POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Pianificazione Territoriale, Urbanistica e Paesaggistico-Ambientale

Tesi di Laurea Magistrale

Modelli a scala urbana per il consumo di energia degli edifici residenziali. Applicazione al caso studio di Mendoza (AR)

Urban energy models of residential buildings. The case study of Mendoza (AR)

Relatore
Prof.ssa Mutani Guglielmina

Correlatore
Prof.ssa Arboit Mariela

Candidato
Fontanive Manuela

Anno Accademico 2017/2018

INDICE

1 Introduzione 1
1.1 Crisi ambientale e risparmio energetico 1
1.2 Il contesto legislativo in materia di sostenibilità 3
1.3 Stato dell'arte 7
1.4 Obiettivo del lavoro 19
2 Metodologia 23
2.1 I modelli energetici 23
2.2 I fattori che influenzano i consumi per il riscaldamento degli edifici 23
2.2.1 Caratteristiche climatiche e geografiche 24
2.2.2 I parametri dell'edificio 25
2.2.3 Variabili e indicatori urbani 27
2.2.4 Comportamento dell'utenza 34
2.3 Fasi del lavoro 34
2.3.1 Individuazione dei volumi residenziali riscaldati 34
2.3.2 Classificazione secondo le tipologie ricorrenti 49
2.3.3 Normalizzazione dei consumi 54
2.3.4 Modello energetico 54
3 Caso studio 57
3.1 Inquadramento climatico e territoriale 57
3.1.1 Clima regionale 63
3.1.2 Dati meteorologici dell'area metropolitana di Mendoza 67
3.2 Parco edilizio 73
3.3 Consumi energetici di gas naturale 82
3.4 Banche dati 86
3.5 Applicazione del modello per la stima dei consumi specifici di Mendoza 91
3.5.1 Modello top-down 91
3.5.2 Modello bottom-up 94
4 Analisi e risultati 96
4.1 Classi energetiche 96
4.2 Analisi dei consumi reali 123
4.3 Confronto tra classi energetiche e classificazione tipologiche 127
5 Conclusioni 129
5.1 Considerazioni sul metodo e possibili sviluppi del lavoro 129

5.2 Considerazioni sui risultati e priorità di intervento sul territorio..... 133
Bibliografia..... 137

Tabella 1- Regole di identificazione di corpi non riscaldati 37
Tabella 2 Caratteristiche generali delle sezioni 52
Tabella 3 Caratteristiche determinanti delle classi energetiche 54
Tabella 4cAndamento della popolazione. Fonte: Censo Nacional de Población y Vivienda 1980 Serie B. INDEC. Censo Nacional de Población y Vivienda 1991 Serie C. Nº13. INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y ivienda 2001. INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2010. INDEC 58
Tabella 5 Andamento della popolazione 2010-2016. Fonte: rielaborazione propria su dati DEIE e Censo Nacional de Población, Vivienda 2010..... 62
Tabella 6 Distribuzione spaziale della popolazione. Fonte: rielaborazione propria su dati DEIE e Censo Nacional de Población, Vivienda 2001 e Censo Nacional de Población, Vivienda 2010..... 63
Tabella 7-Principali caratteristiche climatiche GM (valori medi delle stazioni meteorologiche dell'AMM) 65
Tabella 8-Stazioni meteorologiche della AMM..... 67
Tabella 9 Temperature medie (°C) per la stazione meteorologica El Plumerillo. Fonte: Direccion de Agricoltura y contingecias climatica (DACC) 69
Tabella 10 Temperature medie (°C) per la stazione meteorologica Perdriel. Fonte: Direccion de Agricoltura y contingecias climatica (DACC) 70
Tabella 11Temperature medie (°C) per la stazione meteorologica Russel. Fonte: Direccion de Agricoltura y contingecias climatica (DACC) 71
Tabella 12- Tipologie di abitazione per dipartimento. Fonte: Indec 2010..... 73
Tabella 13- Distribuzione della popolazione e tasso di occupazione per dipartimento. Fonte: INDEC 2010 75
Tabella 14- Superficie e volume degli edifici residenziale nell'AMM. Fonte: elaborazione propria a partire da dati catastali. 77
Tabella 15 Principali materiali di costruzione delle abitazioni, come classificata del censimento. Fonte: INDEC 2010. 78
Tabella 16 Classificazione delle abitazioni in base ai materiali di pavimento e tetto. Fonte: INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Base de datos. Definiciones de la base de datos 79
Tabella 17 Consumi di gas naturale per settore (Mm3). Fonte: Ecogas..... 82
Tabella 18 Storico dei consumi di gas (m3) per dipartimento 2010-2015. Fonte: Ecogas 84
Tabella 19 Informazioni base dei dipartimenti. Fonte dati: CODGEO (INDEC 2010)..... 88
Tabella 20 Dipartimenti con numero di distretti e sezioni. Fonte: elaborazione propria. 89
Tabella 21 Confronto superficie e volume residenziale e superficie e volume residenziale riscaldato da gas naturale fornito dalla rete di distribuzione. 91
Tabella 22 Consumo specifico per anno 2010-2015 per la GM. Fonte: Ecogas..... 91
Tabella 23 Quota media e consumo specifico per dipartimento..... 94
Tabella 24 Classi energetiche..... 94
Tabella 25 Riepilogo classi energetiche 117

Figura 1Schema dei componenti di un modello di simulazione. Fonte: Cerezo, 2014..... 7
Figura 2 Esempio di isola di calore: la temperatura ha un variazione fino a 5 °C di differenza tra l'area del centro a maggiore densità e l'area più distante dal centro (minore densità-non edficicata)..... 8

Figura 3 Variazione dei consumi energetici per il riscaldamento in funzione dell'indicatore globale GUMS (morfologia urbana e esposizione solare), (Mutani, 2016) 10
Figura 4 Schema di lavoro per il calcolo della domanda di energia primaria (Fracastoro, Serraino 2010) 11
Figura 5 Il grafico mostra il rapporto risparmio energetico/investimenti in funzione dei GG e dei diversi interventi di riqualificazione (Fracastoro, Serraino 2010). 11
Figura 6 Procedimento per la classificazione degli edifici (Filigamo, 2014) 12
Figura 7 Suddivisione della domanda energetica in tre componenti e rispettivi metodi di calcolo (Filigamo, 2014) 12
Figura 1 La tabella riporta l'incidenza dei fattori urbani sui consumi termici per i mesi della stagione di riscaldamento rispetto a un isolato ottimale (UM=2 e S=2). La situazione peggiore è rappresentata da isolati a bassa densità (UM=1) e esposizione solare sfavorevole (S=1), mentre per gli isolati ad alta densità (UM=3) è molto influente l'orientamento dell'edificio. (Delmastro, 2015) 13
Figura 2 Processo di idealizzazione del cinque tipologie di quartiere (casa unifamiliare isolata, edifici a torre, condomini, terratetto, blocchi compatti) rispetto a cinque parametri urbani (rapporto di copertura, rapporto di copertura delle strada, altezza, FAR, S/V), esempio per la città di Londra (LSE Cities, 2011) 15
Figura 8 A parità di morfologia costruttiva, il fattore di forma decresce all'aumentare delle dimensioni: la superficie varia con il quadrato della sua dimensione [m^2], mentre il volume varia con il cubo [m^3]. Fonte: Ecomondo - Creative Commons Attribuzione-Non commerciale-Non opere derivate 2.5 Italia License. 26
Figura 9 Considerando il tipo di abitazione (casa unifamiliare dx o appartamento sx), la dispersione termica è il doppio per la casa indipendente (Q=flussi di calore); la stessa proporzione vale per il fattore di forma. Fonte: Ecomondo - Creative Commons Attribuzione-Non commerciale-Non opere derivate 2.5 Italia License. 26
Figura 10 Esempio di circolazione dei flussi d'aria rispetto al rapporto tra altezza e distanza degli edifici, con ventilazione perpendicolare all'edificio. Fonte: http://urbanclimate.nl 28
Figura 11 Height ratio, esempio. Fonte: Todeschi, 2016 (fig.7, pag.89). 29
Figura 12 Orientamento dell'asse minore rispetto al nord geografico. Nel caso a dx l'asse minore effettua una rotazione di -66° mostrando un orientamento indefficace; nel caso a sx l'angolo di 30 °C mostra un buon orientamento. 30
Figura 13. Building cover ratio (rapporto di copertura tra suolo edificato e non edificato) 30
Figura 14 Building density (densità edilizia), rispettivamente bassa per le case unifamiliari, media per le case a schiera, alta per appartamenti in condomio. 31
Figura 15 Total occupation factor (rapporto tra superficie costruita e superficie edificabile); l'immagine mostra due versioni di uno stesso isolato. il caso in secondo piano presenta tre livelli su tutti gli edifici ed è saturo al centro; quello in primo piano presenta più varietà e non è edificato al centro. 31
Figura 16 Street width (ampienzza della strada) corrispende all'elemento A, ovvero la ditsanza tra edifico e edificio. 32
Figura 17Street coverage ratio (rapporto tra superficie stradale (pubblica) e l'area della sezione. 32
Figura 18Esempio di rapporti tra i lati di un isolato, che ne definisco la forma da quadrata a "lineare" 33
Figura 19 Schema ad albero per la classificazione tipologica delle sezioni. 51
Figura 20Divisione politica della provincia di Mendoza con dettaglio sull'area metropolitana di Mendoza città. Fonte:Wikimedia Commons, autore Enrique Guardia 57

Figura 21Città di Mendoza - vista dall'alto (direzione S) 59
Figura 22Città di Mendoza - vista dall'alto (direzione E) 59
Figura 23 Mappa storica – Città di Mendoza. 60
Figura 24 Impianto della città. Elaborazione propria in ambiente GIS. Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, INCREMENT P, NRCan, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri Korea, Esri (Thailand), MapmyIndia, NGCC, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community.60
Figura 25-Zone climatiche della provincia di Mendoza secondo la classificazione Koeppen. Fonte: SIAT – secreteria de Ambiente y Ordinamiento Territorial, Gobierno de Mendoza..... 64
Figura 26-Indice di Emberger – zoom area Nord della provincia 65
Figura 27-Estratto mappa dell'escursione termica giornaliera in estate nella Provincia di Mendoza (ºC), zoom area metropolitana. 66
Figura 28 Stazione meteorologica con disposizione dei sensori. Fonte: http://www.contingencias.mendoza.gov.ar/web1/agrometeorologia/estaciones.html 67
Figura 29 Stazioni meteorologiche (in arancione). Fonte: elaborazione propria; World Boundaries and Places - Esri, HERE, DeLorme, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS user community;World Terrain Base - Sources: Esri, USGS, NOAA. 68
Figura 30 Gas per tipologia di consumo, totale nazionale. Fonte: Enargas, 2015..... 83
Figura 31 Esempio codici di identificazione del radios. Fonte: INDEC 2010..... 87
Figura 32 Dipartimenti. Fonte: elaborazione propria con dati CODGEO. 87
Figura 33 Suddivisione dei dipartimenti in distretti; il riquadro rosso localizza l'area urbana. Fonte: elaborazione propria con dati INDEC 2010. 89
Figura 34 Sovrapposizione delle unità territoriali nell'area di lavoro. Fonte: elaborazione propria con dati INDEC 2010. 90

Grafico 1 Andamento delle medie mensili delle temperature medie globali (Fonte dati: NASA-GISS, 2017). 1
Grafico 2 Anomalia delle temperature medie globali dal 1880 al 2016 secondo diversi dataset (Fonte: Schmidt e Arndt, 2017)..... 2
Grafico 3-Popolazione per dipartimento nella Gran Mendoza. Fonte: rielaborazione propria su dati DEIE 62
Grafico 4-Percentuale della popolazione per dipartimento nella Gran Mendoza. Fonte: rielaborazione propria su dati DEIE 62
Grafico 5 Confronto delle temperature nelle tre stazioni meteorologiche 2006-2016. Fonte: elaborazione propria con dati DAAC..... 72
Grafico 6- Percentuale per tipologia di abitazioni presenti nell'AMM e per dipartimento. Fonte: elaborazione propria con dati INDEC 2010 73
Grafico 7- Fonte: INDEC 2010 74
Grafico 8- Destinazione d'uso della abitazioni non abitate, per dipartimento. Fonte: INDEC 2010 74
Grafico 9- Fonte: elaborazione propria con dati catastali (2010-2012)..... 76
Grafico 10- Il grafico mostra la proporzione degli edifici (%) rispetto al numero di piani e al fattore di forma. Fonte: elaborazione propria con dati catastali (2010-2012)..... 76
Grafico 11- Confronto tra la superficie residenziale e la superficie residenziale abitata e riscaldata con gas in rete. Fonte: elaborazione propria con dati catastali (2010-2012) e INDEC 2010..... 77
Grafici 12-13- Distribuzione per dipartimento del numero di abitazioni e percentuale rispetto alla qualità del materiale. Fonte: elaborazione propria con dati INDEC 2010. 79

Grafico 13 Consumi di gas naturale per settore al 2010. Fonte: elaborazione propria con dati Ecogas. 82
Grafico 14 Consumi di gas naturale (m3) per settore nel periodo 2010-2015. Fonte: elaborazione propria con dati Ecogas 82
Grafico 15 Storico dei consumi per l'area metropolitana di Mendoza. Fonte: elaborazione propria con dati Ecogas 84
Grafico 16 Confronto consumi di gas (milione di m3) e temperature (°C) nell'area metropolitana. Fonte: rielaborazione propria con dati Ecogas. 85
Grafico 17 Informazioni base per dipartimento. Fonte: elaborazione propria con dati INDEC 2010. 88
Grafico 18 Consumi per dipartimento e superficie riscaldata 2010-2015. Fonte:Ecogas. 92
Grafico 19 Confronto tra consumo totale e consumo specifico dei dipartimenti (2010). Fonte: Ecogas. 93
Grafico 20 Consumo specifico per dipartimento (2010-2015). Fonte: Ecogas 93
Grafico 21 Variazione dei consumi per ogni classe energetica; in ordine sono indicati minimo, primo quartile, terzo quartile, massimo. Fonte: elaborazione propria. 118
Grafico 22 Consumo specifico in kWh/m^2/anno per sezione (per 946 sezioni) 119
Grafico 23 Distribuzione di frequenza dei consumi specifici per sezione rispetto alla quota reale Fonte: elaborazione propria con software GIS. 123
Grafico 24 Distribuzione delle sezioni attraverso il metodo dei quadranti. Fonte: elaborazione propria. 134

1 INTRODUZIONE

1.1 CRISI AMBIENTALE E RISPARMIO ENERGETICO

Il tema dei mutamenti ambientali condizionati e accelerati da una mancata attenzione relativa ai consumi e alle produzioni cittadine è quanto mai attuale. Il cambiamento della temperatura globale è in costante aumento e gli andamenti del 2016 hanno registrato il record di variazione massima rispetto alle temperature precedentemente registrate, comunque già in costante e repentino aumento. Si è registrato che, rispetto agli anni della fine dell'Ottocento, in cui si iniziò la misurazione delle temperature globali, la Terra sia oggi più calda di circa 0,7 gradi registrando il più alto aumento di temperatura in un lasso di tempo così breve.

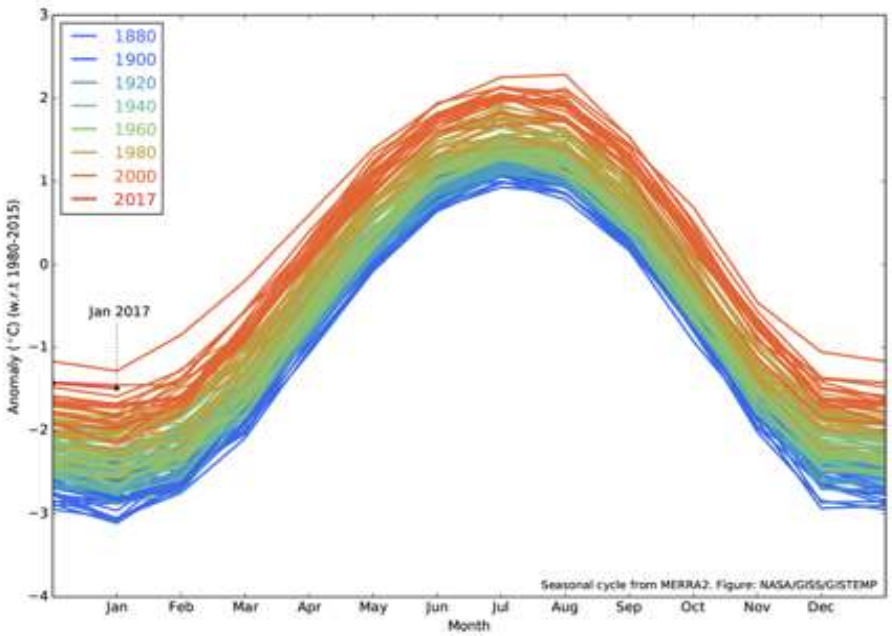


Grafico 1 Andamento delle medie mensili delle temperature medie globali (Fonte dati: NASA-GISS, 2017).

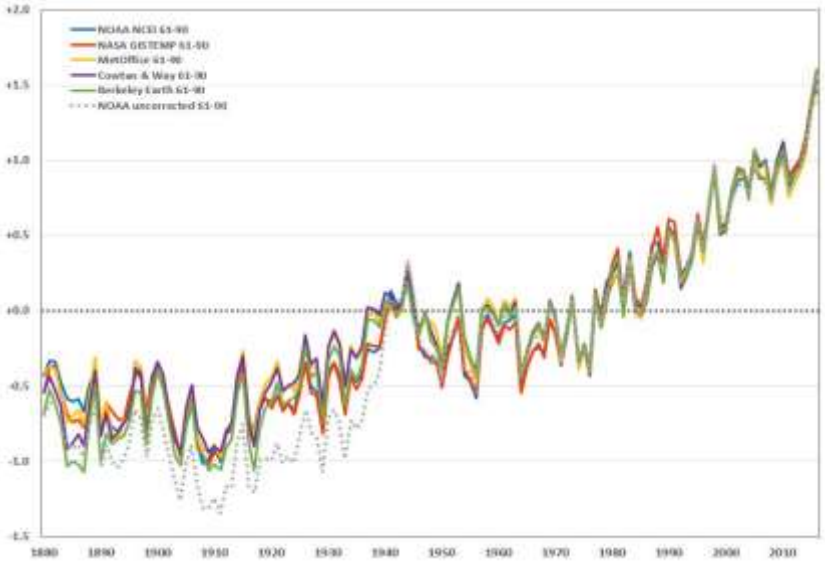


Grafico 2 Anomalia delle temperature medie globali dal 1880 al 2016 secondo diversi dataset (Fonte: Schmidt e Arndt, 2017)

L'aumento della temperatura è condizionato dalla concentrazione di anidride carbonica presente in atmosfera, effetto di attività antropogeniche; la concentrazione di gas serra è aumentata oltre il 50% rispetto all'epoca pre-industriale (Ramella, 2004). Dal report IPCC 2014 si evince che la temperatura della terra possa aumentare tra 1,4 e 5,8 °C a causa dell'incremento di gas serra in atmosfera. Tra le cause antropogeniche in primis si individua l'aumento della popolazione, in crescita, in particolare nei paesi in via di sviluppo. Considerando che dall'anno 2007 metà della popolazione mondiale risiede in nuclei urbani ne risulta che a livello globale la città è diventata la sede principale di concentrazione della popolazione. Secondo i dati delle Nazioni Unite (World Urbanization Prospects: The 2014 Revision) la popolazione urbana è il 54% delle popolazione mondiale ed è previsto che raggiunga il 66% nel 2050; in particolare, facendo riferimento al contesto di studio, al 2014 la popolazione urbana dell'America Latina rappresenta 80%, mentre per l'Europa il 73%.

Nelle città si concentrano il maggior numero di attività antropiche e questo le rende da una parte un ricco contenitore di opportunità e dall'altra portatore di criticità che con il tempo hanno portato a mutarne il grado di impatto ambientale. Ne risulta che le città sono i principali soggetti consumatori dell'energia prodotta a scala globale e tra i vari settori quelli che producono maggiori emissioni sono il trasporto e l'edilizia. Per quanto riguarda l'edilizia i consumi di energia che determinano l'inquinamento atmosferico sono dovuti al sistema di riscaldamento e raffrescamento, all'utilizzo di apparati elettronici e alla necessità di acqua calda e di cucinare, buona parte dei quali attinge a fonti di energia fossile.

Recentemente la sensibilità pubblica, nei paesi più sviluppati, ha condotto a diverse normative in materia, al fine di promuovere nuovi modelli di vita e nuove abitudini che guardino ad una maggiore efficienza energetica urbana e che permettano un utilizzo sostenibile dell'ambiente, valorizzando le caratteristiche naturali nel quale è inserito l'insediamento, in parallelo alla redazione di piani specifici legati al riutilizzo e alla riqualificazione di siti già esistenti. Per i Paesi in via di sviluppo il

trend non è lo stesso; questi hanno visto in pochi anni una rapida crescita del benessere generale, accompagnato da una rapida crescita delle città, rompendo l'equilibrio che le civiltà hanno sempre avuto col territorio, e non sempre questi fenomeni hanno portato ad una parallela sensibilizzazione della popolazione sui modelli comportamentali da attuare.

Un'urbanistica consapevole si inserisce in questo scenario attuativo, e dove gli attori a scala nazionale o mondiale non sono riusciti a rendere validi i principi presenti nei diversi trattati stipulati, la scala locale è determinante affinché questi principi vengano recepiti e vengano attuate misure che possano portare a interventi concreti nella città, con strumenti aggiornati e validi nel campo dello sviluppo e dell'innovazione. Per questo gli interventi di scala relativi al singolo edificio vanno inseriti in un'analisi di contesto più vasta che guarda alla città e che è volta a integrare le diverse componenti che possono influire e correggere le tendenze generali. Vi è la necessità di agire e pianificare sul medio-lungo periodo a livello internazionale, nazionale e locale, al fine di porre l'attenzione e determinare strategie valide per la riduzione delle emissioni di gas serra, lo sfruttamento delle risorse in modo ottimale, l'impatto economico dei differenti sistemi energetici e la sicurezza dell'approvvigionamento delle risorse fondamentali.

L'importanza sempre più diffusa dei modelli energetici previsionali ha portato ad una possibile analisi su un orizzonte temporale a lungo termine, valutando gli effetti dati sul sistema energetico, considerando differenti scenari dati dall'applicazione o meno di determinate politiche in ambito ambientale, nonché di possibili sviluppi nel campo dell'innovazione tecnologica. Lo strumento diviene così importante, oltre che per una valida analisi scientifica, anche per determinare e giustificare politiche e azioni in campo decisionale.

1.2 IL CONTESTO LEGISLATIVO IN MATERIA DI SOSTENIBILITÀ

L'attenzione data a scala mondiale delle problematiche legate ad ambiente, clima, sviluppo, sostenibilità, è stata negli anni siglata da diversi documenti sottoscritti da un numero sempre maggiore di Paesi che si sono posti diversi impegni concreti nell'ambito. L'evoluzione della normativa a scala globale ha permesso di dare maggiore risalto al tema, inteso non in modo astratto ma tramite strategie sul lungo termine che possano portare al raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Negli ultimi 50 anni si sono susseguiti numerosi incontri tra i rappresentanti a livello mondiale, per riorganizzarsi secondo gli andamenti generali per la salvaguardia dell'ambiente e la definizione di limiti da non superare in ambito di emissioni, e definire una tutela comune con l'obiettivo di interrompere il ritmo vertiginoso di crescita non sostenibile, che mostrano gli scenari di sviluppo la agenzie ambientali internazionali, come EEA. Tra gli accordi e gli impegni più recenti, la Conferenza di Parigi sui cambiamenti climatici (COP21, dicembre 2015) si è conclusa con la firma di un accordo per ridurre il riscaldamento globale e le emissioni atmosferiche, limitando l'aumento di temperatura ad un limite di 1,5°. Di seguito sono riportati le Conferenze e i diversi trattati che si sono susseguiti nel tempo e che hanno portato alla compilazione di accordi da parte dei Paesi, che non sempre sono stati rispettati, ma che hanno sicuramente influito nel creare una solida opinione pubblica in merito alla sostenibilità e ai concetti e agli impegni che gravitano intorno ad essa.

1972	Conferenza di Stoccolma sull'Ambiente Umano

Il primo evento mondiale che prevede l'inserimento di obiettivi per i quali "*la protezione e il miglioramento dell'ambiente è una questione di capitale importanza*", ponendo come obiettivo maggioritario il "*difendere e migliorare l'ambiente per le generazioni presenti e future*".

1980	IUCN Strategia Mondiale per la Conservazione

World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development è il primo documento prodotto per coordinare una strategia sostenibile a livello mondiale e che spiega la necessità di adottare un modello di sviluppo umano basato sul risparmio delle risorse.

1983	Commissione Mondiale su Sviluppo e Ambiente

L'ONU istituisce nel 1983 la WCED (World Commission on Environment and Development), presieduta dalla politica norvegese, con allora presidente Gro Harlem Brundtland, che richiede di stilare il primo rapporto nel quale viene introdotto per la prima volta il concetto di sviluppo sostenibile.

1992	Summit della Terra

A Rio de Janeiro è tenuta la Conferenza dell'ONU a tematica Ambiente e Sviluppo, nella quale si confermano i contenuti della Dichiarazione della Conferenza di Stoccolma ponendola come base per un ampliamento e un'attualizzazione che integra la tutela ambientale nel processo di sviluppo, la partecipazione da parte dei cittadini al fine di affrontare i problemi ambientali e la stimolazione dell'innovazione tecnologica. Nella Carta di Rio sono espressi di 27 principi sui diritti e sulle responsabilità delle nazioni rispetto allo sviluppo e al benessere umano. È introdotto il principio di precauzione.

1992	Programma d'azione Agenda 21

Durante il Summit della Terra è stilato il programma che si pone degli obiettivi in materia di sostenibilità ponendosi come termine il XXI secolo. Il documento di 800 pagine suddiviso in 40 capitoli può essere considerato come piano d'azione da applicare alle diverse scale (globale, nazionale e locale).

1992	Adozione Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC)

Durante il Summit della Terra è adotta il primo strumento legale che pone dei vincoli sui cambiamenti climatici, avente come obiettivo la "*stabilizzazione delle concentrazioni in atmosfera dei gas serra derivanti dalle attività umane, al fine di prevenire effetti pericolosi*".

1997	COP3 - Protocollo di Kyoto

Trattato internazionale in materia ambientale riguardante il surriscaldamento globale, definito come strumento attuativo della Convenzione quadro delle nazioni unite, sottoscritto da oltre 180 Paesi per la Conferenza delle Parti "COP3"; indica politiche e misure per il contenimento delle emissioni per i paesi industrializzati, tra cui la promozione della ricerca scientifica su energie alterative oltre a l'incentivazione di un economia sostenibile.

1998	COP4 - Conferenza di Buenos Aires sui cambiamenti climatici

L'obiettivo è risolvere le questioni irrisolte l'anno precedente, portando alla creazione di un Piano di azioni biennale al fine di implementare l'attuazione del Protocollo di Kyoto tramite azioni e l'instaurazione di meccanismi sostenibili.

2000	COP 6 Conferenza de L'Aja sui cambiamenti climatici

Segnata da attriti tra l'Unione Europea gli Stati Uniti, in merito di accordi su misure da adottare, e in merito alla definizione di fondi per l'assistenza economica verso i Paesi in via di sviluppo ridurre le emissioni di CO2 e per contrastare i mutamenti climatici.

2002	Summit mondiale sullo sviluppo sostenibile - Johannesburg

Il WSSD stila la dichiarazione di Johannesburg, per la quale i firmatari si sono impegnati nel promuovere un cambiamento dei modelli di consumo e produzione insostenibili, cercando di creare un equilibrio valido tra crescita economica, sviluppo sociale e protezione dell'ambiente.

2005	COP11 Conferenza di Montreal sui cambiamenti climatici

Sono definiti gli obiettivi vincolanti, in vista della scadenza del Protocollo di Kyoto nell'anno 2012, stabilendo il consolidamento di meccanismi di sviluppo che avrebbero permesso le riduzioni delle emissioni nei Paesi in via di sviluppo.

2009	Impegno finanziario per il clima

Alla COP15 di Copenaghen i paesi industrializzati si accordano per mettere a disposizione congiuntamente 100 miliardi all'anno a partire dal 2020 come finanziamento ai paesi in via di sviluppo da investire in misure di mitigazione e adattamento.

2011	Ad Hoc Working Group on the Durban Platform

Le parti di UNFCCC creano un organo sussidiario che si occupi di un nuovo accordo vincolante entro il 2015 che controlli le emissioni di gas serra per tutti paesi a partire dal 2020.

2015	COP21 - Conferenza di Parigi sui cambiamenti climatici

Con lo scopo di concludere in modo definitivo degli accordi, mediati da parte delle Nazioni Unite, che si pongono obiettivi vincolanti e universali, da parte di tutte le nazioni e siglati nell'Accordo di Parigi.

Nelle conferenze successive di Marrakech (Marocco, 2016) e Bonn (Germania, 2017) si focalizzano sull'adozione dell'accordo di Parigi e sulla verifica di una di concreta realizzazione degli obiettivi indicati; il primo sunto non sembra essere soddisfacente, in quanto il trend delle emissioni di gas serra è tornato in crescita dopo alcuni anni di stazionamento. La maggiore complicazione è dovuta alle differenti necessità e politiche nazionali che non trovano accordo con la strategia comune per il contenimento del surriscaldamento globale nel rispetto del principio di responsabilità comuni ma differenziate. Un esempio sono gli Stati Uniti con la decisione del governo Trump (2017) di investire in fonti fossili più efficienti, anziché che promuovere fonti di energia rinnovabili. Per quanto riguarda i paesi in via sviluppo, essi richiedono sussidi per sopperire ai danni ambientali causati dal

cambiamento climatico, ma si trovano a fronteggiare i paesi più ricchi che non sono disposti a investire in finanziamenti a fondo perduto.

L'Argentina prende parte ai Summit internazionali fin dal primo raduno, a seguito del quale opera una modifica costituzionale (1994) in cui sancisce il diritto umano all'ambiente (art.41) e integra espressamente il principio di sviluppo sostenibile (Chiara, Tufrò, 2010). In base a questa modifica lo stato si fa carico delle norme basiche per la protezione dell'ambiente, ma rimanda alla competenza locale (regionale e sub-regionale) la materia ambientale. In coerenza con i trattati internazionali a cui aderisci, il Paese emana negli anni decreti e leggi per l'applicazione di questi. Nel 1996 con il decreto 265 pubblica il Programma Ozono; nel 1998 si forma la *Oficina Argentina de Implementacion Conjunta* per monitorare le attività di sviluppo ambientale, i seguito all'adesione al Protocollo di Kyoto; nel 2000 viene emanato il decreto per la riduzione dei gas effetto serra, in seguito alla conferenza L'Aja sui cambiamenti climatici e nel 2002; nel 2005 viene creato il Fondo Argentino del Carbonio per facilitare e incentivare lo sviluppo di progetti coerenti con lo sviluppo sostenibile. In seguito al conferenza di Montreal sono stati approvati una serie di emendamenti le limitare le sostanze che incidono negativamente sullo strato di ozono.

Nel 2002, inoltre, viene promulgata la Nuova Legge Generale in materia Ambientale (L.N. 25.675) che raccoglie gli aspetti fondamentali su cui la politica ambientale del paese si basa. Ripercorrendo le tappe più importanti a livello normativo per l'Argentina in materia ambientale, nel 2006 viene approvata la legge nazionale 26.190 che pone tra gli interessi nazionali del Paese la produzione di energia da fonti rinnovabili, con obiettivo di raggiungere l'8% di energia elettrica da fonti pulite entro il 2016. Con lo scopo di promuovere le energie pulite per la produzione di elettricità sono redatti due programmi economici nazionali, PERMER nel 2000 e GENREN nel 2009; il primo prevede la distribuzioni di energia elettrica da impianti sostenibili (micro-centrali elettriche, impianti fotovoltaici, turbine eoliche…) a zone residenziali rurali e strutture pubbliche, mentre il secondo prevede sussidi ai privati per ammortizzare i costi iniziali dell'installazione di impianti e attrezzature. Nel corso degli anni '00, il governo ha promosso vari piani i efficienza energetica, quali il PAEE (2003) per la divulgazione e l'educazione di informazioni sul tema, incentivi economici e meccanismi finanziari, il PURE (2004) basato su incentivi e disincentivi finanziari, il PRONUREE (2007) rivolto ai consumatori per un efficientamento energetico sul lungo periodo. Più recentemente, nel 2015 sottoscrive l'accordo di Parigi, approvato a livello nazionale con la legge n. 27270 del 2016; dello stesso anno il decreto regolamentare per la promozione nazionale di uso di fonte rinnovabile per la produzione di energia elettrica. A livello internazionale l'Argentina aderisce alla Agenda 2030 delle Nazioni Unite, che propone 17 obiettivi per uno sviluppo sostenibile; per controllare il processo di sviluppo nel rispetto di questi obiettivi, nel 2016 il Ministero dell'Ambiente e dello Sviluppo Sostenibile ha creato una struttura scientifica per la Coordinazione dell'Informazione Ambientale, che ha come compito la gestione, sistematizzazione e integrazione dell'informazioni e indicatori ambientali previsti dall'agenda. Altri strumenti specifici sono la Rete Federale di Monitoraggio Ambientale e l'Osservatorio Nazionale del Cambiamento Climatico.

1.3 STATO DELL'ARTE

La performance energetica degli edifici è stata largamente studiata a partire dagli anni '60 e sono stati sviluppati numerosi strumenti e modelli per calcolare la domanda energetica degli edifici come singoli elementi, sia in fase progettuale per nuova edificazione sia per interventi di riqualificazione edilizia al fine di evitare sprechi, quindi limitare i costi dell'utenza e le emissioni di CO2 in atmosfera. Le informazioni basilari utilizzate nella modellazione energetica degli edifici sono le informazione geometriche, ossia il volume riscaldato e la superficie disperdente, i parametri tecnici e strutturali dell'edificio, quindi i materiali di costruzione e la loro capacità di trasmissione del calore (trasmittanza, ponti di calore,..), il sistema di riscaldamento/raffrescamento, e i fattori climatici, in funzione di longitudine, latitudine e altitudine (fascia climatica, esposizione solare, piovosità…), di conseguenza la quantità di superficie vetrata e i fattori di ombreggiamento rispetto ad alberi ed altri edifici. Proprio per il numero elevato dei parametri da considerare nella modellazione energetica di un edificio Cerezo *et al.,* nel 2014, individua la necessità di elaborare un format standardizzato, ma adattabile, con le informazioni (non geometriche) di input in un modello per la valutazione della performance di un edificio relativamente a una fascia climatica, al fine di agevolare tempistiche e operazioni di lavoro. Nel suo studio, a partire da questionari sottoposti a esperti del campo e dalla letteratura individua i parametri più frequentemente usati rispettivamente a una fascia climatica. Tutti i dati raccolti sono strutturati in un archivio ad albero a cui attingere per compilare la scheda del modello. Lo schema di seguito riportato permette di visualizzare i dati input di un modello rispetto a tre classi largamente riconosciute. Il lavoro di Cerezo si concentra sulla componente delle proprietà dell'edifico (*Building properties*).

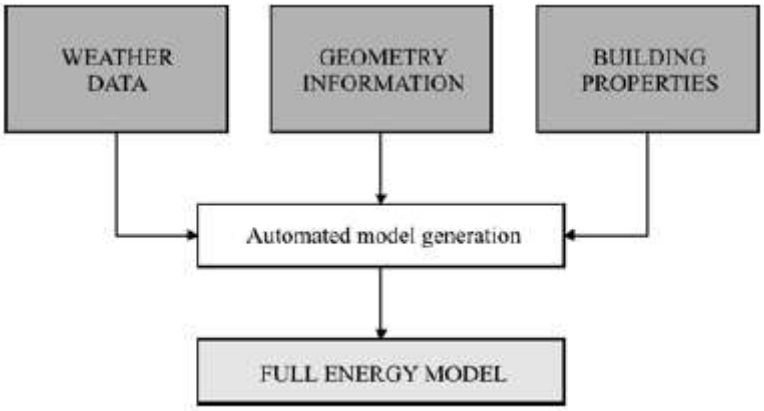


Figura 1Schema dei componenti di un modello di simulazione. Fonte: Cerezo, 2014

Nel precedente schema manca una componente molto variabile e complessa, ma allo stesso tempo molto influente, come hanno verificato E. M. Ryan e T. F. Sanquit nel loro studio (2011). Attraverso un lavoro di review hanno operato un'analisi degli strumenti utilizzati per la simulazione nei modelli energetici, tra cui Test cell, BESTEST, PASSYS, valutando i risultati ottenuti sia rispetto a condizioni ideali che realistiche. Sono applicati due metodi di validazione; il primo considera la validazione dei singoli elementi del modello, mentre il secondo considera una validazione globale. Da entrambi i metodi della loro analisi emerge che la validazione dei modelli energetici è di importanza fondamentale per ottenere dati affidabili su cui costruire progetti e a tal fine sono molto rilevanti parametrizzare e inserire all'interno del modello gli effetti degli occupanti, una variabile complessa

da analizzare, ma che permette di ridurre notevolmente lo scarto tra i consumi reali e stimati. Un importante protocollo per l'efficienza energetica a scala di edificio è il LEED, si tratta di una certificazione energetica volontaria i cui parametri di assegnazione spaziano in vari ambiti tra cui le prestazioni energetiche. H. W. Samuelson et al. (2014) valuta l'accuratezza del modello energetico in fase progettuale di 18 edifici costruiti secondo il modello LEED del Canada e effettua uno studio per valutare la validità degli step di calibrazione proposti dal protocollo per stimare il fabbisogno energetico rispetto a i dati misurati. Gli *step* di calibrazione dei protocolli considerano come input i dati meteorologici, i carici irregolari e i carichi regolari e per confrontare il fabbisogno energetico degli edifici il consumo annuale, il valore è riportato al metro quadro. Ne è risultato i modelli energetici in fase di progetto sottostimano anche del 30% il fabbisogno energetico; mentre in seguito alle calibrazione l'errore della stima dei consumi è stato ridotto del 20% circa; è risultata sensibilmente influente una corretta calibrazione dei dati climatici. Nel lavoro del 2013 M. Street et al. prendono in considerazione l'influenza dell'isola di calore urbano sulla stima dei consumi energetici di un edificio. L'isola di calore (*Urban Heat Island*, UHI) è un fenomeno climatico per cui la temperature dell'area urbana è più elevata del contesto circostante; è un fenomeno che può avvenire in varie circostanze a anche naturali, ma è molto accentuato nelle città per la concomitanza di fattori che lo generano: la bassa presenza di suolo permeabile e superficie verde, che nel processo di evapotraspirazione assorbe la radiazione solare e rilascia vapore acque che contribuisce a raffreddare l'ambiente; viceversa, l'elevata presenza di superficie impermeabile e non riflettente che assorbe le radiazioni rilasciandole sotto forma di calore; la produzione di calore residuo dovuto alla attività antropiche (processi industriali, di riscaldamento e condizionamento, traffico veicolare), sostanziale mente dovuto al rilascio di agenti inquinanti; la configurazione urbana che può creare dei canyon (rapporto tra distanza delle strade e altezza degli edifici) che non permette la circolazione di correnti d'aria e trattengono la radiazione riflessa. L'isola dei calore va a incidere sul microclima urbano

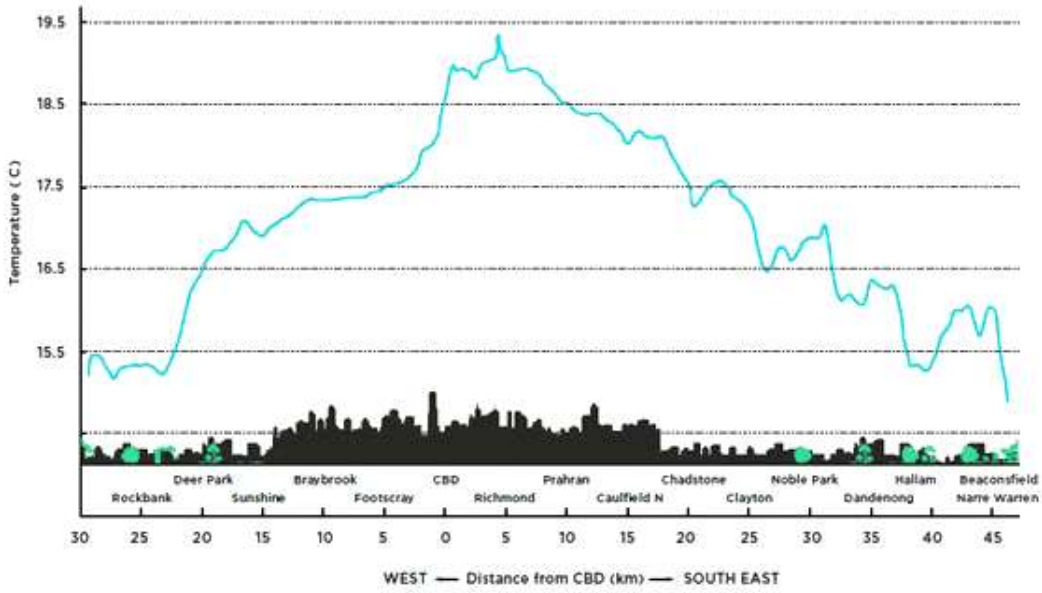


Figura 2 Esempio di isola di calore: la temperatura ha un variazione fino a 5 °C di differenza tra l'area del centro a maggiore densità e l'area più distante dal centro (minore densità-non edficicata).

Nel suo lavoro Street (2013) dimostra la reale influenza dell'isola di calore sui consumi urbani, stimando un primo consumo a partire dai dati delle stazioni meteorologiche situate in area rurale e successivamente applicando a tali dati le correzioni secondo due metodi, *Urban weather generetor* (UWG) (Bueno, 2012) e *Temperatur alteration scheme* (Crawley, 2008), al fine di correggere variazione climatiche rispetto all'ambiente urbano, dovute alla UHI. Entrambi i metodi hanno evidenziato una differenza di intensità di uso di energia tra ambiente rurale e urbano di circa il 15% e in seguito alla calibrazione del modello rispetto ai dati climatici e l'errore dei consumi stimati rispetto a quelli misurati sui due edifici in ambiente urbano (casa unifamiliare e ufficio) è stato ridotto del 9% e del 3%. Il contesto territoriale ha influenza sul consumo dell'edificio, ma anche al comfort urbano come riporta lo studio di Correa et al., (2012) sull'area metropolitana di Mendoza che indaga sul comfort termico dei canyon urbani generati dai filari di alberi lungo strada (configurazione tipica della città), considerando oltre alla specie, parametri quali altezza, radiazione solare media, larghezza delle strade e orientamento di queste. Un importante studio sull'influenza del microclima urbano sui consumi (in cui si ritrovano alcuni dei parametri urbani già indicati nei precedenti lavori) è stato fatto da Mutani (2016); nel modello di regressione lineare che correla i parametri urbani alla temperatura, dimostra come il microclima sia funzione della forma urbana; le variabili urbane sono la morfologia urbana (funzione di densità), l'albedo (specifico per materiale) e l'esposizione solare. Considerando il concetto che il consumo energetico degli edifici è composto da una componente relativa all'edificio e una componente relativa al contesto, nel suo studio indaga sulla influenza di questa seconda componente sul consumo energetico per il riscaldamento invernale nel caso studio di Torino. La città in esame è caratterizzata da un clima continentale temperato (fascia climatica E, legislazione italiana), sono presenti numerose aree verdi ed è influenzata dall'isola di calore. La valutazione è stata fatta su alcuni isolati rappresentativi del centro città e i consumi sono stati confrontanti le caratteristiche morfologiche e l'esposizione. Le principali variabili utilizzate per descrivere l'isolato e successivamente modificate per ottenere diverse configurazioni sono il rapporto di copertura al suolo (BCR), il rapporto tra altezza e distanza degli edifici (H/W), il principale orientamento delle strade (MOS). Gli strumenti utilizzati sono Arcgis per il calcolo delle variabili e Citysim per la modellazione energetica. La correlazione tra le variabili dimostra come i consumi siano influenzati diversamente rispetto alla densità urbana; in particolare in caso di alta densità dell'edificato è molto influente l'esposizione, mentre nel caso di media densità l'influenza di esposizione e morfologia urbana incide meno sul consumo energetico.

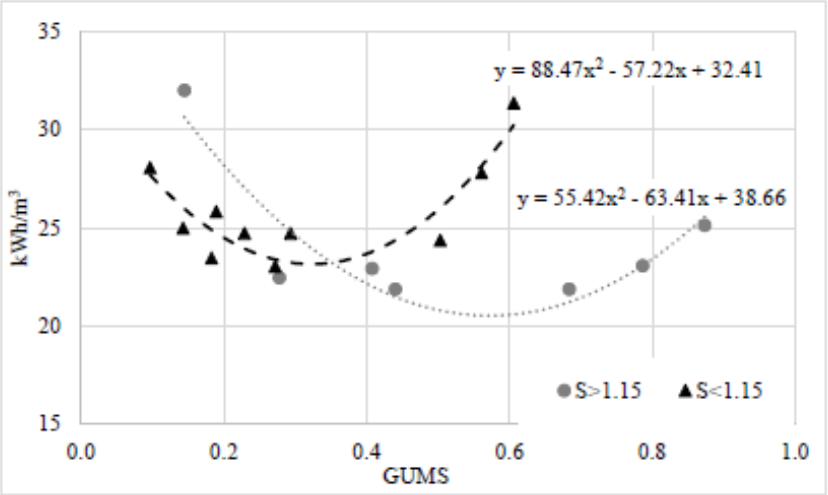


Figura 3 Variazione dei consumi energetici per il riscaldamento in funzione dell'indicatore globale GUMS (morfologia urbana e esposizione solare), (Mutani, 2016)

Negli anni più recenti si è sviluppato un interesse verso il consumo a scala urbana, che tuttavia è risultato molto complesso da identificare per la quantità e varietà di dati input da gestire, con la probabilità di ottenere gradi di errore elevati dovuti all'incertezza dei parametri di input (*citazione)*, e quindi informazioni non utili a fare previsioni di consumo e strategie in ambito pianificatorio. Un'alternativa percorsa è stata la formulazione di modelli statistici che indagano possibili correlazioni tra variabili spaziali e pattern o porzioni urbane. Fondamentale in questo campo è la semplificazione del modello e un'attenta selezione della variabili, in quanto un numero troppo elevato potrebbe compromettere la precisione dei dati (Silberstein, 2006; Willumsen, 2014). Si distinguono modelli a scala urbana di due tipi: top down e bottom up. I modelli top-down che considerando i consumi a scala municipale (superiore) e confrontandoli con caratteristiche climatiche e del censimento, permettono di determinare un consumo medio degli edifici, i modelli bottom –up necessitano di dati molto dettagliati a scala di edificio e dei consumi di questo per ottenere dei edifici-tipo per individuare delle classi di consumo e applicare modelli semplificati per ricavare il consumo energetico a scala urbana tramite modelli. Un esempio di modello top-down è presente nello studio condotto da Fracastoro e Serraino (2010), che propone un metodo per calcolare i consumi a scala regionale per mezzo di dati censuali e statistici; l'obiettivo è l'elaborazione di una scala energetica come metro di valutazione per predisporre incentivi scaglionati per l'efficientamento energetico. I modelli bottom-up necessitano di informazioni molto dettagliate a livello di edificio e del consumo energetico; selezionando degli edifici tipo e individuando le classi energetiche è possibile descrivere il consumo a scala urbana. Un terso tipo di modello è quello ibrido che utilizza i consumi degli edifici tipo per calcolare il consumo a scala urbana e vengono calibrati in funzione dei dati a scala territoriale. Lo studio condotto prende in considerazione utilizza come dati input le informazioni geometriche ricavate principalmente dal censimento nazionale, le caratteristiche strutturali ricavate dalla normativa, i dati meteorologici, le condizioni interne ovvero i comportamenti degli occupanti e le abitudini degli utenti assunti dalla letteratura e dall'esperienza degli autori e infine l'impianto termico le cui informazioni tecniche sono state reperite dalla letteratura. La validazione del metodo è stata fatta confrontando i bilanci energetici della Regione Piemonte e della Regione Lombardia e la correlazione è risultata buona.

La scala energetica è stata fatta in base agli standard della normativa italiana UNI EN 15217, considerando il valore R_r (ovvero il valore minimo richiesto tra la classe B e la classe C come il rapporto tra il fattore di forma e i gradi giorni dalla area studio pesati sul numero della popolazione, mentre il valore R_s (ovvero il consumo medio, valore di passaggio tra la classe E e D) è ricavato dal rapporto tra i consumi e la superficie riscaldata. In seguito alla definizione della scala energetica è possibile capire quanto volume residenziale ricade in ogni classe e valutare il potenziale di risparmio energetico su larga scale in base a misure differenziate di incentivazione per l'efficientamento energetico.

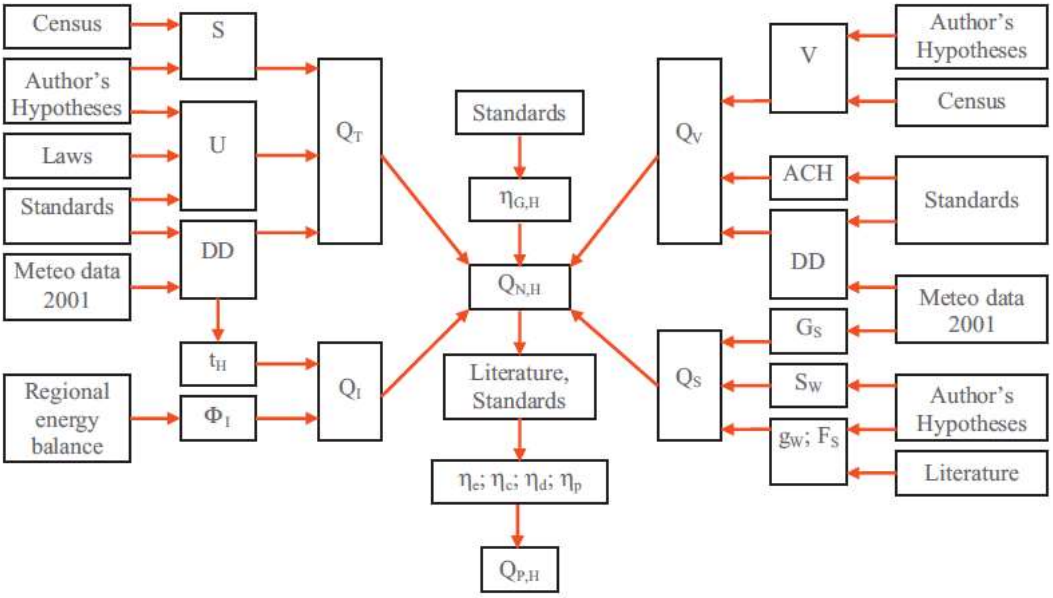


Figura 4 Schema di lavoro per il calcolo della domanda di energia primaria (Fracastoro, Serraino 2010)

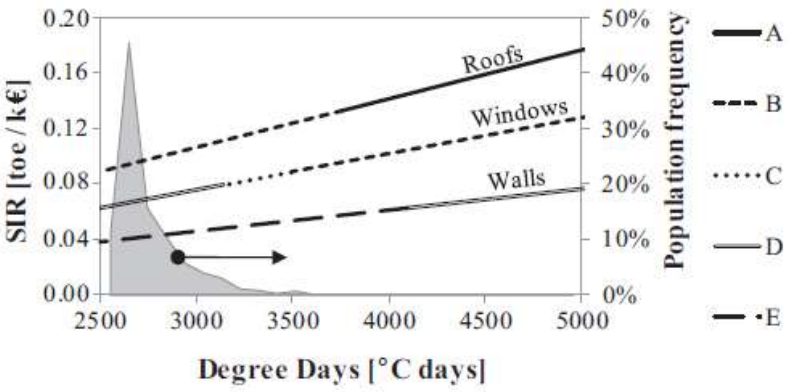


Figura 5 Il grafico mostra il rapporto risparmio energetico/investimenti in funzione dei GG e dei diversi interventi di riqualificazione (Fracastoro, Serraino 2010).

Lo studio di L.Filogamo et al. (2014) è un esempio di applicazione bottom up, in cui a partite da un campione virtuale di edifici è calcolato il fabbisogno energetico di tutta la Regione Sicilia. Lo studio nasce dalla necessità di capire l'efficacia degli investimenti energetici localizzata distintamente sul territorio regionale per poter destinare in modo opportuno le risorse economiche disponibili della regione nel campo della pianificazione energetica. La varietà del parco edilizio infatti fa si che le

misure recepite e gli effetti prodotti siano diversi in base alle caratteristiche di questo. I dati presi in considerazione sono le caratteristiche geometriche e termofisiche dell'edificio, il tipo di sistema di riscaldamento/raffrescamento, le caratteristiche climatiche della zona. Il procedimento segue cinque step riportati nella figura 5: l'analisi statistica dei dati del censimento permette di ricavare le caratteristiche degli edifici rispetto, diversificate rispetto all'epoca di costruzione; l'intero parco edilizio è diviso in cluster rispetto alle caratteristiche geometriche, sono analizzate e definite le caratteristiche termofisiche all'interno di ogni cluster; le precedenti tipologie stabilite sono analizzate e classificate rispetto all'impianto di riscaldamento /raffrescamento; infine i cluster sono associati alla zona climatica rispetto alla propria localizzazione. Per il calcolo dei consumi sono stati usati tre differenti approcci per i le tre componenti in cui è stata divisa al domanda energetica; per il riscaldamento è stata applicata la normativa nazionale che considera i GG, per il raffrescamento l'illuminazione e le apparecchiature elettriche è stata considerato il consumo medio per abitazione pesando il valore rispetto alla presenza degli elettrodomestici espressa in percentuale, infine per la cucina e l'acqua calda è stata considerata media annua per abitante.

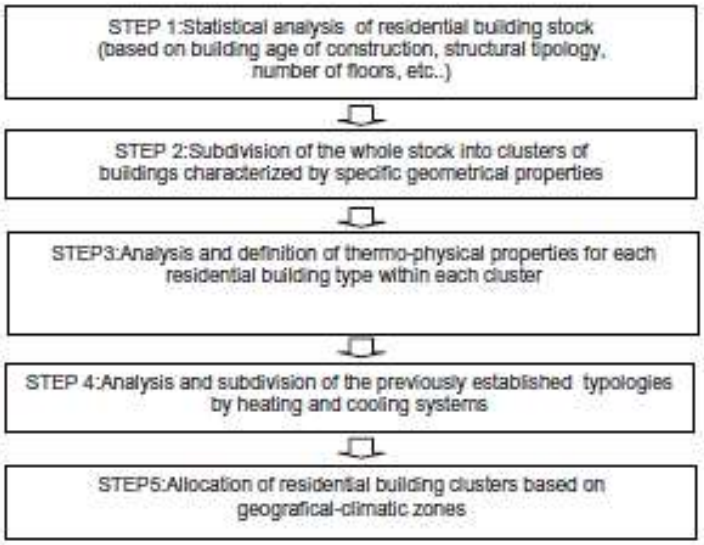


Figura 6 Procedimento per la classificazione degli edifici (Filigamo, 2014)

Component of the energy demand		
Heating	**Cooling, lighting and appliances**	**Cooking and domestic hot water**
Assessment method		
Application of winter calculation methods (ISO 13790)	Mean percentage per dwellings, corrected on the base of the income level of the population of the site	Average consumption for inh./y

Figura 7 Suddivisione della domanda energetica in tre componenti e rispettivi metodi di calcolo (Filigamo, 2014)

Un terzo tipo di modello per la stima dei consumi a scala urbano è quello ibrido, in cui si utilizza il metodo degli edifici-tipo del modello bottom-up per calcolare il consumo energetico del territorio preso in esame, questi sono calibrati in funzione dei consumi a scala territoriale e applicati all'intero

parco edilizio ad esempio tramite software GIS; infine è possibile renderli più accurati considerando gli aspetti localizzativi e contestuali che influenzano il consumo (variabili urbane).

Studi recenti hanno dimostrato che il consumo dell'edificio è dovuto due componenti; la prima è relazionata al clima, alla struttura e al sistema di riscaldamento/condizionamento; la seconda è relazionata all'ambiente urbano e al microclima (morfologia, albedo, esposizione solare). Delmastro et al., (2015) contribuiscono all'individuazione di una correlazione tra la forma urbana e i consumi per il riscaldamento energetico, lavorano sulla città di Torino, analizzando l'informazione a livello di sezione di cui sintetizzano l'informazione del parco edilizio rispetto al fattore di forma e al periodo di costruzione. Dal parco edilizio è stato selezionato un campione di edifici, principalmente in base ai dati di consumo ottenute dal distributore locale e, a seguito di una netta scrematura di questo dovuta a dati non corretti, gli edifici sono stati selezionati sulla base di caratteristiche simili da punto di vista strutturale e dell'impianto energetico, in questo modo, si può assumere che il consumo energetico dipenda solo dalla caratteristiche del contesto urbano e dall'esposizione solare. Sinteticamente, in riferimento al ambiente urbano sono da considerare le relazioni tra edifici e contesto e i tipi di materiale delle superfici esterne; nello studio presentato Delmastro gli indicatori che descrivono quantitativamente l'ambiente urbano sono sei: la densità urbana, l'altezza degli edifici, il rapporto di copertura del suolo tra superficie edificata e edificabile, il rapporto tra altezza e distanza degli edifici, l'orientamento principale delle strade, l'albedo delle superfici esterne. Le variabili indicate sono sintetizzate in due fattori statistici (Urban Morphology Factor, Solar Factor), un terzo fattore sarebbe l'albedo ma in questo studio risulta ininfluente perché i campione sono molto omogenei del punto di vista dei materiali, essendo localizzati tutti in quartieri del centro. I fattori sono stati calcolati per ogni sezione in modo da descrivere la forma urbana e per essere confrontati con i consumi. In base al valore dei fattori le sezioni sono state divise in classi rispetto al range ottimale, medio e basso e risulta che la differenza tra i consumi delle sezioni appartenenti alle classi migliore e peggiore può differire dell'16%, in base a come variano i parametri che compongono i fattori.

TABLE VII. THE INCIDENCE OF URBAN FACTORS ON THERMAL ENERGY CONSUMPTION

Heating season	Urban Morphology (UM) and Solar (S) factors					
	UM =1		*UM=2*		*UM=3*	
	S=1	*S=2*	*S=1*	*S=2*	*S=1*	*S=2*
October	1.19	1.19	1.11	1	1.18	1.11
November	1.16	1.11	1.08	1	1.13	1.11
December	1.17	1.08	1.04	1	1.12	1.08
January	1.21	1.13	1.09	1	1.18	1.14
February	1.17	1.08	1.06	1	1.13	1.09
March	1.19	1.12	1.11	1	1.17	1.10
April	1.23	1.13	1.05	1	1.14	1.11
Total	1.18	1.11	1.07	1	1.15	1.10

Figura 8 La tabella riporta l'incidenza dei fattori urbani sui consumi termici per i mesi della stagione di riscaldamento rispetto a un isolato ottimale (UM=2 e S=2). La situazione peggiore è rappresentata da isolati a bassa densità (UM=1) e esposizione solare sfavorevole (S=1), mentre per gli isolati ad alta densità (UM=3) è molto influente l'orientamento dell'edificio. (Delmastro, 2015).

Un progetto interessante che vede l'applicazione di un modello a scala urbana per la stima della domanda energetica in relazione alla morfologia urbana è stato svolto dalla LSE Cities (The London school and Political science) e da EIFER (European Institute For Energy Research) dell'Università di Karslruhe e pubblicato nel 2014. Lo studio è stato effettuato sulle città di Londra, Parigi, Berlino, Istanbul per le quali sono state identificate le tipologie edilizie ricorrenti e in base a queste è stata campionata ognuna delle città. Sono state individuate cinque tipologie di quartiere di dimensione fissa 500x500 m che sono i campioni morfologici (20 in totale). Per ogni campione sono state individuate le informazioni di base, che descrivono la tipologia di quartiere e sulla base di queste è stato costruito un modello 3D; da queste informazioni si è ricavato un modello ideale con i valori medi delle caratteristiche di base rappresentativo delle caratteristiche dominanti dei tipologie di quartiere, dalle quali prevalentemente dipende la domanda energetica. A questo punto attraverso la modellazione degli isolati è stato ricavato un consumo al mq/anno; sono stati utilizzati pochi parametri, ponendo come costanti quelli strutturali e climatici. In questo modo è stato possibile valutare gli effetti della morfologia sulla domanda energetica alla scala di vicinato; i parametri morfologici utilizzati sono quattro: la densità edilizia, il fattore di forma (S/V), l'altezza degli edifici e il rapporto al suolo tra superficie edificata e edificabile. La semplificazione del modello attraverso un uso limitato di parametri fa sì che i risultati non siano interpretabili come assoluti rispetto a situazioni reali, ma relativi rispetto a differenti tipologie di quartieri e alla rispettiva domanda energetica. Nella seconda parte del lavoro sono studiati gli effetti sulla domanda energetica di alcune componenti strutturali (isolamento termico delle pareti e rapporto tra trasmittanza e superficie vetrata) e climatiche. I risultati energetici sono stati confrontati rispetto a ogni parametro morfologico:

- Tipologia urbana → gli isolati compatti sono i meno energivori, mentre le case unifamiliari isolate nel lotto risultano le peggiori dal punto di vista energetico; i grandi condomini e i prefabbricati hanno elevate potenzialità di perfomance energetico
- Densità urbana → è un indicatore incisivo sulla domanda energetica e l'incremento di questa nei quartieri a bassa densità è molto incisivo. In corrispondenza del valore di densità più basso corrisponde la domanda massima di energia.
- Fattore di forma → è un buon indicatore rispettivamente alla domanda energetica e all'aumentare di questo corrisponde un aumento della domanda.
- Altezza media degli edifici → è stato individuato come l'indicatore migliore a livello di correlazione con la domanda.
- Rapporto di copertura del suolo → la correlazione con la domanda energetica è presente ma bassa; le perfomance energetiche sono buone rispetto e diversi valori del parametro.

Tra gli effetti relativi alle caratteristiche strutturali, l'isolamento ha dato risultati elevati in termini di risparmio energetico, mentre la superficie vetrata risulta essere un fattore critico per le tipologie lineari molto estese. Come già accennato, dallo studio non si possono trarre valori assoluti da potere applicare a casi reali, elementi di influenza sulla domanda da investigare caso per caso.

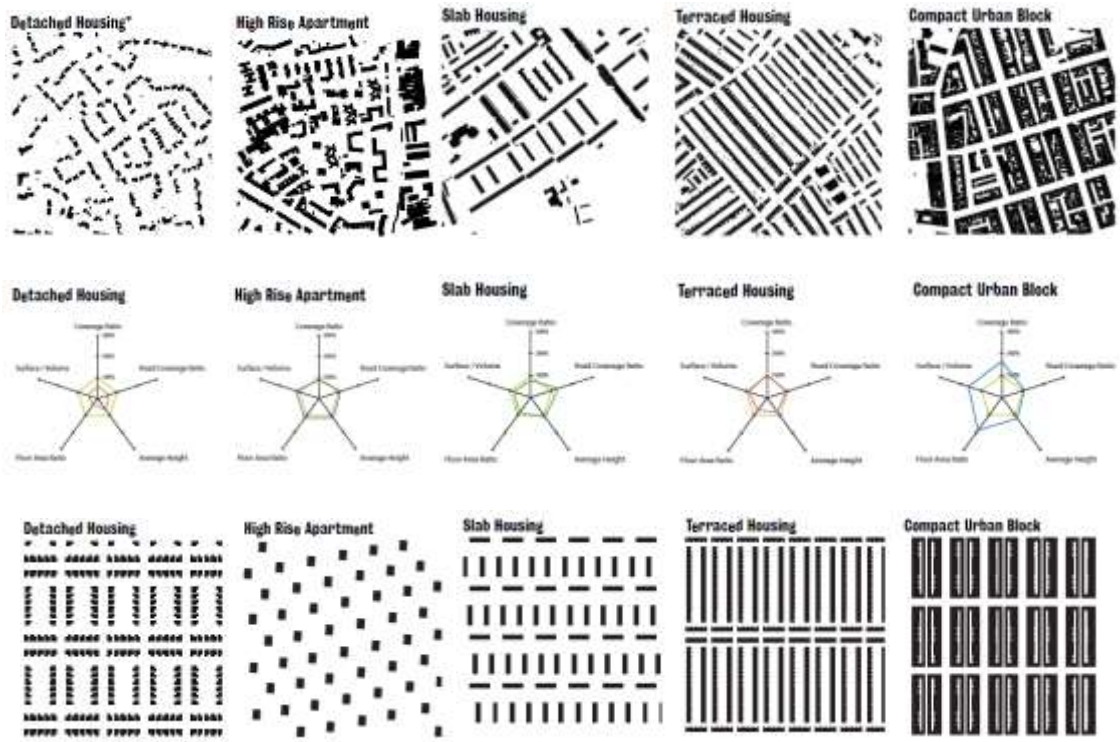


Figura 9 Processo di idealizzazione del cinque tipologie di quartiere (casa unifamiliare isolata, edifici a torre, condomini, terratetto, blocchi compatti) rispetto a cinque parametri urbani (rapporto di copertura, rapporto di copertura delle strada, altezza, FAR, S/V), esempio per la città di Londra (LSE Cities, 2011)

Nel lavoro Arboit et al. (2008), sono parte delle premesse della ricerca di Rode et al.; Arboit valuta il potenziale solare per un insediamento urbano a bassa densità in una regione climatica arida temperata fredda, quale è la città di Mendoza. Il lavoro è struttura in quattro fasi; il primo passaggio è l'individuazione di una campione rappresentativo di unità, corrispondente a 32 isolati, oggetto dell'analisi; sono stati selezionati in base al confronto tra immagini satellitari, foto aeree e informazioni catastali. All'interno degli isolati sono presenti una serie di edificio che uno considerati come un'unica unità e in riferimento a questa unità sono calcolate le variabili urbane (forma e orientamento dell'edificio, ampiezza delle strade, struttura dell'impianto arboreo) e dell'edificio (indicatore di sintesi della morfologia urbana, fattore di forma, occupazione del suolo a terra e occupazione complessiva della superficie edificata rispetto alla superficie dell'isolato), passaggio che costituisce il secondo punto della struttura del lavoro. Il terzo step è la definizione di indicatori che permettano di capire quale sia l'incidenza solare sull'area urbana e la percentuale del suo potenziale utilizzo, gli indicatori identificati sono il MIF ovvero la percentuale della superficie delle facciate esposte a nord, non oscurate da altri edifici o alberi, il UIF, ovvero la percentuale di radiazione solare utile incidente sulle facciate nord degli edifici e utilizzabile per il riscaldamento rispetto all'energia solare incidente su tutto l'isolato; il terzo indicatore è il PES, ovvero il potenziale risparmio energetico. Infine il quarto step prevede la simulazione della radiazione solare attraverso un modello grafico computazionale. I risultati del lavoro sono molto significati e dimostrano la correlazione tra la morfologia urbana e gli indicatori energetici; in un contesto di bassa densità sono particolarmente influenti sul consumo energetico il fattore di forma e l'orientamento degli isolati rispetto alla direzione della radiazione solare; la forma dell'isolato assume importanza in relazione all'orientamento, in particolare modo la forma rettangolare rispetto a quella quadrata; risulta di secondaria importanza la larghezza delle strade, mentre è fondamentale considerare la

componente verde degli alberi che permette di ridurre l' effetto isola di calore nella stagione estiva e ridurre l'utilizzo e quindi gli effetti negativi del raffrescamento artificiale. Altra variabile importante per tutti e tre gli indicarti è TOF che indica la densità volumetrica e quindi è determinante per l'incidenza o meno della radiazione solare. L'aspettativa dello studio, come dichiarato dall'autore è quella di porre delle basi tecniche per lo sviluppo e l'incremento di linee guida per l'ottimizzazione dell'uso della risorsa solare, in una regione ad alto potenziale come in quella di Mendoza.

In conclusione è possibile raggruppare gli studi sui modelli energetici in base a tre gruppi:

a) A scala di edificio > parametri interni e utenza
b) Influenza del contesto e microclima
c) A scala urbana > top down e bottom up

La tabella nella pagina successiva sintetizza i lavori più rilevanti provando ad organizzarli secondo i tre gruppi.

Autore e anno	Scala	Luogo	Oggetto	Fattori considerati	Metodi/analisi	Risultati
Fracastoro G. et al. *2010*	Regionale	Italia (Piemonte)	Proposta di un modello top-down per valutare i consumi a scala regionale; proposta di determinazione di scala energetica e di misure e incentivi	Dati energetici nazionali, Informazioni censuali. Caratteristiche geometriche dell'edificato (S/V)	Approccio globale e procedura analitica E-SDOB (analisi statistica della superficie riscaldata degli edifici)	Metodo E-SDOB risultata valido per la definizione die consumi a diverse scale territoriali e utile a supportare politiche di efficientamento energetico
Ryan E.M. et al. *2011*	Edificio	USA	Validazione e verifica dei modelli energetici a scala di edificio (articolo di revisione)	*Struttura dell'edificio*: materiali, sistema HVAC, configurazione architettonica. *Occupanti*: uso dell'edificio, abitudini	Test cell, BESTEST, PASSYS (validazione ideale) Questionari (validazione realistica)	Effetti degli occupanti sono molto rilevanti: inclusione nelle processo di validazione dei modelli energetici degli edifici.
Correa E. et al. *2012*	Area metropo-litana	Mendoza	Comfort termico nei canyon urbani alberati	Dimensione, altezza e specie degli alberi, radiazione solare media, larghezza e orientamento delle strade.	COMFA	Utilizzo di specie di alberi differenti in funzione di un comfort termico in base a stagione e dimensioni delle strade.
Street M. et al. *2013*	Urbana (microclima) Edificio (consumi)	Boston	UHI – Valutazione di modelli per ottenere dati climatici urbani a partire da stazioni meteorologiche rurali per la stima del consumo energetico di un edificio urbano	*UM* (lat, long, diametro, BH, BD, NDVI, A, strade, flusso di calore antropogenico, *Microclima* (umidità relativa, temperatura di bulbo secco, vento, infiltrazione). Dati climatici per validazioni	Urban weather generetor (UWG, Bueno, 2012) e Temperatur alteration scheme (Crawley, 2008), Calcolo dell'intensità dell'energia usata	Il microclima individuato dai due metodi presi in analisi risulta utile nella simulazione di consumi energetici degli edifici. Vantaggi/svantaggi dei due metodi.
Arboit M. Et al. *2008*	Urbana	Mendoza (AR)	Valutazione del potenziale solare come fonte energetica per il riscaldamento in un contesto urbano a bassa densità	Variabili urbane (forma e orientamento isolato, SW, alberi) Variabili edificio (UM, S/V, SOF, TOF)	MIF UIF PES Modello statistico	UM, TOF e orientamento molto influenti SW e forma isolato secondari Vegetazione importante
Cerezo C. Et al., *2014*	Edificio	-	Standardizzazione di file di input che considera le proprietà dell'edificio per la simulazione di performance energetiche	*Building properties* (non geometriche): edilizia, carichi termici, sistema di riscaldamento/raffrescamento	Review Questionari	File di archiviazione preimpostato delle proprietà dell'edificio e strumenti di editor per l'elaborazione del *template*

Autore e anno	Scala	Luogo	Oggetto	Fattori considerati	Metodi/analisi	Risultati
Filigamo L. *Et al.* *2014*	Regionale	Sicilia	Metodo di classificazione degli edifici a larga con finalità di pianificazione energetica	Epoca di costruzione Prop. geometriche Prop. Termo-fisiche Sistema riscaldamento e apparecchiature Localizzazione geoclimatica	Classificazione per step e insinuazione di edifici-tipo Calcolo consumi da normativa	Il metodo risulta affidabile dalla verifica con i consumi misurati a scala regionale.
Rode P. *Et al.,* *2014*	Quartiere	Parigi, Londra, Berlino, Istanbul	Valutazione dell'influenza della morfologia urbana sulla domanda energetica del quartiere	Tipologie edilizie, BD, BH, BCR, S/V	1. Tipologie di quartiere 2. Astrazione in quartiere idealizzati 3. Calcolo domanda specifica al mq	Relativi al modello semplificato dello studio. Influenza dei parametri urbani e domanda energetica Effetti isolamento, superficie vetrata e clima sulla domanda energetica
Samuelson H. *Et al.,* *2014*	Edificio	Toronto	Valutazione di accuratezza e calibrazione per *step* di modelli energetici al fine di migliorare la previsione dei consumi (Commerial buildings, Performance Compliance for buildings protocol.)	Dati climatici, radiazione solare. Sistema HVAC, occupazione dell'edificio, luci, infiltrazione, carichi regolari, carichi non previsti	EE4v1.7 software: modifiche al modello energetico. Foglio elettronico: modifiche post-processo ai risultati simulati.	Riduzione dell'errore mediamente dal 36% al 7%. Fattore principale: la calibrazione dei carichi regolari. Proposta di una calibrazione triage
Delmastro C. *Et al.* *2015*	Urbana	Torino	Influenza della morfologia urbana sui consumi energetici nel settore residenziale	Variabili urbane: BD, BH, BCR, H/W, MOS, A Indicatori urbani: UM, S, A	Classificazione delle sezioni rispetto a tipologia edilizia omogenea Calcolo dei parametri urbani per ogni sezione Confronto tra tipologie di sezioni consumi.	UM e S combinate nella giusta relazione permettono di ridurre i consumi e conseguentemente le emissioni; sono fattori da considerare all'interno di un procedimento pianificatorio.
Mutani G. *Et al.* *2016*	Isolato	Torino	Analisi del consumo energetico per il riscaldamento degli edifici residenziali in relazione alle componenti del contesto urbano e microclimatico.	Morfologia urbana UM (BCR, HR) Esposizione solare P (MOS)	ArcGIS - caratteristiche dell'isolato CitySim - simulazione del consumo energetico I fattori sono messi in relazione tra loro per stimare la variazione di consumo su uno stesso isolato	Variazione dei consumi energetici in funzione della morfologia urbana e dell'esposizione solare degli spazi esterni: valori più bassi per densità urbane medie esposizione solare molto influente con alte densità.

1.4 OBIETTIVO DEL LAVORO

Scopo del lavoro

Le premesse e la letteratura scientifica indicano come sia necessario intervenire nella gestione dei consumi energetici per garantire al cittadino un livello alto di qualità della vita rispetto a parametri come qualità dell'aria, comfort termico e qualità dell'ambiente urbano, che è il luogo in cui si concentra la maggior parte della popolazione mondiale. Le stesse attività antropiche sono le principali cause e le più influenti sul cambiamento climatico e questo suggerisce la necessità di una diversa gestione da parte delle società del loro operato, in particolare quello che afferisce alle abitudini quotidiane. Essendo le città sono composte da edifici, questi sono un elemento fondamentale su cui intervenire al fine di ridurre le emissioni di gas inquinanti in atmosfera. Specificamente il lavoro si occupa del settore residenziale e del dispendio di questo relativamente al riscaldamento invernale. Si vuole indagare su quale sia il consumo della città, supponendo che esso non sia omogeneo in tutta l'area e equamente ripartito su tutta la superficie riscaldata, ma vari all'interno dell'area di studio rispetto alle specifiche caratteristiche degli edifici o del quartiere.

L'obiettivo del lavoro è l'applicazione di un modello energetico a scala urbana che permetta di quantificare i consumi "interni" alla città. Il modello è applicato all'area metropolitana di Mendoza, un agglomerato urbano comprendente sei municipalità nella regione centro occidentale dell'Argentina. Il modello stima il consumo energetico necessario per il riscaldamento invernale degli edifici del settore residenziale, dopo averli classificati in base a caratteristiche omogenee, ed è validato dal confronto con i consumi reali forniti dall'azienda locale che distribuisce il combustibile. I parametri utilizzati fanno riferimento agli edifici e ne riguardano la tipologia edilizia, i materiali di costruzione, il tasso di occupazione delle abitazioni, ma anche condizioni del contesto come la densità urbana e gradi giorno. Dal modello è possibile avere un quadro urbano della distribuzione dei consumi e fare delle valutazioni a scala urbana, a partire dalla presa di conoscenza della causa dell'elevato consumo su una specifica area; attraverso l'elaborazione di una strategia energetica, che individui indirizzi a lungo termine e interventi a cadenza temporale breve è possibile favorire la generazione (o la persistenza) di un comfort termico urbano, che contestualmente comporta un risparmio energetico e una riduzione delle emissioni di gas inquinanti su larga scala. La pianificazione ricopre un ruolo importante nella gestione delle risorse locali e territoriali ed è fondamentale la conoscenza dello stato di fatto per l'organizzazione di strategie di medio-lungo periodo al fine di ottimizzazione le risorse energetiche a scala urbana.

Contenuto dei capitoli

L'elaborato è suddiviso in quattro capitoli oltre a quello introduttivo, in cui sono esposte le premesse al lavoro, introducendo la situazione a livello internazionale sul cambiamento climatico le cause relazionate all'attività antropica e l'approccio dell'Argentina alle tematiche ambientali e alle politiche energetiche.

Nella metodologia è illustrato il metodo seguito nello svolgimento del lavoro. Una prima parte riporta la spiegazione dei modelli energetici che sono stati individuati attraverso la studio della letteratura scientifica, di cui nello stato dell'arte sono riportati i più significativi, e la spiegazione

delle variabile anche esse apprese dalla letteratura, alcune delle quali sono state utilizzate nel procedimento, altre sono state di supporto al lavoro e all'analisi. Nella seconda parte sono ripercorse le fasi del lavoro per la definizione del modello energetico, a partire dalla individuazione delle tipologie edilizie frequenti, la classificazione tipologica del territorio per avere una presentazione del parco edilizio residenziale dell'area oggetto di studio, la normalizzazione dei consumi energetici rispetto a una quota media per ottenere valori di consumo comparabili e infine il calcolo del consumo specifico normalizzato utile alla definizione della classificazione energetica.

Il caso studio riporta la presentazione dell'area di studio affrontandola sotto i vari punti di vista per fornirne un inquadramento completo del territorio in esame. È descritto il contesto territoriale e climatico e sono analizzati i dati meteorologici forniti dalle tre stazioni del sistema meteorologico nazionale, situate nel perimetro esterno dell'area metropolitana; viene delineato l'aspetto urbano attraverso le informazioni riportate sul parco edilizio che ha come rappresentazione finale la mappa delle classificazione tipologia, espressione dei sintetico-visiva dei dati riportati in formai di scheda per le singole sezioni e in forma tabellare come sintesi delle caratteristiche tipologiche; al terzo paragrafo sono presenti le informazione per delineare un quadro energetico, con informazioni ricavate sia dal quadro nazionale che indicano la quota di consumo di gas per riscaldamento e uso domestico a livello residenziale per la regione Mendoza, in linea con l'andamento internazionale, sia a livello locale da dati forniti dall'azienda erogatrice, che hanno permesso di valutare i consumi rispetto a elementi, quali gli usi, gli anni, la distribuzione territoriale della popolazione, i dati climatici. Segue il capitolo in cui sono elencate e descritte le banche dati utilizzate per il lavoro, le difficoltà riscontrate nel far dialogare le diverse scale (e origini) delle banche dati e come sono state risolte; le principali, fulcro del lavoro, sono gli edifici che sono una fonte catastale, le sezioni di censimento, fonte INDEC, e i consumi di gas naturale a scala distrettuale. Infine sono brevemente riportati i modelli energetici applicati all'area di studio; il modello top-down è stato utili a inquadrare e confrontare i consumi delle sei municipalità in esame e avere un ordine di grandezza generale dei consumi sul territorio. Il modello denominato bottom-up ha permesso di individuare i consumi per le singole sezioni e verificarne il valore rispetto al totale del distretto; il maggiore dettaglio permette di fare delle considerazione sulla qualità energetica nelle varie porzioni di città ed quindi la base per la costruzione di una strategia energetica a scala metropolitana.

Nel quarto capitolo sono analizzati i risultati ottenuti dal modello denominato bottom up. La struttura generale prevede la spiegazione dei risultati, il commento a grafici e tabelle riassuntive e la mappa che ne mostra distribuzione sul territorio. In primis l'attenzione è posta sulle classi energetiche, che sono commentate e giustificate rispetto a quanto appresso dalla letteratura scientifica; per le sezioni sono proposte delle schede energetiche riassuntive dei caratteri generali, tipologici e energetici in modo rendere facilmente confrontabili i dati raccolti. Successivamente sono analizzati i consumi reali specifici e globali per ogni sezione; questo permette di avere una percezione di quali effettivamente siano le zone più energivore della città e rispetto a quali cause (tipologiche, strutturali, climatiche, socio-economiche…).

L'ultimo capitolo conclusivo è suddiviso in due parti; nella prima si espongono le considerazioni sul modello, sulla efficacia e sulla riproducibilità di esso; sono riportati i punti critici rispetto al lavoro e opportune modifiche migliorative e integrative e accennati possibili sviluppi e ulteriori studi. Nella seconda parte sono ripercorsi i risultati significati e una possibile applicazione di questi a fine pianificatori, attraverso il metodo dei quadranti che permette di individuare le aree

più critiche dall'intersezione dei dati di consumo specifico e globale e assegnare una priorità alle sezioni per l'efficientamento energetico.

2 METODOLOGIA

MODELLI PER LA STIMA DEI CONSUMI ENERGETICI

2.1 I MODELLI ENERGETICI

Tramite i modelli energetici è possibile stimare il consumo degli edifici e valutarne i risparmi energetici per mezzo di operazioni di efficientamento energetico. Rispetto ai modelli energetici a scala di edificio che sono molto dettagliati, quelli a scala urbana sono semplificati perché le informazioni sono meno particolareggiate; tuttavia permettono stimare i consumi e il potenziale risparmio energetico in base a interventi specifici per città o quartiere che tengano in considerazione le caratteristiche del patrimonio edilizio, del contesto urbano e della tipologia di utente. I modelli energetici possono essere distinti in tre categorie, top-down bottom-up e ibridi.

I modelli top-down permettono di determinare un consumo medio degli edifici partendo da dati di consumo a scala comunale o simili; il consumo risulta lo stesso per tutta l'area di riferimento e quindi non è possibile distinguere differenti valori all'interno della città o le distribuzioni delle emissioni. I modelli di tipo bottom up necessitano di dati molto dettagliati dell'edificio oltre che dei consumi reali di energia di questo; in base a edifici-tipo e rispettivi consumi è possibile organizzare classi di consumo energetico dalle quali ricavare il consumo a scala urbana. I modelli ibridi vedono l'applicazione di entrambi i precedenti, sfruttando i consumi degli edifici singoli per ricavare il consumo urbano, ma vengono calibrati in base al consumo della scala territoriale; il calcolo può essere più accurato con modelli di calcolo a scala urbana, che tengano in considerazione gli elementi del contesto territoriale.

In questo studio si applica un modello di tipo top down a partire dai consumi a scala sub-comunale per ricavare un consumo medio per sezione di censimento. Le sezioni sono classificate rispetto a otto classi energetiche, identificate a partire dalla tipologia prevalente e il fattore di forma rapportati alla qualità dei materiali e la densità abitativa; il consumo di ogni classe è attribuito alla sezione corrispondente e attraverso un'applicazione di tipo bottom up si è verificato il consumo stimato a scala di distretto con quello reale, fornito dall'impresa di distribuzione del gas in rete di Mendoza.

2.2 I FATTORI CHE INFLUENZANO I CONSUMI PER IL RISCALDAMENTO DEGLI EDIFICI

Dallo stato dell'arte si apprende come il consumo energetico di un edificio sia influenzato da molteplici componenti, che possono essere ricondotte a quattro gruppi: caratteristiche geografiche e climatiche, relative all'edificio, relative al contesto urbano e al microclima e relative comportamento dell'utente. Da un confronto con la letteratura e attraverso un processo di rielaborazione dei dati a disposizione, sono state individuate le variabili utilizzate nei diversi passaggi del lavoro. Nei seguenti paragrafi sono riportate e spiegate le variabili apprese dalla letteratura e ritenute maggiormente significative per il caso, oltre quelle utilizzate nel procedimento.

2.2.1 Caratteristiche climatiche e geografiche

GRADI GIORNO

Il consumo degli edifici dipende dalla temperatura esterna dell'aria e l'energia è utilizzata per riscaldare o raffrescare l'ambiente allo scopo di ottenere un comfort termico; il consumo di un edificio quindi è differente rispetto alla quota a cui si trova e all'anno che può avere stagione più rigide o più miti. Per rendere confrontabili i dati energetici si utilizzano i gradi giorno che rappresentano la quantità di energia necessaria a riscaldare o raffrescare un ambiente rispetto a una temperatura di riferimento. In Italia sono introdotti con il D.P.R. 412/1993 che ne dà la seguente definizione: "somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente, convenzionalmente fissata a 20 °C, e la temperatura media esterna giornaliera". In riferimento a Mendoza la stagione di riscaldamento comprende i mesi da Aprile a Ottobre (inclusi) e la temperatura di riferimento è 18 °C; per una data località i gradi giorno si ricavano con la seguente formula:

$$GG=\sum T\,(T_{rif}-T_e), \qquad T_{rif}=18\ °C$$

In questo modo è possibile calcolare i GG in corrispondenza delle stazioni meteorologiche, ma poiché l'area di studio non si trovano alla stessa quota delle stazioni meteorologiche e varia in quota, da un minimo di circa 650 m s.l.m. a un massimo di circa 930 m s.l.m., è importante capire come e quanto varia la temperatura (e di conseguenza i consumi) in funzione dell'incremento di quota e calcolare i GG (per la quota media) del distretto per valutare correttamente i consumi. Per fare questo calcolo è stato fatto riferimento alla normativa UNI 10349 in base alla quale è possibile calcolare la temperatura di una località rispetto a una stazione di riferimento posta sullo stesso versante della località e conoscendo la differenza di quota tra queste:

$$T= T_{rif} – (Z – Z_{rif})*d$$

Il parametro *d* non è fornito, come nel caso della normativa italiana, per cui è calcolato, con procedimento inverso, come il rapporto tra la differenza di temperatura e la differenza di quota tra la località in esame e quella di riferimento. Si ottiene quindi:

$$d=(T_{rif}-T)/\ (Z – Z_{rif}).$$

Poiché la differenza T_{rif} - T corrisponde ai GG, nel caso specifico possiamo considerare la differenza di temperatura come la differenza tra i GG delle due stazioni meteorologiche in oggetto e la differenza di quota come il dislivello tra queste. Il parametro *d*, quindi, è calcolato come il rapporto tra la differenza dei gradi giorno e la differenza di quota delle stazioni meteorologiche:

$$d=(HDD_1- HDD_2)/\ (Z_1-Z_2)$$

Questo procedimento è ripetuto per le tre stazioni meteorologiche di cui sono disponibili i dati e il valore finale del parametro corrisponde al valore medio tra quelli ricavati per ogni stazione.

2.2.2 I parametri dell'edificio

PARAMETRI GEOMETRICI

In riferimento all'edificio di tipo residenziale sono stati calcolati i seguenti parametri geometrici necessari a determinare la superficie e il volume riscaldato, la superficie disperdente e quindi il grado di compattezza dell'edificio, successivamente riportata alla sezione.

- La **superficie lorda riscaldata**, ovvero l'area di base dell'edificio per il numero di piani (compresa l'ingombro delle pareti):

$$Slr = Area_{base} * N°_{piani} \qquad [m^2]$$

  La superficie lorda riscaldata, calcolata per corpo edificato, è sommata e attribuita alla particella; lo stesso è fatto per il volume e la superficie che seguono. Inoltre per le diverse tipologie residenziali individuate nel caso studio di Mendoza la formula sopra indicata è adeguatamente modificata, in modo da considerare l'effettiva superficie riscaldata:

  - Unifamiliare: si sottrae un'area pari a 17% della superficie calcolata, corrispondente alle dimensioni di un garage.
  - Unifamiliare e con attività commerciale: si sottrae la superficie commerciale, mediamente pari a metà della superficie calcolata.
  - Condominio: invariata
  - Condominio e commercio: si sottrae l'area di un piano (commerciale) al risultato della formula, esclusi i fabbricati a un piano.

- Il **volume lordo riscaldato**, ovvero il volume dell'edificio calcolato come l'area di base per l'altezza media di un piano (3 m) per il numero di piani:

$$V = Area_{base} * N°_{piani} * H_{m\ piano} \qquad [m^3]$$

- La **superficie disperdente**, ovvero la superficie a contatto con l'ambiente esterno o locali non riscaldati, che nel caso semplice di edificio isolato corrisponde alla somma dell'area di base, di copertura e delle superficie verticali:

$$S_{Disp} = 2Area_{base} + (Perimetro_{base} * H_{Edificio}) \quad [m^2]$$

  Nel caso di edifici contigui è rimossa l'area in comune delle pareti per entrambi gli edifici, individuata in ambiente da lato in comune per l'altezza minore tra quelle dei due edifici.

$$S_{Disp\ effettiva} = S_{Disp} - S_{comune} \qquad [m^2]$$

- Il **fattore di forma**, parametro di sintesi tra la superficie disperdente e il volume lordo riscaldato, è indice della compattezza dell'edificio:

$$FF = S_{Disp\ effettiva} / V \quad [m^{-1}]$$

  Dal punto di vista energetico è preferibile un valore basso del fattore di forma, ovvero una minore superficie disperdente (quindi una bassa dispersione) a parità di volume.

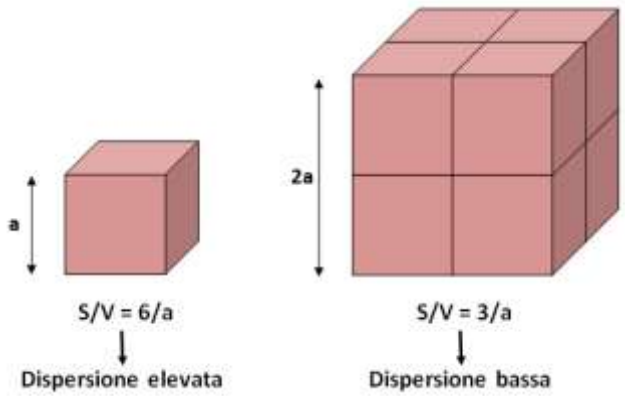


Figura 10 A parità di morfologia costruttiva, il fattore di forma decresce all'aumentare delle dimensioni: la superficie varia con il quadrato della sua dimensione [m²], mentre il volume varia con il cubo [m³]. Fonte: Ecomondo - Creative Commons Attribuzione-Non commerciale-Non opere derivate 2.5 Italia License.

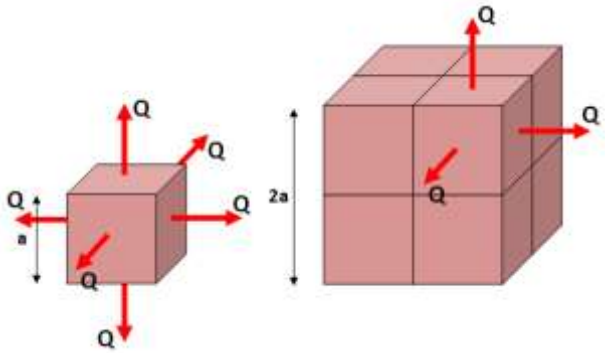


Figura 11 Considerando il tipo di abitazione (casa unifamiliare dx o appartamento sx), la dispersione termica è il doppio per la casa indipendente (Q=flussi di calore); la stessa proporzione vale per il fattore di forma. Fonte: Ecomondo - Creative Commons Attribuzione-Non commerciale-Non opere derivate 2.5 Italia License.

CARATTERISTICHE TECNICHE

Tra le caratteristiche tecniche indicate dalla letteratura e individuate nello stato dell'arte per valutare la performance energetica degli edifici sono prese in considerazione: la trasmittanza termica[1] per calcolare le dispersioni verso l'esterno attraverso l'involucro dell'edificio; i ponti termici e quantità di la superficie vetrata, entrambi riconducibili alla trasmittanza; il sistema di calefazione/refrigerazione e rendimento dell'impianto.

[1] **La trasmittanza termica** è la grandezza che indica il flusso di energia (calore) che attraversa una parete posta a 1 °C di differenza di temperatura, quindi più basso sarà il valore di trasmittanza termica, più basso sarà l'energia dispersa e quindi maggiore il grado di isolamento dell'abitazione; la formula per il calcolo è $U = \frac{1}{R_T}$, dove R è la resistenza termica totale della parete data da d/λ (rapporto tra spessore dello strato e conduttività termica del materiale).

In questo studio i parametri tecnici non sono stati calcolato alla scala di edificio, ma sono state utilizzate le informazioni fornite dal censimento a scala di sezione, selezionandole tra quelle con affinità concettuali.

- La qualità dei materiali di costruzione: l'informazione censuale riporta gli edifici suddivisi in quattro classi rispetto alla qualità dei materiali e il grado di rifinitura dell'abitazione; le classi sono state raggruppate rispetto all'isolamento o meno dell'abitazioni ottenendo tre gruppi dall'unione delle ultime due.

Gruppo	Caratteristiche	Raggruppamento di lavoro
QM1	materiali resistenti e solidi e presenta rivestimento interno;	QM1
QM2	materiali resistenti e solidi ma senza rivestimento interno oppure bassa qualità del pavimento;	QM2
QM3	materiali di bassa qualità per tetto e pavimento	QM3&4
QM4	materiali di qualità molto bassa.	

- Il rivestimento interno della copertura; in base alla presenza o meno di uno strato isolante posto sotto il tetto si sono suddivise le sezioni in due classi.

- Il tipo di combustibile utilizzato; in ogni sezione è fornito il numero di abitazioni che utilizzano uno specifico combustibile e uno specifico impianto. Nello studio si fa riferimento al combustibile gas naturale distribuito in rete, con fattore di conversione pari a 9300 kcal/mc (*Diagnóstico Energètico, 2010*) e 1 kcal = 0.001163 kWh. Da questo dato è stato possibile ricavare la percentuale di abitazioni riscaldata con gas distribuito in rete, indicatore calcolato a partire dal numero di famiglie connesse alla rete del gas, considerando una proporzione diretta tra numero di famiglie e numero di abitazioni.

$$\%_{GAS} = n° \text{ famiglia}_{GAS} / n° \text{ famiglie}_{SEZ} * 100.$$

2.2.3 Variabili e indicatori urbani

Per mezzo di queste variabili e indicatori è possibile ricostruire il contesto urbano dal punto di vista della configurazione spaziale che socio-economico. Le variabili socio-economiche sono calcolate a partire dalle informazioni su base censuale, mentre quelle spaziali sono la media dei valori degli edifici appartenenti alla sezione o sono calcolate rispetto all'elemento in oggetto (es. strade). Segue la descrizione delle variabili calcolate, a partire da quelle utilizzate nel procedimento indicato come elemento descrittivo e caratterizzante la sezione.

- Tipologia prevalente: considerando la percentuale di abitazioni in unifamiliare rispetto alle abitazioni in appartamento, è stata attribuita la prevalenza alla sezione: prevalenza di abitazioni in condominio o prevalenza abitazioni in unifamiliare.

- **Superficie riscaldata a gas**: è la superficie residenziale occupata della sezione moltiplicata per la percentuale delle abitazioni riscaldate a gas

$$S_{GAS} = Slr * tax\ occ * \%_{GAS}$$

- **Densità abitativa del gas**: calcolata come il rapporto tra il numero di famiglie e la superficie riscaldata a gas distribuito in rete.

$$D_{GAS} = n° \text{ famiglia }_{GAS} / S_{GAS}$$

MORFOLOGIA URBANA

Di seguito sono riportate le variabili che dalla letteratura risultano le più influenti sul consumo energetico e a cui porre maggiore attenzione nella formulazione di strategie di efficienza energetica a livello urbano. In questo studio sono servite per avere un inquadramento a livello morfologico dell'area di studio; per il modello è stato utilizzato il rapporto di copertura al suolo (BCR) come indicatore di distanziamento tra le abitazioni nel caso di abitazioni unifamiliari (paragonabile a una densità al suolo).

- **Building Height (BH):** è la media delle altezze degli edifici appartenenti alla sezione, calcolata come il numero di piani per l'altezza media dei piani (3 m).

$$BH = n° \text{ piani} * 3$$

- **Building Width (BW):** la distanza media nel raggio di 100 m da un edificio rispetto ai 30 edifici più vicini. Questo e il precedente elemento sono basilari per il calcolo di altre variabili; entrambi hanno influenza sull'ombreggiamento e sulla circolazione dei flussi d'aria. I due parametri sono riassunti nella variabile dell'*aspect ratio*.

- **Aspect ratio (H/W):** è il rapporto tra l'altezza dell'edificio e la distanza media degli edifici attorno e serve a individuare la presenza di canyon urbani, ossia situazioni di strade strette e edifici alti, o inversamente situazioni urbane poco dense, come nel caso di strade ampie e edifici bassi. I canyon urbani comportano delle situazioni particolari di microclima, influenzando ad esempio i flussi d'aria; è uno dei parametri urbani più influenti nel consumo energetico dell'edificio.

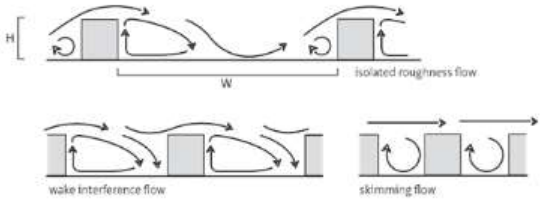


Figura 12 Esempio di circolazione dei flussi d'aria rispetto al rapporto tra altezza e distanza degli edifici, con ventilazione perpendicolare all'edificio. Fonte: http://urbanclimate.nl

- **Height ratio (H/H):** è il rapporto tra l'altezza di un edificio e l'altezza media degli edifici circostanti. La distanza degli edifici circostanti deve essere tale da considerare un numero adeguato di edifici rispetto alla dimensione delle strade e delle pertinenze (per il caso studio di Mendoza si è scelto 40 m, interpretati come ampiezza massima della strada, in modo da raggiungere gli edifici dal lato opposto). Tramite questo parametro è possibile capire gli apporti solari; se il valore è omogeneo, la situazione è omogenea, gli edifici della stessa altezza circa e gli apporti distribuiti uniformante sugli edifici della sezione. Se il valore è maggiore o minore di 1 c'è disomogeneità e la presenza di edifici alti porta ombra quelli di minore altezza; per portare un esempio pratico dell'informazione fornita da questo parametro, se ne deduce che in presenza di valori spostati da 1 potrebbe essere sconsigliata l'installazione di pannelli solari.

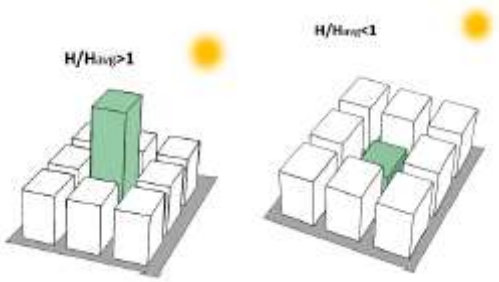


Figura 13 Height ratio, esempio. Fonte: Todeschi, 2016 (fig.7, pag.89).

- **Buinlding Orientation (BO):** indica l'orientamento prevalente dell'edificio, quindi verso quale direzione è orientata la facciata più lunga; se ne può dedurre le ore e la quantità di radiazione solare a cui soggetto l'edificio. Sono utilizzate sei classi di orientamento attribuite ogni 30 gradi, in modo da favorire l'orientamento Est-Ovest. Nella tabella riportata sotto gli angoli fanno riferimento all'inclinazione dell'asse minore dell'edificio rispetto all'asse N-S; l'inclinazione è ottimale per -15°/15°.

  Orientamento per classi 1-6:

  - 1 → -15/15
  - 2→-30/-15 U 15/30
  - 3→-45/-30 U 30/45
  - 4→-60/-45 U 45/60
  - 5→-75/-60 U 60/75
  - 6→-90/-75 U 75/90

  Per calcolare un valore medio per sezione l'angolo di orientamento è moltiplicato per il volume dell'edificato e poi diviso per il volume totale dell'isolato

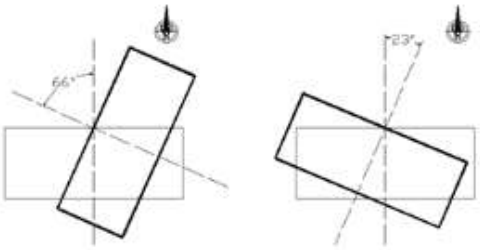


Figura 14 Orientamento dell'asse minore rispetto al nord geografico. Nel caso a dx l'asse minore effettua una rotazione di -66° mostrando un orientamento indefficace; nel caso a sx l'angolo di 30 °C mostra un buon orientamento.

- **Building cover ratio (BCR):** è il rapporto tra la superficie edificata (in pianta) e la superficie della sezione (m^2/m^2).

$$BCR = \sum AREA_ed / AREA_sez$$

Il valore che può assumere è compreso tra 0 e 1, nel caso in cui la superficie della sezione sia totalmente vuota o viceversa totalmente edificata.

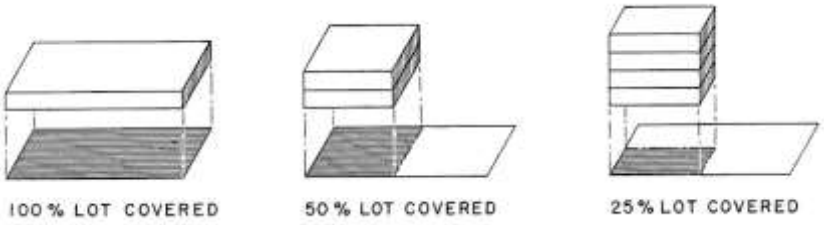


Figura 15. Building cover ratio (rapporto di copertura tra suolo edificato e non edificato).

- **Buinding density (BD):** è il rapporto tra il volume edificato sull'isolato e l'area dell'isolato (m^3/m^2) ed esprime la densità della situazione urbana. Alti valori del parametro indicano una situazione molto densa, viceversa bassi valori indica una situazione a bassa densità. È opportuno mettere in relazione questo parametro della densità con quello di copertura del suolo per capire il grado di compattezza dell'area urbana.

$$BD = \sum VOL_ed / A_sez$$

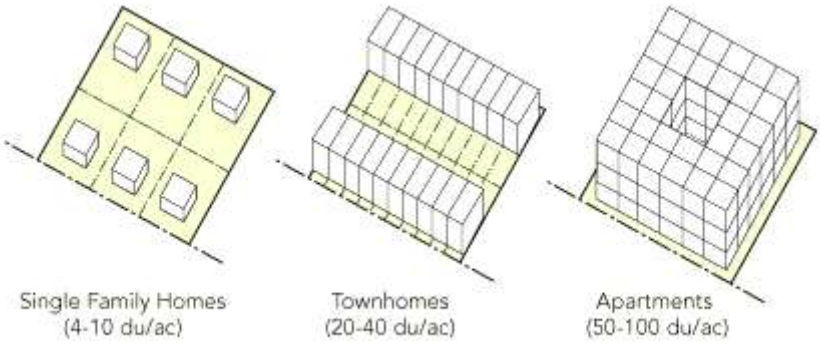


Figura 16 Building density (densità edilizia), rispettivamente bassa per le case unifamiliari, media per le case a schiera, alta per appartamenti in condomio.

- **Total occupation factor (TOF):** è il rapporto tra il totale della superficie costruita (in altezza) e l'area edificabile dell'isolato (m^2/m^2).

  TOF = ∑ (AREA_ed*N°piani) / ∑AREA_sez

  Anche per questo parametro è utile il confronto con i precedenti per capire il grado di densità e di occupazione dell'area in esame.

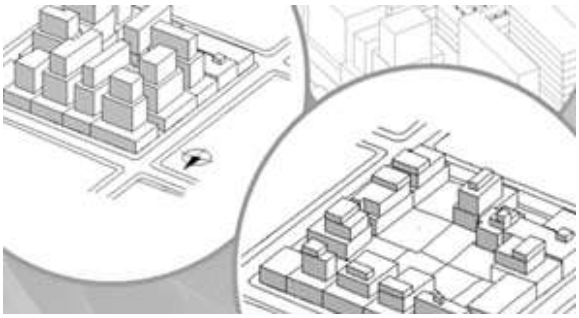


Figura 17 Total occupation factor (rapporto tra superficie costruita e superficie edificabile); l'immagine mostra due versioni di uno stesso isolato. il caso in secondo piano presenta tre livelli su tutti gli edifici ed è saturo al centro; quello in primo piano presenta più varietà e non è edificato al centro.

- **Mean Orientation Street (MOS):** l'orientamento principale delle strade è un parametro utile a stimare l'apporto di sole sull'isolato. Tale parametro è stato calcolato a partire dall'isolato. Come per il Building Orientation, sono state utilizzate sei classi in modo da favorire l'orientamento est-ovest; in questo caso i gradi variano da 0° a 180° partendo da Nord, con esposizione migliore 0° per orientamento della maggiore Est-Ovest. Gli isolati quadrati, per i quali non è definibile un asse maggiore, sono stati riclassifica secondo la seguente tabella, in modo da ricondurli alle sole classi 1, 2, 3.

  Orientamento per classi

  - 1 → -15/15

- 2→-30/-15 U 15/30
- 3→-45/-30 U 30/45
- 4→-60/-45 U 45/60
- 5→-75/-60 U 60/75
- 6→-90/-75 U 75/90

Gli isolati approssimabili a una forma quadrata, quindi appartenenti alla prima classe del rapporto lunghezza/ampiezza (valore_LW=1 - rapporto minore di 1,25), sono assegnati alle classi di orientamento:

- 1, nel caso di orientamento compreso tra 0-15 e 166-180 (classe reale 6)
- 2, nel caso di orientamento compreso tra 16-30 e 151-165 (classe reale 5)
- 3, nel caso di orientamento compreso tra 31-45 e 136-150 (classe reale 4)

- **Street width (SW):** l'ampiezza delle strade è un parametro simile alla distanza tra gli edifici, in quanto considera i varchi tra l'edificato, ma solo a terra (in 2D); permette di stimare gli apporti di sole ipoteca e i flussi d'aria.

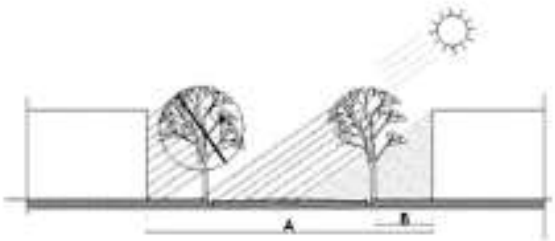


Figura 18 Street width (ampiezza della strada) corrisponde all'elemento A, ovvero la distanza tra edifico e edificio.

- **Street cover ratio SCR:** indica la superficie coperta dalla strada (compreso il marciapiede) all'interno della sezione. Attraverso questo parametro è possibile stimare la quantità di superficie pubblica a disposizione per interventi a carattere urbano. nell'immagine di seguito SCR corrisponde all'area compresa tra il limite dei lotti (in nero) e il limite della sezione (in rosso).

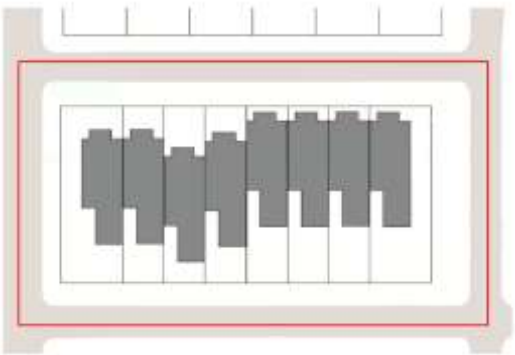


Figura 19Street coverage ratio (rapporto tra superficie stradale (pubblica) e l'area della sezione.

- **Forma dell'isolato:** data dal rapporto che tra i lati dell'solato, è un'alternativa all'indice di compattezza e necessario per il calcolo dell'orientamento.

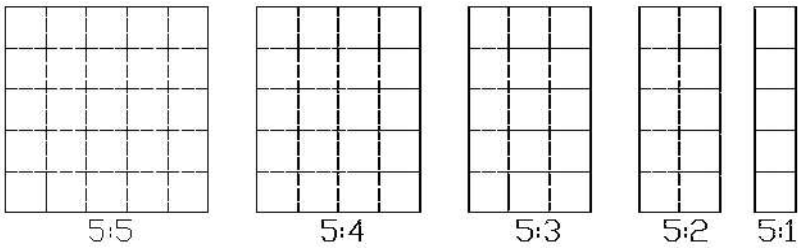


Figura 20Esempio di rapporti tra i lati di un isolato, che ne definisco la forma da quadrata a "lineare".

MICROCLIMA

Le variabili dalla struttura edificate e direttamente influenti sul microclima che della sezione urbana sono riportate di seguito. Particolare nota hanno i fattori legati alla vegetazione, elemento caratterizzante la struttura urbana di Mendoza (area metropolitana)

- **Trasmissività** della chioma, è la percentuale pesata della radiazione solare che attraversa la chioma durante una stagione. È importante che sia bassa in estate per mantenere un ambiente più ombreggiato e fresco e ragionevolmente alta in inverno in modo da sfruttare il calore solare.

- **Completezza** degli isolati, indica il valore percentuale di alberi presenti si sul bordo dell'isolato e conseguentemente l'assenza di questi, quindi dove è necessario intervenire incrementando il numero; il numero di alberi per isolato è differente per specie, rispetto alla dimensione della chioma e alla distanza che intercorre tra i fusti.
- **Magnitudo**, è la grandezza che esprima la dimensione di un albero come rapporto tra diametro della chioma e altezza dell'albero.

- **Ndvi:** l'indice di vegetazione normalizzato è un indicatore ricavato da immagini satellitari che indica lo stato e l'evoluzione della vegetazione (boschi, prati, terreni agricoli…) sul territorio. I tre fattori legati all'alberatura, possono essere riassunti all'interno della variabile NDVI, ma per il caso studio in esame è opportuno considerarli anche separatamente.

- **Albedo,** è il rapporto tra la radianza riflessa e la radianza incidente; è quindi un valore adimensionale compreso tra 0 e 1 e esprime il potere riflettente dei materiali esterni. Un alto valore di albedo indica un'elevata capacità riflettente (es. neve), viceversa un basso valore, quale quello dell'asfalto, ha un bassa capacità riflettente.

2.2.4 Comportamento dell'utenza

A differenza dei modelli a scala di edifici, i comportamenti legati all'utenza che andiamo a considerare in questo caso studio sono molto semplificati, si tratta di dati derivanti dal censimento a scala di sezione sull'occupazione dell'abitazioni, in linea di massima, senza nessuna specificazione a livello giornaliero o orario o informazione sulle abitudini "domestiche".

- Tasso di occupazione, rapporto fra il numero di abitazioni occupate permanentemente e il numero totale di abitazione.

- Tasso di occupazione_temporaneo, è il rapporto tra il numero di abitazioni temporaneamente vuote e il numero totale di abitazioni, moltiplicato per 6/7, quindi pesato rispetto ai giorni in cui sono ipotizzate occupate

- Tasso di occupazione_ferie, è il rapporto tra il numero di abitazioni utilizzate per vacanze o nei weekend e il numero totale di abitazioni, moltiplicato per 3/7, quindi pesato rispetto ai giorni in cui sono ipotizzate occupate.

- Tasso di occupazione_ufficio è il rapporto tra il numero di abitazioni utilizzate come studio, ufficio o attività commerciali e il numero totale di abitazioni, moltiplicato per 5/7, quindi pesato rispetto ai giorni in cui sono ipotizzate occupate.
- Percentuale anziani, Percentuale disoccupati e percentuale inattivi sono indicatori sociali che forniscono informazioni sull'utilizzo e delle abitazioni e risultano utili nella fase progettazione strategica.

2.3 FASI DEL LAVORO

2.3.1 Individuazione dei volumi residenziali riscaldati

Il programma utilizzato per la costruzione del modello è il software GIS a partire da una banca dati catastale in formato .shp; il sistema di coordinate internazionale WGS84. Ulteriori dati e informazioni sono stati reperiti in formato .shp e .xls dal censimento della popolazione (INDEC 2010), mentre per i consumi energetici sono stati utilizzati i dati forniti dall'impresa erogatrice del gas in loco. Alla base del modello è la corrispondenza tra i volumi (o la superficie) riscaldati e i consumi energetici, per cui il primo passo è l'individuazione di tali volumetrie in ambiente GIS, in modo che il consumo specifico al mq (o mc) non sia sotto- o sovrastimato.

Le volumetrie sono state distinte rispetto alla destinazione d'uso, per avere corrispondenza tra i corpi riscaldati e i consumi domestici, forniti dall'impresa. Le destinazioni d'uso presenti nel file catastale delle particelle sono state associate agli edifici e riclassificate in "Residenziale" e "Non residenziale"; della prima categoria fanno parte i seguenti usi indicati dal catasto:

Edifici residenziali	Destinazioni d'uso: - Vivienda familiar - Familiar y comercial - Matriz de prop.horizontal - Viviendas prestadas por ipv a jubilados

"*Matriz de prop.horizontal*" fa riferimento a una particella ripartita tra più proprietari, indipendentemente dalla attività presente; tali edifici sono stati controllati in modo da attribuire la corretta destinazione tra edificio condominiale (multiproprietà di appartamenti), edifici tipo commerciale e edifici misti residenziali e commerciali. Nel settore residenziale sono stati individuati quattro edifici-tipo in base alle caratteristiche tipologiche, che sono di seguito descritte.

Edifici – tipo	
Casa unifamiliare. Può essere a uno o due piani, isolata nel lotto o a schiera; ha un proprio spazio di pertinenza permeabile o impermeabile con garage, verande o annessi. Ha un lotto di riferimento, per cui si può definire che per ogni particella catastale è presente un abitazione	
Casa unifamiliare con attività commerciale. Ha le stesse caratteristiche della precedente tipologia con il carattere distintiv Casa unifamiliare con attività commerciale; ha le stesse caratteristiche della precedente tipologia con il carattere distintivo dell'elemento commerciale, che generalmente occupa il piano terra dell'edificio o un secondo fabbricato all'interno della stessa particella. Anche in questa situazione si ha un'abitazione per particella, con una porzione diversamente riscaldata.	
Condominio. Sono edifici strutturati ad appartamenti con tre o più piani; possono essere raggruppati in quartieri omogenei nella città o inseriti in isolati misti di case unifamiliari e condomini. Una particella fa riferimento a più abitazioni.	
Condominio con attività commerciale al piano terra. Tipologia prevalente nelle aree centrali della città, allo stesso modo dei condomini hanno più appartamenti per lotto, ad esclusione del piano terra, per cui dovrà essere escluso dai volumi riscaldati	

La distinzione degli edifici è stata effettuata a partire da un campione di sezioni, scelto a discrezione in varie zone dell'area di studio in modo da considerare i contesti più frequenti nella città. Per rimuovere i corpi non riscaldati (garage, baracche, tettoie, depositi, edifici in rovina…) sono state applicate le seguenti regole in GIS, che sono servite per individuare i corpi fabbricati eccessivamente bassi, lunghi e stretti, di piccole dimensioni o errori di rilevamento.

Tabella 1- Regole di identificazione di corpi non riscaldati

Elementi reali	**"Regola di identificazione" in GIS**
Tettoie	Piani = 0
Annessi e baracche	Isolati e area < 35 mq
Terrazzi	Proporzione lati ("PISO" =1 AND "AREA"<20 AND "Rapp_LW">4.5)
Fabbricati non residenziali o terreni non edificati	Area di base > 500 mq e 1 piano
Garage case unifamiliari	-17%

Tra le geometrie sono state eliminate quelle con numero di piani "0" designanti *alejos*, ovvero tettoie per ombreggiare la strada in corrispondenza di attività commerciali o ingressi residenziali. Sono interpretati come baracche e annessi quegli elementi isolati con area minore di 35 mq; fondamentale è stato indentificare le geometrie isolate, perché il file degli edifici è molto frazionato e gli oggetti con area inferiore a quella indicata sono molteplici. I terrazzi, corrispondenti a geometrie strette e lunghe, sono stati individuati in base alla proporzione dei lati e all'area. Infine, rispetto alla tipologia case unifamiliari sono state prese in considerazione altre due regole; è possibile escludere quegli edifici con uno o due piani e area di base maggiore 500 mq e escludere la superficie del garage mediamente pari al 17% di tutta l'area dell'abitazione.

Verifica delle volumetrie

Per la verifica delle volumetrie riscaldate residenziali si confronta il numero di elementi individuati in GIS con il numero di abitazioni fornite dal censimento e distinte per appartamenti e case indipendenti. Le schede sono state elaborate in un foglio elettronico e sono riportati e messi a confronto i dati del censimento e quelli calcolati in GIS. La scheda utilizzata per la verifica a livello di sezione di censimento è composta da tre parti. Nell a prima riporta il numero identificativo della sezione e il nome attribuito in base a una piazza presente in essa o al nome di due strade che si incrociano internamente o perimetralmente alla sezione. Al di sotto è posizionata l'immagine che la localizza rispetto all'area metropolitana e a fianco una di maggiore dettaglio che permette di capire la composizione interna degli isolati. Nella seconda parte sono riporta le informazioni generali inerenti la superficie, la popolazione e le abitazioni. La seconda parte è costituita dalle informazioni caratterizzanti, ricavate a partire da quelle generali; indicano la tipologia prevalente all'interno della sezione, la prevalenza tra abitazioni in case unifamiliari e appartamenti, la presenza di superficie commerciale all'interno di edifici residenziali e se la sezione in questione è svantaggiata da un punto di vista sociale (sovraffollamento delle abitazioni, materiali di bassa qualità…). La terza parte sintetizza le informazioni sulle tipologie edilizie presenti e garantisce la verifica tra le volumetrie, sono riportati il numero di edifici presenti, la superficie riscaldata e quella dei garage se presenti, la superficie lorda e netta per abitazioni, la superficie commerciale se presente e, per i condomini, il numero di appartamenti.

Nel caso delle case unifamiliari, lo scarto tra il dato fornito dal censimento e quello individuato in GIS; per le sezioni prese a campione la media dello scarto è inferiore al 5% (4,1%) con valori massimi del 7,1% e minimi del 0,0%. È stata fatta una verifica sull'area delle abitazione unifamiliari,

calcolando l'area lorda per sezione di censimento di tutti gli elementi edificati con area maggiore di 35 mq; separatamente è stata calcolata l'area del garage per l'intera sezione come:

Area tot garage = n° appartamenti * area garage,

dove *area garage* è 35 mq per le zone ricche (due posti auto) o 15 mq per le zone residenziali svantaggiate. Si è confrontato l'area lorda totale (senza riduzioni) risultate in GIS con l'area lorda superiore a 35 mq sommata all'area totale dei garage calcolata in base al numero di abitazioni. Lo scarto ha una media di 0,1% con valori compresi tra 10% e il -16%. È stata calcolata la percentuale dei garage ed è mediamente intorno al 16% con valori massimi del 21% e minimi del 12% (ad esclusione delle sezioni in cui non sono presenti case unifamiliari per cui l'area garage è 0). L'area del garage è considerata solo per le abitazioni unifamiliari; generalmente i condomini non prevedono il parcheggio interrato, ma spazi adibiti in superficie. Supposta valida la superficie lorda edificata, stata calcolata l'area lorda per edificio e l'area netta secondo la formula indicata nella normativa italiana UNI TS 11300-1 Prestazioni energetiche degli edifici Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale, per cui

A utile = (0.9761-0.3055*dm) *Area lorda,

dove dm lo spessore delle pareti è pari a 0.3 m. la media è di 160 mq, con dimensioni che spaziano molto in base al tipo di casa, dai 90 mq dei quartieri poveri ai 250 mq dei quartieri ricchi.

La proporzione tra condomini e case unifamiliari ha permesso di classificare la sezione in base alla tipologia di edifici prevalente, CU o C. L'area lorda riscaldata è stata calcolata in modo differenziato per i condomini interamente residenziale e quelli con piano terra commerciale, scartando l'area dei posti auto e quella commerciale.

È stata riportata la superficie commerciale per individuarne la percentuale rispetto alla superficie abitata e in base a questo valore è stato caratterizzato l'uso della sezione: se è presente oltre il 30% di area commerciale allora la sezione è stata definita commerciale.

Infine è stato calcolato il numero di famiglie per casa occupata e mediamente risulta una famiglia per abitazione (0.87) ad eccezione delle zone individuate come povere in cui risulta più di una famiglia per abitazione. È stato confrontato lo scarto tra il numero di famiglie e le abitazioni occupate è stato possibile verificare, in base alle abitazioni fornite dal censimento e a quelle individuate in GIS; i valori sono simili, con indice più alto, intorno al 20 % per le zone povere e intorno al 5% per le zone ricche. Di seguito sono presentate nel format definitivo.

Sezione	500280208 – San Josè/ Godoy Cruz	**Municipalità**	Guaymallen

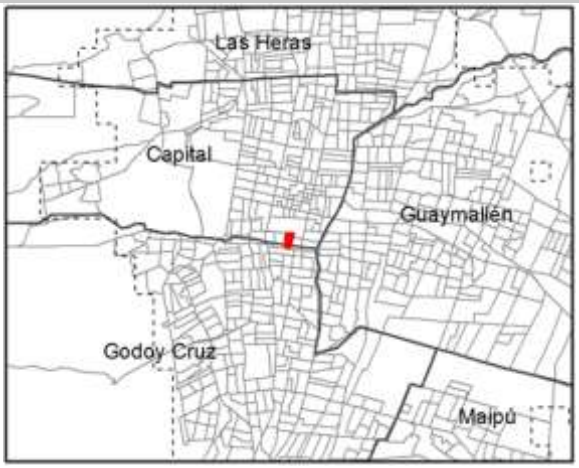
Generalità				
Superficie (ha)	11,16	Uffici/commerciale	17	7%
Popolazione	643	In costruzione	3	1%
Famiglie	205	Da affittare/vendere	1	0%
Abitazioni	255	Abitazioni temporanee	3	1%
N abitanti per famiglia	3,1	Utilizzate per il fine settimana	6	2%
N. Famiglie/abitazione	0,80	Disabitate	26	10%
N. Famiglie/abitazione occupata	1,01	Abitazioni occupate	199	78%
Densità di abitazioni (ab/ha)	22,85			

Informazioni caratterizzanti			
Unifamiliari/ appartamenti	78%	Zona residenziale svantaggiata	NO
Tipologia prevalente	CU	Zona commerciale	R

Case unifamiliari	**193**
Area riscaldata (mq)	25.629
Area garage (mq)	6.755
Area lorda per abitazione (mq)	133
Area netta per abitazione (mq)	133
Superficie media del lotto (mq)	246

Condomini	**18**
Di cui, con piano terra commerciale	1
Area lorda (mq)	3.509
Area residenziale in cond e comm (mq)	184
Area commerciale (mq)	61
Area lorda effettiva (mq)	3.693
Appartamenti	57
Area lorda per appartamento (mq)	65
Area netta per appartamento (mq)	57

Sezione	500070808 - Bombal	Municipalità	Capital



Generalità

Superficie (ha)	8,43	Uffici/commerciale	30	14%
Popolazione	401	In costruzione	3	1%
Famiglie	147	Da affittare/vendere	11	5%
Abitazioni	207	Abitazioni temporanee	11	5%
N abitanti per famiglia	2,7	Utilizzate per il fine settimana	1	0%
N. Famiglie/abitazione	0,7	Disabitate	14	7%
N. Famiglie/abitazione occupata	1,0	Abitazioni occupate	137	66%
Densità di abitazioni (ab/ha)	24,56			

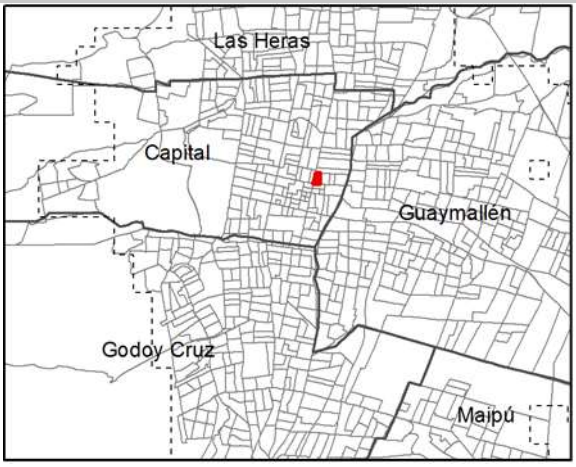
Informazioni caratterizzanti

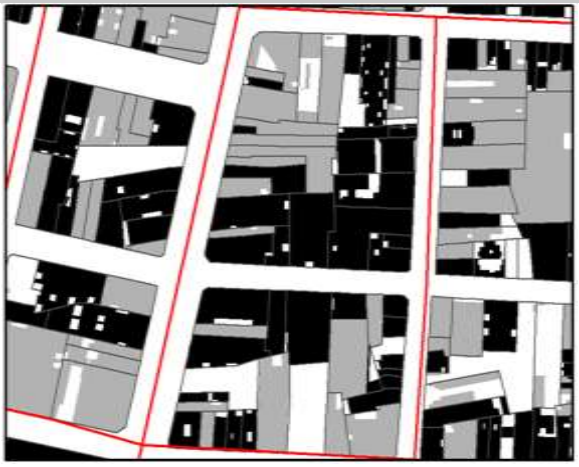
Unifamiliari/ appartamenti	90%	Zona residenziale svantaggiata	no
Tipologia prevalente	CU	Zona commerciale	no

Case unifamiliari	**193**
Area riscaldata (mq)	35.401
Area garage (mq)	6.755
Area lorda per abitazione (mq)	183
Area netta per abitazione (mq)	162
Superficie media del lotto (mq)	257

Condomini	**14**
Di cui, con piano terra commerciale	0
Area lorda (mq)	3.375
Area residenziale in cond e comm (mq)	0
Area commerciale (mq)	0
Area lorda effettiva (mq)	3.375
Appartamenti	21
Area lorda per appartamento (mq)	161
Area netta per appartamento (mq)	142

Sezione	500070307 – Buenos Aires	Municipalità	Capital





Generalità

Superficie (ha)	4,59	Uffici/commerciale	0	0%
Popolazione	218	In costruzione	46	19%
Famiglie	96	Da affittare/vendere	2	1%
Abitazioni	246	Abitazioni temporanee	37	15%
N abitanti per famiglia	2,3	Utilizzate per il fine settimana	61	25%
N. Famiglie/abitazione	0,4	Disabitate	7	3%
N. Famiglie/abitazione occupata	0,7	Abitazioni occupate	93	38%
Densità di abitazioni (ab/ha)	53,59			

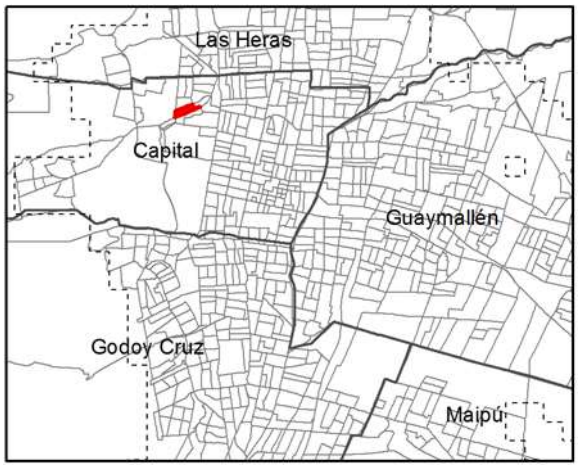
Informazioni caratterizzanti

Unifamiliari/ appartamenti	1%	Zona residenziale svantaggiata	no
Tipologia prevalente	C	Zona commerciale	si

Case unifamiliari	**3**
Area riscaldata (mq)	750
Area garage (mq)	105
Area lorda per abitazione (mq)	250
Area netta per abitazione (mq)	221
Superficie media del lotto (mq)	233

Condomini	**8**
Di cui, con piano terra commerciale	4
Area lorda condominiali (mq)	6758
Area residenziale in cond e comm (mq)	37.470
Area commerciale (mq)	16.836
Area lorda effettiva (mq)	44.228
Appartamenti	242
Area lorda per appartamento (mq)	183
Area netta per appartamento (mq)	162

Sezione	500071021 – Capitan Sur	Municipalità	Capital



Generalità

Superficie (ha)	8,96	Uffici/commerciale	4	2%
Popolazione	1026	In costruzione	0	0%
Famiglie	249	Da affittare/vendere	0	0%
Abitazioni	191	Abitazioni temporanee	0	0%
N abitanti per famiglia	4,1	Utilizzate per il fine settimana	0	0%
N. Famiglie/abitazione	1,3	Disabitate	4	2%
N. Famiglie/abitazione occupata	1,4	Abitazioni occupate	183	96%
Densità di abitazioni (ha/mq)	21,32			

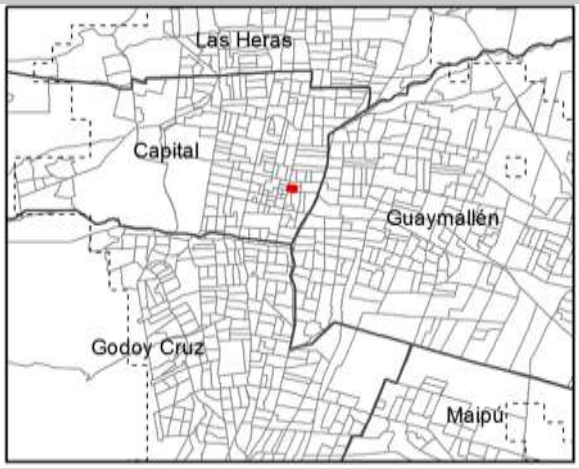
Informazioni caratterizzanti

Unifamiliari/ appartamenti	93%	Zona residenziale svantaggiata	Si
Tipologia prevalente	CU	Zona commerciale	no

Case unifamiliari	**178**
Area riscaldata (mq)	16.918
Area garage (mq)	2.580
Area lorda per abitazione (mq)	95
Area netta per abitazione (mq)	84
Superficie media del lotto (mq)	223

Condomini	**0**
Di cui, con piano terra commerciale	0
Area lorda condominiali (mq)	0
Area residenziale in cond e comm (mq)	0
Area commerciale (mq)	0
Area lorda effettiva (mq)	0
Appartamenti	0
Area lorda per appartamento (mq)	0
Area netta per appartamento (mq)	0

Sezione	500070309 - Garibaldi	Municipalità	Capital



Generalità

Superficie (ha)	2,77	Uffici/commerciale	37	13%
Popolazione	296	In costruzione	28	10%
Famiglie	133	Da affittare/vendere	0	0%
Abitazioni	285	Abitazioni temporanee	62	22%
N abitanti per famiglia	2,2	Utilizzate per il fine settimana	19	7%
N. Famiglie/abitazione	0,5	Disabitate	8	3%
N. Famiglie/abitazione occupata	0,7	Abitazioni occupate	131	46%
Densità di abitazioni (ab/ha)	102,89			

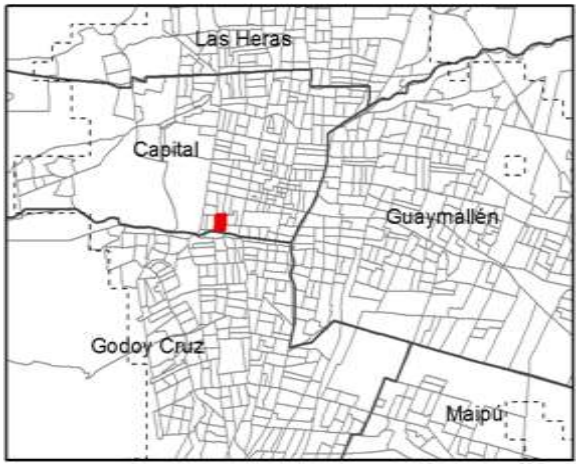
Informazioni caratterizzanti

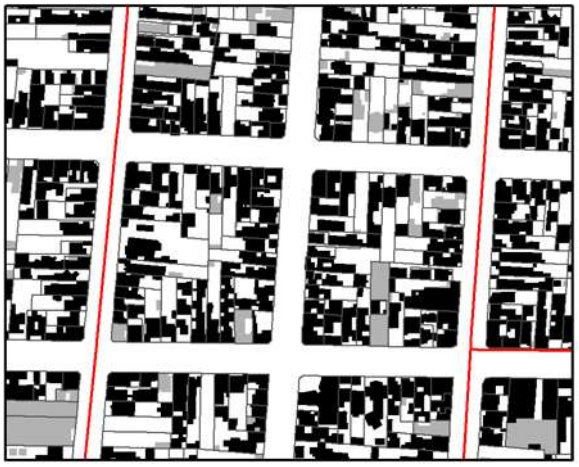
Unifamiliari/ appartamenti	32%	Zona residenziale svantaggiata	no
Tipologia prevalente	C	Zona commerciale	no

Case unifamiliari	**2**
Area riscaldata (mq)	425
Area garage (mq)	70
Area lorda per abitazione (mq)	212
Area netta per abitazione (mq)	188
Superficie media del lotto (mq)	231

Condomini	**10**
Di cui, con piano terra commerciale	8
Area lorda condominiali (mq)	5337
Area residenziale in cond e comm (mq)	33596
Area commerciale (mq)	6847
Area lorda effettiva (mq)	38.933
Appartamenti	282
Area lorda per appartamento (mq)	138
Area netta per appartamento (mq)	122

Sezione	500070906 - Granaderos	Municipalità	Capital





Generalità

Superficie (ha)	9,36	Uffici/commerciale	28	8%
Popolazione	643	In costruzione	13	4%
Famiglie	269	Da affittare/vendere	3	1%
Abitazioni	341	Abitazioni temporanee	12	4%
N abitanti per famiglia	2,4	Utilizzate per il fine settimana	1	0%
N. Famiglie/abitazione	0,8	Disabitate	22	6%
N. Famiglie/abitazione occupata	1,3	Abitazioni occupate	262	77%
Densità di abitazioni (ab/ha)	36,43			

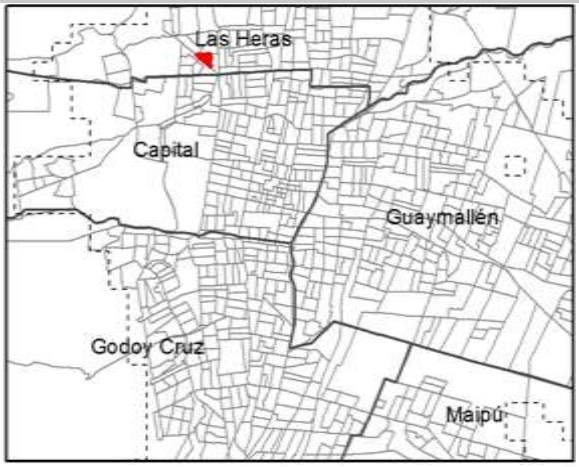
Informazioni caratterizzanti

Unifamiliari/ appartamenti	59%	Zona residenziale svantaggiata	no
Tipologia prevalente	R	Zona commerciale	no

Case unifamiliari	**202**
Area riscaldata (mq)	27811,66
Area garage (mq)	6,265
Area lorda per abitazione (mq)	155
Area netta per abitazione (mq)	137
Superficie media del lotto (mq)	287

Condomini	**23**
Di cui, con piano terra commerciale	0
Area lorda condominiali (mq)	12.945
Area residenziale in cond e comm (mq)	0
Area commerciale (mq)	0
Area lorda effettiva (mq)	12.945
Appartamenti	139
Area lorda per appartamento (mq)	93
Area netta per appartamento (mq)	82

Sezione	500491114 - Llorens	Municipalità	Las Heras



Generalità

Superficie (ha)	11,86	Uffici/commerciale	2	1%
Popolazione	1015	In costruzione	0	0%
Famiglie	241	Da affittare/vendere	0	0%
Abitazioni	202	Abitazioni temporanee	0	0%
N abitanti per famiglia	4,2	Utilizzate per il fine settimana	0	0%
N. Famiglie/abitazione	1,2	Disabitate	1	0%
N. Famiglie/abitazione occupata	1,2	Abitazioni occupate	199	99%
Densità di abitazioni (ab/ha)	17,03			

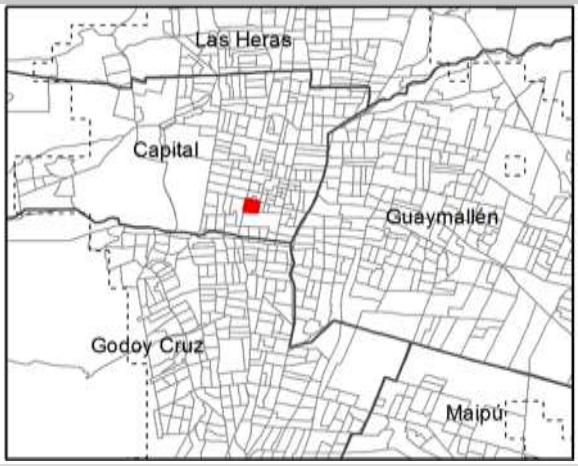
Informazioni caratterizzanti

Unifamiliari/ appartamenti	100%	Zona residenziale svantaggiata	si
Tipologia prevalente	CU	Zona commerciale	no

Case unifamiliari	**190**
Area riscaldata (mq)	14.929
Area garage (mq)	2.850
Area lorda per abitazione (mq)	79
Area netta per abitazione (mq)	69
Superficie media del lotto (mq)	203

Condomini	**0**
Di cui, con piano terra commerciale	0
Area lorda condominiali (mq)	0
Area residenziale in cond e comm (mq)	0
Area commerciale (mq)	0
Area lorda effettiva (mq)	0
Appartamenti	0
Area lorda per appartamento (mq)	0
Area netta per appartamento (mq)	0

Sezione	500071210 - Molina	Municipalità	Capital



Generalità

Superficie (ha)	10,37	Uffici/commerciale	58	12%
Popolazione	541	In costruzione	38	8%
Famiglie	233	Da affittare/vendere	4	1%
Abitazioni	468	Abitazioni temporanee	120	26%
N abitanti per famiglia	2,3	Utilizzate per il fine settimana	2	0%
N. Famiglie/abitazione	1,0	Disabitate	20	4%
N. Famiglie/abitazione occupata	1,0	Abitazioni occupate	226	48%
Densità di abitazioni (ab/ha)	45,13		177	

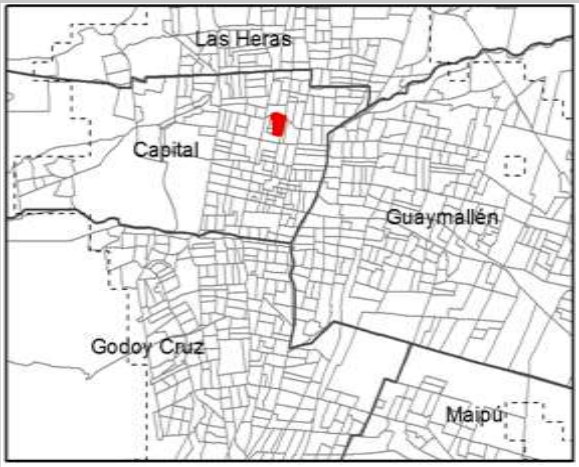
Informazioni caratterizzanti

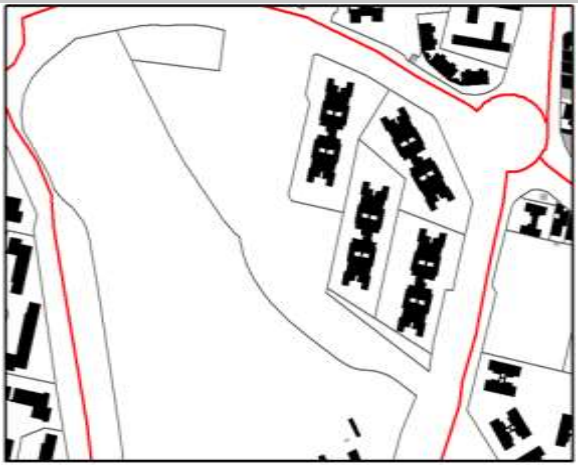
Unifamiliari/ appartamenti	61%	Zona residenziale svantaggiata	No
Tipologia prevalente	CU	Zona commerciale	No

Case unifamiliari	155
Area riscaldata (mq)	30.593
Area garage (mq)	5.425
Area lorda per abitazione (mq)	173
Area netta per abitazione (mq)	169
Superficie media del lotto (mq)	290

Condomini	84
Di cui, con piano terra commerciale	5
Area lorda condominiali (mq)	21293
Area residenziale in cond e comm (mq)	742
Area commerciale (mq)	377
Area lorda effettiva (mq)	**22.035**
Appartamenti	291
Area lorda per appartamento (mq)	76
Area netta per appartamento (mq)	74

Sezione	500070104 - Pellegrini	Municipalità	Capital





Generalità

Superficie (ha)	12,99	Uffici/commerciale	19	6%
Popolazione	519	In costruzione	16	5%
Famiglie	245	Da affittare/vendere	0	0%
Abitazioni	296	Abitazioni temporanee	2	1%
N abitanti per famiglia	2,1	Utilizzate per il fine settimana	2	1%
N. Famiglie/abitazione	0,8	Disabitate	13	4%
N. Famiglie/abitazione occupata	1,0	Abitazioni occupate	244	82%
Densità di abitazioni (ab/ha)	22,79			

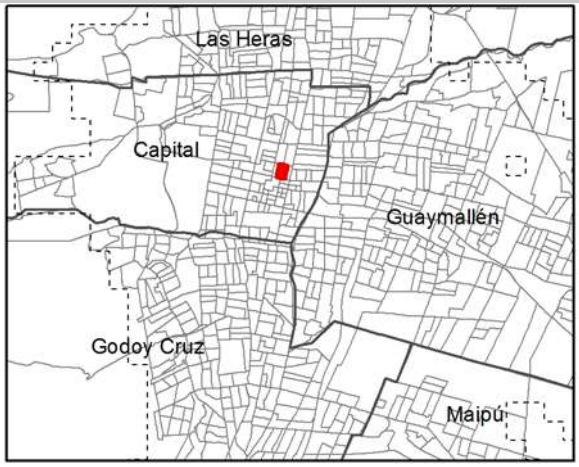
Informazioni caratterizzanti

Unifamiliari/ appartamenti	0%	Zona residenziale svantaggiata	no
Tipologia prevalente	C	Zona commerciale	R

Case unifamiliari	**0**
Area riscaldata (mq)	0
Area garage (mq)	0
Area lorda per abitazione (mq)	0
Area netta per abitazione (mq)	0
Superficie media del lotto (mq)	0

Condomini	4
Di cui, con piano terra commerciale	0
Area lorda condominiali (mq)	28.981
Area residenziale in cond e comm (mq)	0
Area commerciale (mq)	0
Area lorda effettiva (mq)	28.981
Appartamenti	289
Area lorda per appartamento (mq)	100
Area netta per appartamento (mq)	89

Sezione	500070116 – Pl.za San Martin	Municipalità	Capital



Generalità

Superficie (ha)	8,94	Uffici/commerciale	50	21%
Popolazione	466	In costruzione	23	10%
Famiglie	113	Da affittare/vendere	1	0%
Abitazioni	236	Abitazioni temporanee	45	19%
N abitanti per famiglia	0,5	Utilizzate per il fine settimana	3	1%
N. Famiglie/abitazione	0,5	Disabitate	3	1%
N. Famiglie/abitazione occupata	1,0	Abitazioni occupate	111	47%
Densità di abitazioni (ab/ha)	26,40			

Informazioni caratterizzanti

Unifamiliari/ appartamenti	2%	Zona residenziale svantaggiata	no
Tipologia prevalente	C	Zona commerciale	si

Case unifamiliari	**4**
Area riscaldata (mq)	924
Area garage (mq)	140
Area lorda per abitazione (mq)	212
Area netta per abitazione (mq)	188
Superficie media del lotto (mq)	200

Condomini	**30**
Di cui, con piano terra commerciale	29
Area lorda (mq)	618
Area residenziale in cond e comm (mq)	40.231
Area commerciale (mq)	13.668
Area lorda effettiva (mq)	40.849
Appartamenti	232
Area lorda per appartamento (mq)	176
Area netta per appartamento (mq)	156

Riassumendo, per verificare il numero delle abitazioni nei lotti familiari, come nel precedente caso, si considera il numero di particella familiari con il numero di abitazioni in casa indipendente indicati nel censo. Per verificare il numero degli abitazioni negli edifici con proprietà orizzontali, si calcola la superficie utile lorda, degli edifici con più di un piano e si divide per il numero di alloggi appartamenti (VP_04) censiti, in modo da controllare che la superficie media sia ragionevole rispetto alle dimensioni di un'abitazione.

Dalla verifica sono stati individuati i seguenti errori che sono stati corretti al fine di ottenere nel modello GIS la corretta superficie riscaldata.

1. assenza di geometrie nel file che identificano il costruito;
2. attribuzione non corretta dall'uso della particella catastale (sono presenti abitazioni in particelle definite "vuote", "magazzino", "calcolo valore differenziale", "fini fiscali"… non considerate come residenziali nel procedimento ;
3. presenza di abitazioni unifamiliari insieme condomini su particelle classificate come condominiali;
4. edifici (ipotizzabili come case unifamiliari) senza una particella di riferimento, quindi in base al procedimento effettuato: 1) non hanno attribuito un uso, 2) se fossero unifamiliare, sono state scartate del conteggio, in quanto è effettuato sulla particella e non sull'edificio.

Per le sezioni in cui non sono disegnate le volumetrie è stata fatto un confronto con ortofoto e sono state elaborate due ipotesi:

1) Le case appartengono alla periferia urbana e sono di recente edificazione e prevalentemente associabili al tipo residenziale periferico compatto/isolato;
2) Le case sono prevalentemente di tipo rurale (ranch e fattorie) per cui si assume un nuovo tipo di sezione e si riportano tutte le informazioni deducibili.

2.3.2 Classificazione secondo le tipologie ricorrenti

A partire dalle informazioni delle sezioni campione sono state individuate le tipologie di sezioni in base a caratteristiche ricorrenti in modo da ottenere delle situazioni omogenee il più possibile all'interno della stessa sezione; è stato seguito uno schema ad albero a partire dalla tipologie edilizia residenziale presente in prevalenza. Di seguito è spiegato il procedimento per l'individuazione delle tipologie di sezioni e successivamente nella Figura 21 Schema ad albero per la classificazione tipologica delle sezioni.Figura 21 Schema ad albero per la classificazione tipologica delle sezioni.Figura 21 è riportato lo schema.

Come scritto sopra, la prima distinzione è stata effettuata in base al tipo di edificio residenziale prevalente, considerando le tipologie di edifici riportati nel paragrafo 2.3.1. Il parametro utilizzato è il la percentuale condominiale; le sezioni ad elevate presenza di condomini (>80% rispetto a tutti gli edifici residenziali presenti affinché si possa definire omogenea) sono individuate come "Condominiali" e ulteriormente classificate in "Miste" o esclusivamente "Residenziali" in base alla percentuale di superficie commerciale all'interno dell'edificio condominiale rispetto alla superficie effettivamente residenziale; in questo modo sono state distinte le sezioni interamente residenziale

(superficie commerciale <0.1) da quelle miste condominiali (>0.1). Le sezioni con percentuale inferiore all'80% sono definite unifamiliari; è precisare che la maggior parte di queste hanno una percentuale di condomini inferiore al 50% per cui si tratta in prevalenze di sezioni con case unifamiliari. A questa categoria appartengono tre sottogruppi: centrale, periferico e rurale. Le centrali, così chiamate per la loro collocazione, sono le meno omogenee; all'interno di queste troviamo ancora una buona percentuale di condomini, per cui sono stata ulteriormente suddivisi in base alla prevalenza di abitazioni in appartamento o in casa indipendente. Le abitazioni centrali sono omogenee rispetto alla qualità dei materiali, che per tutte risulta essere "molto buona". Dalla letteratura si apprende che è una delle variabili importanti a livello energetico e utile per classificare gli edifici è il materiale utilizzato per la costruzione e le relative proprietà termiche; questo dato viene generalmente ricavato in base all'epoca di costruzione, tramite la quale è possibile risalire alla tecnica di costruzione comunemente usata nel dato periodo. Questa informazione viene a mancare per il nostro caso studio ed è stata sostituita dall'informazione presente nel censimento, che per ogni sezione individua il numero di abitazioni per ognuna della quattro classi di qualità di materiali; le sezioni centrali hanno tutte netta prevalenza di abitazioni della prima classe di qualità (>80%). Le sezioni unifamiliari periferiche, anche queste così chiamate per la loro localizzazione, sono disomogenee rispetto alla qualità dei materiali presenti, ma risultano omogenee rispetto alla tipologia residenziale, in quanto hanno tutte alte percentuali di abitazioni in case indipendenti. La distinzione all'interno di questa categoria è stata fatta prendendo in considerazione il rapporto tra la superficie edificata a terra e quella del lotto, per capire il grado di isolamento, quindi di dispersione, delle case nella sezione, in una situazione di partenza che ha già una bassa densità urbana. Il valore limite è stato posto a 0.25, individuato rispetto alla distribuzione statistica dei dati; anche rispetto a questa variabile si distingue una prossimità delle case maggiore nell'area centrale e minore nella zone periurbane. Infine le unifamiliari rurali sono state individuate rispetto all'estensione della sezione e sono caratterizzate dalla tipologia residenziale unifamiliare ranch.

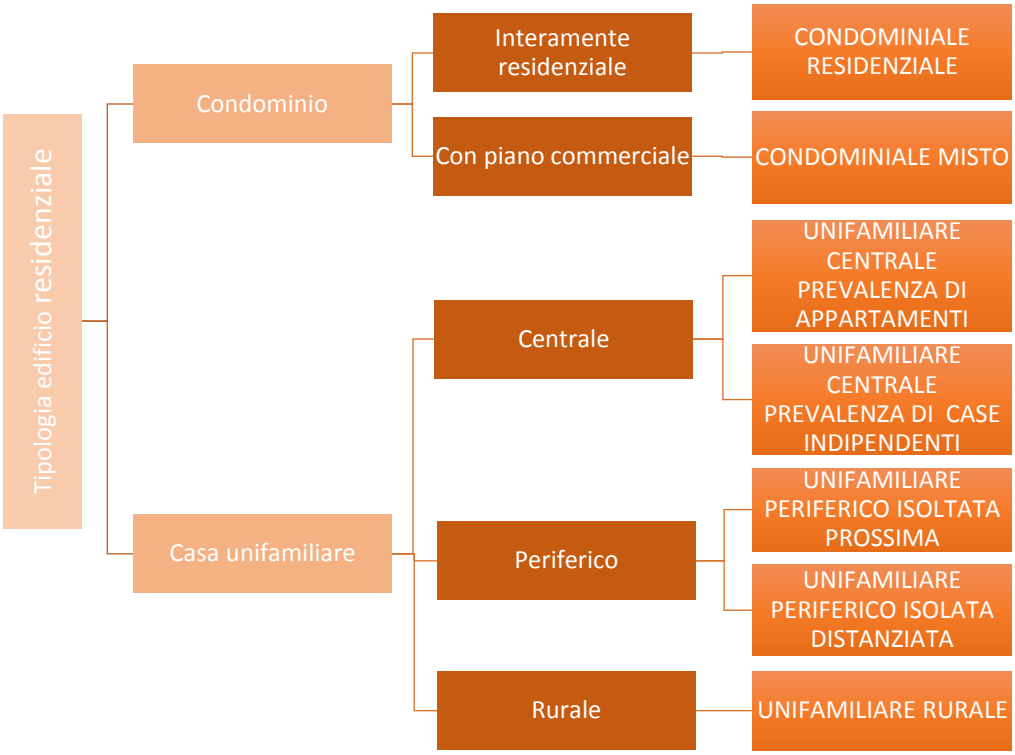


Figura 21 Schema ad albero per la classificazione tipologica delle sezioni.

Sono state individuate sette classi tipologiche omogenee rispetto a caratteristiche differenti. Di seguito è riportata la tabella che riassume le caratteristiche per ogni classe, le informazioni raccolte tramite elaborazione GIS e da censimento sono state organizzate nel seguente modo:

- Informazioni generali
- Caratteristiche dell'edificato
- Caratteristiche sui materiali
- Caratteristiche sociali
- Variabili urbane

Tabella 2 Caratteristiche generali delle sezioni

			Condominiale Residenziale	Condominiale Misto	Unifamiliare Centrali app	Unifamiliare Centrali unif	Unifamiliare Periferico 1	Unifamiliare Periferico 2	Unifamiliare Rurale
informazioni generali		*Numero di sezioni*	49	9	48	213	317	418	7
		Superficie (mq)	62.361,98	44.684,96	106.218,42	224.500,18	119.252,89	2.270.638,44	16.595.434,87
		Popolaz	531	336	641	771	953	1.097	1.149
		Famiglie	204	140	231	249	282	285	286
		Abitazioni	325	268	300	282	288	291	303
		Ab Occupate	199	136	220	236	258	258	261
		Dens pop	102,8	98,8	71,1	61,0	84,9	46,0	1,5
		Fam/Ab	1,02	1,03	1,05	1,05	1,09	1,12	1,11
		Pers/Ab	2,57	2,51	2,90	3,26	3,69	4,33	4,42
		Pers/Fam	2,51	2,42	2,76	3,09	3,36	3,85	4,00
caratteristiche edificato		*Tax Oc*	63,2%	50,7%	72,8%	84,1%	89,8%	89,0%	86,1%
		S/V	0,57	0,53	0,65	0,70	0,73	0,75	0,0
		Sup media unif	91,46	109,92	78,22	72,31	63,70	64,16	99
		Sup media appartamento	120,84	133,07	80,25	70,33	47,61	40,65	-
		% unif/app (abitazioni)	19%	4%	37%	79%	87%	95%	100%
		% Cond	62,9%	74,1%	28,5%	9,6%	3,8%	1,4%	0
		prop Cond/Unif (edifici)	6,05	7,81	0,45	0,14	0,06	0,05	0,0
		% Sup comm	3,4%	12,2%	2,2%	1,3%	1,6%	0,3%	0,0%
		% uffici e attività comm (in abitazioni)	12,6%	21,7%	4,7%	2,8%	1,2%	0,4%	7,4%
		n° ed unif/particelle	3,05	3,14	2,59	2,36	2,30	1,94	0,44
		n° ed cond/particella	4,80	2,69	2,67	1,78	1,64	0,69	1,00
		% Affollamento	0,2%	0,4%	0,4%	0,5%	2,1%	5,0%	-
caratteristiche materiali	*Qualità materiali*	*Q 1- Buona qualità, con controsoffitto*	85,4%	81,3%	84,7%	85,6%	66,5%	48,1%	22,6%
		Q 2- Buona qualità, senza controsoffitto	13,6%	18,1%	13,5%	12,2%	26,5%	38,6%	37,0%
		Q 3- Media qualità	0,9%	0,6%	0,9%	0,9%	1,9%	4,4%	5,7%
		Q 4- Bassa qualità	0,1%	0,0%	0,9%	1,4%	5,0%	8,6%	34,7%
		Piastrellato	97,6%	94,9%	97,5%	97,7%	92,6%	78,9%	45,6%

			Condominiale Residenziale	Condominiale Misto	Unifamiliare Centrali app	Unifamiliare Centrali unif	Unifamiliare Periferico 1	Unifamiliare Periferico 2	Unifamiliare Rurale
	tipo pavimento	*Cementato*	0,5%	2,3%	1,6%	1,6%	6,0%	17,9%	39,1%
		Terra	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,4%	2,5%	15,7%
		Altro	1,9%	2,9%	0,8%	0,5%	0,9%	0,5%	0,1%
	tipo tetto	*Bitume*	46,6%	42,1%	52,5%	62,1%	65,6%	56,7%	48,1%
		piastrelle	42,4%	52,1%	30,8%	16,5%	15,4%	11,3%	4,4%
		tegole	5,6%	1,9%	10,2%	15,6%	9,2%	13,4%	2,1%
		lamiera metallo	4,3%	1,4%	4,4%	3,7%	3,7%	8,2%	8,9%
		lamiera fibrocemento	0,1%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	1,1%	2,3%
		cartone	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,3%	0,7%
		canna/paglia	0,0%	0,0%	0,9%	1,2%	4,7%	6,9%	29,7%
		altro	0,9%	2,3%	0,8%	0,4%	0,9%	2,0%	3,3%
	rivestimento	*% riv tetto*	-	0,08	0,02	0,88	0,72	0,55	0,31
caratteristiche sociali		*% disocc*	3%	2%	3%	3%	4%	4%	12%
		% inatt	27%	25%	24%	28%	28%	25%	21%
		% 0-14	14%	8%	16%	18%	22%	28%	32%
		% 65oltre	18%	21%	16%	15%	14%	7%	6%
		% pc_si	65%	64%	65%	63%	48%	44%	2%
		% tel_si	70%	66%	70%	77%	68%	52%	25%
variabili urbane		*BH*	11,31	14,39	6,41	3,98	3,37	3,09	0,86
		BW	20,79	16,04	18,41	18,36	16,57	27,19	24,38
		HW	0,85	1,33	0,43	0,26	0,23	0,14	0,01
		*BO**	- 22,86 (2)	- 31,11 (3)	- 21,25 (2)	- 18,83 (2)	- 13,04 (1)	- 14,09 (1)	- 3,41 (1)
		BC	0,36	0,48	0,32	0,31	0,33	0,10	0
		BD	2,42	3,89	1,38	1,09	1,06	0,32	0
		TO	0,95	1,55	0,48	0,37	0,35	0,11	0
		MOS	70,70	56,41	59,70	70,96	73,79	68,55	76,88
		SW	20,82	22,88	19,48	19,55	19,73	17,70	17,71
		SCR	17.722,39	14.083,70	30.144,31	41.023,95	38.384,60	103.111,26	29.391,43
		Forma isolato	1,60	1,07	1,76	2,22	2,15	2,54	1,94
		% SCR	29%	41%	30%	29%	34%	21%	1%
		Classe orientamento	2,49	2,44	2,31	2,43	2,31	2,15	1,29

*in parentesi è riportata la classe di orientamento come utilizzato per le variabili urbane

2.3.3 Normalizzazione dei consumi

Per la normalizzazione dei consumi stata calcolata tramite dtm la quota media di ogni distretto, limitatamente all'area edificata; tale area è stata ricavata a partire da un immagine satellitare (raster) evidenziando l'area che urbana in base all'inquinamento luminoso. Considerando la quota media (777 m s.l.m.) e i gradi giorno (1152) della stazione meteorologica più vicina sono stati normalizzati i consumi per ogni distretto. La stagione di riscaldamento fa riferimento al periodo 1 Aprile-30 Ottobre.

2.3.4 Modello energetico

Il consumo specifico è stato calcolato a partire dal consumo del distretto. Tramite il numero di famiglie riscaldate con gas distribuito in rete è stato calcolato un consumo per famiglia, medio per distretto. Il numero di famiglie con gas è servito anche a calcolare, rispetto alla sezione, la percentuale di famiglie e proporzionalmente la superficie riscaldata a gas e la densità abitativa per la superficie riscaldata a gas. Moltiplicando la densità ottenuta per il consumo medio per famiglia si ottiene il consumo al mq, medio per ogni sezione di censimento.

Parallelamente le sezioni sono state raggruppare rispetto a caratteristiche omogenee in modo da definirne dei gruppi di consumo. Le classi sono nove e sono individuate rispetto alla tipologia e prevalente e al fattore di forma con la qualità di materiale prevalente e la densità abitativa. Le classi del fattore di forma (media per sezione) sono state individuate in base alla distribuzione dei dati rispetto al valore medio, attraverso la suddivisione in quartili in modo che il numero di elementi all'interno di ogni classe sia omogeneo. In questo modo si ottengono due classi centrali con un intervallo molto breve e due classi esterne con intervalli più estesi; le classi sono:

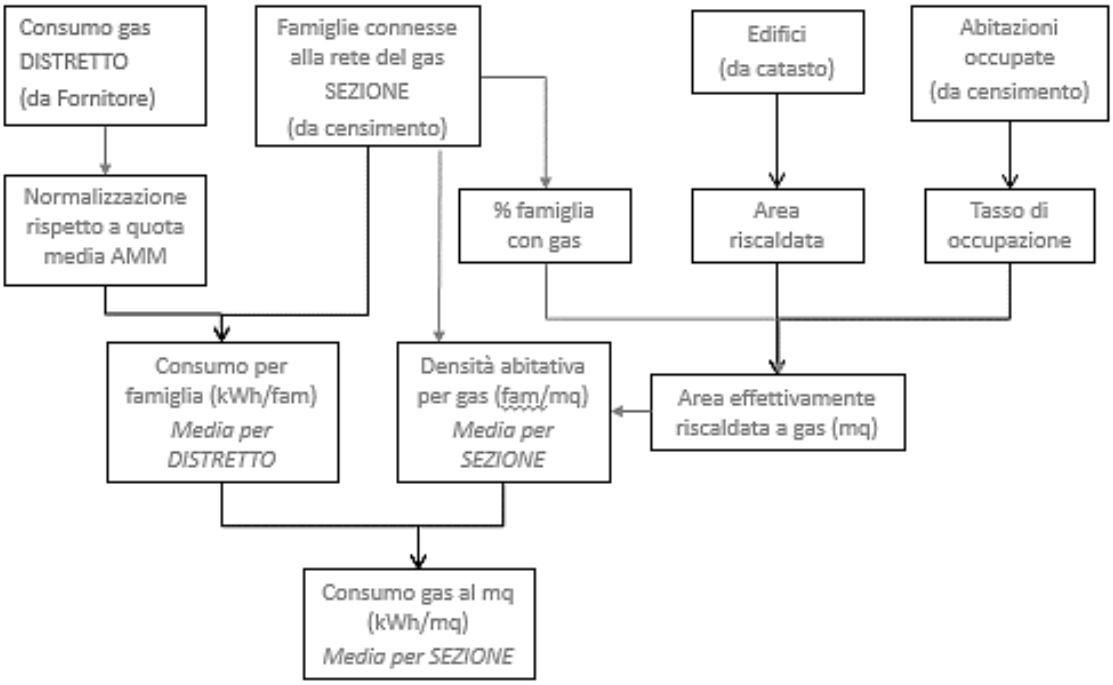
Classi	S/V
Classe 1	0.33-0.64
Classe 2	0.64-0.72
Classe 3	0.72-0.80
Classe 4	0.80-1.29

Tabella 3 Caratteristiche determinanti delle classi energetiche

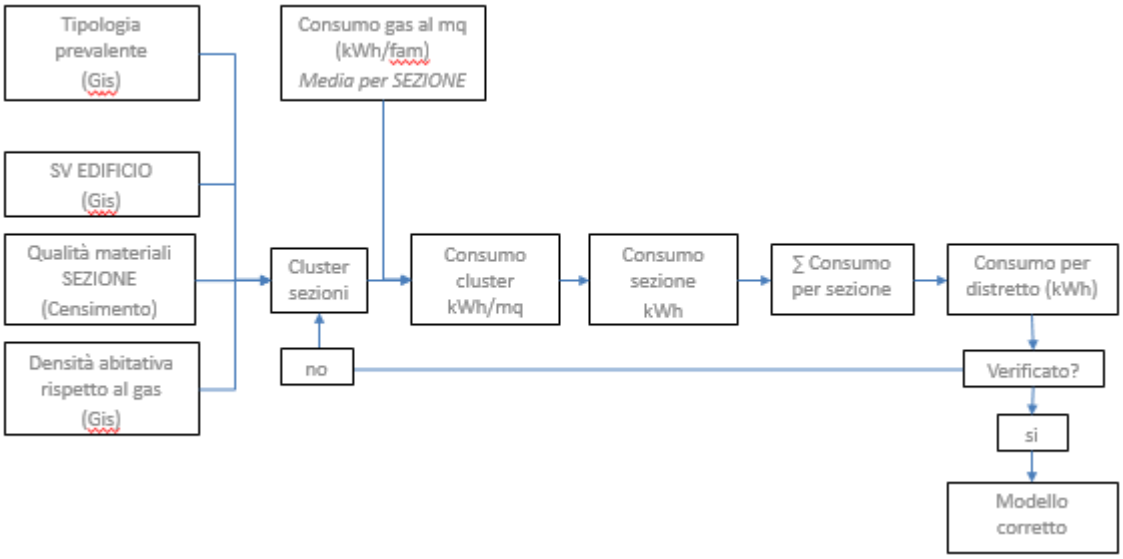
CLASSE ENERGETICA	TIPO PREVALENTE	QUALITÀ PREVALENTE	FATTORE DI FORMA	DENSITA' ABITAT	N SEZIONI
A	C	QM1	(S/V)c	D1	56
B	U	QM1	S/V 1	D1&D2	58
C	U	QM1	S/V2	D1&D2	314
D	U	QM1	S/V3	D1&D2	352
E	U	QM1	S/V4	D1&D2	39
F	U	QM1	S/V3	D3	19
G	U	QM2	S/V3	D1&D2	95
H	U	QM2	S/V4	D3	31
I	U	QM3&4	S/V4	D1&D2	15

Per i cluster è stata fatta un'analisi statistica dei dati ed è stato definito un consumo medio. Il consumo di questi gruppi energetici stato verificato rispetto al consumo normalizzato del distretto. Di seguito sono riportati i due schemi metodologici che sintetizzano il procedimento per il calcolo del consumo specifico e per la verifica dei consumi sul distretto.

SCHEMA - CONSUMO SPECIFICO PER SEZIONE



SCHEMA - VERIFICA DEI CONSUMI PER DISTRETTO



3 CASO STUDIO

LA CITTA'-OASI DI MENDOZA

3.1 INQUADRAMENTO CLIMATICO E TERRITORIALE

Mendoza è una città argentina, situata nel centro ovest del Paese, capoluogo della omonima provincia di Mendoza. L'assetto territoriale argentino prevede la suddivisione delle province in dipartimenti (*departamentos*) e Mendoza fa parte del dipartimento Capital, di cui è l'unica città e capoluogo. Insieme alle vicine municipalità di La Heras, Guaymallen, Maipù, Godoy Cruz e Luján de Cuyo forma la conurbazione non istituzionalizzata della Gran Mendoza con una popolazione di 1.086.633 (Indec 2010) che la rende la rende una delle maggiori aree metropolitane del Paese.

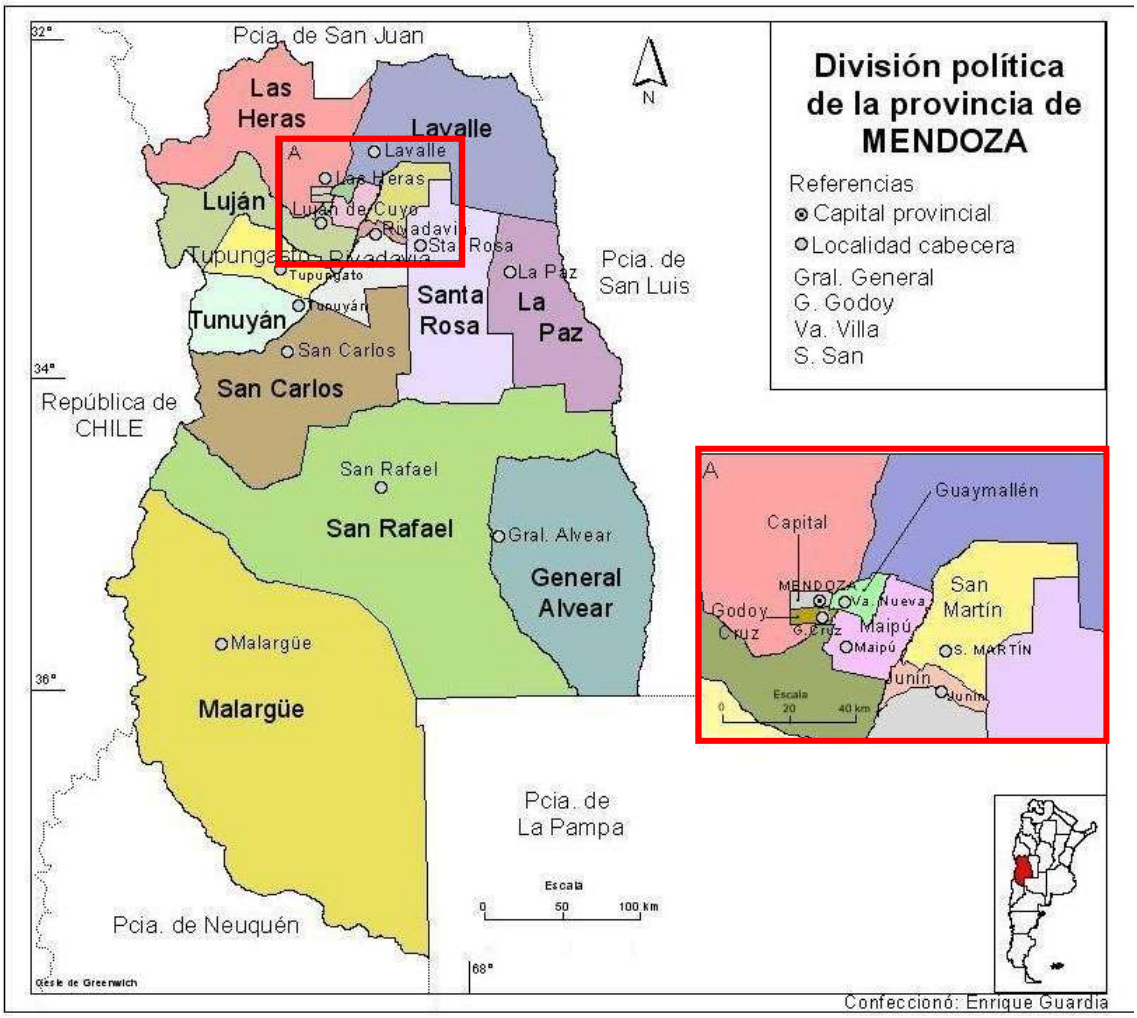


Figura 22Divisione politica della provincia di Mendoza con dettaglio sull'area metropolitana di Mendoza città. Fonte:Wikimedia Commons, autore Enrique Guardia

Tabella 4cAndamento della popolazione. Fonte: Censo Nacional de Población y Vivienda 1980 Serie B. INDEC. Censo Nacional de Población y Vivienda 1991 Serie C. Nº13. INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y ivienda 2001. INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2010. INDEC

Dipartimento	1869	1895	1914	1947	1960	1970	1980	1991	2001	2010
Capital	8.124	28.602	58.790	97.496	109.122	118.560	119.088	121.620	110.993	115.041
Godoy Cruz	4.439	6.011	15.566	54.480	85.588	112.481	142.408	179.588	182.977	191.903
Guaymallén	8.128	10.338	24.926	67.058	109.853	138.479	181.456	221.904	251.339	283.803
Las Heras	6.459	6.444	10.735	33.302	63.957	84.489	120.931	156.545	182.962	203.666
Luján	4.960	7.464	19.004	27.807	38.584	47.074	62.118	79.952	104.470	119.888
Maipú	4.603	8.834	28.401	44.170	58.761	71.599	97.228	125.331	153.600	172.332
GM	**36.713**	**67.693**	**157.422**	**324.313**	**465.865**	**572.682**	**723.229**	**884.940**	**986.341**	**1.086.633**
Totale Provinciale	*65.413*	*116.136*	*277.535*	*588.231*	*824.008*	*973.067*	*1.196.228*	*1.412.481*	*1.579.651*	*1.738.929*
% GM/Provincia	*56%*	*58%*	*57%*	*55%*	*57%*	*59%*	*60%*	*63%*	*62%*	***62%***

La città metropolitana, situata su un territorio pianeggiante a 827 m s.l.m. in prossimità delle Ande, che la separano dall'oceano pacifico a ovest, e circondata da territori desertici sulle altre tre direzioni cardinali, si presenta come un'oasi di verde, grazie al sistema di irrigazione artificiale realizzato, originariamente dal popolo Inca. La città è caratterizzata da una sistema di canali di tre ordini (*canal* in direzione Sud-Nord, *zanjon* in direzione Ovest-Est, *acequias* affiancano le strade) e, in relazione a questo, da alberi lungo tutte le vie, giardini e piazze verdi, parchi urbani, oltre ai circostanti terreni coltivati (Figura 23 e Figura 24). Intorno all'area metropolitana si estendono coltivi, soprattutto vigneti, importati all'inizio del XX secolo e tutt'oggi elemento importante dell'economia della regione.

La città di Mendoza fondata nel 1561 da coloni spagnoli provenienti da Cile, regno di cui fece parte fino al 1776 e nello stesso anno passò al neonato vice-regno del rio de la Plata (Argentina). Nel 1861 la città originaria fu distrutta da un terremoto e ricostruita poco più a sud secondo il pensiero urbanistico europeo dell'800 con un'organizzazione neoclassica (ne è un esempio l'originario parco urbano a ovest della città, ispirato al *Bois de Boulogne* di Parigi, successivamente ristrutturato in funzione di un miglior adattamento al sito bioclimatico). La pianta è regolare con strade molto ampie (20-30m) e rettilinee, il centro della città è costituita da una piazza delle dimensioni di quattro isolati e sulle diagonali si aprono altre quattro piazze minori (pari a un isolato) equidistanti dalla centrale (Figura 25 e Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.24); su questa impostazione la città si estende, mantenendo la regolarità per buona parte della sua espansione.

Figura 23Città di Mendoza - vista dall'alto (direzione S)

Figura 24Città di Mendoza - vista dall'alto (direzione E)

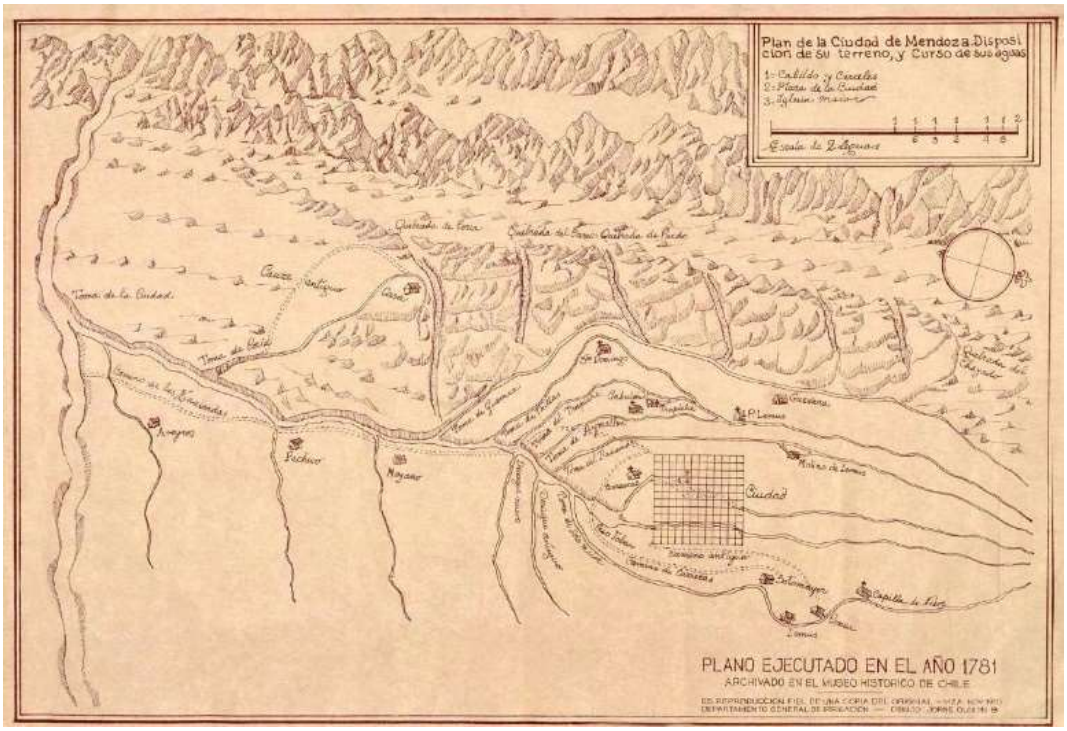


Figura 25 Mappa storica – Città di Mendoza.

Figura 26 Impianto della città. Elaborazione propria in ambiente GIS. Sources: Esri, HERE, DeLorme, USGS, Intermap, INCREMENT P, NRCan, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri Korea, Esri (Thailand), MapmyIndia, NGCC, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community.

Un importante sviluppo della città è avvenuto in seguito al piano regolatore del 1941, che riorganizza gli spazi pubblici, secondo la spinta del cambiamento dello stile di vita cittadino e

puntando sull'idea di città universitaria; si propone la realizzazione di un quartier civico (sede del Governo), si accresce l'importanza della Avenida San Martin sul quale si trovano la maggior parte della attività commerciali e servizi e centro delle manifestazione cittadine (a differenza delle altre città argentine, in cui queste attività predominano sulle piazze) e si ipotizza un grande parco sul tracciato del ferroviario dismesso. Cambiamenti recenti o in atto riguardano la pedonalizzazione del *Peatonal Sermiento* nel centro città, la realizzazione di un nuovo parco, la valorizzazione del sito storico della città vecchia, il riconoscimento UNESCO per la persistenza del sistema di irrigazione, elemento distintivo della città e del territorio.

Nella provincia di Mendoza è presente il 4.3% (INDEC, 2010) della popolazione argentina, prevalentemente concentrata nelle città – oasi, le zone urbane caratterizzate da una migliore vivibilità anche grazie al fatto di trovarsi in un territorio irrigato (Gran Mendoza, San Martín, Tunuyán e San Rafael). In particolare nell'area metropolitana della capitale si concentra circa il 62% della popolazione della provincia (INDEC, 2010) e il 90% della popolazione urbana (DEIE, 2005), con una densità di 69.5 abitanti per km^2 che per i dipartimenti di Capital, Guaymallen e Godoy Cruz raggiunge cifre di 1600 abitanti per km^2. Tuttavia la popolazione dell'area centrale è in diminuzione, mentre è in aumento nelle municipalità più periferiche di Maipú e Luján (*Matriz Energetica*, 2007); riprendendo quanto scritto nel documento provinciale *Matriz energética* (2007), il processo di urbanizzazione che ha caratterizzato anche la Gran Mendoza, è contraddistinto tre fenomeni: centralizzazione della attività economiche (più debole nei dipartimenti periferici di Maipú e Luján, dove è ancora alto il numero di negozi e servizi di vicinato); rapido accrescimento della popolazione urbana che è triplica negli ultimi 50 anni, fenomeno che è testimonianza della mancanza di possibilità di sviluppo nelle aree rurali e di maggiori opportunità offerte dalla città; espansione non pianificata che ha come maggiori rischi il consumo di terre fertili limitrofe all'area urbana e la difficile gestione di una popolazione dispersa. Risultano numerose e crescenti le pressioni sul territorio di una proporzione così alta di abitanti che richiede impieghi e servizi di vario genere (educazione, salute, infrastrutture di acqua, luce, gas, intrattenimenti culturali e sociali).

I grafici e la tabella che seguono sono indicativi dell'incremento della popolazione nell'area della Gran Mendoza. Ad eccezione della municipalità di Capital in cui la popolazione è rimasta stabile, dimostrando una sorte di maturità o saturazione dell'area, in tutti gli altri distretti è stata forte la crescita che ha portato a raddoppiare la popolazione da circa 500 mila a un milione di abitanti, nell'arco di 50 anni. A partire dagli anni 90 anche la popolazione della municipalità di Godoy Cruz arresta la forte crescita, abbassando nettamente il tasso di crescita; anche questo sembra essere un sintomo di maturazione del processo abitativo o saturazione delle abitazioni. entrambi i soggetti con questa caratteristica sono collocati all'interno dell'area metropolitano e hanno poche, se non nessuna, direzioni di espansione libere.

Grafico 3-Popolazione per dipartimento nella Gran Mendoza. Fonte: rielaborazione propria su dati DEIE

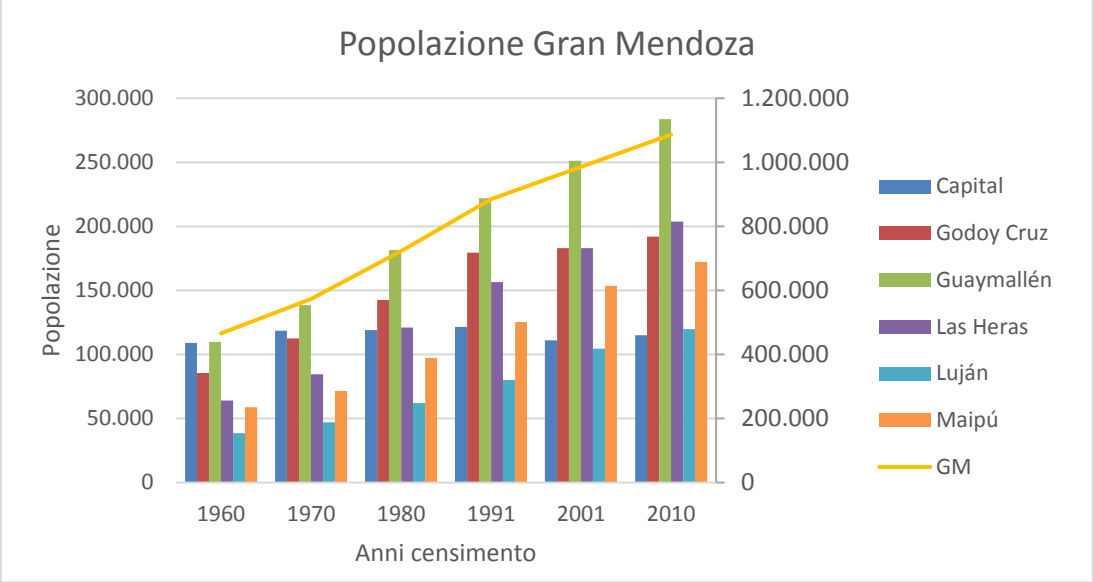


Tabella 5 Andamento della popolazione 2010-2016. Fonte: rielaborazione propria su dati DEIE e Censo Nacional de Población, Vivienda 2010

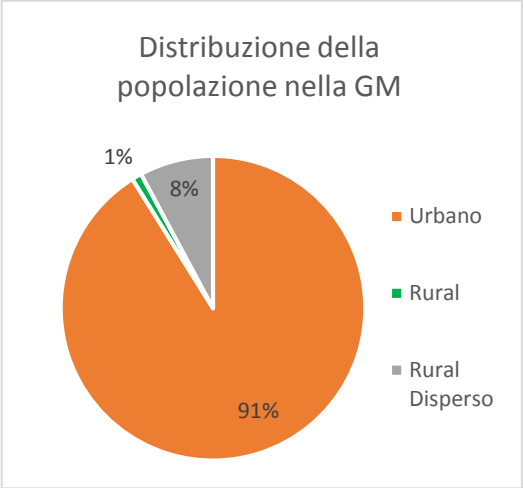
Dipartamenti	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Total Provincial	*1.742.568*	*1.763.932*	*1.784.215*	*1.805.714*	*1.828.641*	*1.850.392*
Gran Mendoza	1.088.761	1.101.416	1.113.391	1.126.247	1.139.796	1.152.852
Ciudad de Mendoza	114.863	115.652	116.358	117.062	117.907	118.678
Godoy Cruz	192.275	194.035	195.696	197.343	199.067	200.735
Guaymallén	284.414	287.745	290.987	294.431	298.048	301.530
Las Heras	204.161	206.877	209.317	212.145	215.028	217.822
Luján de Cuyo	120.252	121.870	123.537	125.373	127.261	129.042
Maipú	172.796	175.237	177.496	179.893	182.485	185.045

Grafico 4-Percentuale della popolazione per dipartimento nella Gran Mendoza. Fonte: rielaborazione propria su dati DEIE

Il grafico a torta descrive la distribuzione spaziale della popolazione distinguendola in urbana, rurale e rurale disperso; mentre rurale sono i piccoli agglomerati insediativi nelle campagne, la popolazione rurale dispersa fa riferimento alle case isolate sparse nelle campagne, che per quanto siano prossime, non possono essere definiti insediamenti. In riferimento alla Gran Mendoza il 91% della popolazione urbana; quella rurale e rurale sparse costituiscono l'8% prevalentemente localizzata nella municipalità di Maipù e Lujan de Cuyo, le aree a sud caratterizzate dall'attività vitivinicola. Nei dipartimenti centrali di Capital e Godoy Cruz la popolazione è esclusivamente urbana, ad eccezione di una percentuale irrisoria di rurale dispersa.

Tabella 6 Distribuzione spaziale della popolazione. Fonte: rielaborazione propria su dati DEIE e Censo Nacional de Población, Vivienda 2001 e Censo Nacional de Población, Vivienda 2010

Dipartimento	Totale	Urbano	Rurale	Rurale Disperso
Capital	**115.041**	114.893	-	148
Godoy Cruz	**191.903**	191.299	-	604
Guaymallen	**283.803**	264.413	2.106	17.284
Las Heras	**203.666**	192.877	1.641	9.148
Luján	**119.888**	97.854	3.514	18.520
Maipú	**172.332**	128.817	4.093	39.422
GM	**1.086.633**	**990.153**	**11.354**	**85.126**
Total	***1.738.929***	***1.406.283***	***55.704***	***276.942***



In base ai dati forniti dall'ultimo censimento (INDEC 2010) si osserva un invecchiamento della popolazione, che descrive un processo di maturazione della popolazione a livello provinciale per il decennio 1991-2001: il numero di giovani fino a 15 anni ha incrementato di pochi punti percentuali, mentre è molto più ampia la crescita della popolazione in età produttiva (15-64 anni) e oltre sessantacinquenne, rispettivamente 14% e 37% (*Matriz energetica, 2007).* Per il decennio successi si osserva lo stesso andamento con un lieve aumento della fascia 0-4 anni.

3.1.1 Clima regionale

L'area metropolitana di Mendoza è situata in una regione arida appartenente alla fascia arida mesotermica della classificazione Koeppen; la radiazione solare è intensa, le escursione termiche diurne e annuali sono molto ampie, le precipitazioni scarse (media 200 mm/anno) e la nuvolosità distribuita uniformemente nell'anno; caratteristiche che permettono al clima di essere un'importante risorsa per l'ecosistema ancora poco utilizzata dal punto di vista antropico. Nell'arco dell'anno si assiste a estati calde e secche, con precipitazioni distribuite aleatoriamente sul territorio, e a inverni poco umidi con scarse precipitazioni nevose ma frequenti gelate.

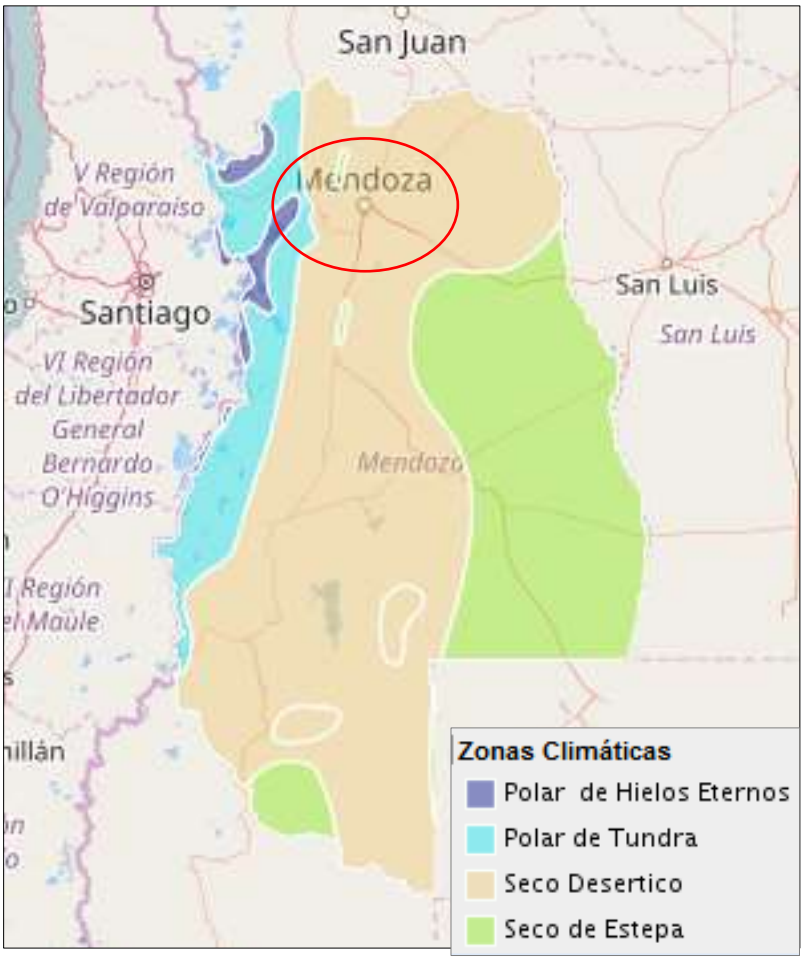


Figura 27-Zone climatiche della provincia di Mendoza secondo la classificazione Koeppen. Fonte: SIAT – secreteria de Ambiente y Ordinamiento Territorial, Gobierno de Mendoza

Nell'area metropolitana di Mendoza in particolare, l'oscillazione annuale della temperatura è ampia; le estati sono calde con una temperatura media oltre i 25 °C e gli inverni freddi e secchi con valori sotto gli 8°C. Il clima della città è fortemente influenzato dalla presenza di canali di irrigazione a cielo aperto che permetto l'irrigazione degli alberi presenti lungo tutte le strade.

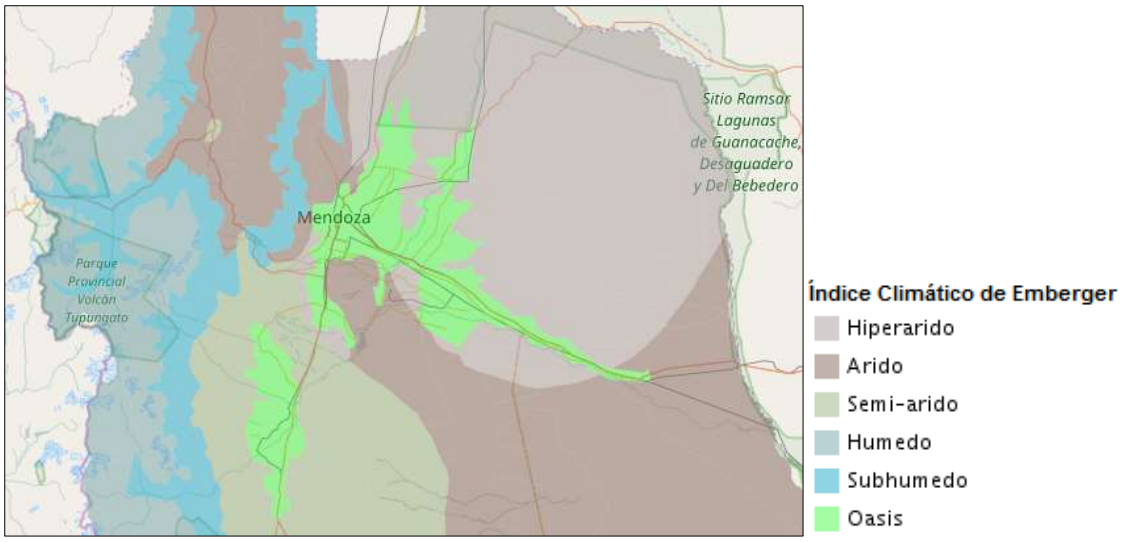


Figura 28-Indice di Emberger[2] – zoom area Nord della provincia

Le principali caratteristiche climatiche riferite all'area metropolitana sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 7-Principali caratteristiche climatiche GM (valori medi delle stazioni meteorologiche dell'AMM)

Dati Climatici		Unità di misura	Valori annuali
Radiazione solare globale orizzontale media annua	Rglo	Mj/m^2	18.4
Radiazione solare diffusa orizzontale media annua	Hdif	Mj/m^2	7.5
Temperatura massima Assoluta	TMaA	ºC	40.5
Temperatura massima Media	TMaM	ºC	24.5
Temperatura Media	TM	ºC	16.5
Temperatura minima Media	TMiM	ºC	9.6
Temperatura minima Assoluta	TMiA	ºC	-7.2
Umidità Relativa	HRel	%	56
Eliofania relativa	HelR	%	63
Precipitazioni	Prec.	mm	200
Gradi Giorno per riscaldamento – T_{rif} 18°C	Gdia 18	ºC	1408
Gradi Giorno per raffrescamento – T_{rif} 23°C	Gdia 23	ºC	163
Ore annuali di comfort termico		%	21.5
Ore annuali con necessità di riscaldamento		%	70
Ore annuali con necessità di raffrescamento		%	8.5

L'umidità relativa (rapporto tra quantità di vapore acqueo nell'aria e quantità di vapore che serve a saturarla) ha valori maggiori nei mesi di Marzo-Aprile e ciò è dovuto alla correlazione di tre fattori, le bassa temperature invernale, un territorio continentale e l'aspetto morfologico, che mantengono basso il tasso umidità.

[2] Elemento fondamentale della classificazione di Emberger è il quoziente pluviometrico(Q), che esprime la siccità generale in clima mediterraneo. Il quoziente di Emberger corrisponde alla formulazione seguente: Q= 100 P/ (M2-m2) con P = precipitazione annua (in mm), M = temperatura media massima del mese più caldo (in °C), m = temperatura media minima del mese più freddo (in °C).

Importante è l'eliofania (quantità di luce solare diretta che una porzione di superficie terrestre riceve in base alla latitudine e periodo dell'anno) con un durata di oltre 14 ore di sole nel solstizio d'estate e non inferiori a 9 nel solstizio d'inverno. L'eliofania relativa (quantità di ore di sole rispetto alle totali possibili) ha valori compresi tra il 65% e il 75%, ciò è dovuto alla presenza delle Ande che trattenendo l'umidità sul lato oceanico fanno passare aria secca mantenendo una bassa nuvolosità, come precedentemente accennato, con valori annuali inferiori al 40% per la regione e poco superiori al 10% su Mendoza.

Le escursioni termiche giornaliere hanno variazioni tra gli 11 °C e i 18°C gradi e la temperatura media varia in modo evidente seguendo la direzione E-O (verso le Ande). Per l'AMM la temperatura media massima è circa 24 °C (con picco 40 °C) mentre la media minima 9 °C (con punta a -7 °C); i gradi giorno[3] per il raffrescamento sono 163 °C, mentre per il riscaldamento 1384 °C.

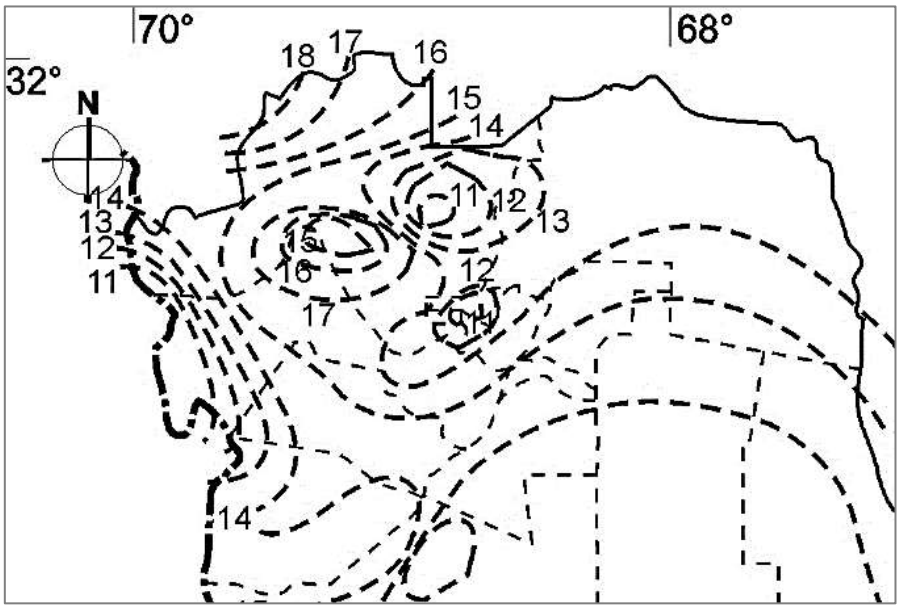


Figura 29-Estratto mappa dell'escursione termica giornaliera in estate nella Provincia di Mendoza (ºC), zoom area metropolitana.

Il vento prevalente proviene da sud-sud est con basse velocità e lunghi periodi di calma; occasionalmente si presenta un effetto föhn, caratterizzato da aria molto secca e torrida (*Zonda*). In estate possono esserci venti da sud che si sommano alla direzione principale incrementando la velocità, mentre in inverno è prevalente la componente da ovest a bazza velocità.

La radiazione solare è una componente importante dell'aspetto climatico essendo molto elevata sull'intera provincia (il valore medio per località è 18208 KJ/m^2 al giorno, ad esclusione dell'alta montagna). Per l'area metropolitana il valore medio invernale (mesi di giugno, luglio, agosto) è 11 MJ/m^2 e in estate supera i 25 MJ/m^2; la radiazione solare annua è 19 MJ/m^2.

[3] I Gradi Giorno (GG) annuali indicano la quantità di calore necessaria per ottenere una situazione di comfort termico rispetto a una temperatura base (t_b) fissata; per Mendoza: $t_{b\ inverno}$ = 18 °C, $t_{b\ estate}$ = 24 °C. Sono calcolati come la sommatoria delle differenze di temperatura giornaliera e la temperatura base, stabilita come comfort, positive per la calefazione e negative per il raffrescamento.

3.1.2 Dati meteorologici dell'area metropolitana di Mendoza

Le stazioni meteorologiche in riferimento all'area di studio sono distinguibili in ufficiali e di supporto. Le ufficiali appartengono al *Servicio Meteorologico Nacional* (SMN) e sono situate presso l'aeroporto di Mendoza in località El Plumerillo (10 km) e presso San Martin, capoluogo dell'omonima municipalità (ca 40 km). Altre stazioni meteorologiche sono classificate dal Governo della Provincia e ulteriori dati sono forniti da centri di ricerca o università con proprie stazioni. La struttura delle stazioni ufficiali prevede la seguente disposizione dei sensori:

- A 10 m da terra: direzione e velocità del vento.
- A 1.80 m da terra: radiazione solare, temperatura dell'aria, umidità relativa.
- A 1.5 m da terra: pluviometro e pressione.
- A 0 m: temperatura del suolo.
- A -10 cm: temperatura profonda.

-

Figura 30 Stazione meteorologica con disposizione dei sensori. Fonte: http://www.contingencias.mendoza.gov.ar/web1/agrometeorologia/estaciones.html

Le stazione individuate sono riportate nella tabella di seguito, tuttavia non è stato possibile reperire i dati di tutte; i dati utilizzati fanno riferimento alle stazione di Aeroparque El Plumerillo, Perdriel, Russel.

Tabella 8-Stazioni meteorologiche della AMM

Stazione	Localizzazione	Fonte	Latitudine	Longitudine	Quota	Periodo dati	Dati
MDZ-aeropuerto	El Plumerillo (Las Heras)	SMN	32° 50´00" S	68º47´04'' W	703	1957-2016	disponibili
San Martin	Municipalità di San Martin	SMN	33° 05´00'' S	68º25´10'' W	653	1973-2016	disponibili
Los Corrallitos	Guaymallén	Governo di Mendoza	-	-	-	-	non disponibile
Perdriel	Luján de Cuyo	Governo di Mendoza	33° 7' 7, 392'' s	68° 54' 32,796'' O	960	1997-2017	disponibili
Vistalba	Luján de Cuyo	Governo di Mendoza	33° 01' 52'' S	68° 54' 47'' O	-	1997-2017	incompleti

Russel	Maipú	Governo di Mendoza	33° 0' 4,632'' S	68° 44' 50,39'' O	850	1997-2017	disponibili
Observatorio	Capital	Centro ricerca	-	-	-	-	non disponibile
Cricyt	Capital	Centro ricerca	-	-	-	2009	incompleti

Nella fig.29 sono riportate le stazioni meteorologiche di cui sono stati utilizzati i dati per il lavoro. Come si osserva sono situate fuori dalla città in spazi aperti (aeroporto e zona agricola), per cui la temperatura misurata sarà differente rispetto al microclima urbano, inferiore per il fenomeno dell'isola di calore urbano; tuttavia tali stazioni meteorologiche sono le uniche di cui è stato possibile reperire i dati. Delle stazioni sono riportate i dati anagrafici e le temperature mensili.

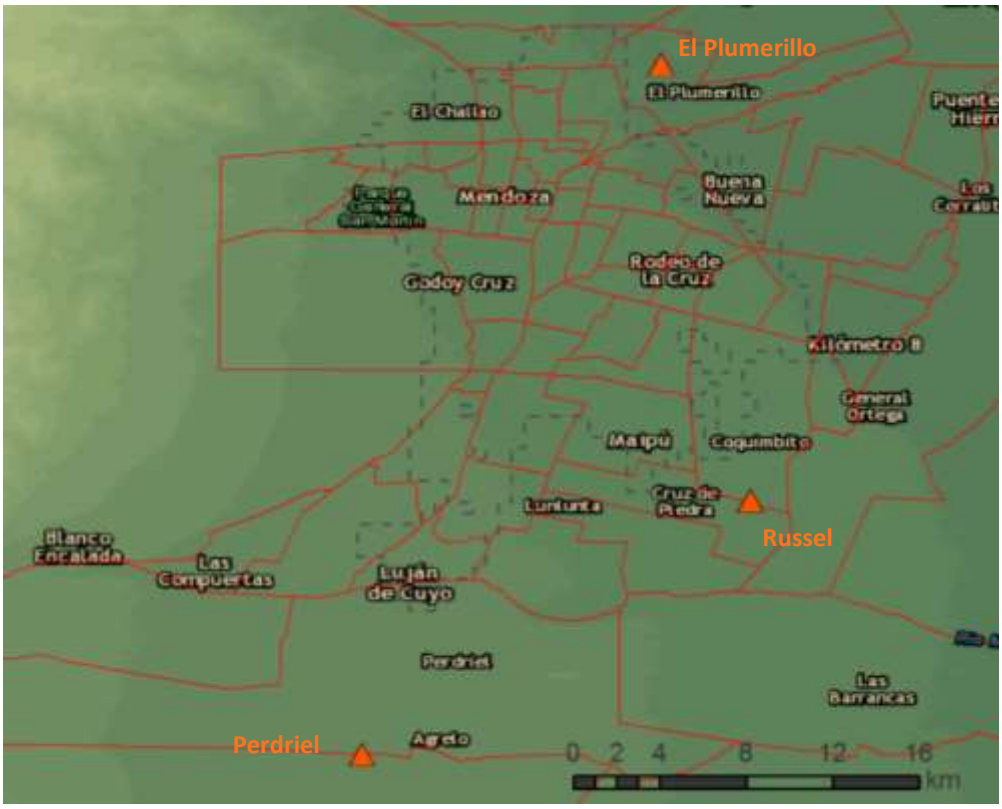
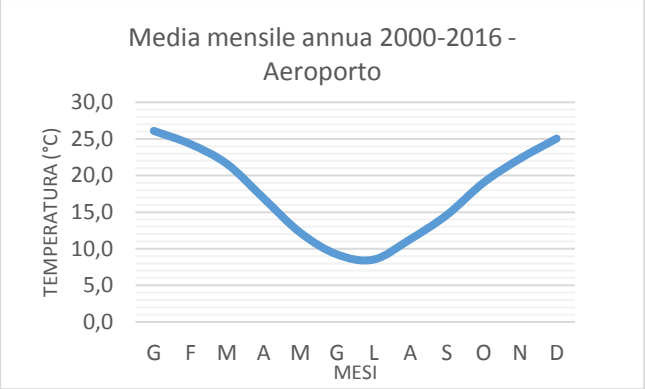


Figura 31 Stazioni meteorologiche (in arancione). Fonte: elaborazione propria; World Boundaries and Places - Esri, HERE, DeLorme, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS user community;World Terrain Base - Sources: Esri, USGS, NOAA.

STAZIONE	*MDZ aeroporto*
FONTE	SMC
LOCALITA'	El Plumerillo
MUNICIPALITA'	Las Heras
PROVINCIA	Mendoza
LATITUDINE	32° 50' 00" S
LONGITUDINE	68º47' 04" W
QUOTA	703
PERIODO DATI	1957-2016
X*	2520183
Y*	6367948

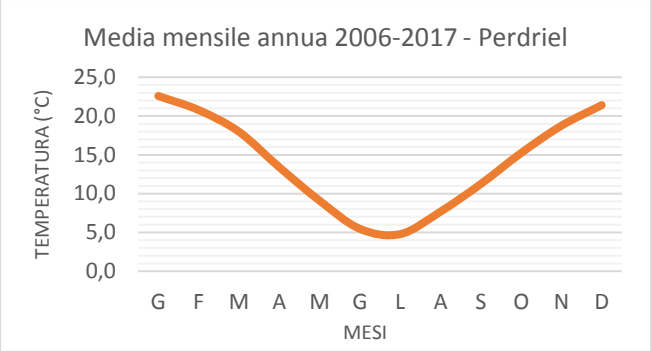


** Sistema di riferimento: sistema di coordinate proiettato piano Gauss-Krüger zona 2, Datum: Campo Inchauspe, Elipsoide: International 1924*

Tabella 9 Temperature medie (°C) per la stazione meteorologica El Plumerillo. Fonte: Direccion de Agricoltura y contingecias climatica (DACC)

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
2000	25,0	23,3	19,9	17,0	11,6	8,9	7,1	10,6	13,2	18,6	20,8	25,3
2001	25,8	26,7	21,2	14,9	11,0	9,1	8,2	12,1	13,1	18,4	21,2	24,9
2002	24,7	23,3	21,4	16,0	12,8	7,0	8,9	11,6	15,1	19,5	22,4	23,3
2003	26,9	24,5	22,3	16,4	12,8	10,9	8,2	10,2	15,5	21,3	23,8	24,3
2004	27,0	23,3	22,5	16,8	9,6	9,2	8,2	10,8	15,7	18,6	20,7	25,1
2005	25,4	24,2	20,2	14,8	12,1	9,5	9,5	10,4	12,6	17,8	23,9	25,3
2006	26,9	24,6	21,3	17,6	11,9	10,7	10,7	12,0	14,9	20,2	22,1	25,5
2007	25,6	24,0	21,0	16,7	10,2	8,1	7,0	7,0	15,2	20,0	21,9	25,1
2008	25,4	23,9	21,2	16,9	12,6	7,9	10,3	11,3	14,4	19,2	24,3	25,0
2009	25,3	25,4	23,7	20,0	13,3	9,6	8,0	13,4	12,6	19,3	22,9	24,1
2010	27,3	25,0	23,8	16,4	12,1	9,4	7,1	10,0	14,9	18,5	22,0	25,1
2011	25,4	23,1	21,0	18,1	12,4	8,6	7,8	10,2	16,2	18,3	23,0	25,6
2012	27,2	24,8	22,8	17,1	13,5	9,4	7,9	11,3	16,1	18,6	23,3	25,6
2013	26,1	25,4	20,4	18,0	13,5	10,9	8,5	10,8	12,5	20,2	22,7	27,5
2014	27,6	22,1	20,0	16,3	12,8	9,4	9,0	13,1	16,2	21,3	22,2	24,4
2015	26,9	23,5	23,0	19,1	13,8	10,6	9,2	13,0	14,8	14,4	19,7	24,7
2016	25,3	25,9	21,2	14,7	11,3	7,8	9,0	14,0	15,2	-	-	-
Media mensile annua	*26,1*	*24,3*	*21,6*	*16,9*	*12,2*	*9,2*	*8,5*	*11,3*	*14,6*	*19,0*	*22,3*	*25,0*

STAZIONE	*Perdriel*
FONTE	SMN
LOCALITA'	Perdriel
MUNICIPALITA'	Luján de Cuyo
PROVINCIA	Mendoza
LATITUDINE	33° 7' 7.392'' S
LONGITUDINE	68° 54' 32.79'' O
QUOTA	960
PERIODO DATI	2006-2017
X*	-
Y*	-

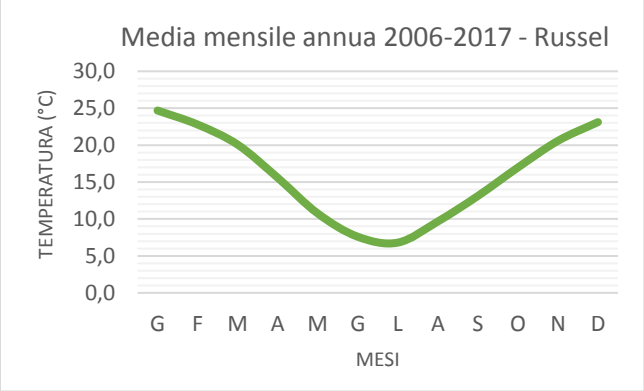


** Sistema di riferimento: sistema di coordinate proiettato piano Gauss-Krüger zona 2, Datum: Campo Inchauspe, Elipsoide: International 1924*

Tabella 10 Temperature medie (°C) per la stazione meteorologica Perdriel. Fonte: Direccion de Agricoltura y contingecias climatica (DACC)

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
2006	-	-	-	-	-	-	-	9,2	11,3	17,1	18,4	21,9
2007	22,4	20,7	17,7	13	6,7	4,9	4,2	3,8	11,9	14,8	18,4	21,9
2008	21,7	20,5	18,5	13	9	4,5	7,2	7,2	11	15,8	21,1	21,4
2009	21,6	21,6	19,8	15,5	9,6	6	4,6	9,6	9,1	15,9	19,1	19,5
2010	23,4	21,5	19,8	11,9	8,3	6,2	3,5	6,8	11,2	15,2	18,5	21,7
2011	22	19,6	17,2	14,1	8,9	4,9	4,2	6,6	12,1	14,6	19,5	21,7
2012	23	21,1	18,5	13,3	9,3	5,7	3,8	7,2	13,2	15,2	19,5	22,1
2013	22,6	21,2	16,3	13,7	9,3	6,5	4,7	6,6	9,2	16,6	19,4	23
2014	22,8	18,8	15,9	12,6	9,6	5,5	5,3	9,5	12,6	17,6	18,2	20,2
2015	23	19,9	19	16,1	9,8	6,8	5,3	8,2	10,8	10,9	16,5	20,8
2016	22	22,3	17,7	11,4	10,3	5,4	7,3	9,8	11,2	13,8	17,7	21,2
2017	23,9	21,3	17,4	12,9	9,3	3,7	2,5	7,6	-	-	-	-
Media mensile annua	*22,6*	*20,8*	*18,0*	*13,4*	*9,1*	*5,5*	*4,8*	*7,7*	*11,2*	*15,2*	*18,8*	*21,4*

STAZIONE	*Russel*
FONTE	Governo di Mendoza
LOCALITA'	Russel
MUNICIPALITA'	Maipù
PROVINCIA	Mendoza
LATITUDINE	33° 0' 46.32'' S
LONGITUDINE	68° 44' 50.39'' O
QUOTA	850
PERIODO DATI	2006-2017
X*	-
Y*	-



** Sistema di riferimento: sistema di coordinate proiettato piano Gauss-Krüger zona 2, Datum: Campo Inchauspe, Elipsoide: International 1924*

Tabella 11Temperature medie (°C) per la stazione meteorologica Russel. Fonte: Direccion de Agricoltura y contingecias climatica (DACC)

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,2	23,9
2007	24,1	22	19,3	15	8,6	6,9	5,7	5,5	13,4	18,2	19,9	22,7
2008	23,7	22,3	20,1	14,9	10	6,5	8,9	10,2	12,8	17,2	22,5	23,5
2009	23,4	23,3	21,8	18,6	11,8	7,9	6,4	11,6	10,7	17,3	21,2	20,2
2010	25,6	23,1	21,7	14,2	10,1	7,5	5,5	8,4	13,2	16,8	20,2	22,9
2011	23,7	21,6	19,3	16,1	10,6	6,9	6,3	8,3	14,3	16,7	21,3	23,9
2012	25,3	23,4	20,8	15,2	11,7	7,3	5,9	9,3	14,4	16,8	21,2	23,6
2013	24,5	23,7	18,5	15,9	11,4	8,8	6,8	8,3	10,9	18,2	20,7	25,8
2014	25,2	20,6	18,2	14,5	11,1	8	7,2	11,1	14,4	19,5	20,1	22,2
2015	25,2	21,9	21,5	17,5	12,2	9,5	7,2	11,5	13,8	13,6	18,3	23,3
2016	24,2	24,4	19,8	14,6	9,4	6,6	6,9	12,2	13,3	15,4	20,8	22,3
2017	26,7	24,4	19,8	15	11,4	7,7	8	9,9	-	-	-	-
Media mensile annua	*24,7*	*22,8*	*20,1*	*15,6*	*10,8*	*7,6*	*6,8*	*9,7*	*13,1*	*17,0*	*20,6*	*23,1*

Le temperature delle tre stazioni per il periodo 2006-2016 sono messe a confronto nel seguente grafico. Si denota un andamento simile per tutte e tre le stazione. Aeroporto MDZ presenta sempre il temperature più altre, mentre Perdriel quelle più basse, coerentemente con le quote di locazione. Per quota, distanza e temperatura, la stazione di Aeroporto MDZ sembra essere quella più rappresentativa per la città metropolitana.

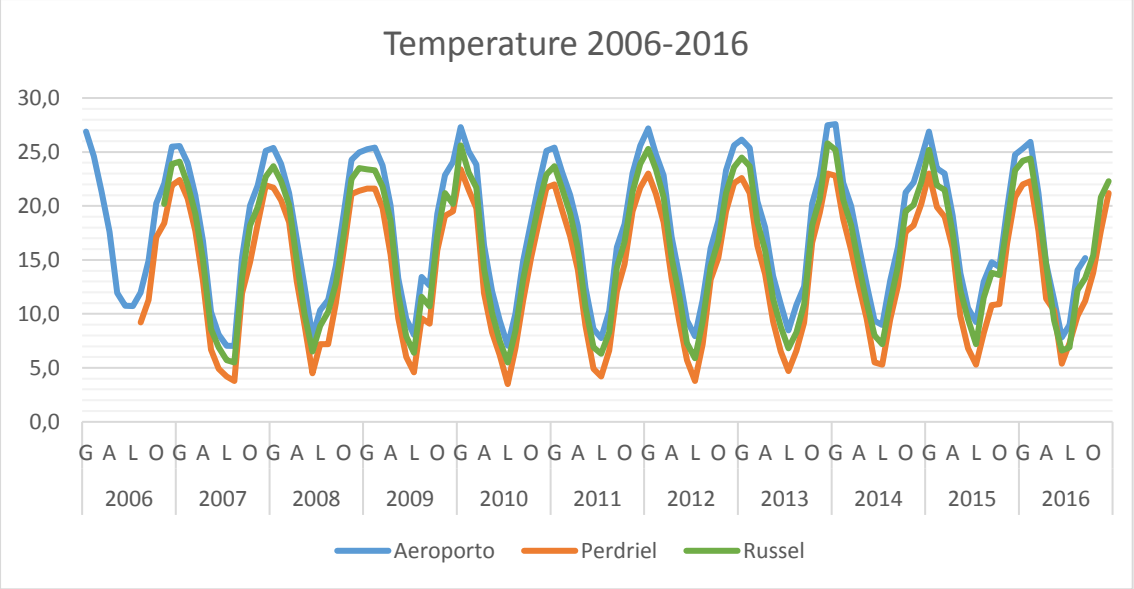


Grafico 5 Confronto delle temperature nelle tre stazioni meteorologiche 2006-2016. Fonte: elaborazione propria con dati DAAC.

3.2 PARCO EDILIZIO

Per una prima analisi del parco edilizio sono stati analizzati i dati del censimento nazionale del 2010 riferiti all'area metropolitana di Mendoza, che raggruppa i dipartimenti di Capital, Godoy Cruz e parzialmente i limitrofi Guaymallen, Las Heras, Luján de Cuyo e Maipù; questi ultimi, infatti hanno un'ampia estensione territoriale, ma è stata considerata sono quella confinante all'area urbana e che completa i distretti (subdivisione comunale) al fine di considerare la corretta superficie residenziale che nel modello è riferita ai consumi di gas naturale. In quest'area risultano 307.903 abitazioni singole, ovvero destinate a ospitare un gruppo di persone congiunte da un legame di tipo familiare, ripartite come in tabella.

Tabella 12- Tipologie di abitazione per dipartimento. Fonte: Indec 2010

Dipartimenti	Casa indipendente	Appartamento	Altro*	Totale per dipartimento
Capital	26.152	24.655	888	**51695**
Godoy Cruz	47877	11172	778	**59827**
Guaymallen	65.661	11.072	1.418	**78151**
Las Heras	46.539	4.590	1.722	**52851**
Luján de Cuyo	24.537	1.675	565	**26777**
Maipú	35.710	2.049	843	**38602**
Totale	246.476	55.213	6.214	**307.903**

*Ranch, casa prefabbricata, bungalow, stanza in hotel pensioni o abitazioni condivisi.

Dai dati riportati in tabella si osserva come la tipologia di casa indipendente, ovvero con ingresso autonomo, sia nettamente superiore alle altre. In particolare nei dipartimenti di Las Heras, Luján e Maipú raccoglie quasi la totalità delle abitazioni; negli altri tre comuni la componente di appartamenti è superiore e in Capital si avvicina al 50%.

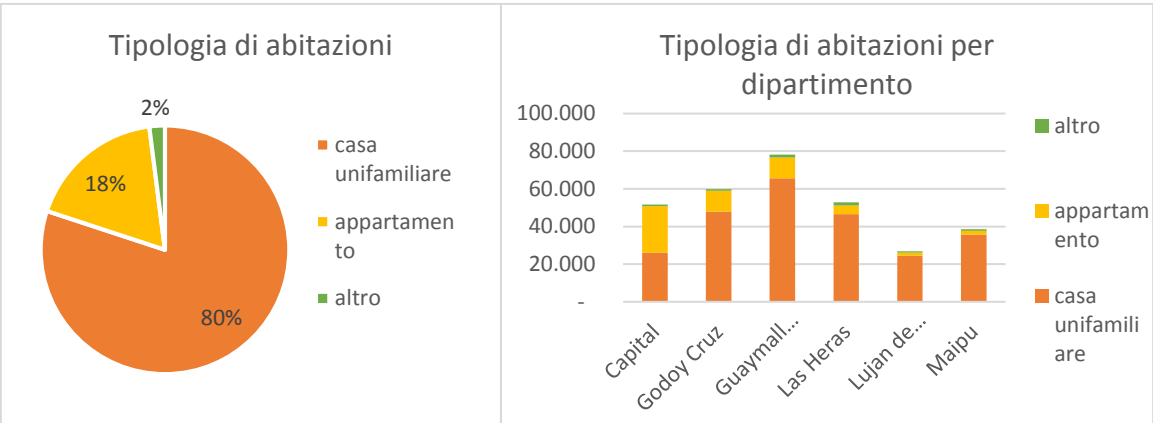


Grafico 6- Percentuale per tipologia di abitazioni presenti nell'AMM e per dipartimento. Fonte: elaborazione propria con dati INDEC 2010

Dai grafici sopra rappresentati si deduce che la tipologia prevalente di edificio sono case unifamiliari o a schiera, mentre la percentuale di palazzi e edifici a torre è bassa e concentrata soprattutto nel

dipartimento centrale di Capital. Da un confronto con la popolazione si osserva che i dipartimenti più popolati in un rapporto di persone per abitazione sono quelli periferici Las Heras e Maipù (4,0 e 3,9), caratterizzati per la quasi totalità da edifici indipendenti; molto basso (2,8) è il rapporto per Capital, dove è presente la percentuale maggiore di appartamenti, quindi di condomini, e dove ci si aspetterebbe una maggiore densità abitativa. Questo dato è confrontabile con il tasso di occupazione che ugualmente risulta molto inferiore alla media per il dipartimento di Capital (81% rispetto a 93% in Maipú). Nel grafico 8 si osserva che il numero di case disabitate è adibito principalmente a uso commerciale/studio/ufficio, una seconda quota è in vendita o in affitto, mentre una terza, caratterizzante anche gli altri dipartimenti ha un uso non specificato, differente dalle categorie riportante in legenda nel grafico.

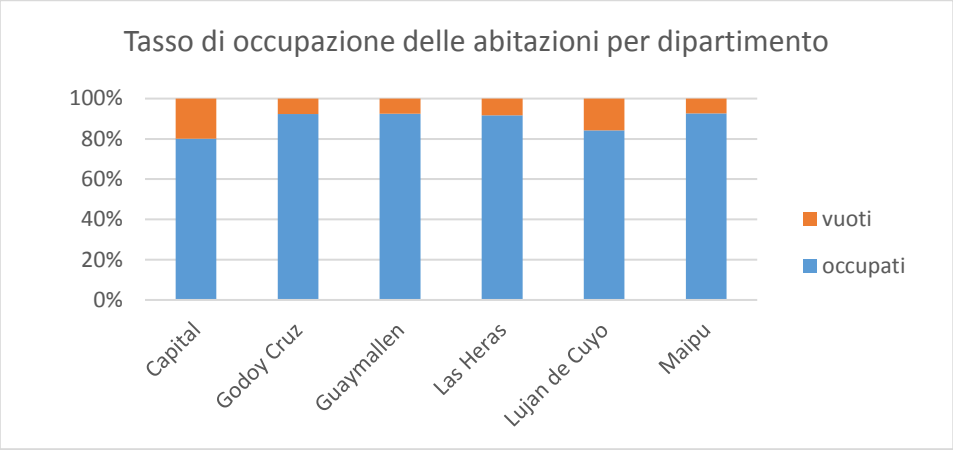


Grafico 7- Fonte: INDEC 2010

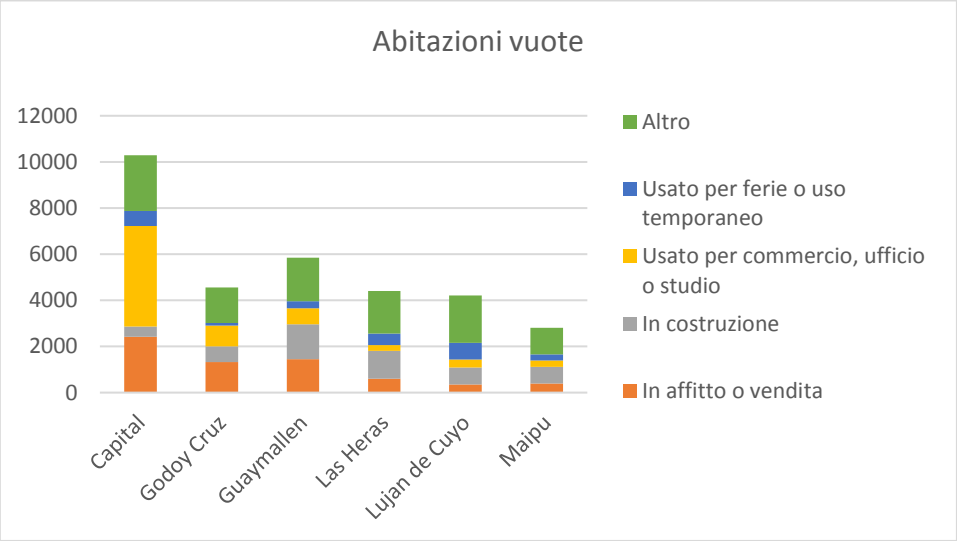


Grafico 8- Destinazione d'uso della abitazioni non abitate, per dipartimento. Fonte: INDEC 2010

Si può dedurre inoltre che i dipartimenti in maggiore espansione sono Guaymallen e Las Heras e a seguire quello di Luján, dove la componente di case in costruzione e vendita è maggiore. In generale, la percentuale di case vacanza è bassa, significativa solo per le municipalità di Capital e Luján. Ai fini energetici c'ho denota un differente tipo di utenza e un diverso tasso di occupazione/fruizione delle abitazioni da considerare nell'elaborazione del modello. L'andamento opposto delle case in vendita e di quelle in costruzione, rispetto a una distribuzione spaziale centro-periferia (dove Capital è la municipalità che rappresenta il centro) è significativo di una maggiore quantità di case non vendute nei distretti centrali e una continua edificazione nelle aree periferiche; ciò è rappresentativo di fenomeni quali un'espansione urbana non pianificata, dispersione della popolazione sul territorio e lontananza dai servizi, concentrati nella zona centrale, con conseguente aumento dei costi delle abitazioni. Si assiste ad una migrazione verso la periferia e ad uno svuotamento del centro, che lascia spazio ad altre destinazioni d'uso.

Dipartimenti	Popolazione	Nuclei familiari	pop/fam	pop/abit	fam/abit	tax occ
Capital	114.393	39.367	2,9	2,8	1,0	81%
Godoy Cruz	191.903	57.375	3,3	3,5	1,0	92%
Guaymallen	267.251	75.627	3,5	3,7	1,0	93%
Las Heras	194.352	51.637	3,8	4,0	1,1	92%
Luján de Cuyo	84.767	23.624	3,6	3,8	1,0	85%
Maipú	139.607	38.285	3,6	3,9	1,1	93%
AMM	992.273	285.915	3,5	3,6	1,0	89%

Tabella 13- Distribuzione della popolazione e tasso di occupazione per dipartimento. Fonte: INDEC 2010

L'informazione sugli edifici è ottenuta dalle informazioni catastali che riguardano sia le unità volumetriche, sia le particelle catastali. A livello di particella è riportata la destinazione d'uso, per cui è possibile distinguere tra casa indipendente o multiproprietà, mentre nell'unità volumetrica si trova indicazioni circa il numero di piani, l'area e, imponendo un'altezza media per piano, il volume.

Il grafico seguente conferma quanto già accennato paragrafo precedente sul numero di abitazioni indipendenti. L'89% di edifici risulta a un piano, per cui sono associabili a case unifamiliare isolate o a schiera; circa 10 % ha numero di piani compreso tra due e cinque, mentre meno dell'1% ha oltre sei piani, con rari casi di edifici a torre oltre i dieci.

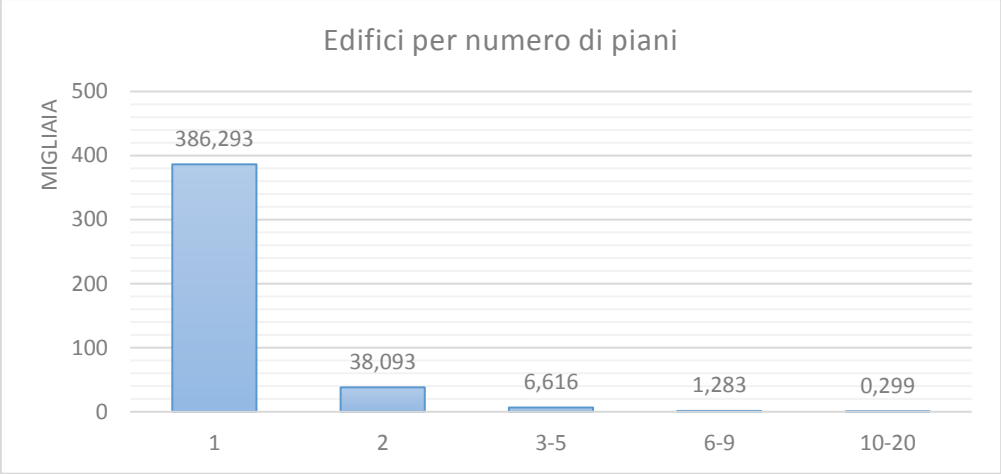


Grafico 9- Fonte: elaborazione propria con dati catastali (2010-2012)

Confrontando il numero di piani con il fattore di forma, si osserva che il maggior numero edifici con un rapporto maggiore di 0,72 ha numero di piani uguale a uno e la cifra diminuisce al diminuire del fattore di forma; viceversa sono inferiori al 4% edifici a un piano con fattore di forma minore di 0,56 e incrementano fino al 56% nel caso di dieci o più piani.

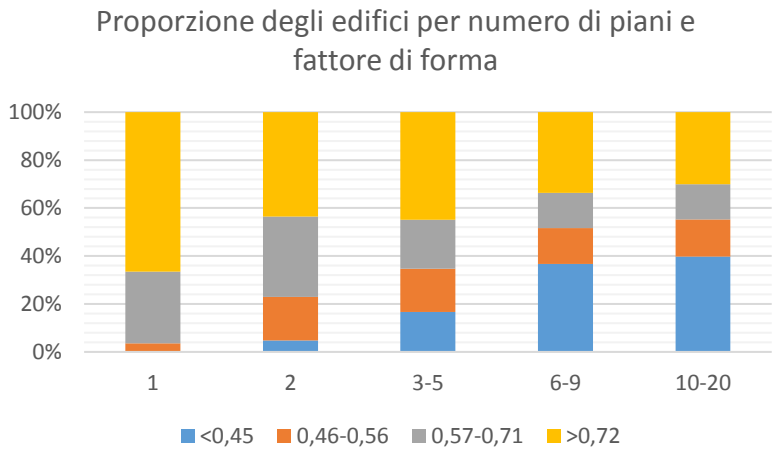


Grafico 10- Il grafico mostra la proporzione degli edifici (%) rispetto al numero di piani e al fattore di forma. Fonte: elaborazione propria con dati catastali (2010-2012)

A partire dai dati catastali e tramite il supporto del software GIS, è stata ricavata la superficie totale dell'edificato residenziale, pari a 26 136 993,85 mq (con media per edificio di 60,57 mq), e considerando una altezza media di 3 metri per piano, il volume totale di 91 589 118,10 mc (con media 212,26 mc; in termini percentuali, facendo riferimento alla superficie, l'85% sono case unifamiliari e il 15% condomini. Dal totale delle cifre è da sottrarre la quota non riscaldata perché disabitata (15%) e quella che non utilizza gas fornito in rete per il sistema di riscaldamento (13%).

Superficie e volume residenziali riscaldati sono quindi 19 460 354,40 mq e 68 607 708,82 mc, di cui 87% in case unifamiliari e 13% in condomini.

Tabella 14- Superficie e volume degli edifici residenziale nell'AMM. Fonte: elaborazione propria a partire da dati catastali.

	Casa unifamiliare	%	Condominio	%	Totale
Superficie (mq)	22.268.775,04	85%	3.868.218,81	15%	**26.136.993,85**
Volume (mc)	80.633.092,29	88%	10.956.025,80	12%	**91.589.118,09**
	In base a tasso di occupazione e connessione alla rete del gas				
Superficie (mq)	16.920.949,55	87%	2.539.404,85	13%	**19.460.354,40**
Volume (mc)	61.337.973,84	89%	7.269.734,98	11%	**68.607.708,82**

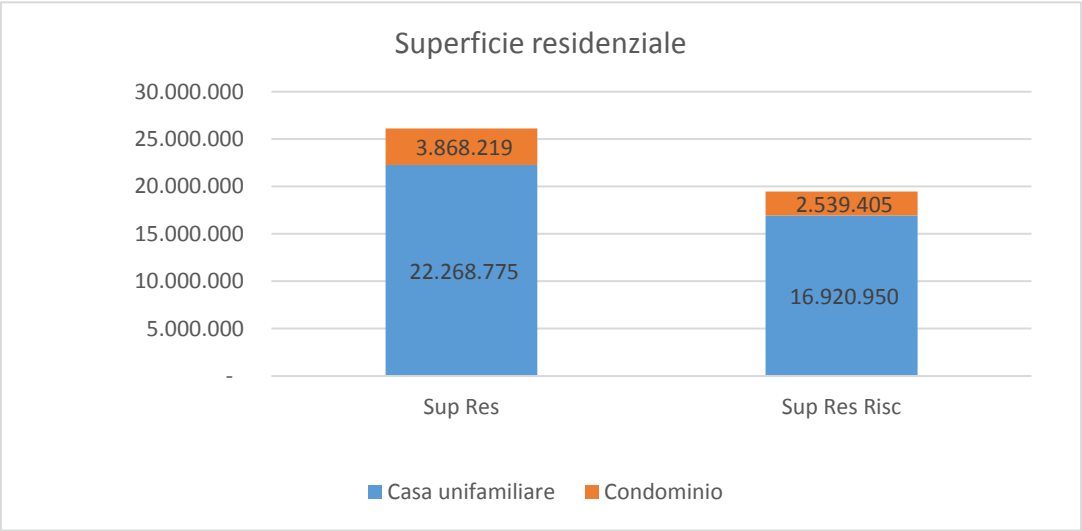


Grafico 11- Confronto tra la superficie residenziale e la superficie residenziale abitata e riscaldata con gas in rete. Fonte: elaborazione propria con dati catastali (2010-2012) e INDEC 2010

Non è stato possibile reperire dati sull'epoca di costruzione, da cui ricavare informazioni sullo stato di conservazione e sul materiale di costruzione utilizzato, ma afferendo nuovamente ai dati del censimento nazionale INDEC è possibile ottenere delle informazioni di massima sulla qualità degli edifici a livello di sezione di censimento; i dati raccolti forniscono informazioni sulla qualità dei materiali, sul tipo di materiale del pavimento e del tetto e se è presente o meno un rivestimento interno del tetto. Il numero di abitazioni è ripartito in quattro classi rispetto alla qualità del materiale, che valuta la solidità, la resistenza, la capacità di isolamento termico e la rifinitura, partendo dalle componenti del pavimento e del tetto:

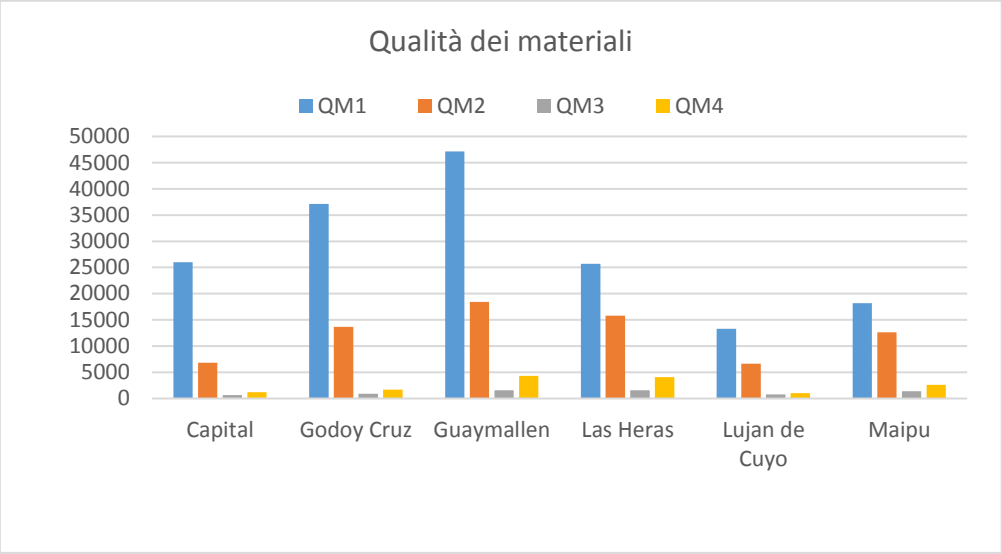
- QM1, materiali resistenti e solidi e presenta rivestimento interno;
- QM2, materiali resistenti e solidi ma senza rivestimento interno oppure bassa qualità del pavimento;
- QM3, materiali di bassa qualità per tetto e pavimento
- QM4, materiali di qualità molto bassa.

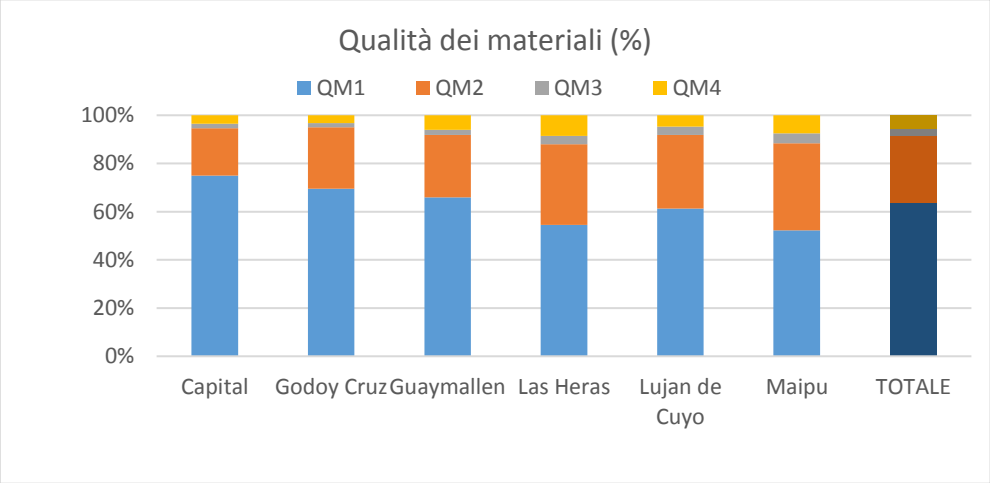
Il rivestimento interno è un elemento addizionale che può essere in intonaco, gesso o cartongesso, legno e/o pannelli di polistirene espanso e serve da isolante termico e sonoro. I materiali di pavimento (interno calpestabile) e tetto (copertura esterna visibile) sono riportati in tabella ordinati rispetto alla qualità dal migliore (gruppo 1) al peggiore (gruppo 8).

Tabella 15 Principali materiali di costruzione delle abitazioni, come classificata del censimento. Fonte: INDEC 2010.

Componenti abitazione	PAVIMENTO	TETTO
1	Ceramica, piastrella, marmo, legno, moquette	Membrana di bitume
2	Cemento o mattone fisso	Piastrella o tegola
3	Terra o mattone mobile	Lastra di pietra o ardesia
4	Altro	Lamiera di metallo
5	-	Pannello di fibrocemento o plastica
6	-	Pannello di cartone
7	-	Canna, palma, assi o paglia con/senza fango
8	-	Altro

Tabella 16 Classificazione delle abitazioni in base ai materiali di pavimento e tetto. Fonte: INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Base de datos. Definiciones de la base de datos

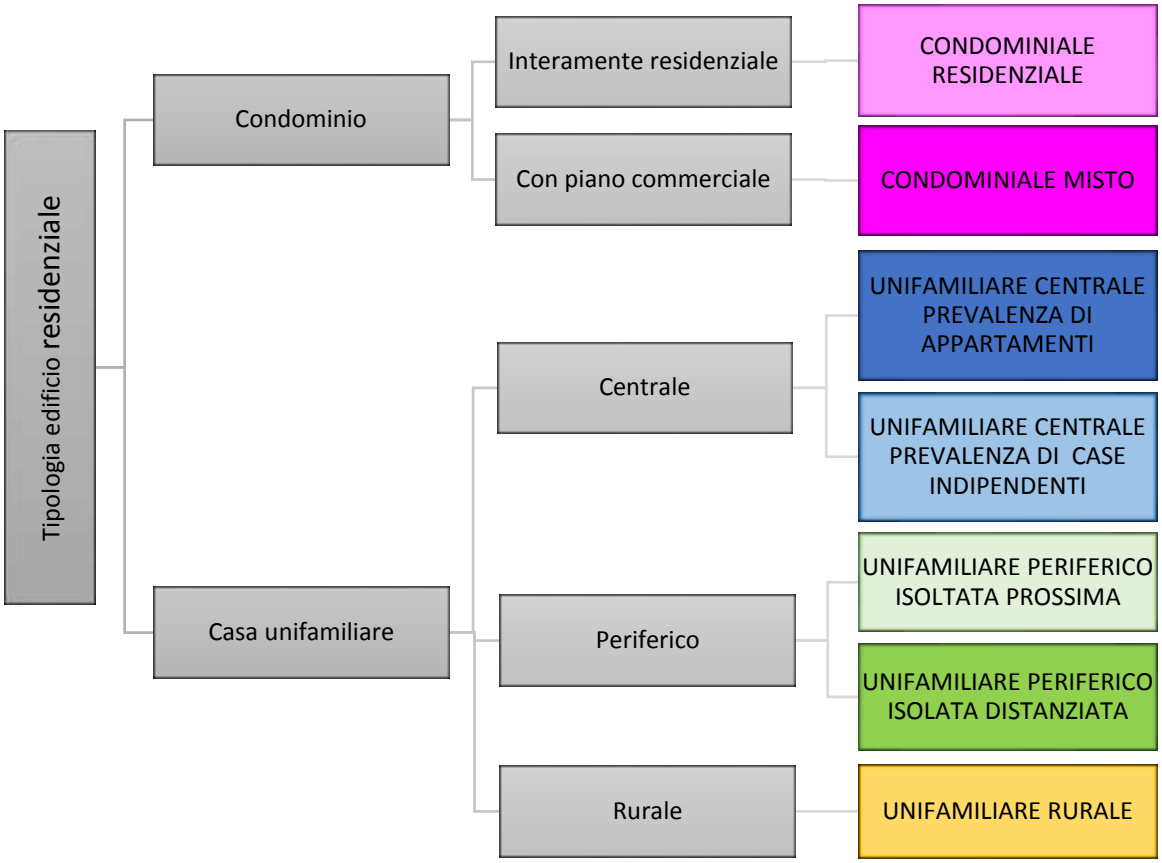


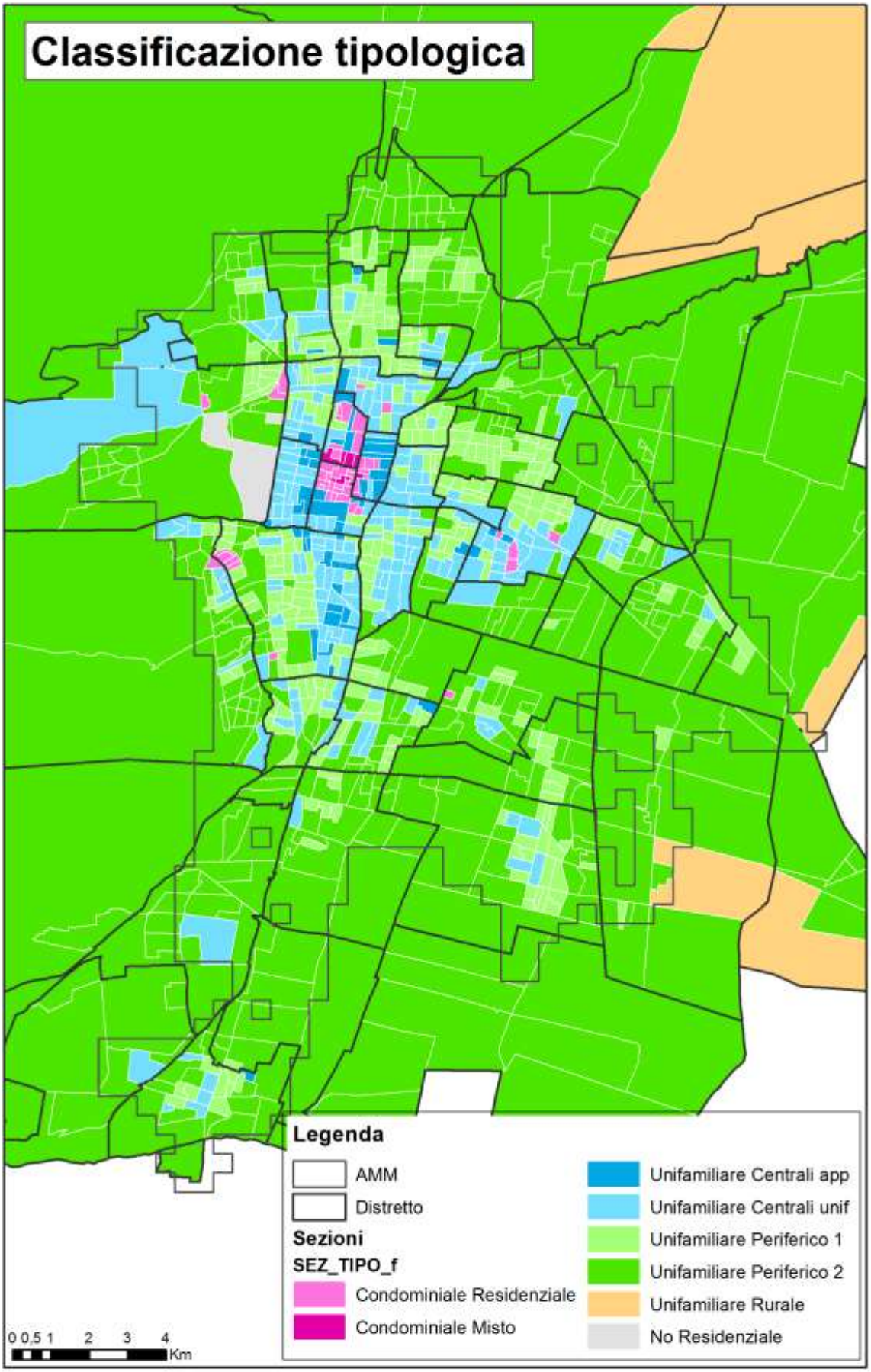


Grafici 12-13- Distribuzione per dipartimento del numero di abitazioni e percentuale rispetto alla qualità del materiale. Fonte: elaborazione propria con dati INDEC 2010.

Le abitazioni di buona qualità (per materiali e isolamento termico) sono dominanti in ogni dipartimento e sull'intera area costituiscono il 64% del totale delle abitazioni; l'altra quota rilevante è quella delle abitazioni di media qualità, pari al 28%, mentre le classi a seguire sono percentuali minime del 3% e 6 % rispettivamente le case di bassa e bassissima qualità. L'altro elemento da notare è l'elevata quantità di case di prima qualità per i dipartimenti di Capital e Godoy Cruz, che di cui fa parte il nucleo urbano dell'area metropolitana in cui si concentrano i condomini, mentre le alte percentuali di case di bassa qualità per i dipartimenti di Las Heras e Maipu delineano una situazione sociale caratterizzata da maggiore povertà.

La mappa alla pagina seguente riporta le tipologie si sezioni individuate sulla base dell'edificio tipo ricorrente, come spiegato nella metodologia la paragrafo 2.3.2. La rappresentazione conferma quanto già dedotto dall'analisi dei dati sul parco edilizio. Il centro della città metropolitana nel dipartimento di Capital è caratterizzato da appartamenti e quindi da condomini che diradano allontanandosi dalla zona centrale fino a scomparire nelle sezioni in verde. È riportato lo schema ad albero come sintesi delle caratteristiche di ogni tipologia.




Classificazione tipologica
Legenda
AMM
Distretto
Sezioni
SEZ_TIPO_f
Condominiale Residenziale
Condominiale Misto
Unifamiliare Centrali app
Unifamiliare Centrali unif
Unifamiliare Periferico 1
Unifamiliare Periferico 2
Unifamiliare Rurale
No Residenziale
0 0,5 1 2 3 4
Km

3.3 CONSUMI ENERGETICI DI GAS NATURALE

L'area metropolitana di Mendoza è servita dall'impresa Ecogas che distribuisce gas in rete per conto dell'impresa *Distribudora de gas Cuyana*, che copre le province di Mendoza, San Luis e san Juan. I consumi fanno riferimento ai m3 di gas naturale distribuito in rete con potere calorifero pari a 9300 kcal per m3.

La destinazione primaria del gas sono le centrali elettriche, dove il combustibile è utilizzato per la produzione di energia elettrica. A seguire, il settore domestico riceve mediamente la metà del combustibile destinato alle centrali elettriche, utilizzato per il riscaldamento, per la produzione di acqua calda e per cucinare. I consumi hanno un trend positivo per i settori domestico, commerciale e servizi e trasporti, è in riduzione la richiesta di gas naturale compresso, mentre sono altalenanti i settori industriali (gas destinato alle centrali elettriche e ad altri usi industriali).

Tabella 17 Consumi di gas naturale per settore (Mm3). Fonte: Ecogas

	Domestico	CeS	Trasporti	Industriale	GNC	Centrale elettrica
2010	296,26	46,87	186,09	143,59	124,15	710,15
2011	310,18	48,22	189,43	152,68	124,22	705,93
2012	317,84	48,98	181,06	162,49	124,40	672,99
2013	331,97	49,58	186,48	151,40	120,21	724,02
2014	319,86	48,00	214,30	151,36	117,83	699,98
2015	348,62	51,31	228,36	150,98	118,32	660,11

Grafico 13 Consumi di gas naturale per settore al 2010. Fonte: elaborazione propria con dati Ecogas.

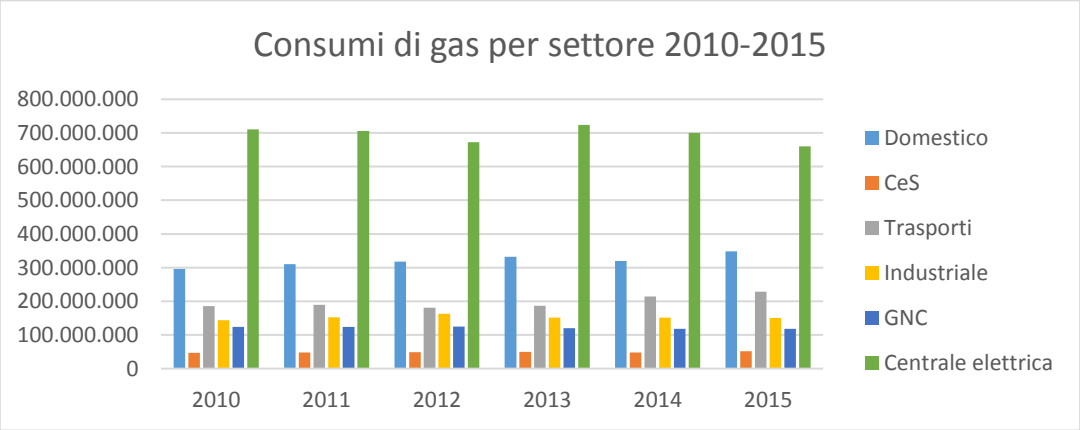


Grafico 14 Consumi di gas naturale (m3) per settore nel periodo 2010-2015. Fonte: elaborazione propria con dati Ecogas

La tendenza è in linea con i consumi nazionali, come mostra la tabella seguente tratta dal documento ufficiale del bilancio nazionale 2015, redatto da Enargas[4]. La domanda maggiore è

[4] Ente Nacional Regulador del Gas, è l'ente governativo prevalentemente tecnico istituito nel 1992 che fa capo al MINEM (ministero del settore energetico e minerario) e si occupa di amministrare e regolamentare

legata alle centrali elettriche (31,7% del totale nel 2015), a livello nazionale segue il settore industriale, mentre il residenziale occupa il terzo posto con una richiesta di gas pari al 23.5% (2015).

Cuadro IV-2.a / Gas entregado por destino de consumo (MM m³/día de 9300 Kcal.)

DESTINO DEL CONSUMO	1993	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2015 % s/total	VARIACIÓN 1993-2015 MM m³/día	VARIACIÓN 1993-2015 %
RESIDENCIAL	15,445	25,157	26,170	27,484	28,743	27,692	28,025	23,5	12,580	81,5
COMERCIAL	2,375	3,419	3,438	3,679	3,681	3,633	3,655	3,1	1,280	53,9
INDUSTRIAL (1)	18,014	29,053	30,623	28,140	30,056	30,105	30,793	25,8	12,779	70,9
INDUSTRIAL - RTP CERRRI	3,211	3,927	3,655	3,808	3,893	4,080	3,816	3,2	0,605	18,8
CENTRALES ELÉCTRICAS (2)	16,251	30,069	33,398	36,271	37,097	36,388	37,808	31,7	21,558	132,7
CENTRALES ELÉCTRICAS - BOCA DE POZO	0,000	1,491	2,085	3,042	2,552	3,456	3,058	2,6	3,058	n.a.
GNC	2,084	7,299	7,565	7,630	7,559	7,815	8,167	6,8	6,083	292,0
SUBDISTRIBUIDORES Y ENTES OFICIALES	2,424	3,167	3,573	3,783	3,994	3,953	4,049	3,4	1,626	67,1
TOTAL PAÍS	59,802	103,582	110,508	113,839	117,575	117,122	119,371	100,0	59,569	99,6

(1) No incluye gas de proceso (RTP Cerri) ni consumo de industrias en boca de pozo.
(2) No incluye consumo de centrales eléctricas en boca de pozo (off system).

Figura 32 Gas per tipologia di consumo, totale nazionale. Fonte: Enargas, 2015

Consumi di gas per l'area di distribuzione di Mendoza e San Juan per tipologie di consumi (MM m3/giorno, valore energetico per metro cubo pari 9300 Kcal). Fonte: Enargas 2015

ÁREA DE LICENCIA Y TIPO DE USUARIO	% TOTAL PAÍS (2015)	1993 VOL.	1993 %	2010 VOL.	2010 %	2011 VOL.	2011 %
DISTRIB. DE GAS CUYANA	6,2%	2,942	100,0%	6,540	100,0%	6,901	100,0%
-Residencial	1,6%	0,783	26,6%	1,634	25,0%	1,731	25,1%
-Industrial	1,7%	1,094	37,2%	1,765	27,0%	1,895	27,5%
-Centrales Eléctricas	1,8%	0,417	14,2%	1,937	29,6%	2,006	29,1%
-Otros(2)	1,1%	0,648	22,0%	1,204	18,4%	1,269	18,4%

	2012 VOL.	2012 %	2013 VOL.	2013 %	2014 VOL.	2014 %	2015 VOL.	2015 %	VARIACIÓN % 15/14	ÍNDICE 1993=100
DISTRIB. DE GAS CUYANA	6,831	100,0%	7,320	100,0%	7,017	100,0%	7,207	100,0%	2,7	244,9
-Residencial	1,824	26,7%	1,913	26,1%	1,846	26,3%	2,007	27,9%	8,7	256,3
-Industrial	1,852	27,1%	2,040	27,9%	1,925	27,4%	2,017	28,0%	4,8	184,3
-Centrales Eléctricas	1,804	26,4%	2,061	28,2%	1,960	27,9%	1,840	25,5%	-6,1	441,2
-Otros(2)	1,351	19,8%	1,307	17,8%	1,286	18,3%	1,343	18,6%	4,5	207,2

Paragonabile a quello dell'area metropolitana (ECOGAS) è l'andamento dei consumi di gas in riferimento all'impresa *Distribudora de gas Cuyana,* che presenta maggiore equità di distribuzione

la distribuzione e il trasporto del gas in rete su tutto il territorio nazionale, oltre avere competenze giurisdizionali.

tra i settori; in particolare nell'estratto riportato sopra si osserva che al settore residenziale è destinata una parte consistente di gas, incrementata tra il 2010 e il 2015 di quasi tre punti percentuali passando da 0,783 MM m3/gg a 2,007 MMm3/gg. Nello stesso periodo il settore industriale è rimasto costante come percentuale di distribuzione intorno al 27%, raddoppiando i consumi in termini di volumetrie. La terza importante fetta è costituita dal gas destino alle produzione di energia che nel 2010 è pari al 29.6% (1,937 MMm3/gg), mentre nel 2015 scende al 25,5%, mantenendo un consumo di (1,840 MMm3/gg).

In base ai dati forniti da Ecogas si osserva che tra il 2010 e il 2015 i consumi domestici sono aumentati con tendenza regolare ad eccezione dell'anno 2014 in cui sono diminuiti rispetto al precedente anno. Si osserva inoltre che Guaymallen è il dipartimento con i consumi maggiori e ciò è riconducibile al fatto che è anche la municipalità con il maggior numero di abitanti (**Tabella 5**); differente è il caso di Las Heras, che segue Guaymallen per popolazione, ma con la metà dei consumi. Una situazione simili si verifica per Capital e Maipú. Questa condizione può essere dovuta a un numero minore di abitazioni connesse alla rete del gas o/e a una migliore/peggiore condizione socio-economica degli abitanti.

Tabella 18 Storico dei consumi di gas (m3) per dipartimento 2010-2015. Fonte: Ecogas

Domestico							
AÑO	MAIPU	CAPITAL	LUJAN	G.CRUZ	GUAYMALLEN	LAS HERAS	TOTALES
2010	30.818.263,62	49.064.319,16	41.350.291,09	63.186.830,72	70.310.265,10	41.531.477,43	296.261.447,12
2011	33.308.191,31	49.997.891,79	43.914.238,11	64.766.205,24	74.476.295,90	43.719.929,23	310.182.751,58
2012	34.325.830,46	49.431.932,31	45.892.888,02	65.884.870,54	76.172.000,96	46.132.799,10	317.840.321,39
2013	35.300.774,10	50.477.732,65	49.615.426,93	67.840.018,67	79.907.117,41	48.830.057,46	331.971.127,22
2014	35.750.345,91	47.745.945,40	49.404.122,88	65.436.882,12	75.722.344,58	45.803.372,63	319.863.013,52
2015	39.021.106,56	49.643.510,53	54.629.996,28	68.619.793,33	85.125.621,20	51.577.053,31	348.617.081,21
							1.924.735.742,04

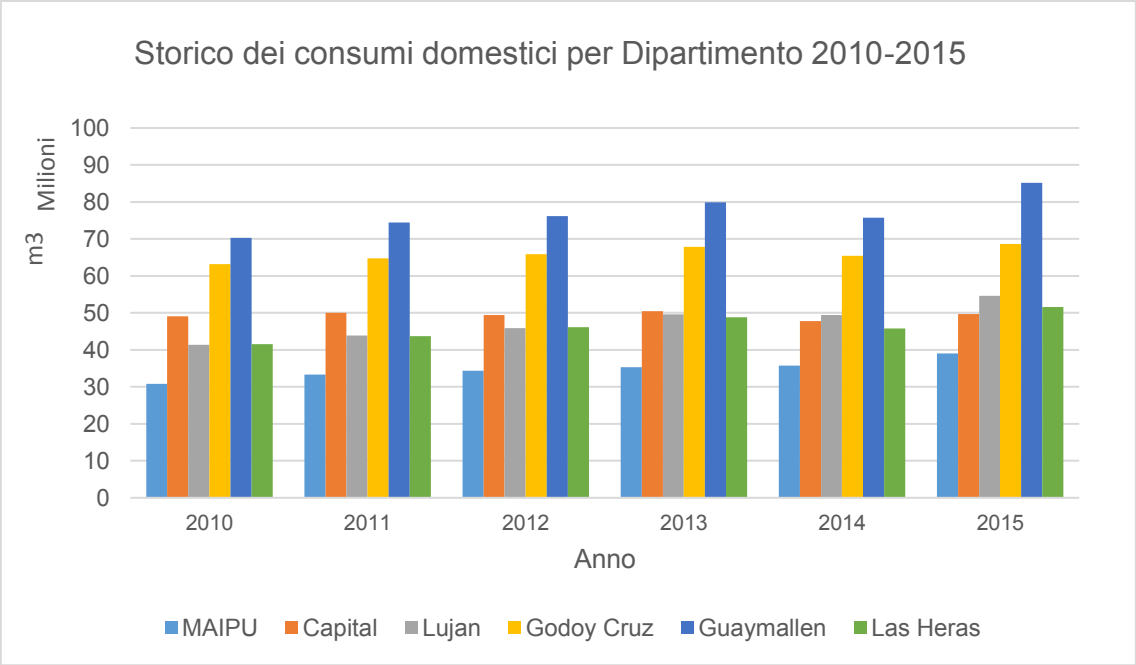


Grafico 15 Storico dei consumi per l'area metropolitana di Mendoza. Fonte: elaborazione propria con dati Ecogas

Nel grafico successivo sono riportati i consumi mensili per l'area metropolitana di Mendoza e la temperatura delle tre stazioni meteorologiche introdotte nel paragrafo 3.1. Si osserva un andamento costante, similare per ogni anno; i consumi risultano coerenti anche rispetto alle temperature rilevate dalle stazioni, senza nessuno accostamento specifico a una di queste, poiché gli andamenti delle temperature si possono definire paralleli. Si può osservare l'evidente incremento di consumo per il riscaldamento tra la stagione estiva (novembre- marzo) e quella invernale (aprile –ottobre). È da notare che mentre i picchi minimi di temperatura corrispondono ogni anno al mese di luglio, i consumi maggiori sono per i mesi di luglio, agosto e settembre, solitamente con picco valori massimi per il mese di agosto. Questo sfasamento è in parte dovuto alla gestione dell'azienda distributrice che ha un saldo bimestrale, per cui i consumi di luglio sono riportati al mese successivo. A ciò è dovuto lo sfasamento tra i due valori.

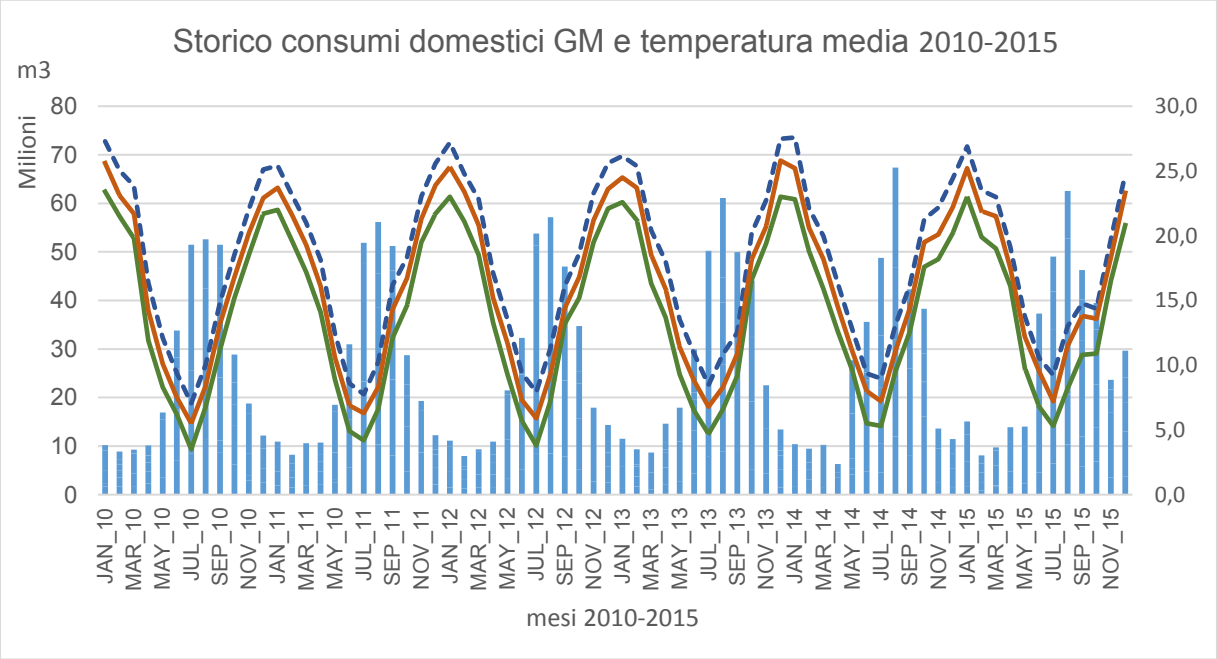


Grafico 16 Confronto consumi di gas (milione di m3) e temperature (°C) nell'area metropolitana. Fonte: rielaborazione propria con dati Ecogas.

3.4 BANCHE DATI

Il modello è costruito a partire da tre banche dati differenti. I consumi di gas naturale sono forniti dalla rete di distribuzione a livello di distretto per tutti i distretti facenti parte dell'area metropolitana di Mendoza. Sono classificati in base all' uso per il quale viene distribuito: domestico, industriale, rifornimento stazioni auto/trasporti, conversione in energia elettrica, GNC/bombole a compressione, commerciale. Per il modello sarà considerata la quantità di gas destinata al consumo domestico; il dato è fornito in m3 ed è convertito in KWh. Per trasformare i metri cubi di gas in kWh, sapendo che il potere calorifero di un metro cubo di gas naturale distribuito è 9300 kcal e una kilo-caloria è pari a 0.001163 kWh si avrà che:

1 mc gas = 9300 kcal = 10,8159 kWh.

Come banca dati GIS (geometrica) inerente gli edifici, è fornita una suddivisione parcellare degli isolati urbani e periurbani (quindi aree edificate o edificabili), con classificazione in base alla destinazione d'uso della parcella, la superficie, la percentuale di area edificata a terra e percentuale area edificata in altezza, oltre alla nomenclatura di identificazione della parcella. È fornito inoltre lo shapefile della proiezione a terra degli edifici, con informazioni su l'area, il numero di piani. Tramite il comando *spatial join* in ambiente GIS sarà possibile attribuire a ciascuno elemento presente nella particella l'uso della parcella stessa, senza distinzione dell'elemento, in modo da poter selezionare quelli con l'uso interessato.

La terza banca dati è costituita dal censimento. Le informazioni sono a livello di sezione di censimento e raggruppati per tre categorie: popolazione, nucleo familiare e alloggi. Per la popolazione sono date informazioni circa le relazioni di parentela, il sesso, l'età, il paese di origine, l'istruzione e l'occupazione lavorativa. Per i nuclei familiari le informazioni riguardano le condizioni in cui essi vivono all'interno della casa: i materiali e rivestimento del tetto e del pavimento, la presenza e l'origine dell'acqua nella casa, il bagno e lo scarico, il combustibile usato per cucinare (lo stesso è usato per riscaldare gli ambienti), il numero di stanze, il possesso di elettrodomestici, la proprietà della casa e del terreno, l'indice di affollamento. Infine per gli alloggi sono indicati quelli individuali e quelli collettivi e le rispettive tipologie, la condizione di occupazione di quelli individuali e tre indici che esprimono la qualità dei materiali, dei servizi e di costruzione dell'abitazione.

I livelli territoriali.

La provincia di Mendoza (unità politico-territoriale) è organizzata in *departamentos* (unità politico-amministrative, chiamate anche municipalità); all'interno dei *departamentos* il territorio è suddiviso in *localidades*, individuate secondo un criterio fisico di che riconosce una concentrazione spaziale di edificato connesso da una rete di strade. L'unità di censimento minori sono *fracciònes* (frazioni) e *radios* che costituiscono l'unità di rilevamento, in riferimento a una porzione di territorio limitato con un determinata quantità di *viviendas.* Le frazioni hanno una media di 5000 abitazioni mentre il *radio* 300. A queste ultime unità territoriali fanno riferimento i dati del censimento, nel presente testo sono chiamate sezioni di censimento e sono il livello più basso con il numero di

informazioni maggiori che ha permesso la giunzione tra le differenti banche di dati. Di seguito è riportato il codice di identificazione della sezione, fondamentale nella elaborazione dei dati e per il passaggio tra i diversi strumenti come il foglio elettronico e GIS.

Provincia de Santiago del Estero Departamento Pellegrini				
Código Concatenado	Código DPT	Código DPA	Código Fracción	Código Radio
861330101	86	133	01	01
861330102	86	133	01	02
861330103	86	133	01	03

Figura 33 Esempio codici di identificazione del radios. Fonte: INDEC 2010

I dipartimenti che costituiscono l'area metropolitana sono sei: Capital, Godoy Cruz, Guaymallen, Maipù, Lujan de Cuyo, Las Heras. Mentre i primi due rientrano totalmente all'interno dell'area di studio, gli altri quattro solo parzialmente ne fanno parte; in particolare Las Heras e Lujan de Cuyo hanno un'estensione molto vasta che si allarga a ovest fino a comprendere una porzione della precordigliera mendocina, ma il territorio urbanizzato è concentrato presso Capital e Godoy Cruz.

Figura 34 Dipartimenti. Fonte: elaborazione propria con dati CODGEO.

La tabella riporta i dati base dei dipartimenti presenti negli file dei del sistema informativo nazionale; si riferiscono all'intera area, ma è da precisare che per il lavoro sono stati considerati solo quelli afferenti all'area metropolitana, che è l'unico insediamento urbano di grandi dimensioni.

Al fuori dell'area urbana sono presenti frastagliati sviluppi lineari dalla conurbazione lungo le principali direzioni di collegamento e nuclei rurali o piccoli paesi.

Tabella 19 Informazioni base dei dipartimenti. Fonte dati: CODGEO (INDEC 2010)

Dipartimenti	Femmine	Maschi	Popolazione	Nuclei familiari	Alloggi singoli	Alloggi singoli abitati
Capital	60.983	54.058	114.393	39.367	51.236	36.794
Godoy Cruz	100.801	91.102	191.903	57.375	59.827	52.897
Guaymallen	146.565	137.238	267.251	75.627	82.388	73.330
Las Heras	104.361	99.305	194.352	51.637	55.584	49.369
Lujan de Cuyo	60.833	59.055	84.767	23.624	37.864	29.548
Maipu	87.425	84.907	139.607	38.285	47.612	42.411
TOTALE	***560.968***	***525.665***	***992.273***	***285.915***	***334.511***	***284.349***

Il grafico successivo riporta le informazioni base presenti in tabella per ogni dipartimento. Il dipartimento più popolato è Guaymallen seguito da Godoy Cruz e Las Heras. Considerando il numero di abitazioni. Indicativamente si individua una famiglia per abitazione e il numero di abitazioni occupate è sempre molto elevato; i dipartimenti con maggiore scarto tra abitazione e abitazioni occupate sono Lujan de Cuyo, Capital e Maipù; Lujan ha anche il minor numero di nuclei famigliari, seguito da Capital. Se andiamo a confrontare questi valori con la superficie territoriale, si nota che Capital e Godoy Cruz son i dipartimenti più densamente abitati.

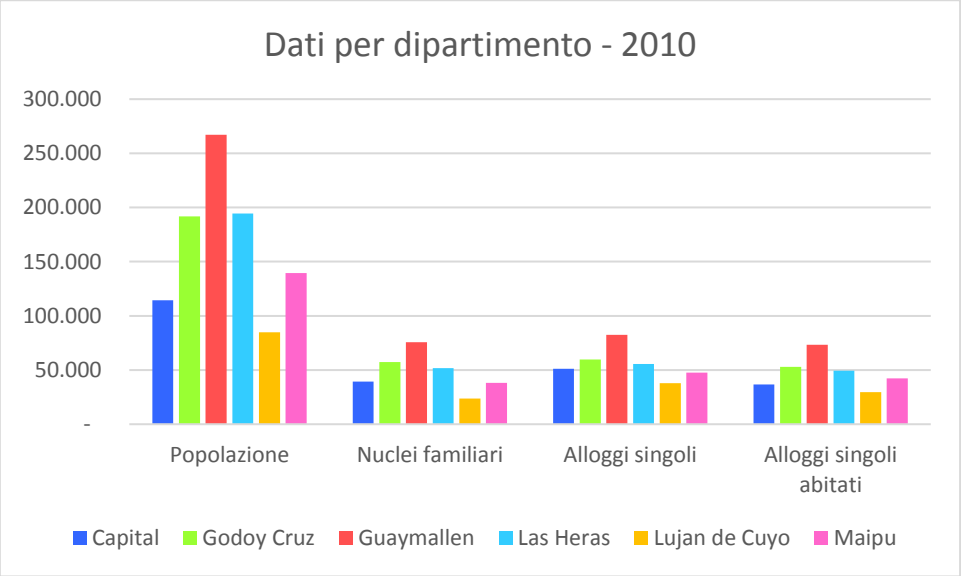


Grafico 17 Informazioni base per dipartimento. Fonte: elaborazione propria con dati INDEC 2010.

Ogni dipartimento è composto da distretti; i distretti non hanno una dimensione individuata dal censimento, è indicato il dipartimento di appartenenza. Le sezioni sono state attribuite al distretto per unione spaziale, tramite software GIS e verificate sulla base dei dipartimenti. Nelle seguenti

immagini sono riportati tutti i distretti come suddivisione dei dipartimenti, ma per le analisi successive saranno considerati solo quelli urbani, che compongono l'Area Metropolitana di Mendoza e di cui sono stati forniti i consumi.

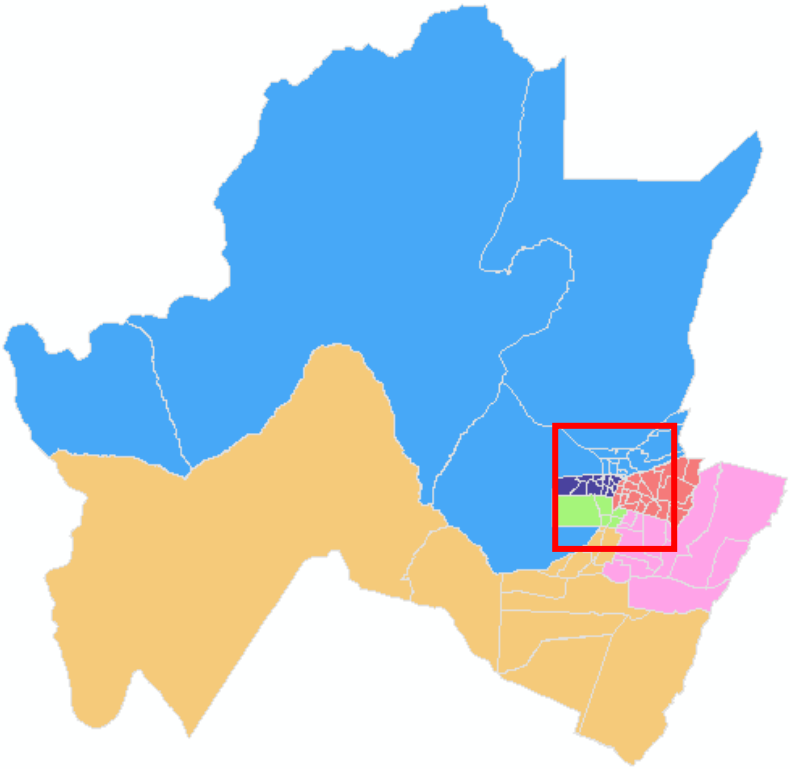


Figura 35 Suddivisione dei dipartimenti in distretti; il riquadro rosso localizza l'area urbana. Fonte: elaborazione propria con dati INDEC 2010.

Come si osserva dalla figura precedente, l'area di lavoro ha una dimensione molto ridotta rispetto alla superficie totale dei dipartimenti. L'area di lavoro comprende 77 distretti e 1148 sezioni; di questi sono da escludere i distretti per i quali ci sono i consumi di gas e le relative sezioni. I motivi possono essere due: i consumi non sono stati forniti dall'azienda o l'area non è coperta dalla rete di distribuzione del gas. La tabella successiva mostra il numero di sezioni e di distretti per ogni dipartimento.

Tabella 20 Dipartimenti con numero di distretti e sezioni. Fonte: elaborazione propria.

Dipartimenti	Num distretti	Num sezic
Godoy Cruz	5	221
Capital	12	174
Guaymallen	20	281
Las Heras	14	196
Lujan de Cuyo	14	129
Maipu	12	147
totale	77	1.148

La figura che segue mostra la sovrapposizione dei tre livelli territoriali rispetto all'area di studio. Le sezioni sono il livello più piccolo a maggiore dettagli, nella mappa sono individuate dal limite in grigio chiaro, mentre i distretti sono identificati dal limite grigio scuro; per le sezioni è possibile capire il dipartimento di appartenenza indicato dal colore.

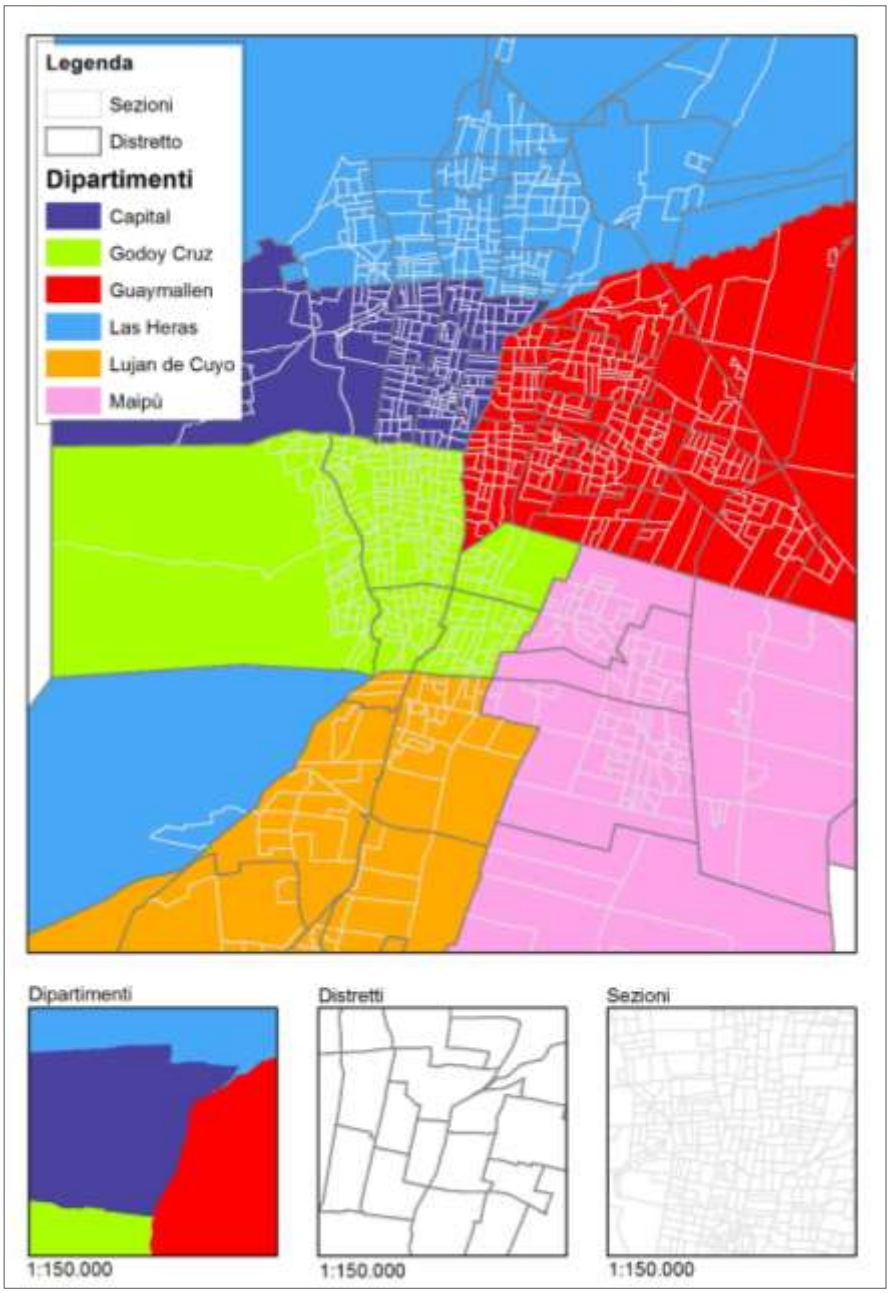


Figura 36 Sovrapposizione delle unità territoriali nell'area di lavoro. Fonte: elaborazione propria con dati INDEC 2010.

3.5 APPLICAZIONE DEL MODELLO PER LA STIMA DEI CONSUMI SPECIFICI DI MENDOZA

3.5.1 Modello top-down

Attraverso il modello top-down si calcola un consumo specifico medio di tutta l'area metropolitana, utile ad avere un ordine di grandezza dei consumi, ma che non permette di fare valutazioni sui consumi internamente all'area di studio. Il dato è calcolato a partire dai consumi globali per tutta l'area metropolitana e dalla superficie residenziale riscaldata (relativa ai consumi). La superficie residenziale dell'area metropolitana di Mendoza riportata nel paragrafo 3.2 non tiene in considerazione del tasso di occupazione e della percentuale di abitazioni connesse alla rete del gas (informazioni per sezione di censimento); al netto di tali quote la superficie riscaldata è 19 460 354 mq. A fronte di un consumo globale di 2 579 729 808 kWh/anno il consumo domestico al mq per l'area metropolitana di Mendoza è 132,56 kWh/mq considerando i consumi dell'anno 2010 (anno del censimento).

Tabella 21 Confronto superficie e volume residenziale e superficie e volume residenziale riscaldato da gas naturale fornito dalla rete di distribuzione.

	Totale residenziale	Totale residenziale riscaldato
Superficie (mq)	6.136.993,85	19.460.354,40
Volume (mc)	1.589.118,09	68.607.708,82

Il consumo specifico è stato normalizzato rispetto alla quota media dei distretti (777 m s.l.m.) e i gradi giorno considerati per la normalizzazione si riferiscono alla stazione meteorologica di MDZ aeroporto – El Plumerillo (1154), alla quale fanno riferimento il maggior numero di distretti. Non è stata considerata la media dei gradi giorno delle tre stazioni di riferimento (1408) perché in fase di verifica i consumi erano approssimati in modo migliore considerando un valore più basso dei gradi giorno. Per ogni anno si considera la stessa superficie riscaldata perché il tasso di incremento è nullo o molto basso e non influente nel calcolo del consumo specifico alla scala dell'area metropolitana.

Tabella 22 Consumo specifico per anno 2010-2015 per la GM. Fonte: Ecogas.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Media
Superficie (mq)	19.460.354	19.460.354	19.460.354	19.460.354	19.460.354	19.460.354	**19.460.354**
Consumi MWh/anno	2.579.730	2.682.454	2.781.808	2.894.681	2.863.659	2.839.118	**2.773.575**
kWh/mq	133	138	143	149	147	146	**143**

Il grafico mostra i consumi per dipartimento e l'andamento negli anni dal 2010 al 2015; sull'asse secondario è riportata la superficie residenziale riscaldata per ogni dipartimento. I consumi sono tendenzialmente in crescita, ad eccezione per le municipalità di Capitale e Godoy Cruz. Confrontando il consumo con la superfici si nota che le municipalità di Las heras, Lujan e Maipù sono le più energivore. Il dato è coerente con la tipologia edilizia presente nei dipartimenti.

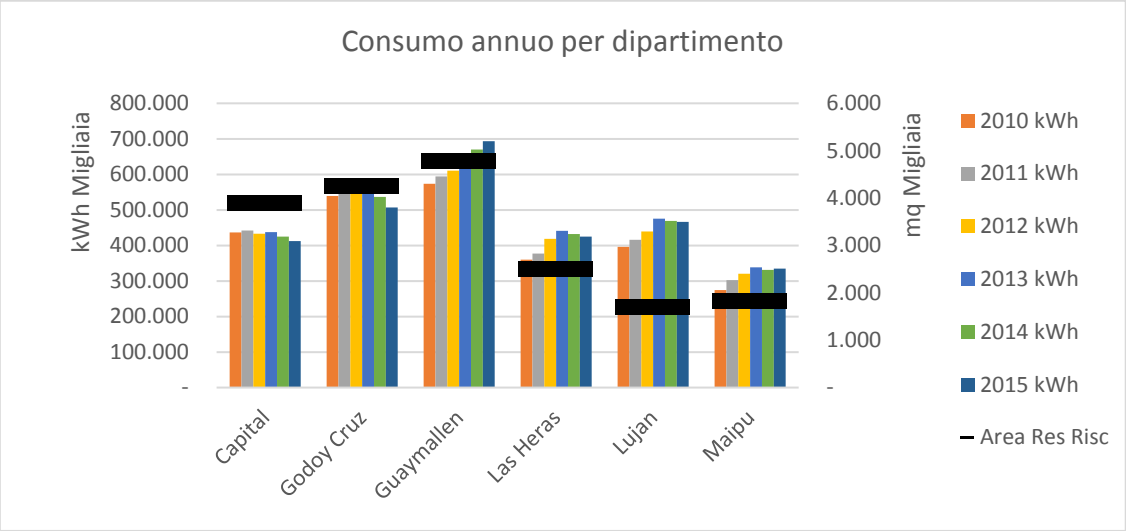


Grafico 18 Consumi per dipartimento e superficie riscaldata 2010-2015. Fonte:Ecogas.

Il grafico mette a confronto il consumo totale della municipalità con il consumo specifico; in coerenza con il grafico e precedente si osserva che per il dipartimento di Lujan si evidenzia un elevato consumo energetico. Per il dipartimento di Guaymallen ha un consumo specifico basso, indice di una dispersione energetica minore.

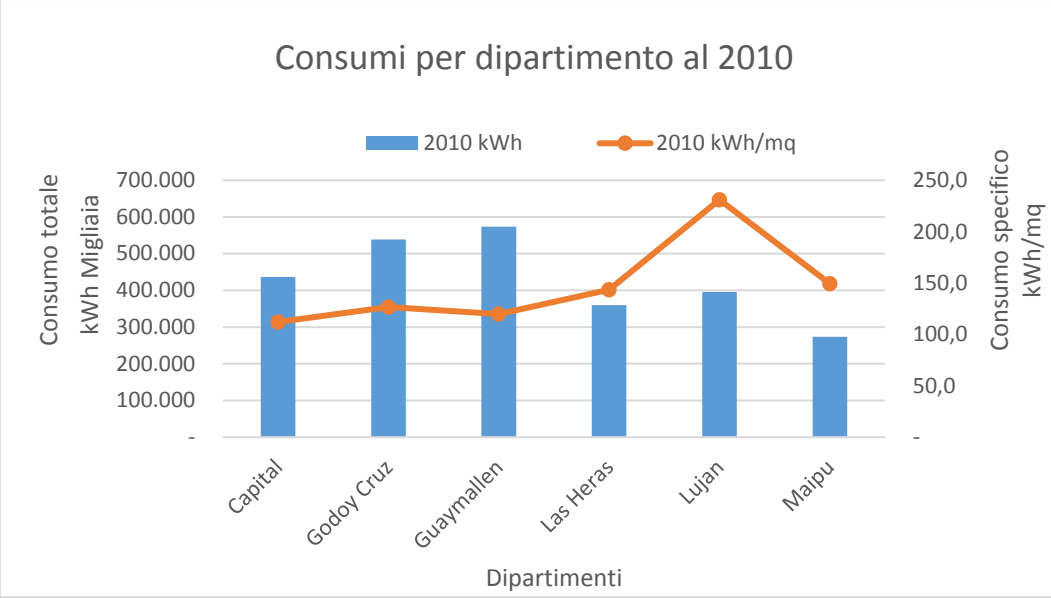


Grafico 19 Confronto tra consumo totale e consumo specifico dei dipartimenti (2010). Fonte: Ecogas.

Nel grafico è riportato il consumo specifico dall'anno 2010 all'anno 2015 per ogni municipalità. I consumi sono compresi mediamente tra 100 kWh/mq/anno e 200 kWh/mq/anno, ad eccezione del dipartimento di Lujan che raggiungono quasi i 260 kWh/mq/anno. Il consumo incrementa maggiormente per i dipartimenti periferici di Maipù, Lujan e Las Heras, mentre rimane pressoché costante, con un leggero decremento dal 2012 per Capital e Godoy Cruz.

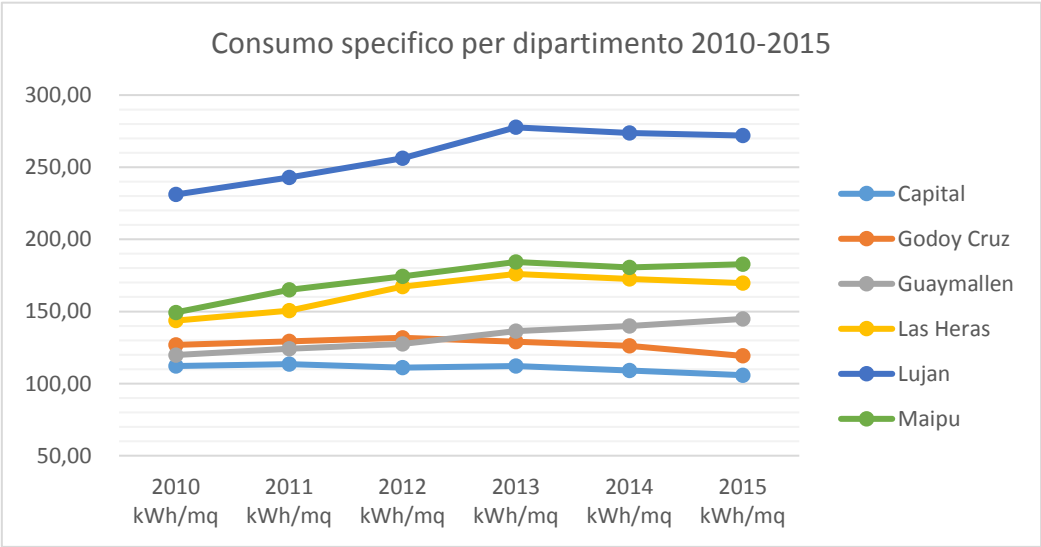


Grafico 20 Consumo specifico per dipartimento (2010-2015). Fonte: Ecogas

Tabella 23 Quota media e consumo specifico per dipartimento.

DIPARTIMENTI	*QUOTA (m slm)*	2010 kwh/mq	2011 kwh/mq	2012 kwh/mq	2013 kwh/mq	2014 kwh/mq	2015 kwh/mq
CAPITAL	*785,71*	112,15	113,48	111,08	112,23	109,10	105,83
GODOY CRUZ	*864,20*	126,72	129,22	131,73	129,08	126,05	119,17
GUAYMALLEN	*726,21*	119,81	124,13	127,56	136,42	139,89	144,80
LAS HERAS	*744,67*	143,64	150,55	167,12	175,99	172,44	169,59
LUJAN	*943,86*	231,07	242,91	256,16	277,63	273,70	272,01
MAIPU	*789,75*	149,33	164,93	174,39	184,29	180,52	182,69

3.5.2 Modello bottom-up

Le classi energetiche sono ottenute in base alle caratteristiche disponibili delle sezioni, cercando di avvicinarsi il più possibile a quelle fornite dalla letteratura. In primo luogo è stata valutata la tipologia prevalente di abitazioni (in condominio o in casa unifamiliare), raggruppamento del fattore di forma; la classe di abitazioni in unifamiliare poi suddivisa in quattro sottoclassi rispetto al fattore di forma della sezione ottenuto come media da quello degli edifici. L'altro dato utilizzato è la qualità dei materiali, dato fornito dal censimento interpretabile come sintesi del grado di rifinitura e del grado di isolamento delle abitazioni; le sezioni sono state riclassificate in base alla prevalenza di abitazioni di buona, media e bassa qualità. Questa informazione è stata integrata con la densità abitativa rispetto alla superficie del gas; per cui si ottengono tre sottoclassi per ciascuna delle classi di qualità, di bassa, media e alta densità. Si ottengono nove gruppi con un numero minimo di sezioni (15) tale da rendere sufficientemente affidabile i valori caratterizzanti la classe energetica; il numero totale delle sezioni è 979. La tabella sottostante riporta le informazioni utilizzate per la classificazione di ogni gruppo energetico e il relativo numero di sezioni.

Tabella 24 Classi energetiche

Classe energetica	Tipologia prevalente	Qualità prevalente	Fattore di forma	Densità abitativa	N° sezioni
A	In condominio	QM1	(S/V)c	D1*	56
B	In unifamiliare	QM1	S/V 1	D1&D2	58
C	In unifamiliare	QM1	S/V2	D1&D2	314
D	In unifamiliare	QM1	S/V3	D1&D2	352
E	In unifamiliare	QM1	S/V4	D1&D2	39
F	In unifamiliare	QM1	S/V3*	D3	19
G	In unifamiliare	QM2	S/V3*	D1&D2	95
H	In unifamiliare	QM2	S/V4*	D3	31
I	In unifamiliare	QM3&4	S/V4*	D1&D2	15

*sottoclasse prevalente

Il maggior numero di sezioni rientra nelle classi C e D. Si deduce quindi che la prevalenza di edifici è di tipo unifamiliare con materiali di buona qualità e una forma, tendenzialmente poco compatta.

La classificazione per densità è servita a raccogliere quei casi particolari per i quali risulta che un alto affollamento della sezione porta a un forte consumo energetico, evidenziando una forte dispersione territoriale degli edifici molto affollati e un basso tasso di occupazione nelle aree morfologicamente più compatte. Si è voluto raggrupparli separatamente perché ritenute eccezioni che avrebbero alterato in modo significativo ma ingiustificato il consumo della classe.

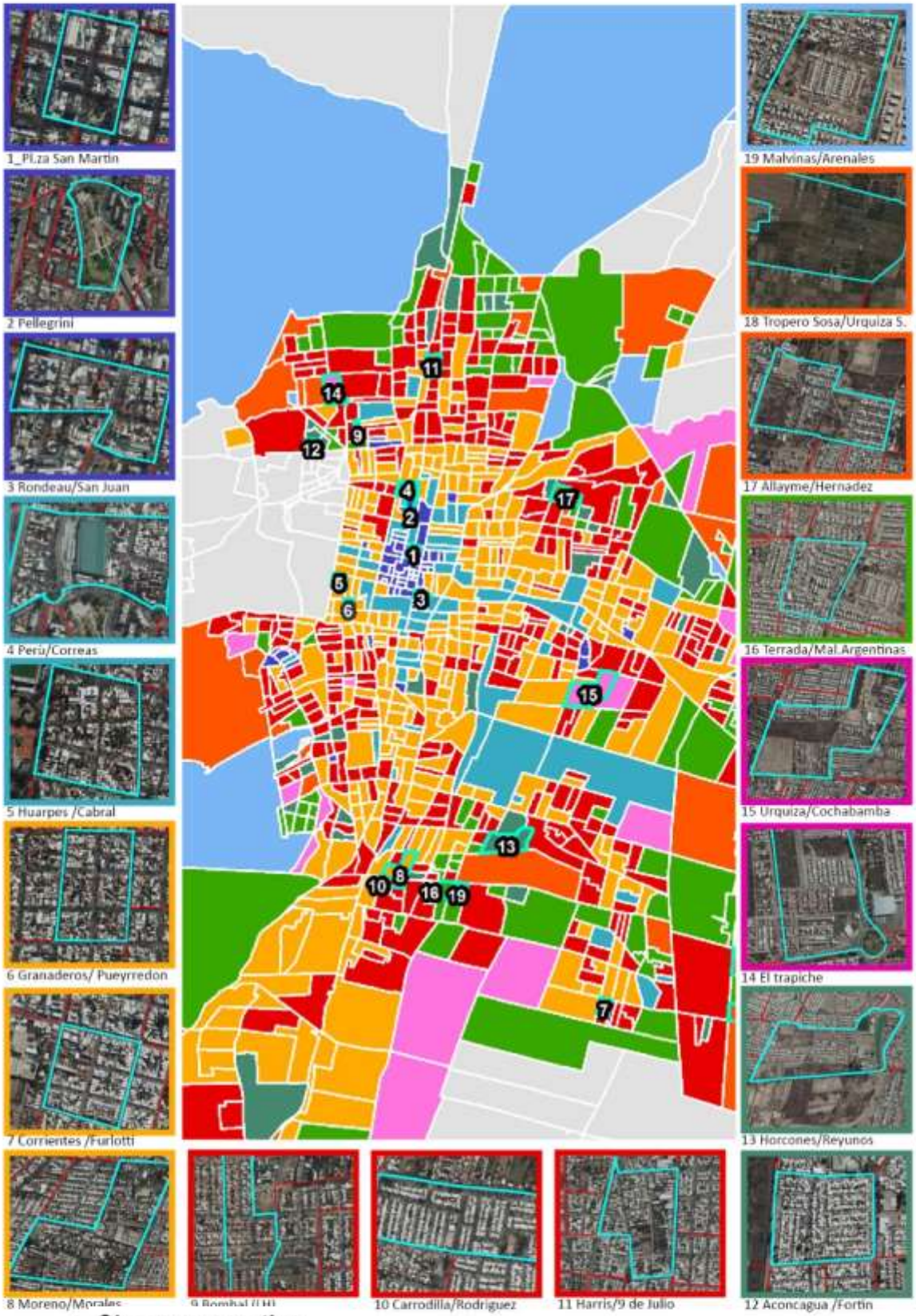
4 ANALISI E RISULTATI

I CONSUMI DI MENDOZA

4.1 CLASSI ENERGETICHE

Dall'analisi svolta sono state individuate nove classi energetiche in base a quattro parametri: la tipologia di edificio residenziale prevalente all'interno della sezione, il fattore di forma, la qualità prevalente dei materiali delle abitazioni e la densità abitativa. Analizzando i dati della

Tabella 25 Riepilogo classi energetichea pagina successiva, le nove classi possono essere divise in due gruppi rispetto alla densità abitativa, in base alla quale variano fortemente anche i consumi. La classi A, B, C, D, E, G sono a bassa densità con valori compresi tra 0.01 e 0.02 ab/mq, mentre le classi F, H, I hanno una densità alta, che varia da 0.03 a 0.05 ab/mq. Dall'analisi di osserva che l'andamento dei consumi ha buona corrispondenza con la densità (ovvero il numero di persone per abitazione); ciò può essere ricondotto a tre spiegazioni. La prima è fa riferimento ai dati che forniscono il consumo di gas distribuito in rete, e non forniscono distinzione tra la quota destinata al riscaldamento e quella destinata alla cucina e alla produzione di acqua calda; sebbene il consumo principale di gas sia quello destinato al riscaldamento, è coerente che in abitazioni più affollate ci sia un maggior consumo di gas per la cucina e per la produzione di acqua calda per l'igiene. La seconda fa riferimento alla posizione delle sezioni appartenenti a tali classi; la densità elevata è infatti, caratteristica delle sezioni periferiche, periurbane e rurali; la tipologia edilizia di queste area è la casa isolata (in termini di superficie disperdente e in termini di densità edilizia), esposta su quattro lati e sufficientemente grande per la convivenza di due famiglie (quindi, un maggiore numero di persone rispetto a un incremento parziale delle superficie - Tabella 2 Caratteristiche generali delle sezioni). Infine la terza ipotesi chiama in causa l'isola di calore urbano; sempre per la posizione periferica in cui sono allocate tali sezioni, è possibile che risentano della non influenza dell'isola di calore e in vista di una temperatura minore necessitano di maggiore riscaldamento. Alla pagina successiva è riportata la tabella riassuntiva con le informazioni per ogni classe energetica e a seguire il commento strutturato secondo i due gruppi sopra indicati.



Classe energetica

- A - 91 kWh/mq
- B - 95 kWh/mq
- C - 115 kWh/mq
- D - 134 kWh/mq
- E - 166 kWh/mq
- F - 473 kWh/mq
- G - 188 kWh/mq
- H - 446 kWh/mq
- I - 341 kWh/mq

A	**SEZIONE 500070116** **Pl.za San Martin**

Caratteristiche generali

Distretto: Primera Seccion
Municipalità: Capital
Altitudine: 754 m s.l.m.
Posizione rispetto AMM: centrale
Tipologia prevalente: condomini con piano terra commerciale
Presenza commerciale in edifici residenziali: si
Zona socialmente svantaggiata: no
Estensione (ha): 8,94 ha
Abitanti: 466
Densità abitativa: 26,40 ab/ha
% unifamiliari/appartamenti: 2%
Presenza del verde: lungo strada e piazza

Sezione – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – elaborazione in software GIS

Caratteristiche della configurazione urbana

N° piani	4
BCR	0.44
BD	3.08
H/W	1.06
Forma isolato (rapporto lati)	1.01
MOS	44.42

Caratteristiche energetiche

Superficie riscaldata (mq)	23.190,50
Densità abitativa (ab/mq)	0,005
Tax occ (%)	86%
S/V	0,5
Abitazioni QM1 (%)	68%
Abitazioni QM2 (%)	32%
Abitazioni QM3&4(%)	0%

Cons. spec. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/mq/anno)	**Cons. tot. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/anno)**
52,95	1.227.938,01
Consumo specifico (kWh/mq/anno)	**Consumo totale (kWh/anno)**
49,82	1.047.420,93

Note: /

A	**SEZIONE 500070104** **Pellegrini**

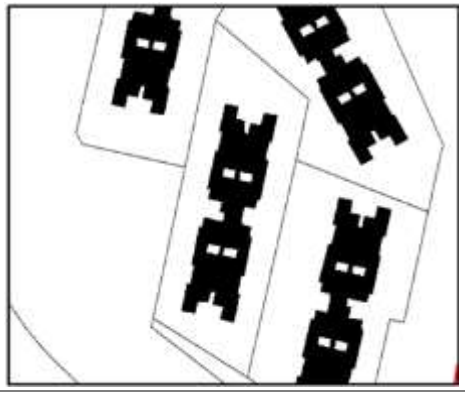
Caratteristiche generali

Distretto: Primera Seccion
Municipalità: Capital
Altitudine: 754 m s.l.m.
Posizione rispetto AMM: Centrale
Tipologia prevalente: Condominio residenziale
Presenza commerciale in edifici residenziali: no
Zona socialmente svantaggiata: no
Estensione (ha): 12,99
Abitanti: 519
Densità abitativa (ab/ha): 22,79
% unifamiliari/appartamenti: 0%
Presenza del verde: Verde privato e parco pubblico

Sezione – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – elaborazione in software GIS



Caratteristiche della configurazione urbana

N° piani	7
BCR	0.03
BD	0.22
H/W	0.06
Forma isolato (rapporto lati)	2.15
MOS	171.33

Caratteristiche energetiche

Superficie riscaldata (mq)	26.129,26
Densità abitativa (ab/mq)	0.009
Tax occ (%)	90%
S/V	0.33
Abitazioni QM1 (%)	87%
Abitazioni QM2 (%)	13%
Abitazioni QM3&4(%)	0%

Cons. spec. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/mq/anno)	**Cons. tot. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/anno)**
103,73	2.710.313,62
Consumo specifico (kWh/mq/anno)	**Consumo totale (kWh/anno)**
97,59	2.051.858,41

Note: /

A	**SEZIONE 500070802** **Rondeau/San Juan**

Caratteristiche generali

Distretto: Segunda Seccion
Municipalità: Capital
Altitudine: 771 m s.l.m.
Posizione rispetto AMM: Centrale
Tipologia prevalente: Casa unifamiliare
Presenza commerciale in edifici residenziali: no
Zona socialmente svantaggiata: no
Estensione (ha): 6.71
Abitanti: 521
Densità abitativa (ab/ha): 77,62
% unifamiliari/appartamenti: 0,47
Presenza del verde: lungo strada

Caratteristiche della configurazione urbana

N° piani	2
BCR	0.5
BD	2.93
H/W	0.54
Forma isolato (rapporto lati)	1.43
MOS	77.19

Caratteristiche energetiche

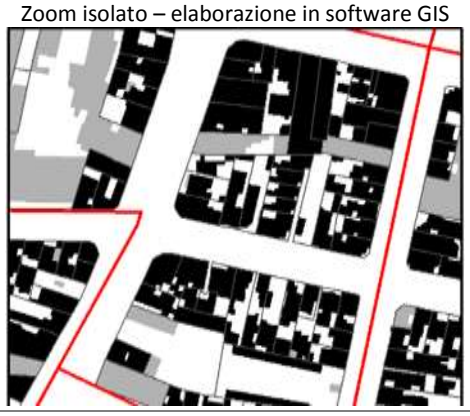
Superficie riscaldata (mq)	27.820,63
Densità abitativa (ab/mq)	0.005
Tax occ (%)	67%
S/V	0.51
Abitazioni QM1 (%)	90%
Abitazioni QM2 (%)	9%
Abitazioni QM3&4(%)	1%

Cons. spec. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/mq/anno)	**Cons. tot. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/anno)**
75,34	2.095.971,01
Consumo specifico (kWh/mq/anno)	**Consumo totale (kWh/anno)**
74,21	1.560.209,68

Sezione – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – elaborazione in software GIS



Note: /

B	**SEZIONE 500070101** **Perù/Correas**

Caratteristiche generali

Distretto: Primera Seccion
Municipalità: Capital
Altitudine: 754 m s.l.m.
Posizione rispetto AMM: Centrale
Tipologia prevalente: Casa unifamiliare
Presenza commerciale in edifici residenziali: no
Zona socialmente svantaggiata: no
Estensione (ha): 14.61
Abitanti: 947
Densità abitativa (ab/ha): 64.84
% unifamiliari/appartamenti: 42%
Presenza del verde: lungo strada

Caratteristiche della configurazione urbana

N° piani	3
BCR	0.27
BD	1.15
H/W	0.32
Forma isolato (rapporto lati)	1.13
MOS	51.15

Caratteristiche energetiche

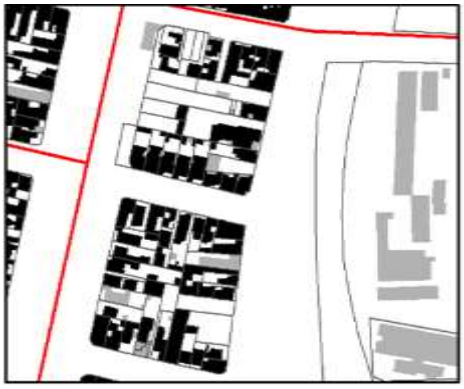
Superficie riscaldata (mq)	36,005.39
Densità abitativa (ab/mq)	0,009
Tax occ (%)	93%
S/V	0.6
Abitazioni QM1 (%)	90%
Abitazioni QM2 (%)	8%
Abitazioni QM3&4(%)	2%

Cons. spec. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/mq/anno)	**Cons. tot. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/anno)**
101,70	3.661.689,02
Consumo specifico (kWh/mq/anno)	**Consumo totale (kWh/anno)**
88,88	3.200.309,76

Sezione – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – elaborazione in software GIS



Note: /

B	**SEZIONE 500070901** **Huarpes /Cabral**

Caratteristiche generali

Distretto: Quinta Seccion
Municipalità: Capital
Altitudine: 788m s.l.m.
Posizione rispetto AMM: Centrale
Tipologia prevalente: Casa unifamiliare
Presenza commerciale in edifici residenziali: no
Zona socialmente svantaggiata: no
Estensione (ha): 12.11
Abitanti: 579
Densità abitativa (ab/ha): 47,81
% unifamiliari/appartamenti: 70%
Presenza del verde: lungo strada

Caratteristiche della configurazione urbana

N° piani	2
BCR	0.38
BD	1.76
H/W	0.46
Forma isolato (rapporto lati)	1.58
MOS	98.52

Caratteristiche energetiche

Superficie riscaldata (mq)	36.933,35
Densità abitativa (ab/mq)	0,006
Tax occ (%)	87%
S/V	0.63
Abitazioni QM1 (%)	92%
Abitazioni QM2 (%)	7%
Abitazioni QM3&4(%)	1%

Cons. spec. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/mq/anno)	**Cons. tot. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/anno)**
92,04	3.399.216,30
Consumo specifico (kWh/mq/anno)	**Consumo totale (kWh/anno)**
97,22	3.590.787,80

Sezione – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – elaborazione in software GIS

Note: shapefile catastale non aggiornato, mancano edifici di cui si è stimata al superficie per il calcolo del consumo, prendendo in considerazione il numero di abitazioni unifamiliari indicato nel censimento.

C	**SEZIONE 500070906** **Granaderos/ Pueyrredon**

Caratteristiche generali

Distretto: Quinta Seccion
Municipalità: Capital
Altitudine: 754 m s.l.m.
Posizione rispetto AMM: Centrale
Tipologia prevalente: Casa Unifamiliare
Presenza commerciale in edifici residenziali: no
Zona socialmente svantaggiata: no
Estensione (ha): 9.65
Abitanti: 672
Densità abitativa (ab/ha): 69,61
% unifamiliari/appartamenti: 0,59
Presenza del verde: lungo strada e pertinenze private

Caratteristiche della configurazione urbana

N° piani	2
BCR	0.41
BD	1.65
H/W	0.42
Forma isolato (rapporto lati)	1.15
MOS	30.66

Caratteristiche energetiche

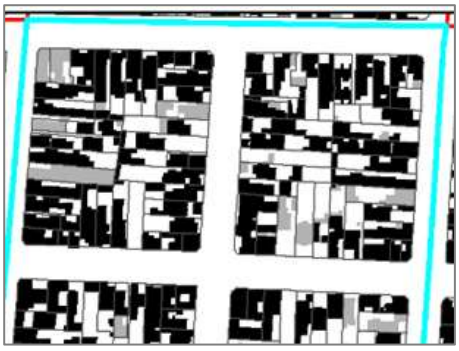
Superficie riscaldata (mq)	35.979,76
Densità abitativa (ab/mq)	0,007
Tax occ (%)	88%
S/V	0.7
Abitazioni QM1 (%)	93%
Abitazioni QM2 (%)	7%
Abitazioni QM3&4(%)	0%

Cons. spec. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/mq/anno)	**Cons. tot. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/anno)**
117,98	4.245.030,69
Consumo specifico (kWh/mq/anno)	**Consumo totale (kWh/anno)**
118,77	4.273.149,98

Sezione – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – elaborazione in software GIS



Note: /

C	**SEZIONE 500700711** Corrientes /Furlotti

Caratteristiche generali

Distretto: Maipù
Municipalità: Maipù
Altitudine: 818 m s.l.m.
Posizione rispetto AMM: Periferica
Tipologia prevalente: Casa unifamiliare
Presenza commerciale in edifici residenziali: no
Zona socialmente svantaggiata: no
Estensione (ha): 11.41
Abitanti: 832
Densità abitativa (ab/ha): 72,92
% unifamiliari/appartamenti: 86%
Presenza del verde: lungo strada

Caratteristiche della configurazione urbana

N° piani	2
BCR	0.32
BD	1.12
H/W	0.25
Forma isolato (rapporto lati)	1.53
MOS	63.9

Caratteristiche energetiche

Superficie riscaldata (mq)	26.336,83
Densità abitativa (ab/mq)	0,010
Tax occ (%)	91%
S/V	0.69
Abitazioni QM1 (%)	76%
Abitazioni QM2 (%)	21%
Abitazioni QM3&4(%)	3%

Cons. spec. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/mq/anno)	**Cons. tot. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/anno)**
109,84	2.892.844,92
Consumo specifico (kWh/mq/anno)	**Consumo totale (kWh/anno)**
127,77	3.364.978,57

Sezione – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – elaborazione in software GIS

Note: shapefile catastale non aggiornato, mancano edifici di cui si è stimata al superficie per il calcolo del consumo, prendendo in considerazione il numero di abitazioni unifamiliari indicato nel censimento.

C	**SEZIONE 500211209** **Moreno/Morales**

Caratteristiche generali

Distretto: Las Tortugas
Municipalità: Godoy Cruz
Altitudine: 834 m s.l.m.
Posizione rispetto AMM: periferica
Tipologia prevalente: Casa unifamiliare
Presenza commerciale in edifici residenziali: no
Zona socialmente svantaggiata: no
Estensione (ha): 30.27
Abitanti: 941
Densità abitativa (ab/ha): 31,08
% unifamiliari/appartamenti: 91%
Presenza del verde: lungo strada

Caratteristiche della configurazione urbana

N° piani	1
BCR	0.15
BD	0.45
H/W	0.12
Forma isolato (rapporto lati)	2.7
MOS	97.39

Caratteristiche energetiche

Superficie riscaldata (mq)	18.504,63
Densità abitativa (ab/mq)	0,013
Tax occ (%)	94%
S/V	0.69
Abitazioni QM1 (%)	56%
Abitazioni QM2 (%)	39%
Abitazioni QM3&4(%)	4%

Cons. spec. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/mq/anno)	**Cons. tot. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/anno)**
115,99	2.146.315,29
Consumo specifico (kWh/mq/anno)	**Consumo totale (kWh/anno)**
132,55	2.452.748,32

Sezione – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – elaborazione in software GIS

Note: shapefile catastale non aggiornato, mancano edifici di cui si è stimata al superficie per il calcolo del consumo, prendendo in considerazione il numero di abitazioni unifamiliari indicato nel censimento.

D	**SEZIONE 500491211** Bombal (LH)

Caratteristiche generali

Distretto: La Cieneguita
Municipalità: Las Heras
Altitudine:745 m s.l.m.
Posizione rispetto AMM: periferica
Tipologia prevalente: Casa unifamiliare
Presenza commerciale in edifici residenziali: no
Zona socialmente svantaggiata: no
Estensione (ha): 7.00
Abitanti: 591
Densità abitativa (ab/ha): 84,44
% unifamiliari/appartamenti: 100%
Presenza del verde: lungo strada

Caratteristiche della configurazione urbana

N° piani	1
BCR	0.27
BD	0.83
H/W	0.17
Forma isolato (rapporto lati)	3.19
Orientamento	131.05

Caratteristiche energetiche

Superficie riscaldata (mq)	14.617,98
Densità abitativa (ab/mq)	0,012
Tax occ (%)	95%
S/V	0.76
Abitazioni QM1 (%)	86%
Abitazioni QM2 (%)	13%
Abitazioni QM3&4(%)	1%

Cons. spec. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/mq/anno)	**Cons. tot. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/anno)**
140,52	2.054.167,86
Consumo specifico (kWh/mq/anno)	**Consumo totale (kWh/anno)**
129,01	2.712.539,72

Sezione – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – elaborazione in software GIS

Note: /

D	**SEZIONE 500630804** Carrodilla/Rodriguez

Caratteristiche generali

Distretto: Carrodilla
Municipalità: Lujan de Cuyo
Altitudine: 711 m s.l.m.
Posizione rispetto AMM: Periferico
Tipologia prevalente: Casa unifamiliare
Presenza commerciale in edifici residenziali: no
Zona socialmente svantaggiata: si
Estensione (ha): 13.59
Abitanti: 1226
Densità abitativa (ab/ha): 90,25
% unifamiliari/appartamenti: 99%
Presenza del verde: lungo strada e piazza

Caratteristiche della configurazione urbana

N° piani	1
BCR	0.31
BD	0.93
H/W	0.23
Forma isolato (rapporto lati)	2.92
MOS	45.83

Caratteristiche energetiche

Superficie riscaldata (mq)	28.644,56
Densità abitativa (ab/mq)	0,013
Tax occ (%)	96%
S/V	0.76
Abitazioni QM1 (%)	67%
Abitazioni QM2 (%)	29%
Abitazioni QM3&4(%)	4%

Cons. spec. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/mq/anno)	**Cons. tot. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/anno)**
134,24	3.845.269,28
Consumo specifico (kWh/mq/anno)	**Consumo totale (kWh/anno)**
168,79	3.548.890,46

Sezione – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – elaborazione in software GIS

Note: /

D	**SEZIONE 500490712** Harris/9 de Julio

Caratteristiche generali

Distretto: Ciudad (LH)
Municipalità: Las Heras
Altitudine: 725 m s.l.m.
Posizione rispetto AMM: periferica
Tipologia prevalente: Casa unifamiliare
Presenza commerciale in edifici residenziali: no
Zona socialmente svantaggiata: si
Estensione (ha): 18.09
Abitanti: 904
Densità abitativa (ab/ha): 49,98
% unifamiliari/appartamenti: 88%
Presenza del verde: lungo strada

Caratteristiche della configurazione urbana

N° piani	1
BCR	0.22
BD	0.69
H/W	0.18
Forma isolato (rapporto lati)	2.05
MOS	12.43

Caratteristiche energetiche

Superficie riscaldata (mq)	18.644,57
Densità abitativa (ab/mq)	0,011
Tax occ (%)	84%
S/V	0.75
Abitazioni QM1 (%)	75%
Abitazioni QM2 (%)	22%
Abitazioni QM3&4(%)	4%

Cons. spec. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/mq/anno)	**Cons. tot. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/anno)**
137,09	2.556.023,56
Consumo specifico (kWh/mq/anno)	**Consumo totale (kWh/anno)**
118,66	2.494.846,02

Sezione – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – elaborazione in software GIS

Note: shapefile catastale non aggiornato, mancano edifici di cui si è stimata al superficie per il calcolo del consumo, prendendo in considerazione il numero di abitazioni unifamiliari indicato nel censimento.

E	**SEZIONE 500491117** **Aconcagua /Fortin**

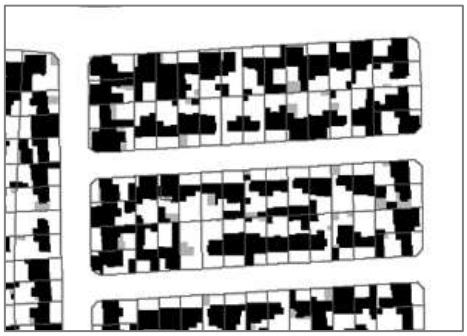
Caratteristiche generali

Distretto: El Challao
Municipalità: Las Heras
Altitudine: 855m s.l.m.
Posizione rispetto AMM: periferica
Tipologia prevalente: Casa unifamiliare
Presenza commerciale in edifici residenziali: no
Zona socialmente svantaggiata: no
Estensione (ha): 10.66
Abitanti: 1478
Densità abitativa (ab/ha): 138,6
% unifamiliari/appartamenti: 98%
Presenza del verde: lungo strada

Sezione – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – elaborazione in software GIS



Caratteristiche della configurazione urbana

N° piani	1
BCR	0.3
BD	0.89
H/W	0.24
Forma isolato (rapporto lati)	3.97
MOS	83.25

Caratteristiche energetiche

Superficie riscaldata (mq)	18.970,26
Densità abitativa (ab/mq)	0,016
Tax occ (%)	97%
S/V	0.84
Abitazioni QM1 (%)	58%
Abitazioni QM2 (%)	40%
Abitazioni QM3&4(%)	2%

Cons. spec. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/mq/anno)	**Cons. tot. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/anno)**
157,44	2.986.764,36
Consumo specifico (kWh/mq/anno)	**Consumo totale (kWh/anno)**
189,45	3.983.189,21

Note: /

E	**SEZIONE 500700502** **Lag.Horcones/Emb.Los Reyunos**

Caratteristiche generali

Distretto: Luzuriaga
Municipalità: Maipù
Altitudine: 788 m s.l.m.
Posizione rispetto AMM: Periferica
Tipologia prevalente: Casa unifamiliare
Presenza commerciale in edifici residenziali: no
Zona socialmente svantaggiata: no
Estensione (ha): 526602,73
Abitanti: 1184
Densità abitativa (ab/ha): 22,48
% unifamiliari/appartamenti: 99%
Presenza del verde: lungo strada e parco pubblico

Caratteristiche della configurazione urbana

N° piani	1
BCR	0.04
BD	0.13
H/W	0.13
Forma isolato (rapporto lati)	3.67
MOS	85.37

Caratteristiche energetiche

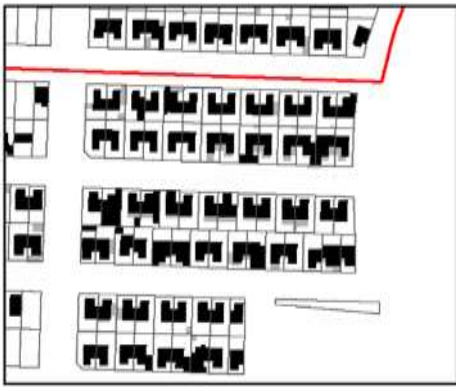
Superficie riscaldata (mq)	15.699,26
Densità abitativa (ab/mq)	0,018
Tax occ (%)	96%
S/V	0.8
Abitazioni QM1 (%)	60%
Abitazioni QM2 (%)	39%
Abitazioni QM3&4(%)	2%

Cons. spec. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/mq/anno)	**Cons. tot. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/anno)**
169,49	2.660.897,51
Consumo specifico (kWh/mq/anno)	**Consumo totale (kWh/anno)**
174,42	3.667.335,53

Sezione – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – elaborazione in software GIS



Note: /

F	**SEZIONE 500491410** **El trapiche**

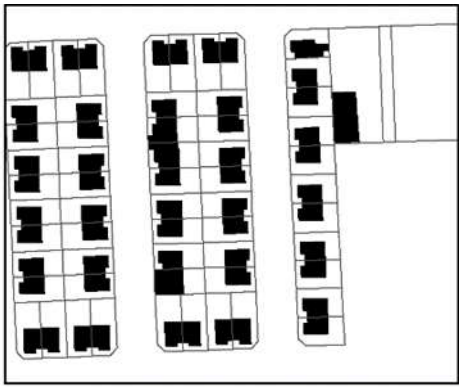
Caratteristiche generali

Distretto: El Challao
Municipalità: Las Heras
Altitudine: 855 m s.l.m.
Posizione rispetto AMM: Periferica
Tipologia prevalente: Casa unifamiliare
Presenza commerciale in edifici residenziali: no
Zona socialmente svantaggiata: si
Estensione (ha): 32.57
Abitanti: 1306
Densità abitativa (ab/ha): 40,1
% unifamiliari/appartamenti: 99%
Presenza del verde: rado lungo strada e verde incolto

Sezione – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – elaborazione in software GIS



Caratteristiche della configurazione urbana

N° piani	1
BCR	0.04
BD	0.011
H/W	0.09
Forma isolato (rapporto lati)	2.39
MOS	119.1

Caratteristiche energetiche

Superficie riscaldata (mq)	5.215,01
Densità abitativa (ab/mq)	0,050
Tax occ (%)	91%
S/V	0.7
Abitazioni QM1 (%)	85%
Abitazioni QM2 (%)	14%
Abitazioni QM3&4(%)	1%

Cons. spec. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/mq/anno)	**Cons. tot. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/anno)**
486,35	2.536.301,54
Consumo specifico (kWh/mq/anno)	**Consumo totale (kWh/anno)**
585,20	12.304.068,37

Note: shapefile catastale non aggiornato, mancano edifici di cui si è stimata al superficie per il calcolo del consumo, prendendo in considerazione il numero di abitazioni unifamiliari indicato nel censimento.

F	**SEZIONE 500280711** **Urquiza/Cochabamba**

Caratteristiche generali

Distretto: San Francisco del Monte (Gy)
Municipalità: Guaymallen
Altitudine: 759 m s.l.m.
Posizione rispetto AMM: periferica
Tipologia prevalente: Casa unifamiliare
Presenza commerciale in edifici residenziali: no
Zona socialmente svantaggiata: no
Estensione (ha): 62.69
Abitanti: 850
Densità abitativa (ab/ha): 13,56
% unifamiliari/appartamenti: 67%
Presenza del verde: lungo strada, verde pubblico e terreni

Sezione – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – elaborazione in software GIS

Caratteristiche della configurazione urbana

N° piani	1
BCR	0.02
BD	0.07
H/W	0.09
Forma isolato (rapporto lati)	3.22
MOS	45.97

Caratteristiche energetiche

Superficie riscaldata (mq)	7.872,33
Densità abitativa (ab/mq)	0,032
Tax occ (%)	82%
S/V	0.72
Abitazioni QM1 (%)	76%
Abitazioni QM2 (%)	21%
Abitazioni QM3&4(%)	3%

Cons. spec. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/mq/anno)	**Cons. tot. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/anno)**
471,55	3.712.182,83
Consumo specifico (kWh/mq/anno)	**Consumo totale (kWh/anno)**
449,77	9.456.535,73

Note: shapefile catastale non aggiornato, mancano edifici di cui si è stimata al superficie per il calcolo del consumo, prendendo in considerazione il numero di abitazioni unifamiliari indicato nel censimento.

G	**SEZIONE 500631104** Terrada/Mal.Argentinas

Caratteristiche generali

Distretto: Carrodilla
Municipalità: Lujan de Cuyo
Altitudine: 876 m s.l.m.
Posizione rispetto AMM: periferica
Tipologia prevalente: Casa unifamiliare
Presenza commerciale in edifici residenziali: no
Zona socialmente svantaggiata: si
Estensione (ha): 13.84
Abitanti: 1293
Densità abitativa (ab/ha): 93,45
% unifamiliari/appartamenti: 83%
Presenza del verde: lungo strada e pertinenze privare

Caratteristiche della configurazione urbana

N° piani	1
BCR	0.18
BD	0.71
H/W	0.27
Forma isolato (rapporto lati)	3.41
MOS	63.22

Caratteristiche energetiche

Superficie riscaldata (mq)	13.749,74
Densità abitativa (ab/mq)	0,019
Tax occ (%)	78%
S/V	0.78
Abitazioni QM1 (%)	38%
Abitazioni QM2 (%)	57%
Abitazioni QM3&4(%)	6%

Cons. spec. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/mq/anno)	**Cons. tot. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/anno)**
197,23	2.711.815,25
Consumo specifico (kWh/mq/anno)	**Consumo totale (kWh/anno)**
247,99	5.214.029,63

Sezione – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – elaborazione in software GIS

Note:/

H	**SEZIONE 500280413** Allayme/Hernadez

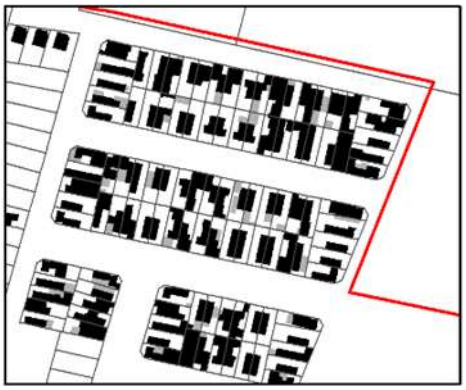
Caratteristiche generali

Distretto: Bermejo
Municipalità: Guaymmalen
Altitudine: 696m s.l.m.
Posizione rispetto AMM: Periferico
Tipologia prevalente: Casa unifamiliare
Presenza commerciale in edifici residenziali: no
Zona socialmente svantaggiata: si
Estensione (ha): 25.23
Abitanti: 1728
Densità abitativa (ab/ha): 68,49
% unifamiliari/appartamenti: 98%
Presenza del verde: lungo strada e pertinenze private

Sezione – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – elaborazione in software GIS



Caratteristiche della configurazione urbana

N° piani	1
BCR	0.06
BD	0.18
H/W	0.2
Forma isolato (rapporto lati)	3.44
MOS	86.22

Caratteristiche energetiche

Superficie riscaldata (mq)	6.117,02
Densità abitativa (ab/mq)	0,037
Tax occ (%)	97%
S/V	0.81
Abitazioni QM1 (%)	36%
Abitazioni QM2 (%)	53%
Abitazioni QM3&4(%)	11%

Cons. spec. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/mq/anno)	**Cons. tot. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/anno)**
421,40	2.577.686,49
Consumo specifico (kWh/mq/anno)	**Consumo totale (kWh/anno)**
333,01	7.001.633,48

Note: shapefile catastale non aggiornato, mancano edifici di cui si è stimata al superficie per il calcolo del consumo, prendendo in considerazione il numero di abitazioni unifamiliari indicato nel censimento.

H	**SEZIONE 500700410** **Tropero Sosa/Urquiza S.**

Caratteristiche generali

Distretto: Coquimbito
Municipalità: Maipù
Altitudine: 756 m s.l.m.
Posizione rispetto AMM: Rurale
Tipologia prevalente: Ranch
Presenza commerciale in edifici residenziali: no
Zona socialmente svantaggiata: si
Estensione (ha): 458.71
Abitanti: 457
Densità abitativa (ab/ha): 0,99
% unifamiliari/appartamenti: 100%
Presenza del verde: Terreni coltivati

Caratteristiche della configurazione urbana

N° piani	1
BCR	0
BD	0
H/W	0.04
Forma isolato (rapporto lati)	1.99
MOS	99

Caratteristiche energetiche

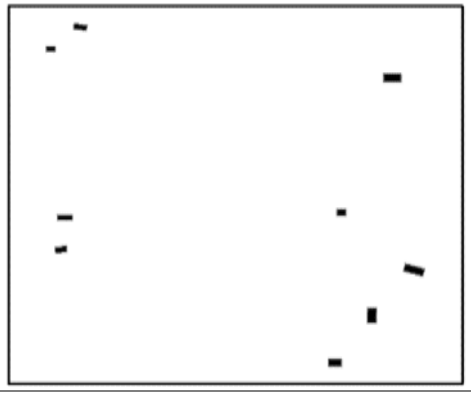
Superficie riscaldata (mq)	390,87
Densità abitativa (ab/mq)	0,041
Tax occ (%)	96%
S/V	0.76
Abitazioni QM1 (%)	26%
Abitazioni QM2 (%)	50%
Abitazioni QM3&4(%)	24%

Cons. spec. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/mq/anno)	**Cons. tot. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/anno)**
449,81	175.816,77
Consumo specifico (kWh/mq/anno)	**Consumo totale (kWh/anno)**
425,13	8.938.467,52

Sezione – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – elaborazione in software GIS



Note: shapefile catastale non aggiornato, mancano edifici di cui si è stimata al superficie per il calcolo del consumo, prendendo in considerazione il numero di abitazioni unifamiliari indicato nel censimento.

I	**SEZIONE 500631105** Malvinas/Arenales

Caratteristiche generali

Distretto: Maipù
Municipalità: Maipù
Altitudine: 818 m s.l.m.
Posizione rispetto AMM: periferica
Tipologia prevalente: Casa unifamiliare
Presenza commerciale in edifici residenziali: no
Zona socialmente svantaggiata: no
Estensione (ha): 14.13
Abitanti: 1548
Densità abitativa (ab/ha): 109,6
% unifamiliari/appartamenti: 100%
Presenza del verde: lungo strada

Caratteristiche della configurazione urbana

N° piani	1
BCR	0.05
BD	0.15
H/W	0.09
Forma isolato (rapporto lati)	5.44
MOS	105.2

Caratteristiche energetiche

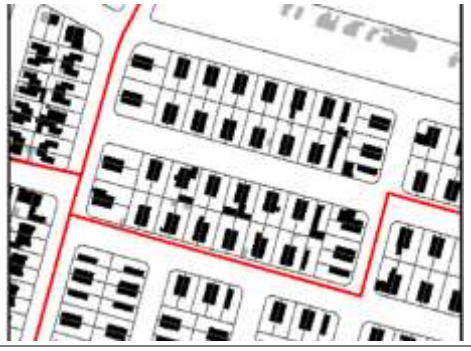
Superficie riscaldata (mq)	4.641,67
Densità abitativa (ab/mq)	0,028
Tax occ (%)	99%
S/V	0.78
Abitazioni QM1 (%)	35%
Abitazioni QM2 (%)	25%
Abitazioni QM3&4(%)	40%

Cons. spec. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/mq/anno)	**Cons. tot. normalizzato rispetto a quota 777 m (kWh/anno)**
340,72	1.581.524,14
Consumo specifico (kWh/mq/anno)	**Consumo totale (kWh/anno)**
353,14	7.424.911,74

Sezione – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – estratto da mappa satellitare

Zoom isolato – elaborazione in software GIS



Note: shapefile catastale non aggiornato, mancano edifici di cui si è stimata al superficie per il calcolo del consumo, prendendo in considerazione il numero di abitazioni unifamiliari indicato nel censimento.

Tabella 25 Riepilogo classi energetiche

Classe energetica		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Tipologia prevalente		Cond	Unif	Unif	Unif	Unif	Unif	Unif	Unif	Unif
Fattore di forma		0,59	0,59	0,70	0,75	0,83	0,76	0,79	0,79	0,87
Qualità dei Materiali	1	85%	81%	75%	68%	63%	59%	35%	30%	18%
	2	14%	16%	19%	26%	33%	32%	53%	53%	28%
	3&4	1%	3%	5%	6%	7%	9%	12%	17%	53%
Densità abitativa rispetto al gas (ab/mq)		0,008	0,009	0,010	0,013	0,016	0,047	0,019	0,047	0,029
Numero di sezioni		56	58	314	352	39	19	95	31	15
Consumo medio (kWh/mq)		**91,09**	**94,47**	**115,41**	**133,90**	**165,81**	**472,54**	**187,93**	**446,21**	**363,50**
Deviazione standard (kWh/mq)		45,62	31,21	40,40	47,15	52,43	148,45	60,75	114,71	167,84
Media +/- dev.st (kWh/mq)	-	45,47	63,26	75,01	86,75	113,38	324,10	127,18	331,50	195,67
	+	1,71	125,69	155,80	181,06	218,23	620,99	248,67	560,93	531,34
Mediana (kWh/mq)		77,98	88,68	107,93	123,59	157,40	471,55	169,74	442,45	365,81
0 quartile - min (kWh/mq)		32,58	50,68	44,84	63,65	77,72	220,06	78,56	271,29	115,21
1 quartile (kWh/mq)		59,10	75,00	89,04	102,87	125,84	353,02	145,43	359,48	280,48
3 quartile (kWh/mq)		107,43	105,26	128,15	149,36	198,91	576,68	215,67	541,49	451,17
4 quartile - max (kWh/mq)		257,70	194,86	321,41	337,81	297,32	761,80	400,61	674,41	699,30

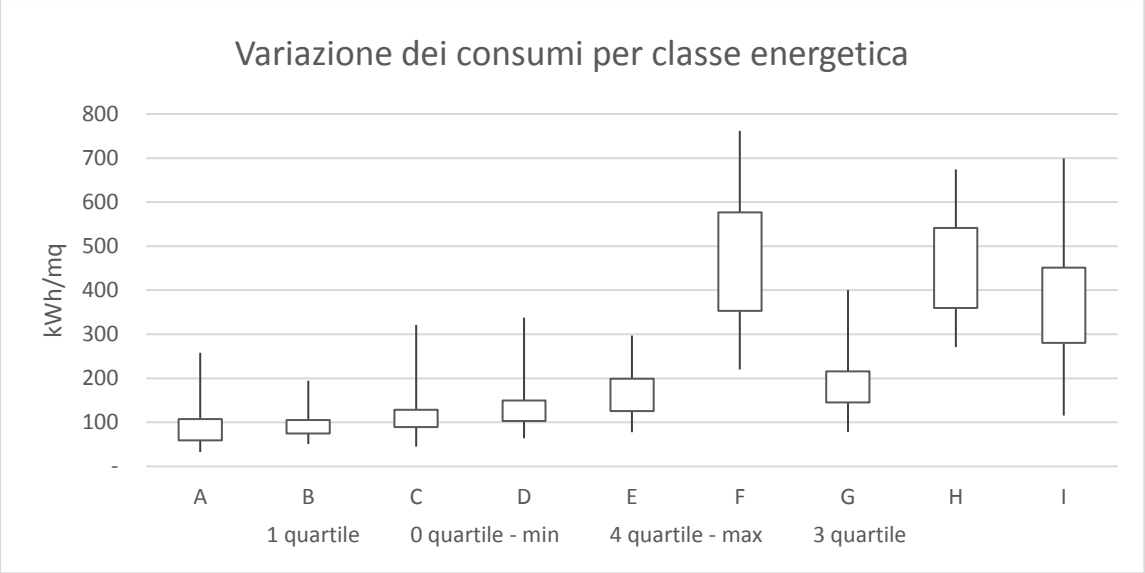


Grafico 21 Variazione dei consumi per ogni classe energetica; in ordine sono indicati minimo, primo quartile, terzo quartile, massimo. Fonte: elaborazione propria.

All'interno del primo gruppo (A, B, C, D, E, G) i consumi risultano molto coerenti con le informazioni di ogni classe. Hanno un andamento crescente, compreso tra 91 kWh/mq e 188 kWh/mq; la deviazione standard è contenuta rispetto al secondo gruppo e quindi la variazione dei dati maggiormente concentrati attorno alla media è indice di valori medi di consumo più affidabili. Analizzando le caratteristiche delle classi si osserva che il consumo è strettamente correlato alla qualità dai materiali presenti nell'abitazione, infatti il consumo è minore per quelle classi che hanno un numero di abitazioni con qualità dei materiali buona (QM1) e cresce nelle classi dove aumenta in percentuale il numero di abitazioni con materiali di bassa qualità. L'andamento crescente dei consumi è coerente anche con il fattore di forma di ciascuna classe; si osservano però due punti critici. La classe E ha un fattore di forma maggiore (0.83) rispetto alla classe G (0.79) che ha un consumo maggiore; questa discrepanza può essere spiegata se si considera nuovamente la qualità dei materiali, ad esempio QM1. La percentuale del gruppo G è nettamente inferiore a quella del gruppo E, anzi il numero di abitazioni con qualità di materiali buona è inferiore alla metà delle abitazioni presenti. Questo elemento rafforza la correlazione tra i consumi e la qualità dei materiali. Per le classi A e B il fattore di forma ha lo stesso valore medio, ma i consumi risultano leggermente diversi, a sottolineare la tipologia prevalente di edificio che per la classe A è il condominio, mentre per la classe B è la casa unifamiliare. La differenza di consumo in relazione alla tipologia di edificio residenziale prevalente nelle due classi suddette è scandita maggiormente dai valori delle mediane che sono 78 kWh/mq e 89 kWh/mq, rispettivamente per le classi A e B.

I consumi del secondo gruppo sono nettamente maggiori e variano tra i 364 kWh/mq e 473 kWh/mq. A queste tre classi appartiene un numero di sezioni limitato, il 7% sul totale delle sezioni considerate fornite da gas in rete. Come accennato, la deviazione standard di queste classi denota un forte variabilità dei valori all'interno della classe. Si tratta di sezioni in cui la tipologia prevalente, o meglio la unica presente è quella unifamiliare, con fattore di forma maggiore di 0.76. Questo elemento tuttavia non risulta essere determinante in quanto i consumi delle classi hanno un trend

opposto rispetto a quello del consumo. L'unica caratteristica determinante per questo gruppo risulta essere la densità abitativa, che ha lo stesso andamento dei consumi. In generale le tre classi hanno una percentuale elevata di abitazioni con qualità dei materiali discreta (QM2), tra il 30% e il 50%; mentre la classe F si distingue per la prevalenza di abitazioni con materiali di qualità alta (59%), la classe I ha un prevalenza di abitazioni con materiali di qualità 3 (53%).

Il grafico mostra la distribuzione dei dati di consumo per classi; nella rappresentazione i dati sono suddivisi in quartili rispetto al valore mediano. Come accennato sopra rispetto alla deviazione standard, si osserva come per la classi A-E e G (1° gruppo per densità) i valori siano concentrati attorno al valore mediano, in particolare modo per la classe B, mentre per il secondo gruppo di classi F, H e I, i valori siano maggiormente distribuiti; tra queste la classe I risulta la più disomogenea, con valori compresi tra 100 e 700 kWh/mq. Infine è evidente come i valori mediani (corrispondenti alla metà di ogni rettangolo), cosi come quelli medi, siano nettamente superiori per queste ultime tre classi citate.

Il grafico seguente mostra la distribuzione dei consumi specifici (kWh/mq) delle sezioni servite dalla rete del gas. Il maggior numero di sezioni ha un consumo inferiore a 300 kWh/mq; il dato è in coerenza sia con i valori medi che con il numero di sezioni per ogni classe riportati nella tabella precedente.

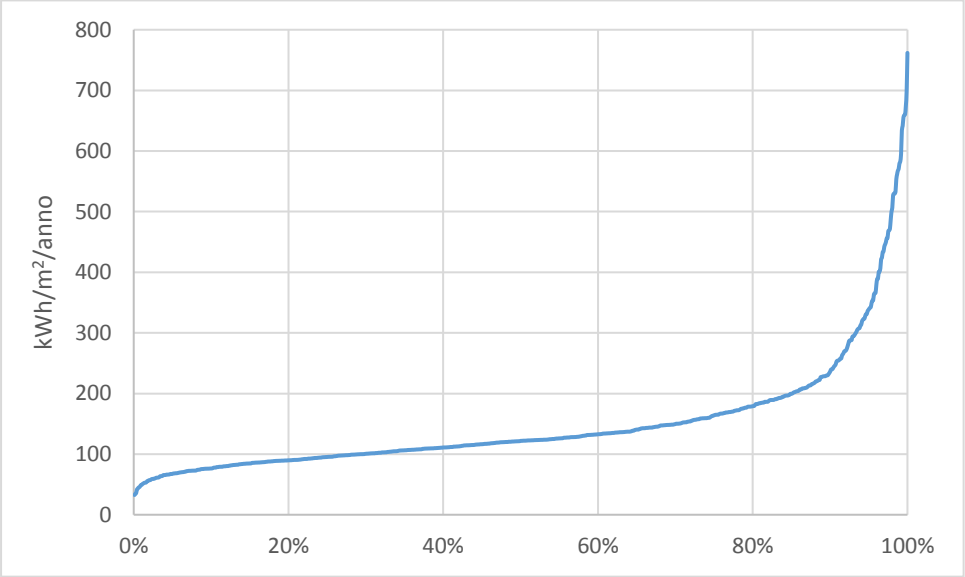


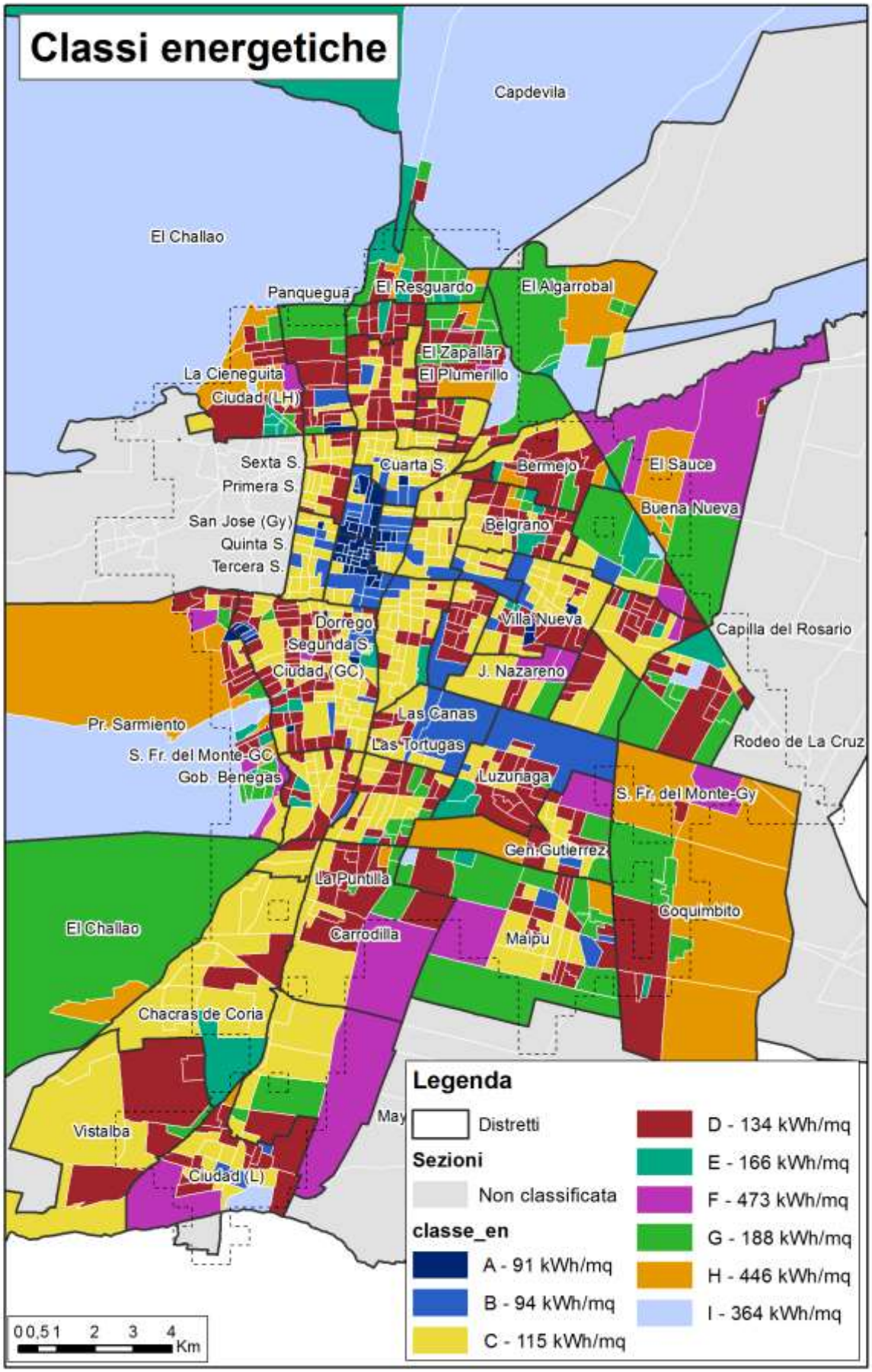
Grafico 22 Consumo specifico in kWh/m²/anno per sezione (per 946 sezioni)

La mappa nella pagina successiva mostra la distribuzione delle classi energetiche sul territorio. Per una lettura chiara si precisa che il confine delle sezioni è in bianco, mentre in grigio scuro sono delimitati i distretti, infine la linea nera tratteggiata delimata l'area metropolitana individuata in base all'inquinamento luminoso[5]. Si osserva che la classe energetica A è concentrata nel microcentro nella municipalità di Capital dove è maggiore la concentrazione di tipologia

[5] Il limite dell'area metropolitana come riportato nell'immagine è ricavato da un'elaborazione raster su un'immagine satellitare rispetto all'area maggiormente illuminata da fonti artificiali.

condominiale (vedi Mappa “Classificazione tipologica”); poche sezioni sparse della stessa tipologia indicano quartieri di nuova edificazione a funzione interamente residenziale o mista (centri direzionali con attività commerciale e residenziale). Attorno al microcentro si riconosce un anello debole e molto frastagliato di classe energetica B che si mescola con la classe C; le sezioni in questione appartengono in parte alla tipologia unifamiliare centrale in cui è ancora presente un buon numero di condomini, seppur non in prevalenza rispetto alle case unifamiliari, e in parte alla tipologia periferica più densa (BCR>0.25). La classe energetica C si allunga e si sfrangia mescolandosi con le sezioni di classe D lungo le direzioni di espansione Nord, Est, Sud, con maggiore intensità nell’area Nord di Las Heras. Le sezioni periferiche sono caratterizzate da un consumo maggiore, per la maggior parte appartengono alle classi F, G, H, I; sono sezioni periurbane o rurali come indicano le dimensioni, a minor densità e un tessuto frammentato, con presenza di aree inedificate, anche estese, sia coltivate che incolte. Le classi B ed E sono meno frequenti e si trovano sparse in tutta l’area; la classe B, come già indicato, è presente soprattutto nell’area centrale attorno al microcentro, mentre la classe E localizzata in modo irregolare nella periferia dell’area, in sezioni sia urbane che rurali. In grigio sono riportate le sezioni in cui non sono presenti edifici residenziali o non sono stati forniti i consumi.

Alla pagina successiva è riportata la mappa delle “Classi energetiche”. Il consumo specifico è ricavato a partire dal consumo riferito all’anno 2010 e normalizzato alla quota media di 777 m s.l.m. considerando 1154 GG.


Classi energetiche
Capdevila
El Challao
Panquegua
El Resguardo
El Algarrobal
El Zapallar
El Plumerillo
La Cieneguita
Ciudad (LH)
Sexta S.
Primera S.
Cuarta S.
Bermejo
El Sauce
Buena Nueva
San Jose (Gy)
Quinta S.
Tercera S.
Belgrano
Dorrego
Segunda S.
Ciudad (GC)
Villa Nueva
J. Nazareno
Capilla del Rosario
Pr. Sarmiento
S. Fr. del Monte-GC
Gob. Benegas
Las Canas
Las Tortugas
Luzuriaga
Rodeo de La Cruz
S. Fr. del Monte-Gy
Gen. Gutierrez
La Puntilla
Carrodilla
Maipu
Coquimbito
El Challao
Chacras de Coria
Vistalba
Ciudad (L)
May
Legenda
Distretti
Sezioni
Non classificata
classe_en
A - 91 kWh/mq
B - 94 kWh/mq
C - 115 kWh/mq
D - 134 kWh/mq
E - 166 kWh/mq
F - 473 kWh/mq
G - 188 kWh/mq
H - 446 kWh/mq
I - 364 kWh/mq
0 0,5 1 2 3 4
Km

4.2 ANALISI DEI CONSUMI REALI

Il consumo di ogni sezione è stato ricalcolato rispetto alla quota effettiva, cioè alla quota media del distretto al quale la sezione appartiene. In questo modo è possibile valutare il consumo reale all'interno dell'area metropolitana, capire quali siano le zone più dispendiose e ipotizzare delle strategie e degli interventi per il risparmio energetico. Sono state riportate due mappe: la prima è il consumo specifico (kWh/mq) rispetto alla quota effettiva, la seconda riporta il consumo totale della sezione (MWh); in entrambe le mappe i consumi sono riferiti all'anno 2010. Le sezioni in grigio non hanno dati perché non sono servite dalla rete del gas o perché non sono stati forniti i consumi del distretto di appartenenza dall'azienda erogatrice. Come precedentemente, oltre ai limiti di sezione di censimento in bianco, sono presenti confini distrettuali e quello convenzionale dell'area metropolitana.

La mappa dei consumi specifici per sezione è coerente con la mappa del consumo specifico normalizzato. Il consumo di gas è contenuto per l'area centrale della città, dove il consumo medio è compreso tra i 70 e i 90 kWh/mq, e incrementa verso l'esterno, in modo graduale verso sud-ovest, conformemente all'altitudine con consumi mediamente di 200 kWh/mq. Tuttavia si osserva che in generale nelle sezioni periferiche periurbane e rurali a est e a nord-est il consumo risulta elevato (oltre 300 kWh/mq), indipendentemente dalla quota. Ciò può essere relativo alla posizione periferica della sezione rispetto al contesto urbano, per cui risulta più esposta rispetto ai fattori climatici, quali i venti, o meno influenzata dal microclima. Altro elemento influente può essere la configurazione spaziale differente rispetto a quella urbana e quindi il modello risulta non appropriato per una corretta definizione dei consumi.

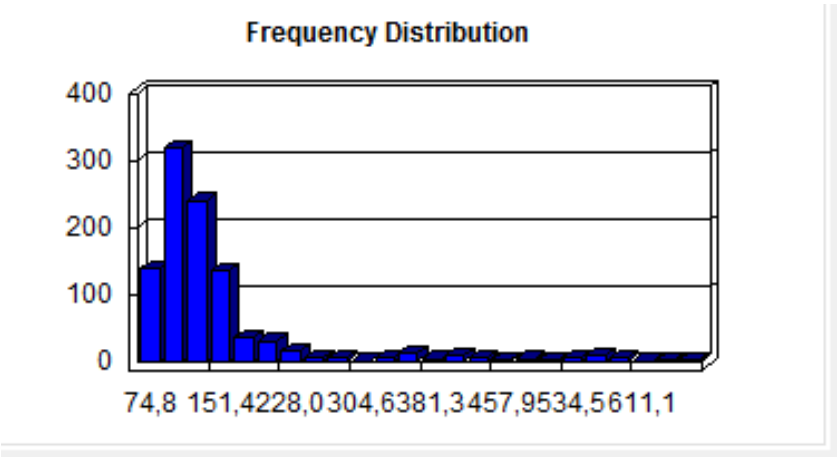


Grafico 23 Distribuzione di frequenza dei consumi specifici per sezione rispetto alla quota reale Fonte: elaborazione propria con software GIS

La mappa del consumo globale per sezione mostra l'effettivo consumo a livello urbano. L'andamento dei consumi appare opposto rispetto alla mappa precedente; i valori sono maggiori per il centro città, dove raggiungono i 7750 MWh/anno, mentre diminuisco nella fascia periferica fino a un minimo di 9 MWh/anno. Si osserva anche in questo caso un consumo elevato lungo la

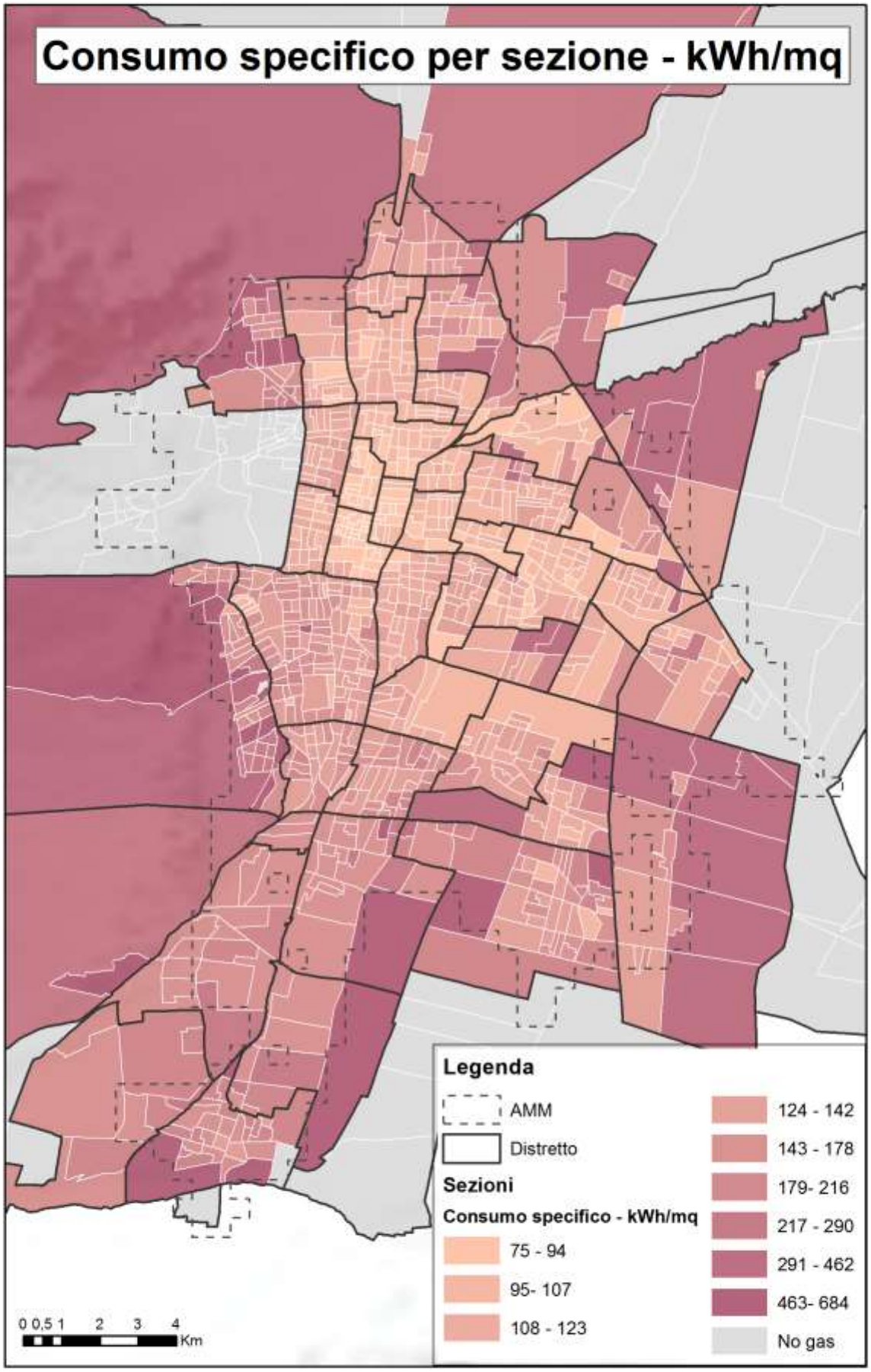
direttrice di espansione a sud-ovest della città, coerentemente l'incremento di quota, oltre che con la tipologia di abitazioni individuata dall'analisi (case unifamiliari con ampia pertinenza). Ulteriori informazioni potrebbero essere ricavate affiancando la tale mappa a un'analisi sociale della città, solo in parte affrontata in questo studio.

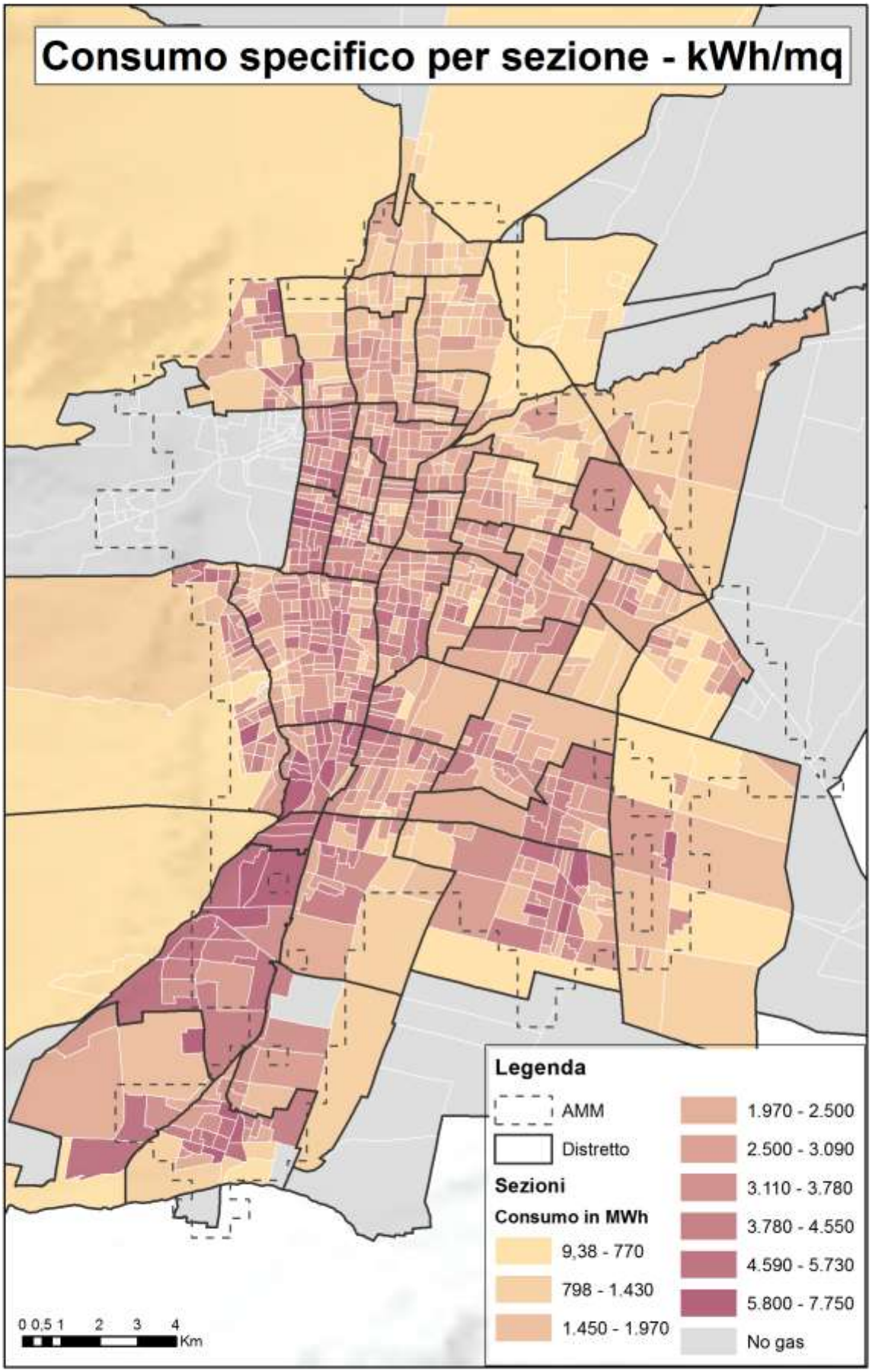
Dalla sovrapposizione delle due mappe è possibile individuare immediatamente le zone maggiormente energivore e su cui è opportuno intervenire in modo prioritario. Considerando la scala di colori dal verde, per i consumi minori, a rosso, per i consumi maggiori, le aree che in entrambe le mappe sono rosse necessitano di un fabbisogno energetico maggiore a entrambe le scale di analisi (tipologica e urbana), per cui è opportuno considerare queste aree come maggiormente carenti da un punto di vista di performance energetica e prioritarie interventi di riduzione dei consumi. Gli interventi che le mappe suggeriscono sono differenti; rispetto alla scala e alle caratteristiche prese in considerazione.

Alle pagine successive sono riportate seguenti mappe:

- "Consumo specifico per sezione – kWh/mq"
- "Consumo per sezione – MWh"

I consumi sono riferiti all'anno 2010 e alla quota reale delle sezioni.


Consumo specifico per sezione - kWh/mq
Legenda
AMM
Distretto
Sezioni
Consumo specifico - kWh/mq
75 - 94
95- 107
108 - 123
124 - 142
143 - 178
179- 216
217 - 290
291 - 462
463- 684
No gas
0 0,5 1 2 3 4
Km


Consumo specifico per sezione - kWh/mq
Legenda
AMM
Distretto
Sezioni
Consumo in MWh
9,38 - 770
798 - 1.430
1.450 - 1.970
1.970 - 2.500
2.500 - 3.090
3.110 - 3.780
3.780 - 4.550
4.590 - 5.730
5.800 - 7.750
No gas
0 0,5 1 2 3 4
Km

4.3 CONFRONTO TRA CLASSI ENERGETICHE E CLASSIFICAZIONE TIPOLOGICHE

Confrontando la mappa delle classi energetiche, che rappresenta la distribuzione dei consumi specifici normalizzati (kWh/mq annui rispetto a una quota di riferimento) e la mappa della classificazione tipologica delle sezioni (rispetto alla tipologia di edificio residenziale prevalente) si osserva una parziale sovrapposizione per l'area centrale che è più omogenea nella distribuzione delle classi energetiche. I consumi minori sono in corrispondenza del nucleo dell'area metropolitana in cui la tipologia caratterizzante sono i condomini, che hanno un consumo medio al mq è inferiore a 100 kWh/mq. Di rilevante importanza risulta anche la qualità dei materiali; c'è una corrispondenza tra una buona qualità dei materiali di costruzione e un minore consumo di energia, a prescindere dalla posizione della sezione (centrale o periferica) o dalla compresenza o meno di abitazioni in appartamento e in case singole all'interno della stessa sezione (riferimento alla tipologia "Unifamiliare Centrale"). Per la maggior parte dei casi il consumo medio è 115 kWh/mq della classe C con parte delle sezioni con consumo medio di 134 kWh/mq (classe D). Questa corrispondenza conferma come una situazione urbana più compatta caratterizzata dalla presenza di condomini sia meno energivora rispetto a una situazione meno densa o dispersa con case unifamiliari isolate. A tale affermazione si può notare un'incongruenza paragonando la zona Nord dell'area metropolitana di Las Heras (El Zapallar, El resguardo, Ciudad LH) con la zona sud di Lujan (Chracras de Coria, Mayor Drummond, Vistalba). Dalle mappe si osserva come la situazione a nord risulti più compatta (guardando la mappa delle tipologie) e allo stesso tempo più energivora rispetto all'altra. In merito a ciò sono necessarie due considerazioni; la prima riguarda la definizione della tipologia; per entrambi i casi stiamo considerando una omogeneità delle sezioni rispetto a case unifamiliari isolate nel lotto (raramente a schiera), che di per sé danno luogo a una configurazione a bassa densità della città. In questa situazione si è voluto distinguere le aree con maggiore dispersione e si è utilizzato il parametro BCR (building cover ratio) che valuta superficie edificata nel lotto in rapporto alla superficie del lotto stesso. La seconda considerazione è inerente il fatto che le sezioni della tipologia "Unifamiliare Periferico" non sono omogenee rispetto alla qualità dei materiali, elemento che invece è stato preso in considerazione nella suddivisione in classi energetiche. Rispetto a questa informazione si deduce che le abitazioni a sud dell'area metropolitana, seppure denotino una configurazione di case isolate a densità molto bassa, risultano consumare meno delle omologhe abitazioni in case isolate a bassa densità nell'area nord, perché in generale la qualità dei materiali di costruzione è migliore. L'ipotesi è coerente con le informazioni sociali delle singole sezioni, dalle quali si può capire che la municipalità di Las Heras ha un tasso di povertà maggiore rispetto a quello di Lujan; ne sono indicativi una serie di fattori ricavati dal censimento come NBI, la qualità dei materiali, il tasso di disoccupazione, l'affollamento delle stanze per abitazione, a fronte di una superficie media minore per abitazione; inoltre il tipo di occupazione delle abitazioni indica una percentuale più alta di seconde case (usate per feri e o fine settimana) nell'area sud, mentre è praticamente assente al nord. Infine è possibile aggiungere che la situazione periferica (periurbana e rurale) risulta la più complessa da un punto di vista energetico e non adeguatamente rappresentata della classificazione tipologica, che tende ad omogenizzare tutte le sezioni e appiattire le informazioni. Per affinare la rappresentazione e quindi la classificazione, potrebbe essere opportuno definire più adeguatamente il limite dall'area metropolitana, ad esempio sulla base delle sezioni di censimento e rispetto alla densità di popolazione; incrementare le informazioni sulla qualità dei materiali su tutta l'area, introdurre variabili urbane quali BD

(*Building Density*, la densità dell'edificato), TOF (*Total Occupation Factor*, la superficie calpestabile rispetto a quella edificabile), SCR (*Street Cover Ratio*; come indicatore della quantità di superficie pubblica rispetto a quella privata) e correlarle in modo da ottenere informazioni sulla configurazione dei quartieri presenti nella sezione, oltre che sull'edificato. Inoltre potrebbe essere opportuno evidenziare con maggiore forza le discrepanze sociali all'interno dell'area metropolitana; nella classificazione tipologica non si distinguono efficacemente le differenti caratteristiche per le tipologie a bassa densità per i quartieri benestanti e quelli meno abbienti. Oltre alla qualità dei materiali, la stessa configurazione dei quartieri può variare rispetto alla larghezza delle strade, oltre che per l'ampiezza della pertinenza o la dimensione delle abitazioni; a tale proposito è opportuno inserire le variabili urbane. Per la mappa delle classi energetiche, una classificazione che prenda in considerazione parametri sociali può fornire informazioni comportamentali d'insieme che possono essere gestite in modo complessivo, piuttosto che con interventi puntuali, sul singolo quartiere.

In conclusione si può osservare come in una configurazione generale di bassa densità siano sufficienti alcune modeste accortezze per ridurre i consumi del settore residenziale. La prima ad esempio è garantire materiali da costruzione sufficientemente adeguati su tutta l'area; favorire interventi di adeguamento delle abitazioni a partire dai quartieri più energivori; compatibilmente con le circostanza incrementare la densità urbana, favorendo ad esempio la costruzione di case a schiera o piccoli condomini nelle frequenti aree di espansione o nuova costruzione. Inoltre un adeguato numero di informazioni dettagliate inserite nel database del modello permette di definire con maggiore precisione e, presumibilmente, con migliore efficacia delle strategie e degli interventi di larga scala che puntuali.

5 CONCLUSIONI

DOVE INTERVENIRE?

In questo capitolo sono esposte le conclusioni del lavoro. Si ripercorre la metodologia applicata per valutarne l'efficacia e la ripetibilità in altri contesti nazionali o internazionali e si pone l'attenzione sui risultati ottenuti, ritenuti più rilevanti, con l'intento di stimolare confronti con altre aree urbane, ma soprattutto per richiamarli all'attenzione delle municipalità perché possano essere stimolo nel dibattito urbano. Inoltre sono proposti possibili sviluppi del tema di studio, che durante il percorso sono stati trattati solo parzialmente o accennati e termina con una valutazione sul raggiungimento dell'obiettivo, proposto all'inizio del lavoro.

5.1 CONSIDERAZIONI SUL METODO E POSSIBILI SVILUPPI DEL LAVORO

Il lavoro in esame vede la creazione di due modelli, spazialmente rappresentati in software GIS: il modello tipologico e il modello energetico. A livello generale, la difficoltà maggiore è stata riscontrata nella necessità di far dialogare banche date di origini e scale differenti. Le informazioni di partenza facevano riferimento rispettivamente al catasto per l'edificato, all'istituto nazionale di statistica e censimento (INDEC) per le sezioni che comprendevano il maggior numero di informazioni, sopperendo anche alla carenza di informazioni per l'edificato ma riportando il dato in modo generalizzato su tutta la sezione, e infine per i distretti erano di riferimento i dati dell'azienda erogatrice. Il punto di incontro è stato trovato nella sezione di censimento, che è risultata valida sia per l'analisi a scala urbana sia per la gestione dei dati, che sono un numero molto elevato per un'estensione di territorio come quella di un'area metropolitana.

Il modello tipologico è stato propedeutico al modello energetico e ha permesso di ottenere una fotografia, uno stato di fatto del parco edilizio dell'area di studio. Come indicato sopra la difficoltà di far comunicare due banche dati a scala differente è stata bypassata generalizzando il dato a scala di sezione, ottenendo un valore medio per l'intero quartiere; il metodo è risultato efficace a riportare una sintesi del parco edilizio e anche l'approssimazione del modello geometrico (numero degli elementi indicati nel censimento e numero di elementi identificati in GIS tramite catasto) è risultata buona, ad esclusione di alcune sezioni marginali in cui il dato catastale non era riportato o non aggiornato. La suddivisione in classi tipologiche risulta solo parzialmente efficace; mentre i quartieri centrali hanno una buona classificazione che permette di distinguere efficacemente le diverse tipologie, per l'area periferiche si ha un appiattimento dell'informazione che non distingue le differenze tra le diverse municipalità, ad esempio Las Heras, a Nord, e Lujan de Cuyo, a Sud. Per incrementare il dettaglio può essere opportuno inserire informazioni sociali, reperibili dal censimento e parametri urbani che individuano una diversa configurazione del quartiere in aree tendenzialmente povere rispetto a zone benestanti (densità urbana, ampiezza strade, presenza del verde…). Allo stesso modo, è opportuno distinguere in modo netto le sezioni rurali che hanno una configurazione differente sia rispetto all'area urbana, sia a quella periurbana

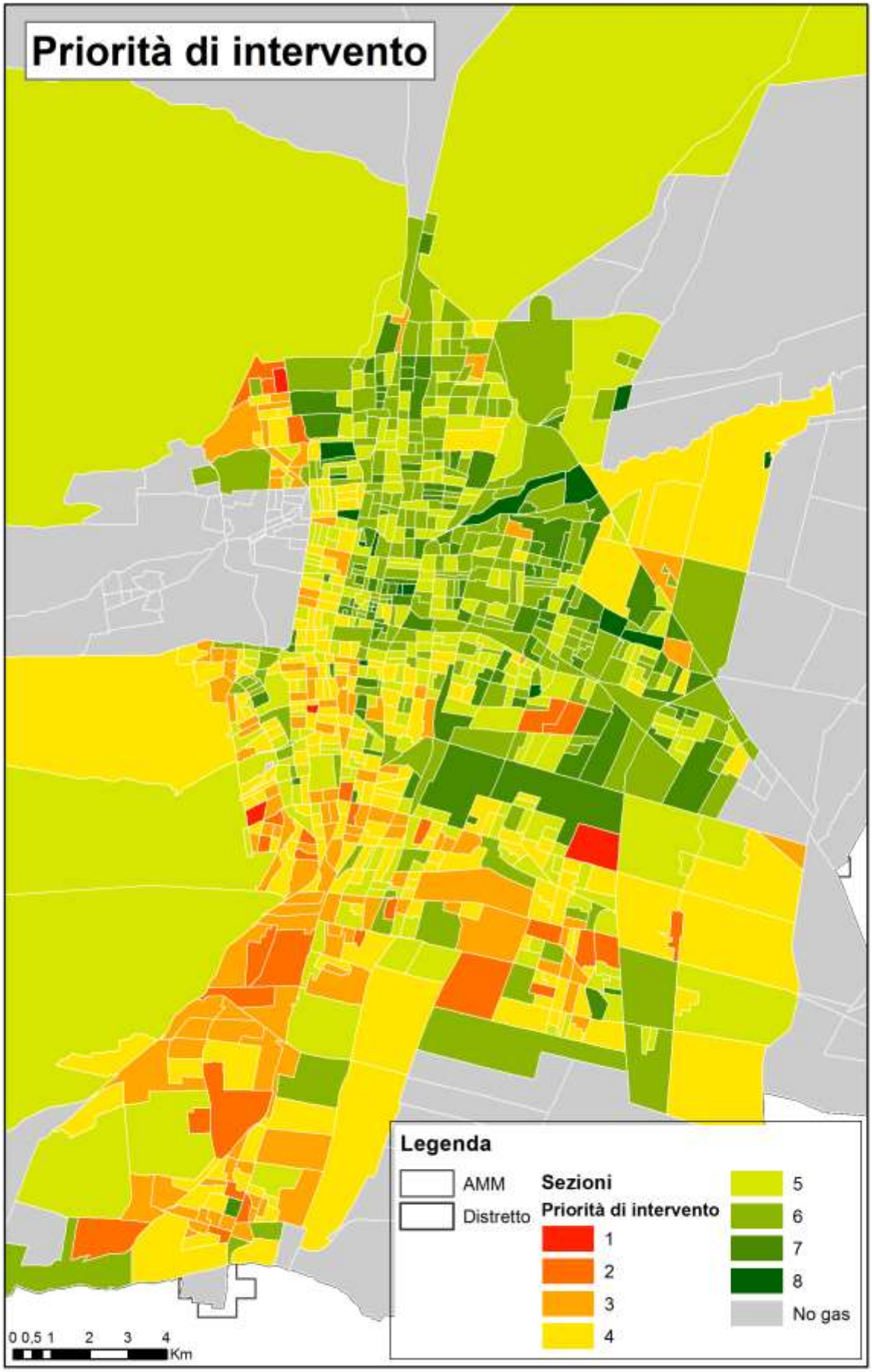
Il modello energetico è costruito a partire da informazioni a livello di sezione di censimento che dall'analisi della letteratura scientifica si è appreso essere influenti sul consumo energetico (fattore

di forma, qualità dei materiali, tipologia edilizia e densità abitativa) ed è risultato valido a descrivere i consumi energetici a scala metropolitana. La validazione è stata fatta con il confronto dei dati di consumo reali forniti dall'azienda erogatrici; dal confronto ne è risultato che la approssimazione migliore tra i consumi è per i quartieri urbani e periurbani, per i quali lo scarto tra consumi è mediamente del 10%. I risultati si dimostrano coerenti con la letteratura; nello specifico l'area centrale caratterizzata da un maggior numero di condomini e un fattore di forma per sezione più basso risulta meno energivoro; inoltre i quartieri periferici, quindi "esterni" all'isola di calore, hanno una richiesta di gas per il riscaldamento superiore. Si è osservato come sia influente anche la quota, elemento evidente soprattutto per i distretti a ovest e sud-ovest con quota prossima ai 900 m s.l.m.; in questa zona la percentuale di pendenza è maggiore per la prossimità alla precordigliera (l'estesa fascia pedemontana che precede le Ande). Un elemento determinante nel consumo energetico è risultato la qualità dei materiali di costruzione dell'edificio, che fa riferimento sia al tipo di materiale utilizzato, sia al grado di rifinitura e di isolamento dell'abitazione; in questo studio è stato trattato solamente da un punto di vista qualitativo conformemente all'informazione fornita dal censimento, ma è stato sufficiente a comprendere l'influenza sul consumo che ha determinato forti variazioni tra le classi; potrebbe essere interessante un approfondimento che associa alla sezione il materiale prevalente e incrementare la classificazione in funzione della trasmittanza. Infine la rappresentazione grafica del modello risulta efficace per una visualizzazione immediata dei quartieri più energivori della città e per poter risalire alle possibili cause del consumo, base per la pianificazione di interventi di efficientamento energetico.

In particolare la rielaborazione dei dati di consumo a quota reale nelle mappe del consumo specifico e globale è interessante per impostare una scala di intervento in funzione del consumo energetico, con fine la programmazione temporale degli interventi di efficientamento energetico. Concettualmente la scala somma i consumi specifici a quelli globali; le classi sono rinominate da 0 e 8 (nel caso in esempio) per entrambe le mappe e i valori sono sommati per ottenere una nuova classificazione: a maggior valore corrisponde maggiore consumo, è auspicabile una priorità di intervento e necessita di soluzioni su due fronti, in riferimento alle mappe di origine. Infatti se la mappa del consumo specifico evidenzia criticità dal punto di vista edilizio, la mappa del consumo globale evidenzia criticità da punto di vista urbano. Le prime richiedono un intervento mirato alla struttura, ad esempio una riqualificazione energetica, che può essere intrapresa con incentivi mirati, ad esempio in base alla classe di qualità di materiali (maggiori per la classe peggiore a diminuire; un esempio di suddivisione degli incentivi è presente nello studio di Fracastoro e Serraino "A methodology for assessing the energy performance of large scale building stocks and possible applications", 2010) o in base alla condizione sociale; sono importanti interventi in ambito sociale di tipo educativo e divulgativo in modo da diffondere un adeguato comportamento "energetico" da parte delle persone che possono avvenire attraverso progetti con le scuole o le realtà sociali del quartiere. La mappa del consumo globale, se confrontata con la mappa del consumo specifico permette di capire se il fabbisogno richiesto dipende dalla caratteristiche strutturali o meno; dove queste risultano già buone ma il consumo ugualmente alto, è necessario intervenire a livello territoriale, studiando appositamente le relazioni a livello di quartiere che intervengono sulla configurazione urbana (densità, copertura al suolo, presenza e qualità del verde, ombreggiamento e esposizione solare, canyon urbani, albedo dei materiali) o la possibilità di attingere a fonti energetiche alternative (e rinnovabili) che possano integrare la rete del gas. Dall'analisi territoriale, come dalla letteratura (Arboit, 2008) si apprende ad esempio la rilevanza

della radiazione solare sia dal punto di vista climatico (bassa nuvolosità, forte intensità dovuta alla latitudine) si urbano (la bassa densità non crea situazioni di prolungato ombreggiamento), che suggerisce l'installazione di pannelli solari o fotovoltaici; altro elemento considerabile come potenziale risorsa sono canali a cielo aperto che affiancano la rete stradale; son una caratteristica peculiare della città ereditata dal popolo indigeno e continuata a utilizzate fino ad epoca recente per l'irrigazione delle terre coltivate; oggi ricoprono solo in parte il ruolo funzionale, poiché sono stati sostituiti dall'utilizzo di tecnologie più avanzate e efficaci (dai canali, ad esempio, la quantità di acqua che si disperde è elevata) e possono trovare una valorizzazione nella produzione di energia da micro-centrali idroelettriche, limitatamente alla presenza di adeguati salti idrici. Di seguito è riportata ad esempio una possibile mappa mostra il grado di priorità di intervento rispetto a ai consumi specifici e globali di ogni sezione a partire dalle classi delle rispettive mappa al paragrafo 1234.2. La rappresentazione risulta efficace in quanto sono immediatamente individuabili i quartieri e le porzioni urbane a maggiore dispendio energetico e sulle quali è conveniente operare con priorità per ridurre complessivamente consumi ed emissioni.

In conclusione si può dire che a fronte di alcune correzione e maggiori accortezze, la struttura del modello risulta adeguate a essere riprodotta in altri contesti, conformemente alle caratteristiche del luogo dove viene applicata e il modello risulta efficace ad avere una rappresentazione urbana dei consumi energetici che possa essere di supporto alle pianificazione territoriale, per la creazione di una vision di sviluppo sostenibile conformemente ai trattati internazionali. In quest'ottica, da un punto di vista pratico, l'atto di partenza consiste nella creazione di un database georeferito a scala municipale (almeno), che fornisca le informazioni necessarie per il modello energetico, come si è cercato di fare in questo studio, rispetto a quanto la letteratura indica e alle specificità del luogo. Indicativamente il database dovrebbe contenere tutte le caratteristiche del parco edilizio, ovvero le informazioni geometriche e strutturali dell'edificio, la sezione censuale di appartenenza, le relative caratteristiche urbane e sociali. Risulta chiaro che in presenza di un database ordinato, coerente e aggiornato, la prima fase di applicazione è più rapida e il modello è riproducibile più facilmente e atto a essere revisionato nel tempo.


Priorità di intervento
Legenda
AMM
Distretto
Sezioni
Priorità di intervento
1
2
3
4
5
6
7
8
No gas
0 0,5 1 2 3 4
Km

5.2 CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI E PRIORITÀ DI INTERVENTO SUL TERRITORIO

Un ultimo paragrafo viene dedicato ad un riepilogo sui risultati ottenuti per quanto riguarda i consumi e l'individuazione di una programmazione di intervento attraverso il metodo dei quadranti. I risultati ottenuti marcano una forte differenza tra i consumi specifici dell'area prettamente urbana e quelli dell'area periferica periurbana. Nell'area urbana si distingue una porzione centrale con consumi discretamente contenuti mediamente pari a 80 kWh/mq limitati per lo più all'area prettamente composta da condomini e palazzi con piani di almeno 4 piani. In modo radiale i consumi crescono e mantengono valori simili lungo le direttrici di espansione della conurbazione, ovvero in corrispondenza di una maggiore densità urbana; in queste aree omogenee rispetto a criteri come la già citata densità urbana, la qualità dei materiali e la densità abitativa rispetto alla superficie riscaldata a gas, i consumi oscillano tra i 100 e i 150 KWh/mq. Infine un serie di sezioni con consumi intorno ai 200 kWh/mq non specificatemene localizzata ma tendenzialmente periferica, si pone come gradino per le sezioni periferiche e rurali. Considerando i consumi globali delle sezioni rispetto all'anno 2010 la situazione appare pressoché rovesciata. Le periferie che hanno un minore numero di abitazioni in rapporto alla superficie presenta un consumo globale basso mediamente inferiore ai 2000 MWh/anno per il centro presenta consumi maggiori con tre sezioni che rientrano nella classe più energivora con oltre 5800 MWh/anno. Altro punto nodale di questa seconda analisi è la direttrice sud di espansione, dove si concentra il maggiore numero di sezione più dispendiose energeticamente.

I consumi delle sezioni sono stati confrontati attraverso il metodo dei quadranti. Tale metodo è importato da discipline economiche ed è utilizzato per ottenere una programmazione temporale delle azioni rispetto a due criteri, urgenza e importanza. L'applicazione al campo di studio ugualmente vuole definire quali siano le aree che necessitano di priorità per interventi di riqualificazione energetica in base al consumo energetico; prevede la suddivisone dell'area del grafico in quattro quadranti, rispetto al valore della media dei consumi globali (riportati in ascisse) e dei consumi specifici (in ordinate). Il quadrante 1 in alto a destra contiene gli elementi più critici in quanto presentano alti valori per l'uno e l'altro termine di riferimento. Diametralmente nel quadrante 4 ricadono gli elementi considerati buoni, poiché entrambi le coordinate di origine sono sotto il valore medio. In basso a destra vi è il quadrante 2, mentre in alto il 3. Nel seguente grafico a dispersione sono riportare le sezioni servite dal gas con i consumi reali riferiti all'anno 2010 e in base alla distribuzione sono state attribuite le priorità di intervento. Il consumo medio specifico è 152 Kwh/mq/anno, il consumo globale è 2719 MWh/anno.

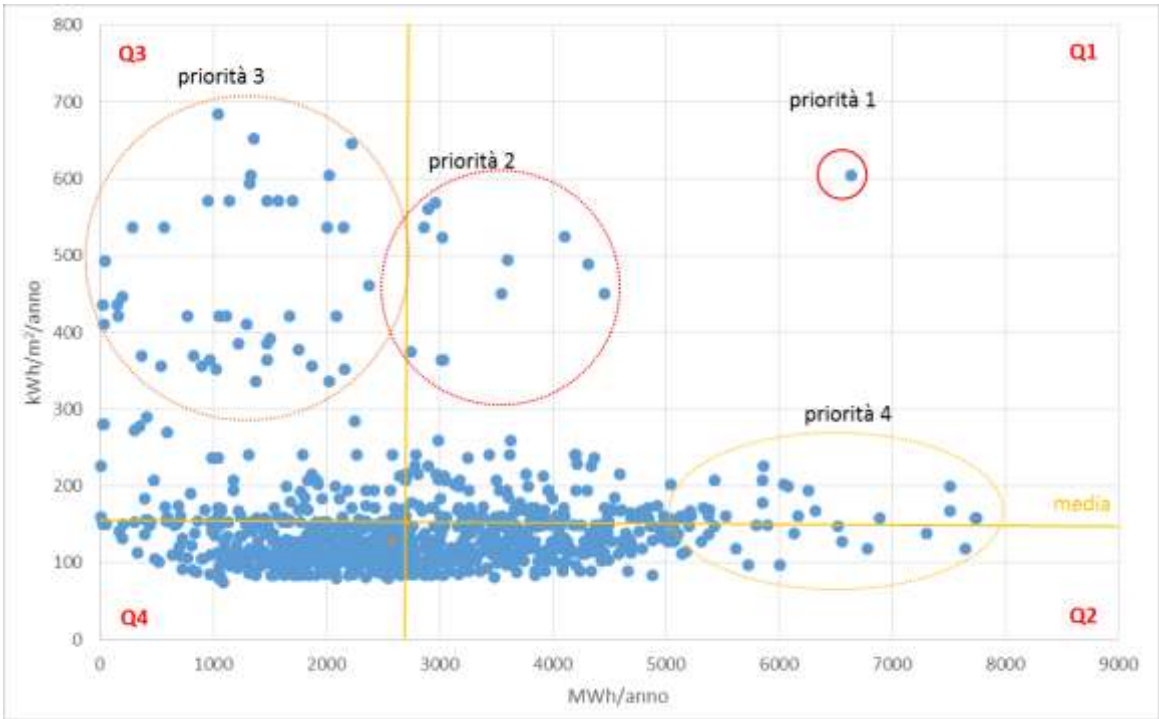
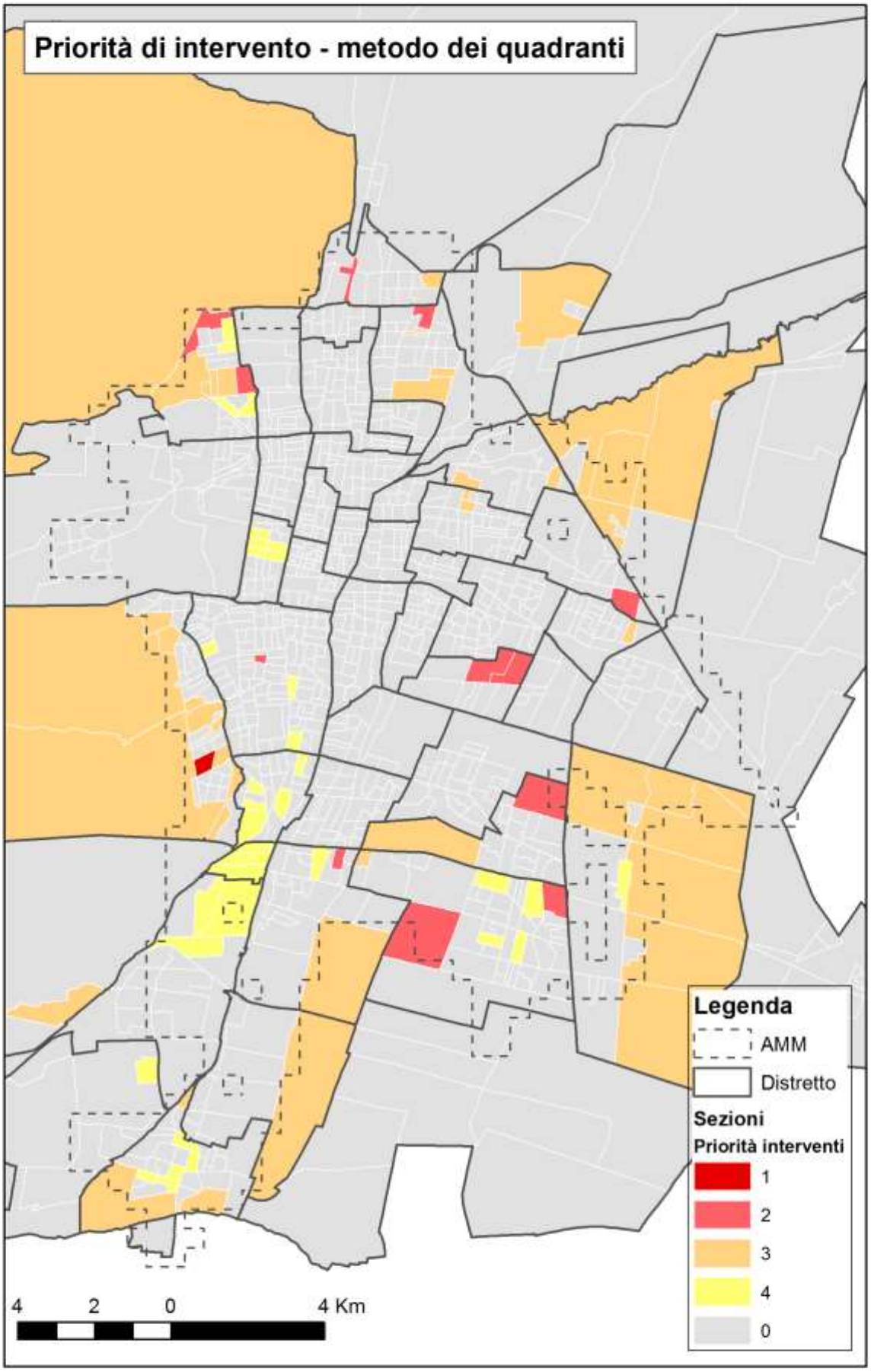


Grafico 24 Distribuzione delle sezioni attraverso il metodo dei quadranti. Fonte: elaborazione propria.

Le sezioni sono concentrate sull'asse del valore medio del consumo specifico, la dispersione è presente per consumi oltre i 5500 MWh per i consumi globali e oltre i 300 kWh/mq peri consumi specifici, per entrambi i casi circa il doppio dei valori medi. Una sezione è risultata molto critica ed per questa è stata definita una priorità primaria di intervento. A seguire la priorità di intervento è stata assegnata considerando più grave un elevato consumo specifico, a seguire il consumo globale; di conseguenza un secondo gruppo ad elevato consumo specifico e consumo globale oltre la media ha priorità di intervento 2, mentre le sezioni corrispondenti con valoro globale sotto la media hanno priorità 3; infine è stata assegnata priorità 4 a quelle sezione elevato consumo globale e consumo specifico prossimo alla valore medio. Alla pagina successiva è riportata la mappa che localizza le sezioni rispetto alla priorità individuata come indicato sopra. A differenza della precedente mappa di priorità di intervento calcolata "sommando" le classi di consumo, la mappa proposta concentra le criticità più elevate in zone periferiche, dove è già stato osservato una bassa qualità del materiale, maggiore affollamento delle abitazioni, minore densità urbana, quindi maggiore dispersione. Minore risalto è esposto lungo la direttrice sud, solo parzialmente evidenziata da sezioni con priorità 4; per il centro urbano sono evidenziate cinque sezione caratterizzate da case unifamiliari, con presenza di condomini che bilanciano il numero tra unifamiliari e appartamenti.


Priorità di intervento - metodo dei quadranti
Legenda
AMM
Distretto
Sezioni
Priorità interventi
1
2
3
4
0
4
2
0
4 Km

BIBLIOGRAFIA

Articoli

- Arboit M. et al., 2008, Assessing the solar potential of low-density urban environments in Andean cities with desert climates: The case of the city of Mendoza, in Argentina, Renewable Energy 33, 1733–1748
- Correa, E., Ruiz, M. A., & Cantón, M. A. (2010). Urban forest structure and thermal comfort in oasis cities of arid zones. Ambiente construído, 10, 119–137. http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212010000400009
- Delmastro et a., 2015 Urban morphology and energy consumption in Italian residential buildings, ICREA, Palermo, Italy, 22-25 November 2015.
- Fracastoro G.V.; Serraino M., 2011, A methodology for assessing the energy performance of large scale building stocks and possible applications, ENERGY AND BUILDINGS, Elsevier 42 pp. 844-852
- Filogamo L., Rizzo G., Peri G, Giaccone, A. (2014). On the classification of large residential buildings stocks by sample typologies for energy planning purposes. Applied Energy, 135, 825-835
- Mutani G. et al., 2016, Space heating energy consumption and urban form. The case study of residential buindings in Turin (Italy), 11th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems SDEWES Conference, Lisbon, September 2016
- Ryan E.M., Sanquist T.F., 2012, Validation of building energy modeling tools under idealized and realistic conditions, Energy and Buildings 47, pp. 375–382,

Atti di congressi

- Cerezo C et al., 2014, Towards standarized building properties template files for Early design energy model generation, ASHRAE/IBPSA-USA, Building Simulation Conference, Atlanta, GA, September 10-12, 2014.
- Samuelson H.W et al.,2014, Post-occupancy evaluation and partial-calibration of 18 design-phase energy models, ASHRAE/IBPSA-USA, Building Simulation Conference, Atlanta, GA, September 10-12, 2014.

- Street M. et al., 2013, URBAN HEAT ISLAND IN BOSTON – AN EVALUATION OF URBAN AIRTEMPERATURE MODELS FOR PREDICTING BUILDING ENERGY USE, 13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, France, August 26-28.

Pubblicazioni e documenti

- IPCC, Climate Change 2014: Synthesis Report
- United Nations, Department of Economic and Social (2014). World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352).
- M. A. Salomón et al., ESTUDIO DE CASO SITIO PILOTA MENDOZA DEPARTAMENTO DE LAVALLE,
- Laboratorio de Desertificación y Ordenamiento Territorial. LADyOT – IADIZA - CRICYT. Mendoza, 2005
- Ministerio de Cultura y Educación, Universidad Tecnológica Nacional, Instituto Regional de Estudio Facultad Regional Mendoza Sobre Energía (2007), MATRIZ ENERGETICA INTEGRAL DE LA PROVINCIA DE MENDOZA, Mendoza.
- Ministerio de Ambiente y Desarollo Sustentable, Presidencia de la Nacion, INFORME DEL ESTADO DEL AMBIENTE (2016)
- Rode P. et al., LSE Cities, 2011, Cities and Energy: Urban Morphology and Heat Energy Demand, March 2014

Sitografia

- http://www.contingencias.mendoza.gov.ar/web1/agrometeorologia/estaciones.html
- http://www.contingencias.mendoza.gov.ar/web1/agrometeorologia/datos_estadisticos_anuales.php
- https://www.ciudaddemendoza.gov.ar/ciudad-de-mendoza/
- http://cem.org.ar/
- http://www.deie.mendoza.gov.ar/
- http://www.enargas.gov.ar/secciones/informacion-geografica/atlas-provincial-del-gas.php
- http://www.indec.gob.ar/index.asp
- http://www.mendoza.edu.ar/wp-content/uploads/2011/10/1_CAPITAL_-2016.png
- http://www.minambiente.it/pagina/la-storia-degli-accordi-internazionali-sul-clima
- http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/agenda-21/levoluzione-normativa-in-europa-e-nel-mondo

- http://www.infomercatiesteri.it/public/.../36/.../Settore%20energetico%20marzo%202012.doc