,34	0,48	0,45	0,19	0,62	0,31	0,40	0,85	0,72
54	Scambi termici QIs (kWh)	17.655,07	26.016,46	19.274,14	18.448,94	29.758,64	222.306,49	41.642,16	40.718,63	14.209,99	24.720,25
55	Apporti Gratuiti Qgn(kWh)	3.186,03	7.461,51	2.033,60	4.808,97	8.120,33	38.803,28	8.779,96	10.556,54	1.543,31	5.547,67
56	En. Termica Utile Riscaldamento (kWh)	14.513,69	20.638,06	16.335,34	14.851,42	23.640,00	182.235,00	33.709,73	32.796,25	11.913,04	19.977,26
57	EPI,inv - En.Termica Utile (kWh/m ² anno)	441,15	276,65	157,53	133,80	91,27	147,76	211,08	129,14	202,60	142,97
58	En. Termica Utile Raffrescamento (kWh)	1.036,06	2.917,61	520,92	1.867,25	3.067,13	12.410,68	2.985,43	4.090,89	430,92	1.969,33
59	EPE,inv - En.Termica Utile (kWh/m ² anno)	31,49	39,11	5,02	16,82	11,84	13,99	18,69	16,16	7,33	14,65
60	Epi - En.primaria (kWh/m2anno)	588,19	368,87	210,03	178,40	121,70	197,02	281,44	172,18	270,14	190,63
61	En. primaria (kWh/anno)	19.351,59	27.517,41	21.780,46	19.801,89	31.519,99	242.980,00	44.946,30	43.728,33	15.884,05	26.636,34
62											
63	kWh.termici/Area Lotto (kWh/m ²)	86,50	42,82	36,14	28,31	5,53	2,43	38,97	5,32	21,10	59,28
64	kWh.elettrici/Area Lotto (kWh/m ²)	43,25	21,41	18,07	14,16	2,76	1,22	19,48	2,66	10,55	29,64
65	Scambi termici QIs/Area Lotto (kWh/m ²)	763,58	556,98	348,25	261,18	82,25	270,33	811,36	108,27	149,90	732,75
66	Apporti Gratuiti Qgn/Area Lotto (kWh/m2)(kWh)	137,80	159,74	36,74	68,08	22,44	47,19	171,07	28,07	16,28	164,44
67	En.Termica Utile Riscaldamento/Area Lotto (kWh/m2)	627,72	441,83	295,15	210,25	65,34	221,60	656,81	87,21	125,67	592,16
68	En.Termica Utile Raffrescamento/Area Lotto (kWh/m2)	44,81	62,46	9,41	26,43	8,48	15,09	58,17	10,88	4,55	58,37

	A	DH	DI
1			
2	CONTATORE	1,00	1,00
3	ID_F_MAP	038900953	038900962
4	UNITA' IMMOBILIARI	3,00	1,00
5			
6	Dati MAPPALE - input		
7	Sup.Utile netta (m ²)	151,70	153,80
8	Volume lordo (m ³)	539,40	400,50
9	Volume netto (m ³)	447,00	336,70
10	Sup.Pavimento-Basamento (m ²)	16,90	63,30
11	Sup.Copertura (m ²)	24,80	52,60
12	Parete Nord (m ²)	4,80	0,00
13	Parete Est (m ²)	50,00	49,60
14	Parete Sud (m ²)	0,00	18,30
15	Parete Ovest (m ²)	48,40	38,50
16	Finestre Nord (m ²)	0,00	0,00
17	Finestre Est (m ²)	9,90	4,40
18	Finestre Sud (m ²)	0,00	4,20
19	Finestre Ovest (m ²)	11,60	8,20
20	Finestre Zenit (m ²)	0,00	0,00
21	Perimetro Pavimento a Terra (m)	16,50	34,70
22	Perimetro Pavimento Ponte Termico (m)	108,60	103,40
23	Sup.Copertura REALE (m ²)	96,80	52,60
24			
25	Dati MAPPALE - output		
26	Sup.Disperdente (m ²)	144,90	222,30
27	S/V (m-1)	0,27	0,56
28	Densità V.netto/V.lordo	0,82	0,84
29	Massa (m ³)	92,40	63,80
30	Finestratura (%) - sup.disp	15,27	6,11
31	Finestratura (%) - sup.utile	14,51	10,92
32	Incidenza PontiTermici	1,03	0,47
33			
34	Area Lotto (m ²)	56,95	61,68
35	Area Lotto Coperta (m ²)	56,95	49,19
36	Sup.Lotto Climatizzata (m ²)	151,70	153,80
37	h media (m)	9,60	6,20
38	Volume Lotto lordo (m ³) - max edificabile	546,76	382,42
39	Volume Lotto lordo (m ³) - edificato	539,40	400,50
40	Area Copertura/Lotto (%)	100,00	79,75
41	Vuoto (%)	0,00	20,25
42	Area Climatizzato/Lotto (%)	266,35	249,35
43	n.° Unità Immobiliari	3,00	1,00
44	n.° Mappale	1,00	1,00
45	UI/Area Lotto	5,27	1,62
46	Edifici/Area Lotto	1,76	1,62
47	UI/Area Lotto coperta	5,27	2,03
48	Edifici/Area Lotto coperta	1,76	2,03
49	hmedia/V Lordo lotto	1,78	1,55
50			
51	Dati Energetici MAPPALE		
52	EP.termici (HERA)	2,48	0,65
53	EP.elettrici (HERA)	1,24	0,33
54	Scambi termici Qls (kWh)	21.662,42	24.913,80
55	Apporti Gratuiti Qgn(kWh)	8.181,50	6.765,70
56	En. Termica Utile Riscaldamento (kWh)	16.837,49	19.898,01
57	EPI,inv - En.Termica Utile (kWh/m ² anno)	107,46	129,38
58	En. Termica Utile Raffrescamento (kWh)	3.662,98	2.599,75
59	EPE,inv - En.Termica Utile (kWh/m ² anno)	25,03	16,90
60	Epi - En.primaria (kWh/m2anno)	143,28	172,50
61	En. primaria (kWh/anno)	22.449,99	26.530,68
62			
63	kWh.termici/Area Lotto (kWh/m ²) kWh/ettaro	35,12	32,43
64	kWh.elettrici/Area Lotto (kWh/m ²) kWh/ettaro	17,56	16,21
65	Scambi termici Qls/Area Lotto (kWh/m ²) Apporti Gratuiti Qgn/Area Lotto	380,35	403,92
66	(kWh/m2)(kWh)	143,65	109,69
67	En.Termica Utile Riscaldamento/Area Lotto (kWh/m2)	295,63	322,60
68	En.Termica Utile Raffrescamento/Area Lotto (kWh/m2)	64,31	42,15

6.4. PREDISPOSIZIONE DI DATABASE RELAZIONALE SU PIATTAFORMA GIS.

Per l'archiviazione dei risultati determinati con il "metodo speditivo", è proposto un sistema informativo territoriale finalizzato a garantire la catalogazione e la gestione in contemporanea di più banche dati integrabili ed implementabili nel tempo. Anche in questo caso il modello dati è costruito su architettura ArcGIS (ESRI).

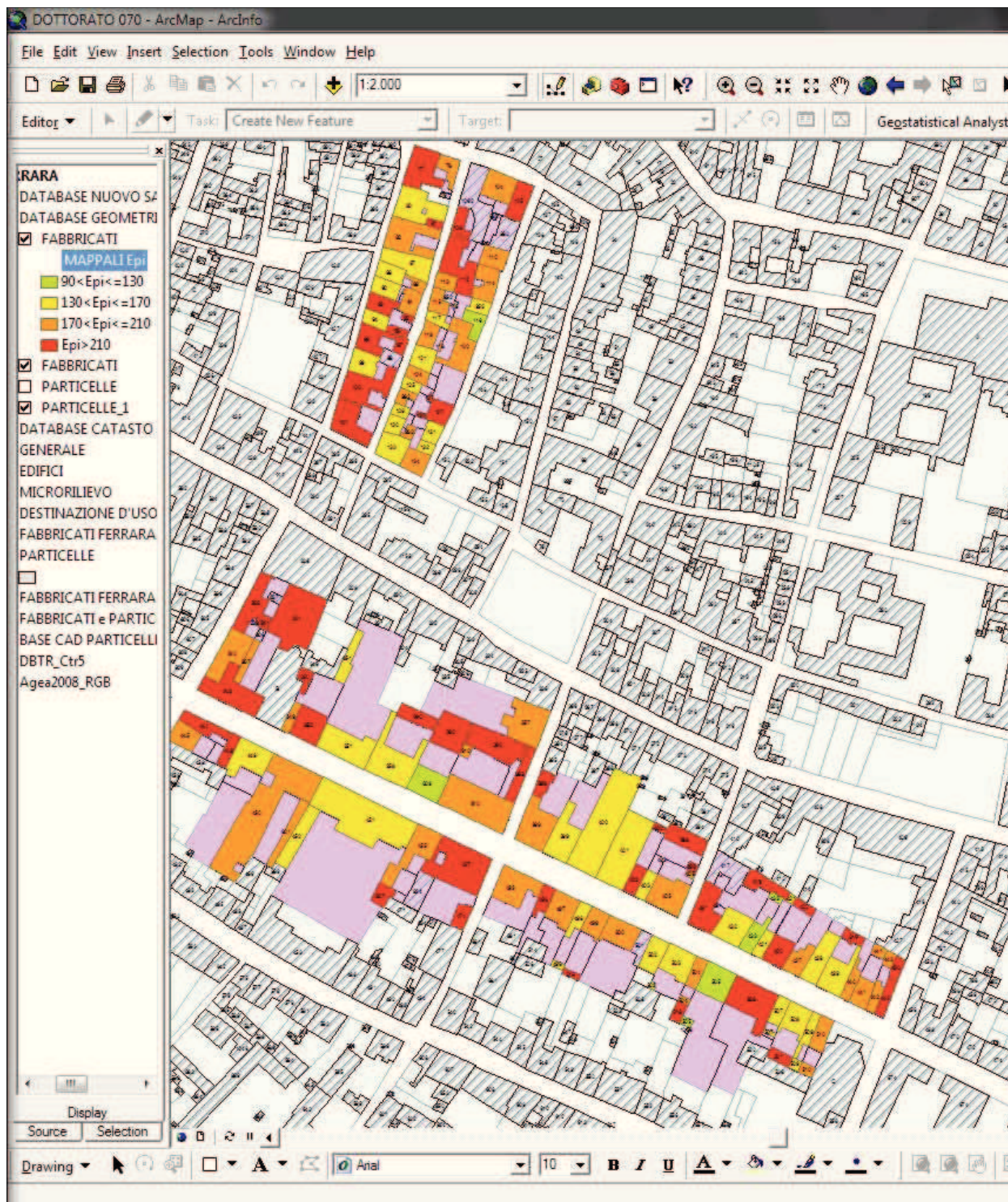


Figura 43. Sistema informativo territoriale costruito su ArcGIS (ESRI). In evidenza l'indice di prestazione energetica $EP_{i,INVLs}$ per il solo riscaldamento invernale.

I risultati elaborati all'interno del foglio di calcolo, relativi a ciascuna unità immobiliare, non possono entrare nel sistema informativo in quanto le geometrie rappresentative di ogni unità abitativa comparirebbero sovrapposte. D'altra parte, non sarebbe possibile elaborare planimetrie piano per piano, ciascuno rappresentato su un layer informativo diverso, in quanto, i diversi livelli abitativi, risultano quasi sempre incongruenti e spesso interconnessi.

Sono quindi ricalcolati i dati in uscita ($Q_{H,XLS}$, $Q_{p,h,XLS}$, $EP_{i,XLS}$) per ogni edificio (individuato come particella catastale), considerandolo come sommatoria delle unità immobiliari che lo compongono. I valori così ottenuti sono importati e processati all'interno di Microsoft Access. In ambiente GIS, integrando la nuova banca dati per edificio e i livelli informativi di natura catastale, è possibile elaborare analisi maggiormente finalizzate alla comprensione degli aspetti che più influenzano l'indice di prestazione energetica (aggregato di appartenenza, articolazione planimetrica, orientamento, ecc.) e visualizzare geograficamente e graficamente le stesse informazioni in modo maggiormente sintetico e comunicativo (Figura 43).

Il sistema di rappresentazione, estremamente flessibile, consente un immediato confronto, anche solo visivo, con valutazioni di possibili scenari futuri. Lo strumento permette infatti la verifica preventiva di eventuali politiche energetiche che prevedono incentivi a determinate categorie di intervento (si veda, in questo senso, il capitolo 7).

6.5. VALUTAZIONE DELL'INCERTEZZA RELATIVA DEI RISULTATI.

La valutazione effettuata con il "metodo speditivo" proposto, trova validità nella determinazione dell'incertezza del risultato.

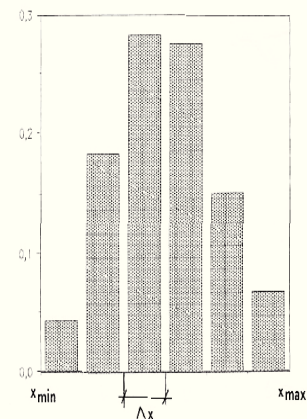
Non essendo possibile determinare l'incertezza assoluta, poiché le variabili in gioco sono troppo numerose, si desidera concentrare l'attenzione sull'incertezza relativa. A questo livello, quel che più interessa, è la valutazione dell'incertezza determinata a seguito delle semplificazioni apportate all'interno della procedura di calcolo prevista dal "metodo speditivo" (in particolare nell'acquisizione dei dati in ingresso e nella determinazione dei risultati parziali), rispetto alla procedura prevista dalla norma UNI/TS 11300 - Parte 1 e Parte 2. In altre parole, è come se si volesse misurare lo stesso oggetto (fabbisogno di energia termica utile in regime invernale per ogni U.I.), con due strumenti di misura diversi l'uno dall'altro (strumento A - procedura prevista dalla norma UNI/TS 11300; strumento B - procedura prevista dal "metodo speditivo" proposto).

Se si pone, per assurdo, che le (N) misure effettuate con lo strumento A, non si portino appresso alcuna incertezza e, giacché coincidenti, possano costituire esse stesse l'oggetto da misurare, (inteso singolarmente, in quanto, per ipotesi, misure prive di errore ed appartenenti alla stessa natura dimensionale), le (N) misure effettuate con lo strumento B non saranno altro che (N) misure effettuate con B, dell'oggetto A.

Ogni misurazione effettuata con B - strumento del quale si vuole conoscere la precisione - presenterà un discostamento (X_i) - e, si badi bene, non (Δ_x) - rispetto alla misura reale di A. Misurando (N) volte questo discostamento (X_i) - variabile aleatoria soggetta ad errori casuali - calcolandone la percentuale sul valore di B ($X_{i\%}$), e determinandone il valore assoluto $|X_{i\%}|$, è possibile determinare l'intervallo più probabile entro cui il valore $|X_{i\%}|$ si collocherà e, di conseguenza, la precisione dello strumento di misurazione B rispetto ad A.

Se si suddivide il campo di variazione delle (N) misure del discostamento ($|X_{MAX\%}| > |X_{MIN\%}|$) in un numero di intervalli di ampiezza costante (Δ_i) e si raggruppano in classi di valori le misure ottenute che cadono in uno stesso intervallo, è possibile rappresentare l'intera operazione con un istogramma.

I risultati delle misure non sono casualmente distribuiti ma si collocano intorno a quello che ragionevolmente è il valore reale del discostamento. La forma dell'istogramma suggerisce che tale valore è il valore medio o media delle (N) misure: ($\bar{X}_{\%}$).



A seguire è necessario calcolare la stima dell'errore del discostamento così determinato. La differenza fra la media ($\bar{X}_{i\%}$) e ciascuna misura ($X_{i\%}$) viene chiamata deviazione dalla media (o scarto o residuo) (Δ_i):

$$\Delta_i = \bar{X}_{i\%} - |X_{i\%}|$$

Alcuni scarti sono positivi ed altri negativi dal momento che ci saranno alcuni $|X_{i\%}|$ più grandi della media ed altri $|X_{i\%}|$ più piccoli. Questo implica che la media degli (Δ_i) è zero:

$$\bar{\Delta}_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\bar{X}_{i\%} - X_{i\%}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \bar{X}_{i\%} - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{i\%} = \frac{1}{N} N\bar{X}_{i\%} - \bar{X}_{i\%} = 0$$

Pertanto la media degli scarti non è un modo utile di caratterizzare l'incertezza della misura. Per evitare tale inconveniente si considera il modulo degli scarti definendo deviazione media ($\delta X_{i\%}$) la seguente grandezza:

$$\delta X_{i\%} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |\Delta_i|$$

Il risultato, ovvero il discostamento ($X_{i\%}$), che rappresenta la precisione dello strumento di misurazione B rispetto ad A viene determinato con la seguente formula:

$$X_{i\%} = (\bar{X}_{i\%} \pm \delta X_{i\%})$$

DETERMINAZIONE DELL'INCERTEZZA

Ritornando al caso in oggetto, non resta che determinare le (N) misure effettuate con lo strumento A, che vanno a costituire l'oggetto da misurare per la determinazione della precisione dello strumento B. Si individua, a tal fine, un congruo numero di unità abitative opportunamente selezionate in modo tale che siano rappresentate le diverse tipologie maggiormente diffuse e che sia possibile acquisire tutte le informazioni necessarie per la compilazione dell'Attestato di Certificazione Energetica, secondo la procedura prevista dalla norma UNI/TS 11300 - Parte 1 e Parte 2.

Le unità immobiliari selezionate, appartenenti ai cinque edifici evidenziati in [Figura 39](#), sono in totale, venti. Per l'implementazione della procedura prevista dalla norma, si farà uso di un cosiddetto software commerciale, nello specifico TERMOLOG EpiX 2, software di calcolo prodotto e distribuito da Logical Soft¹⁴. A titolo esemplificativo si

¹⁴ Come in precedenza precisato i software per la valutazione e la modellazione del comportamento dell'edificio si possono distinguere in due categorie: software "sperimentali" (TRNSYS; EnergyPlus, DOE.2, ecc.) e software "comerciali" (TERMOLOG, TerMus, ecc.). La principale differenza tra i due software

riporta la sintesi dei risultati e l'Attestato di Certificazione Energetica così come prodotto dal software di calcolo (Tabelle 16 e 17).

Principali risultati del calcolo

Superficie utile Su	98,4 m ²
Involucro	
Fabbisogno energia termica per riscaldamento involucro QH,nd	8.984,9 kWh
Indice prestazione energetica per riscaldamento involucro EPh	91,31 kWh/m ² anno
Fabbisogno energia termica per raffrescamento involucro QC,nd	949,9 kWh
Indice prestazione energetica per raffrescamento involucro EPe,inv	9,65 kWh/m ² anno
Indice prestazione energetica per raffrescamento involucro limite EPe,inv,limite	30,00 kWh/m ² anno
Edificio	
Fabbisogno energia primaria per solo riscaldamento Qp,h	11.505,8 kWh
Indice prestazione in energia primaria per riscaldamento invernale EPI	116,93 kWh/m ² anno
Indice prestazione in energia primaria invernale limite EPI,limite	47,77 kWh/m ² anno
Impianto di riscaldamento	
Rendimento globale stagionale per riscaldamento $\eta_{g,H}$	0,781
Rendimento globale stagionale limite $\eta_{g,H,limite}$	0,791
Produzione di acqua calda sanitaria	
Fabbisogno energia termica per produzione di ACS QH,W	1.597,5 kWh
Fabbisogno energia primaria per produzione annuale di ACS QP,W	2.093,1 kWh
Indice prestazione in energia primaria per produzione di ACS EPw al lordo delle fonti rinnovabili	21,27 kWh/m ² anno
'Indice prestazione in energia primaria per produzione di ACS EPw al netto delle fonti rinnovabili (0,00%)	21,27 kWh/m ² anno
Rendimento globale stagionale per produzione di ACS $\eta_{g,w}$	0,763
Comportamento energetico globale	
Fabbisogno energia primaria per produzione combinata durante la stagione di riscaldamento QP,HW,i	12.507,1 kWh
Fabbisogno energia primaria per produzione combinata annuale QP,HW al lordo delle fonti rinnovabili	13.598,9 kWh
Fabbisogno energia primaria per produzione combinata annuale QP,HW al netto delle fonti rinnovabili	13.598,9 kWh
Indice prestazione in energia primaria globale invernale EPgl	138,20 kWh/m ² anno
Rendimento globale stagionale per riscaldamento e produzione di ACS $\eta_{g,HW}$	0,778
Classificazione energetica globale	E

Tabella 16. Risultati del calcolo.

risiede nelle finalità. I primi hanno come obiettivo la ricerca e lo studio della rispondenza del modello di calcolo al caso reale, e sono utilizzati per la valutazione del comportamento di materiali e soluzioni tecnologico-costruttive e per la validazione di altri metodi di calcolo previsti, ad esempio, dalla normativa. Essi hanno un'ampia gamma di variabili e devono garantire la rispondenza tra oggetto studiato e modello di calcolo. I secondi hanno invece come obiettivo l'applicazione degli standard normativi minimi del costruire "a regola d'arte". Essi devono garantire al cittadino la rispondenza alle disposizioni di legge sul prodotto acquistato.

ATTESTATO DI CERTIFICAZIONE ENERGETICA

Attestato numero

Rilasciato il 20/08/2011

Valido fino a 20/08/2021

DATI DELL'IMMOBILE

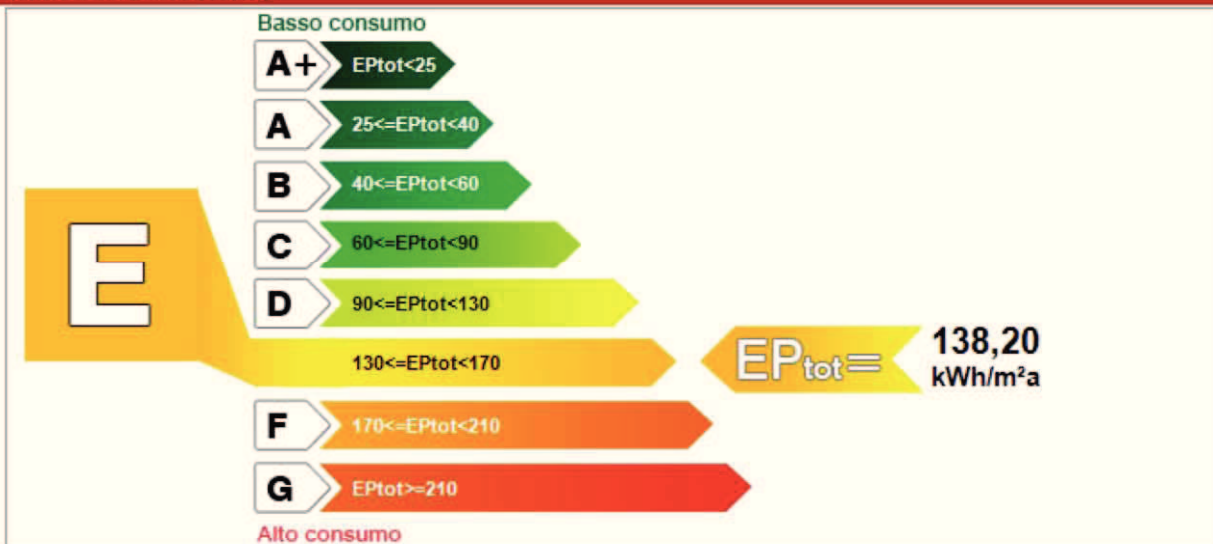
Comune Ferrara (FE)
 Indirizzo via Ghisilieri 38
 Piano - Interno
 Dati catastali Foglio 389
 Particella 357
 Subalterno 29

Proprietario
 Destinazione d'uso E.1(1). - residenza e assimilabili:
 abitazioni adibite a residenza con
 carattere continuativo

DATI GENERALI

Zona climatica E
 Gradi giorno 2326
 Volume lordo riscaldato 383,6 m³
 Superficie utile riscaldata 98,4 m²
 Superficie disperdente 125,8 m²
 Rapporto S/V 0,33

CLASSE ENERGETICA



INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA

INDICE	VALORE	kWh/m ² anno	LIMITE	kWh/m ² anno
Totale ($EP_{inv} + EP_{est} + EP_{acs} + EP_{ill}$)	EP_{tot}	138,20	$EP_{tot-lim}$	65,08
Climatizzazione invernale	EP_{inv}	116,93	$EP_{inv-lim}$	47,77
Produzione acqua calda sanitaria	EP_{acs}	21,27	$EP_{acs-lim}$	17,31
Climatizzazione estiva (non calcolato)	EP_{est}	0,00	$EP_{est-lim}$	0,00
Illuminazione (non calcolato)	EP_{ill}	0,00	$EP_{ill-lim}$	0,00

Tabella 17. Attestato di Certificazione Energetica.

Il valore sul quale si desidera concentrare l'attenzione nel tentativo di valutare la precisione dello strumento di misurazione B (procedura prevista dal "metodo speditivo" proposto) rispetto ad A (procedura prevista dalla norma UNI/TS 11300) è il fabbisogno di energia termica utile in regime invernale per ciascuna unità considerata (evidenziato in rosso tra i risultati prodotti dal software di calcolo).

Si riportano nella tabella a seguire i risultati ottenuti considerando tutti e venti i casi in esame.

N. PARTICELLA	SUN (m2)	STRUMENTO A		STRUMENTO B		Discostamento (assoluto) X_i (kWh)	Discostamento (percentuale) $X_i\%$ (%)	Discostamento (modulo) $ X_i\% $ (%)	MODULO DELLE DEVIAZIONI DEI DISCOSTAMENTI DALLA MEDIA	
		Fabbisogno energia termica utile per riscaldamento calcolata con UNI/TS 11300 (kWh)	Fabbisogno energia termica utile per riscaldamento calcolata con "metodo speditivo" (kWh)	DEVIAZIONI DEI DISCOSTAMENTI DALLA MEDIA (Δi) (%)	DEVIAZIONI DEI DISCOSTAMENTI DALLA MEDIA $ \Delta i $ (%)					
0389000357016	81,50	15305,0000	15267,6337	-37,3663	-0,2447	0,2447	8,0068	8,0068		
0389000357025	82,40	11591,5000	9810,6747	-1780,8253	-18,1519	18,1519	9,9004	9,9004		
0389000357026	124,50	16080,3000	15586,9936	-493,3064	-3,1649	3,1649	5,0867	5,0867		
0389000357027	256,90	30621,7000	30221,6880	-400,0120	-1,3236	1,3236	6,9280	6,9280		
0389000357028	63,00	7117,1000	7892,7880	775,6880	9,8278	9,8278	1,5763	1,5763		
0389000357029	98,40	8984,9000	10218,1985	1233,2985	12,0696	12,0696	3,8181	3,8181		
0389000357030	24,00	8293,0000	6594,7596	-1698,2404	-25,7514	25,7514	17,4998	17,4998		
038900125004	146,00	22056,0000	21496,0650	-559,9350	-2,6048	2,6048	5,6467	5,6467		
0389000810018	25,00	3077,5000	3192,9370	115,4370	3,6154	3,6154	4,6362	4,6362		
0389000810011	332,00	45078,3000	49785,0148	4706,7148	9,4541	9,4541	1,2025	1,2025		
0389000810012	74,00	15436,2000	16543,8899	1107,6899	6,6955	6,6955	1,5561	1,5561		
0389000810013	598,00	205479,4000	172512,5997	-32966,8003	-19,1098	19,1098	10,8582	10,8582		
0389000810014	247,00	56789,7000	54946,7257	-1842,9743	-3,3541	3,3541	4,8974	4,8974		
0389000505002	76,90	9472,4000	10293,5164	821,1164	7,9770	7,9770	0,2745	0,2745		
0389000505003	69,50	7193,5000	6933,4914	-260,0086	-3,7500	3,7500	4,5015	4,5015		
0389000505004	85,40	8934,5000	9402,1533	467,6533	4,9739	4,9739	3,2777	3,2777		
0389000505005	65,90	5943,7000	6601,7068	658,0068	9,9672	9,9672	1,7157	1,7157		
0389000505006	84,70	6956,3000	7901,3519	945,0519	11,9606	11,9606	3,7091	3,7091		
038900094003	71,20	6862,5000	6281,4249	-581,0751	-9,2507	9,2507	0,9991	0,9991		
038900094004	39,50	4953,4000	4866,5813	-86,8187	-1,7840	1,7840	6,4676	6,4676		
				$(\bar{X}_{\%})$		$(\delta X_{\%})$			$(X_{i\%}) = (\bar{X}_{\%} \pm \delta X_{\%})$	
				Discostamento medio		Deviiazione media dei discostamenti			Precisione dello strumento B (%)	
					8,2516		5,1279		13,3795	

Tabella 18. Calcolo dell'accuratezza del "metodo speditivo" rispetto alla valutazione del fabbisogno di energia termica utile effettuata seguendo alla lettera le disposizioni della norma UNI/TS 11300.

Il discostamento medio ($\bar{X}_{\%}$) rappresenta la precisione relativa dello strumento di misurazione B rispetto ad A, in altre parole l'accuratezza del "metodo speditivo" rispetto alla valutazione del fabbisogno di energia termica utile effettuata seguendo alla lettera le disposizioni della norma UNI/TS 11300 ed ammettendo un risultato privo di errore. Considerando l'incertezza statistica sul discostamento medio, determinata mediante la deviazione media dei discostamenti ($\delta X_{\%}$), anche nel caso più sfavorevole l'errore ($X_{i\%}$) è pari a $\pm 13,5\%$.

Il "metodo speditivo" risulta pertanto sufficientemente vicino alla procedura prevista dalla norma UNI/TS 11300.

6.6. ANALISI QUALITATIVA DELLE INCIDENZE MAGGIORMENTE SIGNIFICATIVE.

Con origini molto diverse, i sette aggregati criticamente scelti all'interno dell'organismo urbano ferrarese, ancorché oggetto di profonde trasformazioni che, nel passato, ne hanno radicalmente mutato il sostrato originario (si veda, in questo senso, il capitolo 5.1), individuano, in generale, alcune specificità proprie di ciascuno di essi (si veda il capitolo 5.2). Tali peculiarità, pur non essendo riscontrabili in maniera omogenea all'interno di ciascun sistema aggregato, ne qualificano, nel complesso, il tessuto di base.

Nel presente capitolo si cercherà di evidenziare quanto e in che modo il fabbisogno di energia sia influenzato dai caratteri tipologici, quindi geometrici, degli aggregati oggetto di indagine.

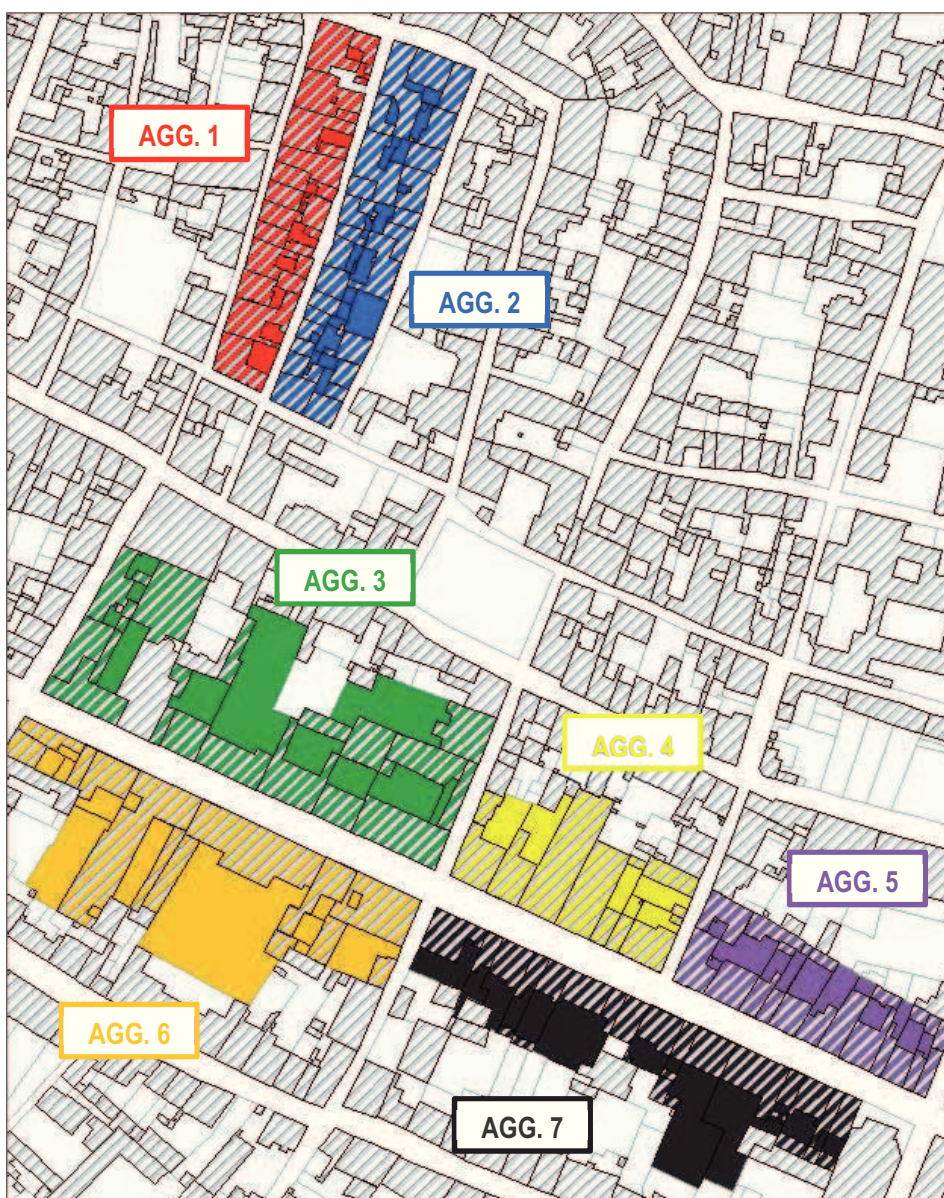


Figura 44. Individuazione dei colori rappresentativi di ciascun sistema aggregato oggetto di indagine.

È necessaria una prima precisazione. La rilevante eterogeneità dell'edificato all'interno di ciascun aggregato e le numerose variabili in gioco nel calcolo del fabbisogno di energia, non consentono analisi di tipo deterministico. Il tentativo di generalizzazione di alcuni caratteri ha natura esclusivamente qualitativa. Le linee di tendenza (rette o logaritmiche), individuate con colori diversi per ogni aggregato oggetto di indagine, caratterizzano, di volta in volta, in maniera del tutto orientativa, una specifica relazione tra aspetti tipologici ed aspetti prestazionali propria di ciascuno di essi.

DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Nei grafici a seguire il punto individua la singola unità immobiliare, il colore individua l'aggregato di appartenenza (Figura 44).

Il Grafico 10 evidenzia la relazione tra la superficie disperdente di ciascuna unità immobiliare (espressa in m^2) - asse x - ed il relativo fabbisogno di energia termica utile in regime invernale [$Q_{H,XLS}$] (espresso in kWh-anno) - asse y.

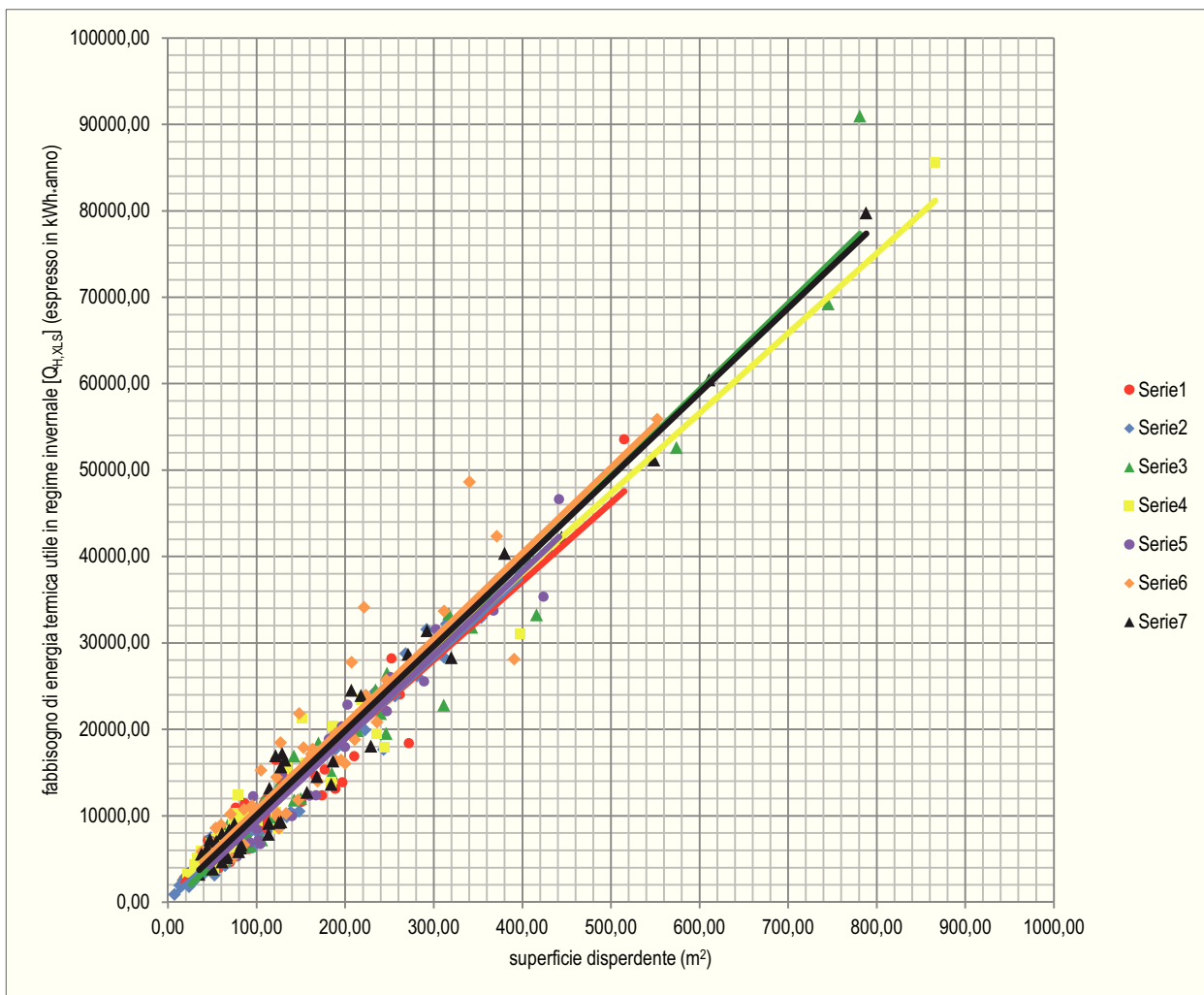


Grafico 10. Fabbisogno di energia termica utile in regime invernale / superficie disperdente.

Non è possibile riscontrare significative differenze tra i diversi ambiti di indagine nel rapporto di proporzionalità diretta esistente tra la superficie disperdente ed il fabbisogno.

In altre parole, in tutti gli aggregati, al crescere della superficie disperdente cresce il fabbisogno di energia con lo stesso coefficiente di proporzionalità (espresso dalla pendenza della curva).

Il **Grafico 11** evidenzia la relazione tra il volume lordo di ciascuna unità immobiliare (espresso in m^3) - asse x - e la relativa superficie disperdente (espressa in m^2) - asse y. Il rapporto S/V (espresso in m^{-1}) individua la compattezza volumetrica dell'ambiente climatizzato e, più in generale, dell'aggregato. Il valore influenza significativamente la valutazione dell'indice di prestazione energetica $[EP_{i,INV,XLS}]$.

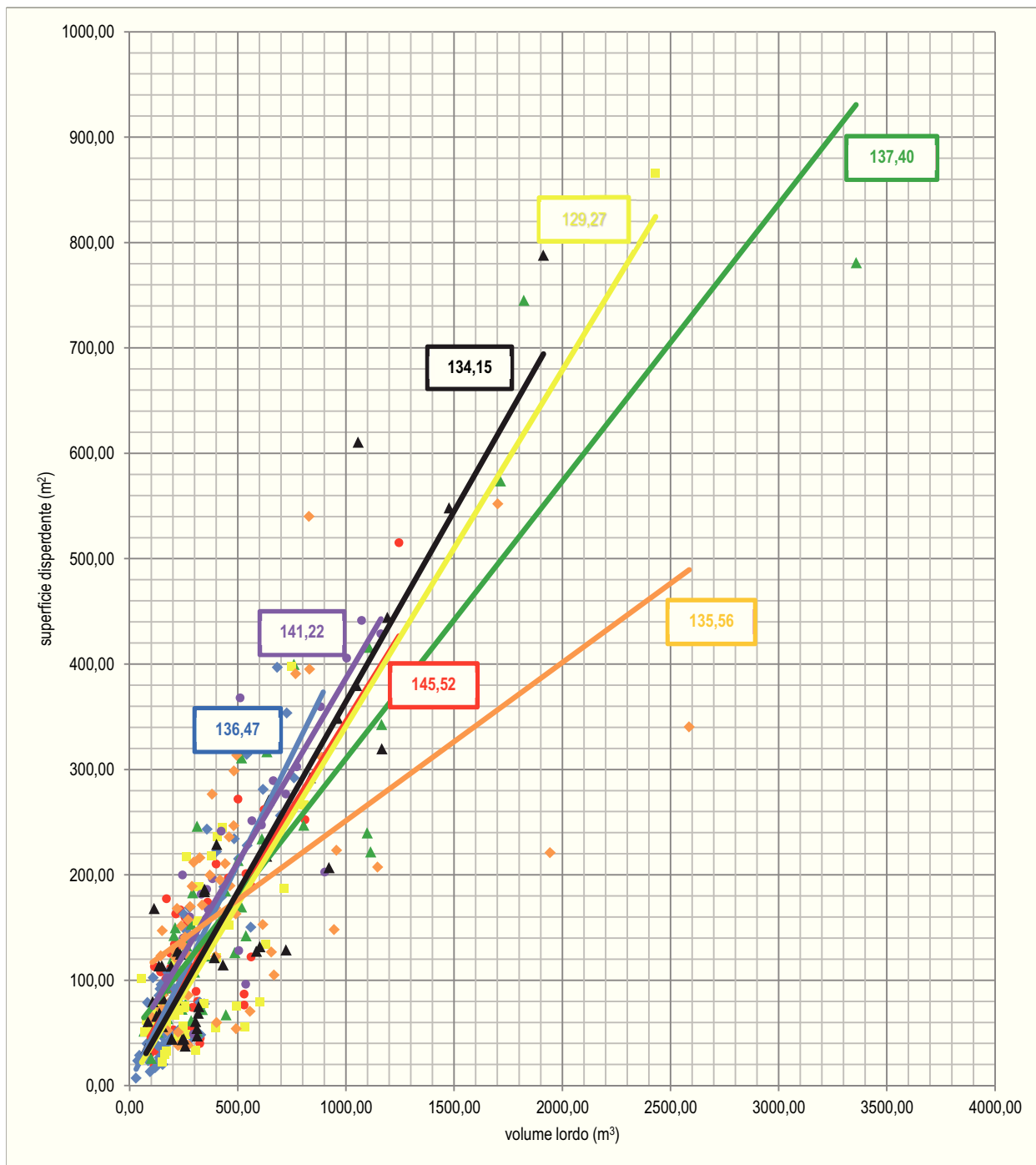


Grafico 11. Superficie disperdente / volume lordo. Il rapporto S/V caratterizza la compattezza volumetrica.

Il [Grafico 12](#) evidenzia invece la relazione tra il volume lordo di ciascuna unità immobiliare (espresso in m^3) - asse x - ed il relativo perimetro disperdente (espresso in m) - asse y. Il perimetro disperdente è ottenuto dividendo la superficie disperdente associata alle sole chiusure verticali per l'altezza media dell'ambiente climatizzato ([Figura 45](#)). Il rapporto Pd/V (espresso in m^{-2}) qualifica, con maggior precisione, la compattezza planimetrica dell'unità abitativa e, in ultima analisi, del sistema aggregato.

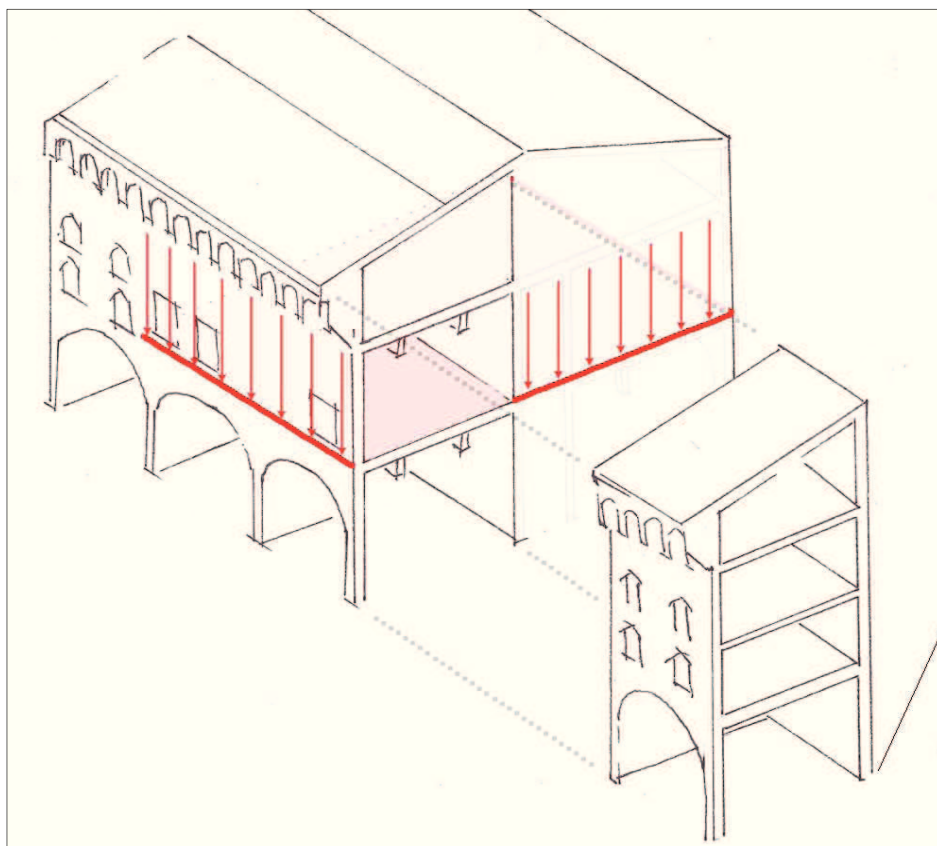


Figura 45. Schematizzazione grafica del perimetro disperdente (Pd) come indice privilegiato della compattezza planimetrica dell'unità abitativa.

Nel [Grafico 11](#), ma soprattutto nel [Grafico 12](#), sono riscontrabili alcune differenze nel comportamento degli aggregati in esame. Tali differenze influenzano, almeno in parte, l'indice di prestazione energetica $[EP_{i,INV,XLS}]$.

	AGG. 01	AGG. 02	AGG. 03	AGG. 04	AGG. 05	AGG. 06	AGG. 07
Superficie utile netta TOT(m^2)	4802,10	5381,60	6718,20	4303,40	4239,80	7984,50	5789,10
h media (m)	3,13	2,77	3,24	3,06	2,95	3,15	2,84
Superficie disperdente TOT(m^2)	7143,10	8541,00	9945,65	4903,18	6319,50	10433,90	7796,50
Volume lordo TOT(m^3)	18478,30	18103,50	27589,00	15816,70	14892,43	29705,00	21173,10
S/V aggregato (m^{-1})	0,28	0,40	0,29	0,30	0,36	0,29	0,32
En. Termica Utile Riscaldamento TOT (kWh-anno)	698799,87	762459,16	940704,28	556298,48	598755,58	1082345,10	776616,05
$EP_{i,INV,XLS}$ (kWh/ m^2 -anno)	145,52	136,47	137,40	129,27	141,22	135,56	134,15

Tabella 19. Informazioni riassuntive per aggregato.

Se si comparano le curve che riferiscono ai primi due aggregati (1 e 2), entrambe caratterizzati da un tessuto di origine medioevale, è possibile osservare che il primo (retta con pendenza minore) si presenta significativamente più compatto, anche planimetricamente, del secondo (retta con pendenza maggiore). Il dato trova conferma nel rapporto S/V individuato in [Tabella 19](#) e nella restituzione planimetrica in [Figura 33](#).

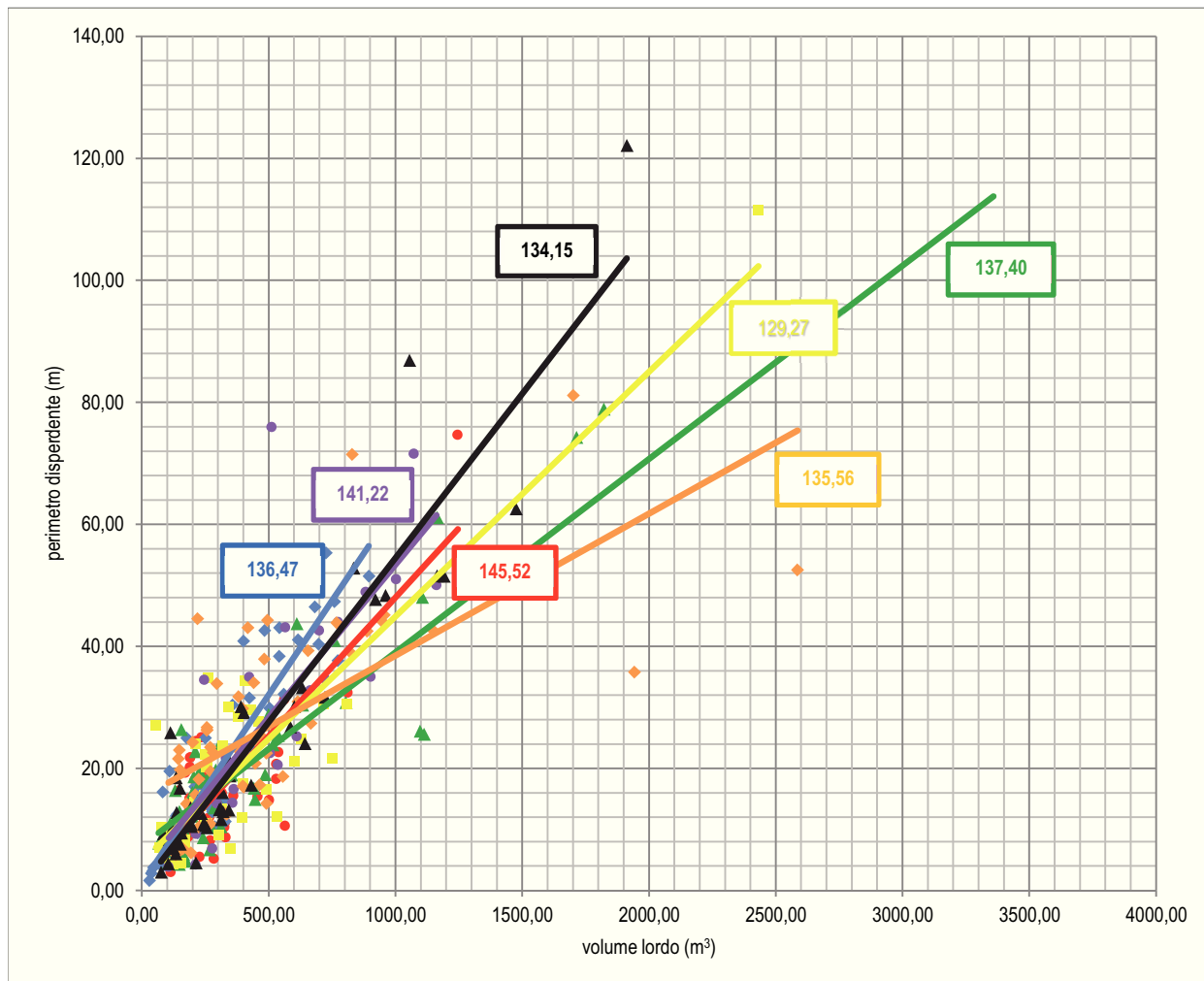


Grafico 12. Perimetro disperdente / volume lordo. Il rapporto Pd/V caratterizza la compattezza planimetrica.

Il primo aggregato, caratterizzato da un edificio molto compatto in particolare su via Porta San Pietro, è costituito da volumetrie piuttosto ampie (h media pari a 3,13 m). Il secondo, caratterizzato da un edificio meno compatto e dalla diffusa presenza di superfetazioni a carattere funzionale (servizi igienici, cucine, disimpegni, ecc.), collocate anche su più livelli, è invece costituito da vani mediamente più bassi (altezza media pari a 2,77 m). La consistente differenza in termini di altezza media, prima ancora della compattezza plano-volumetrica, influenza l'indice di prestazione energetica $EP_{i,INV,XLS}$ (145,52 contro 136,47 kWh/m²-anno).

Se si confrontano le curve che riferiscono agli altri cinque aggregati (3,4,5,6 e 7), tutti caratterizzati da un tessuto di origine tardo-quattrocentesca, è possibile riscontrare le

medesime incidenze. Gli aggregati 3 (a nord) e 6 (a sud), caratterizzati da un edificio molto compatto su via XX settembre, sono costituiti da vani con altezze interpiano comprese fra tre e, in alcuni casi, anche cinque metri (h media pari a 3,20 m), originati, con buona probabilità, nel processo di trasformazione in case in linea e in edifici residenziali a carattere palaziale che ha interessato prevalentemente il tratto di strada più prossimo al centro politico-amministrativo della città. Al contrario gli altri tre aggregati, 4 e 5 (a nord) e 7 (a sud), caratterizzati da un edificio più articolato, sono costituiti da ambienti decisamente più modesti. Anche in questo caso l'incidenza dell'altezza media prevale sulla compattezza plano-volumetrica dell'aggregato.

Costituiscono esempio di ciò gli aggregati 3 e 4 (a nord) dove, il primo, leggermente più compatto ma con vani sensibilmente più alti, presenta un indice medio relativamente più elevato del secondo, meno compatto ma caratterizzato da vani mediamente più bassi (137,40 contro 129,27 kWh/m²-anno). L'incremento dell'indice $EP_{i,INV,XLS}$ relativo all'aggregato 5 (141,22 kWh/m²-anno), è probabilmente da associarsi alla presenza di numerose unità abitative al limite nord dell'area di pertinenza, probabilmente ricavate in sostituzione degli annessi di servizio delle antiche case a schiera. Di piccole dimensioni e frequentemente isolate sui quattro lati queste unità presentano un altissimo coefficiente S/V. Valgono le medesime considerazioni anche per l'aggregato 7 che, con un edificio ancor più minuto, compensa solo parzialmente la scarsa compattezza plano-volumetrica (134,15 kWh/m²-anno).

Il [Grafico 13](#) evidenzia la relazione tra il rapporto S/V caratteristico di ogni unità immobiliare (espresso in m⁻¹) - asse x - ed il relativo indice di prestazione energetica per il solo riscaldamento invernale [$EP_{i,INV,XLS}$] (espresso in kWh/m²-anno) - asse y. Le curve individuano i coefficienti di proporzionalità tra le due grandezze per i diversi aggregati. La pendenza delle curve risulta abbastanza costante ma l'ampiezza degli intervalli, anche nell'economia del singolo aggregato, sottolinea la presenza di altri aspetti che influenzano, in misura minore, l'indice di prestazione energetica. L'altezza media interpiano è uno di questi. Tenendo costante il rapporto S/V, l'aggregato 1, caratterizzato da un'altezza media più elevata, presenta un indice significativamente più alto dell'aggregato 2 (si veda, in questo senso, il [Grafico 14](#) dove ogni punto individua un edificio). Anche l'orientamento contribuisce ad aumentare l'ampiezza dell'intervallo. Un allineamento dell'edificio su asse est-ovest (con fronte a sud e retro a nord) è indubbiamente vantaggioso in termini di guadagno energetico rispetto ad un allineamento nord-sud. L'aggregato 1 (asse nord-sud) presenta caratteri simili all'aggregato 4 (asse est-ovest) sia in termini di compattezza volumetrica che di altezza media. La diversa pendenza riscontrabile nel [Grafico 13](#), è probabilmente dovuta al differente orientamento.

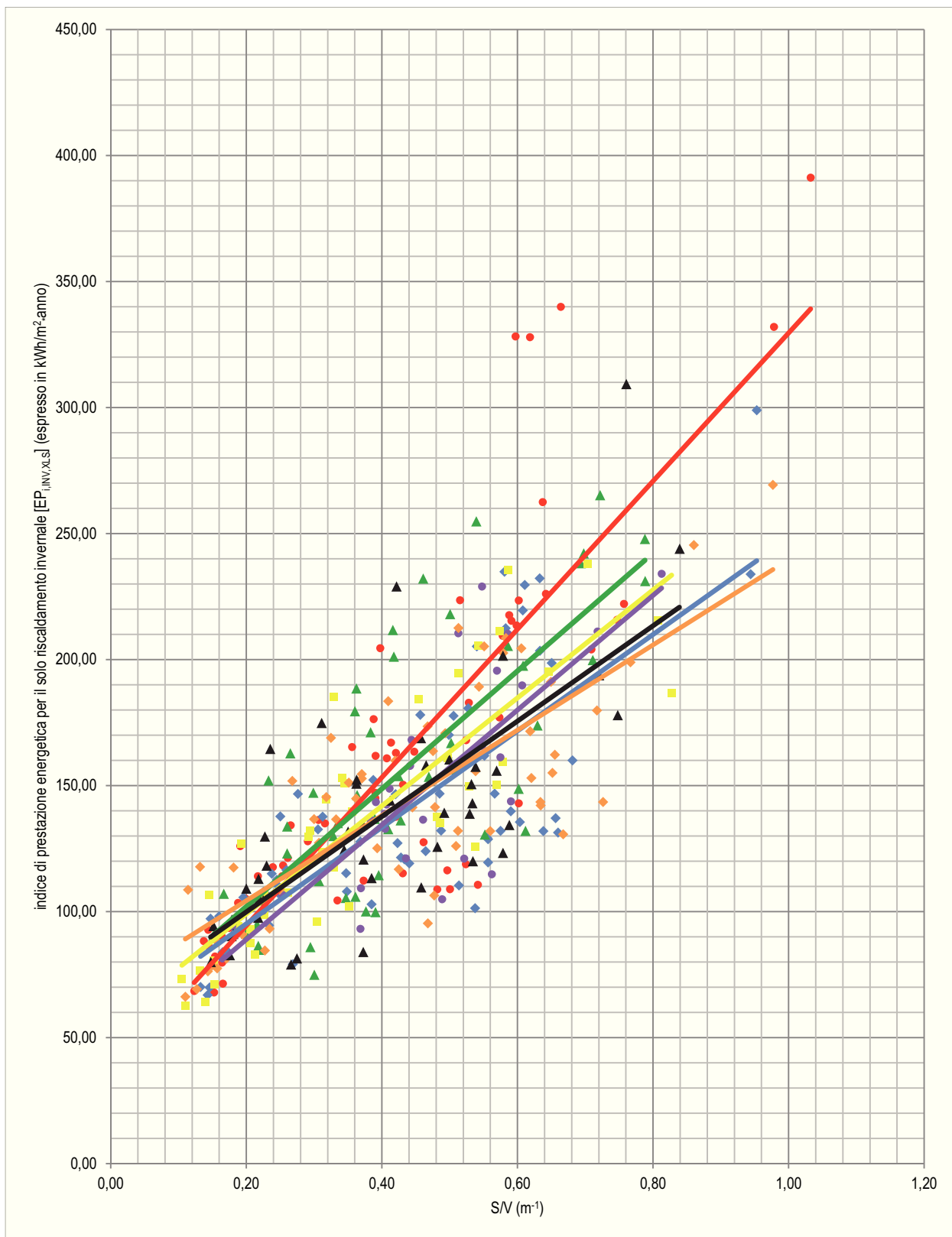


Grafico 13. Indice di prestazione energetica per il solo riscaldamento invernale / rapporto S/V.

La superficie utile netta delle unità abitative costituisce un ulteriore parametro di interesse. Il [Grafico 15](#) evidenzia la relazione tra la superficie utile netta di ogni unità

immobiliare (espresso in m^2) - asse x - ed il relativo indice di prestazione energetica per il solo riscaldamento invernale $[EP_{i,INV,XLS}]$ (espresso in $kWh/m^2 \cdot anno$) - asse y.

Le curve mostrano una proporzionalità inversa a legare le due grandezze. È possibile affermare, in linea generale, che l'incremento della superficie utile netta origini una progressiva diminuzione dell'indice di prestazione energetica. Al contrario, l'indice tende a salire rapidamente per unità di dimensioni via via più ridotte. La progressiva frammentazione delle unità abitative che ha caratterizzato il mercato immobiliare in questi ultimi dieci/quindici anni, contraddistinta dalla realizzazione di unità sempre più piccole (mono e bilocali), contribuisce ad aggravare questo aspetto.

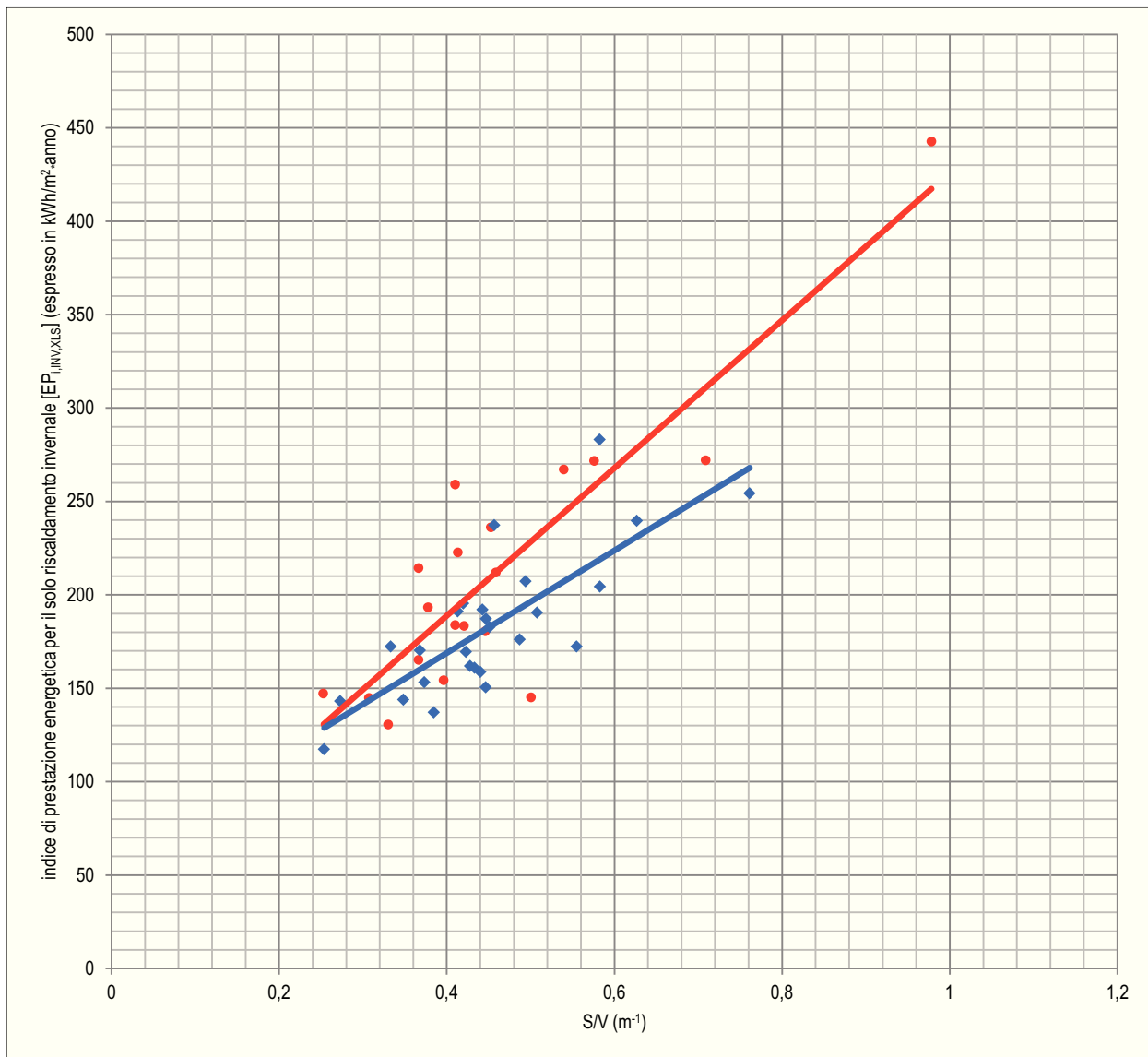


Grafico 14. Indice di prestazione energetica per il solo riscaldamento invernale / rapporto S/V. Il punto individua l'edificio, il colore individua l'aggregato di appartenenza.

Un ultimo aspetto che interessa verificare è il rapporto con le chiusure trasparenti. Non è possibile riscontrare alcuna efficace relazione tra la percentuale di bucatore presenti sulla superficie disperdente e l'indice di prestazione energetica.

Il **Grafico 16** evidenzia la relazione tra il rapporto S/V caratteristico di ogni unità immobiliare (espresso in m^{-1}) - asse x - e la percentuale di superficie finestrata sulla superficie disperdente (valore adimensionale) - asse y. Dal grafico sembrerebbe possibile riscontrare una proporzionalità inversa a legare i due parametri.

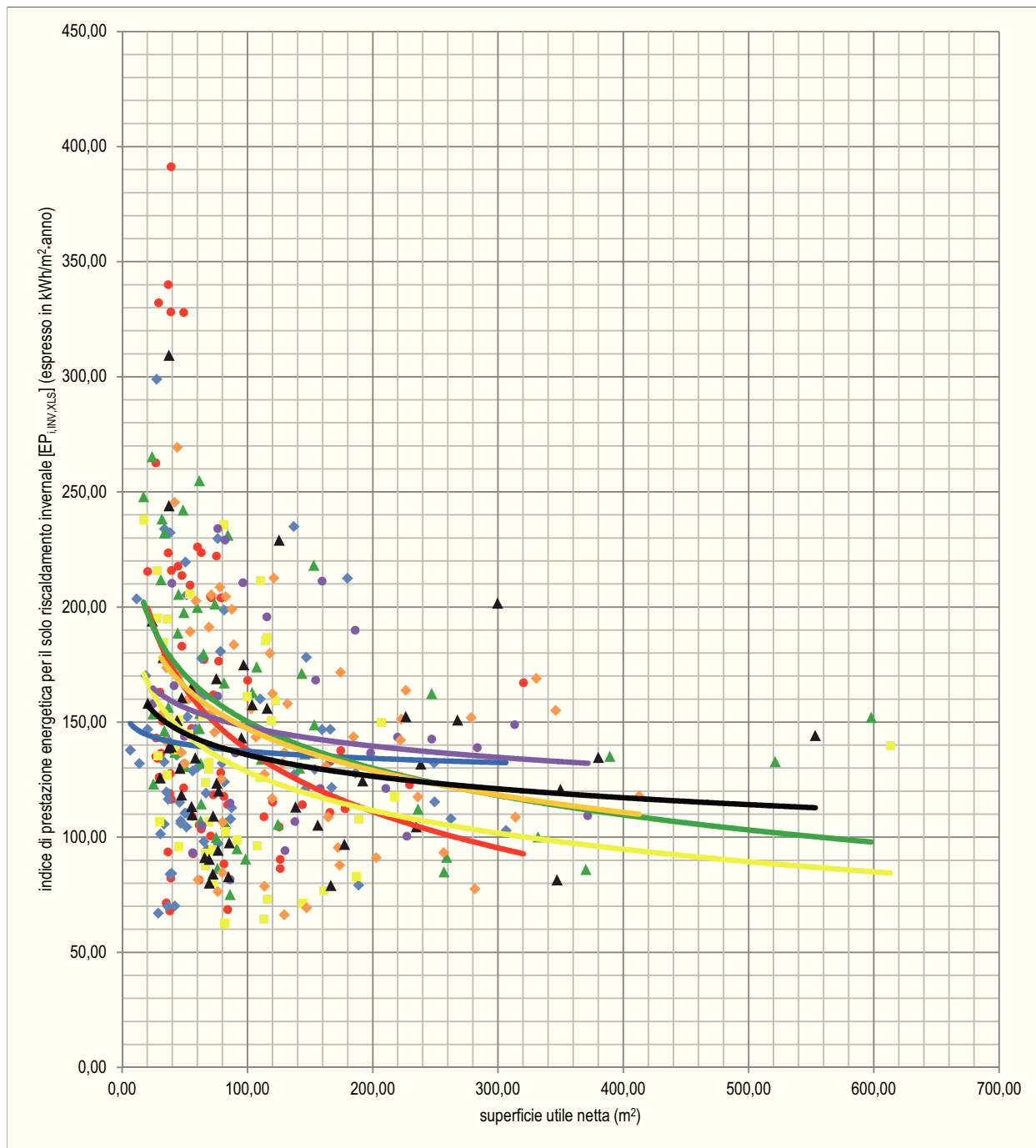


Grafico 15. Indice di prestazione energetica per il solo riscaldamento invernale / superficie utile netta.

In altre parole, al crescere del rapporto S/V, quindi al diminuire della compattezza volumetrica, sembrerebbe ridursi progressivamente la percentuale di superficie finestrata sulla superficie disperdente, compensando parzialmente il sensibile aumento di fabbisogno con la diminuzione delle superfici finestrate, in genere meno efficienti.

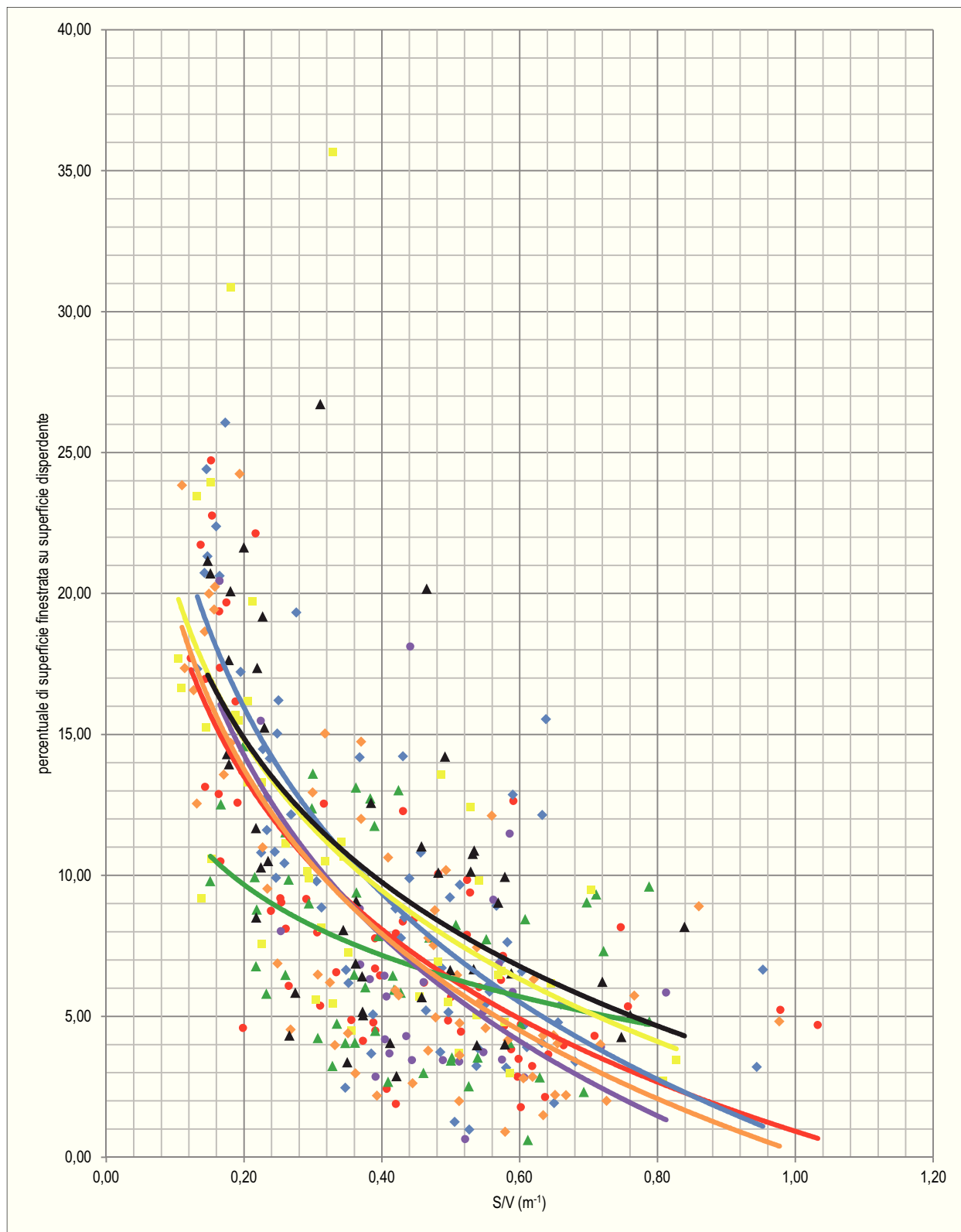


Grafico 16. Percentuale di superficie finestrata sul totale della superficie disperdente / rapporto S/V.

La dimensione integrata dei singoli aspetti sin qui evidenziati, strettamente interconnessi tra loro nell'ambito di ogni singolo aggregato, non sembra suggerire ulteriori precisazioni e/o considerazioni.

Alla scala dell'edificio, la ricca banca dati a disposizione (110 edifici rappresentativi di un'ampia finestra cronologica, dal Duecento ad oggi), consentirebbe, d'altra parte, un approccio caso per caso, attraverso confronti mirati tra varianti dello stesso tipo di base (ad esempio varianti del tipo a schiera), ancorché caratterizzate da profonde modificazioni seriori.

In questa sede, il percorso di ricerca finalizzato alla costruzione di strumenti utili alla programmazione ed alla verifica di possibili politiche energetiche alla scala urbana e/o territoriale, si ferma, per ora, alla scala dell'aggregato. La banca dati così costituita rimane però a disposizione per ulteriori approfondimenti che potranno muovere proprio a partire dalle considerazioni di carattere generale sin qui espresse.

CAPITOLO

7.

PROIEZIONI E SCENARI.

7.1. ATTUALI STRATEGIE DI INTERVENTO PER LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DELL'EDILIZIA ESISTENTE.

Come si è visto la vigente normativa in caso di ristrutturazione di edifici esistenti (articolo 3, comma 2, lettera c), numero 1) del D.Lgs. 192/2005 e ss. mm. ii.), non richiede la verifica del fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento invernale, per il raffrescamento estivo e per la produzione di acqua calda sanitaria. Con riferimento al tipo di intervento è invece prevista la verifica della trasmittanza a ponte termico corretto (U) per le strutture opache verticali, per le strutture opache orizzontali o inclinate, per le chiusure apribili ed assimilabili (quali porte, finestre e vetrine, anche se non apribili, comprensive degli infissi, considerate le parti trasparenti e/o opache che le compongono). Allo stesso modo, in caso di sostituzione o ristrutturazione dell'impianto termico o del generatore di calore (articolo 3, comma 2, lettera c), numero 1), è prevista la verifica del rendimento medio globale dell'intero impianto.

Questo approccio prescinde da una lettura più generale dell'organismo architettonico e, ad una scala più ampia, dell'aggregato urbano, concependo l'intervento come adeguamento dell'involucro e non come miglioramento prestazionale, anche in quelle situazioni ove sarebbe invece necessario operare con tutte le cautele del caso. In questo senso, infatti, il miglioramento della prestazione energetica, va a coincidere con l'abbassamento della trasmittanza in $W/m^2 \cdot K$ del componente *i*-esimo dell'involucro esterno sul quale si interviene, perdendo di vista tutti gli altri parametri che la valutazione dell'indice EP_{tot} prevede.

D'altra parte, però, è necessario rilevare le distorsioni legate al meccanismo delle certificazioni che, come si è visto, mettono al centro l'indice di prestazione energetica e si configurano oggi quale strumento privilegiato di ausilio alle nuove politiche, sia in ambito locale che in ambito nazionale. Le attese legate alle certificazioni, il desiderio della classe A a tutti i costi, possono risultare estremamente pericolosi nel momento in cui ci si confronta con l'edilizia pre-industriale. In tal caso, infatti, la qualità dell'edificio non può ridursi ad una valutazione di tipo patrimoniale, né tantomeno energetica, ma deve contemplare, necessariamente, l'effettivo valore culturale-testimoniale che concorre a pieno titolo e primariamente su qualsiasi altra valutazione.

È possibile individuare due approcci alla dimensione dell'intervento, l'uno, più vicino alle ragioni del mercato industriale, che in questi ultimi anni ha visto il settore delle costruzioni attraversato da una vera e propria rivoluzione legata alle innovazioni di prodotto e, l'altro, più vicino alla sensibilità del mercato immobiliare, che sta invece vivendo una severissima crisi sia in termini di fatturato, sia in termini di redditività. I due differenti orientamenti concorrono nel determinare l'indirizzo operativo degli attori che possono, e in qualche caso devono, intervenire sull'edilizia esistente. Nella pratica si assiste ad atteggiamenti diametralmente opposti, dall'attenzione all'efficienza energetica dell'edificio nel suo complesso, attraverso la predisposizione di tutte le tipologie di intervento atte a migliorare globalmente il comportamento dell'immobile, fino a soluzioni puntuali e limitanti, tese a raggiungere i requisiti prestazionali della singola unità tecnologica¹.

Va inoltre sottolineato come gli interventi volti al miglioramento della prestazione energetica siano spesso pensati in assoluta autonomia da figure tecniche ad alta specializzazione senza il necessario coordinamento del professionista che si occupa dell'intero progetto. In riferimento all'edilizia pre-industriale, l'attenzione sembra concentrarsi quasi esclusivamente sul tema della coibentazione delle chiusure opache, con isolamenti termici esterni che rischiano, spesso, di compromettere l'equilibrio figurativo tra partito architettonico e fondi, annegando modanature e cornici e rettificando erroneamente superfici in origine irregolari.

Per una migliore trattazione in merito alle tipologie di intervento ed alle problematiche connesse in rapporto alle caratteristiche materico-costruttive dell'edilizia preindustriale si rimanda al lavoro di Keoma Ambrogio². Lo specifico interesse per gli attuali indirizzi del mercato - industriale da una parte, immobiliare dall'altra - richiede invece in questa sede un approfondimento specifico in merito alle categorie di intervento che in questi ultimi anni hanno maggiormente interessato l'edilizia residenziale di base. Si desidera portare



¹ K. Ambrogio, *op. cit.*, p. 58.

² *Ibidem*, pp. 58-78.

alcune riflessioni in merito alla distribuzione quantitativa degli interventi effettuati in Italia sulla base dell'ultimo rapporto disponibile pubblicato a cura di ENEA, per l'anno 2009³. L'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, già dal 2007, è impegnata nella valutazione degli interventi eseguiti e nel monitoraggio dei risultati ottenuti (energetici, ambientali, economici) in seguito all'emanazione della norma finalizzata alla detrazione fiscale del 55% in caso di intervento volto al risparmio energetico sull'edilizia esistente⁴. Per quanto riguarda l'attività di monitoraggio e l'analisi dei dati relativi agli interventi effettuati, l'attività di ricerca svolta dall'Agenzia si è rivolta prevalentemente alla valutazione degli effetti degli incentivi fiscali previsti dalla Legge Finanziaria, sia dal punto di vista energetico-ambientale, sia dal punto di vista economico-fiscale. In particolare, è stata costruita una banca dati per censire il numero e la tipologia dei soggetti che hanno beneficiato degli incentivi, caratterizzare gli investimenti associati e quantificare conseguentemente i costi per l'erario associati agli incentivi medesimi. Inoltre, tale insieme di dati, ha permesso di caratterizzare e qualificare le tipologie di interventi eseguiti ed associare a questi il risparmio energetico conseguito, sia in termini di MWh risparmiati, sia di tonnellate di CO₂ non emesse in atmosfera.

Mettendo in relazione la distribuzione del numero di abitazioni in Italia, classificate per periodo di costruzione (espresso in %)⁵, con il numero di immobili oggetto di intervento (espresso in %), sempre suddivisi con il medesimo criterio⁶ (Tabella 20), è possibile trarre alcune iniziali conclusioni.

EPOCA (rif. dati ISTAT)	ANTE 1919	1919-1945	1946-1961	1962-1981	1982-1991	POST 1991
ISTAT 2001	19%	12%	15%	35%	12%	7%
ENEA 2010	11%	6%	18%	47%	9%	9%
Differenza	8%	6%	-3%	-12%	3%	-2%

Tabella 20. Confronto dati ISTAT 2001 - dati ENEA 2010.

Nell'analisi è doveroso tenere presente che, al contrario del dato ISTAT, il dato ENEA è riferito indistintamente a tutte le categorie catastali e che la percentuale di immobili residenziali sui quali si è intervenuto nell'arco del 2009 (anno di riferimento del dato ENEA 2010), beneficiando della detrazione fiscale del 55%, è il 96% del totale (228.325 U. I.).

³ ENEA – Unità Tecnica Efficienza Energetica, Le detrazioni fiscali del 55% per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente nel 2009, ENEA 2010. Questo costituisce l'ultimo rapporto ad oggi disponibile sull'argomento.

⁴ Articolo 1, comma 349, della legge 27 dicembre 2006, n. 296.

⁵ Dati Censimento Nazionale ISTAT 2001

⁶ ENEA *op.cit.*, p. 24.

Nella prima classe cronologica (ANTE 1919) e in misura minore nella seconda (1919-1945) è possibile riscontrare un significativo discostamento tra il dato ISTAT di riferimento e il dato ENEA relativo alle unità immobiliari oggetto di intervento. Questa distanza è probabilmente determinata dall'oggettiva difficoltà di intervento per l'adeguamento energetico agli standard minimi previsti dalla normativa nell'edilizia preindustriale di base. Al contrario, le ampie possibilità di intervento nell'edilizia degli anni '60 e '70, caratterizzata dall'utilizzo di tecnologie ormai standardizzate, incentiva un significativo ricorso alla detrazione fiscale. È quindi riscontrabile fin d'ora una sostanziale inefficacia delle politiche energetiche ormai consolidate in ambito nazionale, almeno per quel che riguarda il parco edilizio più antico.

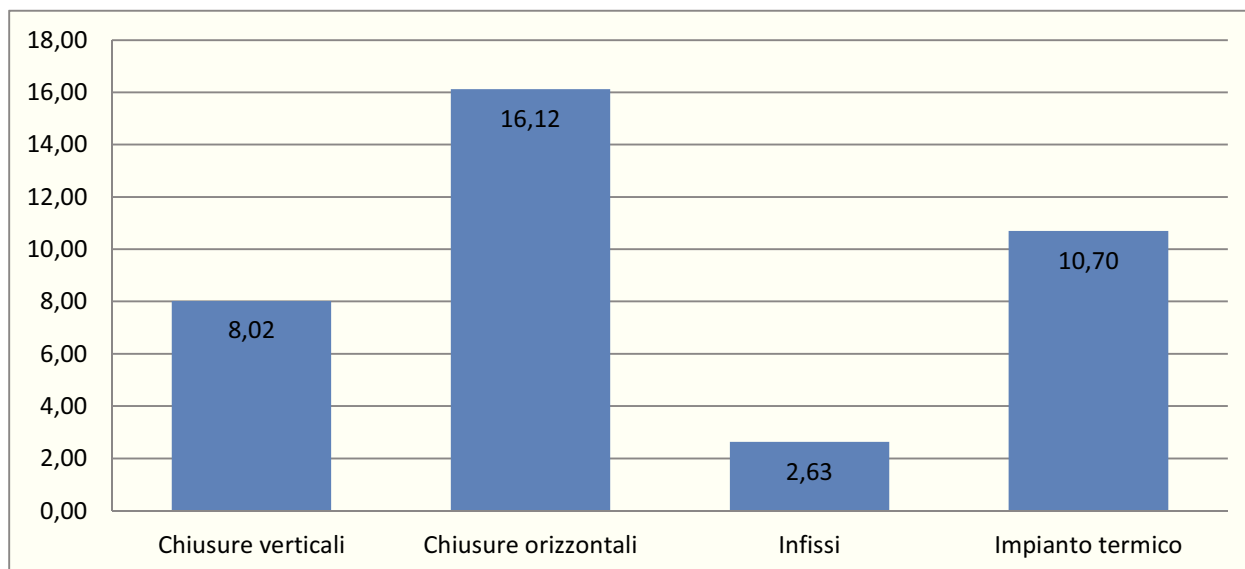
Sulla base della banca dati messa a disposizione dall'Agenzia è possibile estendere l'analisi alla distribuzione per categorie di intervento, dei cantieri effettivamente portati a termine sempre nell'arco del 2009.

Dalla banca dati fornita da ENEA è possibile ricavare che⁷:

- poco meno della metà degli interventi, quasi 115.000 su un totale di circa 237.000, prevede la sostituzione degli infissi;
- circa 70.000 interventi, pari al 30% del totale, riguardano la sostituzione dell'impianto di climatizzazione invernale;
- oltre 36.000 interventi, il 15% del totale, prevedono l'installazione di pannelli solari per la produzione di acqua calda sanitaria;
- circa 10.000 interventi, il 4% del totale, introducono tecnologie per la coibentazione di chiusure opache orizzontali, in prevalenza coperture;

⁷ ENEA *op.cit.*, p. 29.

- solo 5.000 interventi, il 2% del totale, riguardano invece la coibentazione di chiusure opache verticali, in prevalenza realizzate sul fronte esterno.



COSTI e RISPARMI (rif. dati ENEA)	Chiusure verticali (dati medi per intervento)	Chiusure orizzontali (dati medi per intervento)	Infissi (dati medi per intervento)	Impianto termico (dati medi per intervento)
COSTI (€)	16.678	26.276	9.469	12.427
RISARMI (kWh·anno)	8.025	16.122	2.627	10.697
Costo in (€) di ogni (kWh·anno) risparmiato	2,08	1,63	3,60	1,16

Tabella 21. Rielaborazione da dati ENEA 2010.

Se si osserva la distribuzione delle categorie di intervento sul solo involucro (Grafico 18) appare chiaro come la stragrande maggioranza degli interventi per cui viene richiesta la detrazione fiscale sia concentrata sugli infissi (sostituzione o integrazione). Il rapporto costi / benefici, in termini di risparmio sui consumi energetici (Grafico 19, Tabella 21),

ottenuto dividendo il costo medio per ciascuna categoria di intervento con il risparmio medio conseguito a seguito di ogni intervento (kWh·anno), porterebbe, al contrario, a prediligere la sostituzione dell'impianto termico (1,16 €/kWh·anno) o, al più, la coibentazione della copertura (1,63 €/kWh·anno).

La convenienza in termini di rapporto costi / benefici, non costituisce quindi l'unico fattore a determinare l'intervento da preferirsi. Sono di fatto numerose le variabili che entrano in gioco nella scelta del tipo di intervento finalizzato a migliorare la prestazione energetica della propria abitazione. Motivazioni di carattere economico, prima fra tutte l'attuale inadeguatezza dei bilanci familiari a far fronte a spese straordinarie di notevole entità, portano a prediligere interventi migliorativi dal costo medio assoluto relativamente più basso (la sostituzione degli infissi costituisce infatti l'unico intervento con un costo medio assoluto inferiore a 10.000 €). A margine è necessario considerare altri aspetti. L'infisso, di norma integrato alla chiusura opaca, costituisce un punto debole della chiusura stessa (frequentemente caratterizzato da condense interstiziali e/o superficiali, infiltrazioni d'acqua, rapide escursioni termiche, sollecitazioni differenziali, ecc.) che, nel tempo, ne pregiudicano la tenuta. Come elemento tecnico, inoltre, è caratterizzato da sistemi tecnologici soggetti a rapida obsolescenza (sistemi di apertura e chiusura, cerniere, ecc.), quindi più sensibili ad istanze di sostituzione. Ancora, come elemento di arredo (design del prodotto, design del componente, materiale impiegato, ecc.), è legato ai repentini cambiamenti del gusto che frequentemente ne enfatizzano l'invecchiamento. Si aggiungano, a corollario, altre considerazioni. Essendo, nella stragrande maggioranza dei casi, interventi concentrati sull'unità abitativa di residenza, durata e invasività del cantiere all'interno della dimensione domestica costituiscono una pregiudiziale di cui è impossibile non tenere conto.

Sempre considerando le categorie di intervento sul solo involucro, in termini di rapporto costi / benefici la coibentazione della copertura è sicuramente da preferirsi, ed è di fatto preferita (Grafico 19), rispetto all'intervento sulle chiusure verticali.

L'intervento sull'impianto termico, che spesso interessa tutti i singoli sottosistemi (emissione, distribuzione, regolazione e generazione), è sicuramente l'operazione più vantaggiosa sotto il profilo economico. Il costo di ogni (kWh·anno) risparmiato è pari a 1,16 €. Ragionevolmente, l'attrattività della categoria di intervento sul totale è pari al 30% (Grafico 19), influenzata, al ribasso, da aspetti di carattere tecnico-economico.

Riassumendo, fra tutte le pratiche inviate, l'intervento maggiormente perseguito sul territorio nazionale è la sostituzione degli infissi. Quello meno diffuso, sicuramente a causa della maggiore complessità ed onerosità, anche se a più alto valore aggiunto in termini di risparmio energetico, è invece la riqualificazione globale dell'edificio e, nello specifico, delle chiusure verticali. Nella scelta dell'intervento di miglioramento

energetico, oltre alla convenienza in termini di rapporto costi / benefici, è quindi possibile riscontrare una forte influenza del costo medio assoluto della categoria di intervento e della generale complessità in termini tecnico-operativi (organizzazione dei lavori, durata del cantiere, impegno finanziario).

Queste informazioni costituiscono un imprescindibile riferimento per le simulazioni di seguito implementate.

7.2. SIMULAZIONE DI SCENARI FUTURI.

Il presente lavoro ed in particolare l'esame di diversi metodi di valutazione del fabbisogno a diversi livelli, sia alla scala dell'organismo urbano con modelli top-down e bottom-up (si veda il capitolo 4), sia alla scala dell'aggregato con il "metodo speditivo" proposto sulla base della procedura prevista dalla norma UNI/TS 11300 - Parte 1 e Parte 2 (si veda il capitolo 6), deve essere inquadrato nell'ottica della programmazione di politiche per il risparmio energetico. L'elaborazione di strumenti per la conoscenza del comportamento e della prestazione energetica, con specifico riferimento all'edilizia pre-industriale di base, deve essere vista come momento preliminare alla penetrazione ed allo sviluppo di tecnologie per il miglioramento energetico, finalizzate al raggiungimento degli obiettivi posti dal Piano di Azione italiano per l'efficienza energetica⁸.

Gli scenari di seguito proposti hanno il principale obiettivo di valutare le possibili ricadute, in termini di miglioramento della prestazione energetica, determinate dall'attuazione di specifiche strategie d'intervento. Le categorie d'intervento proposte negli scenari oggetto di valutazione, che ricalcano essenzialmente le categorie previste dalla normativa per la detrazione fiscale del 55%, di cui si è parlato poco sopra, devono essere lette a titolo esemplificativo e non certo esaustivo. Costituiscono primariamente una verifica delle potenzialità operative del metodo stesso. La procedura semplificata proposta, da una parte, consente una valutazione speditiva dello stato di fatto dell'edilizia preindustriale di base in termini di prestazione energetica, dall'altra, può configurarsi quale strumento utile per la valutazione del rapporto costi / benefici in merito ad alcune possibili strategie individuate nell'ambito dell'edilizia preindustriale all'interno di una determinata area urbana.

La rappresentazione degli scenari ipotizzati, nonché il confronto - anche grafico - con lo stato di fatto, costituisce il primo passo, ancorché conoscitivo, per l'attivazione dei cosiddetti "progetti mobilizzatori", programmi definiti a livello locale, finalizzati ad innescare processi di riqualificazione energetica consapevole anche in ambito storico. Nell'ambito dell'edilizia pre-industriale di base è possibile parlare dello sviluppo di interventi dimostrativi, qualificazione di un'offerta industriale con baricentro nella zona interessata, orientamento di attività di trasferimento tecnologico, informazione e formazione sui segmenti di mercato coinvolti, normazione e pianificazione che alimenti la domanda e stimoli l'offerta, sempre mirata a privilegiare quelle categorie di intervento che, oltre ad essere compatibili con l'istanza conservativa - che il bene, in quanto testimonianza culturale, impone - possano vantare un basso rapporto costi / benefici.

⁸ Piano di Azione italiano per l'efficienza energetica. Cfr. Valutazione del potenziale di risparmio energetico nell'edilizia residenziale e nel terziario in Puglia, ENEA 2009.

Infine, il deciso impegno nella salvaguardia delle tecniche e dei materiali pre-industriali, essi stessi portatori di importanti valori testimoniali, portano ad individuare strategie di intervento integrate tra loro.

Le simulazioni, effettuate sullo stesso parco edilizio, quindi sulle stesse 364 unità immobiliari già oggetto della precedente valutazione (si veda il capitolo 6), sono riportate alla scala dell'edificio in modo da consentire l'inserimento del dato nella banca dati georeferenziata. Nell'economia della stessa procedura di calcolo, sono di volta in volta modificati i dati in ingresso che riflettono il supposto conseguimento di determinati standard prestazionali a seguito di specifiche categorie di intervento. La determinazione del rapporto costi / benefici non può ovviamente prescindere dall'analisi del costo medio per ciascun intervento, calcolato con particolare attenzione al reale impatto sul tipo di edilizia in esame.

È già stato sottolineato come il rapporto costi / benefici non possa costituire l'unico elemento per la valutazione delle priorità di investimento in termini di politica energetica (attivazione di "progetti mobilizzatori"). Le categorie d'intervento su cui portare il grosso degli investimenti, pubblici e privati, devono essere infatti il risultato di decisioni di natura politico. È necessario considerare primariamente i peculiari caratteri costruttivi dell'edilizia in oggetto con i relativi vincoli di salvaguardia, le ragioni del mercato industriale così come quelle del mercato immobiliare e, non ultime, le attitudini della comunità ad operare in un senso piuttosto che in un altro (si veda, in questo senso, l'analisi del rapporto ENEA 2010).

Il rapporto ENEA costituisce quindi un ottimo riferimento per conoscere, almeno in termini generali, le propensioni della comunità nella scelta degli interventi. Al contrario per la valutazione del rapporto costi / benefici è necessario un approfondimento diretto sull'edilizia in oggetto, che consenta, da una parte, una stima dei costi aderente alle specificità locali (tipologia, materiali, tecniche, ecc.), dall'altra, una qualificazione del risultato che è possibile ottenere.



7.2.1. Intervento sull'involucro: efficacia in base al rapporto costi / benefici.

Gli interventi maggiormente sostenuti dal mercato industriale sono indubbiamente legati all'aumento delle prestazioni dell'involucro.

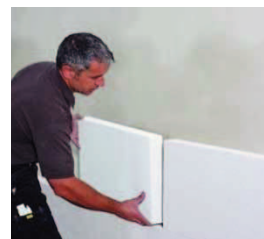
Se tali interventi sono particolarmente adatti a risolvere il problema della dispersione di chiusure verticali ed orizzontali nell'edilizia industriale, nell'edilizia pre-industriale, ove le chiusure esterne presentano spesso caratteri figurativi e materici che non possono - e non devono - essere obliterati, operazioni di questa natura devono condursi con la massima cautela.

Il mercato industriale e parte del mondo professionale sostengono fortemente questi interventi di trasformazione dell'involucro per una serie di motivazioni che vanno dall'interesse economico, insito negli alti costi di realizzazione che si riversano sia sugli utili d'impresa che sulle parcelle professionali, alla certezza del risultato, facilmente riscontrabile con una coibentazione generalizzata del fabbricato. Le categorie di materiali messi a disposizione dal mercato sono molteplici, anche se, nella scelta, si assiste ad un prevalere dell'istanza economica, calcolata esclusivamente sul breve periodo. La scelta tra una soluzione tecnica e l'altra, è operata quasi esclusivamente sulla base dei costi di approvvigionamento e messa in opera, a parità di rispetto dei requisiti minimi stabiliti per legge.

Come si è visto poco sopra, tra tutte le possibili categorie di intervento sull'involucro, l'intervento sulle chiusure opache verticali è secondo solo all'intervento sulle coperture (Grafico 18). Lo scenario prevalente di valutazione rimane quello invernale. Le scelte sono quindi orientate alla riduzione del passaggio di calore dall'interno verso l'esterno. Possiamo suddividere gli interventi sulle chiusure opache verticali in tre principali famiglie⁹:

- il cappotto esterno, costituito da uno strato isolante posto sul lato esterno della muratura, a ricoprire completamente l'intero involucro;
- l'isolamento interno, costituito da uno strato isolante posto sul lato interno della muratura, facendo attenzione alla riduzione dei possibili ponti termici indotti dalle strutture portanti orizzontali e verticali;
- l'isolamento in intercapedine, tecnica possibile solo in caso di intervento su muratura a doppio strato, con intercapedine già esistente, o nel caso di ristrutturazione che preveda la realizzazione di una seconda parete interna o, più raramente, esterna.

La prima soluzione risulta sicuramente più efficace in termini di risparmio energetico. D'altra parte, la soluzione con isolamento interno, evitando l'accumulo di calore nella massa muraria, consente una rapida climatizzazione dell'ambiente riscaldato.



⁹ K. Ambrogio, *op. cit.*, p. 63.

Nella scelta tra le due soluzioni è necessario tener presente che l’inserimento di uno strato isolante all’interno può determinare più facilmente fenomeni di condensa superficiale e/o interstiziale, arrecando danno alle murature, già frequentemente interessate da fenomeni di umidità (risalita capillare, ecc.), ed allo strato isolante inserito. Le soluzioni utilizzate nella stragrande maggioranza dei casi vanno dall’impiego di pannelli rigidi o semirigidi (di origine vegetale, animale, sintetica o minerale) all’uso di intonaci termoisolanti (malta di calce idraulica con aggregati isolanti quali polistirene e/o sughero).

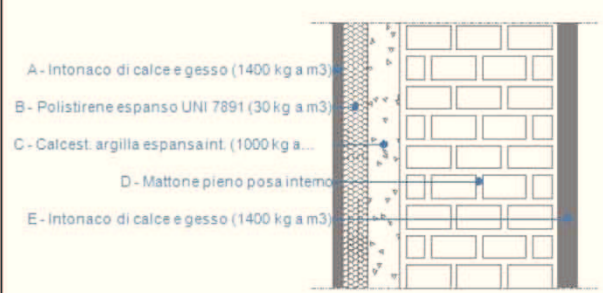
CHIUSURA VERTICALE OPACA ISOLATA INTERNAMENTE (SIMULAZIONE 01)								
DATI DELLA STRUTTURA								
Nome dell'elemento: Muro esterno								
Descrizione: Tipologia: Parete Disposizione: Verticale Spessore: 385,0 mm Trasmissanza U: 0,598 W/(m ² K) Resistenza R: 1,673 (m ² K)/W Massa: 551 Kg/m ²								
STRATIGRAFIA								
	Strato	Spessore mm	Conduttività λ W/(mK)	Resistenza R (m ² K)/W	Densità ρ Kg/m ³	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore μ _a	Fattore μ _i
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3)	15,0	0,700	0,021	1,400	0,84	10,7	10,7
B	Polistirene espanso UNI 7891 (30 kg a m3)	40,0	0,040	1,000	30	1,25	66,7	66,7
C	Calcest. argilla espansa int. (1000 kg a m3)	50,0	0,300	0,167	1,000	0,92	8,0	3,3
D	Mattone pieno posa interno	250,0	0,920	0,272	2,000	0,84	10,7	10,7
E	Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3)	30,0	0,700	0,043	1,400	0,84	10,7	10,7
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	385,0		1,673				
Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m ² K)				Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m ² K)/W				
Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m ² K)				Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m ² K)/W				
VERIFICA DI TRASMITTANZA DELLA STRUTTURA								
Verifica di trasmittanza (al netto di eventuali ponti termici non corretti) Comune di riferimento: Ferrara Anno di riferimento: 2011 Trasmissanza della struttura U: 0,598 W/(m ² K) Zona climatica di riferimento: E Trasmissanza limite U _{lim} : 0,340 W/(m ² K)								
VERIFICA: NO Riferimento normativo: regione emilia romagna dlgs 192 311								
CONDIZIONI AL CONTORNO								
CONDIZIONE		Temperatura interna T _i °C	Pressione parziale interna P _i Pa	Temperatura esterna T _e °C	Pressione parziale esterna P _e Pa			
INVERNALE		20,00	1.519,00	1,40	570,20			
ESTIVA		23,90	1.926,80	23,90	1.956,50			
	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a ΔP: 0 Pa							
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: 0,019 kg/m ² , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva							
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a ΔP: 616,772 Pa							

Tabella 22. Scheda di verifica (spessore, trasmittanza, resistenza e massa) del pacchetto proposto per la simulazione.

DEFINIZIONE DELLO SCENARIO (I)

Con l'obiettivo di mitigare il più possibile l'impatto sulla preesistenza - ancorché trattasi di edilizia pre-industriale di base e non di edilizia monumentale - con particolare riferimento ai caratteri stilistici e materici delle superfici esterne, frequentemente caratterizzate da importanti segni del passaggio del tempo e da piccoli dettagli figurativi che ne qualificano l'aspetto ed il valore testimoniale, la simulazione proposta farà riferimento all'intervento di isolamento dall'interno.

Nella procedura di calcolo è considerato l'inserimento di uno strato di isolante in polistirene espanso di spessore pari a 40 mm, in aderenza al fronte interno del 100% delle chiusure delle unità abitative oggetto di valutazione. Considerando uno spessore medio del pacchetto pari a 0,385 m, il valore della trasmittanza passa da 1,70 W/(m²K) - previsti nella valutazione sullo stato di fatto - a 0,598 W/(m²K) - nella presente simulazione (Tabella 22).

Nell'analisi del prezzo unitario è necessario tenere conto del costo per la demolizione dell'intonaco interno esistente. Il costo medio di intervento risulta pari a poco meno di 200 €/m²_{sup,disp.} (Tabella 23). È importante sottolineare che il costo di intervento al m² dovrà essere normalizzato sugli effettivi m² di pacchetto necessari per ogni m² di superficie utile. Il costo sarà quindi diverso per ciascun aggregato. Si passa dai 308,81 €/m²_{sup,utile} dell'aggregato 2 - caratterizzato da una minore compattezza plano-volumetrica - ai 254,27 €/m²_{sup,utile} dell'aggregato 6 - indubbiamente molto più compatto (Grafico 12).

ANALISI

I risultati della simulazione (Tabella 24, Figura 46) portano ad alcune preliminari riflessioni.

Considerando un'operazione a vasto raggio, sul 100% delle unità abitative, il tipo di intervento proposto, da solo, consente un risparmio - massimo possibile - pari a circa il 30,5% in termini di energia primaria (kWh/anno), a fronte di un costo per ogni kWh/anno risparmiato, pari a circa 4,9 €.

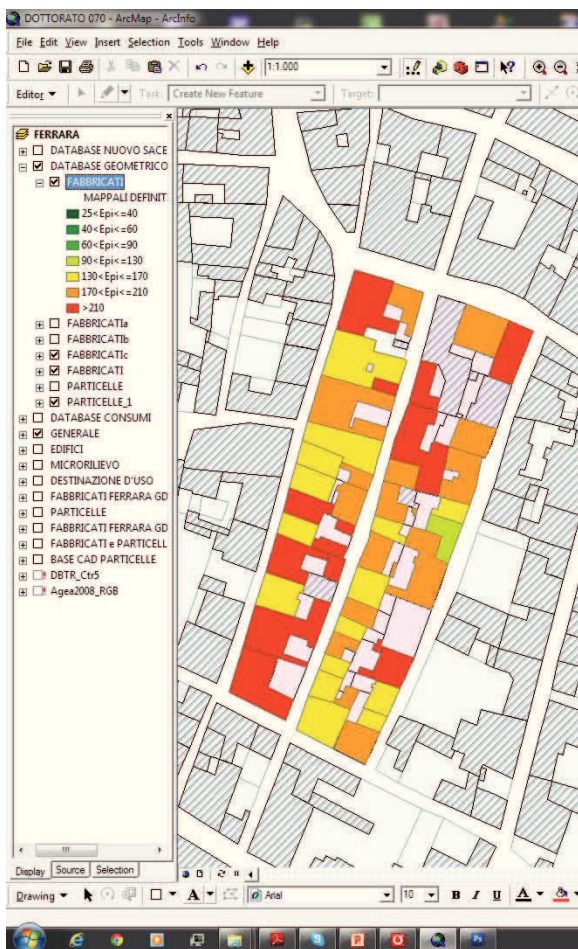
Pur con lievi differenze tra un aggregato e l'altro è possibile sottolineare che questa tipologia di intervento risulta più vantaggiosa in termini di kWh/anno risparmiati, di costo per ogni kWh/anno e, in ultimo, di costo per m²_{sup,utile}, per aggregati caratterizzati da una maggiore compattezza plano-volumetrica (si vedano, in questo senso, gli aggregati 1 e 6 - Grafico 12).

Il confronto tra stato di fatto e scenario simulato predisposto su piattaforma GIS, caratterizza cromaticamente, in termini incrementali, l'indice di prestazione energetica [EP_{to}] relativo a ciascun edificio, mostrando, con chiarezza, il risultato raggiungibile.

Analisi dei Prezzi Unitari					
Riferimento Progetto/Appalto					
Descrizione		realizzazione di cappotto interno su muratura esistente, è compresa la rimozione dell'intonaco vecchio interno			
Codice					
Nr.	Elementi Dell'analisi	U.M.	Q.tà	Prezzo Elementare	Importo
1	Materiali Elementari				
	1,1 Polistirene espanso UNI 7091 (30 kg a m ³) mm40	m2	1,00	€ 2,39	€ 2,39
	1,2 calcestruzzo leggero di argilla espansa	m2	1,0	€ 25,93	€ 25,93
	1,3			€ -	€ -
	1,4			€ -	€ -
	TOTALE MATERIALI ELEMENTARI				€ 28,32
2	Manodopera				
	2,1 Operaio specializzato	ora	2,00	€ 26,42	€ 52,84
	2,2 Operaio comune	ora	2,00	€ 23,50	€ 47,00
	2,3 Operaio 3° Livello	ora	0,00	€ -	€ -
	TOTALE MANODOPERA				€ 99,84
3	Noli				
	3,1			€ -	€ -
	3,2			€ -	€ -
	3,3			€ -	€ -
	TOTALE NOLI				€ -
A	SOMMA PARZIALE (1+2+3)				€ 128,16
5	Oneri di sicurezza	%	3,0		€ 3,84
B	SOMMA PARZIALE (A+5)				€ 132,00
6	Spese Generali Correnti (% su punto B)	%	15,0		€ 19,80
C	SOMMA PARZIALE (B+6)				€ 151,81
7	Utile di Impresa di Legge (% su punto C)	%	10,0		€ 15,18
	SOMMA TOTALE				€ 166,99
8	Opere compiute				
	8,1 Spicconatura di intonaco di calce, gesso e :	m2	1,00	€ 0,25	€ 0,25
	8,2 Rinzafo	m2	1,00	€ 19,91	€ 19,91
	8,3 Intonaco eseguito su rinzafo	m2	1,00	€ 7,43	€ 7,43
	TOTALE OPERE COMPIUTE				€ 27,59
	SOMMA TOTALE VOCE				€ 194,58

Tabella 23. Analisi del prezzo unitario per il tipo di intervento previsto nella simulazione.

Aggregati 1 e 2 (S. d. F.) Indice EP_{tot} energia primaria (kWh/m² a)



Aggregati 1 e 2 (Scenario) Indice EP_{tot} energia primaria (kWh/m² a)

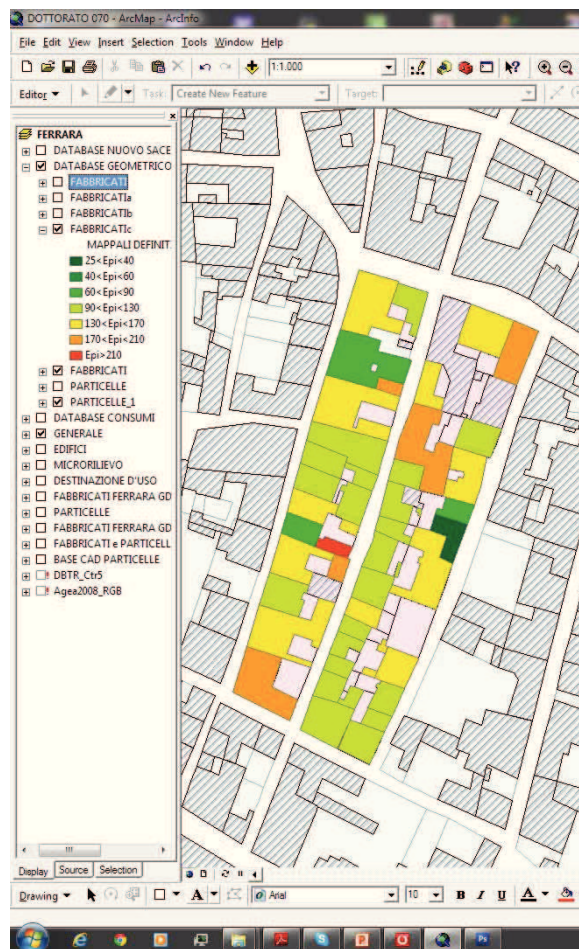
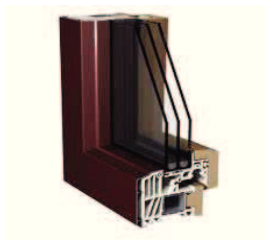


Figura 46. Confronto tra stato di fatto e scenario simulato (I) espresso in termini di incremento dell'indice di prestazione energetica [EP_{tot}] in ambiente GIS per gli aggregati 1 e 2.

AGG_01	AGG_02	AGG_03	AGG_04	AGG_05	AGG_06	AGG_07	AGGREGATO
67,00	66,00	51,00	44,00	30,00	59,00	47,00	N. UNITA' IMMOBILIARI
473.313,64	530.412,57	674.667,79	381.172,84	427.909,68	750.910,45	528.812,73	En. Termica Utile Riscaldamento (kWh)
105,13	97,70	104,93	93,83	103,62	99,28	97,28	EP _{I,INV,XLS} - En.Termica Utile (kWh/m ² anno)
140,17	130,27	139,90	125,10	138,16	132,38	129,70	EP _{tot} - En. primaria (kWh/m ² anno)
931.733,16	1.016.612,21	1.254.272,37	741.731,31	798.340,77	1.443.126,80	1.035.488,06	En. primaria (kWh/anno) Stato di Fatto
631.084,85	707.216,76	899.557,05	508.230,45	570.546,24	1.001.213,94	705.083,64	En. primaria (kWh/anno) Scenario
289,43	308,81	288,05	257,79	290,02	254,27	262,05	COSTO al mq di Superficie Utile (€/m ² _{sup.utile})
300.648,31	309.395,45	354.715,31	233.500,86	227.794,53	441.912,86	330.404,43	GUADAGNO (kWh/anno)
32,27	30,43	28,28	31,48	28,53	30,62	31,91	GUADAGNO %
4,6230	5,3714	5,4557	4,5668	5,3980	4,5941	4,5914	COSTA kWh/anno RISPARIATO (€)

Tabella 24. Quadro di sintesi dei risultati della I simulazione, suddiviso per aggregato.



7.2.2. Intervento sugli infissi: efficacia in base al rapporto costi / benefici.

Come rileva il rapporto ENEA, la sostituzione dell'infisso - con l'88% delle scelte effettivamente praticate - rimane l'intervento privilegiato tra le possibilità operative in riferimento all'involucro. Esistono naturalmente differenze sostanziali tra un serramento nuovo ed uno tradizionale realizzato con tecniche pre-industriali.

La dimensione del telaio del primo è molto più importante rispetto alle esili strutture di un tempo. Prevale ancora la doppia anta, anche se, in molte sostituzioni, è stata preferita l'anta singola che consente l'inserimento di un meccanismo di apertura più complesso (apertura a *vasistas*). Anche se il legno è ancora molto presente, i materiali utilizzati per i telai sono spesso altri (alluminio, acciaio, pvc).

La naturale alternativa all'intervento di sostituzione è l'intervento di restauro, volto alla salvaguardia dell'infisso esistente ed alla sostituzione dei soli vetri con vetri camera adeguati all'attuale normativa. La soluzione di compromesso tra la conservazione del telaio originario e la ridotta modifica del disegno del serramento per l'inserimento della nuova lastra, consente comunque di raggiungere un significativo miglioramento della prestazione energetica.

DEFINIZIONE DELLO SCENARIO (II)

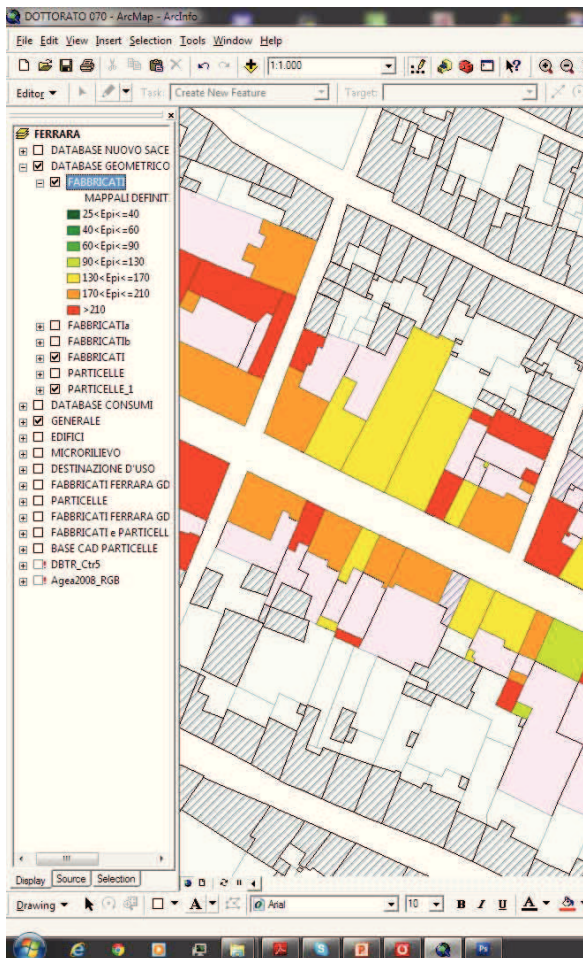
Il panorama attuale presenta prevalentemente infissi di recente sostituzione. Prevale l'infisso in legno con vetrocamera 4-6-4 (Argon). Nella maggior parte dei casi non vale la pena conservare alcunché.

Nella procedura di calcolo è considerata la sostituzione dell'intera finestra esistente con infisso munito di vetrocamera 4-8-4-8-4 (Argon) con due lastre a trattamento superficiale basso emissivo ($\leq 0,15$), nel 100% dei casi. Il valore della trasmittanza indicato nel prospetto C.1 dell'APPENDICE C - UNI/TS 11300 - Parte 1, risulta pari a $1,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Considerando un telaio in legno duro di circa 70 mm di spessore, il valore della trasmittanza indicato nel prospetto C.2 della stessa APPENDICE, risulta pari a $1,60 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

La trasmittanza termica delle nuove finestre con percentuale dell'area di telaio pari a circa il 20% dell'area dell'intera finestra passa da $3,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ - previsti nella valutazione sullo stato di fatto - a $1,60 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ - calcolati per la presente simulazione.

Nell'analisi del prezzo unitario è necessario tenere conto del costo di smontaggio del vecchio infisso. Il costo medio di intervento è stato quantificato sulla base del prezzario della Regione Emilia Romagna in $350 \text{ €/m}^2_{\text{sup.fin.}}$. Anche in questo caso il costo di intervento al m^2 dovrà essere normalizzato sugli effettivi m^2 di finestra esistenti per ogni m^2 di superficie utile. Il costo sarà quindi diverso per ciascun aggregato. Si passa dai $45,30 \text{ €/m}^2_{\text{sup.utile}}$ dell'aggregato 4 ai $32,79 \text{ €/m}^2_{\text{sup.utile}}$ dell'aggregato 3.

Aggregati 4 e 7 (S. d. F.) Indice EP_{tot} energia primaria (kWh/m² a)



Aggregati 4 e 7 (Scenario) Indice EP_{tot} energia primaria (kWh/m² a)



Figura 47. Confronto tra stato di fatto e scenario simulato (II) espresso in termini di incremento dell'indice di prestazione energetica [EP_{tot}] in ambiente GIS per gli aggregati 4 e 7.

AGG_01	AGG_02	AGG_03	AGG_04	AGG_05	AGG_06	AGG_07	AGGREGATO
67,00	66,00	51,00	44,00	30,00	59,00	47,00	N. UNITA' IMMOBILIARI
665.363,58	727.490,36	906.648,04	527.749,38	574.816,45	1.038.678,17	738.754,60	En. Termica Utile Riscaldamento (kWh)
150,63	137,60	148,56	135,28	139,54	138,57	135,49	EP _{I,INV,XLS} - En.Termica Utile (kWh/m ² anno)
200,84	183,46	198,07	180,37	186,06	184,76	180,65	EP _{tot} - En. primaria (kWh/m ² anno)
931.733,16	1.016.612,21	1.254.272,37	741.731,31	798.340,77	1.443.126,80	1.035.488,06	En. primaria (kWh/anno) Stato di Fatto
887.151,44	969.987,15	1.208.864,06	703.665,84	766.421,93	1.384.904,22	985.006,14	En. primaria (kWh/anno) Scenario
44,69	41,55	32,79	45,30	36,62	36,56	41,23	COSTO al mq di Superficie Utile (€/m ² _{sup.utile})
44.581,73	46.625,06	45.408,31	38.065,48	31.918,84	58.222,57	50.481,92	GUADAGNO (kWh/anno)
4,78	4,59	3,62	5,13	4,00	4,03	4,88	GUADAGNO %
4,8141	4,7954	4,8513	5,1214	4,8642	5,0141	4,7277	COSTA kWh/anno RISPARIATO (€)

Tabella 25. Quadro di sintesi dei risultati della II simulazione, suddiviso per aggregato.

ANALISI

I risultati della simulazione (Tabella 25, Figura 47) portano ad alcune preliminari riflessioni.

Considerando un'operazione a vasto raggio, sul 100% delle unità abitative, il tipo di intervento proposto, da solo, consente un risparmio - massimo possibile - pari a circa il 4,4 % in termini di energia primaria (kWh/anno), a fronte di un costo per ogni kWh/anno risparmiato, pari a circa 4,9 €.

Il confronto tra stato di fatto e scenario simulato predisposto su piattaforma GIS, caratterizza cromaticamente, in termini incrementali, l'indice di prestazione energetica [EP_{tot}] relativo a ciascun edificio. Come è possibile evincere dall'immagine, gli edifici che riescono a raggiungere la classe superiore sono davvero pochissimi.



7.2.3. Intervento sull'impianto: efficacia in base al rapporto costi / benefici.

Il 30% degli interventi rilevati dal rapporto ENEA si concentra sugli impianti. Un normale progetto di recupero edilizio dovrebbe sempre prevedere un aggiornamento della componente impiantistica per adeguarla alle più recenti prescrizioni legislative e per migliorarne l'efficacia dal punto di vista prestazionale. Gli interventi effettivamente registrati non riguardano quasi mai l'intero impianto ma solo alcuni sottosistemi:

- sostituzione del sottosistema di generazione (caldaia a gas nei sistemi autonomi o centrale termica in quelli condominiali);
- inserimento o sostituzione del sottosistema di regolazione con valvole termostatiche di controllo dei singoli terminali impiantistici;
- sostituzione sottosistema di emissione.

DEFINIZIONE DELLO SCENARIO (III)

Anche in questo caso, così come già nella valutazione dello stato di fatto, all'interno della procedura di calcolo non sono stimate separatamente le perdite dei diversi sottosistemi ma è considerato un unico valore per il rendimento medio globale stagionale dell'impianto termico ($\eta = Q_H/Q_p$) che li include tutti. Il valore di (η), assunto ai fini del calcolo, passa da 0,75 (75%) - previsto nella valutazione sullo stato di fatto - a 0,85 (85%) - calcolati per la presente simulazione.

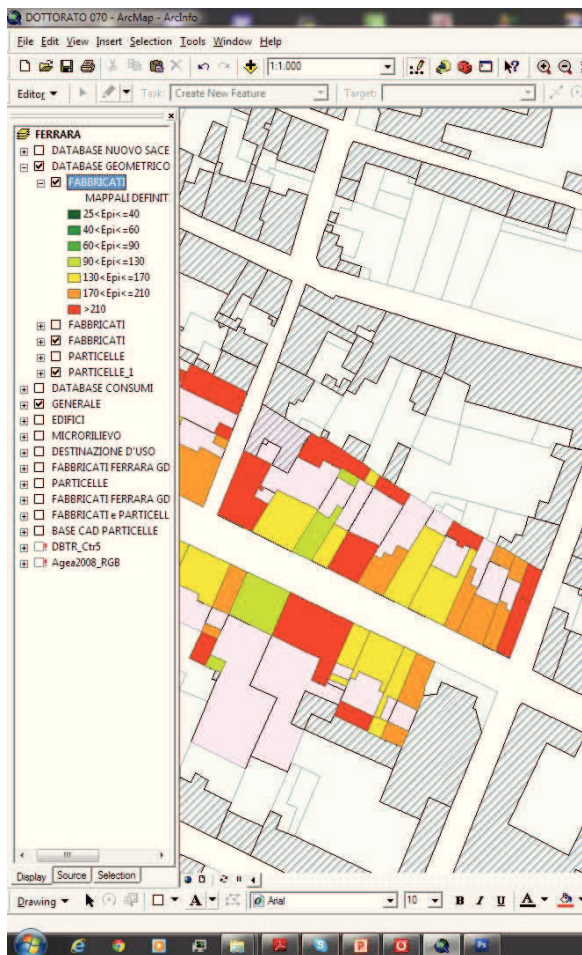
Il costo medio di intervento è stato stimato approssimativamente in 3.000 €/U. I.. In questo caso il costo di intervento per unità immobiliare dovrà essere normalizzato sugli effettivi m² di superficie utile. Il costo sarà quindi molto diverso da aggregato ad aggregato, in stretta relazione alla dimensione media delle unità abitative (in termini di superficie utile netta). Si passa dai 21,23 €/m²_{sup.utile} dell'aggregato 5 ai 41,86 €/m²_{sup.utile} dell'aggregato 1.

ANALISI

I risultati della simulazione (Tabella 26, Figura 48) portano ad alcune preliminari riflessioni. Considerando un'operazione a vasto raggio, sul 100% delle unità abitative, il tipo di intervento proposto, da solo, consente un risparmio - massimo possibile - pari

all'11,8 % in termini di energia primaria (kWh/anno), a fronte di un costo per ogni kWh/anno risparmiato, pari a circa 1,3 €.

Aggregati 4 e 7 (S. d. F.)
Indice EP_{tot} energia primaria (kWh/m² a)



Aggregati 4 e 7 (Scenario)
Indice EP_{tot} energia primaria (kWh/m² a)

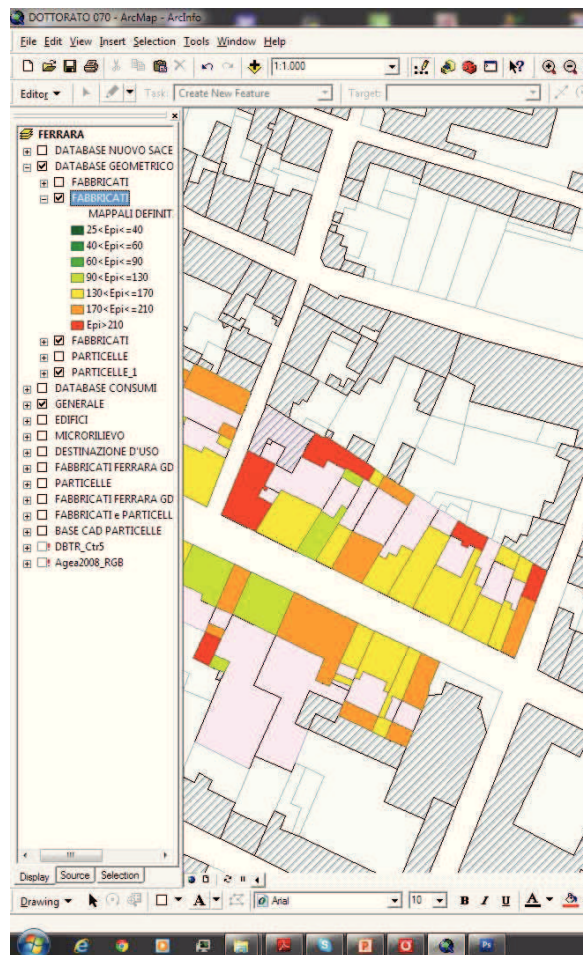


Figura 48. Confronto tra stato di fatto e scenario simulato (III) espresso in termini di incremento dell'indice di prestazione energetica [EP_{tot}] in ambiente GIS per gli aggregati 5 e 7.

AGG_01	AGG_02	AGG_03	AGG_04	AGG_05	AGG_06	AGG_07	AGGREGATO
67,00	66,00	51,00	44,00	30,00	59,00	47,00	N. UNITA' IMMOBILIARI
698.799,87	762.459,16	940.704,28	556.298,48	598.755,58	1.082.345,10	776.616,05	En. Termica Utile Riscaldamento (kWh)
157,76	144,80	155,37	142,40	146,14	144,42	143,66	EP _{INV,XLS} - En.Termica Utile (kWh/m ² anno)
185,60	170,35	182,79	167,52	171,92	169,90	169,01	EP _{tot} - En. primaria (kWh/m ² anno)
931.733,16	1.016.612,21	1.254.272,37	741.731,31	798.340,77	1.443.126,80	1.035.488,06	En. primaria (kWh/anno) Stato di Fatto
822.117,50	897.010,77	1.106.710,91	654.468,80	704.418,33	1.273.347,17	913.665,94	En. primaria (kWh/anno) Scenario
41,86	36,79	22,77	30,67	21,23	22,17	24,36	COSTO al mq di Superficie Utile (€/m ² _{sup,utile})
109.615,67	119.601,44	147.561,46	87.262,51	93.922,44	169.779,62	121.822,13	GUADAGNO (kWh/anno)
11,76	11,76	11,76	11,76	11,76	11,76	11,76	GUADAGNO %
1,8337	1,6555	1,0369	1,5127	0,9582	1,0425	1,1574	COSTA kWh/anno RISPARMIATO (€)

Tabella 26. Quadro di sintesi dei risultati della III simulazione.

Il massimo risparmio possibile, espresso in termini percentuali, è uguale per tutti gli aggregati poiché l'incremento percentuale del rendimento imposto è sempre pari al 10%. Il confronto tra stato di fatto e scenario simulato predisposto su piattaforma GIS, caratterizza cromaticamente, in termini incrementali, l'indice di prestazione energetica [EP_{tot}] relativo a ciascun edificio. Come è possibile evincere dall'immagine, gli edifici che riescono a raggiungere la classe superiore sono comunque pochi.

DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Le categorie di intervento presentate hanno carattere eminentemente esemplificativo.

Il **Grafico 20** registra le differenze tra il costo per ogni kWh/anno risparmiato per ciascuna categoria di intervento oggetto di valutazione - espresso in € sull'asse y - in riferimento agli aggregati in esame - individuati invece sull'asse x. La curva di colore blu rappresenta l'intervento sull'involucro, la curva di colore rosso l'intervento sugli infissi e la curva verde quello sull'impianto. Il grafico dimostra, tra le altre cose, che il costo di un kWh/anno risparmiato con un intervento sull'involucro o sugli infissi è molto più alto - circa il triplo - del costo di un kWh/anno risparmiato con un intervento sull'impianto.

D'altra parte, dal confronto delle tabelle ed in particolare delle rappresentazioni cartografiche elaborate su piattaforma GIS per ciascuna categoria oggetto di valutazione (**Figura 46, 47 e 48**), appare chiaro come le massime potenzialità di risparmio energetico, fino a circa il 30% in termini di energia primaria (kWh/anno), siano concentrate sugli interventi legati all'isolamento dell'involucro.

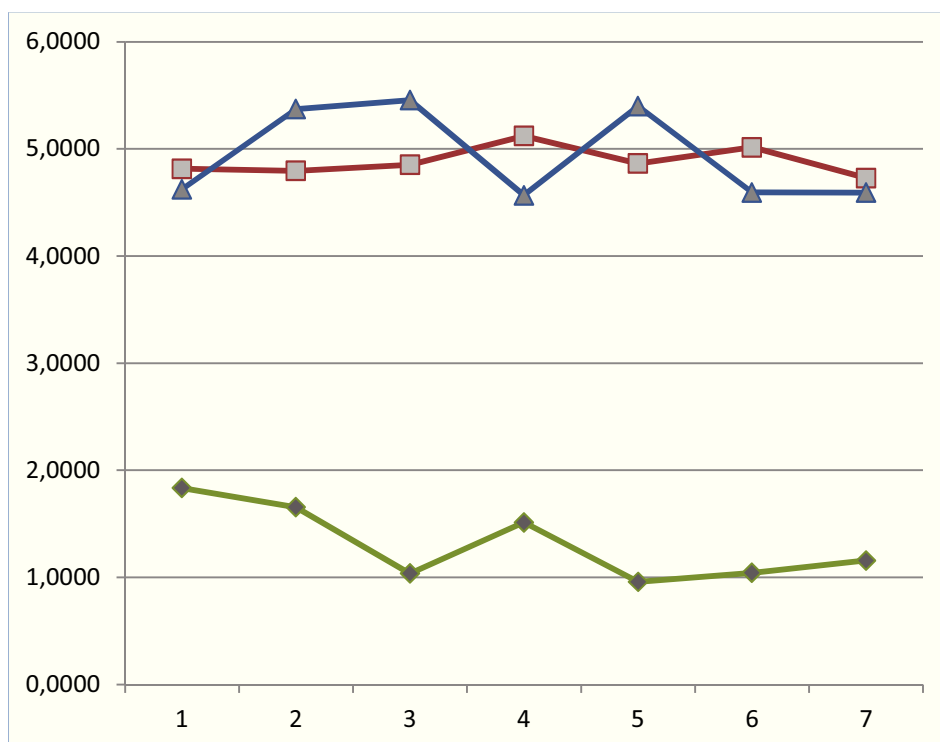


Grafico 20. Confronto tra il costo per ogni kWh/anno risparmiato (espresso in € sull'asse y) per le tre categorie di intervento analizzate a titolo esemplificativo, in riferimento agli aggregati oggetto di indagine (asse x).

In termini del tutto generali, sempre tenendo conto del carattere limitato della valutazione, ma intravedendone le potenzialità in termini strumentali, è possibile trarre alcune prime conclusioni. Un'amministrazione pubblica, chiamata alla programmazione di politiche energetiche mediante l'investimento di risorse della comunità, dovendo raggiungere la massima resa con la minima spesa, dovrà primariamente investire sull'impianto e solo successivamente sull'involucro. In altre parole dovrà impiegare denaro, da subito, promuovendo e/o incentivando la sostituzione dell'impianto (o di una sua parte), che consente di risparmiare energia ad un costo inferiore e, solo successivamente, una volta esaurite le possibilità di risparmio garantite da quella categoria di intervento, spostare l'investimento a sostegno dell'isolamento dell'involucro, con ampio margine di risultato in termini energetici, anche se a costi decisamente più elevati.

L'attivazione di una politica di questo tipo potrebbe essere tradotta in termini operativi garantendo il finanziamento (incentivo fiscale, quota in conto interessi, quota in conto capitale, ecc.) per gli interventi sull'impianto e, sull'involucro, solo se si sia già intervenuti precedentemente sull'impianto.

La qualificazione degli scenari per aggregato consente, in ultimo, delle stime *ad hoc*. L'andamento delle curve di costo per ogni kWh/anno risparmiato risente della specificità tipologico - costruttiva di ciascun aggregato (rapporto S/V, superficie finestrata / superficie disperdente, ecc.). È possibile per esempio riscontrare un andamento inverso tra i costi legati all'intervento di isolamento dell'involucro rispetto ai costi relativi alla sostituzione degli infissi. In altre parole, nei casi in cui l'edificio è caratterizzato da un'edilizia plano-volumetricamente più compatta, quindi con un basso rapporto S/V, il primo è più basso del secondo. Questi aspetti, se attentamente studiati, potrebbero portare il decisore politico a soluzioni differenziate in stretta relazione all'ambito urbano di intervento, privilegiando una linea piuttosto che un'altra.

Le potenzialità di simulazioni di questo tipo, che possono essere implementate con infinite varianti, appaiono chiare fin d'ora. Lo scenario di volta in volta elaborato può configurarsi quale importante ausilio di natura tecnica al momento politico-decisionale nell'ambito delle pubbliche amministrazioni.

CAPITOLO**8.****BREVI CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.**

Il principale risultato del lavoro di ricerca è costituito dalla definizione e dalla successiva verifica del “metodo speditivo” (si veda il capitolo 6), vero e proprio protocollo operativo per la valutazione del fabbisogno energetico nell’ambito di Sistemi Aggregati di Edilizia Pre-industriale di Base.

Come si è detto, la programmazione di efficaci politiche energetiche e l’organizzazione di interventi mirati nell’ambito della pianificazione strutturale, non possono che partire dalla conoscenza del reale stato di fatto. La significativa trasformazione che il mondo della pubblica amministrazione sta attraversando in questi ultimi tempi (riforma dell’Agenzia del Territorio, riforma delle amministrazioni locali, ecc.), potrebbe costituire un momento chiave per la messa a punto di nuove norme finalizzate ad incentivare e rendere più efficace il processo di acquisizione delle informazioni relative al territorio di competenza. Il database relazionale costruito su piattaforma ArcGIS (ESRI) va in questa direzione. Si è infatti tenuto conto delle nuove prospettive che il software, già oggi a disposizione degli uffici tecnici delle amministrazioni locali quale strumento principe per la pianificazione urbana e territoriale, è in grado di offrire (applicativi come geostatistical analyst, ecc.).

La simulazione di scenari di intervento sufficientemente approssimativi e, soprattutto, poco onerosi in termini di tempo e di costo, qui sviluppata con chiaro intendimento esemplificativo, costituisce probabilmente il risultato di maggiore interesse per le amministrazioni locali che, a vario titolo, sono chiamate alla proposta di nuove politiche per il risparmio energetico. Nell’immediato, un primo possibile sviluppo della ricerca è quindi rappresentato dall’elaborazione di ulteriori simulazioni. Sempre sulla base della

stessa banca dati e con lo stesso modello di valutazione, è possibile infatti caratterizzare scenari dimostrativi anche in riferimento ad altre categorie di intervento.

A titolo esemplificativo sarà possibile quantificare costi e benefici per provvedimenti di varia natura:

- isolamento delle coperture direttamente a contatto con gli ambienti climatizzati;
- isolamento dall'esterno delle chiusure opache verticali, eventualmente concentrati all'interno degli isolati e non sul fronte strada ove i caratteri stilistici e materici delle superfici non lo consentirebbero;
- riqualificazione dell'assetto distributivo/funzionale finalizzata a consentire una più chiara leggibilità dell'impianto tipologico primitivo e delle successive trasformazioni processuali (eliminazione di superfetazioni ed aggiunte incongrue o che abbiano comunque superato il limite fisiologico di trasformazione; interventi di riassetto funzionale; ecc.).

L'integrazione di più categorie e la simulazione con percentuali variabili potrebbero consentire stime più vicine alle reali potenzialità di risparmio in termini di energia primaria.

Valutazioni e confronti alla scala dell'edificio, tra edifici tipologicamente simili o tra edifici diversi ma soggetti alle stesse ipotesi di intervento (in questa sede non oggetto di trattazione perché ad una scala di approfondimento diversa da quella dell'aggregato o dell'organismo urbano), possono ragionevolmente portare alla redazione di linee guida per il miglioramento dell'efficienza energetica nell'edilizia pre-industriale di base, ad integrazione dell'“Atto di indirizzo” della Regione Emilia Romagna ovvero, in altro ambito, ad integrazione delle redigende linee guida promosse dal MiBAC per l'uso efficiente dell'energia nel patrimonio culturale.

Il controllo integrato di diversi modelli di valutazione del fabbisogno a svariati livelli, dalla scala dell'organismo urbano con modelli top-down e bottom-up (si veda il capitolo 4), alla scala dell'aggregato con il “metodo speditivo” proposto (si veda il capitolo 6), appositamente ricondotti all'interno della stessa piattaforma georeferenziata, consente, da una parte, il confronto statistico delle informazioni raccolte, dall'altra, l'analisi dei risultati ottenuti e la stima del differente grado di approfondimento ed approssimazione di ciascun metodo. La stessa amministrazione regionale si sta attualmente muovendo nell'ambito della verifica dei dati inseriti nella banca dati SACE.

Infine, un ultimo possibile sviluppo del percorso di ricerca è legato alla conoscenza delle trasformazioni che hanno interessato negli ultimi due secoli gli aggregati urbani in esame. L'analisi degli estimi catastali tardo settecenteschi e ottocenteschi, affiancata da una puntuale ricerca d'archivio (archivio periti, commissione d'ornato, fototeca, ecc.) e dal reperimento di tutti i contributi di natura cartografica, permette, in molti casi, la

ricostruzione con sufficiente livello di precisione dello stato di fatto e delle successive modificazioni a partire dall'inizio del XIX secolo. Sulla base di stati di fatto seriori, sarà allora possibile riproporre, con lo stesso "metodo speditivo" (tenendo presente i gradi giorno del periodo ed i set-point interni effettivamente richiesti), la valutazione del fabbisogno in termini di energia termica utile. Il risultato potrebbe essere incrociato con il rendimento dei sistemi utilizzati contestualmente per il riscaldamento (camini, stufe, ecc.), fino a ricostruire l'andamento dei consumi in termini di energia primaria, nei diversi periodi. La possibilità di effettuare stime dei consumi con questo livello di approfondimento è naturalmente di notevole interesse nell'ambito delle discipline storiche.

Il lavoro sin qui condotto deve quindi essere inteso non tanto come punto di arrivo bensì come punto di partenza per nuovi possibili percorsi di approfondimento scientifico.



B.1. TEMATICHE GENERALI.

- C. CARLO FALASCA, *Dal clima alla tipologia edilizia: Note metodologiche per la progettazione*, Alinea Editrice, Firenze 1985.
- N. SINOPOLI, *La tecnologia invisibile. Il processo di produzione dell'architettura e le sue regie*, Franco Angeli, Milano 1997.
- C. GALLO, *La qualità energetica e ambientale nell'architettura sostenibile*, Il Sole 24Ore, Milano 2000.
- N. SINOPOLI, V. TATANO, *Sulle tracce dell'innovazione*, Franco Angeli, Milano 2002.
- MINISTERO DELL'AMBIENTE (a cura di), *Libro Bianco "Energia-Ambiente-Edificio": Dati, criticità e strategie per l'efficienza energetica del sistema edificio*, Ministero dell'Ambiente, Roma 2004.
- L. FUSCO GIRARD, P. NIJKAMP (a cura di), *Energia, bellezza, partecipazione: la sfida della sostenibilità, valutazioni integrate tra conservazione e sviluppo*, Franco Angeli, Milano 2004.
- M. A. BARUCCO, D. TRABUCCO (a cura di), *Architettura Energia: Un'indagine sul complesso rapporto tra la professione dell'architetto e la questione energetica*, Edicom Edizioni, Monfalcone (TS) 2007.
- F. BATTAGLIA, *L'illusione dell'energia dal sole, 21mo Secolo*, Milano 2007.
- K. FABBRI, M. CONTI, *Progettazione energetica dell'architettura. Il progetto: involucro-impianti, comfort e ambiente*, DEI, Roma 2008.
- G. PARDI (a cura di), *Architettura energetica. Ricerche e proposte per una visione energetica dell'ambiente costruito*, Gangemi Editore, Roma 2008.
- G. CELESTE, *Edgar Morin. Cultura e natura nella teoria della complessità*, Il prato, Saonara (PD) 2009.

B.2. EFFICIENZA ENERGETICA.

B.2.1. Edilizia esistente in genere.

- Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo (WCED), *Rapporto Brundtland* (conosciuto anche come *Our Common Future*), 1987.
- ISTAT, *Censimento della Popolazione Italiana*, ISTAT, Roma 2001.
- M. SALA, *Recupero edilizio e bioclimatica*, Sistemi Editoriali – ESSELIBRI, Napoli 2001.
- G. FRANCO, *Riqualificare l'edilizia contemporanea*, Franco Angeli, Milano 2003.
- L. MALIGHETTI, *Recupero edilizio e sostenibilità*, Il Sole 24ore, Milano 2004.
- ENEA, *Rapporto Energia e Ambiente*, ENEA, Roma 2005.
- P. PRINCIPI *et alii.*, *Valutazione energetico-ambientale di edifici di edilizia pubblica residenziale di diversa tipologia ed ubicazione*. Erebi grafiche, Ancona 2006.
- M. CANNAVIELLO, A. VIOLANO (a cura di), *La certificazione energetica degli edifici esistenti: Leggi e norme di riferimento; metodologie, strumenti e modelli di calcolo; casi esemplificativi*, Franco Angeli, Milano 2007.
- G. CELLAI, G. BAZZINI, M. GAI (a cura di), *Le prestazioni energetiche degli edifici*, Maggioli, Rimini 2007.
- P. RAVA, *Tecniche costruttive per l'efficienza energetica e la sostenibilità*, Maggioli Rimini 2007.
- A. S. TREVISI, D. LAFORGIA, F. RUGGIERO, *Efficienza energetica in edilizia*, Maggioli, Rimini 2007.
- E. NUZZO, E. TOMASINSIG, *Recupero ecoefficiente del costruito: Confronto tra soluzioni migliorative per pareti, coperture e solai*, Edicom Edizioni, Monfalcone (TS) 2008.
- M. BOSCOLO, K. FABBRI, *Diagnosi energetica degli edifici. Guida all'uso della strumentazione per il certificatore energetico*, DEI, Roma 2009.
- L. BELLICINI, *Le costruzioni al 2010*, CRESME, Roma 2010.
- CRESME, *Rapporto Saienergia 10. Il Secondo Rapporto su ENERGIA e COSTRUZIONI realizzato da Cresme per SAIE*, SAIE - BOLOGNAFIERE, Bologna 2010.
- ENEA – Unità Tecnica Efficienza Energetica, *Le detrazioni fiscali del 55% per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente nel 2009*, ENEA, Roma 2010.
- ENEA, *Rapporto Energia e Ambiente. Analisi e scenari 2009*, ENEA, Roma 2010.
- K. FABBRI, V. TARABUSI, *Certificazione: aspetti economici e immobiliari*, in «Ponte», n. 2/2010, pp. 4-12.

B.2.2. Edilizia storica e monumentale.

- T. VONIER, *Energy Conservation and Solar Energy for Historic Buildings: Guidelines for Appropriate Designs*, The National Park Service, US Department of the Interior, Washington DC 1981.
- P. DAVOLI, *Architettura senza impianti, aspetti bioclimatici dell'architettura preindustriale*, Alinea Editrice, Firenze 1993.
- D. FOURNIER *et alii*, *Integrating Sustainable Design Principles into the Adaptive Reuse of Historical Properties. DRAFT*, Champaign, ERDC-CERL 2001.
- P. A. CETICA, *L'architettura dei muri intelligenti: Esperienze di climatizzazione sostenibile nell'Ottocento*. Pentecorboli, s.l. 2004.
- D. RODWELL, *Conservation and Sustainability in Historic Cities*, Blackwell Publishing, s.l. 2007.
- F. SPANEDDA, *Energia e insediamento: Una ricerca interdisciplinare per l'applicazione di principi di efficienza energetica nei centri storici*, Franco Angeli, Milano 2007.
- P. DAVOLI, Il senso della riqualificazione energetica del patrimonio architettonico tutelato, in un momento di recessione economica e di complessità normativa, in «L'ufficio tecnico», n. 1/2009, pp. 28-43.
- P. BAKER, *Research into the thermal performance of traditional windows: timber sash windows*, English Heritage, s.l. 2009

B.2.3. Impianti e forniture.

- G. DALL'Ò, K. FABBRI, *Evoluzione storica degli impianti nell'architettura*, in G. DALL'Ò (a cura di), *Gli impianti nell'architettura*, UTET, Torino 2000, pp. 3-73.
- G. CARBONARA (direzione scientifica di), *Restauro architettonico e impianti*, UTET, Torino 2001.
- AUTORITA' GARANTE DELLA CONCORRENZA E DEL MERCATO, AUTORITA' PER L'ENERGIA ELETTRICA E IL GAS, *Indagine conoscitiva sullo stato della liberalizzazione del settore del gas naturale (IC22)*, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato S.p.A., Roma 2004.
- S. GIACOMELLI, *La distribuzione di gas naturale in Italia: l'attuazione della riforma e i suoi effetti*, in «Questioni di Economia e Finanza (Occasional papers)», n. 21/2008.

B.2.4. Modelli di valutazione.

- P.J. JONES, S. LANNON, J. WILLIAMS, *Modelling building energy use at urban scale*, in: *Proceedings of the Seventh International Building Performance Simulation Association Conference (IBPSA)*, Rio de Janeiro (Brazil), 13-15 August 2001, pp. 175-180.

- J. NEYMARK, R. JUDKOFF, G. KNABE, H. T. LE, M. DÜRIG, A. GLASS, G. ZWEIFEL, *Applying the building energy simulation test (BESTEST) diagnostic method to verification of space conditioning equipment models used in whole-building energy simulation programs*, in «Energy and Buildings», vol. 34, 2002, pp. 917–931.
- L. DE SANTOLI, U. DI MATTEO, *Building Energy and Environment Performance System (BEEPS): a programme for building energy certification in Italy*, in «Building services engineering research & technology», vol. 24, 2003, pp. 61-68.
- C. RATTI, N. BAKER, K. STEEMERS, *Energy consumption and urban texture*, in «Energy and Buildings», vol. 37, 2005, pp. 762-776.
- J. TORNBERG, L. THUVANDER, *A GIS energy model for the building stock of Goteborg*, in: *Proceedings of the 25th annual ESRI user conference*, 2005.
- B. MOLLER, *Changing wind-power landscapes: regional assessment of visual impact on land use and population in Northern Jutland, Denmark*, in «Applied Energy», vol. 83, 2006, pp. 477-494.
- S. P. CORGNATI, V. CORRADO, *Procedura storicista per la stima della domanda energetica degli edifici*, in M. FILIPPI, G. RIZZO (a cura di), *Certificazione energetica e verifica ambientale degli edifici*, Flaccovio Editore, Palermo 2007.
- S. P. CORGNATI, V. CORRADO, M. FILIPPI, *A method for heating consumption assessment in existing buildings: A field survey concerning 120 Italian schools*, in «Energy and Buildings» vol. 40, 2008, pp. 801–809.
- C. MORRISON, N. SHORTT, *Fuel poverty in Scotland: Refining spatial resolution in the Scottish Fuel Poverty Indicator using a GIS-based multiple risk index*, in «Health & Place», vol. 14, 2008, pp. 702-717.
- L. TRONCHIN, K. FABBRI, *Energy performance building evaluation in Mediterranean countries: Comparison between software simulations and operating rating simulation*, in «Energy and Buildings» vol. 40, 2008, pp. 1176–1187.
- I. BALLARINI, V. CORRADO, *Application of energy rating methods to the existing building stock: Analysis of some residential buildings in Turin*, in «Energy and Buildings», vol. 41, 2009, pp. 790–800.
- K. FABBRI, *Prestazione energetica degli edifici. I metodi di calcolo secondo le norme UNI/TS 11300*, DEI, Roma 2009.
- L.G. SWAN, V. I. UGURSAL, *Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques*, in «Renewable and Sustainable Energy Reviews», vol. 13, 2009, pp. 1819-1835.
- A. M. VISSILIA, *Evaluation of a sustainable Greek vernacular settlement and its landscape: Architectural typology and building physics*, in «Building and Environment», vol. 44, 2009, pp. 1095–1106.

- L. DE SANTOLI, F. MANCINI, M. CECCONI, *Riqualificazione dell'edilizia residenziale di una città. Il caso Roma*, in «AiCARR journal», n. 1/2010, pp. 18-22.
- G. V. FRACASTORO, M. SERRAINO, *E-SDOB per una migliore conoscenza dei grandi parchi edilizi*, in «AiCARR journal», n. 1/2010, pp. 12-16.
- D. GALLEGO CARRERA, A. MACK, *Sustainability assessment of energy technologies via social indicators: Results of a survey among European energy experts*, in «Energy Policy», vol. 38, 2010, pp. 1030–1039.
- M. KAVGIC, A. MAVROGIANNI, D. MUMOVIC, A. SUMMERFIELD, Z. STEVANOVIC, M. DJUROVIC-PETROVIC, *A review of bottom-up building stock models for energy consumption in the residential sector*, in «Building and Environment», vol. 45, 2010, pp. 1683-1697.
- L. TRONCHIN, K. FABBRI, *A Round Robin Test for buildings energy performance in Italy*, in «Energy and Buildings», vol. 42, 2010, pp. 1862–1877.
- Z. J. ZHAI, J. M. PREVITALI, *Ancient vernacular architecture: characteristics categorization and energy performance evaluation*, in «Energy and Buildings», vol. 42, 2010, pp. 357–365.
- I. BALLARINI, S. P. CORGNATI, V. CORRADO, N. TALÀ, *Improving energy modeling of large building stock through the development of archetype buildings*, in: *Proceeding of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association*, Sydney, 14-15 November 2011, pp. 2874–2880.
- M. BENZERZOUR, V. MASSON, D. GROLEAU, A. LEMONSU, *Simulation of the urban climate variations in connection with the transformations of the city of Nantes since the 17th century*, in «Building and Environment», vol. 46, 2011, pp. 1545–1557.
- G. ESCRIVÁ-ESCRIVÁ, C. ÁLVAREZ-BEL, E. PEÑALVO-LÓPEZ, *New indices to assess building energy efficiency at the use stage*, in «Energy and Buildings», vol. 43, 2011, pp. 476–484.
- G. V. FRACASTORO, M. SERRAINO, *A methodology for assessing the energy performance of large scale building stocks and possible applications*, in «Energy and Buildings», vol. 43, 2011, pp. 844-852.
- S. REITER, V. WALLEMACQ, *City Energy Management: A Case Study on the Urban Area of Liège in Belgium*, in: *Proceedings of GEOProcessing 2011: The Third International Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications, and Services*, Gosier, Guadeloupe (France), 23-28 February 2011, pp. 7-12.

B.3. RESTAURO.

B.3.1. Restauro urbano, teorie e metodi.

- G. GIOVANNONI, *Vecchie città ed edilizia nuova*, Torino 1931.
- S. MURATORI, *Il restauro dei monumenti*, in: *Atti del VII Congresso Nazionale di Storia dell'Architettura*, pp. 9-13. s.l., 1950.
- R. PANE, *Città antiche, edilizia nuova*, Napoli 1959.
- Atti del Convegno sulla salvaguardia ed il risanamento dei centri storici - artistici*, Gubbio (PG), 17-19 settembre 1960.
- C. BRANDI, *Struttura e Architettura*, Torino 1967.
- S. BENEDETTI, *La cultura del Restauro nel "recupero" dei Centri Storici*, in «Storia Architettura», n. 1/1982, Roma, pp. 89-104.
- F. GURRIERI, *Dal restauro dei monumenti al restauro del territorio*, Firenze 1983.
- S. BENEDETTI, *La teoria tipologica ed il restauro dei centri storici*, in «Storia Architettura», n. 1-2/1988, Roma, pp. 75-84.
- G. MIARELLI MARIANI, *Centri Storici: Note sul tema*, Roma 1992.
- P. MARETTO, *Il problema dei centri storici*, in «Bollettino del Centro Studi per la Storia dell'Architettura», n. 38/2000, Roma.
- AA. VV., *Restauro urbano. Che fare?*, in «Quasar», n. 23/2000, Firenze.
- M. DEZZI BARDESCHI, *Approcci metodologici. Progetto di conservazione*, in L. ZEVI (direzione scientifica di), *Manuale del Restauro Architettonico*, Roma 2001.
- G. CRISTINELLI (a cura di), *La Carta di Cracovia 2000: Principi per la conservazione e il restauro del patrimonio costruito*, Venezia 2002.
- S. RANELLUCCI, *Il restauro urbano: Teoria e prassi*, Torino 2003.
- M. C. GIAMBRUNO (a cura di), *Per una storia del Restauro Urbano. Piani, strumenti e progetti per i centri storici*, Novara 2007.
- R. FABBRI, *Oltre il colore. Manutenzione delle cortine edilizie nel centro storico di Ferrara. Linee guida*, Ferrara 2008.
- R. FABBRI, V. BALBONI, G. BATTISTINI, L. BISSI, L. ROCCHI, *Architetture moderne a Ferrara. Censimento, categorie di intervento, indicazioni operative per la individuazione di efficaci azioni di tutela da inserire nei nuovi strumenti urbanistici*, Ferrara 2008.
- PROGETTO ATTESS – METADISTRETTO VENETO DELLA BIOEDILIZIA – METADISTRETTO VENETO DEI BENI CULTURALI, *La qualità delle prestazioni energetico – ambientali nella manutenzione dell'architettura storica. Linee Guida*, Venezia 2010.

B.3.2. Analisi del processo tipologico, teorie e metodi.

- S. MURATORI, *Studi per una operante storia urbana di Venezia*, Roma 1959.
- P. MARETTO, *L'edilizia gotica veneziana*, Roma 1960.
- R. BOLLATI, S. BOLLATI, G. MARINUCCI, *Studi per una operante storia urbana di Roma*, Roma 1963.
- S. MURATORI, *Civiltà e territorio*, Roma 1966.
- S. MURATORI, *Architettura e civiltà in crisi*, Roma 1966.
- G. CANIGGIA, *Strutture dello spazio antropico: Studi e note*, Firenze 1976.
- G. CATALDI, *Per una scienza del territorio: Studi e note*, Firenze, 1977.
- G. CANIGGIA, G. L. MAFFEI, *Composizione architettonica e tipologia edilizia: 1. Lettura dell'edilizia di base*, Firenze 2008 (prima ed. Venezia 1979).
- G. CANIGGIA, G. L. MAFFEI, *Composizione architettonica e tipologia edilizia: 2. Il progetto nell'edilizia di base*, Firenze 2008 (prima ed. Venezia 1984).
- N. MARZOT, *Lettura dell'edilizia di base ferrarese. Il caso campione dell'ex ghetto ebraico*, in M. ZAFFAGNINI, A. GAIANI, N. MARZOT, *Morfologia urbana e tipologia edilizia*, Bologna 1995, pp. 237-322.

B.3.3. Storia urbana di Ferrara.

- A. FRIZZI, *Memorie per la storia di Ferrara*, voll. 5, Ferrara 1847-1850 (con note di Camillo Laderchi).
- F. BORGATTI, *La pianta di Ferrara nel 1597*, in «Atti e Memorie della Deputazione Provinciale Ferrarese di Storia Patria», vol. VII, fasc. 1, Ferrara 1895.
- G. RIGHINI, *Come si è formata la città di Ferrara*, in «Atti e Memorie della Deputazione Provinciale Ferrarese di Storia Patria – nuova serie», vol. XIV, Rovigo 1955.
- B. ZEVI, *Biagio Rossetti architetto ferrarese: il primo urbanista moderno europeo*, Torino 1960.
- P. BOTTONI, *Di un metodo di rilievo dei "Centri Storici" come premessa allo studio dei piani particolareggiati in essi: il caso di Ferrara e di Sesto San Giovanni*, Sesto San Giovanni (MI) 1964.
- M. PASTORE, V. QUILICI, F. VISSER, F. ZAGAGNONI, *Lettura morfologica da alcune tipologie di case dal secolo XIV al secolo XVI*, Ferrara 1969.
- S. PATITUCCI UGGERI, *Un'evidenza archeologica per il medievale 'castrum Ferrariae'*, in «Musei Ferraresi», III/1973, pp. 85-92.
- N. ALFIERI, *Appunti di topografia altomedioevale: usque ad Mensam Walani (Agn. Rav. 159)*, in «Atti della Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna. Rendiconti», vol. LXII, Bologna 1974.

-
- F. BOCCHI, *Note di storia urbanistica dell'Alto Medioevo*, in «Atti e Memorie della Deputazione Provinciale ferrarese di Storia Patria – serie terza», vol. XVII, Ferrara 1974.
- S. PATITUCCI UGGERI, *Scavi nella Ferrara Medioevale. Il Castrum e la seconda cerchia*, in «Archeologia Medievale», 1/1974, pp. 111-147.
- F. BOCCHI, *Ferrara, una città fra due vocazioni: urbanistica e storia da piazzaforte militare a centro commerciale*, in AA. VV., *Insedimenti nel ferrarese. Dall'età romana alla fondazione della Cattedrale*, Firenze 1976, pp. 125-169.
- C. CESARI, M. PASTORE, R. SCANNAVINI, *Il centro storico di Ferrara*, in P.L. CERVELLATI (a cura di), Modena 1976.
- S. PATITUCCI UGGERI, *Sviluppo topografico di Ferrara nell'alto medioevo*, in: *La Cattedrale di Ferrara, atti del convegno nazionale di studi storici*, Ferrara, 11-13 maggio 1979, in «Atti Accademia delle Scienze di Ferrara», vol. LVI, 1978-79, Ferrara 1982.
- A. VASINA, *Il Medio Evo ferrarese tra storia e storiografia*, in AA. VV., *Storia di Ferrara*, vol. IV, Ferrara 1987, pp. 14-45.
- S. GELICHI (a cura di), *Ferrara prima e dopo il castello: testimonianze archeologiche per la storia della città*, Ferrara 1992.
- A. M. VISSER TRAVAGLI (a cura di), *Ferrara nel medioevo. Topografia storica e archeologia urbana*, Casalecchio di Reno (BO) 1995.
- R. FABBRI, *Studio e rilievo delle tecniche costruttive a Ferrara: murature, volte, solai, coperture*, in S. PESENTI (a cura di), *Il progetto di conservazione: linee metodologiche per le analisi preliminari, l'intervento, il controllo di efficacia*, Firenze 2001, pp. 259-275.
- R. FABBRI (a cura di), *Ferrara Architettura II: Arte di costruire*, Ferrara 2005.
- A. FAORO, M. TRAINA MAZZEI, *Il polesine di S. Antonio dal tardo medioevo all'età moderna. Topografia e vicende di popolamento*, in C. GUARNIERI (a cura di), *Sant'Antonio in Polesine: Archeologia e storia di un monastero estense*, Borgo San Lorenzo (FI) 2006.
- C. GUARNIERI, M. LIBRENTI, *Sviluppo di un insediamento monastico nella Ferrara tardomedievale: il convento di S. Antonio in Polesine*, in: *Atti del I Congresso Nazionale di Archeologia Medievale*, Pisa, s.d., Firenze 1997.

B.4. NORMATIVA E NORME TECNICHE.

G. CANIGGIA, *La regolamentazione edilizia. Lettura degli aspetti concreti nella storia e nella pratica*, Roma 1963.

Le regioni italiane e la bioedilizia: Le esperienze e le proposte per una normativa in materia, Monfalcone (TS) 2002.

L'efficienza energetica nei regolamenti edilizi: Linee guida, Milano 2006.

L. MORO (a cura di), *Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale*, Roma 2006.

Energy conservation in traditional buildings, English Heritage, 2008.

Energy efficiency and historic buildings. Application of part L of the Building Regulations to historic and traditionally constructed buildings, English Heritage, 2010.

B.4.1. Direttive Europee.

Direttiva 2002/91/UE (16 dicembre 2002), *sul rendimento energetico nell'edilizia*.

Direttiva 2010/30/UE (19 maggio 2010), *concernente l'indicazione del consumo di energia e di altre risorse dei prodotti connessi all'energia, mediante l'etichettatura ed informazioni uniformi relative ai prodotti* (rifusione).

Direttiva 2010/31/UE (19 maggio 2010), *sulla prestazione energetica nell'edilizia* (rifusione).

B.4.2. Legislazione nazionale.

Legge 373/1976 (7.06.1976), *Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici*.

Decreto del Presidente della Repubblica 1052/1977 (28.06.1977). *Decreto attuativo della Legge 373/1976*.

Legge 10/1991 (9.01.1991), *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*.

Decreto del Presidente della Repubblica 412/1993 (26.08.1993), *Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione e la manutenzione degli impianti degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4 della legge 9 gennaio 1991, n. 10* (versione revisionata a seguito del D.P.R. n. 551/1999).

Decreto Legislativo 42/2004 (22 gennaio 2004), *Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 legge 6 luglio 2002, n. 137*.

Decreto Ministeriale 27.07.2005, *Norma concernente il regolamento d'attuazione della L. 9 gennaio 1991, n. 10 (articolo 4, commi 1 e 2), recante: «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».

Decreto Legislativo 192/2005 (19.08.2005), *Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia*; come modificato ed integrato dal D.Lgs. 311/2006 (29.12.2006), *Disposizioni correttive ed integratrici al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.* (e relativi Allegati).

Decreto Ministeriale 19.02.2007, (Legge finanziaria) *Criteria e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare, in attuazione dell'articolo 7 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387.*

Decreto del Presidente della Repubblica 59/2009 (2.04.2009), *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, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.*

Decreto Ministeriale 26.06.2009, *Linee guida per la certificazione energetica degli edifici.*

B.4.3. Legislazione regionale (R E R).

Legge Regionale 20/2000, *Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio, e ss.mm.ii.*

Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna 2130/2007, *Piano Energetico Regionale.*

Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna 156/2008, *Atto di indirizzo e coordinamento sui requisiti di rendimento energetico e sulle procedure di certificazione energetica degli edifici, (come modificata negli allegati dal Decreto della Giunta Regionale dell'Emilia Romagna 1362/2010).*

B.4.4. UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

UNI/TS 11300 *Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.*

UNI/TS 11300 *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.*

UNI EN 15603 *Prestazione energetica degli edifici – Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica.*

UNI EN ISO 14683 *Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica – Metodi semplificati e valori di riferimento.*

B.5. SITOGRAFIA ESSENZIALE.

www.agenziacasaclima.it

www.autorita.energia.it

www.azzeroco2.it

www.docet.itc.cnr.it

www.dotconsul.it

www.eco-efficiency.net

www.ecolabel.it

www.gbcitalia.org

www.geospazio.it

www.gruppohera.it

www.historicseattle.org

www.ingegneri.cc

www.itaca.org

www.nationaltrust.org

www.preservationnation.org

www.ricercasit.it

B.6. CONTRIBUTI PUBBLICATI E IN CORSO DI PUBBLICAZIONE.

L'entità del lavoro e l'attualità degli aspetti trattati hanno consentito, a più riprese, lo sviluppo di contributi scientifici sugli argomenti oggetto della ricerca.

SULLA STORIA URBANA DI FERRARA

- R. DALLA NEGRA, R. FABBRI, M. STEFANI, K. AMBROGIO, A. CONFORTI, M. ZUPPIROLI, *Ferrara: contributi per la storia urbana*, in M. BONDANELLI (a cura di), *Problematiche strutturali dell'edilizia storica in zona sismica, contributi al seminario di studi (Ferrara, 01 - 22 ottobre 2009)*, s.l. 2009, pp. 103 - 158.
- R. DALLA NEGRA, R. FABBRI, M. STEFANI, K. AMBROGIO, A. CONFORTI, M. ZUPPIROLI, *Le ricerche sulla città di Ferrara finalizzate alla sua conservazione: prime ipotesi attorno alla nascita e all'evoluzione del Castrum Ferrariae*, in R. DALLA NEGRA et alii (a cura di), *Competenze e strumenti per il patrimonio culturale. Il caso del territorio ferrarese*, Ferrara 2010, pp. 23 - 49.
- M. STEFANI, M. ZUPPIROLI, *Il controllo idrogeologico sul degrado delle murature: il caso del centro storico di Ferrara*, in G. BISCONTIN, G. DRIUSSI (a cura di), *Pensare la prevenzione Manufatti, Usi, Ambienti, Atti del Convegno di Studi (Bressanone, 13 - 16 luglio 2010)*, Venezia 2010, pp. 173 - 182.
- V. BALBONI, M. ZUPPIROLI, *Limiti tecnologici e contenuti innovativi nei sistemi costruttivi tradizionali: il caso studio di Ferrara*, in «Il progetto sostenibile», n. 28/2011, pp. 60-63.
- M. STEFANI, M. ZUPPIROLI, *Understanding the urban tissue history through GIS assisted integration on geologic, geomorphic, historical and architectural data: the case history of Ferrara (northern Italy)*, in J. AL-QAWASMI, Y. ALSHAWABKEH, F. REMONDINO (editors), *Digital media and it's application in cultural heritage*, Proceeding of DMACH 2011 Conference (Amman, Giordania, 13-15 marzo 2011), CSAAR Press, Amman 2011, pp. 301-316.
- M. STEFANI, M. ZUPPIROLI, *Hydrogeological control on the moistening and degradation state of walls: general implications of the Ferrara (Italy)* in A. DOLKART, O. M. AL-GOHARI, S. RAB (editors), *Conservation of architecture, urban areas, nature & landscape. Towards a sustainable survival of cultural landscape*,

Proceeding of Heritage 2011 Conference (Amman, Giordania, 13-15 marzo 2011), CSAAR Press, Amman 2011, vol. I, pp. 293-307.

R. DALLA NEGRA, K. AMBROGIO, A. CONFORTI, R. FABBRI, M. STEFANI, M. ZUPPIROLI, *Basic historic building in Ferrara: evaluation and strategies for urban restoration*, in A. DOLKART, O. M. AL-GOHARI, S. RAB (editors), *Conservation of architecture, urban areas, nature & landscape. Towards a sustainable survival of cultural landscape*, Proceeding of Heritage 2011 Conference (Amman, Giordania, 13-15 marzo 2011), CSAAR Press, Amman 2011, vol. II, pp. 83-98.

SULLA VALUTAZIONE DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA A SCALA URBANA

R. DALLA NEGRA, K. AMBROGIO, M. ZUPPIROLI, *Miglioramento dell'efficienza energetica in sistemi aggregati di edilizia storica: tra istanze conservative e prestazionali, potenzialità di ricerca ed approcci operativi*, in P. DAVOLI (a cura di), *Il recupero energetico ambientale del costruito*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna (RN) 2010, pp. 29 – 37.

K. FABBRI, M. ZUPPIROLI, *La prestazione energetica con gli strumenti GIS*, in «Ponte», n. 3/2011, pp. 6-15.

M. ZUPPIROLI, K. FABBRI, *Sistema di Accreditamento e Certificazione Energetica (RER). Prime valutazioni in ambiente GIS estese al caso studio di Ferrara*, in L. MORSELLI (a cura di), *Industrial ecology - i principi, le applicazioni a supporto della Green Economy, Rivoluzione ecoindustriale, Atti dei seminari ECOMONDO* (Rimini, 9-12 novembre 2011), (versione digitale).

K. FABBRI, K. AMBROGIO, M. ZUPPIROLI, *Il miglioramento dell'efficienza energetica dell'edilizia preindustriale di base: approccio conoscitivo e strumenti innovativi per il governo delle trasformazioni*, in G. BISCONTIN, G. DRIUSSI (a cura di), *Governare l'innovazione Processi, strutture, materiali e tecnologie tra passato e futuro, Atti del Convegno di Studi (Bressanone, 21 - 24 giugno 2011)*, Venezia 2011, pp. 663 - 672.

K. FABBRI, M. ZUPPIROLI, K. AMBROGIO, *Heritage buildings and energy performance: Mapping with GIS tools*, in «Energy and Buildings», vol. ..., 2012, pp. ...-... (già acquistabile on line).

ELENCO FIGURE (CREDITI).

Figura 1. L'analisi "morfologica" in figura mostra dimostra la scarsa comprensione del processo che nel tempo trasforma l'organismo urbano. Fonte: PROGETTO ATTESS, <i>op. cit.</i> , p. 293.....	47
Figura 2. Casa Corti, Padova, Progettisti: Arch. Lucia Corti, Arch. Elena Rigano.	50
Figura 3. Scheda del requisito 2.4.1 - Riutilizzo di strutture esistenti. Fonte: ITACA, <i>Protocollo ITACA pre la valutazione della qualità energetica ed ambientale di un edificio. Le Aree di Valutazione e le Schede</i> , Roma 2004.	52
Figura 4. Modello top-down e modello bottom-up.	64
Figura 5. Modello top-down e modello bottom-up per la stima dei consumi energetici alla scala regionale e nazionale. Rielaborazione da L.G. SWAN, V.I. UGURSAL, <i>op. cit.</i> , pag. 1822.	67
Figura 6. Edificato di Neath Port Talbot, Galles – Regno Unito prima e dopo l'applicazione delle misure di risparmio energetico. Fonte: P.J. JONES, S. LANNON, J. WILLIAMS, <i>op. cit.</i> , p. 1834.	70
Figura 7. Edificato di Goteborg - Svezia. Individuazione delle classi di consumo sulla base delle informazioni fornite dalle società di gestione immobiliare e su base statistica. Fonte: J. TORNERBERG, L. THUVANDER, <i>op. cit.</i> , pp. 10-11.	73
Figura 8. Quadro metodologico. Fonte: C. MORRISON, N. SHORTT, <i>op. cit.</i> , p. 707.	74
Figura 9. Dati in input per la determinazione del fabbisogno di energia termica utile per il riscaldamento invernale. Fonte: G. V. FRACASTORO, M. SERRAINO, <i>op. cit.</i> , p. 847.	77
Figura 10. Risparmio energetico conseguente i diversi interventi di riqualificazione energetica. Fonte: L. DE SANTOLI, F. MANCINI, M. CECCONI, <i>op. cit.</i> , pp. 21-22.	80
Figura 11. Acquisizioni con tecnologia Lidar (dal cielo) e con tecnologia Laser Scanner (da terra). Fonte: FONDAZIONE PER L'UNIVERSITÀ E L'ALTA CULTURA IN PROVINCIA DI BELLUNO, <i>op. cit.</i> , illustrazioni inserite tra le pp. 29-30.	82
Figura 12. Fonte: I. TANI, C. GARDI, <i>op. cit.</i> , senza pagina.	85
Figura 13. Esempi di isolati-tipo individuati. Fonte: S. REITER, V. WALLEMACQ, <i>op. cit.</i> , p. 9.	87
Figura 14. In bianco, all'interno del centro urbano di Ferrara, individuazione dell'edilizia realizzata nel XX e nel XXI secolo. Crediti: SEAT PAGINE GIALLE per la base e R. FABBRI per l'individuazione degli edifici.	94
Figura 15. In rosso, identificazione dell'area in oggetto. È possibile osservare come l'area individuata sia legata alla prevalente presenza di edilizia pre-industriale di base. Crediti: SEAT PAGINE GIALLE per la base e R. FABBRI per l'individuazione degli edifici.	101
Figura 16. Rappresentazione dell'indice di prestazione energetica espresso in m ³ (gas metano)/m ² -anno per ciascuna delle 4974 particelle catastali comuni ad entrambe le banche dati.	119
Figura 17. Rappresentazione dell'indice di prestazione energetica: particolare.	121
Figura 18. Ipotesi per il calcolo del rendimento globale medio stagionale dell'impianto di riscaldamento... ..	121
Figura 19. Rappresentazione cartografica del centro urbano di Ferrara, con riportati gli edifici certificati al giugno 2010, colorati in base alla loro classe energetica.	127
Figura 20. Sovrapposizione della cartografia con l'edificato novecentesco evidenziato in nero alla rappresentazione della distribuzione delle classi energetiche. Crediti: R. FABBRI per l'individuazione degli edifici.	129
Figura 21. Rappresentazione cartografica del centro urbano di Ferrara, con riportati gli edifici certificati al giugno 2011.	130
Figura 22. Sintesi delle relazioni tra quadro geomorfologico e fasi evolutive dal VII secolo a tutto il XIV secolo. Le aree di espansione sono individuate dalle linee di colore rosso e numerate da 1 a 5. L'orografia è individuata dalle curve di livello e dai segni "+" e "-". Le linee di colore verde individuano i tracciati delle percorrenze territoriali, dettati essenzialmente dai depositi fluviali (argini naturali). Le aree tratteggiate, di colore rosso e di colore giallo, numerate da 1 a 7 individuano infine gli ambiti oggetto d'indagine.	137
Figura 23. Immagine ortofotografica del <i>Castrum Ferrariae</i>	139
Figura 24. Fase 1.	141
Figura 25. Fase 2.	142
Figura 26. Fase 3.	145
Figura 27. Fase 4.	147
Figura 28. Inquadramento territoriale.	148
Figura 29. Fase 1. Crediti: C. COCCHI per la restituzione grafica dell'edificato.	150
Figura 30. Fase 2. Crediti: L. GAZZOTTI per la restituzione grafica dell'edificato.	152
Figura 31. Fase 3. Crediti: C. NARDELLI per la restituzione grafica dell'edificato.	154
Figura 32. Fase 4. Crediti: M. TASSOTTI per la restituzione grafica dell'edificato.	156

Figura 33. Piante dei piani terra e prospetti degli aggregati 1 e 2 (Castrum Ferrariae, aggregati compresi tra via Porta San Pietro e via Salinguerra e tra via Salinguerra e via Fossato dei Buoi).	159
Figura 34. Piante dei piani terra e prospetti dell'aggregato 3 (Asse XX Settembre - fronte nord, aggregato compreso tra via Porta San Pietro e via Ghisiglieri). Crediti: C. NARDELLI, M. TASSOTTI per la restituzione grafica dell'edificato.	160
Figura 35. Piante dei piani terra e prospetti dell'aggregato 4 (Asse XX Settembre - fronte nord, aggregato compreso tra via Ghisiglieri e via Borgovado). Crediti: C. NARDELLI, M. TASSOTTI per la restituzione grafica dell'edificato.	161
Figura 36. Piante dei piani terra e prospetti dell'aggregato 3 (Asse XX Settembre - fronte nord, aggregato compreso tra via Borgovado e via Porta d'Amore). Crediti: C. NARDELLI, M. TASSOTTI per la restituzione grafica dell'edificato.	162
Figura 37. Piante dei piani terra e prospetti dell'aggregato 6 (Asse XX Settembre - fronte sud, aggregato compreso tra via Quartieri e vicolo del Gambone). Crediti: C. NARDELLI, M. TASSOTTI per la restituzione grafica dell'edificato.	163
Figura 38. Piante dei piani terra e prospetti dell'aggregato 7 (Asse XX Settembre - fronte sud, aggregato compreso tra vicolo del Gambone e via Porta d'Amore). Crediti: C. NARDELLI, M. TASSOTTI per la restituzione grafica dell'edificato.	164
Figura 39. Pianta catastale attuale georeferenziata su piattaforma GIS. Le aree tratteggiate di colore lilla individuano gli edifici oggetto di indagine.	174
Figura 40. Piante dei piani di ciascun edificio. Crediti: C. NARDELLI, M. TASSOTTI per la restituzione grafica dell'edificato.	175
Figura 41. Microrilievo orografico georeferenziato su piattaforma GIS. L'immagine è ricavata in ArcGIS – ArcScene (ESRI) con un'esagerazione delle quote di 20X.	176
Figura 42. Scheda catalografica esemplificativa organizzata per unità immobiliare.	178
Figura 43. Sistema informativo territoriale costruito su ArcGIS (ESRI). In evidenza l'indice di prestazione energetica $EP_{i,INVXLS}$ per il solo riscaldamento invernale.	208
Figura 44. Individuazione dei colori rappresentativi di ciascun sistema aggregato oggetto di indagine.	216
Figura 45. Schematizzazione grafica del perimetro disperdente (Pd) come indice privilegiato della compattezza planimetrica dell'unità abitativa.	219
Figura 46. Confronto tra stato di fatto e scenario simulato (I) espresso in termini di incremento dell'indice di prestazione energetica $[EP_{tot}]$ in ambiente GIS per gli aggregati 1 e 2.	240
Figura 47. Confronto tra stato di fatto e scenario simulato (II) espresso in termini di incremento dell'indice di prestazione energetica $[EP_{tot}]$ in ambiente GIS per gli aggregati 4 e 7.	242
Figura 48. Confronto tra stato di fatto e scenario simulato (III) espresso in termini di incremento dell'indice di prestazione energetica $[EP_{tot}]$ in ambiente GIS per gli aggregati 5 e 7.	244

RINGRAZIAMENTI:

A conclusione della ricerca desidero ringraziare alcune persone che più di altre mi hanno aiutato:

Rita Fabbri, per il non comune spirito innovativo con il quale saprà valorizzare i risultati di questo percorso.

Kristian Fabbri, per essermi stato a fianco senza chiedere nulla lungo TUTTO il percorso di ricerca.

Riccardo Dalla Negra, per la stima e la fiducia con le quali mi ha sempre appoggiato, in tutto, anche nella proposta di un tema poco trattato all'interno dell'ambito disciplinare del Restauro Architettonico.

Keoma Ambrogio, per avermi consentito di proseguire su una strada diversa, lo stesso filone di ricerca da lui precedentemente intrapreso.

Caterina Cocchi, Lucia Gazzotti, Chiara Nardelli, Martina Tassotti, per aver contribuito fattivamente alla restituzione di alcuni grafici.

La mia famiglia tutta per il supporto incondizionato anche in questa mia terza fase di studio. Andrea per la sua costante presenza e pazienza.