



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



MINISTERO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA



Ricerca di Sistema elettrico

Stima dei profili energetici per scenari di riqualificazione Smart (Energy) District: implementazione di un metodo sviluppato per gli edifici

S. Ferrari, F. Zagarella, P. Caputo

Report RdS/PTR2020/143

STIMA DEI PROFILI ENERGETICI PER SCENARI DI RIQUALIFICAZIONE SMART (ENERGY) DISTRICT: IMPLEMENTAZIONE DI UN METODO SVILUPPATO PER GLI EDIFICI

S. Ferrari, F. Zagarella, P. Caputo (Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito - Politecnico di Milano)

Aprile 2021

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico (oggi Ministero della Transizione Ecologica) - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - II annualità

Obiettivo: *N. 1 - Tecnologie*

Progetto: *1.5 - Tecnologie, tecniche e materiali per l'efficienza energetica ed il risparmio di energia negli usi finali elettrici degli edifici nuovi ed esistenti*

Work package: *4 - Reti energetiche integrate*

Linea di attività: *LA4.9 - Stima dei profili energetici per scenari di riqualificazione Smart (Energy) District: implementazione di un metodo sviluppato per gli edifici*

Responsabile del Progetto: Giovanni Puglisi, ENEA

Responsabile del Work package (LA4.1-LA4.15): Paolo Sdringola, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "*Stima dei profili energetici per scenari di riqualificazione Smart (Energy) District*"

Responsabile scientifico ENEA: Ing. Tiziana Susca

Responsabile scientifico Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito - Politecnico di Milano:
Prof. Simone Ferrari

Desideriamo rivolgere uno speciale ringraziamento, per aver supportato lo svolgimento dello studio, a:

Roberta Rossi e Valerio Marinai di Unità Statistica – Comune di Milano

Anna Boccardi e Dino De Simone di ARIA S.p.A. Lombardia

Ilaria D'Urso di Regione Toscana

Giovanni Carnevale di Agenzia Regionale Recupero Risorse S.p.A. - A.R.R.R. S.p.A.

Laura Posta e Giancarlo Carbonetti di Istat

Indice

SOMMARIO.....	5
INTRODUZIONE.....	6
1 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI.....	8
1.1 PROCEDURA DI STIMA DEI PROFILI ORARI DI DOMANDA TERMICA ED ELETTRICA PER INSEDIAMENTI URBANI.....	8
1.1.1 <i>Simulazioni dei profili energetici orari per una matrice di modelli edilizi</i>	9
1.1.1.1 Definizione del Building Energy Concept	9
1.1.1.2 Soluzioni tecnologiche associate ai diversi periodi di costruzione	10
1.1.1.3 Profili d'uso associati alle diverse destinazioni d'uso	10
1.1.2 <i>Procedura geo-referenziata di analisi del parco edifici</i>	14
1.1.2.1 Stato dell'arte sui dati territoriali in Italia.....	14
1.1.2.1.1 Il Data Base Topografico	15
1.1.2.1.2 Il 15° Censimento Generale della Popolazione e delle Abitazioni.....	21
1.1.2.1.3 Il Catasto Territoriale degli Impianti Termici.....	29
1.1.2.2 Descrizione dei passaggi procedurali.....	32
1.1.2.2.1 Preparazione della mappa di base (A)	32
1.1.2.2.1.1 Download ed inserimento dei database territoriali in ambiente GIS (A1).....	32
1.1.2.2.1.2 Selezione dell'area urbana in oggetto (A2).....	34
1.1.2.2.1.3 Pulizia delle banche dati (A3)	34
1.1.2.2.1.4 Correlazione dei dataset territoriali (A4).....	35
1.1.2.2.2 Caratterizzazione del parco edifici (B).....	36
1.1.2.2.2.1 Assegnazione del periodo di costruzione prevalente (B1).....	36
1.1.2.2.2.2 Analisi dei volumi climatizzati (B2)	37
Eliminazione del volume costruito non climatizzato (B2.1)	37
Definizione dei Gruppi Edilizi (B2.2)	37
Analisi delle Zone Termiche Tipo che compongono ogni gruppo edilizio (B2.3)	38
1.1.2.2.2.3 Analisi del volume per destinazione d'uso (B3).....	40
1.1.2.2.2.4 Georeferenziazione ed analisi degli impianti termici (B4).....	41
Analisi degli impianti negli edifici ad uso residenziale	41
Procedura di georeferenziazione ed analisi degli impianti negli edifici ad uso ufficio	45
Associazione dei rendimenti stagionali di impianto	49
1.1.2.2.3 Stima dei profili energetici urbani (C)	50
1.2 ESITI DELLA PROCEDURA APPLICATA AL CASO STUDIO DELLA CITTÀ DI MILANO.....	51
1.2.1 <i>Esiti delle simulazioni energetiche</i>	51
1.2.2 <i>Esiti della caratterizzazione del parco edifici</i>	53
1.2.3 <i>Esiti della stima dei profili energetici urbani</i>	56
1.2.4 <i>Confronto con altre fonti dati e validazione</i>	65
1.2.4.1 Validazione del volume costruito	65
1.2.4.2 Validazione dei consumi di energia	66
1.2.4.2.1 I dati del bilancio energetico comunale SIRENA20	66
1.2.4.2.2 Confronto con i consumi simulati	68
1.3 ESITI DELLA PROCEDURA APPLICATA AD UN CASO STUDIO RAPPRESENTATIVO DI FASCIA CLIMATICA MEDIA NAZIONALE (PISA)	71
1.3.1 <i>Variazioni apportate alla procedura geo-referenziata</i>	71
1.3.2 <i>Esiti delle simulazioni energetiche</i>	75
1.3.3 <i>Esiti della caratterizzazione del parco edifici</i>	77
1.3.4 <i>Esiti della stima dei profili energetici urbani</i>	80
1.3.5 <i>Confronto con altre fonti dati e validazione</i>	89
1.3.5.1 Validazione del volume costruito	89
1.3.5.2 Validazione dei consumi di energia	89
1.3.5.2.1 I dati del bilancio energetico comunale di Pisa	89
1.3.5.2.2 Confronto con i consumi simulati	90
2 CONCLUSIONI.....	92
3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	93
4 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI.....	96

5	APPENDICI	97
5.1	MAPPE GENERATE PER IL CASO STUDIO DI MILANO AGGIUNTIVE A QUELLE ESEMPLIFICATIVE.....	97
5.2	ALCUNE CONSIDERAZIONI ENERGETICHE SUL CASO STUDIO DI MILANO	115
5.3	MAPPE GENERATE PER IL CASO STUDIO DI PISA AGGIUNTIVE A QUELLE ESEMPLIFICATIVE	118
5.4	ALCUNE CONSIDERAZIONI ENERGETICHE SUL CASO STUDIO DI PISA	135
5.5	DESCRIZIONE DEI PASSAGGI PROCEDURALI E SCRIPT IN PYTHON.....	138
5.5.1	<i>Descrizione dei campi dei vettori in GIS usati nella procedura</i>	<i>138</i>
5.5.2	<i>Operazioni preliminari</i>	<i>140</i>
5.5.3	<i>Assegnazione del periodo di costruzione prevalente (B1).....</i>	<i>140</i>
5.5.4	<i>Analisi dei volumi climatizzati (B2)</i>	<i>143</i>
5.5.5	<i>Analisi del volume per destinazione d'uso (B3).....</i>	<i>153</i>
5.5.6	<i>Stima dei profili energetici urbani (C)</i>	<i>157</i>

Sommario

È stato sviluppato un metodo di stima dei profili orari di domanda termica ed elettrica applicabile ad insediamenti urbani tipici del contesto nazionale.

Il metodo si basa su una procedura geo-referenziata che si avvale del Database Topografico, per definire la consistenza volumetrica del parco edifici, e dei dati del censimento nazionale Istat, per caratterizzare il parco sulla base delle diverse epoche di costruzione dei fabbricati distinti nelle destinazioni d'uso residenziale ed ufficio.

Per determinare i profili energetici orari, la procedura prevede simulazioni energetiche su base oraria con un software di calcolo dinamico di un modello edilizio a semplice geometria parallelepipedica, da cui desumere i comportamenti energetici di zone termiche-tipo rappresentative delle diverse opzioni (condizioni al contorno) che possono concorrere a configurare qualsiasi geometria edilizia. Il set di simulazioni viene articolato sul modello variandone i carichi orari, in funzione della destinazione d'uso, e modificandone le caratteristiche termofisiche in funzione delle tecnologie realizzative tipiche delle diverse epoche di costruzione.

I dati energetici orari delle zone termiche-tipo, ricondotti a profili di densità energetica (W/m^3), vengono dunque utilizzati per definire i dati energetici orari del parco edifici analizzato, grazie ad apposite routine di calcolo sviluppate in piattaforma GIS (Geographic Information System) che consentono di estrapolare il volume totale delle zone termiche-tipo di cui il parco edifici è composto, differenziato per epoca di costruzione e per destinazione d'uso.

Per la caratterizzazione del parco edifici dal punto di vista impiantistico si fa riferimento, previa procedura di georeferenziazione, alle informazioni riportate nel Catasto Territoriale degli Impianti Termici per quanto riguarda gli edifici ad uso uffici, e, per quanto riguarda il residenziale, alle informazioni raccolte per campioni di abitazioni da Censimento Istat. Sulla base di tali dati, i fabbisogni termici precedentemente determinati vengono convertiti in consumi di energia finale.

La procedura è stata sviluppata facendo riferimento al parco edifici del territorio comunale di Milano. Per la validazione della procedura, i consumi energetici ottenuti sono stati confrontati con i dati di bilancio energetico riportati in SIRENA20. La procedura è stata successivamente applicata al caso studio del Comune di Pisa, in condizioni climatiche medie nazionali, e validata con i dati del bilancio energetico comunale.

Introduzione

Essendo oggi gli indirizzi politici e le pratiche amministrative fortemente orientate verso l'applicazione delle tecniche economicamente sostenibili (cost optimal) per ottenere risparmi energetici sempre più significativi nel comparto edilizio, è di fondamentale importanza la ricerca su strumenti di analisi e di calcolo che possano superare le tradizionali valutazioni ad hoc svolte per singolo edificio e fornire quindi un quadro di insieme anche a media e grande scala. Ciò consente di verificare, anche a livello decisionale, l'entità del potenziale tecnico-economico, definire eventuali azioni di facilitazione/incentivazione presso gli utilizzatori nonché di monitorare l'efficacia delle stesse. Un insieme organico di interventi, pianificati su edifici e infrastrutture diffuse, può essere gestito a livello integrato utilizzando tecniche di elaborazione e condivisione delle informazioni che le Information and Communication Technologies (ICT) oggi forniscono. Da questa base ha mosso il presente studio, prendendo spunto dalla possibilità di acquisire una notevole mole di informazioni disponibili su diverse banche dati informatizzate al fine di svolgere elaborazioni specialistiche di stima dei fabbisogni energetici.

In particolare, per pianificare nuovi scenari di riqualificazione energetica urbana "Smart (Energy) District", con integrazione di fonti rinnovabili e relative strategie di accumulo, una stima della variazione di domanda oraria di energia conseguibile a seguito di interventi sui sistemi edificio-impianto risulta indispensabile. Tra i software di calcolo più utilizzati nell'ambito della progettazione urbana di reti e infrastrutture energetiche integrate, tradizionali ed intelligenti, quelli rivolti ad analisi dettagliate (EnergyPlan, Homer, ecc.) si basano, infatti, sull'analisi della domanda di energia oraria.

In tale quadro è stata sviluppata una procedura standardizzata, applicabile ai diversi insediamenti urbani nazionali, che consente di determinare i profili orari di domanda termica ed elettrica del distretto considerato. Da un punto di vista metodologico, è stato adottato un approccio innovativo di integrazione fra sistemi di raccolta dati e la loro interpretazione ed elaborazione sulla base di modelli fisici e matematici di sistemi edificio-impianti consolidati, grazie ad un efficace utilizzo della notevole mole di Big-data disponibili a livello nazionale per l'analisi di sistemi complessi come le città.

Nel dettaglio, il metodo adottato si basa su una procedura geo-referenzata, sviluppata con software QGIS ed elaborando apposite routine di calcolo nella consolle Python, che si avvale, da un lato, del Database Topografico (banche dati in corso di uniformazione alle specifiche IntesaGIS a livello nazionale) al fine di definire la consistenza volumetrica del parco edifici e, dall'altro lato, dei dati desumibili dal censimento nazionale Istat, elaborando i quali il comparto edilizio in esame viene caratterizzato sulla base delle diverse epoche di costruzione dei fabbricati distinti per le destinazioni d'uso residenziale e terziario-uffici, le più ricorrenti in ambito urbano che possano essere contemplate dalla pianificazione energetica su ampia scala in assenza di audit localmente mirati.

Per determinare i profili energetici orari, il metodo prevede simulazioni energetiche su base oraria con il software di calcolo dinamico TRNSYS. Le simulazioni muovono da un modello edilizio di semplice geometria parallelepipedica, da cui desumere i comportamenti energetici di zone termiche-tipo rappresentative delle diverse opzioni (condizioni al contorno) che possono concorrere a configurare qualsiasi geometria edilizia: zone termiche collocate al piano terra, ai piani intermedi e all'ultimo piano, in abbinamento alle posizioni di facciata centrali o angolari. Il set di simulazioni viene articolato sul modello edilizio variandone i carichi orari, in funzione della destinazione d'uso, e modificandone le caratteristiche termofisiche in funzione delle tecnologie realizzative tipiche delle diverse epoche di costruzione nonché, a seconda della località considerata, in base alle diverse tradizioni realizzative (edifici vecchi, con soluzioni differenziate secondo caratteri culturali d'area) e ai diversi requisiti prestazionali (edifici recenti, con soluzioni differenziate secondo fascia climatica). I fabbisogni termici orari delle zone termiche-tipo, ed i consumi elettrici per illuminazione ed apparecchiature, vengono ricondotti a profili di densità energetica (W/m^3) ed utilizzati per definire i dati energetici orari dell'intero parco edifici analizzato, grazie alla procedura di georeferenziazione che consente di estrapolare il volume totale delle zone termiche-tipo di cui il parco edifici è composto, differenziato per epoca di costruzione e per destinazione d'uso.

Infine, grazie alla geo-referenziazione dei dati riportati nei Catasti Territoriali degli Impianti Termici per quanto riguarda gli uffici, e all'elaborazione delle informazioni sugli impianti desumibili dal censimento Istat per quanto riguarda il residenziale, i fabbisogni termici per riscaldamento e raffrescamento precedentemente determinati vengono convertiti in consumi di energia finale.

Ai fini della pianificazione energetica urbana, l'analisi della distribuzione spaziale delle diverse caratteristiche mappate consente un agevole supporto per la definizione di strategie di riqualificazione. Inoltre, grazie ai dati orari generati con la procedura è possibile utilizzare in modo appropriato i software dettagliati di pianificazione energetica urbana. Oppure, reiterando la procedura con riferimento a nuove proprietà termofisiche e/o impiantistiche, è possibile ottenere dati di domanda energetica oraria previsionali per lo scenario considerato.

La procedura è stata sviluppata facendo riferimento al parco edifici del territorio comunale di Milano. Per verificarne la robustezza, i consumi energetici ottenuti sono stati confrontati con i dati di bilancio energetico riportati in SIRENA20. Successivamente, la procedura è stata applicata al territorio comunale di Pisa, selezionato quale caso studio, in condizioni climatiche medie nazionali, in base ai criteri di agevole accesso ai dataset necessari e della disponibilità referenti degli enti pubblici coinvolti a fornire eventuale supporto per l'interpretazione delle informazioni. I risultati ottenuti sono stati validati tramite il confronto con i consumi energetici riportati nel bilancio energetico comunale.

1 Descrizione delle attività svolte e risultati

L'obiettivo di questa ricerca è l'implementazione di una procedura per la stima dei profili di domanda termica ed elettrica di insediamenti urbani del contesto nazionale. La procedura prevede l'integrazione di dati territoriali contenenti informazioni geometriche, tipologiche ed impiantistiche sugli edifici esistenti, con i valori di intensità energetica specifica oraria simulati per una matrice di modelli edilizi.

1.1 Procedura di stima dei profili orari di domanda termica ed elettrica per insediamenti urbani

Il presente capitolo illustra, nel dettaglio, la procedura sviluppata per la determinazione dei profili orari di domanda energetica termica ed elettrica di parchi edilizi urbani. In particolare, il paragrafo 1.1 contiene la descrizione delle impostazioni di una matrice di modelli di simulazione energetica, rappresentativi di diversi edifici caratterizzati per destinazione d'uso e tecnologia costruttiva, volti a determinare le densità di profili orari relativi a fabbisogno termico e consumo elettrico per illuminazione ed apparecchiature, da assegnare al parco edilizio in esame. Il paragrafo 1.2 contiene la descrizione dettagliata dei passaggi procedurali per l'implementazione della procedura geo-referenzata al fine di definire la consistenza volumetrica del parco edifici, differenziato per epoca di costruzione e per destinazione d'uso. Il paragrafo contiene anche la descrizione della procedura volta a definire la dotazione impiantistica del parco.

Infine, la procedura consente di associare i valori di densità energetica ottenuti con i modelli di simulazione al volume costituente il parco edilizio e, tramite l'assegnazione dei rendimenti impiantistici, di ottenere i profili orari di consumo energetico distribuiti nell'area urbana considerata.

In Figura 1, è schematizzata la procedura sviluppata.

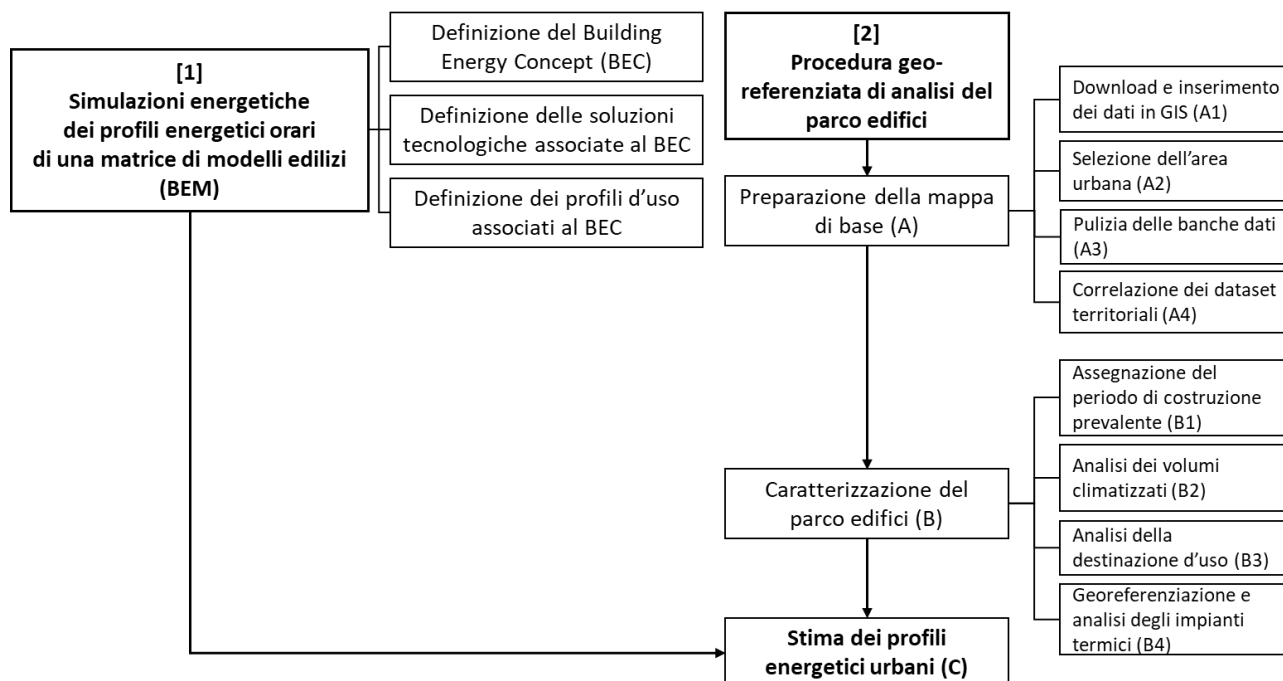


Figura 1. Schema della procedura sviluppata.

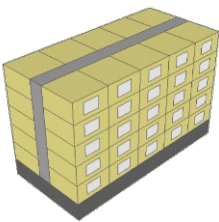
1.1.1 Simulazioni dei profili energetici orari per una matrice di modelli edilizi

Per la determinazione dei profili energetici di un parco edifici, sulla base dell'esperienza maturata in studi precedenti [1], si è ritenuto opportuno adottare un metodo deterministico. A tal fine, sono state svolte simulazioni basate su una matrice di modelli energetici di edifici rappresentativi del parco considerato (Building Energy Models, BEM), come descritto nel seguito.

1.1.1.1 Definizione del Building Energy Concept

È stato definito e modellato con il software TRNSYS 17¹ un unico volume a geometria semplice (il relativo modello 3D e le dimensioni sono mostrati in Tabella 1), denominato "Building Energy Concept" (BEC). Nel dettaglio, il BEC, secondo quanto definito a partire da studi precedenti [2,3], rivela pianta rettangolare ed è costituito da cinque piani climatizzati sopra un basamento non climatizzato (spazi comunemente destinati a garage, cantine, vani tecnici, ecc.). I piani climatizzati comprendono uno spazio centrale distributivo e due volumi lungo i lati maggiori dell'edificio contenenti cinque zone termiche a pianta quadrata con aperture sulla facciata principale.

Tabella 1. Geometria del Building Energy Concept.

Modello 3D	Grandezza [unità di misura]	Zona termica	Volume climatizzato	Spazio distributivo centrale non climatizzato	Basamento non climatizzato
	Lunghezza netta [m]	5.0	25.0	25.0	25.0
	Larghezza netta [m]	5.0	10.0	2.0	12.0
	Altezza netta [m]	2.7	13.5	13.5	2.4
	Numero di piani [-]	1.0	5.0	5.0	1.0
	Area di piano netta [m ²]	25.0	1250.0	250.0	300.0
	Volume netto [m ³]	67.5	3375.0	1250.0	720.0

Ai fini del presente studio, l'analisi energetica del modello ha focalizzato sulle zone termiche rappresentative delle differenti condizioni al contorno di scambio termico che compongono una qualsivoglia geometria edilizia.

Più nel dettaglio, infatti, facendo riferimento ai solai orizzontali dell'edificio, le zone termiche appartenenti al primo piano climatizzato sono caratterizzate da scambi termici attraverso il solaio inferiore, a contatto con il basamento; quelle appartenenti all'ultimo piano climatizzato, da scambi termici attraverso il solaio di copertura a contatto con l'esterno; mentre quelle ai piani intermedi possono considerarsi in equilibrio termico, assumendo con buona approssimazione le medesime condizioni di temperatura tra una zona termica e l'altra. Sulla base di tali considerazioni, dunque, si possono classificare i piani di un edificio secondo 3 diverse casistiche di zone termiche: inferiori, intermedie e superiori.

Facendo riferimento alle pareti verticali dell'edificio, gli scambi termici con l'ambiente esterno implicano le seguenti casistiche: 2 zone termiche posizionate agli estremi opposti della facciata, aventi ciascuna una parete sul fronte dell'edificio ed una sul fianco laterale, con esposizione a destra e sinistra rispettivamente, ed 1 zona termica in posizione intermedia, caratterizzata dalla sola parete sul fronte dell'edificio.

In sintesi, combinando le condizioni al contorno orizzontali e verticali, si ottengono 9 zone termiche tipo (ZTT).

Inoltre, assumendo con buona approssimazione che nell'ambito di una valutazione prestazionale su scala urbana lo stock edilizio risulti orientati in modo variegato, come risultati di simulazione energetiche delle casistiche, si possono adottare i valori medi dei modelli orientati secondo i 4 orientamenti principali (nord, sud, est, ovest). Di conseguenza, i dati simulati con i modelli vengono estrapolati, ed assegnati al parco edifici

¹ <http://www.trnsys.com/>

considerato, in ragione di 3 delle 6 zone termiche angolari simmetriche, riducendo dunque il numero delle ZTT da 9 a 6. In Figura 2, è mostrato il BEC con le 6 Zone Termiche Tipo: alla base dell'edificio in posizione angolare (BA) e in posizione centrale (BC), ad un piano intermedio in posizione angolare (IA) e in posizione centrale (IC), al piano superiore in posizione angolare (SA) e in posizione centrale (SC).

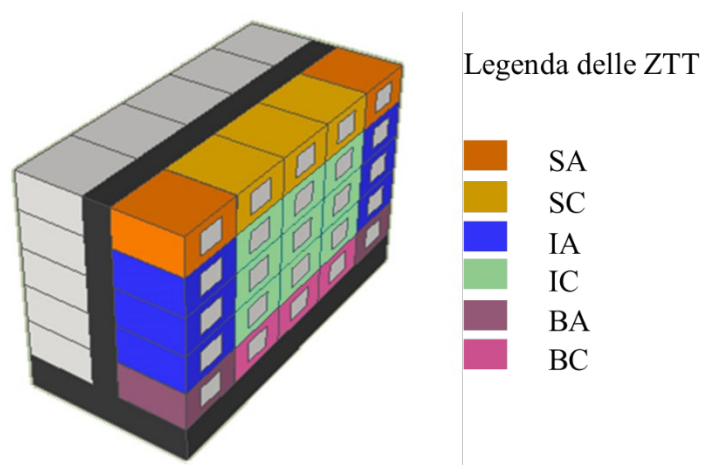


Figura 2. Modello tridimensionale del Building Energy Concept e delle Zone Termiche Tipo.

1.1.1.2 Soluzioni tecnologiche associate ai diversi periodi di costruzione

La definizione della matrice di modelli energetici edilizi (Building Energy Models o BEM) prevede l'assegnazione al BEC di diverse soluzioni tecnologiche edilizie relative a tre macro-periodi di costruzione ("vecchio", fino al 1960, "anni '60-'80" e "recente", post 1990) definite, con opportune specifiche in funzione della diversa collocazione nazionale, nell'ambito di una precedente ricerca svolta sul tema [2], sulla base dei quali saranno raggruppate le 9 epoche di costruzione classificate da Istat per le successive elaborazioni a scala urbana.

Per ogni epoca di costruzione, dunque, è stata considerata una soluzione di involucro con ampiezza della superficie vetrata convenzionale (assunta pari a 1/8 della superficie di pavimento), avente le seguenti generiche caratteristiche:

- muratura piena per gli edifici vecchi;
- muratura a cassa vuota per gli edifici risalenti al periodo '60-'80;
- muratura a cassavuota isolata per gli edifici di recente costruzione.

Inoltre, per la destinazione ad uso ufficio, ad esclusione del periodo "vecchio", sempre sulla base della precedente ricerca, sono state considerate le seguenti soluzioni ampiamente vetrate, quali ricorrenti alternative:

- involucro verticale costituito da pannelli sandwich con superfici vetrate per il 60% della facciata principale, per gli edifici risalenti al periodo '60-'80;
- muratura a cassa vuota isolata e facciata principale vetrata continua per gli edifici di recente costruzione.

1.1.1.3 Profili d'uso associati alle diverse destinazioni d'uso

L'assegnazione dei profili di utilizzo degli edifici (occupanti, apparecchiature elettriche, illuminazione artificiale, ricambio aria per infiltrazione e ventilazione e temperatura di set-point) è avvenuta sulla base delle seguenti assunzioni.

Per l'assegnazione dei profili d'uso relativi ad occupanti, apparecchiature elettriche ed illuminazione, e ricambi d'aria, si è fatto riferimento alla norma ISO 17772 (parte 1 [4] e 2 [5]), facente parte del pacchetto di

norme e quaderni tecnici EPB. Tuttavia, durante la validazione della procedura, come menzionato nell'apposito paragrafo 1.2.4, si è potuto constatare che per gli edifici residenziali la loro adozione comportava una sovrastima dei consumi elettrici sia per il caso di Milano sia per quello di Pisa. Pertanto, si è proceduto con l'adozione dei profili degli apporti elettrici interni riferiti agli edifici plurifamiliari riportati nel quaderno tecnico SIA 2024-2015 [6], già utilizzati in studi precedentemente condotti su edifici della nostra realtà nazionale [3,7] in quanto determinati a partire da casi studio residenziali di area sudeuropea. I profili SIA per il caso di Milano sono riportati in Figura 3. In Figura 4 sono riportati i profili ISO 17772 relativi all'uso ufficio.

È stato inoltre assunto un tasso di ricambio aria per infiltrazione costante durante tutte le ore del giorno. I profili ottenuti sono riportati in Figura 5 per il settore residenziale ed in Figura 6 per gli uffici.

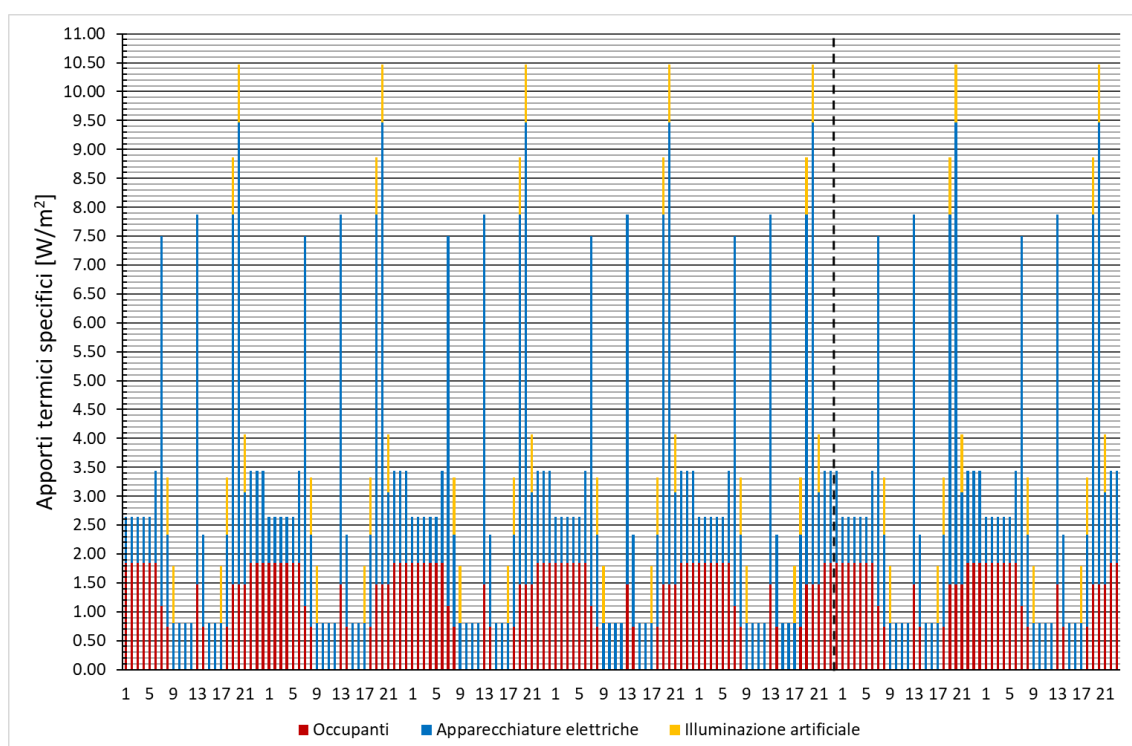


Figura 3. Profilo settimanale degli apporti termici interni per gli edifici residenziali da SIA 2024-2015.

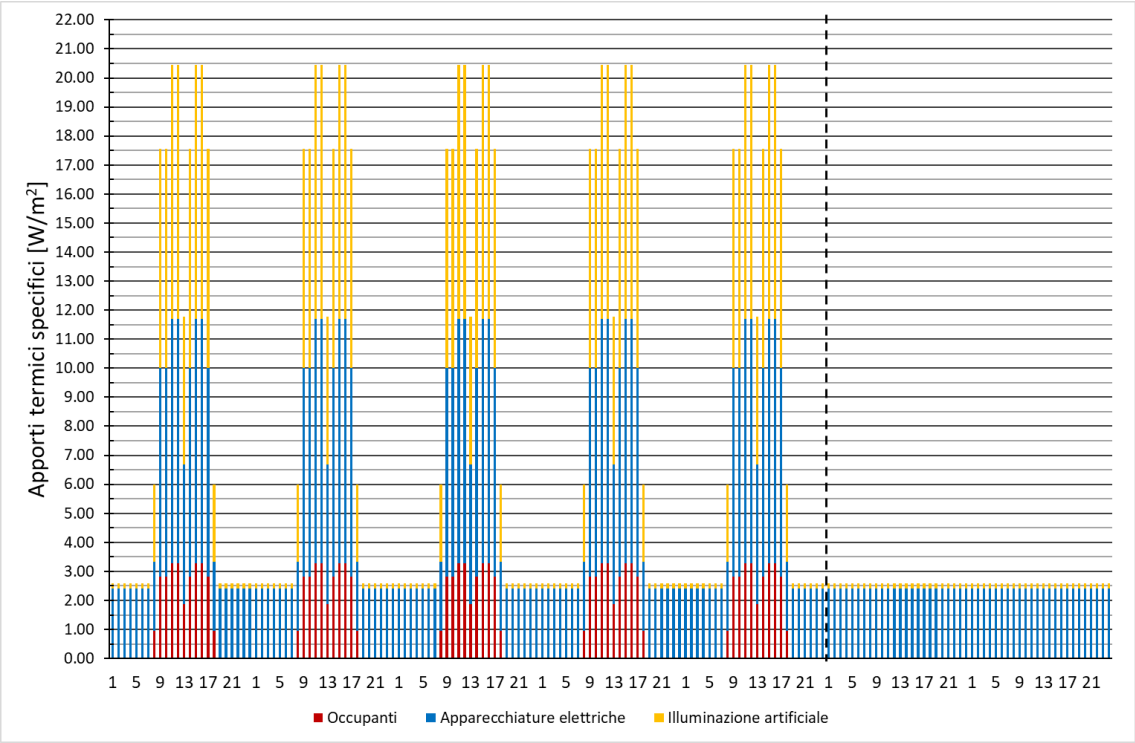


Figura 4. Profilo settimanale degli apporti termici interni per gli edifici ad uso ufficio da ISO 17772.

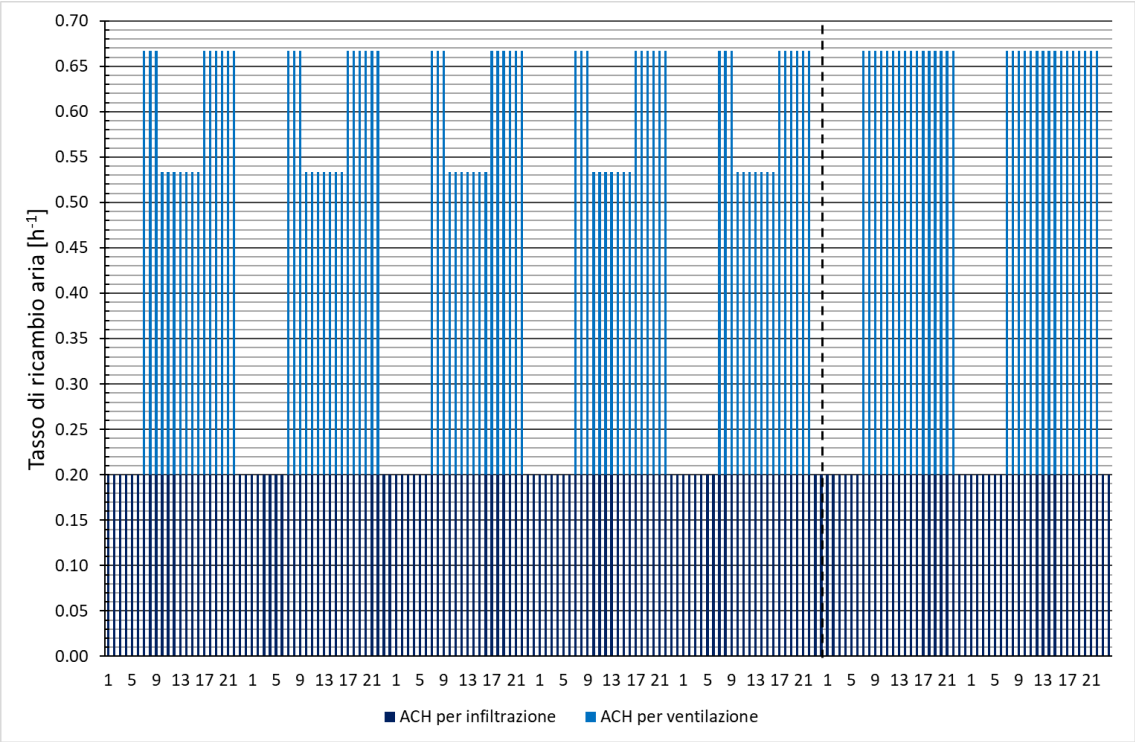


Figura 5. Profilo settimanale del tasso di ricambio aria per gli edifici ad uso residenziale da ISO 17772.

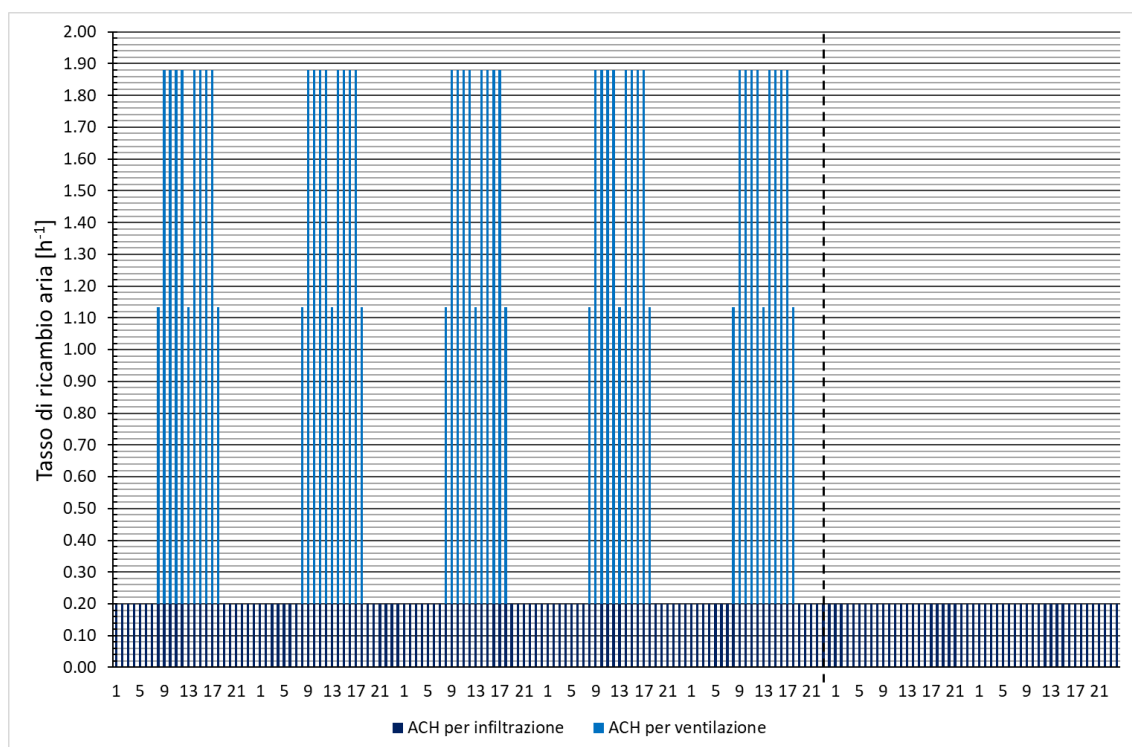


Figura 6. Profilo settimanale del tasso di ricambio aria per gli edifici ad uso ufficio da ISO 17772.

In Italia, la stagione di riscaldamento ed il numero di ore giornaliere limite per l'attivazione dell'impianto sono definiti dal D.P.R. 412/1993 [8], sulla base dei Gradi Giorno (Tabella 2). Non vi sono prescrizioni per quanto concerne l'attivazione degli impianti di raffrescamento.

Dunque, il controllo della temperatura di set-point per riscaldamento è stato impostato entro i termini previsti per la zona climatica d'appartenenza. Su base giornaliera, nel caso di edificio residenziale è stato considerato il numero di ore di attivazione suddiviso in due fasce, intervallate negli orari centrali della mattinata come da diffusa prassi; nel caso di edificio ad uso uffici l'attivazione è stata invece considerata seguendo l'orario di occupazione. Il controllo della temperatura ambiente massima, set-point di raffrescamento, è stato attivato per tutto l'anno e, nel caso dell'edificio ad uso uffici, limitato alle sole ore di occupazione.

Tabella 2. Stagione di riscaldamento e numero di ore limite per fascia climatica (in celeste quelli usati per i due casi studio).

Fascia climatica	GG	Stagione di riscaldamento	Numero di ore al giorno limite
A	≤ 600	1 Dicembre – 15 Marzo	6
B	601-900	1 Dicembre – 31 Marzo	8
C	901-1400	15 Novembre – 31 Marzo	10
D	1401-2100	1 Novembre – 15 Aprile	12
E	2101-3000	15 Ottobre - 15 Aprile	14
F	>3000	illimitato	illimitato

Nel seguito è descritto l'approccio adottato per il controllo della temperatura ambiente.

Convenzionalmente, il regime di funzionamento degli impianti rimanda alla temperatura dell'aria rilevata in ambiente e, di conseguenza, anche i set-point assunti per le simulazioni energetiche degli edifici sono comunemente impostati sulla base della medesima, secondo i valori riportati negli standard sul comfort termico benché questi, in realtà, riconducano a valori di temperatura operativa. Di fatto, la necessità di correggere le condizioni termiche ambientali sfavorevoli, in particolare dovute al contributo delle

temperature radianti superficiali, causa spesso una diversa impostazione dei termostati ambiente, e, di conseguenza, un diverso andamento dei consumi energetici associati.

Nel caso di edificio ad uso uffici, sono stati dunque impostati valori di set-point pari a 20°C in inverno e 26°C in estate in termini di temperature operative. Per l'edificio residenziale, inoltre, la temperatura operativa estiva è stata considerata variabile, verosimilmente riconducibile ad una gestione meno "rigida" degli impianti, secondo l'approccio del comfort adattivo, che rimanda al parametro dinamico di temperatura esterna rilevata nel recente periodo. Le equazioni di comfort adattivo sono infatti state sviluppate, per differenti usi e contesti climatici, considerando che gli occupanti sono soliti adattare le condizioni ambientali a prescindere dalla presenza dell'impianto di condizionamento, come è tipico nella prassi italiana degli edifici residenziali. In tali condizioni, i fabbisogni termici reali dipendono molto dalle strategie di mitigazione adottate dagli occupanti e le aspettative termiche sono strettamente correlate alle condizioni climatiche esterne (esperienza termica). L'equazione di comfort adattivo utilizzata nel presente lavoro è stata recepita da una precedente ricerca svolta sul tema [9]. Sempre per l'edificio residenziale, inoltre, è stato assunto un tasso di ventilazione maggiorato durante i periodi estivi (apertura delle finestre per contrastare il surriscaldamento interno, come assunto in [10]). Nel dettaglio, la strategia di free-cooling viene attivata quando la temperatura operativa interna è maggiore di quella di comfort, calcolata con l'equazione adattiva, e qualora l'aria esterna risulti ad una temperatura minore di quella di comfort; altrimenti, se la temperatura esterna risulta maggiore di quella di comfort, vengono simulate le normali condizioni di ventilazione, con richiesta di energia per raffrescamento secondo il set-point di temperatura adattiva.

1.1.2 Procedura geo-referenzata di analisi del parco edifici

È stata definita una procedura con lo scopo di implementare, sulla base di dati ampiamente disponibili sul territorio nazionale, un database georeferenzato in ambiente GIS utile a caratterizzare un parco edifici dal punto di vista delle caratteristiche tecnologiche funzionali alla stima dei relativi profili di consumo energetico.

1.1.2.1 Stato dell'arte sui dati territoriali in Italia

La Comunità Europea (CE) riconosce il ruolo delle informazioni, comprese quelle territoriali, quale strumento fondamentale di supporto alla formulazione e l'attuazione di politiche in materia ambientale e, al contempo, della difficoltà di reperirle e renderle integrabili soprattutto quando provenienti da fonti differenti. Con l'obiettivo di promuovere un coordinamento fra gli Stati Membri, la Direttiva Europea 2007/2/CE [11] ha istituito la cosiddetta "Infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea (INSPIRE)", ossia l'insieme dei "metadati, i set di dati territoriali e i servizi relativi ai dati territoriali; i servizi e le tecnologie di rete; gli accordi in materia di condivisione, accesso e utilizzo dei dati e i meccanismi, i processi e le procedure di coordinamento e di monitoraggio stabilite, attuate o rese disponibili conformemente alla direttiva". Con l'articolo 5 e gli allegati I, II e III, la direttiva INSPIRE definisce le categorie tematiche per le quali devono essere creati ed aggiornati continuamente i metadati per i set di dati territoriali e i servizi ad essi relativi (Tabella 3) fra le quali si annoverano anche quelle riferite al patrimonio immobiliare (nella tabella sono evidenziate in celeste).

In Italia, la Direttiva INSPIRE è stata recepita con il D.L.G. n.32/2010 [12], il cui fine è la "realizzazione di una infrastruttura nazionale per l'informazione territoriale e del monitoraggio ambientale che consenta allo Stato italiano di partecipare all'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea, di seguito INSPIRE, per gli scopi delle politiche ambientali e delle politiche o delle attività che possono avere ripercussioni sull'ambiente". A tale fine, il decreto ha lo scopo di stabilire "norme generali per lo scambio, la condivisione, l'accesso e l'utilizzazione, in maniera integrata con le realtà regionali e locali, dei dati necessari". Il decreto cita anche l'esistenza di due risorse atte a raccogliere e certificare l'esistenza di metadati territoriali presso le pubbliche amministrazioni locali, favorendone così la consultazione e diffusione in ottemperanza

alle prescrizioni della Direttiva INSPIRE, ossia il Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali (RNDT)² e del Geoportale Nazionale³.

Di fatti, la direttiva INSPIRE, insieme al suo recepimento nella normativa nazionale, rappresentano il quadro generale in cui si colloca l'elaborazione dei dataset territoriali adoperati per la procedura.

Tabella 3. Categorie tematiche riportate negli allegati della Direttiva INSPIRE (in celeste quelle inerenti alla procedura).

Allegato I	Allegato II	Allegato III
1. Sistemi di coordinate	1. Elevazione	1. Unità statistiche
2. Sistemi di griglie geografiche	2. Copertura del suolo	2. Edifici
3. Nomi geografici	3. Orto immagini	3. Suolo
4. Unità amministrative	4. Geologia	4. Utilizzo del territorio
5. Indirizzi		5. Salute umana e sicurezza
6. Parcelle catastali		6. Servizi di pubblica utilità e servizi amministrativi
7. Reti di trasporto		7. Impianti di monitoraggio ambientale
8. Idrografia		8. Produzione e impianti industriali
9. Siti protetti		9. Impianti agricoli e di acquacoltura
		10. Distribuzione della popolazione—demografia
		11. Zone sottoposte a gestione/limitazioni/regolamentazione e unità con obbligo di comunicare dati
		12. Zone a rischio naturale
		13. Condizioni atmosferiche
		14. Elementi geografici meteorologici
		15. Elementi geografici
		16. Regioni marine
		17. Regioni biogeografiche
		18. Habitat e biotopi
		19. Distribuzione delle specie
		20. Risorse energetiche
		21. Risorse minerarie

1.1.2.1.1 Il Data Base Topografico

Il Decreto del 10 novembre 2011 [13] definisce i database geotopografici quali archivi di dati territoriali organizzati secondo le regole di struttura e di contenuto individuate negli allegati 1 ("Catalogo dei dati territoriali – Specifiche di contenuto per i DataBase Geotopografici") e 2 ("Il modello GeoUML – Regole di interpretazione delle specifiche di contenuto per i DataBase Geotopografici") del decreto stesso e specifica che essi costituiscono la "base informativa territoriale delle amministrazioni per la raccolta e la gestione dei

² <https://geodati.gov.it/geoportale/>

³ <http://www.pcn.minambiente.it/mattm/>

dati territoriali". Le prescrizioni contenute negli allegati fanno sì che i database geotopografici, anche detti database topografici (DBT), siano "interoperabili a livello europeo e compatibili con Regolamento (UE) n. 1089/2010 della Commissione del 23 novembre 2010 recante attuazione della direttiva 2007/2/CE del Parlamento europeo e del Consiglio". Inoltre, va ricordato che i documenti di riferimento per l'attività di revisione e integrazione delle Specifiche di Contenuto sono quelli prodotti nell'ambito del protocollo d'Intesa Stato-Regioni-Enti Locali, denominato "IntesaGIS" [14].

L'allegato 1 contiene il "Catalogo dei Dati Territoriali", ossia una particolare Specifica di Contenuto, dove per "Specifica di Contenuto" si intende la definizione dei contenuti che un Data Product (ossia una raccolta organizzata e coerente di informazioni territoriali, ad esempio un insieme di file o da un database) deve possedere per essere conforme alla specifica stessa. L'allegato 2 contiene il cosiddetto "modello GeoUML", che definisce lo Schema Concettuale di una Specifica di Contenuto e ne detta le regole di interpretazione.

Preliminarmente all'indicazione dei dati territoriali e delle loro caratteristiche, si riportano alcune definizioni tratte dal modello GeoUML. Alla base di una Specifica di Contenuto vi è la "classe", ossia "un insieme di oggetti⁴ che possiedono proprietà omogenee". Un oggetto appartenente a una classe è chiamato "istanza" della classe. Per ogni classe viene indicata la scala di rappresentazione per cui la sua rilevazione è obbligatoria; in particolare, il Catalogo dei Dati Territoriali fa riferimento a due livelli di scala, quali 1:1000/2000 e 1:5000/10000. Per definire le proprietà di una classe si usano gli "attributi"⁵; nel caso in cui questi siano di natura geometrica sono anche detti "componenti spaziali" (della classe). Per comodità, i DBT possono essere strutturati secondo una gerarchia in cui le classi sono raggruppate in Temi e questi ultimi in Strati.

Fatta questa premessa, viene di seguito illustrata la struttura del DBT secondo il Catalogo dei Dati Territoriali. Esso è articolato nei seguenti strati:

- 00 Informazioni geodetiche e fotogrammetriche;
- 01 Viabilità, mobilità e trasporti;
- **02 Immobili ed antropizzazioni;**
- 03 Gestione viabilità e indirizzi;
- 04 Idrografia;
- 05 Orografia;
- 06 Vegetazione;
- 07 Reti di sottoservizi;
- 08 Località significative e scritte cartografiche;
- 09 Ambiti amministrativi;
- 10 Aree di pertinenza.

Lo strato "02 Immobili ed antropizzazioni" è quello utile ai fini della procedura poiché "raccolge la definizione di tutti quegli oggetti che derivano da attività antropica nel territorio e che non costituiscono infrastruttura di trasporto (descritte invece nello strato specifico)" ed è costituito dai seguenti temi:

- **01 Edificato** (sia di natura abitativa che industriale che attività del terziario);
- 02 Manufatti (opere che non hanno carattere di stabilità in termini di abitabilità e localizzazione umana); variamente dislocati nel territorio;
- 03 Opere delle infrastrutture di trasporto (opere come i manufatti ma di maggiore complessità);
- 04 Opere di sostegno e di difesa del suolo;
- 05 Opere idrauliche, di difesa e di regimazione idraulica.

⁴ Un "oggetto territoriale" è definito come la rappresentazione astratta di un fenomeno reale connesso con una località o un'area geografica specifica [11].

⁵ Un "attributo" è definito come una caratteristica di un tipo, conformemente all'articolo 8, paragrafo 2, lettera c), della direttiva 2007/2/CE, il quale enuncia così: "(c) gli attributi chiave e i corrispondenti tesauri multilingue comunemente necessari per le politiche che possono avere ripercussioni dirette o indirette sull'ambiente".

Il tema "01 Edificato" è l'unico rilevante ai fini della procedura. Esso, infatti, "raggruppa la definizione degli edifici, intesi come costruzioni stabili, in muratura, legno, pannelli prefabbricati o altro materiale, coperti con un tetto, destinati per la maggioranza dei casi all'abitazione permanente dell'uomo od allo svolgimento delle attività lavorative o ricreative sportive" ed è composto dalle seguenti classi:

- **UN_VOL-020101 Unità Volumetrica**, d'ora in poi denominata semplicemente "Unità Volumetrica" o "UV", è definita come "il volume elementare riferito ad un edificio. Il termine unità volumetrica indica quindi un corpo costruito la cui sommità è costituita da una superficie piana reale, ad esempio un tetto piano, oppure da una superficie piana ideale che definisce quello che può essere considerato il volume del corpo edificato ai fini di un calcolo, ancorché approssimato, della sua volumetria. La quota di questa superficie piana, reale o ideale, viene detta quota di gronda dell'unità volumetrica";
- **EDIFC-020102 Edificio**, d'ora in poi denominata semplicemente "Edificio", è definito come "un corpo costruito che non presenta soluzione di continuità, ha un'unica tipologia edilizia, può avere più categorie d'uso, ha un dato stato di conservazione, può eventualmente essere sotterraneo". Esso è composto da una o più Unità Volumetriche;
- **CS_EDI-020103 Cassone edilizio**, definita come "l'involuppo di tutti gli edifici adiacenti senza soluzione di continuità. Rappresenta l'ingombro al suolo di un corpo costruito ed è perciò delimitato dalla proiezione al suolo di tutti i muri perimetrali. È caratterizzato anche dalla sua massima estensione, comprensiva quindi di tutti gli eventuali oggetti e sottopassaggi".
- **ELE_CP-020104 Elemento di copertura**, atta a descrivere "una delle varie parti di copertura di un edificio, cioè falde, terrazzi, cupole, etc. ma anche elementi a completamento delle coperture e che sono mutuamente esclusivi rispetto alle falde nella vista dall'alto, cioè "bucano le falde di copertura".
- **PAR_AR-020105 Particolare architettonico**, comprendente "tutti i particolari architettonici in genere di pertinenza di un dato edificio ma che non hanno occupazione spaziale significativa tale da poter essere definita come unità volumetrica autonoma (comignoli, balconi, colonne e pilastri, abbaini, ecc.)";
- **EDI_MIN-020106 Edificio minore**, comprendente tutti quegli "oggetti che completano la definizione dell'edificato ma che non sono veri e propri edifici", ad esempio per via di una natura instabile, delle dimensioni, dell'uso o della permanenza non continuativa delle persone.

In Tabella 4 sono riportati gli attributi e le componenti spaziali delle classi rilevanti per la procedura, ossia l'Unità Volumetrica e l'Edificio.

Inoltre, per dare un'idea della replicabilità della procedura di seguito illustrata, nell'attesa dell'adeguamento ai requisiti del decreto previsto in tutto il territorio nazionale, si riporta l'esito di una ricognizione sullo stato di diffusione del DBT nelle varie Regioni Italiane condotta durante lo svolgimento della presente ricerca:

- in Valle d'Aosta, risulta disponibile la Carta Tecnica tradizionale in formato raster;
- in Piemonte, la cosiddetta Base Dati Territoriale di Riferimento degli Enti (BDTRE) è accessibile dal sito del Geoportale regionale⁶; per la sua redazione sono state predisposte due specifiche: una completa ai sensi del Decreto del 10/11/2011, della legge regionale, del Modello GeoUML ed una semplificata per l'aggiornamento della cartografia da parte degli Enti e per produzioni cartografiche di minor precisione; infine, si segnala che nel sito è dichiarato che tutti i dati e i servizi sono resi disponibili in modalità open;
- in Liguria, la Carta Tecnica Regionale 1:5000 - 2007/2013 - II Edizione 3D / DB Topografico è accessibile nonché scaricabile liberamente dal sito del Geoportale regionale⁷;
- in Lombardia, il Database Topografico (DBT) è accessibile e liberamente scaricabile dal sito del Geoportale di Regione Lombardia⁸, è completamente aggiornato su quasi tutto il territorio regionale;

⁶ <https://www.geoportale.piemonte.it/cms/bdtre/bdtre-2>

⁷ <https://geoportal.regione.liguria.it/visualizzatore/liguria-3d/ctr-database-topografico.html>

⁸ <http://www.geoportale.regione.lombardia.it/stato-database-topografici>

- in Trentino-Alto-Adige, bisogna differenziare fra le due province autonome. Nella provincia autonoma di Trento, il cosiddetto Database GeoTopografico Provinciale (DBGP) è accessibile dal sito del Portale Geocartografico provinciale⁹; la sua completa realizzazione risulta ancora in corso. Nella provincia autonoma di Bolzano, risulta disponibile la Carta Tecnica tradizionale in formato raster;
- in Friuli-Venezia-Giulia, risulta disponibile la Carta Tecnica tradizionale in formato raster;
- in Veneto, il Database Topografico è visualizzabile e scaricabile dal sito del Geoportale regionale¹⁰;
- in Emilia-Romagna, il Database Topografico Regionale (DBTR) è accessibile e scaricabile liberamente dal sito del Geoportale regionale¹¹;
- in Toscana il DBT 1:2.000 è visualizzabile e scaricabile liberamente per alcune province (Livorno, Pisa, Pistoia, Prato, Siena)¹²;
- nelle Marche, la Carta Tecnica Regionale (CTR scala 1:1000), in formato vettoriale e contenente alcune informazioni sugli edifici, è visualizzabile liberamente¹³;
- nel Lazio, il Database Geotopografico (DBGT) è accessibile dal Geoportale regionale¹⁴ e può essere ottenuto tramite autenticazione;
- in Abruzzo, per la realizzazione del DBT, che è attualmente accessibile tramite autenticazione¹⁵, sono state integrate le informazioni delle cartografie in scala 1:25000, 1:10000 e 1:5000 ognuna visualizzabile alla scala opportuna;
- in Umbria, il cosiddetto "DataBase Topografico multiscala" alle scale 1:2000, 1:5000, 1:10.000 e 1:25.000 è in corso di realizzazione; attualmente è disponibile e scaricabile liberamente solo per alcune aree sparse¹⁶;
- in Molise il sito risulta inaccessibile ma dal RNDT¹⁷ si evince che il DBTIG sia stato caricato e contenga le informazioni relative agli ambiti amministrativi, l'idrografia, le infrastrutture di trasporto ed il territorio urbanizzato;
- in Campania, il Data Base Topografico è accessibile dal sito del Geoportale regionale¹⁸; vi si dichiara che è ottenibile alla scala 1:5.000 ed alla scala comunale tramite richiesta;
- in Puglia, il DBT è realizzato solo per pochi strati (copertura topologica e viabilità) ed è visualizzabile dal sito del Sistema Informativo Territoriale¹⁹;
- in Calabria, il Database Geotopografico è accessibile dal sito del Geoportale regionale e scaricabile liberamente²⁰; quello attuale prende il nome di "DBT 25K" ed è stato realizzato per derivazione dalla Carta Tecnica Regionale 5K e dal "DBT 5K" della Regione Calabria;
- in Basilicata, il Database Topografico della Regione Basilicata alla scala 1:5000 è accessibile e liberamente scaricabile dal sito degli open data²¹;

⁹http://www.territorio.provincia.tn.it/portal/server.pt/community/database_geografico_provinciale/1085/database_geografico_provinciale/28931

¹

¹⁰<https://idt2.regione.veneto.it/portfolio/webgis-del-geoportal-della-regione-del-veneto/>

¹¹<https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/approfondimenti/database-topografico-regionale>

¹²<http://dati.toscana.it/dataset/dbt2k>

¹³[https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica/Cartografia/Web_Gis#Carta-Tecnica-Regionale-\(CTR\)](https://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica/Cartografia/Web_Gis#Carta-Tecnica-Regionale-(CTR))

¹⁴<https://geoportale.regione.lazio.it/geoportale/servizi/servizi-cittadini/servizio-database-geotopografico>

¹⁵<http://geoportale.regione.abruzzo.it/Cartanet/catalogo/cartografia-di-sfondo-raster/dbt-multiscala>

¹⁶<http://www.umbriageo.regione.umbria.it/pagine/db-topografico-integrato-multiscala-specifiche-reg>

¹⁷https://geodati.gov.it/geoportalRNDTPA/catalog/search/resource/details.page?uuid=r_molise%3A00001%3A20120620%3A114539 ;

<http://www3.regione.molise.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/450>

¹⁸<https://sit2.regione.campania.it/notizia/data-base-topografico>

¹⁹http://www.sit.puglia.it/portal/portale_cartografie_tecniche_tematiche/Cartografie%20tecniche/DBT%20Multiscala%202006%20-%20Copertura%20Topologica

²⁰<http://geoportale.regione.calabria.it/home>

²¹<http://dati.regione.basilicata.it/catalog/dataset/database-topografico-della-regione-basilicata-alla-scala-1-5000>

- in Sardegna, l'attuale Database Geotopografico (DBGT10k), ultima versione del DBT basato sulle informazioni provenienti dalla Carta Tecnica Regionale, è accessibile dal sito del Geoportale regionale ed è liberamente scaricabile²²;
- in Sicilia, risulta disponibile la Carta Tecnica tradizionale in formato raster.

²² <http://www.sardegna.geoportale.it/areetematiche/databasegeotopografico/>

Tabella 4. Attributi e componenti spaziali delle classi Unità Volumetrica e Edificio.

Strato		02 Immobili ed antropizzazioni							
Tema		0201 Edificato							
Classe		Unità Volumetrica (UN_VOL - 020101)		Edificio (EDIFC - 020102)					
Attributi della classe	Nome	0201 01 02 UN_VOL_AV	0201 01 03 UN_VOL_PORZ	0201 02 01 EDIFC_TY	0201 02 02 EDIFC_USO	0201 02 03 EDIFC_SOT	0201 02 04 EDIFC_STAT	02010206 EDIFC_MON	02010221 EDIFC_NOME
	Descrizione	Altezza volume	Tipo di porzione	Tipologia edilizia	Categoria uso	Sotterraneo	Stato	Monumentale	Nome
	Istanze		01 al suolo 02 ad aggetto 03 soffitto di portico 04 soffitto di sottopassaggio 05 soffitto di loggia 06 intermedia 07 sovrapposta 08 sotterranea 09 archivolto, corridoio coperto 95 altro	01 generica 02 palazzo a torre, grattacielo 03 edificio tipico 04 villa 05 villetta a schiera 06 battistero 07 campanile 08 capannone 09 edificio rurale 10 castello 11 chiesa 12 anfiteatro 13 faro 14 hangar 15 minareto, moschea 16 tempio 17 mulino 18 osservatorio 19 palazzetto dello sport 20 sinagoga 21 stadio 22 cattedrale 95 altro	01 residenziale 02 amministrativo 03 servizio pubblico 04 militare 05 luogo di culto 06 servizi di trasporto 07 commerciale 08 industriale 09 agricolturale 10 ricreativo 11 carcere, istituto di pena 12 strutture ricettive 95 altro	01 non sotterraneo 02 sotterraneo	01 in costruzione 02 diruto / rudere 03 costruito		
Componenti spaziali della classe	Nome	0201 01 101 UN_VOL_SUP		020181101 EDIFC_IS	020181102 CR_EDF_ME				
	Descrizione	Superficie di base dell'Unità Volumetrica		Superficie di ingombro al suolo dell'edificio o dell'edificio minore nel suo complesso	Superficie di massima estensione dell'edificio o dell'edificio minore				

1.1.2.1.2 Il 15° Censimento Generale della Popolazione e delle Abitazioni

Nel 2011, l'Istituto Nazionale di Statistica (Istat) ha provveduto al 15° Censimento Generale della Popolazione e delle Abitazioni (CGPA), che include la rilevazione degli edifici su tutto il territorio nazionale²³. Esso ha previsto la somministrazione di un "questionario in forma completa" (anche detto "long form") a tutta la popolazione residente nei comuni con meno di 20mila abitanti il 1° gennaio 2008 e ad un terzo della popolazione nei comuni con oltre 20mila abitanti e nei capoluoghi e di un "questionario in forma ridotta" (anche detto "short form") a tutto il resto della popolazione. Come descritto in [15], i dati raccolti su tutta la popolazione vengono forniti pubblicamente come:

- **Basi territoriali (Bt)**, ossia dati geografici visualizzabili tramite un software GIS per quattro diverse scale territoriali:
 - **Sezioni di Censimento**, ossia le unità territoriali minime di rilevazione del comune sulla cui base è organizzata la rilevazione censuaria;
 - **Aree di censimento (ACE)**, ossia i raggruppamenti di sezioni di censimento, tra loro contigue, intermedie tra sezioni e località di centro abitato, appartenenti ai centri principali, che sono state costruite tenendo conto anche di dati demografici e sociali, al fine di ottenere delle aree con un numero di abitanti compreso, salvo eccezioni, tra i 13mila e i 18mila, nonché i suggerimenti dei comuni interessati;
 - **Aree subcomunali (ASC)**, ossia frazionamenti del territorio comunale in unità di decentramento amministrative e/o toponomastiche (circoscrizioni amministrative, quartieri, rioni, zone urbanistiche, ecc.), ottenuti dalla somma di intere sezioni di censimento;
 - **Località**, ossia aree più o meno vaste di territorio, conosciute di norma con un nome proprio, sulle quali sono situate una o più case raggruppate o sparse; possono avere funzione abitativa o produttiva; il loro confine corrisponde con i bordi di un raggruppamento di almeno quindici fabbricati;
- **Confini amministrativi**, contenenti file geografici e file di corredo alle Basi territoriali;
- **Variabili censuarie (Vc)**, ossia i dati del Censimento Generale della Popolazione e Abitazioni e del Censimento dell'industria e Servizi, associabili, mediante codici di collegamento, alle partizioni del sistema delle Basi territoriali;
- **Dati Toponomastici**, ossia i dati provvisori degli stradari e numeri civici utilizzati nel corso del 15° Censimento generale della popolazione e delle abitazioni.

Per l'applicazione della procedura sono necessarie le Basi territoriali e le Variabili censuarie, entrambe reperibili alla pagina contenente la lista dei dati geografici²⁴. Per quanto concerne le Bt, sono state reperite quelle territoriali riferite all'anno 2011, alla scala della sezione di censimento, al sistema di coordinate WGS 84 UTM Zona 32n ed alla voce "Sezioni di Censimento –formato xls e shp". Qui esse vengono fornite per ogni Regione come cartelle .zip contenenti un file in formato Excel e quattro file dello "shapefile", nel dettaglio aventi estensioni .shp (relativo alle geometrie), .shx (relativo all'indice delle geometrie), .prj (relativo all'informazione sul sistema di coordinate) e .dbf (relativo alle informazioni degli attributi). Per quanto concerne le Vc, bisogna scaricare la cartella zip riferita al 2011 ed alla voce "Censimento della popolazione e delle abitazioni (xls-csv)". Essa contiene quattro cartelle, denominate "Aree di censimento", "Aree subcomunali", "Località" e "Sezioni di Censimento" (quest'ultima utilizzata per il presente studio), ognuna delle quali contenente un file .csv per Regione, in cui sono riportate le variabili censuarie della relativa scala territoriale, ed un file .csv denominato "tracciato" che descrive i nomi dei campi usati nei precedenti file .csv.

²³ <https://www.istat.it/it/censimenti-permanenti/censimenti-precedenti/popolazione-e-abitazioni/popolazione-2011>

²⁴ <https://www.istat.it/it/archivio/104317#accordions>

Nelle tabelle seguenti sono riportati rispettivamente gli attributi delle Basi territoriali (Tabella 5) e i campi delle Variabili censuarie (Tabella 6) connesse alle prime tramite il campo SEZ2011 (omologo del campo omonimo delle Bt) o NSEZ (omologo del campo SEZ delle Bt) e, in celeste, i campi utili ai fini della procedura. Come si può notare dalla tabella relativa alle Vc, i dati disponibili sul parco immobiliare riguardano gli alloggi e gli edifici. Relativamente agli alloggi, vengono fornite informazioni sulla loro occupazione (variabile A2 indicante per ogni sezione di censimento il numero di abitazioni occupate da almeno una persona residente e variabile A3 indicante il numero di altre abitazioni, somma di quelle vuote e quelle occupate solo da persone non residenti) e sulla loro superficie netta (variabile A44 indicante per ogni sezione di censimento la superficie totale relativa alle abitazioni riportate in A2, ossia occupate da residenti), risultando così utili per la determinazione del volume costruito ad uso residenziale. Per quanto riguarda gli edifici, invece, le informazioni fornite sono utili ai fini di una caratterizzazione del parco dal punto di vista dell'epoca di costruzione (variabili E8-E16 indicanti per ogni sezione di censimento il numero degli edifici residenziali afferenti ad ognuno dei nove periodi di costruzione definiti, ossia: prima del 1919, dal 1919 al 1945, dal 1946 al 1960, dal 1961 al 1970, dal 1971 al 1980, dal 1981 al 1990, dal 1991 al 2000, dal 2001 al 2005, dopo il 2005) e della destinazione d'uso (variabile E4 indicante per ogni sezione di censimento il numero di edifici e complessi di edifici utilizzati ad uso produttivo, commerciale, direzionale/terziario, turistico/ricettivo, servizi, altro), mentre il livello di dettaglio non consente di determinare la reale consistenza del parco edifici in termini di volume costruito, né è possibile correlare l'epoca di costruzione al campo relativo al numero di interni costituenti gli edifici (variabili E21-E26 indicanti per ogni sezione di censimento il numero di edifici residenziali per ognuno dei sei intervalli relativi al numero di interni per edificio, ossia: da 1 a oltre 16 interni). Pertanto, è necessario effettuare una specifica richiesta ad Istat volta ad ottenere i seguenti dati:

- **il numero, per ogni sezione di censimento, di interni presenti negli edifici residenziali, inclusi quelli non residenziali** (ad es., studi professionali, uffici privati, ecc.), **distinti per ognuno dei nove periodi di costruzione;**
- **il numero, per ogni sezione di censimento, di edifici e complessi di edifici per ognuna delle cinque destinazioni d'uso non residenziali.**

Infine, è necessario richiedere ulteriori informazioni, aggregate a livello di sezione di censimento, derivanti dal questionario long form (in forma completa) che sono diffuse pubblicamente aggregate alla scala comunale [16]. Il long form consta di sei sezioni, quali: (i) tipo di alloggio e famiglia, (ii) proprietà e struttura dell'abitazione, (iii) acqua e impianti igienico-sanitari, (iv) impianto di climatizzazione (riscaldamento, aria condizionata, energia rinnovabile), (v) auto e posto-auto, (vi) telefono e connessione a internet. Ai fini di una caratterizzazione del parco edifici ad uso residenziale dal punto di vista della dotazione impiantistica, è necessario richiedere ad Istat i seguenti dati (i quesiti e le relative risposte a cui fanno riferimento sono elencati in Tabella 7):

- **il tipo di alloggio** per limitare l'analisi ai soli edifici residenziali convenzionali;
- **la superficie di alloggio** per apprezzare indirettamente la taglia dell'impianto installato;
- **la presenza o meno del servizio di produzione di acqua calda sanitaria (ACS);**
- **la configurazione dell'impianto di ACS** (se è combinata con il sistema di riscaldamento o meno);
- **la fonte energetica usata dall'impianto di ACS;**
- **la presenza dell'impianto di riscaldamento;**
- **la fonte energetica usata dall'impianto di riscaldamento;**
- **la presenza dell'impianto di raffrescamento.**

Tabella 5. Attributi delle Basi territoriali (gli attributi utili per la procedura sono evidenziati in celeste).

NOME_CAMPO	DEFINIZIONE
COD_REG	Codice numerico che identifica univocamente le regioni nel territorio nazionale.
COD_ISTAT	Codice numerico che identifica univocamente il comune nell'ambito del territorio nazionale. Il codice è ottenuto dalla concatenazione del codice regionale, provinciale (con tre digit) e comunale (con tre digit).
PRO_COM	Codice numerico che identifica univocamente il comune nell'ambito del territorio nazionale. Il valore è ottenuto dalla concatenazione del codice provinciale e comunale (tre digit).
SEZ2011	Codice che identifica univocamente la sezione di censimento 2011 in ambito nazionale (concatenazione del codice PRO_COM con il campo SEZ a 7 digit).
SEZ	Codice che identifica univocamente la sezione di censimento 2011 nell'ambito di ciascun comune.
COD_STAGNO	Codice di cinque caratteri che identifica l'acquitrino o lo stagno. Il primo posto, valore 3, è riservato alla tipologia dell'oggetto mentre gli altri quattro identificano il codice progressivo univoco nell'ambito del territorio nazionale.
COD_FIUME	Codice di cinque caratteri che identifica il 'corso d'acqua' (fiume, greto, foce). Il primo posto, valore 2, è riservato alla tipologia dell'oggetto mentre gli altri quattro identificano il codice progressivo univoco nell'ambito del territorio nazionale.
COD_LAGO	Codice di cinque caratteri che identifica il 'lago'. Il primo posto, valore 1, è riservato alla tipologia dell'oggetto mentre gli altri quattro identificano il codice progressivo univoco nell'ambito del territorio nazionale.
COD_LAGUNA	Codice di cinque caratteri che identifica la 'laguna'. Il primo posto, valore 7, è riservato alla tipologia dell'oggetto mentre gli altri quattro identificano il codice progressivo univoco nell'ambito del territorio nazionale.
COD_VAL_P	Codice di cinque caratteri che identifica la 'valle da pesca'. Il primo posto, valore 4, è riservato alla tipologia dell'oggetto mentre gli altri quattro identificano il codice progressivo univoco nell'ambito del territorio nazionale.
COD_ZONA_C	Codice che identifica le 'zone in contestazione'. Il valore, formato da tre caratteri, individua un numero progressivo univoco nell'ambito del territorio nazionale.
COD_IS_AMM	Codice che identifica le 'isole amministrative'. Il valore, formato da tre caratteri, individua un numero progressivo univoco nell'ambito del territorio nazionale.
COD_IS_LAC	Codice di cinque caratteri che identifica l'isola lacuale. Il primo posto, valore 6, è riservato alla tipologia dell'oggetto mentre gli altri quattro identificano il codice progressivo univoco nell'ambito del territorio nazionale.
COD_IS_MAR	Codice di cinque caratteri che identifica l'isola marittima. Il primo posto, valore 5, è riservato alla tipologia dell'oggetto mentre gli altri quattro identificano il codice progressivo univoco nell'ambito del territorio nazionale. Tutte le sezioni delle isole maggiori sono classificate rispettivamente con i codici 50208 per la Sardegna e 50156 per la Sicilia.
COD_AREA_S	Codice di cinque caratteri che identifica le aree speciali diverse da quelle previste (stagno, fiume, lago, laguna, valle da pesca, isola e montagna). Il primo posto, valore 9, è riservato alla tipologia 'altro' mentre gli altri quattro identificano il codice progressivo univoco nell'ambito del territorio nazionale.
COD_MONT_D	Codice di cinque caratteri che identifica la 'montagna disabitata'. Il primo posto, valore 8, è riservato alla tipologia dell'oggetto mentre gli altri quattro identificano il codice progressivo univoco nell'ambito del territorio nazionale.
LOC2011	Codice che identifica univocamente la località 2011 in ambito nazionale. Il codice è ottenuto dalla concatenazione del campo "PRO_COM" con il campo "COD_LOC".
COD_LOC	Codice che identifica la località 2011 nell'ambito di ciascun comune. Il codice è di cinque cifre (Es. 10001). Il primo posto è riservato alla tipologia di località (vedi campo TIPO_LOC).
TIPO_LOC	Tipologia di località 2011. Il campo può assumere i seguenti valori: 1. centro abitato 2. nucleo abitato 3. località produttiva 4. case sparse.
COM_ASC	Codice che identifica univocamente l'area subcomunale in ambito nazionale (concatenazione del codice PRO_COM ed un progressivo a 3 digit).
COD_ASC	Codice che identifica univocamente l'area subcomunale in ambito comunale.
ACE	Codice numerico che identifica univocamente l'area di censimento (progressivo a 3 digit) nell'ambito del territorio comunale.
Shape_Leng	Perimetro della sezione di censimento espresso in metri lineari.
Shape_Area	Area della sezione espressa in metri quadrati.

Tabella 6. Campi delle Variabili censuarie (i campi utili per la procedura sono evidenziati in celeste).

NOME_CAMPO	DEFINIZIONE
CODREG	Codice numerico che identifica univocamente la regione nell'ambito del territorio nazionale
REGIONE	Denominazione della regione
CODPRO	Codice numerico che identifica univocamente la provincia nell'ambito del territorio nazionale
PROVINCIA	Denominazione della provincia
CODCOM	Codice numerico che identifica univocamente il comune nell'ambito del territorio provinciale
COMUNE	Denominazione del comune
PROCOM	Codice numerico che identifica univocamente il comune nell'ambito del territorio nazionale. Il valore è ottenuto dalla concatenazione del campo CODPRO con il campo CODCOM a tre digit
SEZ2011	Codice numerico che identifica univocamente la sezione di censimento 2011 nell'ambito del territorio nazionale. Il valore è ottenuto dalla concatenazione del campo PROCOM con il campo NSEZ a 7 digit
NSEZ	Numero che identifica univocamente la sezione di censimento 2011 nell'ambito del territorio comunale. Con riferimento alle zone in contestazione nel caso ci siano degli individui residenti nel comune a cui la sezione non è assegnata viene indicata una sezione fittizia con codice 9999999 o 9999998 con gli individui residenti. Le sezioni di censimento con codice 8888881, 8888882, etc. (fino a 8888889) sono sezioni fittizie utilizzate per collocare le persone "senza tetto" iscritte in anagrafe a un indirizzo convenzionale stabilito dal Comune. In queste sezioni vengono collocati anche eventuali senza tetto iscritti in anagrafe presso associazioni o strutture di accoglienza. Fanno eccezione le persone senza tetto censite a Roma Capitale che se iscritte in anagrafe presso associazioni o strutture di accoglienza in accordo con l'Ufficio Comunale di Censimento sono state collocate nelle sezioni di pertinenza delle stesse associazioni. I codici 7777777 presenti nel file relativo ai dati del censimento 2011 della Regione Abruzzo individuano sezioni fittizie presenti nei comuni colpiti dagli eventi sismici dell'aprile 2009. Queste sezioni sono state utilizzate per collocare le famiglie che alla data del censimento erano temporaneamente domiciliate in un comune diverso da quello di iscrizione anagrafica come stabilito dall'Istat con apposita circolare (circolare n. 7 del 20 luglio 2011 prot. n. 5839) secondo quanto previsto dal Piano Generale di Censimento.
ACE	Numero che identifica univocamente l'area di censimento nell'ambito del territorio comunale
CODLOC	Codice numerico che identifica la località 2011 nell'ambito del territorio comunale. Il codice è composto da 5 cifre (Es. 10001). Il primo posto è riservato alla tipologia di località (vedere la descrizione del campo TIPOLOC nel file di diffusione per località)
CODASC	Codice numerico che identifica univocamente l'area subcomunale ove presente nell'ambito del territorio comunale
P1	Popolazione residente - totale
P2	Popolazione residente - maschi
P3	Popolazione residente - femmine
P4	Popolazione residente - celibi/nubili
P5	Popolazione residente - coniugati/e (+ separati/e di fatto)
P6	Popolazione residente - separati/e legalmente
P7	Popolazione residente - vedovi/e
P8	Popolazione residente - divorziati/e
P9	Popolazione residente - maschi celibi
P10	Popolazione residente - maschi coniugati o separati di fatto
P11	Popolazione residente - maschi separati legalmente
P12	Popolazione residente - maschi vedovi
P13	Popolazione residente - maschi divorziati
P14	Popolazione residente - età < 5 anni
P15	Popolazione residente - età 5 - 9 anni
P16	Popolazione residente - età 10 - 14 anni
P17	Popolazione residente - età 15 - 19 anni
P18	Popolazione residente - età 20 - 24 anni
P19	Popolazione residente - età 25 - 29 anni

P20	Popolazione residente - età 30 - 34 anni
P21	Popolazione residente - età 35 - 39 anni
P22	Popolazione residente - età 40 - 44 anni
P23	Popolazione residente - età 45 - 49 anni
P24	Popolazione residente - età 50 - 54 anni
P25	Popolazione residente - età 55 - 59 anni
P26	Popolazione residente - età 60 - 64 anni
P27	Popolazione residente - età 65 - 69 anni
P28	Popolazione residente - età 70 - 74 anni
P29	Popolazione residente - età > 74 anni
P30	Popolazione residente - maschi - età < 5 anni
P31	Popolazione residente - maschi - età 5 - 9 anni
P32	Popolazione residente - maschi - età 10 - 14 anni
P33	Popolazione residente - maschi - età 15 - 19 anni
P34	Popolazione residente - maschi - età 20 - 24 anni
P35	Popolazione residente - maschi - età 25 - 29 anni
P36	Popolazione residente - maschi - età 30 - 34 anni
P37	Popolazione residente - maschi - età 35 - 39 anni
P38	Popolazione residente - maschi - età 40 - 44 anni
P39	Popolazione residente - maschi - età 45 - 49 anni
P40	Popolazione residente - maschi - età 50 - 54 anni
P41	Popolazione residente - maschi - età 55 - 59 anni
P42	Popolazione residente - maschi - età 60 - 64 anni
P43	Popolazione residente - maschi - età 65 - 69 anni
P44	Popolazione residente - maschi - età 70 - 74 anni
P45	Popolazione residente - maschi - età > 74 anni
P46	Popolazione residente - totale di 6 anni e più
P47	Popolazione residente con laurea vecchio e nuovo ordinamento + diplomi universitari + diplomi terziari di tipo non universitario vecchio e nuovo ordinamento
P48	Popolazione residente con diploma di scuola secondaria superiore (maturità + qualifica)
P49	Popolazione residente con media inferiore
P50	Popolazione residente con licenza elementare
P51	Popolazione residente - alfabeti
P52	Popolazione residente - analfabeti
P53	Popolazione residente - maschi di 6 anni e più
P54	Popolazione residente - maschi con laurea vecchio e nuovo ordinamento + diplomi universitari + diplomi terziari di tipo non universitario vecchio e nuovo ordinamento
P55	Popolazione residente - maschi con diploma di scuola secondaria superiore (maturità + qualifica)
P56	Popolazione residente - maschi con media inferiore
P57	Popolazione residente - maschi con licenza elementare
P58	Popolazione residente - maschi alfabeti
P59	Popolazione residente - maschi analfabeti
P60	Popolazione residente - totale di 15 anni e più appartenente alle forze di lavoro totale
P61	Popolazione residente - totale di 15 anni e più occupata (FL)
P62	Popolazione residente - totale di 15 anni e più disoccupata in cerca nuova occupazione
P64	Popolazione residente - maschi di 15 anni e più appartenente alle forze di lavoro
P65	Popolazione residente - maschi di 15 anni e più occupata (FL)

P66	Popolazione residente - maschi di 15 anni e più disoccupata in cerca nuova occupazione
P128	Popolazione residente - totale di 15 anni e più non appartenente alle forze di lavoro (NFL)
P129	Popolazione residente - maschi di 15 anni e più non appartenente alle forze di lavoro (NFL)
P130	Popolazione residente - totale di 15 anni e più casalinghi/e
P131	Popolazione residente - totale di 15 anni e più studenti
P132	Popolazione residente - totale maschi di 15 anni e più studenti
P135	Popolazione residente - totale di 15 anni e più in altra condizione
P136	Popolazione residente - totale maschi di 15 anni e più in altra condizione
P137	Popolazione residente che si sposta giornalmente nel comune di dimora abituale
P138	Popolazione residente che si sposta giornalmente fuori del comune di dimora abituale
P139	Popolazione residente - totale di 15 anni e più percettori di reddito da lavoro o capitale
P140	Popolazione residente - totale maschi di 15 anni e più percettori di reddito da lavoro o capitale
ST1	Stranieri e apolidi residenti in Italia - totale
ST2	Stranieri e apolidi residenti in Italia - maschi
ST3	Stranieri e apolidi residenti in Italia - età 0 - 29 anni
ST4	Stranieri e apolidi residenti in Italia - età 30 - 54 anni
ST5	Stranieri e apolidi residenti in Italia - età > 54 anni
ST6	Stranieri e apolidi residenti in Italia - maschi - età 0 - 29 anni
ST7	Stranieri e apolidi residenti in Italia - maschi - età 30 - 54 anni
ST8	Stranieri e apolidi residenti in Italia - maschi - età > 54 anni
ST9	Stranieri residenti in Italia - Europa
ST10	Stranieri residenti in Italia - Africa
ST11	Stranieri residenti in Italia - America
ST12	Stranieri residenti in Italia - Asia
ST13	Stranieri residenti in Italia - Oceania
ST14	Apolidi residenti in Italia
ST15	Stranieri residenti in Italia - totale
A2	Abitazioni occupate da almeno una persona residente
A3	Abitazioni vuote e abitazioni occupate solo da persone non residenti
A5	Altri tipi di alloggio occupati
A6	Abitazioni vuote
A7	Abitazioni occupate solo da persone non residenti
A44	Superficie delle abitazioni occupate da almeno una persona residente
A46	Famiglie in alloggi in affitto
A47	Famiglie in alloggi di proprietà
A48	Famiglie che occupano l'alloggio ad altro titolo
PF1	Famiglie residenti - totale
PF2	Famiglie residenti - totale componenti
PF3	Famiglie residenti - 1 componente
PF4	Famiglie residenti - 2 componenti
PF5	Famiglie residenti - 3 componenti
PF6	Famiglie residenti - 4 componenti
PF7	Famiglie residenti - 5 componenti
PF8	Famiglie residenti - 6 e oltre componenti
PF9	Componenti delle famiglie residenti di 6 e oltre componenti
E1	Edifici e complessi di edifici - totale

E2	Edifici e complessi di edifici utilizzati
E3	Edifici ad uso residenziale
E4	Edifici e complessi di edifici (utilizzati) ad uso produttivo, commerciale, direzionale/terziario, turistico/ricettivo, servizi, altro ²⁵
E5	Edifici ad uso residenziale in muratura portante
E6	Edifici ad uso residenziale in calcestruzzo armato
E7	Edifici ad uso residenziale in altro materiale (acciaio, legno ecc.)
E8	Edifici ad uso residenziale costruiti prima del 1919
E9	Edifici ad uso residenziale costruiti dal 1919 al 1945
E10	Edifici ad uso residenziale costruiti dal 1946 al 1960
E11	Edifici ad uso residenziale costruiti dal 1961 al 1970
E12	Edifici ad uso residenziale costruiti dal 1971 al 1980
E13	Edifici ad uso residenziale costruiti dal 1981 al 1990
E14	Edifici ad uso residenziale costruiti dal 1991 al 2000
E15	Edifici ad uso residenziale costruiti dal 2001 al 2005
E16	Edifici ad uso residenziale costruiti dopo il 2005
E17	Edifici ad uso residenziale con un piano
E18	Edifici ad uso residenziale con 2 piani
E19	Edifici ad uso residenziale con 3 piani
E20	Edifici ad uso residenziale con 4 piani o più
E21	Edifici ad uso residenziale con un interno
E22	Edifici ad uso residenziale con 2 interni
E23	Edifici ad uso residenziale da 3 a 4 interni
E24	Edifici ad uso residenziale da 5 a 8 interni
E25	Edifici ad uso residenziale da 9 a 15 interni
E26	Edifici ad uso residenziale con 16 interni o più
E27	Totale interni in edifici ad uso residenziale
E28	Edifici ad uso residenziale con stato di conservazione ottimo
E29	Edifici ad uso residenziale con stato di conservazione buono
E30	Edifici ad uso residenziale con stato di conservazione mediocre
E31	Edifici ad uso residenziale con stato di conservazione pessimo

²⁵ La categoria "altro" include gli edifici destinati al culto.

Tabella 7. Dati utili provenienti dal questionario in forma completa (long form).

Quesito	Possibili risposte	
1.1 Indicare il tipo di alloggio	1 Abitazione 2 Altro tipo di alloggio (baracca, roulotte, camper, ecc.) 3 Alloggio presso sede diplomatica o consolare 4 Struttura residenziale collettiva (hotel, casa di riposo, ecc.) → andare a dom. 1.4	
2.2 Qual è la superficie dell'abitazione? Considerare la superficie interna dell'abitazione ovvero la superficie del pavimento di tutte le stanze dell'abitazione, compresi i bagni, le cucine, i vani accessori ed esclusi i terrazzi, i balconi e le pertinenze (come, ad esempio, cantine, soffitte, garage e box auto)	metri quadrati (arrotondati senza decimali)	
3.2 L'abitazione dispone di acqua calda (in bagno e/o in cucina)?	1 Sì 2 No → andare a dom. 3.5	
3.3 L'acqua calda è prodotta esclusivamente dallo stesso impianto che è utilizzato per il riscaldamento dell'abitazione?	1 Sì → andare a dom. 3.5 2 No	
3.4 Qual è il combustibile o l'energia usata per riscaldare l'acqua? (sono possibili più risposte)	1 Metano, gas naturale 2 Energia elettrica 3 Energia solare 4 Altro	
3.6 Quanti sono i gabinetti presenti nell'abitazione?	0 1 2 3 se più di 3 specificare il numero	
4.1 L'abitazione ha un impianto di riscaldamento?	1 Sì 2 No → andare a dom. 4.3	
4.2 Indicare quale impianto (o impianti) di riscaldamento ha l'abitazione e – per ciascun impianto – il combustibile o l'energia che lo alimenta (sono possibili più risposte)	Impianto centralizzato ad uso di più abitazioni	01 Metano, gas naturale 02 Gasolio 03 GPL (Gas Petrolio Liquefatto) 04 Combustibile solido (legna, carbone, ecc.) 05 Olio combustibile 06 Energia elettrica 07 Altro combustibile o energia
	Impianto autonomo ad uso esclusivo dell'abitazione	08 Metano, gas naturale 09 Gasolio 10 GPL (Gas Petrolio Liquefatto) 11 Combustibile solido (legna, carbone, ecc.) 12 Olio combustibile 13 Energia elettrica 14 Altro combustibile o energia
	Apparecchi singoli fissi (camino, stufa, radiatore, pompe di calore, ecc.) che riscaldano l'intera abitazione, o la maggior parte di essa	15 Metano, gas naturale 16 Gasolio 17 GPL (Gas Petrolio Liquefatto) 18 Combustibile solido (legna, carbone, ecc.) 19 Olio combustibile 20 Energia elettrica 21 Altro combustibile o energia
	Apparecchi singoli fissi (camino, stufa, radiatore, pompe di calore, ecc.) che riscaldano alcune parti dell'abitazione	22 Metano, gas naturale 23 Gasolio 24 GPL (Gas Petrolio Liquefatto) 25 Combustibile solido (legna, carbone, ecc.) 26 Olio combustibile 27 Energia elettrica 28 Altro combustibile o energia
4.4 L'abitazione ha un impianto fisso di aria condizionata?	1 Sì 2 No	

1.1.2.1.3 Il Catasto Territoriale degli Impianti Termici

Ai sensi del comma 4 dell'articolo 10 del D.P.R. 74/2013 [17], le Regioni e le Province autonome sono chiamate a provvedere all'istituzione, predisposizione e gestione di un catasto territoriale degli impianti termici (CTIT). La richiesta si colloca nel quadro della definizione dei criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici. Tale banca dati permette di registrare le caratteristiche degli impianti, installati negli edifici e targati dai manutentori, e di diffonderne omogeneamente i dati, rappresentando così uno strumento di supporto alle politiche di contenimento dei consumi energetici e di verifica dell'adeguatezza del parco impianti.

Ad oggi non sono state emanate delle specifiche a livello nazionale per la organizzazione uniforme del CTIT. Tuttavia, il D.M. del 10/2/2014 [18] riporta in allegato il format del libretto di impianti e di altri rapporti di controllo e richiede che essi vengano resi disponibili nell'ambito della documentazione inerente al catasto territoriale degli impianti termici che ciascuna Regione predispone ai sensi del D.P.R 74/2013. Stante ciò, vige eterogeneità fra le varie Regioni in termini di denominazione del catasto, accessibilità e qualità dei dati raccolti e divulgati. Di fatti, in molte realtà esso è una piattaforma per mezzo della quale installatori, manutentori, terzi responsabili ed enti locali inviano e controllano le informazioni relative agli impianti installati mentre la sua utilizzazione quale strumento di supporto alle politiche energetiche nonché la divulgazione dei dati con libero accesso è ancora poco diffusa. Nel dettaglio:

1. in Valle d'Aosta, il catasto regionale degli impianti termici²⁶ è accessibile tramite autenticazione con documenti elettronici ma la visualizzazione dei dati è vincolata al consenso delle singole imprese coinvolte;
2. in Piemonte, era stato istituito il SIGIT (Sistema Informativo Gestione Impianti Termici), poi sostituito dal CIT (Catasto Impianti Termici)²⁷. La banca dati è accessibile da pubbliche amministrazioni (PA) e cittadini tramite autenticazione con documenti elettronici o altre credenziali regionali;
3. in Liguria, il CAITEL (CATasto degli Impianti TErmici della Liguria)²⁸ è accessibile tramite autenticazione ai soli soggetti interessati (manutentori, installatori, PA) e cittadini che vogliano vedere i dati sul proprio impianto; sono anche riportate delle statistiche sul numero di impianti targati, la tipologia e la distribuzione territoriale;
4. in Lombardia, il Catasto Unico Regionale Impianti Termici (CURIT) è scaricabile liberamente e contiene dati su ogni singolo impianto targato; vengono riportate anche delle statistiche sul numero di impianti targati, la tipologia, la potenza, la presenza di dispositivi di contabilizzazione, la fonte energetica, la distribuzione territoriale, la destinazione d'uso degli edifici ospitanti, gli esiti dei controlli, ecc.²⁹.

²⁶ https://www.regione.vda.it/energia/Controlloimpiantitermici/catastoimpiantitermici_i.aspx

²⁷ <http://www.sistemapiemonte.it/elencom/secure/HomePage.do>

https://www.spid.piemonte.it/gasprp_ambiente/start.do

http://www.sistemapiemonte.it/eXoRisorse/dwd/servizi/Cit/manuale_CIT.pdf

²⁸ <https://servizi.regione.liguria.it/page/welcome/CAITEL>

²⁹ <https://www.dati.lombardia.it/stories/s/Uno-sguardo-al-CURIT/725y-itmx/>

5. Nella provincia autonoma di Trento, è stato istituito il SIRE (Sistema Informativo Risorse Energetiche)³⁰ in sostituzione del precedente. L'accesso alla banca dati è riservato a soggetti autorizzati o che abbiano fatto richiesta per motivate esigenze di pubblica utilità. Nella provincia autonoma di Bolzano, si provvede all'ispezione degli impianti termici ma non ad una organizzazione dei dati raccolti in un catasto;
6. in Friuli-Venezia-Giulia, esiste una piattaforma per l'accatastamento degli impianti targati non accessibile ad altri soggetti che è già attiva per le province di Udine e Gorizia³¹;
7. in Veneto, è stato istituito il CIRCE-ImpiantiTermici (Catasto Impianti e Rapporti di Controllo di Efficienza energetica)³²; inoltre, vengono riportate delle statistiche sul numero di impianti targati per provincia;
8. in Emilia-Romagna, il CRITER (Catasto Regionale degli Impianti TERMici)³³ è accessibile, previa autenticazione, ai soggetti interessati nonché ai cittadini per verificare le informazioni sul proprio impianto;
9. in Toscana è stato istituito il SIERT (Sistema Informativo regionale sull'Efficienza energetica della Regione Toscana)³⁴ che comprende l'archivio informatico degli attestati di prestazione energetica, gli elenchi dei soggetti certificatori e degli ispettori degli impianti termici ed il CIT (Catasto Impianti Termici), il cui accesso è riservato ai soggetti manutentori; inoltre, vengono riportate delle rappresentazioni in GIS del numero di impianti per riscaldamento e/o per raffrescamento a scala comunale nonché delle statistiche sulle tipologie impiantistiche;
10. nelle Marche, è attivo il CURMIT (Catasto Unico della Regione Marche degli Impianti Termici)³⁵, che era stato istituito in sostituzione dei catasti territoriali locali; il suo accesso è riservato a soggetti interessati e cittadini previa autenticazione;
11. nel Lazio è stata avviata l'attività di rilevazione dei monitoraggi, controlli e ispezioni sugli impianti termici da parte delle autorità competenti nelle more della realizzazione del Catasto unico regionale che, tuttavia, non è ancora attivo;
12. in Abruzzo, nel 2017 si è proceduto a trasferire alle Province la competenza in materia di controllo degli impianti termici ma non esistono dei CIT locali;

³⁰ http://www.energia.provincia.tn.it/controllo_impianti_termici/pagina26.html

³¹ <https://www.ucit.fvg.it/>

³² <https://catasto-impianti-termici.regione.veneto.it/>

³³ <https://criter.regione.emilia-romagna.it/IscrizioneCriter.aspx>

³⁴ <https://www.siert.regione.toscana.it/>

³⁵ <https://portale-curmit.regione.marche.it/>

13. in Umbria, il CURIT (Catasto Unico Regionale Impianti Termici)³⁶ è scaricabile liberamente e contiene dati aggregati al livello comunale; inoltre, sono riportate delle statistiche sul numero di impianti, la tipologia e la fonte energetica per comune;
14. in Molise sono state approvate le "Linee Guida in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici", in cui si dichiara che si provvede ad istituire e gestire un sistema informativo unificato denominato "Catasto Unico Regionale Impianti Termici" nel quale dovranno essere inseriti gli impianti termici regionali;
15. in Campania, è stato istituito il Catasto Energetico Regionale, articolato nel Catasto Regionale degli Impianti Termici e nel Catasto Regionale degli Attestati di Prestazione Energetica;
16. in Puglia, esistono delle piattaforme territoriali per l'accatastamento degli impianti da parte dei tecnici;
17. in Calabria, è attivo il CIT-CAL (Catasto Impianti Termici CALabria)³⁷, accessibile dai tecnici e cittadini interessati a visualizzare i dati sul loro impianto;
18. in Basilicata, è stato istituito il catasto impianti della Regione Basilicata³⁸, che sarà aperto al pubblico dall' 1/5/2021;
19. in Sardegna, è stato istituito il CURITSar (Catasto Unico Regionale Impianti Termici Sardegna) ma non sembra essere già attivo.
20. in Sicilia, è stato istituito il Catasto regionale degli impianti termici al servizio degli edifici³⁹, attivo per l'operazione di registrazione degli impianti da parte dei tecnici; inoltre sono riportate delle statistiche sul numero di impianti, la tipologia, la potenza installata ed il consumo energetico a livello comunale.

³⁶ <http://www.curit-umbria.it/>

³⁷ <http://portal.calabria.iter-web.it/>

³⁸ <https://portal.basilicata.iter-web.it/>

³⁹ <http://cite.catastoenergetico.regione.sicilia.it/>

1.1.2.2 Descrizione dei passaggi procedurali

Come anticipato, la procedura è stata implementata con riferimento al caso studio del territorio comunale di Milano. La descrizione dettagliata dei passaggi necessari per l'implementazione della procedura è riportata in questo paragrafo, articolato nelle sezioni riguardanti la preparazione della mappa di base, la caratterizzazione del parco per epoca, zone termiche, destinazione d'uso ed impianti installati e, infine, la procedura di stima dei profili energetici urbani.

1.1.2.2.1 Preparazione della mappa di base (A)

La prima fase della procedura riguarda un insieme di operazioni preliminari, eseguite in parte in Excel ed in parte con la toolbox standard di QGIS 2.18.14⁴⁰, sulle banche dati originarie al fine di renderle idonee ai calcoli successivi.

1.1.2.2.1.1 Download ed inserimento dei database territoriali in ambiente GIS (A1)

Il Database Topografico del comune di Milano è accessibile al sito del Geoportale di Regione Lombardia⁴¹, quindi alla pagina specifica del DBT⁴² e, per mezzo del click sul logo "Scarica dato", alla pagina in cui è possibile cercare la banca dati per l'area territoriale in oggetto⁴³.

Diversamente da quanto descritto nel precedente paragrafo, relativo al generico DBT, in questo caso la classe "Edificio" risulta sdoppiata in due vettori corrispondenti alle componenti spaziali "Ingombro al suolo", la quale è stata usata per questo studio, e "Massima estensione"; inoltre la classe "Edificio Minore" risulta inclusa in quella di "Edificio" quale attributo. Nel prosieguo, dunque, per uniformità con le Specifiche di Contenuto, verrà utilizzato il nome "Edifici" in riferimento al vettore "Ingombro al suolo".

Per quanto concerne i dati del Censimento, dal sito di Istat sono state scaricate la cartella compressa delle Basi territoriali per la Regione Lombardia e quella delle Variabili censuarie per tutta Italia da cui è stato poi estratto il file .csv.

Come anticipato, è necessario reperire alcuni dati aggiuntivi provenienti dal Censimento Istat del 2011.

Nell'ambito dell'analisi per Milano, i dati per ogni sezione di censimento del comune sono stati richiesti all'Unità Statistica del Comune di Milano (USM)⁴⁴. Quest'ultima ha fornito tre file .csv: "Interni_per_sez_cens_2011_rev" relativo al numero di interni per ogni epoca di costruzione, "Edifici_Tipo_Uso_Per_Sezione" relativo al numero di edifici per ogni destinazione d'uso e "17907.IST232.A.2011.Milano.1", relativo agli impianti termici nel settore residenziale e di cui si parlerà nel prosieguo in un'apposita sezione sull'analisi del parco impianti.

Entrambi i primi due file, ossia quello relativo agli interni per epoca di costruzione ed al numero di edifici per uso, sono stati innanzitutto convertiti da testo in colonne tramite indicazione del delimitatore "punto e virgola". Dal primo file .csv è derivata una tabella composta da 4 campi contenenti il numero di sezione di censimento, l'epoca di costruzione dell'edificio, il numero totale di interni negli edifici residenziali, il numero dei soli interni ad uso abitativo negli edifici residenziali ed il numero dei soli interni ad uso non abitativo negli edifici residenziali, come illustrato nell'estratto in Tabella 8. Poiché per ogni sezione di censimento vi sono

⁴⁰ <https://qgis.org/it/site/>

⁴¹ <http://www.geoportale.regione.lombardia.it/>

⁴² http://www.geoportale.regione.lombardia.it/metadati?p_p_id=PublishedMetadata_WAR_geoportalemetadataportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_stat_e=maximized&p_p_mode=view&PublishedMetadata_WAR_geoportalemetadataportlet_view=editPublishedMetadata&PublishedMetadata_WAR_geoportalemetadataportlet_uuid=%7b1CE0E71B-6451-4B5D-8E4D-BC0FF6E0A46F%7d&PublishedMetadata_WAR_geoportalemetadataportlet_editType=view&PublishedMetadata_WAR_geoportalemetadataportlet_fromAsset=true&rid=local

⁴³ <http://www.geoportale.regione.lombardia.it/download->

[pacchetti?p_p_id=dwnpackageportlet_WAR_geoportaledownloadportlet&p_p_lifecycle=0&metadaid={1CE0E71B-6451-4B5D-8E4D-BC0FF6E0A46F}](http://www.geoportale.regione.lombardia.it/download-)

⁴⁴ - <http://sisi.comune.milano.it/>

tante righe quante le diverse epoche di costruzioni ivi rilevate, si è proceduto a riordinare questa banca dati in modo tale da avere una sola riga per ogni sezione di censimento ed una colonna per ogni epoca di costruzione contenente il relativo numero di interni totali, somma di quelli abitativi e non; inoltre sono state aggiunte le righe per le sezioni omesse, in quanto prive di interni (un esempio di tale procedura è riportata in Tabella 9).

Tabella 8. Esempio di dati dell'USM inerenti al numero di interni per epoca di costruzione.

Sezione	Epoca_costruz	Totale_interni	Totale_interni_ab	Totale_interni_non_ab
10	Prima del 1919	28	7	21
11	Prima del 1919	13	5	8
11	Dal 1919 al 1945	36	7	29
13	Dal 1946 al 1960	1	1	0
14	Prima del 1919	6	4	2

Tabella 9. Strutturazione dei dati forniti dall'USM inerenti al numero di interni per epoca di costruzione.

NSEZ	Totl<1919	Totl<1946	Totl<1961	Totl<1971	Totl<1981	Totl<1991	Totl<2001	Totl<=2005	Totl>2005
10	28	0	0	0	0	0	0	0	0
11	13	36	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	1	0	0	0	0	0	0
14	6	0	0	0	0	0	0	0	0

Dal secondo file .csv è derivata una tabella composta da 4 campi, ciascuno dei quali contenenti il numero di sezione di censimento, la destinazione d'uso, il tipo di edificio (edificio o complesso di edifici) ed il numero di edifici corrispondenti, come illustrato nell'estratto in Tabella 10. Anche in questo caso vi sono più righe per la stessa sezione di censimento, poiché ad ogni riga corrisponde il numero di edifici aventi la stessa destinazione d'uso. Dunque, si è proceduto a riorganizzare il file in modo tale da avere una riga per ogni sezione di censimento ed una colonna per ogni destinazione d'uso e tipologia edilizia contenente il relativo numero di edifici. Un esempio è riportato in Tabella 11.

Tabella 10. Esempio di dati dell'USM inerenti al numero di edifici e complessi per destinazione d'uso.

Sezione	Tipo_edificio	Tipo_costruzione	Edifici
10	Commerciale	Edificio	1
12	Direzionale/Terziario	Edificio	5
12	Direzionale/Terziario	Complesso	1
13	Direzionale/Terziario	Edificio	6
13	Altro	Edificio	1

Tabella 11. Esempio di riorganizzazione dei dati dell'USM inerenti al numero di edifici e complessi per destinazione d'uso.

NSEZ	EdifNoRes	EdifDirez	ComplNoRes	ComplDirez
10	1	0	0	0
11	0	0	0	0
12	5	5	1	1
13	7	6	0	0

Infine, le Variabili censuarie sono state preliminarmente integrate con i dati provenienti dai due file CSV appena descritti.

1.1.2.2.1.2 Selezione dell'area urbana in oggetto (A2)

Spesso le banche dati usate sono riferite a scale territoriali superiori a quella in oggetto. Pertanto, può essere necessario selezionare dalle suddette i dati relativi ai soli Comuni analizzati. La procedura di geo-selezione è differente per le due banche-dati ma quella dei dati del censimento è strumentale a quella dei dati del DBT per cui verrà illustrata per prima.

Nel caso dei dati di Istat, le Basi territoriali sono fornite per l'intera Regione. La selezione delle Bt relative ad un singolo Comune è necessario servirsi della funzione di QGIS "Seleziona Elementi per Valore"⁴⁵ e digitare il codice Istat identificativo del comune in corrispondenza del campo "PRO_COM" (nel caso di Milano il codice è 15146).

Dunque, le Variabili censuarie, integrate con i dati relativi al numero di interni per epoca e di edifici per uso, vengono associate alle Bt tramite la funzione di QGIS "Unione tabellare" effettuata indicando come campo comune il numero identificativo della sezione di censimento. In questo modo, viene creata una nuova banca dati, denominata "Sezioni di Censimento", con tutte le informazioni territoriali e statistiche per ogni sezione. Inoltre, avendo già selezionato le Bt relative al solo comune, anche la selezione territoriale delle Vc avverrà automaticamente.

In aggiunta, e a partire da questa nuova banca dati, è utile aggregare le sezioni di censimento ricadenti nella medesima area di censimento in un'unica banca dati denominata "Aree di Censimento" tramite il campo contenente il codice ACE.

Nel periodo in cui è stata realizzata la prima parte di questa ricerca, il DBT scaricato copriva un'area maggiore di quella del territorio comunale di Milano. Ciò ha implicato dover selezionare il bacino di interesse (tuttavia, è stato verificato che il dataset per Milano fa ora riferimento alla scala comunale).

Per la geo-selezione dei dati provenienti dal DBT, si è deciso di raggruppare le Basi territoriali in modo da definire il confine amministrativo e di selezionare gli Edifici e le Unità Volumetriche sovrapposte ad esse (funzione QGIS "Seleziona per posizione"). In Figura 7, sono mostrati i vettori costituenti la mappa di base.



Figura 7. Banche dati territoriali inserite nell'ambiente GIS.

1.1.2.2.1.3 Pulizia delle banche dati (A3)

Le banche dati riferiscono a diversi aspetti dell'ambiente costruito, pertanto è utile selezionare le sole informazioni necessarie all'analisi delle caratteristiche energetiche degli edifici. Le operazioni di pulizia e filtro adottate sono di seguito esposte.

⁴⁵ La funzione "Seleziona Elementi per Valore" permette di selezionare tutte le geometrie alle quali nella tabella degli attributi sia associato in corrispondenza di un campo un valore dato dall'utente.

- La banca dati Sezioni di Censimento viene epurata delle seguenti geometrie: (i) prive di dati provenienti dalle Variabili censuarie, (ii) prive di edifici, (iii) aventi un codice identificativo maggiore di 8888880, in quanto queste Bt sono create da Istat per geo-referenziare i dati relativi a persone senza fissa dimora.
- La banca dati Edifici viene epurata delle geometrie edilizie non responsabili di consumo energetico, ossia diverse da quelle classificate come “costruito” (“in costruzione” e “diruto”; per Milano, in particolare, sono state escluse anche quelle “minori”, che, a differenza di quanto previsto dalle specifiche di contenuto, appaiono nella banca dati Edifici. Vengono inoltre rimosse le geometrie di tipologia diversa da “Generica” e, nel particolare caso di Milano, quelle riconducibili a destinazione d’uso diverse da “Residenziale”, “Amministrativo”, “Servizio pubblico” (incluse le relative sottocategorie).
- La banca dati Unità Volumetriche può comprendere costruzioni prive di permanenza di persone, pertanto viene epurata delle seguenti geometrie: (i) non sovrapposte ad alcun edificio, (ii) classificate diversamente da “al suolo” e quindi riferite a volumi quali balconi, gallerie, logge, sotterranei, seminterrati, ecc. e (ii) con un’altezza inferiore a 3.00 metri, assunta come valore indicativo di uno spazio verosimilmente abitabile.

1.1.2.2.1.4 Correlazione dei dataset territoriali (A4)

Per correlare le informazioni contenute nelle banche dati, è necessario associarle sulla base di relazioni spaziali. Innanzitutto, si devono associare le geometrie appartenenti alla banca dati Sezioni di Censimento a quelle nella banca dati Edifici sovrapposte alle prime. Poiché in alcuni casi si verifica che il perimetro di alcuni edifici sia sovrapposto a più sezioni di censimento, si è deciso di associare ogni edificio alla sezione di censimento in cui ricada il suo baricentro. A tale scopo viene creato un livello vettoriale denominato “Centroidi” e composto dai baricentri di tutti gli edifici, dei quali mantiene tutte le caratteristiche, inclusi i codici identificativi. Quindi, le geometrie nel vettore Centroidi e quelle nella banca dati Sezioni di Censimento vengono associate per sovrapposizione tramite la funzione “Unione spaziale”, funzione che comporta l’aggiunta nel vettore Centroidi del campo indicante il codice identificativo della sezione di censimento in cui il centroide ricade. Successivamente, tramite la funzione “Unione tabellare” effettuata fra i Centroidi e gli Edifici, indicando come campo comune il numero identificativo dell’edificio, viene associato agli edifici il codice identificativo della sezione di censimento di appartenenza.

Una volta fatto ciò, anche la banca dati Unità Volumetriche viene associata a quella degli Edifici tramite il codice identificativo di ogni edificio.

In Figura 8 è mostrato un esempio di baricentri di edifici e, in particolare, all’interno del rettangolo rosso, di edifici sovrastanti più sezioni di censimento.

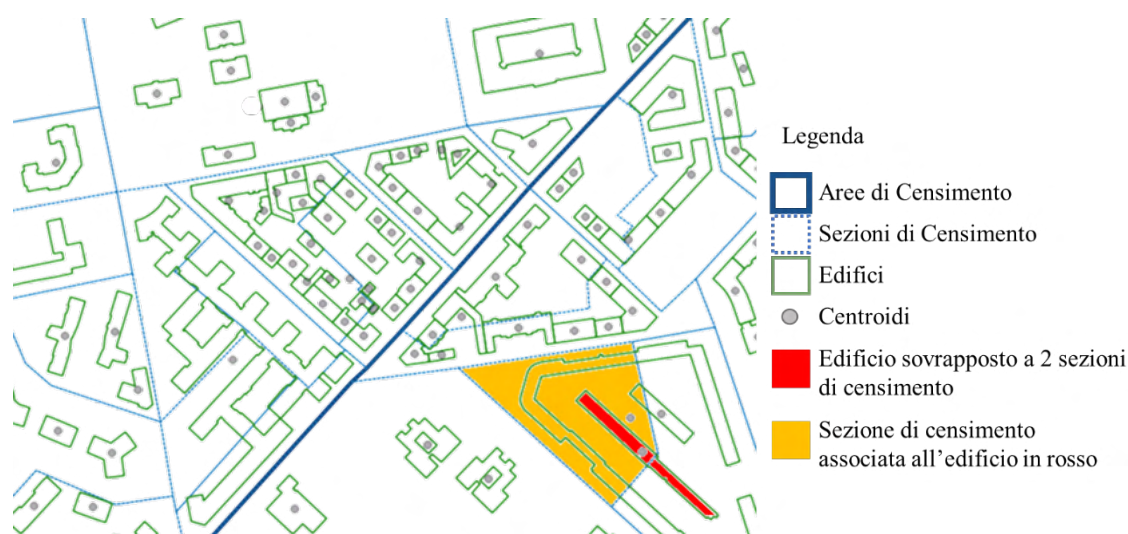


Figura 8. Determinazione dei baricentri degli edifici.

1.1.2.2.2 Caratterizzazione del parco edifici (B)

Tale procedura consente di caratterizzare il parco edifici dal punto di vista dell'età, della geometria e dell'uso e, a tal fine, è costituita da una serie di operazioni che sono descritte nelle rispettive tre sezioni. I relativi codici sviluppati in Python 2.17 sono riportati in appendice.

1.1.2.2.2.1 Assegnazione del periodo di costruzione prevalente (B1)

La definizione del periodo di costruzione degli edifici è rilevante ai fini energetici in quanto permette di assegnare soluzioni tecnologiche di involucro tipiche di ogni epoca e, quindi, le relative proprietà termofisiche. A tal fine sono stati usati i dati provenienti dal 15° Censimento Istat e, più precisamente, i dati aggiuntivi richiesti, ossia il numero per ogni sezione di censimento degli interni abitativi e non abitativi siti in edifici residenziali distinti per ogni epoca di costruzione. Essendo tali dati forniti in modo aggregato alla scala della sezione di censimento, non è possibile associare l'età ad ogni singolo edificio quindi si è proceduto determinando un periodo di costruzione prevalente alla sezione, ossia quello in cui ricade il più alto numero di interni, per poterlo assegnare a tutti gli edifici ivi ricadenti (tale assunzione risulta accettabile per valutazioni a livello urbano, poiché gli agglomerati edilizi sono in genere riconducibili ad un medesimo periodo edificatorio, ed eventuali discrepanze dovute a minori volumi costruiti in epoca differente possono verosimilmente annullarsi a vicenda considerata l'ampia scala). Per i casi di sezioni di censimento prive di dati sugli interni per ogni epoca di costruzione (ad es. sezioni di censimento con soli edifici non residenziali), si è rimandato all'area di censimento. A tal fine, per ogni ACE si calcola il periodo prevalente più ricorrente fra tutte le sezioni di censimento ivi ricadenti e questi viene eletto a periodo di costruzione prevalente della sezione di censimento priva di dato.

Il periodo di costruzione prevalente, così determinato per ogni sezione di censimento, viene dunque associato a tutti gli edifici del DBT ivi ricadenti grazie alle correlazioni spaziali precedentemente determinate fra le classi del DBT e le Sezioni di Censimento. In Figura 9 sono visualizzati i passaggi della procedura appena descritti.

Inoltre, è necessario determinare un dato strettamente correlato al periodo di costruzione dell'edificio in vista dei calcoli successivi, ossia il rapporto fra volume netto e lordo. Tale rapporto è stato considerato diverso per gli edifici recenti rispetto a quelli più datati, tipicamente dotati di strutture più ingombranti [19], assumendo una percentuale di volume netto sul lordo del 60% in edifici antecedenti al 1960 e del 70% in quelli posteriori.

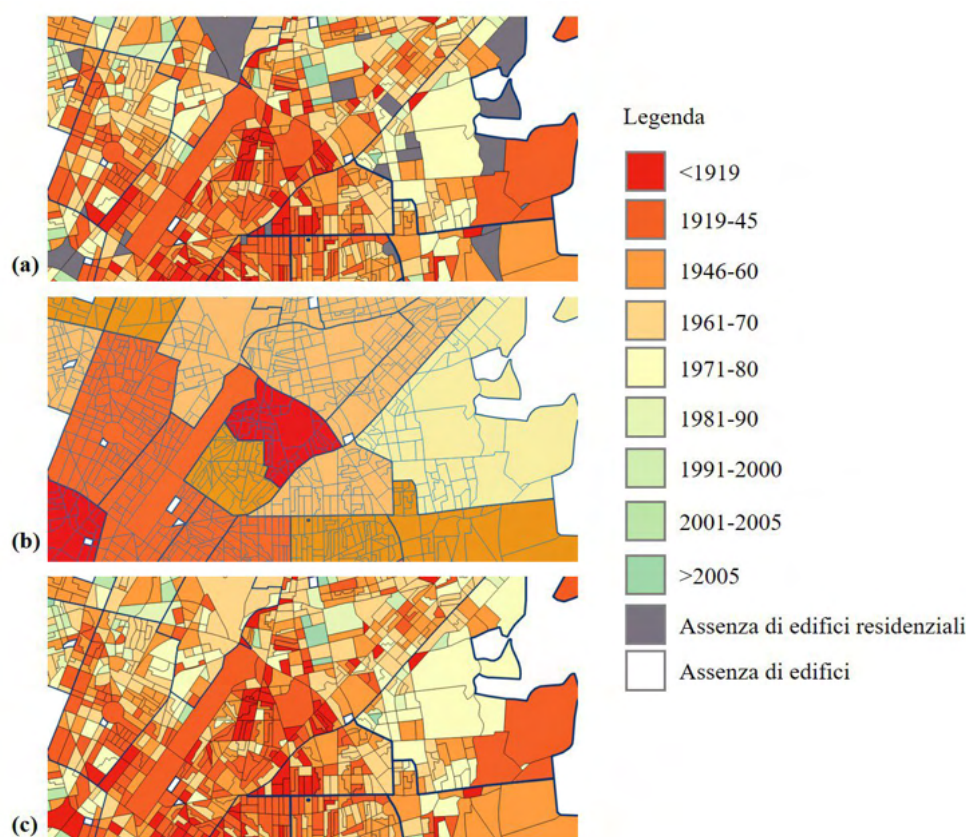


Figura 9. (a) Determinazione del periodo di costruzione prevalente per ogni sezione di censimento (con edifici residenziali) e (b) del periodo di costruzione prevalente più frequente nell'Area di censimento, che è funzionale a (c) l'assegnazione dell'epoca prevalente alle sezioni di censimento prive di dati.

1.1.2.2.2.2 *Analisi dei volumi climatizzati (B2)*

La procedura prevede di stimare il solo volume climatizzato tra quello geometricamente censito, ossia il volume interessato da una domanda di energia termica, e la sua ripartizione in porzioni geometriche caratterizzate da differenti condizioni al contorno di scambio termico. Tale analisi si basa principalmente sui dati geometrici provenienti dal DBT.

Eliminazione del volume costruito non climatizzato (B2.1)

Per la determinazione del solo volume climatizzato, si è proceduto con la rimozione degli spazi adibiti alla distribuzione (vano scala ed ascensore) dei vani tecnici, di prassi non climatizzati. A tal fine si individuano i volumi aventi un'altezza superiore a quella dell'unità volumetrica con maggiore superficie di impronta al suolo ed una superficie non superiore ai 30 metri quadrati, assunzione dimensionale derivata sulla base di un'analisi campione condotta empiricamente sulla mappa. La Figura 10(a) mostra un esempio della selezione delle unità volumetriche.

Definizione dei Gruppi Edilizi (B2.2)

Poiché la banca dati Edifici include edifici aventi pareti esterne in adiacenza con le pareti di altri edifici, per considerare i soli muri perimetrali soggetti a scambi termici con l'esterno, si è deciso di raggruppare le unità volumetriche adiacenti, purché ricadenti in un'unica sezione di censimento in modo tale da mantenere un medesimo periodo di costruzione, in un unico volume denominato "gruppo edilizio" (GE). In Figura 10(b) è mostrato un esempio di tale aggregazione.

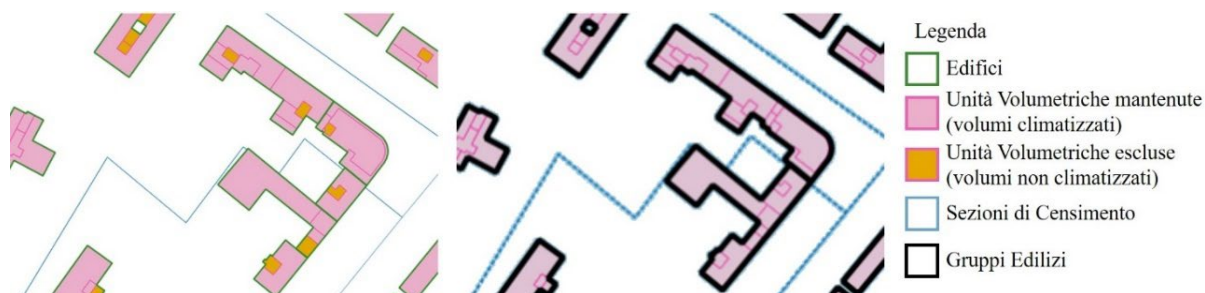


Figura 10. (a) Esclusione dei volumi dei vani scala e (b) raggruppamento delle Unità Volumetriche in Gruppi Edilizi.

Analisi delle Zone Termiche Tipo che compongono ogni gruppo edilizio (B2.3)

Per determinare i profili energetici su base oraria del parco edifici considerato, è prevista l'esecuzione di una serie di simulazioni energetiche in regime dinamico (per dettagli si veda il paragrafo 1.1.1) sulla base del Building Energy Concept nel quale sono state definite Zone Termiche Tipo rappresentative delle diverse condizioni al contorno di scambio termico, ricorrenti in qualsiasi geometria edilizia. I risultati delle simulazioni energetiche di ogni ZTT, vengono dunque associati al parco edilizio considerato, a sua volta caratterizzato in termini di ZTT.

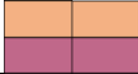
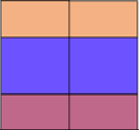
A tale scopo, ogni GE viene tradotto in termini di volume parallelepipedo equivalente, avente un'altezza media ponderata, determinata come rapporto tra volumi ed aree delle UV che lo costituiscono. Sulla base di quest'ultima, per ogni GE vengono calcolati il numero di piani e l'altezza di piano lorda, arrotondata in funzione del calcolo risultante, posto che non sia inferiore ai 3 metri.

Per determinare la quota di volume di ciascun GE riconducibile ad ognuna delle ZTT, viene innanzitutto divisa la sua superficie in pianta per la superficie della ZTT del modello TRNSYS, ottenendo il numero di zone termiche di cui è costituito il piano.

Sulla base del numero di piani e di zone termiche per piano, risultano quattro possibili configurazioni di GE: (1) composto da 4 zone termiche per piano e con non oltre 2 piani, (2) composto da oltre 4 zone termiche per piano e con non oltre 2 piani, (3) composto da 4 zone termiche per piano e con oltre 2 piani e (4) composto da oltre 4 zone termiche per piano e con oltre 2 piani.

Nella Tabella 12, sono riportate le equazioni implementate per calcolare il volume totale riconducibile a ciascuna delle ZTT che configura il GE cui saranno assegnati i risultati delle simulazioni energetiche del BEC.

Tabella 12. Equazioni per il calcolo del volume lordo delle ZTT sulla base della configurazione del GE.

	Configurazione del Gruppo Edilizio			
	Non oltre 2 piani		Oltre 2 piani	
	4 ZTT per piano (1)	Oltre 4 ZTT per piano (2)	4 ZTT per piano (3)	Oltre 4 ZTT per piano (4)
ZTT				
SA	$\frac{V_{GE}}{2}$	$\frac{4 \cdot A_{tz} \cdot h_{wm}}{2}$	$\frac{V_{GE}}{N_f}$	$4 \cdot A_{tz} \cdot h_f$
SC	0	$\frac{V_{GE}}{2} - SA$	0	$A_f \cdot h_f - SA$
IA	0	0	$V_{GE} - 2 \cdot SA$	$4 \cdot A_{tz} \cdot h_{wm} - 2 \cdot SA$
IC	0	0	0	$V_{BG} - (2 \cdot SA + 2 \cdot SC + IC)$
BA	= SA	= SA	= SA	= SA
BC	= SC	= SC	= SC	= SC
Legenda:				
V _{GE} = volume del GE h _{wm} = altezza del GE A _{tz} = area di piano di una ZTT			N _f = numero di piani del GE h _f = altezza di piano A _f = area di piano del GE	

Le equazioni riportate in tabella, traducono i seguenti criteri.

Per il calcolo del volume lordo pertinente le ZTT angolari site ai piani inferiore e superiore (BA e SA):

- quando il GE risulta composto da 4 zone termiche per piano (ZTT angolari):
 - se il GE ha fino a 2 piani, il suo volume viene ripartito a metà tra zone termiche angolari inferiori e superiori;
 - se il GE ha oltre 2 piani, il volume delle ZTT ai piani inferiore e superiore è calcolato sulla base del prodotto fra l'area di piano e l'altezza di piano;
- se il GE ha più di 4 zone termiche per piano, a ciascuna delle 4 ZTT angolari viene assegnata la superficie della ZTT del modello TRNSYS, la quale viene moltiplicata per metà dell'altezza del GE, se il GE ha fino a 2 piani, o per l'altezza di piano se il GE ha oltre 2 piani.

Per il calcolo del volume lordo delle ZTT angolari site ai piani intermedi (IA):

- se il GE ha 4 zone termiche per piano, il volume delle zone termiche angolari ai piani intermedi è dato dalla differenza tra il volume totale del GE e il volume delle ZTT poste ai piani inferiore e superiore;
- se il GE ha più di 4 zone termiche per piano, il volume delle zone termiche angolari ai piani intermedi è determinato considerando una superficie pari a quella delle zone termiche tipo ed un'altezza ottenuta dalla differenza fra l'altezza totale del GE e l'altezza dei piani inferiore e superiore.

Per il calcolo del volume lordo delle ZTT intermedie site ai piani inferiore e superiore (SC e BC) in GE con oltre 4 zone termiche per piano:

- se il GE ha fino a 2 piani, il volume delle ZTT è ottenuto sottraendo dal volume totale del GE quello delle zone termiche angolari al piano inferiore e superiore;

- se, invece, il GE ha oltre 2 piani, il volume delle ZTT è ottenuto sottraendo dal volume di piano quello delle zone termiche angolari.

Per il calcolo del volume lordo delle ZTT intermedie site ai piani intermedi (IC) in GE con oltre 4 zone termiche per piano ed oltre 2 piani, si procede sottraendo dal volume totale del GE il volume calcolato per tutte le altre zone termiche tipo.

In Figura 11, è riportato un esempio della caratterizzazione di alcuni gruppi edilizi in termini di consistenza di ZTT.

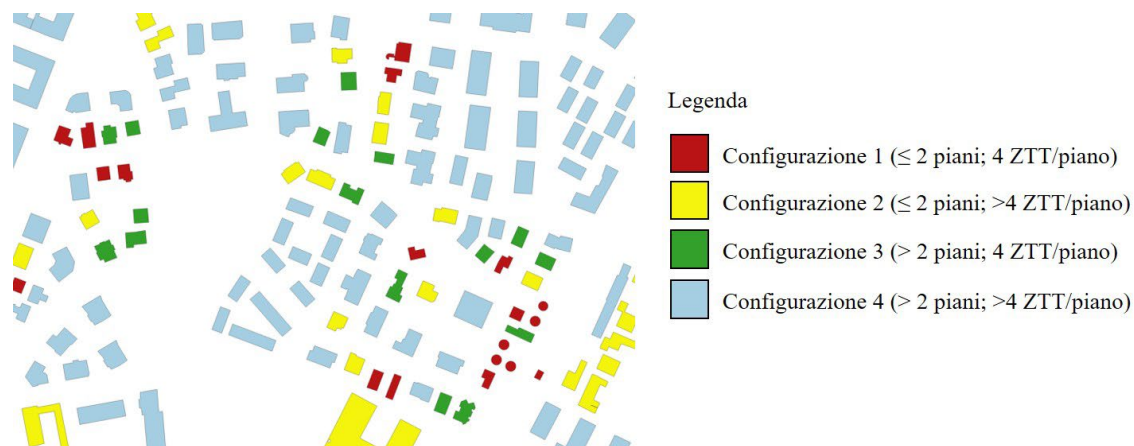


Figura 11. Consistenza delle ZTT per ogni Gruppo Edilizio.

Al termine di tali operazioni, si calcola la somma dei volumi afferenti ad ogni ZTT per tutti i GE appartenenti alla medesima sezione di censimento.

1.1.2.2.2.3 *Analisi del volume per destinazione d'uso (B3)*

La definizione della destinazione d'uso degli edifici è rilevante ai fini energetici in quanto permette di assegnare ad essi diversi profili di utilizzo. Come premesso, la presente procedura è volta a caratterizzare il parco edifici dal punto di vista delle destinazioni d'uso più ricorrenti in ambito urbano, che possano essere contemplate dalla pianificazione energetica su ampia scala in assenza di audit localmente mirati, ossia gli edifici residenziali e quelli ad uso terziario-uffici. A tal fine sono state utilizzate le informazioni contenute nel 15° Censimento Istat. Tali informazioni, aggregate alla scala della sezione di censimento, sono state dunque elaborate per definire la distribuzione percentuale di volume residenziale e ad uso ufficio di ciascuna sezione, come descritto nel seguito.

Innanzitutto, si determina l'area netta di piano ad uso residenziale di ciascuna sezione di censimento, sommando l'area netta degli alloggi occupati da almeno una persona residente (dato fornito da Istat) e l'area netta degli alloggi vuoti o occupati da soggetti non residenti, stimata sulla base dell'area media nel primo caso. Questa superficie, moltiplicata per l'altezza convenzionale di 3.0 metri e per il rapporto volume lordo/netto determinato in funzione del periodo di costruzione prevalente della sezione, consente di ricavare il volume ad uso residenziale della sezione di censimento.

Successivamente, si ottiene il volume non residenziale come differenza tra volume costruito totale dei GE e volume residenziale. Per estrapolare dal volume non residenziale la quota relativa all'uso uffici viene utilizzato il dato Istat elaborato, in questo caso fornito dall'USM, relativo al numero di edifici (e gruppi di edifici) non residenziali: commerciali, direzionali/terziari, servizi, turistici, produttivi, altro. Dunque, viene calcolata la percentuale degli edifici e gruppi di edifici ad uso ufficio (direzionali/terziari) sul totale.

In Figura 12 è riportato un esempio di rappresentazione delle sezioni di censimento caratterizzate per destinazione d'uso.

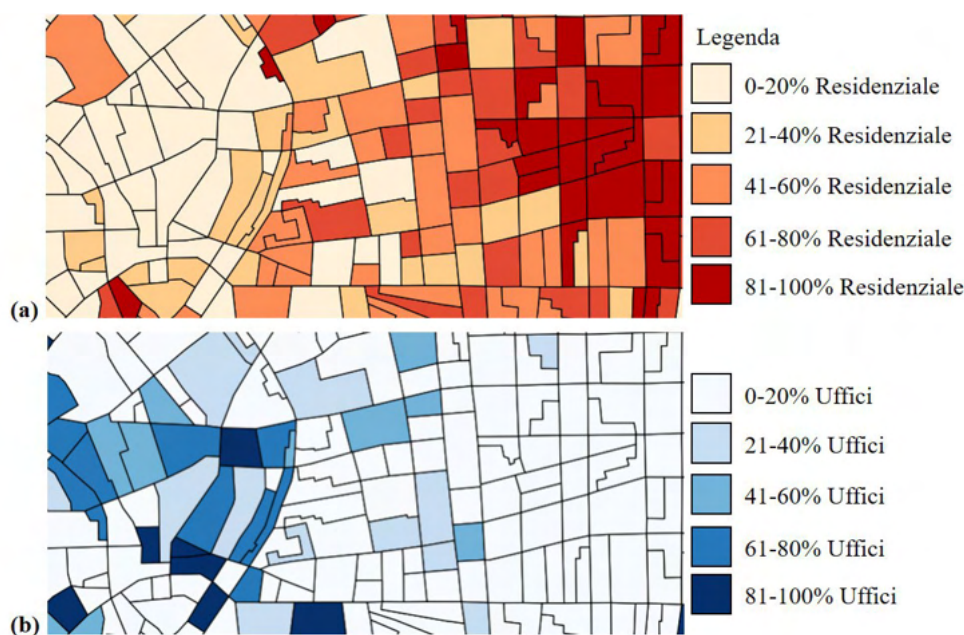


Figura 12. Caratterizzazione delle Sezioni di Censimento per destinazione d'uso prevalente.

Infine, la percentuale del volume ad uso ufficio e quella del volume ad uso residenziale vengono moltiplicate per il volume totale delle ZTT calcolato in precedenza, al fine di poter assegnare i risultati di dettaglio delle simulazioni svolte sui BEM.

1.1.2.2.2.4 Georeferenziazione ed analisi degli impianti termici (B4)

Come premesso, è stata sviluppata una procedura per la georeferenziazione degli impianti termici insistenti sul territorio con associazione delle loro caratteristiche al parco edifici analizzato (residenziali e uffici). La procedura è stata implementata tramite un preordinamento dei dati in Excel.

Per la caratterizzazione del parco edifici ad uso uffici dal punto di vista della dotazione impiantistica, si è fatto riferimento ai dati contenuti nel CURIT, il catasto impianti della Regione Lombardia. Per quanto riguarda gli edifici residenziali, poiché in essi la dotazione impiantistica include in buona parte impianti individuali esclusi dalla targatura CURIT, sono invece state adottate le informazioni reperite tramite questionario in forma completa (long form) da Istat nel corso del Censimento del 2011.

Per uniformità procedurale riferita alle due fonti utilizzate, alle tipologie impiantistiche rilevate sono stati associati i rendimenti medi dei sottosistemi di generazione e di utilizzazione riportati nel Decreto "Requisiti Minimi" [20], distinti per tipologie di generatore correlate ai servizi di riscaldamento (H), raffrescamento (C) ed acqua calda sanitaria (W). A tal fine, è stato necessario procedere con le elaborazioni di seguito descritte.

Analisi degli impianti negli edifici ad uso residenziale

Per il caso di Milano, l'Unità Statistica ci ha fornito un file di testo (in formato .txt), denominato "17907.IST232.A.2011.Milano.1", contenente i microdati Istat (Tabella 13), ed un file .html, denominato "17907.IST232_TRACCIATO", contenente le informazioni sui campi del file di testo (nome, lunghezza massima, tipo di dato, ecc.). Il file di testo è stato aperto con Excel e convertito in colonne sulla base di quanto indicato nel file .html.

Le informazioni utili contenute riguardano il tipo di alloggio, la sua estensione e la dotazione impiantistica per i servizi di riscaldamento, raffrescamento ed acqua calda sanitaria. In particolare, le informazioni relative agli impianti di ciascun alloggio sono: (i) il tipo di configurazione (centralizzato o autonomo) e la fonte energetica dell'impianto di riscaldamento; (ii) l'indicazione se è presente o meno un impianto di

raffrescamento; (iii) l'indicazione se l'impianto di ACS è combinato con quello di riscaldamento oppure separato e, in quest'ultimo caso, la relativa fonte energetica.

Tabella 13. Dati presenti nella banca dati di Istat (in celeste i dati usati nella procedura).

Nome campo	Descrizione
NUMFILE	Numero del file
VERSIONE	Versione del file
CODREG	Codice Regione in vigore alla data del Censimento
CODPRO_2011	Codice Provincia in vigore alla data del Censimento
CODCOM_2011	Codice Comune in vigore alla data del Censimento
NSEZ	Numero Sezione di Censimento definito al 30/06/2014
PROGALL	Codice Progressivo univoco identificativo alloggio
IDQUESTIONARIO	Codice univoco questionario a livello nazionale
MODELLO	Tipologia Modello Cartaceo
TIPALL	Tipo di Alloggio
NOCC	Numero Individui Residenti nell'Alloggio
NFAM	Coabitazione famiglia (In coabitazione/Non in coabitazione)
TITGOD	Titolo Famiglia Occupazione Alloggio
SUPERF	Superficie dell'Abitazione
PROPR	Proprietario della abitazione
NSTAN	Numero di stanze di cui è composta abitazione
STANPROFRIC	Numero stanze a esclusivo uso professionale
CUCSTARIC	Numero cucine
CUCINI	Indicare se abitazione dispone di: Cucinino
ANGCOT	Indicare se abitazione dispone di: Angolo cottura
NOCUCINA	Indicare se abitazione dispone di: Non dispone di cucina, cucinino o angolo cottura
ACQDOT	Abitazione dispone di acqua al suo interno: Sì, acqua potabile da acquedotto
POZZO	Abitazione dispone di acqua al suo interno: Sì, acqua potabile da pozzo
ALTFON	Abitazione dispone di acqua al suo interno: Sì, acqua potabile da altra fonte
NONPOT	Abitazione dispone di acqua al suo interno: Sì, acqua non potabile
NOACQ	Abitazione dispone di acqua al suo interno: No, non dispone di acqua
ACQCAL	Disponibilità acqua calda interno abitazione
RISACQ	Acqua calda prodotta esclusivamente dallo stesso impianto utilizzato per il riscaldamento
AMETAN	Tipo combustibile o energia utilizzata per riscaldare acqua: Metano o gas naturale
AELETT	Tipo combustibile o energia utilizzata per riscaldare acqua: Energia elettrica
ASOLAR	Tipo combustibile o energia utilizzata per riscaldare acqua: Energia solare
AALTRO	Tipo combustibile o energia utilizzata per riscaldare acqua: Altro
VASDOCRIC	Numero di impianti doccia e/o vasche da bagno
GABINRIC	Numero gabinetti
RISCALD	Abitazione dispone di un impianto di riscaldamento
ENERINN	Disponibilità impianto ad energia rinnovabile
ARIACON	Disponibilità impianto aria condizionata
PESO_FINALE	Valore da utilizzare per la ponderazione di variabili presenti solo sul questionario LONG
M_IMPCOM01	Impianto centralizzato ad uso di più abitazioni alimentato da Metano, gas naturale
M_IMPCOM02	Impianto centralizzato ad uso di più abitazioni alimentato da Gasolio
M_IMPCOM03	Impianto centralizzato ad uso di più abitazioni alimentato da GPL (Gas Petrolio Liquefatto)
M_IMPCOM04	Impianto centralizzato ad uso di più abitazioni alimentato da Combustibile solido (legna, carbone, ecc.)
M_IMPCOM05	Impianto centralizzato ad uso di più abitazioni alimentato da Olio combustibile
M_IMPCOM06	Impianto centralizzato ad uso di più abitazioni alimentato da Energia elettrica
M_IMPCOM07	Impianto centralizzato ad uso di più abitazioni alimentato da Altro combustibile
M_IMPCOM08	Impianto autonomo ad uso esclusivo dell'abitazione alimentato da Metano, gas naturale
M_IMPCOM09	Impianto autonomo ad uso esclusivo dell'abitazione alimentato da Gasolio

M_IMPCOM10	Impianto autonomo ad uso esclusivo dell'abitazione alimentato da GPL (Gas Petrolio Liquefatto)
M_IMPCOM11	Impianto autonomo ad uso esclusivo dell'abitazione alimentato da Combustibile solido (legna, carbone, ecc.)
M_IMPCOM12	Impianto autonomo ad uso esclusivo dell'abitazione alimentato da Olio combustibile
M_IMPCOM13	Impianto autonomo ad uso esclusivo dell'abitazione alimentato da Energia elettrica
M_IMPCOM14	Impianto autonomo ad uso esclusivo dell'abitazione alimentato da Altro combustibile
M_IMPCOM15	Apparecchi singoli fissi (camino, stufa, ecc.) che riscaldano l'intera abitazione, o la maggior parte di essa alimentato da Metano, gas naturale
M_IMPCOM16	Apparecchi singoli fissi (camino, stufa, ecc.) che riscaldano l'intera abitazione, o la maggior parte di essa alimentato da Gasolio
M_IMPCOM17	Apparecchi singoli fissi (camino, stufa, ecc.) che riscaldano l'intera abitazione, o la maggior parte di essa alimentato da GPL (Gas Petrolio Liquefatto)
M_IMPCOM18	Apparecchi singoli fissi (camino, stufa, ecc.) che riscaldano l'intera abitazione, o la maggior parte di essa alimentato da Combustibile solido (legna, carbone, ecc.)
M_IMPCOM19	Apparecchi singoli fissi (camino, stufa, ecc.) che riscaldano l'intera abitazione, o la maggior parte di essa alimentato da Olio combustibile
M_IMPCOM20	Apparecchi singoli fissi (camino, stufa, ecc.) che riscaldano l'intera abitazione, o la maggior parte di essa alimentato da Energia elettrica
M_IMPCOM21	Apparecchi singoli fissi (camino, stufa, ecc.) che riscaldano l'intera abitazione, o la maggior parte di essa alimentato da Altro combustibile
M_IMPCOM22	Apparecchi singoli fissi (camino, stufa, ecc.) che riscaldano alcune parti dell'abitazione alimentato da Metano, gas naturale
M_IMPCOM23	Apparecchi singoli fissi (camino, stufa, ecc.) che riscaldano alcune parti dell'abitazione alimentato da Gasolio
M_IMPCOM24	Apparecchi singoli fissi (camino, stufa, ecc.) che riscaldano alcune parti dell'abitazione alimentato da GPL (Gas Petrolio Liquefatto)
M_IMPCOM25	Apparecchi singoli fissi (camino, stufa, ecc.) che riscaldano alcune parti dell'abitazione alimentato da Combustibile solido (legna, carbone, ecc.)
M_IMPCOM26	Apparecchi singoli fissi (camino, stufa, ecc.) che riscaldano alcune parti dell'abitazione alimentato da Olio combustibile
M_IMPCOM27	Apparecchi singoli fissi (camino, stufa, ecc.) che riscaldano alcune parti dell'abitazione alimentato da Energia elettrica

Tramite opzioni di filtro, sono stati considerati i seguenti alloggi:

- quelli di tipo n.1, ossia “Abitazione”, escludendo quindi i dati relativi alle altre classificazioni: “Altro tipo di alloggio (baracca, roulotte, camper, ecc.)”, “Alloggio presso sede diplomatica o consolare e Struttura residenziale collettiva (hotel, casa di riposo, ecc.)”;
- quelli aventi una sola tipologia impiantistica di riscaldamento (ad es. è possibile trovare indicata per la medesima abitazione la contemporanea presenza di un “Impianto centralizzato ad uso di più abitazioni alimentato da Metano, gas naturale”, di un “Impianto centralizzato ad uso di più abitazioni alimentato da Altro combustibile”, di un “Impianto autonomo ad uso esclusivo dell'abitazione alimentato da Metano, gas naturale” e di un “Impianto autonomo ad uso esclusivo dell'abitazione alimentato da Altro combustibile”);

Quindi, le seguenti tipologie impiantistiche, ricondotte ai sottosistemi di generazione previsti dal Decreto “Requisiti Minimi”, sono state associate agli alloggi (Tabella 14).

Tabella 14. Sottosistemi di generazione associati.

Dati in Istat			Classificazione adottata	
Servizio erogato	Tipo di sottosistema di distribuzione	Fonte energetica	Acronimo associato	Sottosistema di generazione associato (ex Decreto "Requisiti Minimi")
Riscaldamento	Impianti centralizzati e autonomi	Gas naturale	H_G	Generatore a combustibile gassoso
		GPL		
		Gasolio	H_L	Generatore a combustibile liquido
		Olio combustibile		
		Combustibile solido (legna, carbone, ecc.)	H_S	Generatore a combustibile solido
		Energia elettrica	H_PDcelett	Pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico
Raffrescamento	ND	Energia elettrica	C_PDcelett	Macchina frigorifera a compressione di vapore con motore elettrico
ACS	Impianti centralizzati e autonomi	Gas naturale	W_G	Generatore a combustibile gassoso
		GPL		
		Gasolio	W_L	Generatore a combustibile liquido
		Olio combustibile		
		Combustibile solido (legna, carbone, ecc.)	W_S	Generatore a combustibile solido
		Energia elettrica	B_elett	<i>Bollitore elettrico ad accumulo</i> ⁴⁶

Avendo adottato la sezione di censimento come unità di base della metodologia di caratterizzazione del parco edifici, si è proceduto in modo analogo con la caratterizzazione del parco impiantistico, aggregando le informazioni a livello di sezione di censimento.

Dunque, per ogni sezione di censimento (SC), sono state calcolate le superfici di tutte le abitazioni ivi ricadenti ed aventi la medesima tipologia impiantistica per riscaldamento ($\Sigma(A_{h,i})_{SC}$) e le relative percentuali ($Q_{h,i}$) rispetto alla somma delle superfici di tutte le abitazioni ivi ricadenti ed aventi un impianto di riscaldamento ($\Sigma(A_h)_{SC}$) (eq. (1)). Analogamente, sono state calcolate le superfici delle abitazioni aventi la medesima tipologia impiantistica per ACS ($\Sigma(A_{w,i})_{SC}$) e le relative percentuali ($Q_{w,i}$) rispetto alla somma delle superfici delle abitazioni aventi un impianto di acqua calda sanitaria ($\Sigma(A_w)_{SC}$) (eq. (2)). Invece, per il servizio di raffrescamento, non disponendo di differenziazioni tipologiche, sono state semplicemente calcolate, per ogni sezione di censimento, la somma delle superfici delle abitazioni aventi un impianto di condizionamento dell'aria ($\Sigma(A_c)_{SC}$) e la relativa percentuale (Q_c) rispetto alla somma di tutte le superfici abitative ($\Sigma(A)_{SC}$) (eq. (3)).

$$(1) \quad Q_{h,i} = \frac{\Sigma(A_{h,i})_{SC}}{\Sigma(A_h)_{SC}} = [\%]$$

$$(2) \quad Q_{w,i} = \frac{\Sigma(A_{w,i})_{SC}}{\Sigma(A_w)_{SC}} = [\%]$$

$$(3) \quad Q_c = \frac{\Sigma(A_c)_{SC}}{\Sigma(A)_{SC}} = [\%]$$

In caso di sezioni di prive di alloggi censiti nel long form, è stata assegnata la media delle percentuali calcolate per le dieci sezioni di censimento limitrofe.

⁴⁶ Il tradizionale boiler elettrico per ACS non è contemplato dal Decreto "Requisiti Minimi".

Procedura di georeferenziazione ed analisi degli impianti negli edifici ad uso ufficio

Come già anticipato, per l'analisi degli impianti degli uffici di Milano è stata utilizzata la banca dati del CURIT di Regione Lombardia, la quale contiene i dati relativi agli impianti per riscaldamento e raffrescamento targati sul territorio regionale. I dati sono scaricabili per l'area di interesse in formato .csv dal sito degli open data di Regione Lombardia. I dati registrati sono riferiti al singolo generatore, ma il primo campo (identificativo) riguarda l'intero impianto che, in taluni casi, è composto da più generatori. Fra i dati disponibili, elencati in Tabella 15, alcuni riguardano l'intero edificio (indirizzo e destinazione d'uso definita in accordo al D.P.R. 412/1993 [8]), alcuni l'intero impianto (ossia la potenza utile per riscaldamento, la potenza utile per raffrescamento, il volume riscaldato, il volume raffrescato, il tipo di terminali ed il tipo di sottosistema di regolazione associati) ed alcuni il generatore stesso (ossia la tipologia, la data di installazione, la potenza utile, il rendimento nominale, il rendimento di combustione misurato durante l'ispezione e l'esito dei controlli).

Tabella 15. Dati presenti nella banca dati del CURIT (in celeste i dati usati nella procedura).

Nome campo	Descrizione
IDENTIFICATIVO_IMPIANTO	Identificativo univoco dell'impianto
GENERATORI_NUMERO	Numero di generatori presenti nell'impianto
POTENZA_IMPIANTO_RISC	Potenza utile dell'impianto per il servizio di climatizzazione invernale [kW]
POTENZA_IMPIANTO_ACS	Potenza utile dell'impianto per il servizio di acqua calda sanitaria [kW]
POTENZA_IMPIANTO_RAFF	Potenza utile dell'impianto per il servizio di climatizzazione estiva [kW]
UBICAZIONE_TOPONIMO	Indirizzo dell'impianto
UBICAZIONE_INDIRIZZO	
UBICAZIONE_CIVICO	
UBICAZIONE_COMUNE	
UBICAZIONE_PROVINCIA	
UBICAZIONE_CAP	Codice Istat Comune di Milano
UBICAZIONE_CODICE_ISTAT	
CATASTO_SEZIONE	
CATASTO_FOGLIO	
CATASTO_PARTICELLA	
CATASTO_SUBALTERNO	Destinazione d'uso dell'edificio/unità abitativa
EDIFICIO_CATEGORIA	
VOLUMETRIA_RISC	Volumetria riscaldata [m3]
VOLUMETRIA_RAFF	Volumetria raffrescata [m3]
REGOLAZIONE	Tipologia di regolazione climatica
CONTABILIZZAZIONE	Presenza/Assenza contabilizzazione dell'energia
EMISSIONE	Tipologia sistema di emissione
APE_PRESENZA	Presenza/assenza Attestato di Prestazione Energetica
APE_CODICE	Codice identificativo dell'Attestato di Prestazione Energetica
GENERATORE_CATEGORIA	Tipologia generale del generatore
GENERATORE_PROGRESSIVO	Identificativo progressivo del generatore all'interno dell'impianto
GENERATORE_POTENZA	Potenza utile nominale del generatore [kW]
GENERATORE_SERVIZI	Servizi erogati dal generatore
GENERATORE_FABBRICANTE	Fabbricante del generatore
GENERATORE_TIPOLOGIA	Tipologia di dettaglio del generatore
GENERATORE_COMBUSTIBILE	Combustibili utilizzati dal generatore
GENERATORE_DATA_INST	Data di installazione del generatore [YYYY-MM-DD]
GENERATORE_TECNOLOGIA	Tecnologia Gruppi Termici (tradizionali / a condensazione)
GENERATORE_REND_NOM	Rendimento termico utile (per Gruppi Termici) [%] - COP o EER (per Pompe di Calore / Gruppi Frigo)
RAPPORTO_DI_CONTROLLO_DATA	Data di esecuzione dell'ultimo controllo di efficienza energetica [YYYY-MM-DD]
RAP_DI_CONTROLLO_ESITO	Esito dell'ultimo controllo di efficienza energetica
RAP_DI_CONTROLLO_RENDIMENTO	Rendimento di combustione calcolato in occasione dell'ultimo controllo di efficienza energetica (solo Gruppi Termici alimentati con combustibili fossili) [%]
RAP_DI_CONTROLLO_BACHARACH	Misura dell'indice di fumosità, valorizzata solo per i generatori che fanno uso di combustibili liquidi [0-9]
ISPEZIONE_AUT_COMP	Autorità Competente per le ispezioni sull'impianto
ISPEZIONE_DATA	Data di esecuzione dell'ultima ispezione da parte dell'Autorità Competente [YYYY-MM-DD]
ISPEZIONE_ESITO	Esito dell'ultima ispezione da parte dell'Autorità Competente

Per poter geo-referenziare gli impianti, si è considerato l'indirizzo dell'immobile, laddove presente, escludendo quindi gli impianti che ne sono privi. Inoltre, è stato necessario incrociare gli indirizzi del CURIT con quelli contenuti nel Sistema Informativo Territoriale (SIT)⁴⁷, associati a loro volta alle coordinate geografiche, a seguito di una procedura di sistemazione di entrambi i file per renderli coerenti, come di seguito descritto.

Il SIT dispone di 3 file in formato .dbf, apribili con Excel:

- **Viario**, contenente 3 colonne indicanti il codice della via, il codice del toponimo e la denominazione della via;
- **Tipo via**, contenente 2 colonne indicanti il codice e la denominazione del toponimo;
- **Civici_mod**, contenente 4 colonne indicanti il codice della via, il numero civico, la coordinata x (latitudine) e la coordinata y (longitudine).

I file sono stati raggruppati in un unico nuovo foglio Excel e in cui sono state associate le denominazioni dei toponimi e delle vie.

Dopodiché, si è proceduto con la sistemazione delle nomenclature delle vie in modo da renderne coerente la formattazione il criterio del CURIT, secondo la sequenza “toponimo”, “preposizione” o “titolo”, “cognome” e “nome”. Ad esempio, nel SIT, nel caso in cui il nome della via contenga una preposizione (come “di”, “degli”, “della”, ecc.) o un titolo (“santo”, “santa”, “f.lli”, ecc.), questi si trovano tra parentesi alla fine della denominazione. Per sistemare questo aspetto, ciascuna parola è stata inserita in una colonna distinta tramite la funzione “testo in colonne” con delimitatore “spazio”. Quindi, tramite la funzione “SE(VAL.NUMERO(RICERCA()))” combinata con la funzione “CONCAT()”, si è proceduto ad individuare la posizione della preposizione o del titolo nelle varie celle contenenti le singole parole e a riordinare il testo. Infine si è proceduto con la rimozione delle parentesi tramite la funzione “SOSTITUISCI()”. In Tabella 16 è mostrato un esempio della procedura di sistemazione dei dati del SIT.

Tabella 16. Esempio di sistemazione delle nomenclature degli indirizzi nel SIT (in celeste le elaborazioni).

Denominazione Toponimo	Denominazione Via	Testo in colonne		Testo ordinato	Testo epurato delle parentesi
PIAZZA	DUOMO (DEL)	DUOMO	(DEL)	PIAZZA (DEL) DUOMO	PIAZZA DEL DUOMO
VIA	MARGHERITA (SANTA)	MARGHERITA	(SANTA)	VIA (SANTA) MARGHERITA	VIA SANTA MARGHERITA
VIA	GABBA (F.LLI)	GABBA	(F.LLI)	VIA (F.LLI) GABBA	VIA F.LLI GABBA

Nel CURIT, l'indirizzo è riportato in 3 colonne, rispettivamente per la denominazione del toponimo, la denominazione della via ed il civico. Tramite la funzione “CONCAT()”, sono stati uniti il toponimo ed il nome della via in un'unica cella in modo tale da confrontarli con quelli del SIT. Eventuali ulteriori differenze di nomenclatura fra le due banche dati (ad esempio inversione dell'ordine del nome e del cognome o differente trascrizione dei nomi) sono state corrette manualmente. Dunque, sono stati associati gli indirizzi così corretti ai relativi civici e, tramite funzione “CERCA.VERT”, sono state associate agli indirizzi in CURIT le coordinate fornite nel file del SIT.

Infine, è stato caricato in GIS il file .csv con i dati puntuali degli impianti CURIT e, tramite sovrapposizione al vettore delle Sezioni di Censimento (funzione “Unione spaziale”), ad ogni impianto è stata associata la sezione di censimento in cui esso ricade.

⁴⁷ <https://geoportale.comune.milano.it/sit/>

Ciò ha reso possibile selezionare dalle banche dati le informazioni funzionali alle elaborazioni successive, rendendole compatibili con la classificazione adottata nel Decreto “Requisiti minimi”. A tal fine, è stato necessario apportare delle modifiche/integrazioni come di seguito descritto.

- sono stati considerati gli impianti siti in edifici classificati come E.2 che, secondo la definizione riportata all’articolo 3 del decreto (Classificazione generale degli edifici per categorie), sono quelli assimilabili all’uso terziario/direzionale previsto dai dati Istat utilizzati nel presente studio per gli uffici⁴⁸: *E.2 Edifici adibiti a uffici e assimilabili: pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite anche ad attività industriali o artigianali, purché siano da tali costruzioni scorporabili agli effetti dell'isolamento termico*;
- il CURIT prevede un campo relativo al tipo di combustibile utilizzato dal generatore (non compilato per i sistemi a fonte elettrica e gli scambiatori da rete di teleriscaldamento). Pertanto, al fine di rendere la classificazione degli impianti coerente con quella adottata nel Decreto “Requisiti minimi”, è stato creato un nuovo campo in cui sono state associate le tipologie di generazione previste dal Decreto (Tabella 17).

Tabella 17. Tipologie di generazione associate.

Tipo di Combustibile CURIT	Tipologia di generazione associata
Gas naturale	Combustibile gassoso
GPL	
Aria propanata	
Syngas	
Gasolio	Combustibile liquido
Olio combustibile	
[assente]	Elettricità; Teleriscaldamento

- il CURIT contiene un campo destinato ad indicare i servizi erogati dal singolo generatore, ossia climatizzazione invernale, climatizzazione estiva, acqua calda sanitaria, altro. A causa di alcune disuniformità di compilazione del citato campo (ad es. è possibile trovare il servizio di riscaldamento come “Climatizzazione invernale”, “Climatizzazione In” o “Climatizzazione Invern”, oppure lo stesso servizio è trascritto più volte), è stato aggiunto un campo univoco di associazione del servizio (Tabella 18). Per il caso riscontrato di frequente in cui nel CURIT siano indicati “Altro” come servizio erogato e “Gruppi termici o caldaie” come categoria del generatore, è stato assegnato il servizio di riscaldamento. Diversamente, non è stato assegnato alcun servizio.

⁴⁸ Si ricorda a tal proposito che Istat adotta la definizione di edificio “Direzionale/Terziario”, specificando che tale categoria comprende gli uffici pubblici e privati di tipo amministrativo, finanziario, assicurativo e di rappresentanza.

Tabella 18. Classificazione del servizio erogato.

Dati in CURIT		Classificazione adottata	
Campo "GENERATORE_SERVIZI"	Campo "GENERATORE_CATEGORIA"	Acronimo	Descrizione
Climatizzazione invernale		H	Servizio di riscaldamento
Altro	Gruppi termici o caldaie		
Climatizzazione estiva		C	Servizio di raffrescamento
Climatizzazione invernale, Climatizzazione estiva		HC	Servizio combinato di riscaldamento e raffrescamento

- il CURIT contiene un campo relativo alla potenza del singolo generatore, due campi indicanti la potenza dell'intero impianto rispettivamente per riscaldamento e raffrescamento ed un campo contenente il numero di generatori per ogni impianto. Si deve considerare che l'informazione della potenza è indicata talvolta per singolo generatore e talvolta per l'intero impianto. Dunque, nel primo caso la potenza totale di impianto è stata determinata dalla somma delle potenze dei singoli generatori.
- il CURIT contiene tre campi destinati a classificare i generatori, "GENERATORE_CATEGORIA", "GENERATORE_TIPOLOGIA" e "GENERATORE_TECNOLOGIA", dei quali gli ultimi due non contengono informazioni congruenti ed uniformi fra di loro (verosimilmente riconducibili alla libera descrizione da parte di ogni soggetto compilatore), rendendo impossibili automatismi di estrapolazione. Pertanto, sulla base dei dati contenuti nei primi due campi e in funzione della tipologia di generazione precedentemente associata, i generatori sono stati associati alle diverse tipologie di sottosistemi di generazione previste dal Decreto "Requisiti minimi", come illustrato in Tabella 19.

Tabella 19. Tipologie di sottosistemi di generazione associate.

Dati in CURIT			Classificazione adottata	
Servizio erogato	Campi "GENERATORE_CATEGORIA" / "GENERATORE_TIPOLOGIA"	Tipologia generazione	Acronimo	Tipologia sottosistema di generazione
H	Gruppi termici o caldaie	Combustibile liquido	H_L	Generatore a combustibile liquido
		Combustibile gassoso	H_G	Generatore a combustibile gassoso
HC	Gruppi termici o caldaie	Combustibile gassoso	H_ASS	Pompa di calore ad assorbimento / Macchina frigorifera a fiamma diretta
H, HC	Macchine frigorifere/Pompe di calore	Combustibile gassoso		
		Elettricità	H_PDCElett	Pompa di calore/ Macchina frigorifera a compressione di vapore con motore elettrico
	A ciclo di compressione con motore endotermico	Combustibile gassoso	H_PDCend	Pompa di calore a compressione di vapore con motore endotermico / Macchina frigorifera a fiamma diretta
	Sottostazione di teleriscaldamento	Teleriscaldamento	H_TLR	Teleriscaldamento per servizio di riscaldamento
C, HC	Gruppi termici o caldaie	Combustibile gassoso	C_ASS	Pompa di calore ad assorbimento / Macchina frigorifera a fiamma diretta
	A ciclo di compressione con motore endotermico			
	Macchine frigorifere/Pompe di calore	Combustibile gassoso	C_CHILL	Macchina frigorifera/Pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico
		Elettricità		

Per aggregare le informazioni del parco impiantistico al livello della sezione di censimento, si è fatto riferimento al dato di potenza utile degli impianti secondo il seguente approccio.

Per ogni sezione di censimento (SC), è stata calcolata la somma della potenza utile degli impianti distinta per servizio di riscaldamento ($\Sigma(P_h)_{SC}$) e di raffrescamento ($\Sigma(P_c)_{SC}$). Dopodiché sono state calcolate le somme della potenze utili per ogni tipologia di sottosistema di generazione per riscaldamento ($\Sigma(P_{h,i})_{SC}$) e per raffrescamento ($\Sigma(P_{c,i})_{SC}$) e le relative percentuali ($Q_{h,i;SC}$ e $Q_{c,i;SC}$) rispetto alle potenze utili totali di ciascun servizio, come illustrato in (eq. (4) e (5)).

$$(4) Q_{h,i;SC} = \frac{\Sigma(P_{h,i})_{SC}}{\Sigma(P_h)_{SC}} = [\%]$$

$$(5) Q_{c,i;SC} = \frac{\Sigma(P_{c,i})_{SC}}{\Sigma(P_c)_{SC}} = [\%]$$

Per le sezioni di censimento prive di dati impiantistici (non tutti gli impianti esistenti sono stati targati, ed alcuni impianti targati sono stati esclusi dall'elaborazione a causa di dati incompleti, ecc.) è stato assunto il valore medio delle percentuali di potenza utile, per ogni tipologia di sottosistema di generazione, calcolato nelle dieci sezioni limitrofe.

Associazione dei rendimenti stagionali di impianto

Ad ogni sezione di censimento sono stati infine assegnati i rendimenti medi di impianto, per ogni tipologia di sottosistema di generazione, riportati nel Decreto "Requisiti minimi" (Tabella 20). Fa eccezione la generazione di acqua calda sanitaria ad elettricità, per il cui rendimento ci si è riferiti a quello di un convenzionale bollitore riportato nella specifica tecnica UNI/TS 11300-2:2014 [21] (0.75), essendo la tecnologia a pompa di calore di recente adozione.

Nel Decreto sono inoltre indicati i rendimenti medi del complesso dei sottosistemi di utilizzazione (emissione/erogazione, regolazione, distribuzione e dell'eventuale accumulo), per riscaldamento e raffrescamento, variabili in un range compreso tra 0.81 e 0.83 a seconda del tipo di distribuzione (idronica, aeraulica o mista): per semplicità procedurale, e in ragione della assenza di tali specifiche nei dati impiantistici desunti da Istat per il residenziale, nonché in mancanza di esplicito campo relativo al tipo di distribuzione nel database CURIT, è stato assunto il valore intermedio 0.82 (distribuzione mista). Per il servizio di ACS è stato assunto il valore 0.7 indicato nel Decreto.

Tabella 20. Sottosistemi di generazione dell'edificio e relativi rendimenti secondo Decreto "Requisiti minimi".

Sottosistemi di generazione	Produzione di energia termica		
	H	C	W
Generatore a combustibile liquido	0.82	-	0.80
Generatore a combustibile gassoso	0.95	-	0.85
Generatore a combustibile solido	0.72	-	0.70
Pompa di calore / Macchina frigorifera a compressione di vapore con motore elettrico	3.00	2.50	2.50
Pompa di calore ad assorbimento/Macchina frigorifera a fiamma diretta	1.20	0.60	1.10
Pompa di calore a compressione di vapore a motore endotermico	1.15	-	-
Teleriscaldamento	0.97	-	-

1.1.2.2.3 *Stima dei profili energetici urbani (C)*

Il volume costruito calcolato per ogni sezione di censimento dell'intero parco edifici, in base al periodo di costruzione prevalente, per ognuna delle 2 destinazioni d'uso e riconducibile a ciascuna delle 6 zone termiche tipo, viene moltiplicato per i relativi valori di densità energetica di fabbisogno termico per riscaldamento e per raffrescamento determinati per ciascuna ZTT dei corrispondenti BEM, al fine di ottenere i profili energetici urbani. Analogamente, con l'associazione dei valori orari di domanda di energia specifica per apparecchiature ed illuminazione artificiale, si ottengono i relativi profili di domanda elettrica dello stock. Inoltre, moltiplicando le distribuzioni percentuali delle diverse tipologie di sottosistemi di generazione per il fabbisogno termico di riscaldamento e raffrescamento si ottengono i fabbisogni ripartiti per tipologia di generazione. Quindi, dividendo questi ultimi per il relativo rendimento impiantistico, si ottengono i profili di consumo di energia finale. La procedura è stata trascritta in Python, i cui codici sono riportati in appendice.

1.2 Esiti della procedura applicata al caso studio della città di Milano

In questo capitolo sono riportati i risultati della procedura sviluppata per il caso studio del territorio comunale di Milano, il cui parco edifici mappato secondo DBT ed evidenziato nelle porzioni residenziale e ad uso uffici individuate con il presente studio, è riportato in Figura 13.

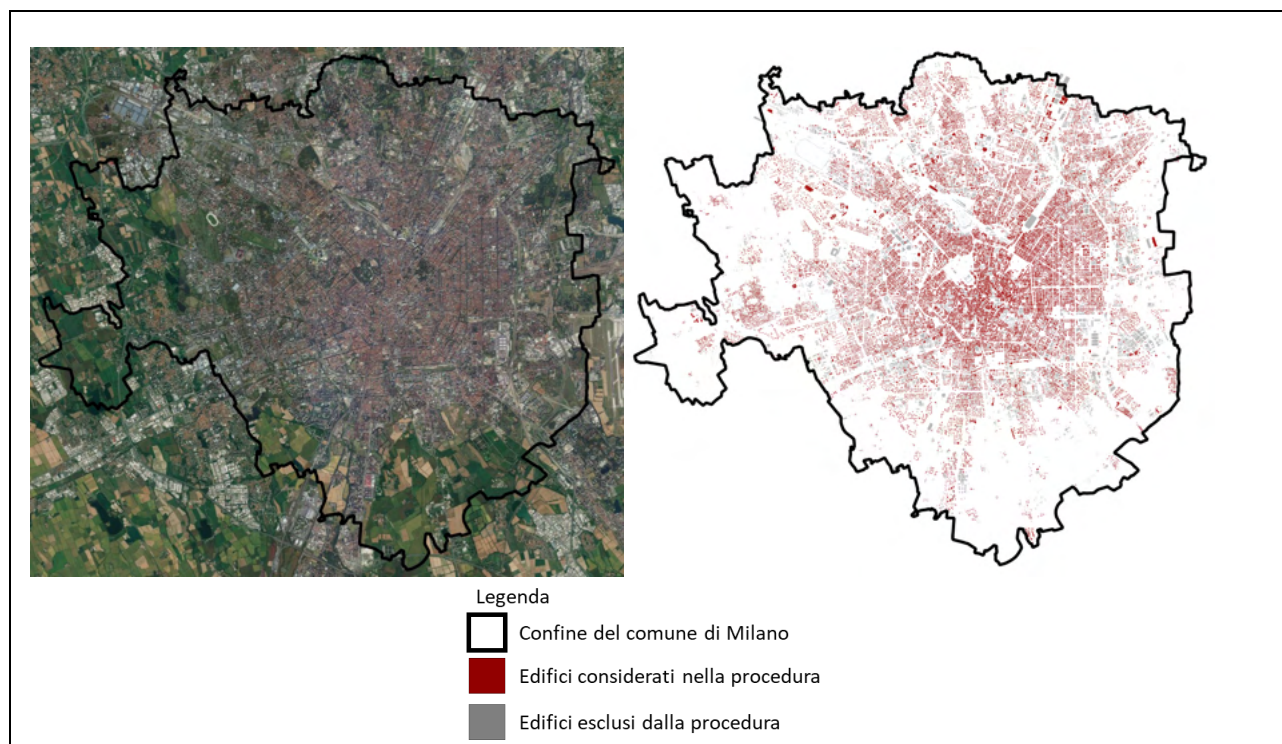


Figura 13. Mappa satellitare (a sinistra) e GIS (a destra) del comune di Milano.

1.2.1 Esiti delle simulazioni energetiche

Una volta modellati i BEM, sono stati simulati i profili di fabbisogno termico per riscaldamento e raffrescamento per l'anno tipo, utilizzando il file climatico disponibile nella cartella Meteonorm di TRNSYS per le città di Milano (IT-Milano-Linate-160800.tm2). Quindi, come precedentemente descritto, sono stati estrapolati i fabbisogni termici orari per ogni ZTT dai quali vengono determinati i profili dei fabbisogni termici medi delle quattro diverse esposizioni.

Di seguito un esempio di profili risultanti per una ZTT nei 4 orientamenti, ed il profilo medio risultante, per la destinazione residenziale (Figura 14) ed ufficio (Figura 15) in stagione di riscaldamento e raffrescamento.

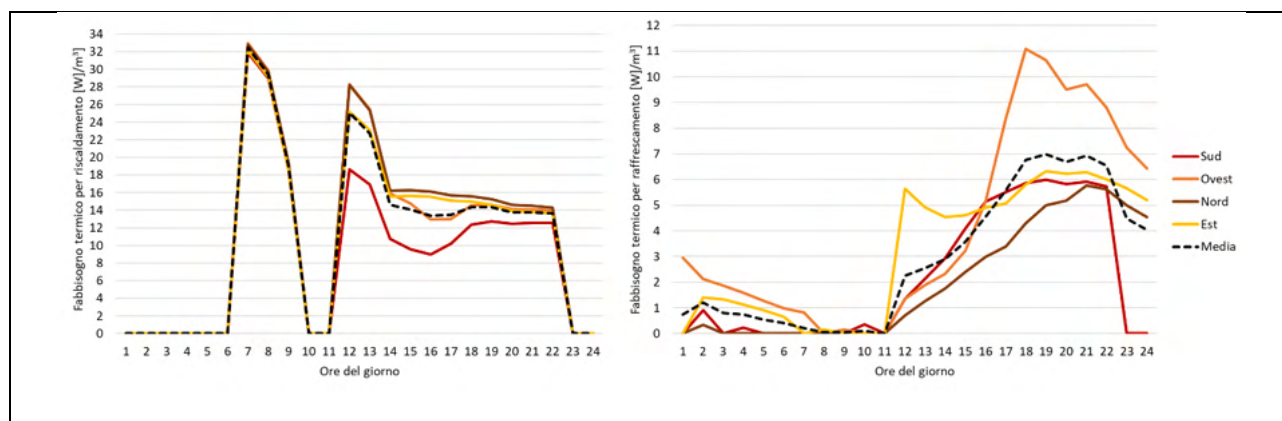


Figura 14. Profili di densità di fabbisogno termico per riscaldamento (sinistra) e raffrescamento (destra) per una ZTT residenziale degli anni '60-'80.

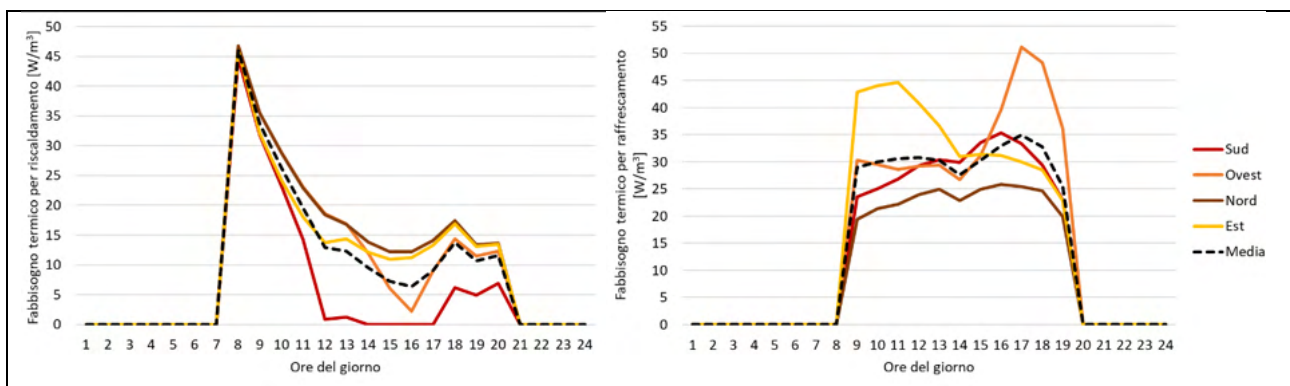


Figura 15. Profili di densità di fabbisogno termico per riscaldamento (sinistra) e raffrescamento (destra) per una ZTT ufficio degli anni '60-'80.

Con riferimento allo schema di Figura 16, i fabbisogni termici specifici per riscaldamento e raffrescamento su base annua risultanti per le 6 diverse ZTT dei BEM, sono riportati in Figura 17 e Figura 18 rispettivamente.

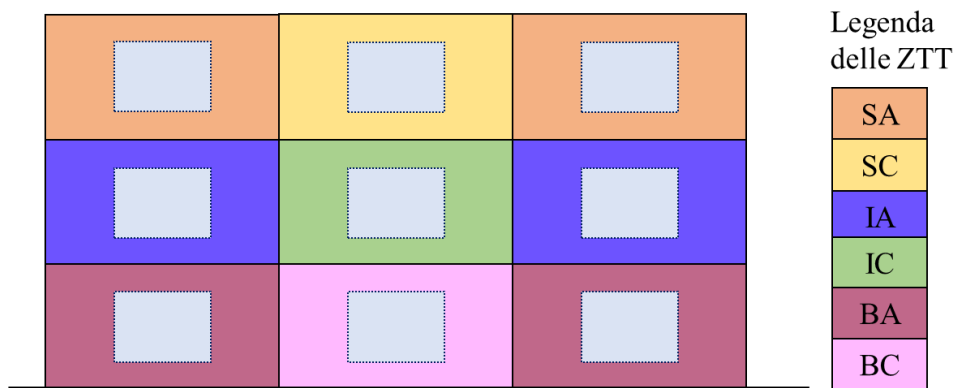


Figura 16. Schema di facciata del Building Energy Concept e delle Zone Termiche Tipo.

Residenziale Vecchio			Residenziale '60-'80			Residenziale Recente		
27.65	22.00	27.65	32.11	25.32	32.11	11.24	9.05	11.24
17.74	12.39	17.74	19.83	14.11	19.83	7.49	5.89	7.49
23.61	18.21	23.61	26.46	20.68	26.46	9.15	7.26	9.15
Ufficio Vecchio			Ufficio '60-'80 Convenzionale			Ufficio Recente Convenzionale		
22.79	17.98	22.79	26.07	21.10	26.07	10.62	8.76	10.62
16.16	12.36	16.16	18.53	14.61	18.53	7.99	6.63	7.99
19.55	15.33	19.55	22.29	17.93	22.29	9.04	7.42	6.63
Ufficio '60-'80 Sandwich Ampiamente Vetrato			Ufficio Recente Vetrato					
21.67	20.16	21.67	9.67	8.19	9.67			
15.49	14.61	15.49	7.83	6.76	7.83			
17.54	16.45	17.54	8.40	7.11	8.40			

Figura 17. Fabbisogni energetici specifici annui per riscaldamento delle Zone Termiche Tipo [kWh/m³a].

Residenziale Vecchio			Residenziale '60-'80			Residenziale Recente		
0.96	1.17	0.96	1.08	1.46	1.08	1.27	1.44	1.44
1.09	1.46	1.09	1.47	1.81	1.47	1.43	1.58	1.58
0.25	0.48	0.25	0.40	0.62	0.40	1.13	1.28	1.28
Ufficio Vecchio			Ufficio '60-'80 Convenzionale			Ufficio Recente Convenzionale		
2.71	3.17	2.71	3.18	3.75	3.18	5.78	6.31	5.78
3.38	3.77	3.38	3.98	4.49	3.98	6.32	6.64	6.32
1.90	2.32	1.90	2.26	2.78	2.26	5.90	6.39	5.90
Ufficio '60-'80 Sandwich Ampiamente Vetrato			Ufficio Recente Vetrato					
9.74	10.22	9.74	24.53	25.94	24.53			
12.18	12.46	12.18	26.31	27.19	26.31			
9.03	9.33	9.03	25.39	26.70	25.39			

Figura 18. Fabbisogni energetici specifici annui per raffrescamento delle Zone Termiche Tipo [kWh/m³a].

1.2.2 Esiti della caratterizzazione del parco edifici

Lo sviluppo della procedura ha consentito di conseguire i risultati rappresentati tramite mappe elaborate per il parco edifici considerato come nel seguito descritto.

In Figura 19 è riportata la mappa delle sezioni di censimento caratterizzate secondo il periodo di costruzione prevalente. Questa elaborazione consente di apprezzare la distribuzione territoriale delle tecnologie costruttive del parco in esame, secondo le sostanziali differenze di approccio realizzativo dei 3 macro-periodi storici precedentemente descritti caratterizzanti i BEM (vecchio, '60-'80 e recente) cui sono associabili le diverse domande energetiche. A tal fine, il volume definito secondo le 9 epoche di costruzione contemplate dal database sorgente Istat è stato accorpato in "vecchio" (<1919, 1919-45 e 1946-60) "anni '60-'80" (1961-70, 1971-80 e 1981-90) e "recente" (1991-2000, 2011-2005, >2005). Nella mappa relativa al caso studio di Milano, di fatto, si può notare come il patrimonio vecchio sia prevalentemente concentrato nel centro storico e si espande a macchia d'olio riconcentrandosi in alcune ampie aree periferiche, verosimilmente riconducibili a vecchi borghi successivamente raccordati, sia territorialmente che dal punto di vista dell'urbanizzato, al capoluogo; il patrimonio risalente al periodo del boom edilizio e dell'espansione urbana risulta di fatto colmare gli spazi tra gli agglomerati precedenti, ad eccezione di alcune aree, anche di ampie dimensioni (aree industriali dismesse riqualificate, secondo pianificazione dedicata, a partire dagli anni '90), caratterizzate dalla prevalenza di edifici più recenti.

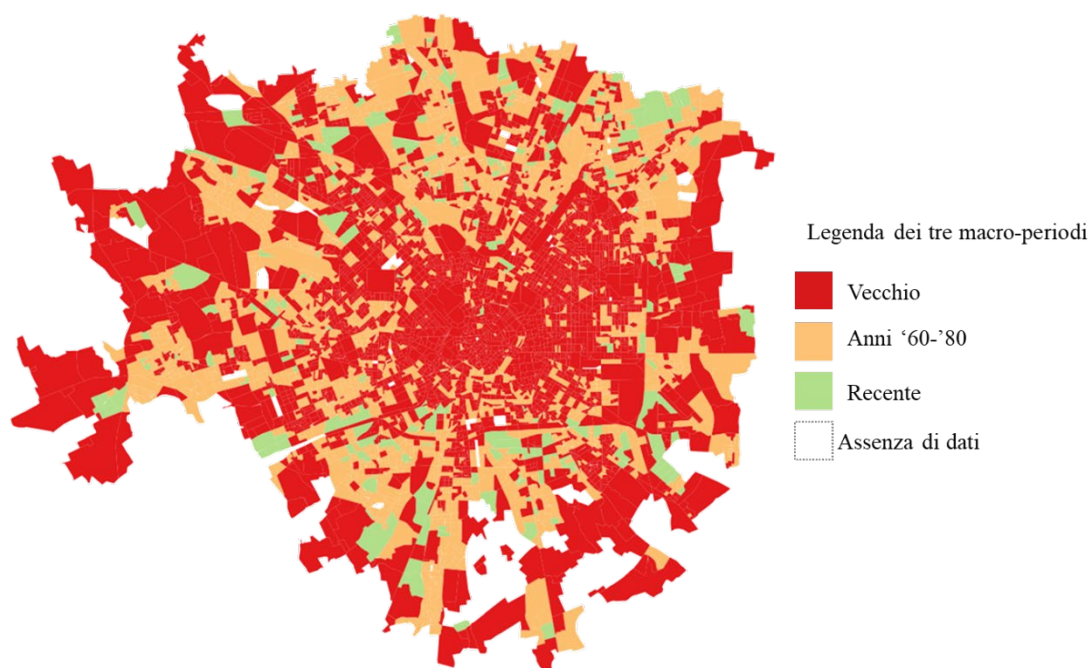


Figura 19. Mappa delle Sezioni di Censimento per macro-periodo.

Nella seconda mappa (Figura 20) il volume costruito ad uso residenziale è caratterizzato sulla base della configurazione geometrica prevalente con riferimento alla composizione delle zone termiche tipo. È possibile apprezzare verosimilmente la maggiore presenza di piccoli edifici (costituiti da sole zone termiche angolari) nelle zone di estrema periferia.

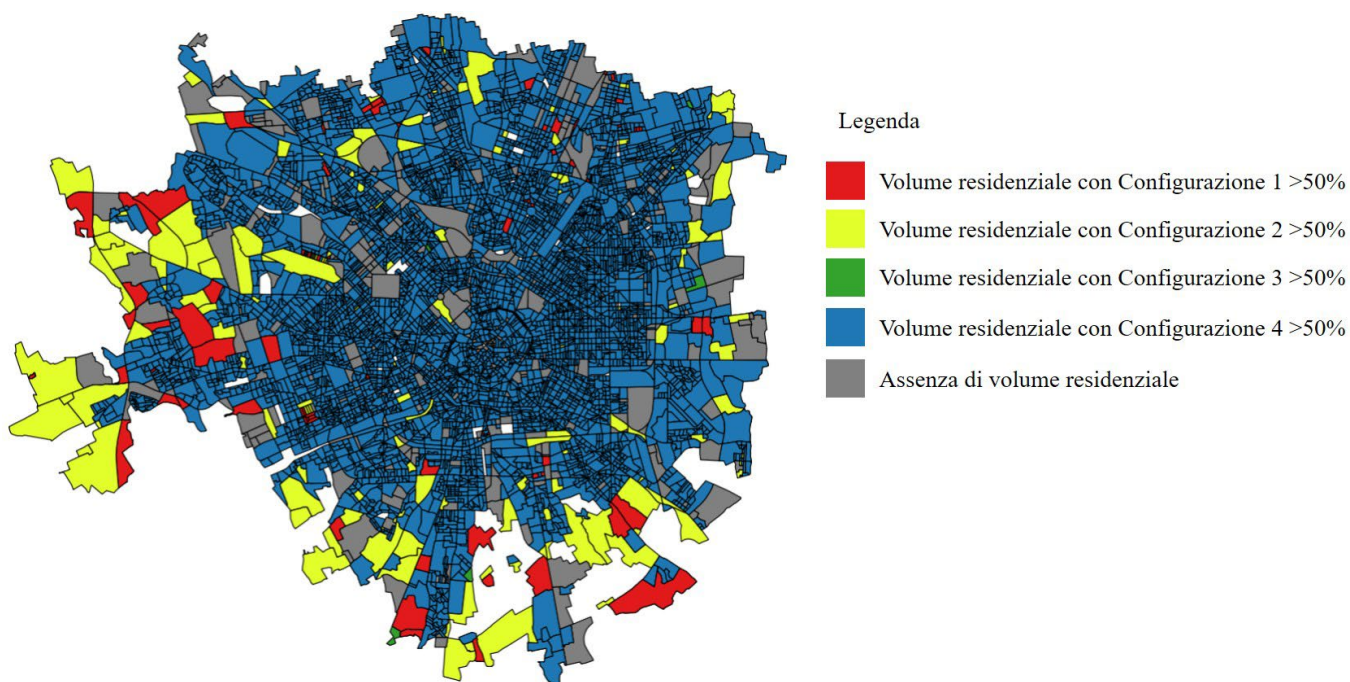


Figura 20. Mappa delle Sezioni di Censimento per configurazione geometrica prevalente.

In Figura 21 il parco urbano è mappato con riferimento alla destinazione d'uso prevalente: in essa è chiaramente visualizzabile la prevalenza di volume ad uso residenziale su tutto il territorio urbano, fatta

eccezione per il centro storico ed alcuni quartieri a maggiore vocazione terziaria in cui il volume costruito ad uso uffici risulta maggioritario.

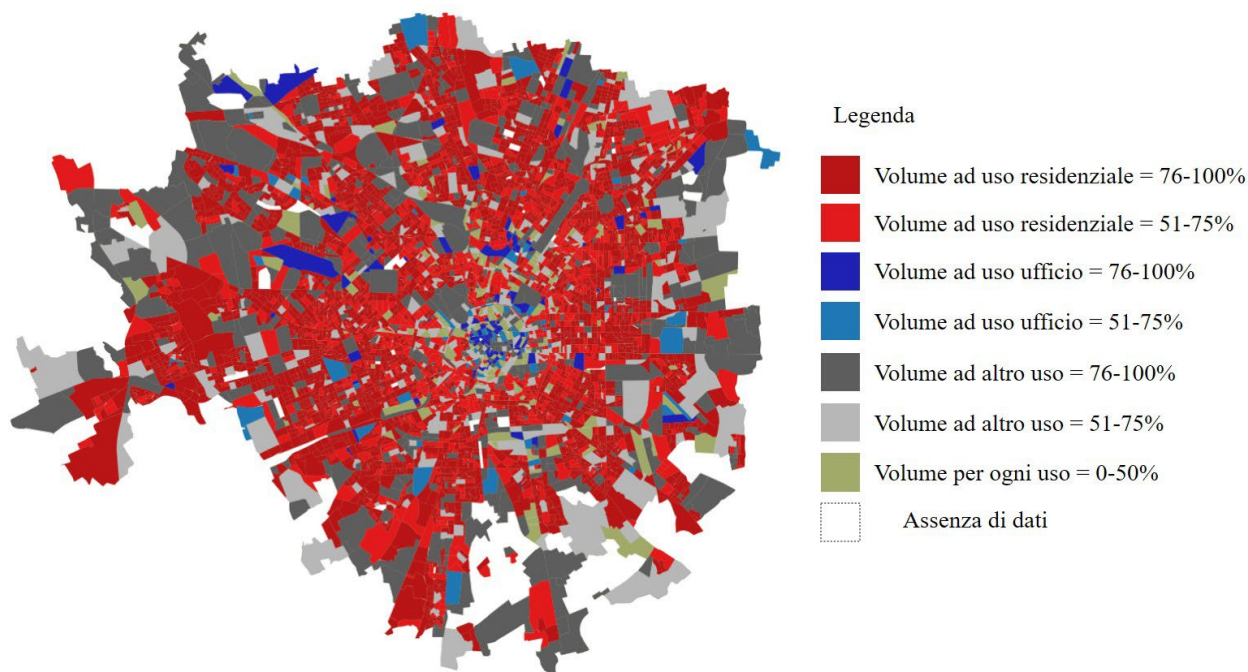


Figura 21. Mappa delle Sezioni di Censimento per destinazione d'uso prevalente.

Il grafico di Figura 22 riassume la ripartizione del volume costruito di ogni macro-periodo storico per destinazione d'uso a livello urbano. Si nota come il maggior volume costruito sia riconducibile al periodo vecchio e che l'espansione edilizia abbia interessato prevalentemente il settore residenziale.

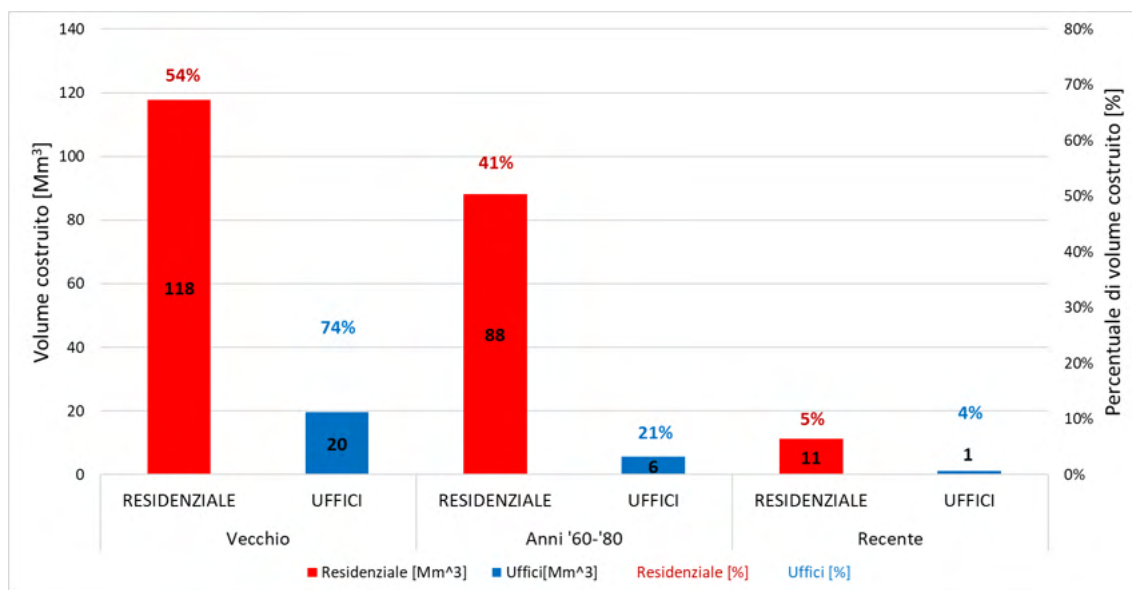


Figura 22. Ripartizione del volume per epoca di costruzione e destinazione d'uso.

In Figura 23 e Figura 24 sono riportate, a titolo di esempio, le mappe relative alla distribuzione percentuale per ogni sezione di censimento degli impianti di riscaldamento a gas naturale e degli impianti di raffrescamento ad elettricità negli edifici residenziali e ad uso uffici (in appendice 5.1 sono riportate le mappe

relative agli impianti basati sulle altre fonti energetiche). Come già anticipato, nel caso del settore residenziale la percentuale di impianti fa riferimento alla superficie di alloggio servita, nel caso del settore uffici fa riferimento alla potenza utile.

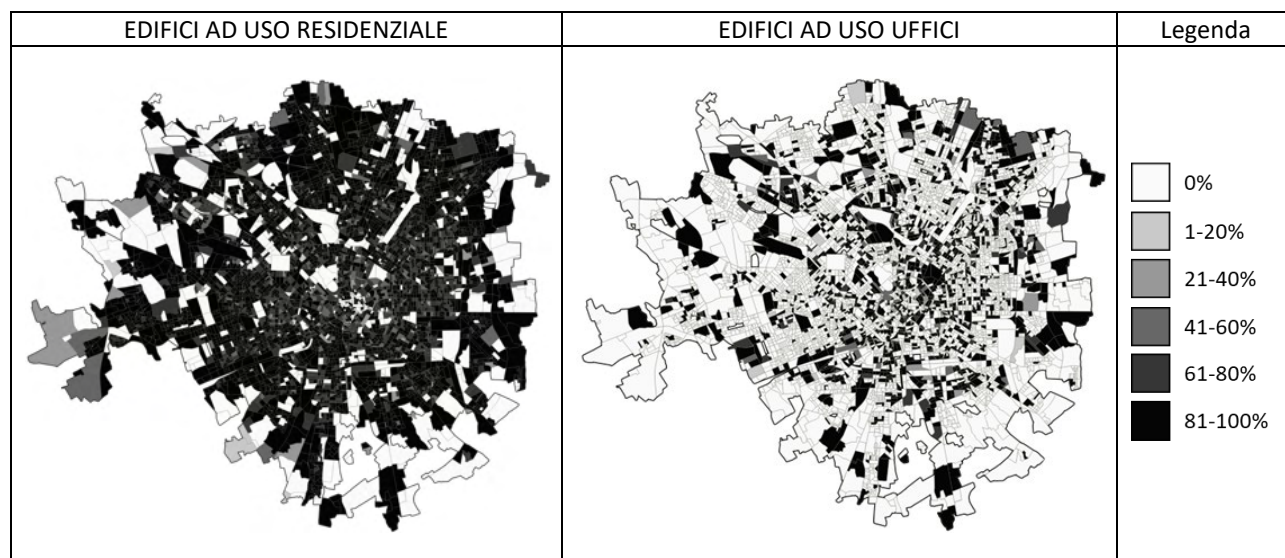


Figura 23. Distribuzione dei generatori alimentati da gas naturale per riscaldamento.

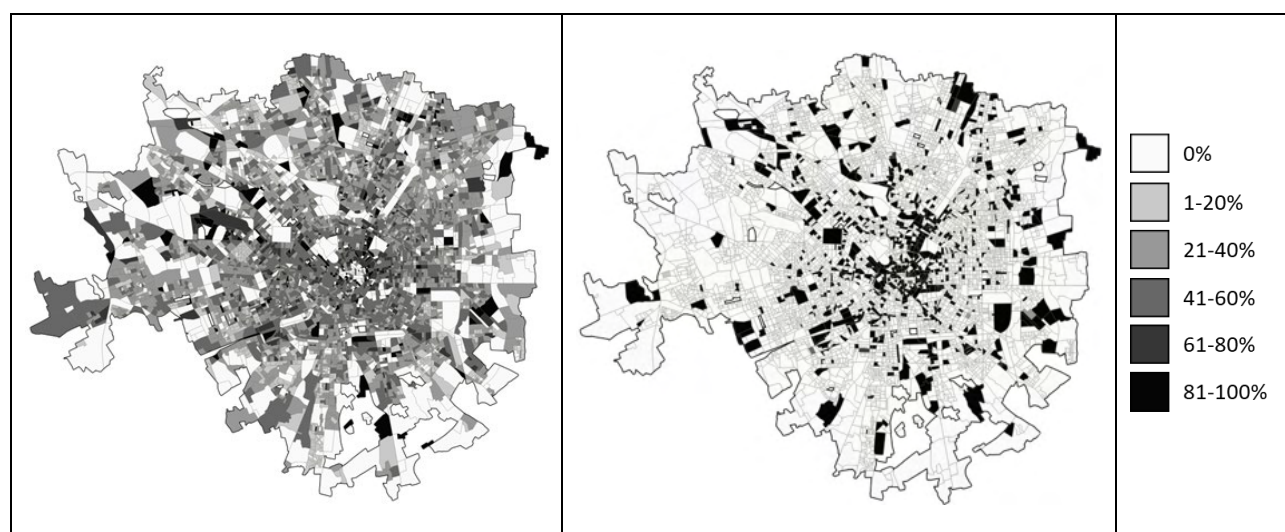


Figura 24. Distribuzione delle macchine frigorifere alimentate da energia elettrica per il servizio di raffrescamento.

1.2.3 Esiti della stima dei profili energetici urbani

Dalla correlazione dei risultati delle simulazioni energetiche con quelli provenienti dalla caratterizzazione del parco urbano dal punto di vista tecnologico, geometrico, funzionale ed impiantistico è possibile ottenere i profili energetici urbani.

A titolo esemplificativo dell'efficacia della procedura, è stato selezionato un insieme di sezioni di censimento ad uso misto in una area di Milano e ne sono stati determinati i consumi orari di energia finale per riscaldamento, apparecchiature elettriche ed illuminazione artificiale in un giorno lavorativo invernale del mese di gennaio dell'anno tipo (file climatico TRY), come riportato in Figura 25.

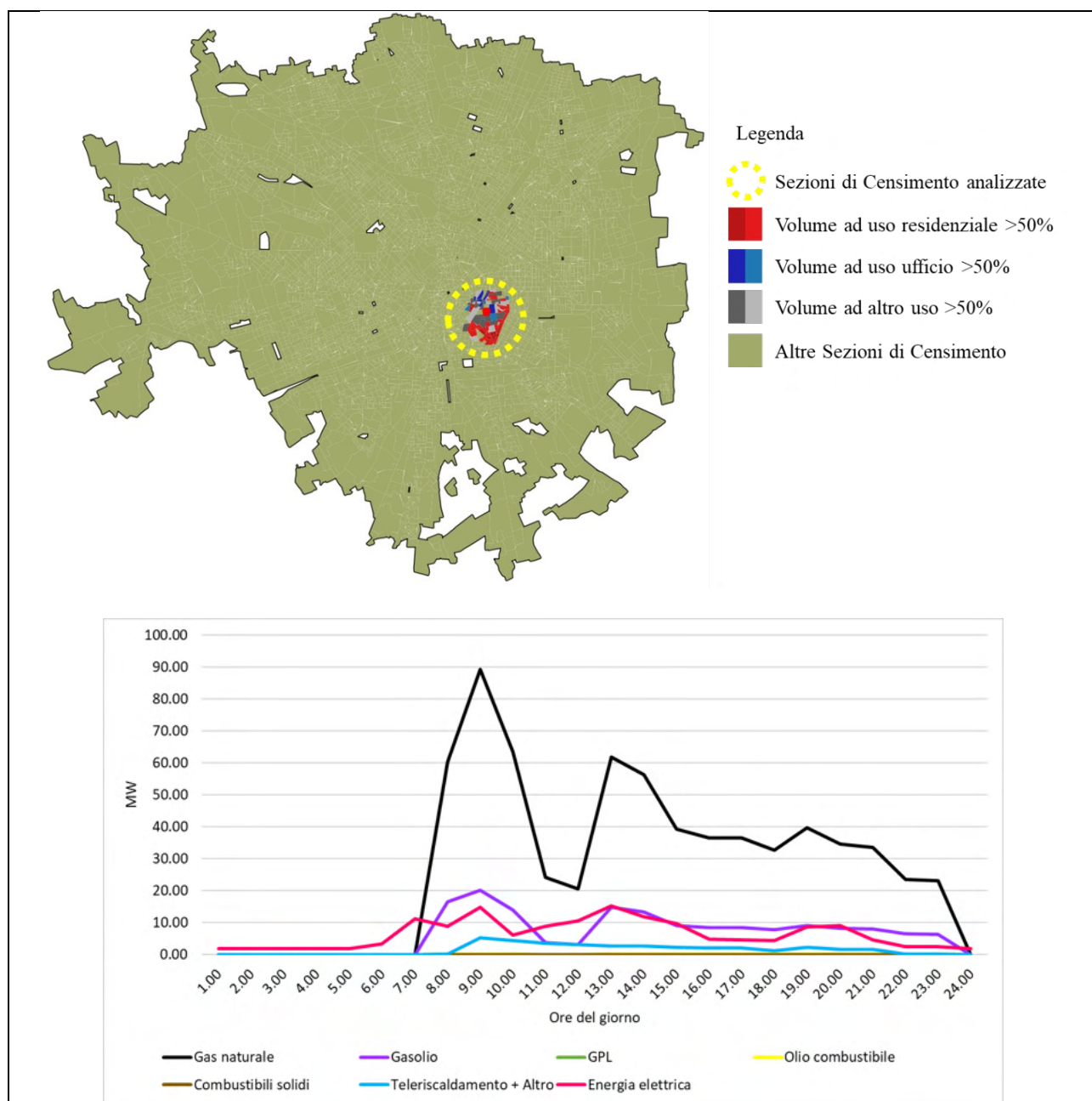


Figura 25. Selezione di un'area urbana (sopra) e determinazione del relativo profilo orario dei consumi di energia finale per riscaldamento, apparecchiature elettriche ed illuminazione artificiale distinti per fonte in un giorno lavorativo invernale (sotto).

Nelle pagine seguenti, sempre a titolo esemplificativo, sono riportate alcune tabelle (da Figura 26 a Figura 31) contenenti mappe e grafici dell'intensità energetica urbana in 3 diversi orari (9:00, 14:00 e 22:00) di un giorno lavorativo e di uno festivo in periodo invernale (mese di gennaio) ed estivo (mese di luglio), relative a:

- fabbisogno termico per riscaldamento;
- fabbisogno termico per raffrescamento;
- domanda di energia elettrica per apparecchiature ed illuminazione artificiale;
-

In appendice 5.1, sono riportate quelle relative ai seguenti consumi di energia finale:

- gas naturale per riscaldamento;
- gasolio per riscaldamento;
- GPL per riscaldamento;
- olio combustibile per riscaldamento;
- teleriscaldamento;
- elettricità per riscaldamento, apparecchiature e illuminazione artificiale;
- elettricità per raffrescamento, apparecchiature e illuminazione artificiale.

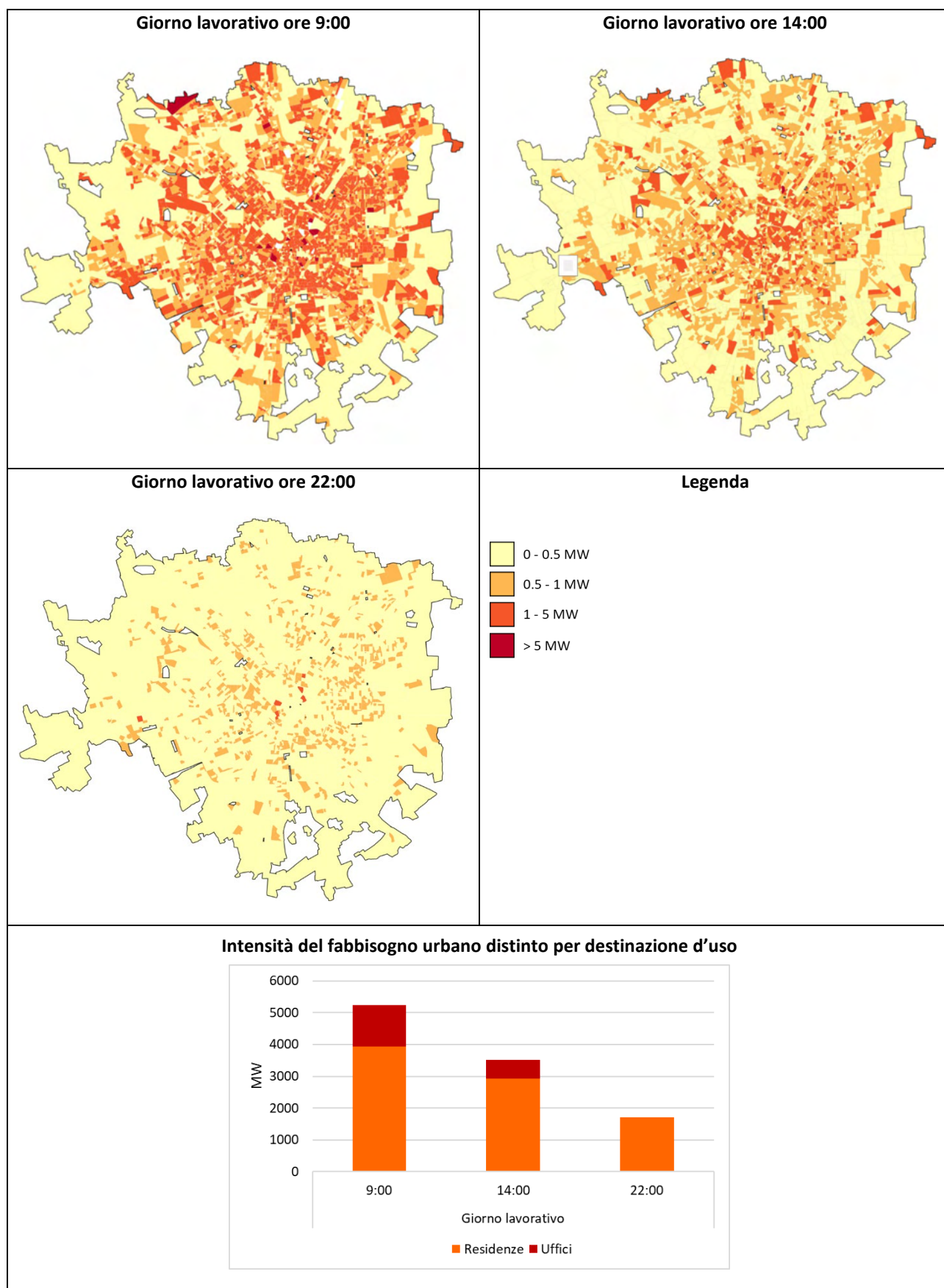


Figura 26. Intensità del fabbisogno termico per riscaldamento in un giorno lavorativo di gennaio.

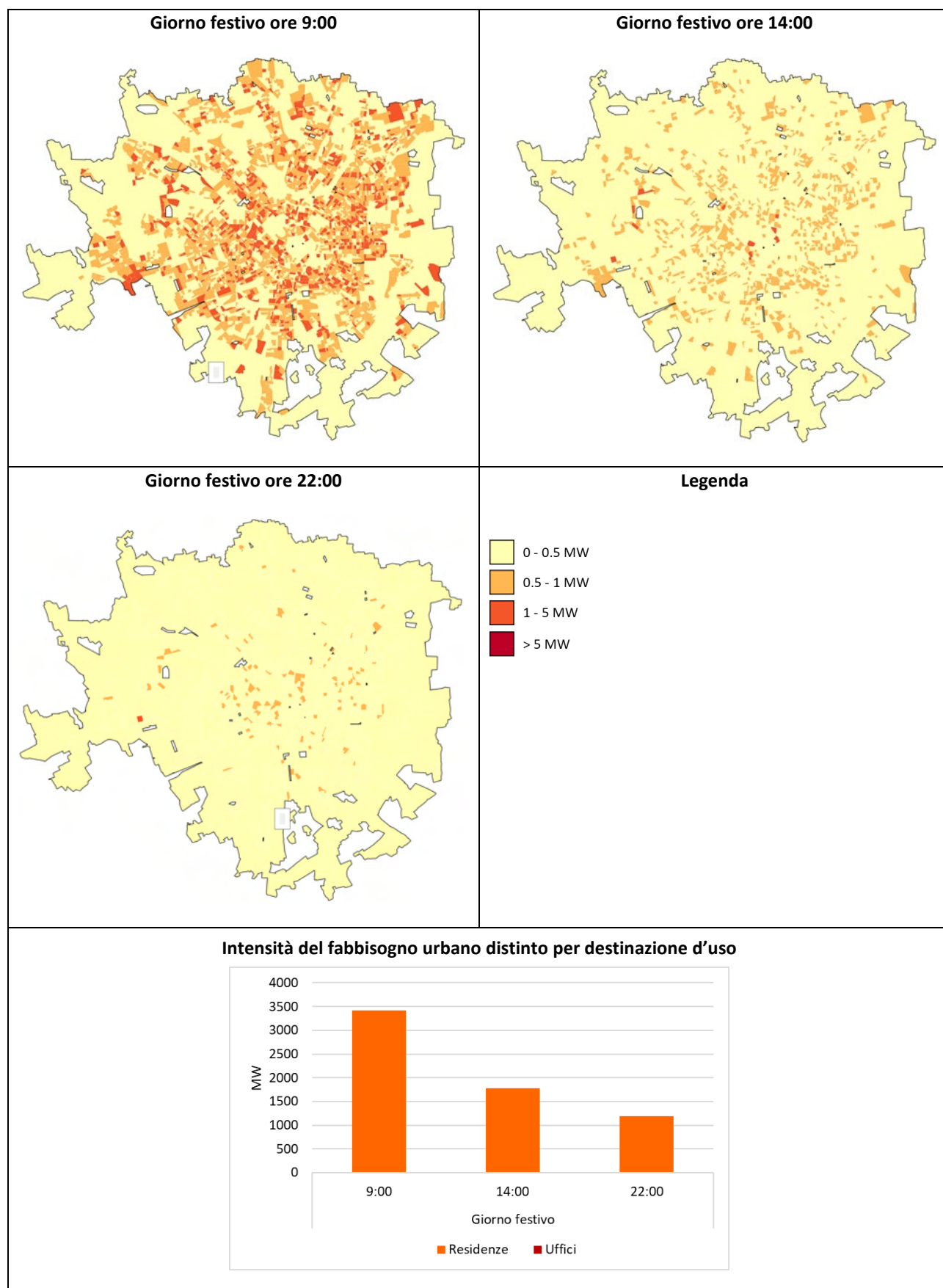


Figura 27. Intensità del fabbisogno termico per riscaldamento in un giorno festivo di gennaio.

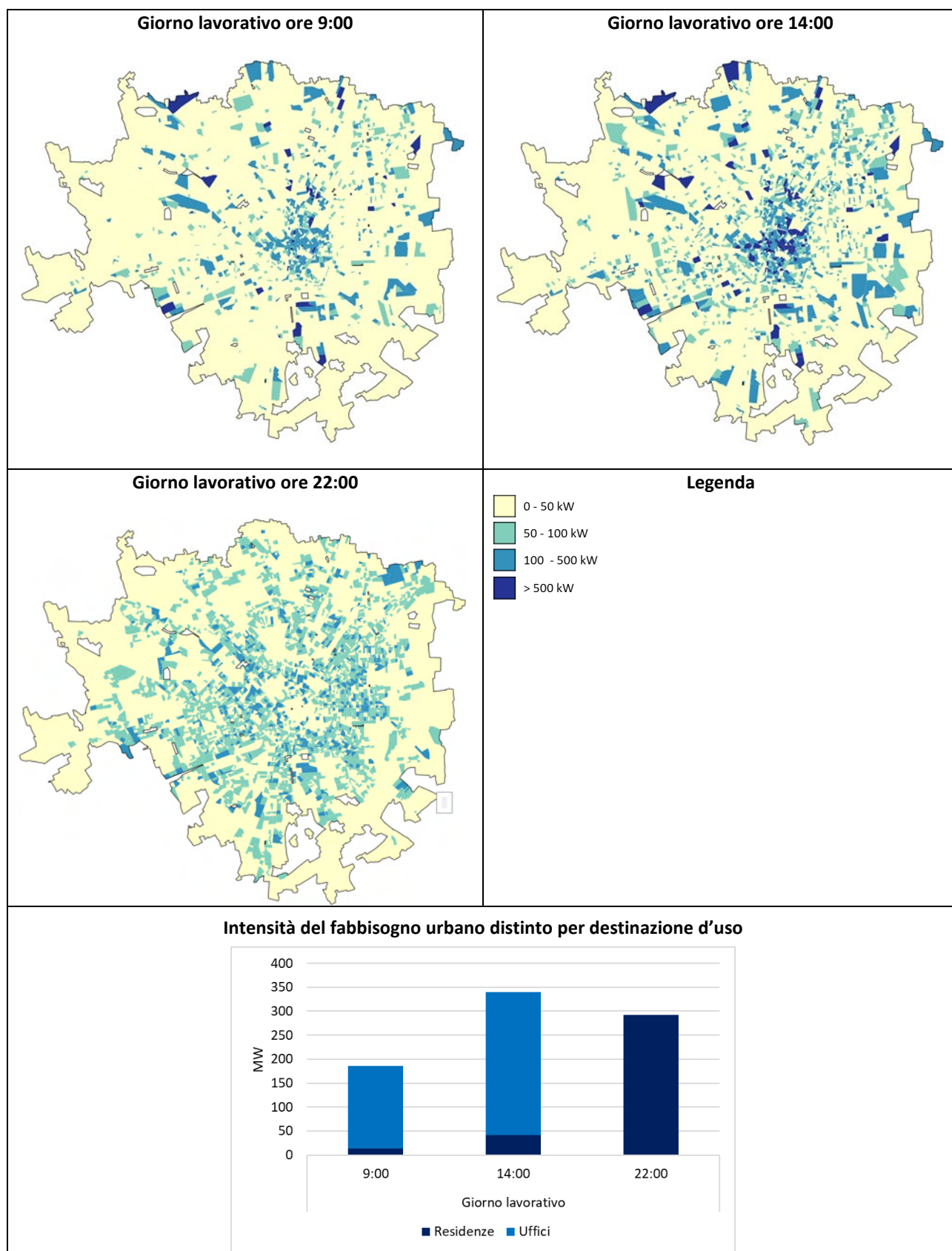


Figura 28. Intensità del fabbisogno termico per raffrescamento in un giorno lavorativo di luglio.

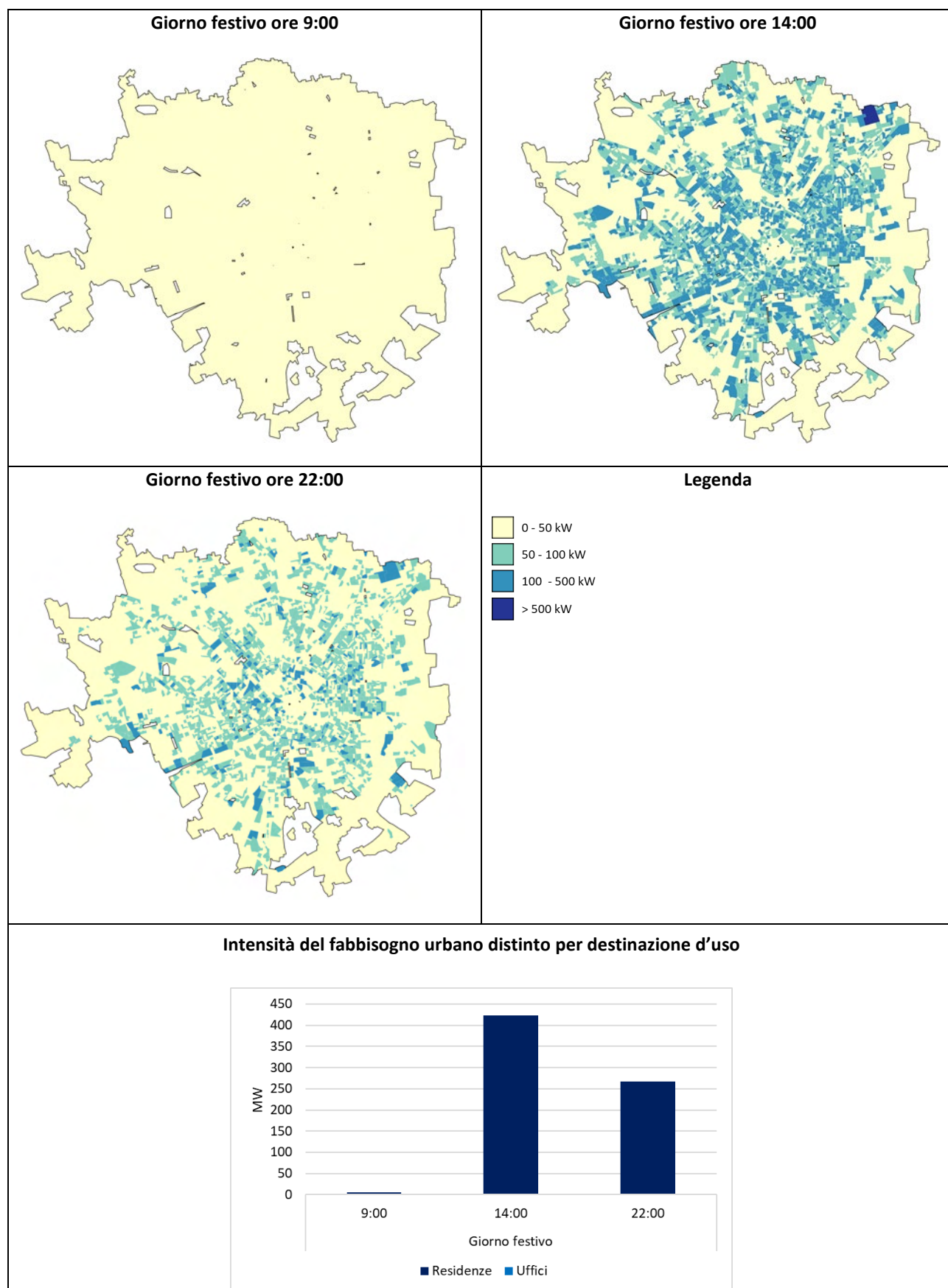


Figura 29. Intensità del fabbisogno termico per raffrescamento in un giorno festivo di luglio.

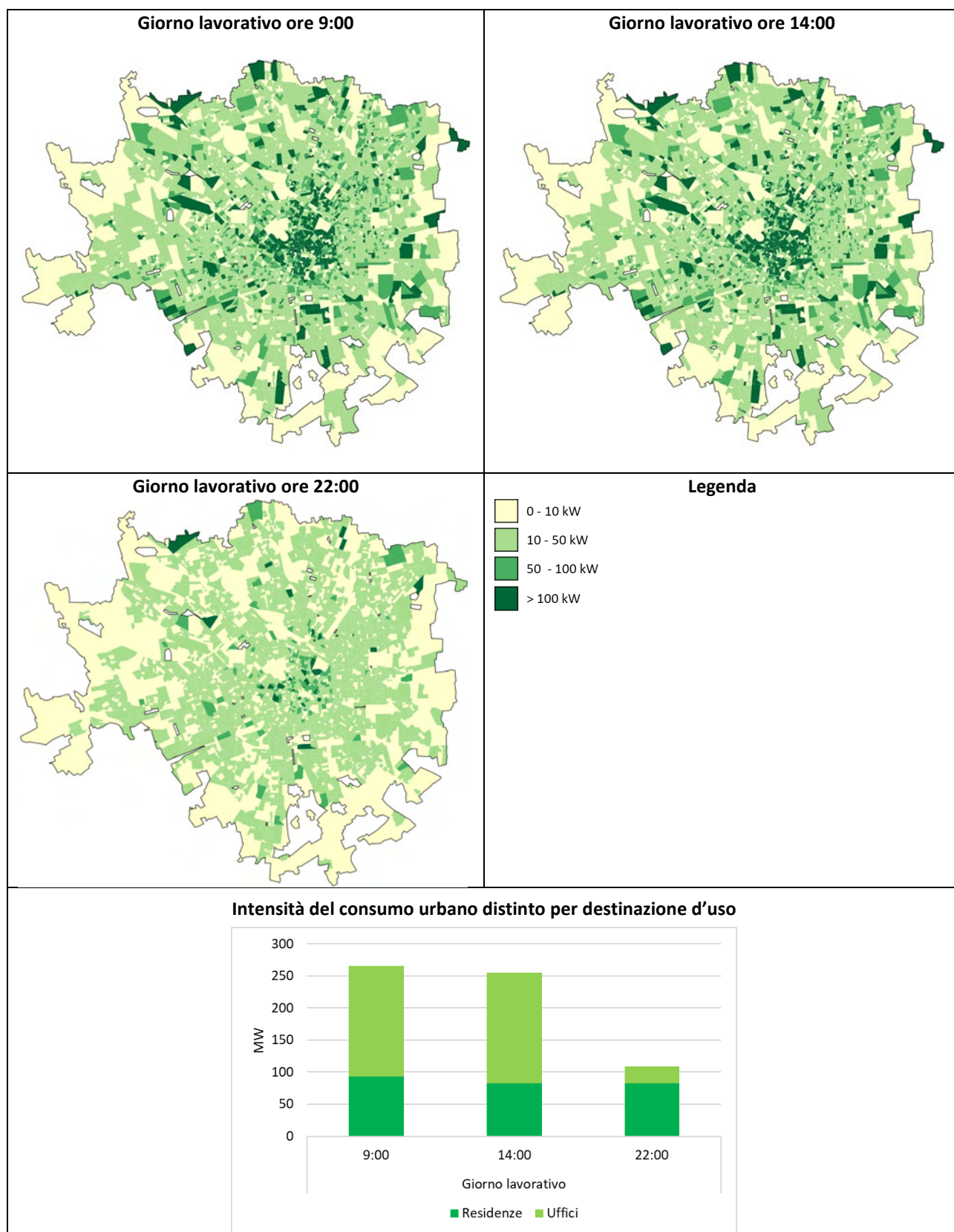


Figura 30. Intensità del consumo di elettricità per apparecchiature ed illuminazione artificiale in un giorno lavorativo dell'anno.

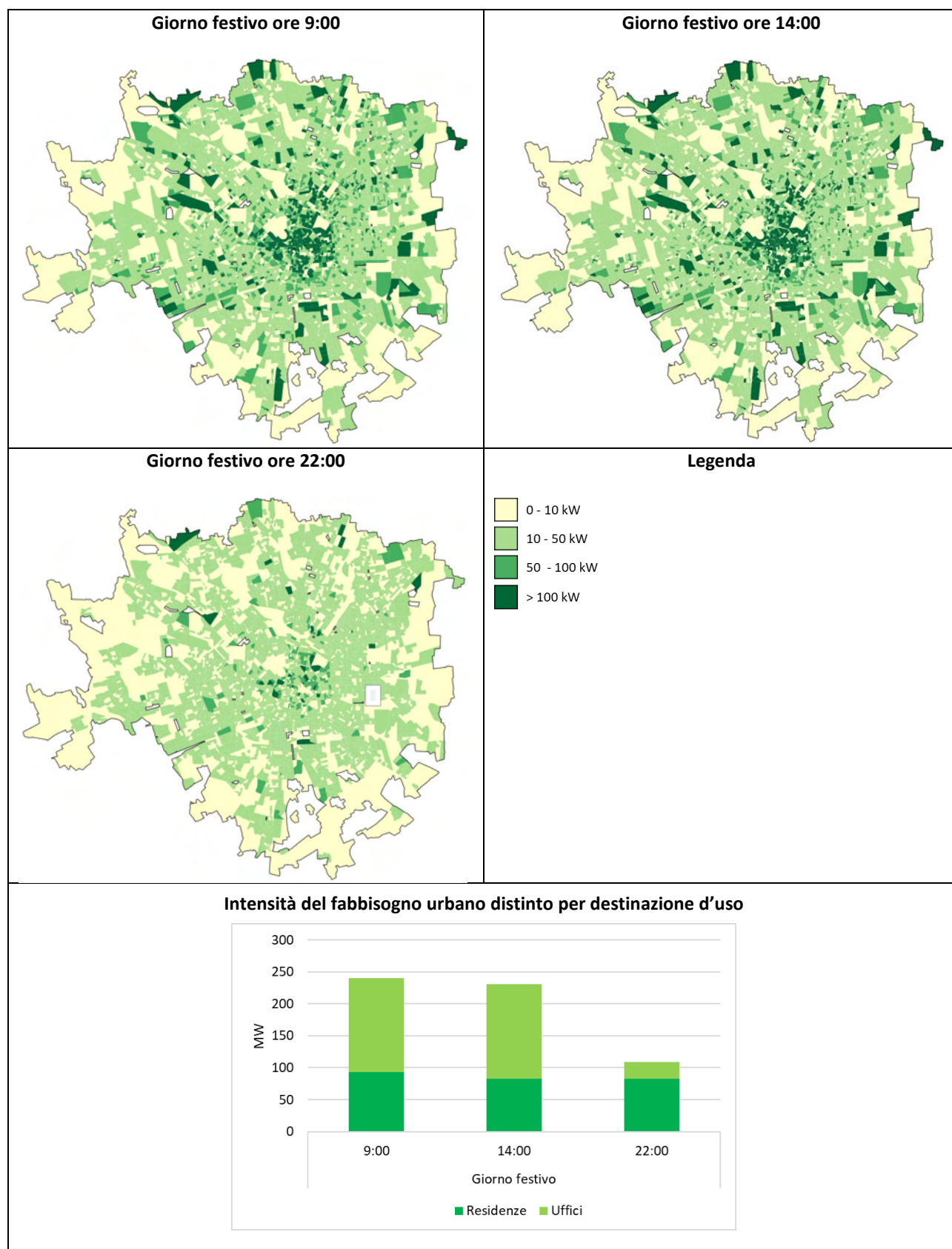


Figura 31. Intensità del consumo di elettricità per apparecchiature ed illuminazione artificiale in un giorno festivo dell'anno.

1.2.4 Confronto con altre fonti dati e validazione

1.2.4.1 Validazione del volume costruito

Per verificare l'affidabilità della procedura di stima del volume costruito per destinazione d'uso a livello urbano, sviluppata sul caso studio di Milano, sono stati confrontati i risultati ottenuti con i dati desumibili da fonti statistiche nazionali.

Per quanto riguarda il residenziale, sulla base della procedura è stato determinato un **volume costruito pari a 216.97 Mm³**. Tale valore risulta in linea sia con il dato desunto da Agenzia delle Entrate – Catasto [22] (pari a 208.04 Mm³)⁴⁹, dunque con uno scarto del 4.3%.

Per quanto concerne gli uffici, è stato determinato un volume costruito, riferito ai soli edifici ad uso esclusivo direzionale/terziario, pari a 26.29 Mm³. Sulla base del numero degli interni non abitativi (dato riportato nella banca dati relativa agli interni per epoca di costruzione richiesta all'Unità Statistica di Milano) e della superficie media delle abitazioni con residenti (dato riportato nelle Variabili censuarie di Istat) per ogni sezione di censimento, è stato determinato un volume di uffici siti all'interno di edifici residenziali pari a 20.13 Mm³, che è stato aggiunto al precedente ottenendo un **volume totale ad uso uffici pari a 46.42 Mm³**. Sulla base dei dati di Agenzia delle Entrate – Catasto, è possibile desumere il volume costruito riconducibile alle unità catastali di uffici e studi privati (categoria A/10) e di uffici pubblici (categoria B/4), pari a 26.06 Mm³. A differenza di quanto considerato con la procedura sviluppata, Agenzia delle Entrate – Catasto non censisce i volumi relativi agli edifici privati interamente o prevalentemente destinati ad uso ufficio. Inoltre, la stessa Agenzia delle Entrate, in apposito rapporto, ha evidenziato come le implicazioni legate alla complessità della procedura adottata per la definizione del volume costruito ad uso ufficio abbiano quasi certamente causato una consistente sottostima [23]. In particolare, nel rapporto viene dichiarato che "la categoria catastale A/10 non include l'effettivo stock immobiliare nazionale realmente destinato a tale uso, in quanto non solo è frequente l'utilizzo ad ufficio dell'unità immobiliare residenziale senza che ciò comporti una conseguente variazione di categoria catastale, ma per alcuni comuni minori non è stata definita la categoria A/10 (e relativa rendita catastale) e le unità ad uso ufficio vengono censite nella categoria A/2 (abitazioni civili), il che rende evidentemente impossibile una loro identificazione dalla banca dati del Catasto. Va considerato, inoltre, che nella categoria catastale A/10 non rientra la maggior parte degli edifici 'strutturati' per ufficio che vengono censiti, invece, nelle categorie non ordinarie" dei gruppi D7 e D8."

Considerato ciò, in via preliminare, si è associato il volume medio degli edifici ad uso bancario e assicurativo, determinato sulla base del report CRESME [24], agli edifici riportati nelle categorie D/7 (Fabbricati costruiti o adattati per le speciali esigenze di un'attività industriale e non suscettibili di destinazione diversa senza radicali trasformazioni) e D/8 (Fabbricati costruiti o adattati per le speciali esigenze di un'attività commerciale e non suscettibili di destinazione diversa senza radicali trasformazioni) riportati in Agenzia delle Entrate, ottenendo un valore finale di 43.24 Mm³ che è il 7.3% in meno rispetto al dato stimato con la procedura riportata nel presente studio.

La Tabella 21 sintetizza i dati appena confrontati.

⁴⁹ Questo dato di volume è stato elaborato sulla base della superficie lorda stimata da Agenzia delle Entrate per le categorie A/1 - Abitazioni di tipo signorile, A/2 - Abitazioni di tipo civile, A/3 - Abitazioni di tipo economico, A/4 - Abitazioni di tipo popolare, A/5 - Abitazioni di tipo ultrapopolare, A/6 - Abitazioni di tipo rurale, A/7 - Abitazioni in villini, A/8 - Abitazioni in ville, A/9 - Castelli, palazzi di eminenti pregi artistici o storici, A/10 - Uffici e studi privati, A/11 - Abitazioni ed alloggi tipici dei luoghi.

Tabella 21. Confronto fra i dati di volume per destinazione d'uso stimati con la procedura e quelli provenienti da banche dati nazionali.

		Procedura GIS	Altre Fonti
RESIDENZIALE	Volume costruito [Mm ³]	216.97	208.04
	Scarto del dato stimato rispetto al dato da fonte statistica		+4.3%
UFFICI	Volume costruito [Mm ³]	46.42	43.24
	Scarto del dato stimato rispetto al dato da fonte statistica		+7.3%

1.2.4.2 Validazione dei consumi di energia

Per verificare l'affidabilità dei risultati esito del presente studio, si fatto riferimento ai dati di bilancio energetico annuale elaborati per il territorio comunale di Milano.

Il documento del Piano di Azione per l'Energia Sostenibile (PAES) del comune di Milano, ed in particolare l'Allegato 2 "Bilancio Energetico Comunale e Scenari al 2020" contiene la stima dei consumi energetici finali del comune di Milano nel 2005 e 2013 [25]. Il consumo di energia elettrica risulta aggregato per i settori terziario ed industriale, pertanto non è stato possibile usare tale fonte per la validazione della procedura. Si è dunque fatto riferimento ai dati provenienti dal sistema regionale SIRENA20⁵⁰, il Sistema Informativo Regionale Energia Ambiente, strumento adottato da Regione Lombardia per il monitoraggio della efficienza e della sostenibilità del sistema energetico regionale, benché sussistano importanti differenze con i dati del PAES (ad esempio, nel PAES è riportato un consumo di energia elettrica per entrambi i settori terziario ed industriale pari a 5138 GWh, inferiore al consumo di energia elettrica riportato da SIRENA per il solo settore terziario pari a 5534 GWh). Di fatto, lo stesso documento PAES pone l'accento sulla complessità di stimare i consumi a livello settoriale a causa della difficoltà di raccogliere dati omogenei, completi ed aggiornabili.

1.2.4.2.1 I dati del bilancio energetico comunale SIRENA20

Come spiegato nel documento contenente le note metodologiche [26], i consumi alla scala comunale e per settori sono stimati a partire da dati aggregati tramite un approccio top-down.

Le stime di consumo SIRENA20 ricorrono a indicatori statistici necessari per ottenere il dettaglio al livello settoriale, non essendo questo disponibile presso le società energetiche che raccolgono i relativi dati.

Nel dettaglio, la stima del consumo annuo di energia primaria da gas naturale del settore civile è stata basata sul dato di volume registrato nei punti di riconsegna primari connessi alla rete di distribuzione di SNAM Rete Gas, suddiviso per "reti cittadine e terziario", "autotrazione", "industria" e "termoelettrico". La dimensione del bacino per cui SNAM rileva il consumo varia dalla porzione di un singolo comune fino ad aggregazioni di più comuni. Inoltre, nei consumi delle "reti cittadine e terziario" rientra pure la cosiddetta industria diffusa. Per ottenere i consumi distinti per settori a scala comunale, nell'ambito della metodologia di SIRENA20, sono stati dapprima aggregati i consumi dei Comuni appartenenti alla stessa regione agraria, poi questi sono stati disaggregati tramite stima della superficie riscaldata equivalente, sulla base dei dati Istat relativi alla superficie ad uso residenziale ed al numero di addetti per settori ATECO. La stessa percentuale è stata adottata per gli altri combustibili fossili.

La stima del consumo annuo di energia elettrica finale, invece, è basata sul dato fornito da Terna a livello provinciale per categoria merceologica. Questo viene disaggregato a livello comunale e per i comparti residenziale, pubblica amministrazione e servizi sulla base di indicatori specifici (popolazione, addetti, ecc.). I dati energetici resi disponibili riguardano i consumi annui stimati per le annualità dal 2005 al 2012, disaggregati per settori (Tabella 22 e Tabella 23).

⁵⁰ <http://www.energielombardia.eu/sirena>

Tabella 22. Dati disponibili in SIRENA disaggregati per settore (i dati considerati per la validazione sono evidenziati in celeste).

Macrosettore	Agricoltura	Terziario	Residenziale	Trasporti	Industria
Settore	Agricoltura	Servizi vendibili	Edifici con 1 unità abitativa	Trasporto urbano	Manifatturiera di base
		PA e altri servizi non vendibili	Edifici con 2-8 unità abitative	Trasporto extra urbano	Manifatturiera non di base
			Edifici con >8 unità abitative	Autostradale	Costruzioni
				Ferrovia	Energia ed acqua
				Navigazione	
				Aereo	
				Off-road e altro	

Tabella 23. Dati disponibili in SIRENA disaggregati per vettore (i dati considerati per la validazione sono evidenziati in celeste).

Macrovetto	Vettore	Vettore-dettaglio
Combustibili fossili	Combustibili liquidi	Gasolio
		Carboturbo
		Olio comb.
		GPL
		Benzina
	Combustibili gassosi	Gas naturale
		Gas di processo
	Combustibili solidi	Carbone
		Rifiuti non FER
FER	Biocarburanti	Biocarb. diesel
		Biocarb. benzina
	Usi diretti geotermici	Usi diretti geotermici
	Pompe di calore	Aero-termico
		Idro-termico
		Geo-termico
	Solare termico	Solare termico
	Bioenergie-T	Rifiuti
		Biomasse-T
		Biogas-T
		Bioliquidi-T
Vettore EE	Vettore EE	Vettore EE
Vettore Calore	Vettore Calore	Vettore Calore

Per la comparazione dei consumi annui stimati da SIRENA20 con quelli elaborati nel presente studio, sono stati estrapolati i dati dei consumi di energia primaria da “Combustibili fossili” e di energia finale da “Vettore Calore” (ossia teleriscaldamento) e “Vettore EE” (ossia elettricità) per il macrosettore “Residenziale” ed il macrosettore “Terziario”, quest’ultimo a sua volta disaggregato nei due settori “Servizi vendibili” e “PA e altri servizi non vendibili”. Si è proceduto considerando i dati di consumo per gli anni 2010, 2011 e 2012, essendo prossimi all’anno del Censimento Istat cui la volumetria edilizia considerata fa riferimento, in modo tale da ammortizzare eventuali anomalie di uno specifico anno.

Per il settore residenziale, i consumi elettrici medi da Sirena dal 2010 al 2012 ammontano a **1694 GWh**, quelli per i combustibili fossili a **6200 GWh**.

Per quanto riguarda il settore terziario, i consumi elettrici medi da Sirena dal 2010 al 2012 ammontano a 4602 GWh per i Servizi Vendibili e a 932 GWh per la PA e altri servizi non vendibili, mentre quelli per i combustibili fossili a 5211 GWh e 61 GWh, rispettivamente.

Tenuto conto di ciò, a partire dai consumi elettrici SIRENA è stata stimata la quota relativa ai soli uffici per poterla comparare con i consumi elaborati con la presente procedura. Per tale stima, si è fatto riferimento ai dati di consumo elettrico per settore pubblicati da Terna a livello regionale [27]. Secondo la classificazione di Terna, infatti, i Servizi vendibili includono: Trasporti, Comunicazioni, Commercio, Alberghi, ristoranti e bar, istituti di Credito ed Assicurazioni e Altri servizi vendibili. Questi ultimi includono a loro volta: attività immobiliari, noleggi senza operatore, informatica e attività connesse, ricerca e sviluppo, altre attività professionali e imprenditoriali, servizi per la rete autostradale, istruzione privata, case di cura private, altri servizi sanitari privati, attività ricreative culturali e sportive, ecc. [28]. I Servizi non vendibili, invece, includono le seguenti categorie: Pubblica Amministrazione, Illuminazione pubblica, Altri servizi non vendibili. Questi ultimi, a loro volta, includono: istruzione pubblica, ospedali pubblici, altri servizi sanitari pubblici, servizi ecologici, attività organizzazioni associative, organizzazioni extra territoriali, ecc. [28].

Stando a tali definizioni, i consumi degli edifici ad uso ufficio (direzionale/terziario) stimati con la procedura andrebbero comparati con i consumi afferenti ai soli edifici ospitanti gli istituti di credito ed assicurazioni, le attività immobiliari, gli immobili destinati ad attività di informatica e attività connesse, ricerca e sviluppo, attività professionali e imprenditoriali nonché gli uffici della Pubblica Amministrazione; tuttavia, i dati Sirena non sono caratterizzati da un tale livello di dettaglio.

Pertanto, si è deciso di determinare, sulla base della distribuzione dei dati Terna, le quote percentuali dei consumi elettrici regionali relativi al settore Credito e Assicurazioni (4.53% per il 2010, 4.25% per il 2011 e 3.80% per il 2012) rispetto al totale dei consumi dei Servizi Vendibili, esclusi i Trasporti che in Sirena sono annoverati in una categoria a sé stante, e di applicarle ai consumi elettrici dei Servizi Vendibili stimati da Sirena. Analogamente, sono state determinate le quote percentuali dei consumi elettrici regionali della Pubblica Amministrazione (20.19% per il 2010, 20.30% per il 2011 e 19.87% per il 2012) rispetto al totale dei consumi del settore PA e altri servizi non vendibili. Il consumo medio nei tre anni, somma dei due contributi, risulta essere 380 GWh. Come anticipato, però, questo valore rappresenta solo una quota dei consumi degli uffici. Per colmare tale lacuna si è fatto riferimento ai dati di volume desunti da Agenzia delle Entrate – Catasto. Dall'analisi di tali dati risulta che il volume costruito relativo agli Istituti di credito ed assicurazione ed agli uffici della Pubblica Amministrazione rappresenta il 22% del volume costruito ad uso uffici⁵¹, pertanto, sulla base di tale percentuale, i consumi sono stati scalati ottenendo un consumo elettrico medio pari a **1709 GWh**.

Per quanto concerne il consumo di combustibili fossili, non è stato possibile fare riferimento ai dati SIRENA in quanto non disaggregabili per il dettaglio dei soli uffici. Pertanto, sono stati considerati i dati rilevati per il campione di edifici ad uso uffici analizzato nello studio ENEA [29], secondo il quale nel Nord Italia i consumi termici rappresentano il **26%** del totale, mentre quelli elettrici il 74%. Sulla base di queste percentuali verranno comparate le quantità ottenute con la procedura del presente studio.

1.2.4.2.2 Confronto con i consumi simulati

Per confrontare i risultati della procedura con quelli di SIRENA20, i consumi di energia finale da fonte fossile simulati sono stati convertiti in consumi di energia primaria, sulla base dei fattori di conversione riportati in [20]. Inoltre, i consumi annui per riscaldamento e raffrescamento, stimati a partire dalle simulazioni energetiche condotte sulla base del Test Reference Year, sono stati normalizzati rispetto ai gradi giorno medi degli anni 2010, 2011 e 2012 di 3 stazioni ARPA dislocate nel territorio comunale (via Juvara, viale Marche e piazza Zavattari⁵²).

⁵¹ Somma del volume degli istituti di credito ed assicurazioni, PA ed uffici privati.

⁵² <https://www.arpalombardia.it/Pages/Meteorologia/Richiesta-dati-misurati.aspx>

Dopodiché, sono stati aggiunti i seguenti consumi energetici.

Per quanto riguarda il residenziale, sono stati aggiunti i consumi per ACS, cottura e servizi generali (ascensori, autoclavi, ecc.), non contemplati nelle valutazioni energetiche condotte su base oraria. Dunque, sulla base del documento [30] del Comitato Termotecnico Italiano (CTI), è stato stimato il fabbisogno termico per ACS associato ai rendimenti assegnati agli impianti rilevati. Per quanto riguarda l'uso cottura, è stato recepito il valore di consumo medio per abitazione pari a 1263 kWh annui, come da rapporto ENEA [31], ed assunto soddisfatto da impianti a gas. Per quanto riguarda i servizi generali, il consumo energetico specifico riportato nel rapporto CESI [28] è stato assegnato al volume costruito afferente agli edifici con oltre 3 piani⁵³.

Relativamente agli edifici ad uso uffici, sono stati aggiunti i consumi elettrici per la produzione di acqua calda sanitaria, servizi generali degli edifici (ascensori, montacarichi, compressori), eventuali sistemi di lavaggio, illuminazione esterna, cucina (refrigerazione, conservazione degli alimenti, trattamento e cottura cibi) ed altro, sulla base del rapporto [28].

I consumi annui di energia finale e primaria per il volume residenziale sono riportati in Tabella 24.

Tabella 24. Consumi energetici annui del volume costruito ad uso residenziale stimati (i consumi usati per la validazione sono evidenziati in celeste).

	CONSUMI DI ENERGIA FINALE [GWh]					
	ELETTRICITA'	GAS NATURALE	GASOLIO	OLIO COMBUSTIBILE	GPL	TLR
Riscaldamento	10	3652	638	7	16	50
Raffrescamento	295	0	0	0	0	0
ACS	300	1835	40	1	3	18
Elettricità (apparecch. + illum. art.)	952	0	0	0	0	0
Uso Cottura	0	812	0	0	0	0
Altri Usi Elettrici	261	0	0	0	0	0
Totale	1819	6299	678	8	18	68
	CONSUMI DI ENERGIA PRIMARIA [GWh]					
	ELETTRICITA'	GAS NATURALE	GASOLIO	OLIO COMBUSTIBILE	GPL	TLR
Totale	4401	6614	726	8	19	103

Infine, sono stati comparati i consumi stimati di energia elettrica finale ed i consumi di energia primaria per combustibili fossili, esclusi quelli per olio combustibile (non contemplati da SIRENA20), con quelli stimati da database SIRENA20. Si può notare come il consumo di elettricità finale stimato con la procedura (1819 GWh) sia risultato maggiore del 7.34% rispetto al dato di SIRENA20 (1694 GWh) e che il consumo di energia primaria per combustibili fossili (7359 GWh) sia risultato maggiore del 18.7% (6200 GWh).

I consumi annui di energia finale e primaria per il volume ad uso ufficio sono riportati in Tabella 25.

Il consumo di elettricità finale stimato con la procedura (1604 GWh) è risultato del 6.19% inferiore del dato stimato in SIRENA20 (1709 GWh). Inoltre, il consumo di energia finale per gas naturale (663 GWh), che ricopre il 93% del totale dei consumi di combustibili fossili, rappresenta il 28% del consumo finale mentre quello di elettricità il 72%, risultando così in una ripartizione molto vicina a quella riportata nel rapporto ENEA-Assoimmobiliare [29] (26% termico e 74% elettrico). Infine, il consumo energetico attribuito alle reti di teleriscaldamento (TLR) è pari a 26 GWh, prossimo al dato SIRENA20 pari a 29 GWh (scarto in difetto del 12.7%).

⁵³ A valle delle suddette integrazioni, per gli edifici residenziali si era inizialmente rilevato uno eccesso dei consumi elettrici sia per il caso di Milano sia per quello di Pisa (pari a circa il 30%). Pertanto, si è proceduto a eseguire nuovamente le simulazioni dei BEM adottando i profili elettrici riportati nel quaderno tecnico SIA 2024 [15], corrispondenti ad un carico elettrico giornaliero medio di 3.4 W/m² contro i 4.5 W/m² della ISO 17772 [14].

Tabella 25. Consumi energetici annui del volume costruito ad uso ufficio stimati (i consumi usati per la validazione sono evidenziati in celeste).

	CONSUMI DI ENERGIA FINALE [GWh]				
	ELETTRICITA'	GAS NATURALE	GASOLIO	GPL	TLR
Riscaldamento	45	549	48	1	26
Raffrescamento	771	82	0	0	0
ACS	26	0	0	0	0
Elettricità (apparecch. +illum. art.)	554	0	0	0	0
Uso Cottura	7	0	0	0	0
Altri Usi Elettrici	200	0	0	0	0
Totale	1604	631	48	1	26
	CONSUMI DI ENERGIA PRIMARIA [GWh]				
	ELETTRICITA'	GAS NATURALE	GASOLIO	GPL	TLR
Totale	3881	663	52	1	39

1.3 Esiti della procedura applicata ad un caso studio rappresentativo di fascia climatica media nazionale (Pisa)

In questo capitolo sono riportati i risultati della procedura sviluppata per il caso studio del territorio comunale di Pisa, il cui parco edifici mappato secondo DBT ed evidenziato nelle porzioni residenziale e ad uso uffici individuate con il presente studio, è riportato in Figura 32.

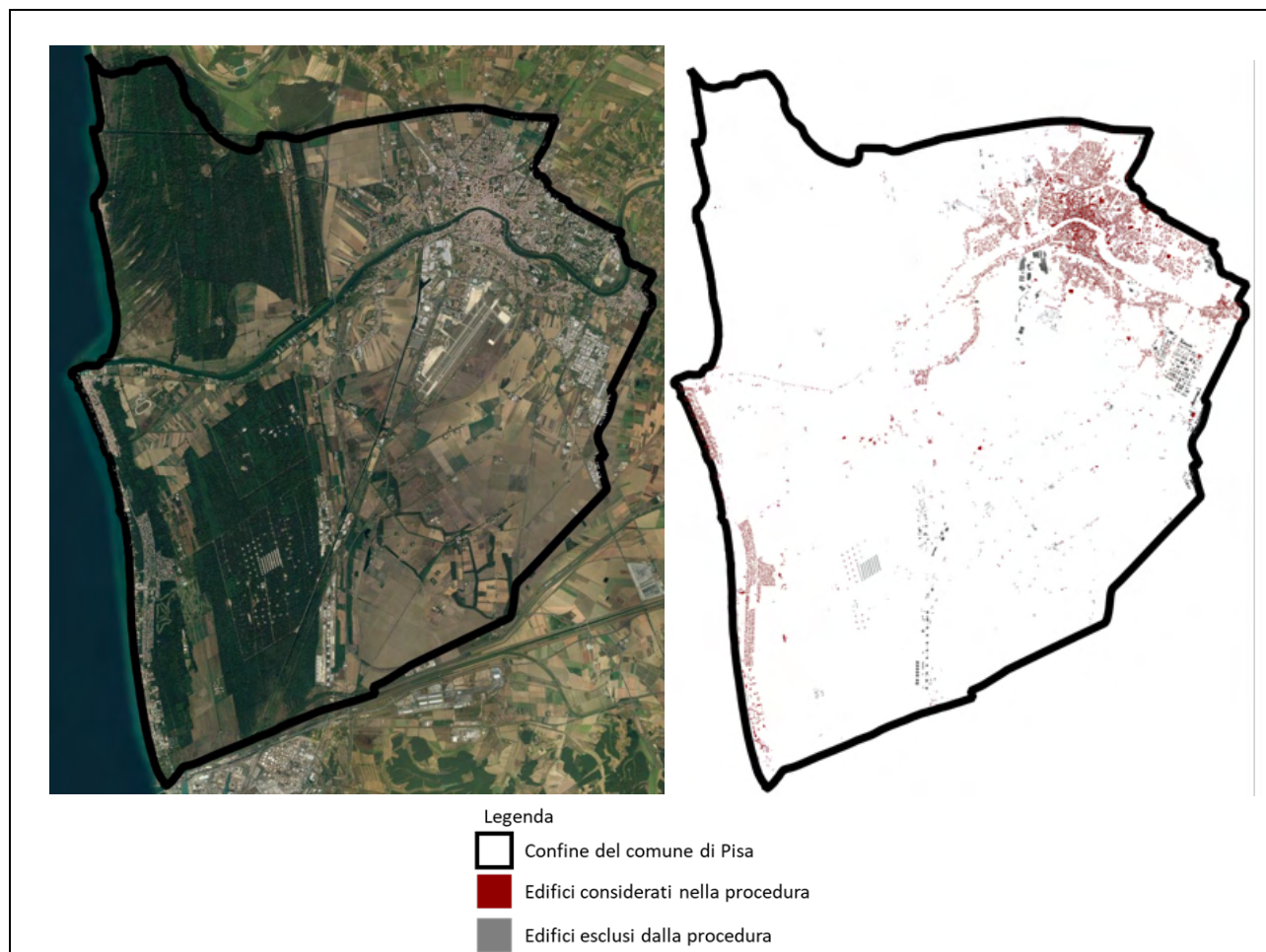


Figura 32. Mappa satellitare (a sinistra) e GIS (a destra) del comune di Pisa.

1.3.1 Variazioni apportate alla procedura geo-referenziata

In questo paragrafo si riportano le modifiche apportate alla procedura per l'applicazione al caso studio del territorio comunale di Pisa, collocato in zona climatica D, esemplificativo di condizioni climatiche medie nazionali.

Per quanto concerne la fase di download (A1) dei dati territoriali per il comune di Pisa, il Database Topografico è accessibile al relativo sito web⁵⁴, in cui è presente la pagina contenente la lista di tutti i dataset e che rimanda alla pagina "DataBase Topografico Regionale in scala 1:10.000" da cui poter scaricare la cartella compressa "DBT10K-PI_2010ZIP Popolare.zip". Questa contiene una cartella denominata "shp_dbt" al cui interno vi sono una serie di cartelle relative ad ogni Strato del DBT con relative sottocartelle per ogni Tema che contengono i file delle Classi. Per quanto concerne le classi utili all'applicazione della procedura, queste,

⁵⁴ <http://dati.toscana.it/>

a differenza di quanto rilevato per il caso studio di Milano, risultano già coerenti con le Specifiche di Contenuto.

Inoltre, se per il caso studio di Milano ci si è potuti avvalere di dati Istat, aggiuntivi rispetto a quelli di libero accesso e necessari alla procedura, già elaborati dall'USM, per il caso studio di Pisa è stato necessario fare richiesta dati all'Istituto tramite il Contact Centre. Con l'occasione, ed in previsione di ulteriori casi applicativi dello studio, sono stati acquisiti i dati, aggregati per sezione di censimento, relativi a tutti i Comuni italiani. Per quanto riguarda la procedura di caratterizzazione del volume costruito per epoca e uso, i dati sono stati forniti organizzati in due file excel: "a_edifici_epoca_interni", relativo al numero di interni per epoca di costruzione, e "b_edifici_complessi_utilizzo_cen2011_sez", relativo al numero di edifici per destinazione d'uso.

Il primo file contiene 7 campi, riguardanti il codice identificativo della provincia, del comune e della SC, l'epoca di costruzione, il numero di interni abitativi e non abitativi e la frequenza (COUNT). I dati per il solo Comune di Pisa sono stati estrapolati sulla base del codice identificativo della provincia omonima (CODPRO=50) e del codice subordinato del Comune (CODCOM=026). Per determinare il numero di interni abitativi e non abitativi (colonne evidenziate in celeste in Tabella 26), sono stati moltiplicati i numeri di interni di ogni epoca per la relativa frequenza. Infine, il file è stato ordinato in modo tale da avere una riga per ogni sezione di censimento con colonne relative alle diverse epoche (Tabella 27).

Tabella 26. Estrapolazione dei dati forniti da Istat inerenti al numero di interni per epoca di costruzione (i campi creati ex novo sono evidenziati in celeste).

CODPRO	CODCOM	NSEZ	EPOCOS	TOTINTAB	TOTINTNAB	COUNT	InterniAbitativi	InterniNONAbitativi
50	26	1	1	1	0	1	1	0
50	26	1	1	12	0	1	12	0
50	26	2	1	5	0	1	5	0
50	26	3	1	5	0	1	5	0
50	26	3	2	4	0	1	4	0
50	26	3	3	2	0	4	8	0
50	26	3	3	3	0	2	6	0
50	26	3	3	9	0	1	9	0
50	26	3	3	10	0	2	20	0

Tabella 27. Strutturazione dei dati forniti da Istat inerenti al numero di interni per epoca di costruzione.

NSEZ	Totl<1919	Totl<1946	Totl<1961	Totl<1971	Totl<1981	Totl<1991	Totl<2001	Totl<=2005	Totl>2005
1	13	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	0	0	0	0	0	0	0	0
3	5	4	43	0	0	0	0	0	0

Il secondo file contiene 6 campi, relativi a codice identificativo della provincia e del comune, codice identificativo della sezione di censimento, codice relativo al tipo di fabbricato (TIPEDI, "edificio" o "complesso di edifici"), codice relativo alla destinazione d'uso (TIPUSO) e numero di edifici/complessi edilizi (Tabella 28). Anche in tal caso, il file è stato organizzato in modo tale da avere una riga per sezione di censimento con colonne distinte per tipo di fabbricato e per le destinazioni d'uso non residenziali e direzionali/terziario di interesse ai fini della procedura (Tabella 29).

Tabella 28. Estrapolazione dei dati forniti da Istat inerenti al numero di edifici per destinazione d'uso.

CODPRO	CODCOM	NSEZ	TIPEDI	TIPUSO	COUNT
50	26	1	1	1	2
50	26	1	1	6	3
50	26	2	1	1	1
50	26	2	1	3	2
50	26	2	1	4	2
50	26	3	1	1	11
50	26	3	1	4	2

Tabella 29. Strutturazione dei dati forniti da Istat inerenti al numero di edifici per destinazione d'uso.

NSEZ	EdNoRes	CompNoRes	EdifDirez	CompDirez
1	3	0	0	0
2	4	0	2	0
3	2	0	2	0

Per selezionare in GIS le Basi Territoriali Istat (fase A2) dell'area urbana di Pisa si utilizza il codice 50026. Inoltre, nella fase di pulizia (A3), dal vettore Edifici del DBT sono state considerate ulteriori geometrie rispetto a quanto fatto per Milano (ossia, oltre a quelle classificate come "Generica", quelle classificate come "Palazzo A Torre" e "Grattacielo").

Per l'analisi degli impianti degli edifici residenziali di Pisa, sono stati richiesti ad Istat i dati, per ogni sezione di censimento, di superficie totale degli alloggi distinti per tipo di impianto di riscaldamento, di superficie totale degli alloggi distinti per tipo di impianto di ACS e di superficie totale degli alloggi distinti fra quelli aventi e non aventi impianto di raffrescamento.

Per l'analisi degli impianti in edifici ad uso ufficio, è stata richiesta un'estrapolazione dei dati del CIT al SIERT che ha fornito un file in Excel contenente informazioni sull'edificio (destinazione d'uso) in cui ricadono gli impianti registrati, sugli impianti stessi (tipo di distribuzione) e sui generatori (tipo, potenza utile, vettore e servizi erogati), secondo i campi indicati in Tabella 30. Differentemente dal caso studio di Milano, per geo-referenziare gli impianti ci si è serviti dei codici delle sezioni di censimento Istat direttamente assegnati da SIERT.

Tabella 30. Campi presenti nella banca dati del CIT (i dati usati nelle elaborazioni successive sono evidenziati in celeste).

Nome campo	Descrizione
Contatore Gen.	Codice identificativo del generatore
Contatore Imp.	Codice identificativo dell'impianto
Categoria	Destinazione d'uso (D.P.R. 412/93)
Tipologia Impianto	Tipologia di distribuzione (opzioni: centralizzato, singolo, altro)
Provincia	
Comune	
SEZIONE CENSIMENTO	Sezione di censimento nella quale l'unità immobiliare a cui fa riferimento l'impianto ricade
Tipo Generatore	Gruppo termico oppure gruppo frigorifero
Pot. ter. nom. utile Pn max Impianto	Potenza termica nominale utile (kW)
Tipo alimentazione	Tipo di vettore o impianto (opzioni: Combustibile liquido (GASOLIO), Combustibile liquido (OLIO COMBUSTIBILE), Combustibile solido NON rinnovabile, Combustibile solido RINNOVABILE (Biomassa), Gas Naturale (Metano), GPL, Macchine frigorifere e/o pompe di calore a compressione di vapore ad azionamento elettrico e ad assorbimento a fiamma diretta, Pompe di calore a compressione di vapore azionate da motore endotermico, Pompe di calore ad assorbimento alimentate con energia termica)
Climat. invernale	Indica se il generatore eroga il servizio di climatizzazione invernale (Sì / NO)
Climat. estiva	Indica se il generatore eroga il servizio di climatizzazione estiva (Sì / NO)
ACS	Indica se il generatore eroga il servizio di produzione di ACS (Sì / NO)

Anche in questo caso sono state effettuate alcune operazioni sul file per renderne i dati compatibili per l'associazione dei rendimenti classificati secondo il Decreto "Requisiti minimi":

- il CIT prevede un unico campo (denominato "tipo di alimentazione") in cui sono talvolta compresenti informazioni sul tipo di generatore e sulla fonte energetica. Pertanto, è stato creato un nuovo campo in cui sono state associate le seguenti tipologie di generazione: combustibile gassoso, combustibile liquido, combustibile solido, biomassa solida, biomassa liquida ed elettricità. In Tabella 31, è indicata la lista delle associazioni.

Tabella 31. Tipologie di generazione associate.

Tipo alimentazione indicato nel CIT	Tipologia di generazione associata
Gas Naturale (Metano)	Combustibile gassoso
GPL	
Pompe di calore a compressione di vapore azionate da motore endotermico	
Pompe di calore ad assorbimento alimentate con energia termica	
Combustibile liquido (GASOLIO)	Combustibile liquido
Combustibile liquido (OLIO COMBUSTIBILE)	
Combustibile solido NON rinnovabile	Combustibile solido
Macchine frigorifere e/o pompe di calore a compressione di vapore ad azionamento elettrico e ad assorbimento a fiamma diretta	Elettricità

- Per quanto riguarda il servizio erogato, diversamente dal caso di Milano, non è stato necessario fare alcuna operazione di riorganizzazione delle denominazioni.

In Tabella 32 è riportata la lista di tipologie impiantistiche associate a quelle del CIT.

Tabella 32. Tipologie di sottosistema di generazione associate.

Dati in CIT				Classificazione adottata	
Servizio erogato	Tipologia generazione	Tipo impianto	Tipo alimentazione	Acronimo	Sottosistema di generazione associata (ex Decreto "Requisiti Minimi")
H, HC	LIQUIDO	GT		H_L	Generatore a combustibile liquido
	GASSOSO	GT		H_G	Generatore a combustibile gassoso
	GASSOSO	GT/GF	Pompe di calore ad assorbimento alimentate con energia termica	H_ASS	Pompa di calore ad assorbimento
	GASSOSO	GT/GF	Pompe di calore a compressione di vapore azionate da motore endotermico	H_PDCendot	Pompa di calore a compressione di vapore con motore endotermico
	ELETTRICITÀ	GT/GF	Macchine frigorifere e/o pompe di calore a compressione di vapore ad azionamento elettrico e ad assorbimento a fiamma diretta	H_PDCElet	Pompa di calore a compressione di vapore con motore
	SOLIDO	GT		H_S	Generatore a combustibile solido
C, HC	GASSOSO	GT/GF	Pompe di calore ad assorbimento alimentate con energia termica	C_ASS	Pompa di calore ad assorbimento / Macchina frigorifera a fiamma diretta
	GASSOSO	GT/GF	Pompe di calore a compressione di vapore azionate da motore endotermico	C_PDCend	
	ELETTRICITÀ	GT/GF	Macchine frigorifere e/o pompe di calore a compressione di vapore ad azionamento elettrico e ad assorbimento a fiamma diretta	C_CHILL	Macchina frigorifera / Pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico per servizio di raffrescamento

1.3.2 Esiti delle simulazioni energetiche

Per quanto concerne le simulazioni energetiche dei modelli edilizi con TRNSYS per il caso di Pisa, è stato ovviamente utilizzando il file climatico opportuno (IT-Pisa-S-Giusto-161580.tm2).

I fabbisogni termici specifici per riscaldamento e raffrescamento su base annua risultanti per le 6 diverse ZTT dei BEM, sono riportati in Figura 33 e Figura 34 rispettivamente.

Residenziale Vecchio			Residenziale '60-'80			Residenziale Recente		
16.15	12.98	16.15	19.87	15.43	19.87	7.17	5.50	7.17
9.79	6.86	9.79	11.78	8.23	11.78	4.44	3.27	4.44
13.81	9.79	13.81	16.50	12.75	16.50	5.78	4.35	5.78
Ufficio Vecchio			Ufficio '60-'80 Convenzionale			Ufficio Recente Convenzionale		
13.26	10.53	13.26	15.66	12.45	15.66	5.74	4.53	5.74
8.79	6.88	8.79	10.53	8.27	10.53	4.10	3.30	4.10
11.21	8.87	11.21	13.33	10.60	13.33	4.39	3.39	4.39
Ufficio '60-'80 Sandwich Ampiamente Vetrato			Ufficio Recente Vetrato					
11.69	10.71	11.69	6.52	5.64	6.52			
7.74	7.31	7.74	5.45	4.90	5.45			
9.20	8.52	9.20	5.67	4.90	5.67			

Figura 33. Fabbisogni energetici specifici annui per riscaldamento delle Zone Termiche Tipo [kWh/m³a].

Residenziale Vecchio			Residenziale '60-'80			Residenziale Recente		
1.83	2.08	1.83	1.89	2.44	1.89	1.98	2.19	1.98
1.99	2.46	1.99	2.41	2.92	2.41	2.13	2.30	2.13
0.64	0.95	0.64	0.79	1.12	0.79	1.73	1.93	1.73
Ufficio Vecchio			Ufficio '60-'80 Convenzionale			Ufficio Recente Convenzionale		
4.41	4.93	4.41	4.95	5.67	4.95	7.83	8.41	7.83
5.34	5.75	5.34	6.01	6.23	6.01	8.34	8.67	8.34
3.26	3.72	3.26	3.66	4.29	3.66	8.01	8.64	8.01
Ufficio '60-'80 Sandwich Ampiamente Vetrato			Ufficio Recente Vetrato					
13.50	14.07	13.50	23.69	24.98	23.69			
16.54	16.85	16.54	24.92	25.63	24.92			
12.56	12.87	12.56	23.97	25.34	23.97			

Figura 34. Fabbisogni energetici specifici annui per raffrescamento delle Zone Termiche Tipo [kWh/m³a].

1.3.3 Esiti della caratterizzazione del parco edifici

Di seguito sono riportate le mappe del parco edilizio caratterizzato per epoca, geometria ed uso.

In Figura 35, è riportata la mappa delle sezioni di censimento caratterizzate secondo il periodo di costruzione prevalente.

Si può notare come il patrimonio vecchio sia prevalente non solo nel centro storico ma anche in alcune aree agricolo-produttive e del litorale. Queste ultime sono anche caratterizzate da edifici del periodo '60-'80, che interessa pure buona parte dell'urbanizzato prossimo al centro storico (espansione della città), mentre le costruzioni recenti prevalgono in poche aree del territorio.

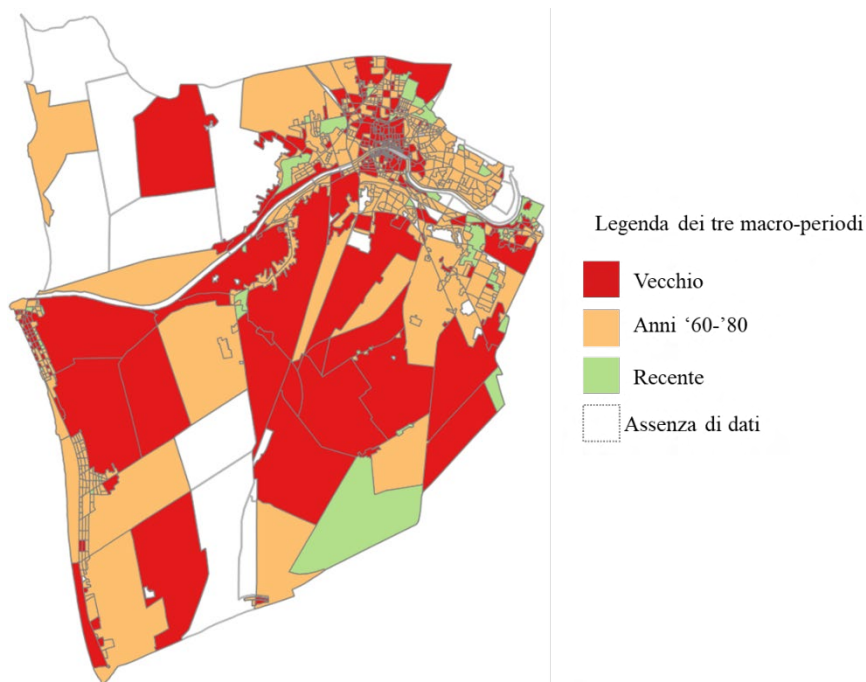


Figura 35. Mappa delle Sezioni di Censimento di Pisa caratterizzate per epoca di costruzione prevalente.

In Figura 36, il volume costruito ad uso residenziale è mappato sulla base della configurazione geometrica prevalente con riferimento alla composizione delle zone termiche tipo. Si nota una certa omogeneità del volume costruito con una netta prevalenza della configurazione 4 (presenza di tutte le ZTT), seguita da edifici di non oltre 2 piani con ampia superficie (configurazione 2) in prevalenza collocati nelle aree agricolo-produttive.

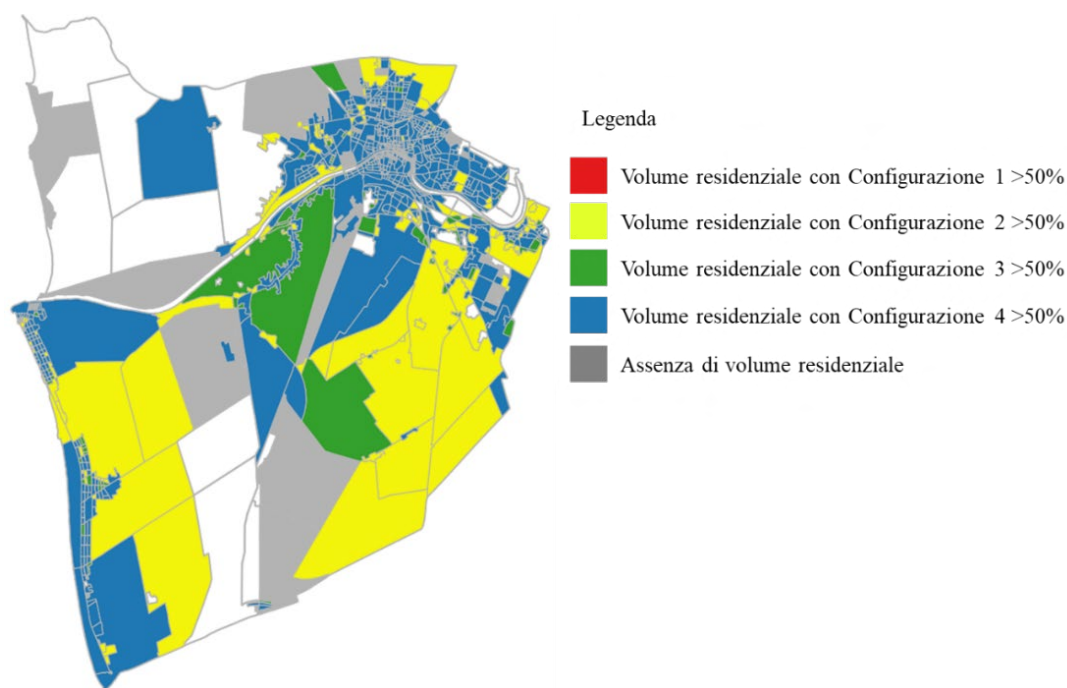


Figura 36. Mappa delle Sezioni di Censimento di Pisa caratterizzate per configurazione geometrica prevalente.

In Figura 37, il parco urbano è mappato con riferimento alla destinazione d'uso prevalente: in essa è chiaramente visualizzabile la prevalenza di volume ad uso residenziale su tutto il territorio urbano, mentre è poco frequente la presenza di sezioni di censimento a prevalente o esclusivo uso uffici; la prevalenza di "altro uso" ricade in modo deciso in alcune aree esterne (agricolo-produttive) e con inferiore incisività nel centro storico (servizi, scuole, strutture religiose, monumenti, ecc.).

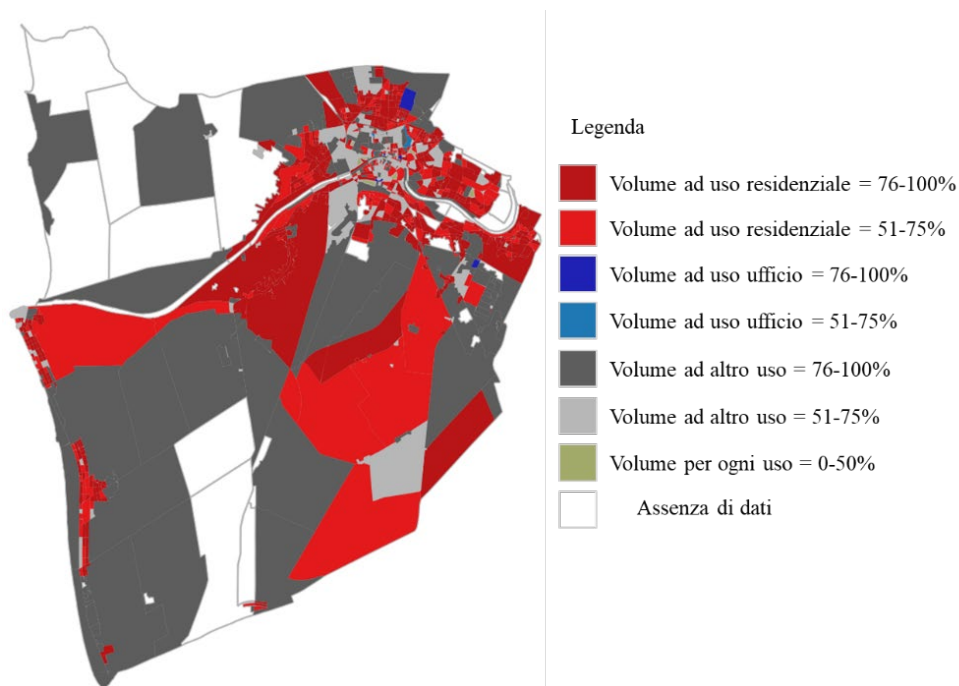


Figura 37. Mappa delle Sezioni di Censimento di Pisa caratterizzate per destinazione d'uso prevalente.

Il grafico di Figura 38 riassume la ripartizione del volume costruito di ogni macro-periodo storico per destinazione d'uso a livello urbano.

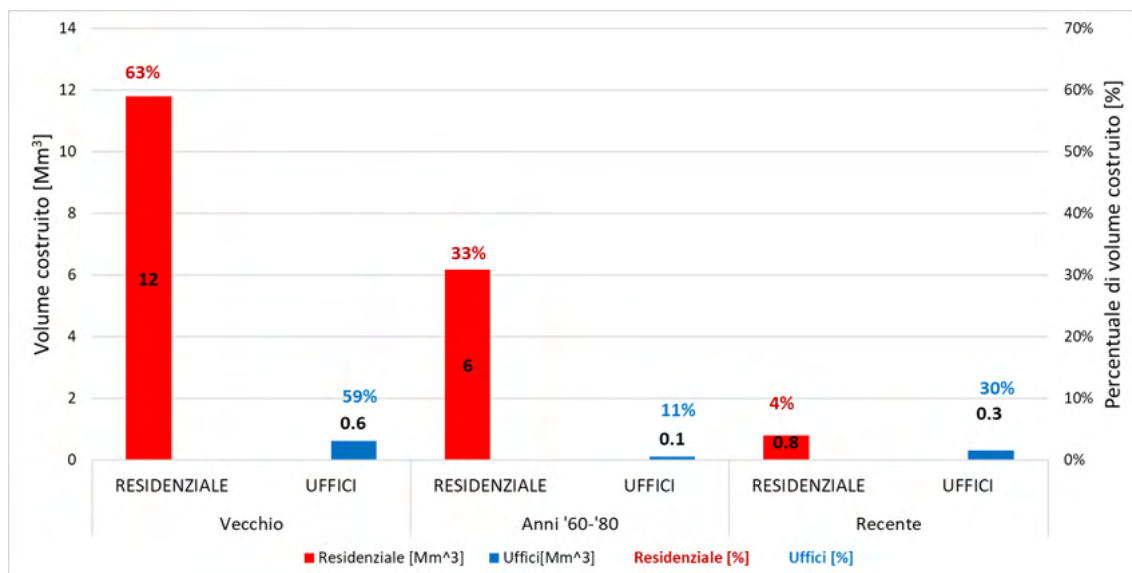


Figura 38. Ripartizione del volume per macro-periodo e destinazione d'uso.

In Figura 39 e Figura 40 sono riportate, a titolo di esempio, le mappe relative alla distribuzione percentuale per ogni sezione di censimento degli impianti di riscaldamento a gas naturale e degli impianti di raffrescamento ad elettricità negli edifici residenziali e ad uso uffici (in appendice 5.3, sono riportate sono riportate le mappe relative agli impianti basati sulle altre fonti energetiche).

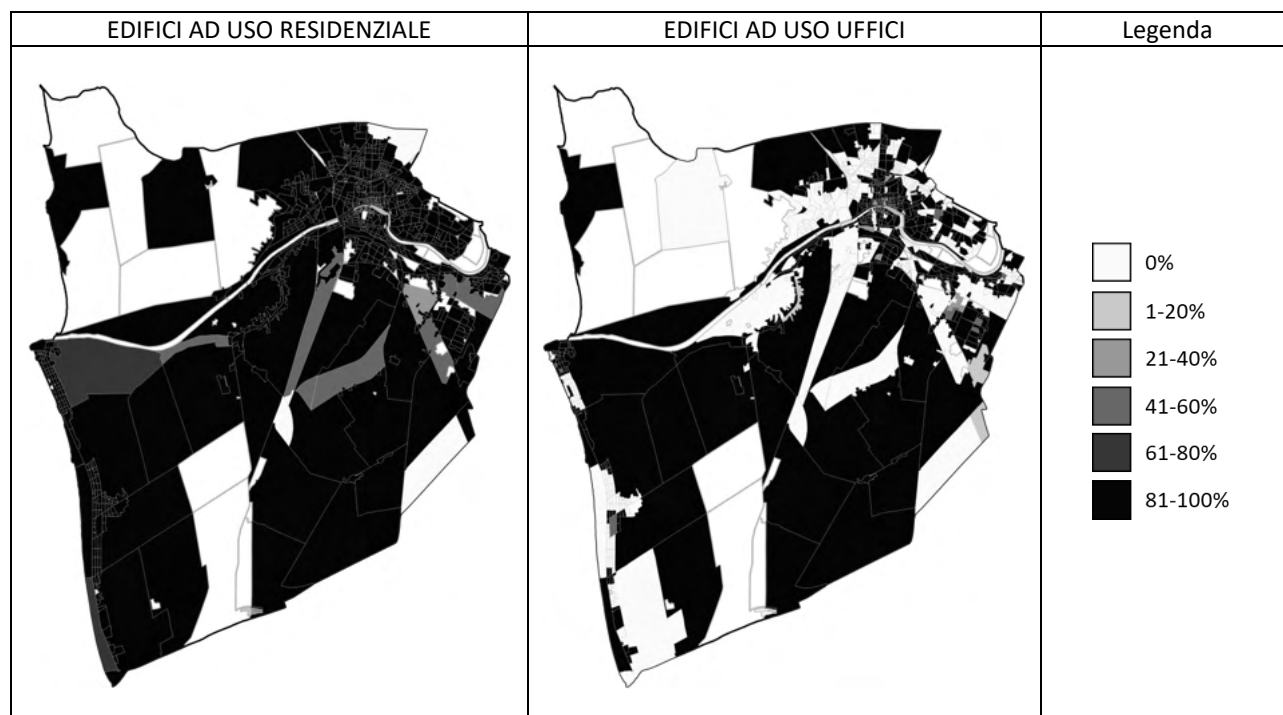


Figura 39. Mappe della distribuzione dei generatori alimentati da gas naturale per il servizio di riscaldamento.

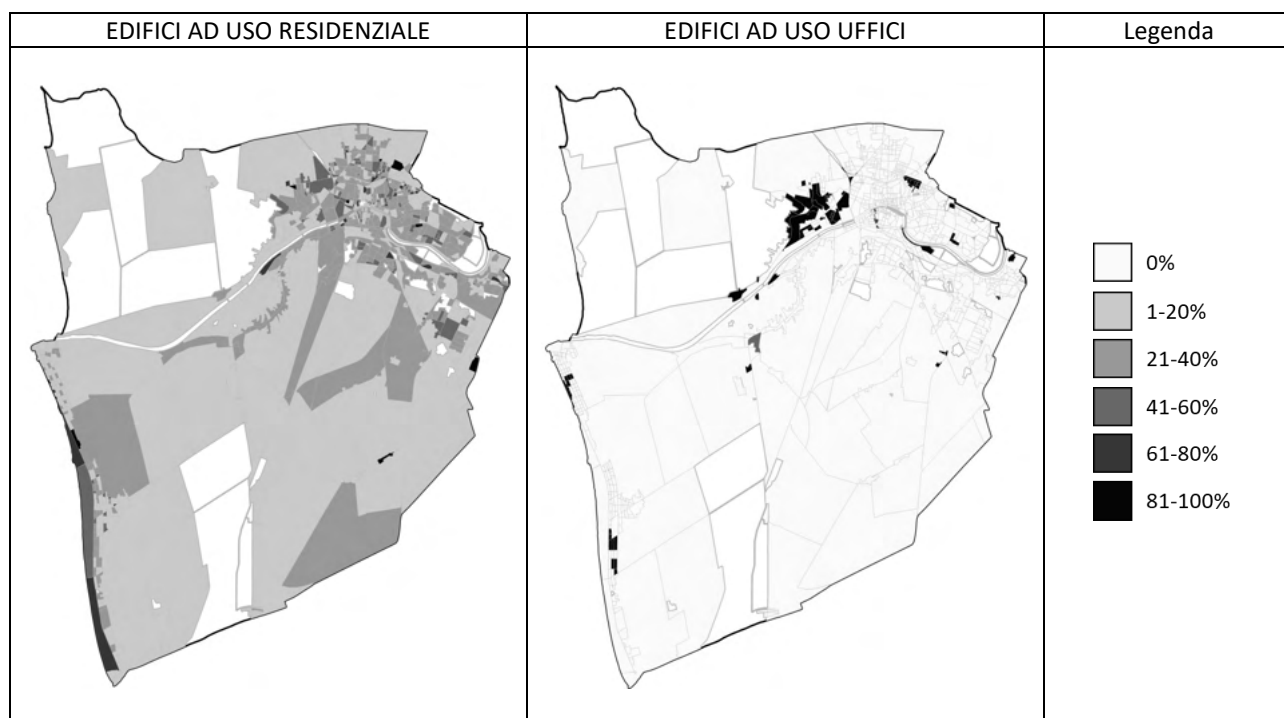


Figura 40. Mappe della distribuzione delle macchine frigorifere alimentate da energia elettrica per il servizio di raffrescamento.

1.3.4 Esiti della stima dei profili energetici urbani

Dalla correlazione dei risultati delle simulazioni energetiche con quelli provenienti dalla caratterizzazione del parco urbano dal punto di vista tecnologico, geometrico, funzionale ed impiantistico è possibile ottenere i profili energetici urbani.

A titolo esemplificativo, è stato selezionato un insieme di sezioni di censimento ad uso misto in una area comunale e ne sono stati determinati i consumi orari di energia finale per riscaldamento, apparecchiature elettriche ed illuminazione artificiale in un giorno lavorativo invernale del mese di gennaio dell'anno tipo (file climatico TRY), come riportato in Figura 41.

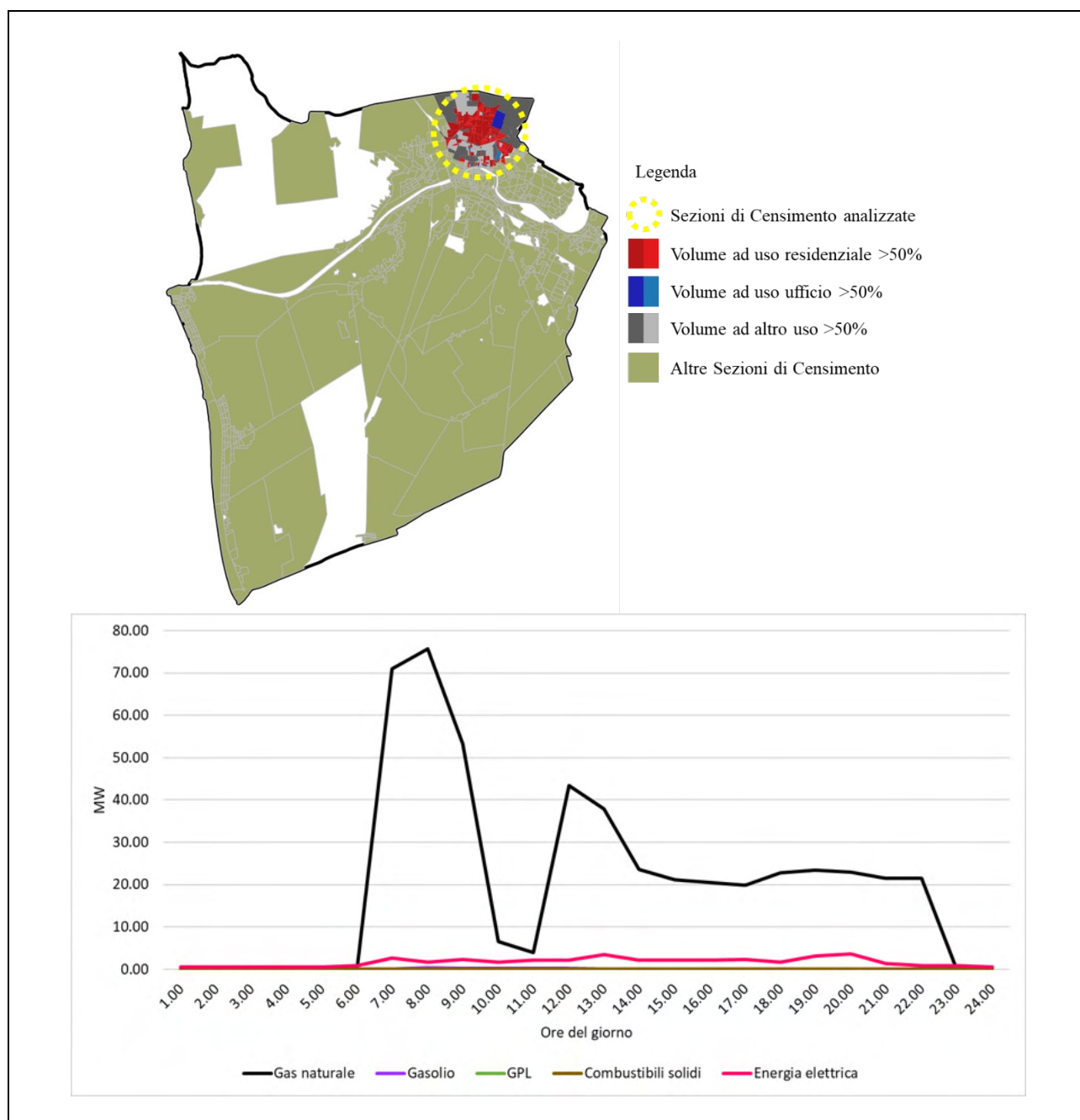


Figura 41. Selezione di un'area urbana (sopra) e determinazione del relativo profilo orario dei consumi di energia finale per riscaldamento, apparecchiature elettriche ed illuminazione artificiale distinti per fonte in un giorno lavorativo invernale (sotto).

Nelle pagine seguenti, sempre a titolo esemplificativo, sono riportate alcune tabelle (da Figura 42 a Figura 47) contenenti mappe e grafici dell'intensità energetica urbana in 3 diversi orari (9:00, 14:00 e 22:00) di un giorno lavorativo e di uno festivo in periodo invernale (mese di gennaio) ed estivo (mese di luglio), relative a:

- fabbisogno termico per riscaldamento;
- fabbisogno termico per raffrescamento;
- domanda di energia elettrica per apparecchiature ed illuminazione artificiale;

In appendice 5.3, sono riportate quelle relative ai seguenti consumi di energia finale:

- gas naturale per riscaldamento;
- gasolio per riscaldamento;
- GPL per riscaldamento;
- combustibili solidi per riscaldamento;
- elettricità per riscaldamento, apparecchiature e illuminazione artificiale;
- elettricità per raffrescamento, apparecchiature e illuminazione artificiale.

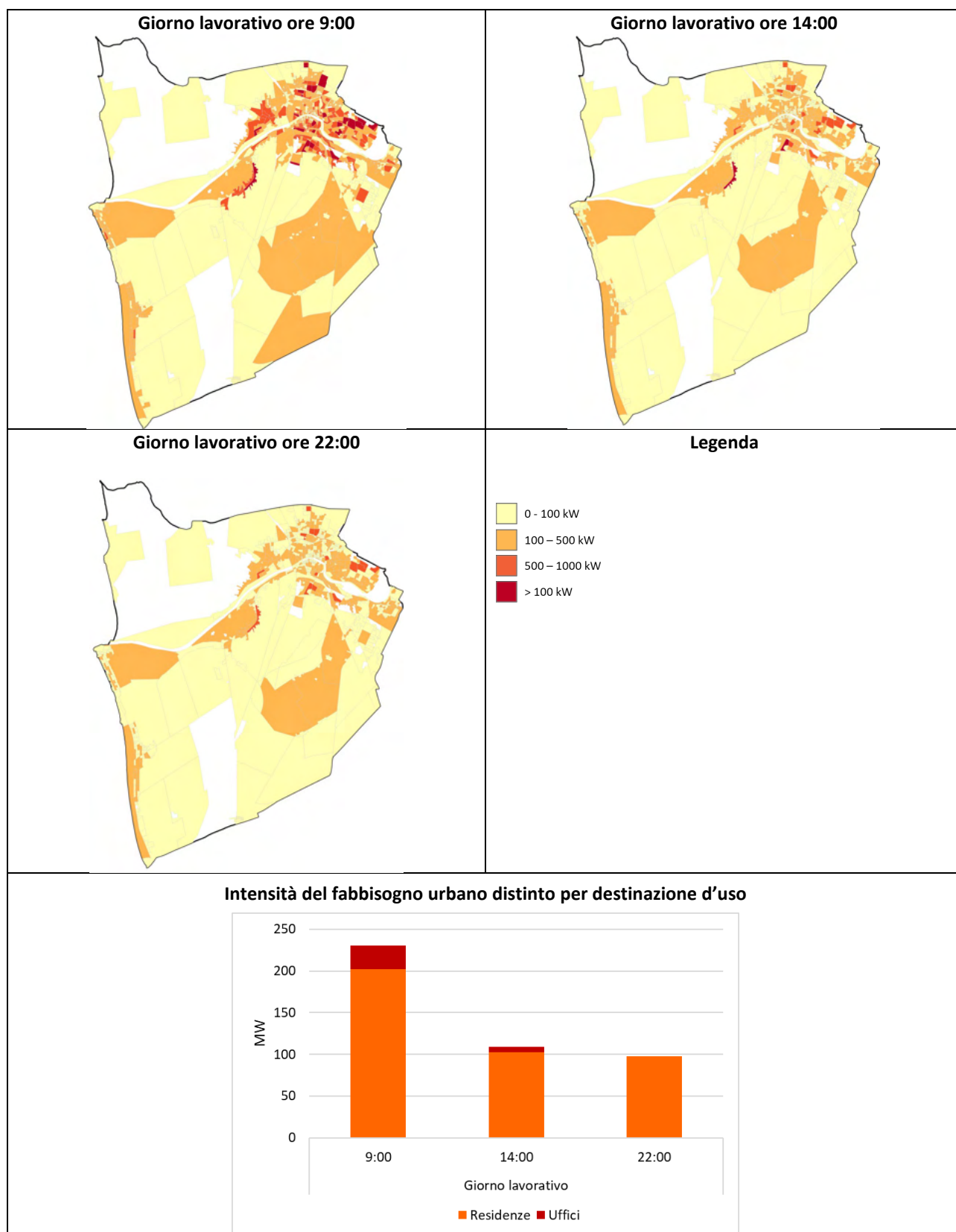


Figura 42. Intensità del fabbisogno termico di riscaldamento in un giorno lavorativo di gennaio.

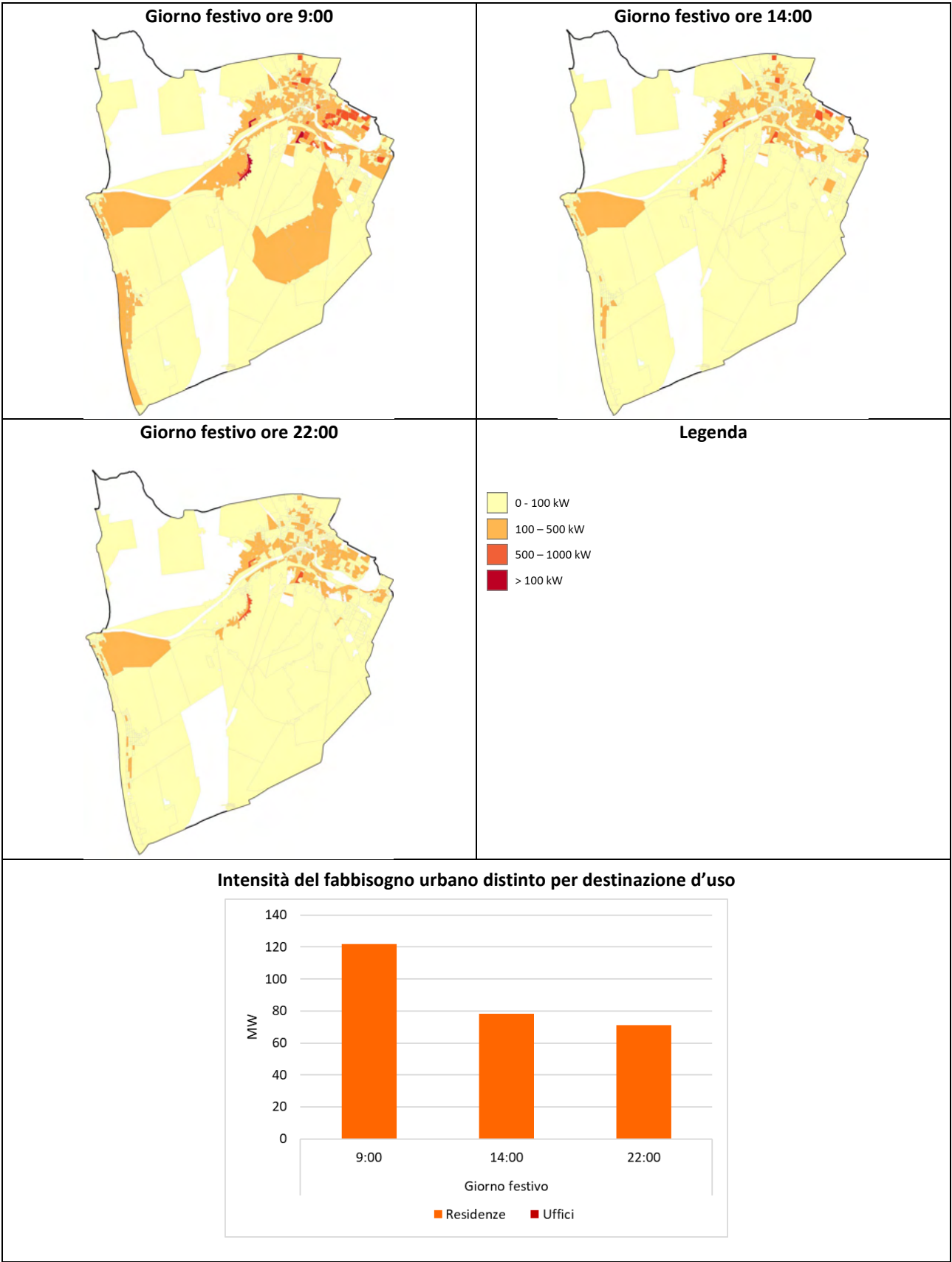


Figura 43. Intensità del fabbisogno termico di riscaldamento in un giorno festivo di gennaio.

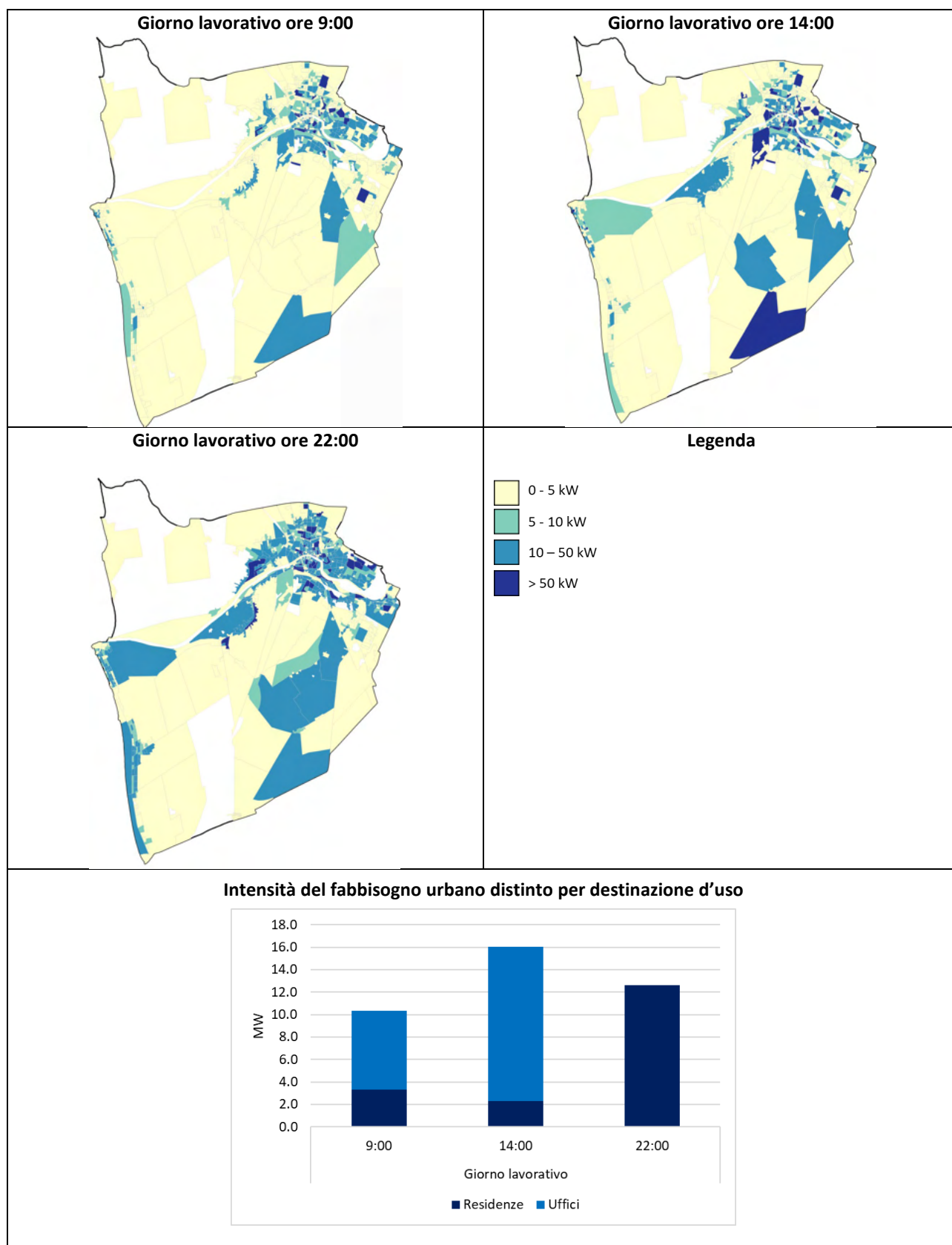


Figura 44. Intensità del fabbisogno termico di raffrescamento in un giorno lavorativo di luglio.

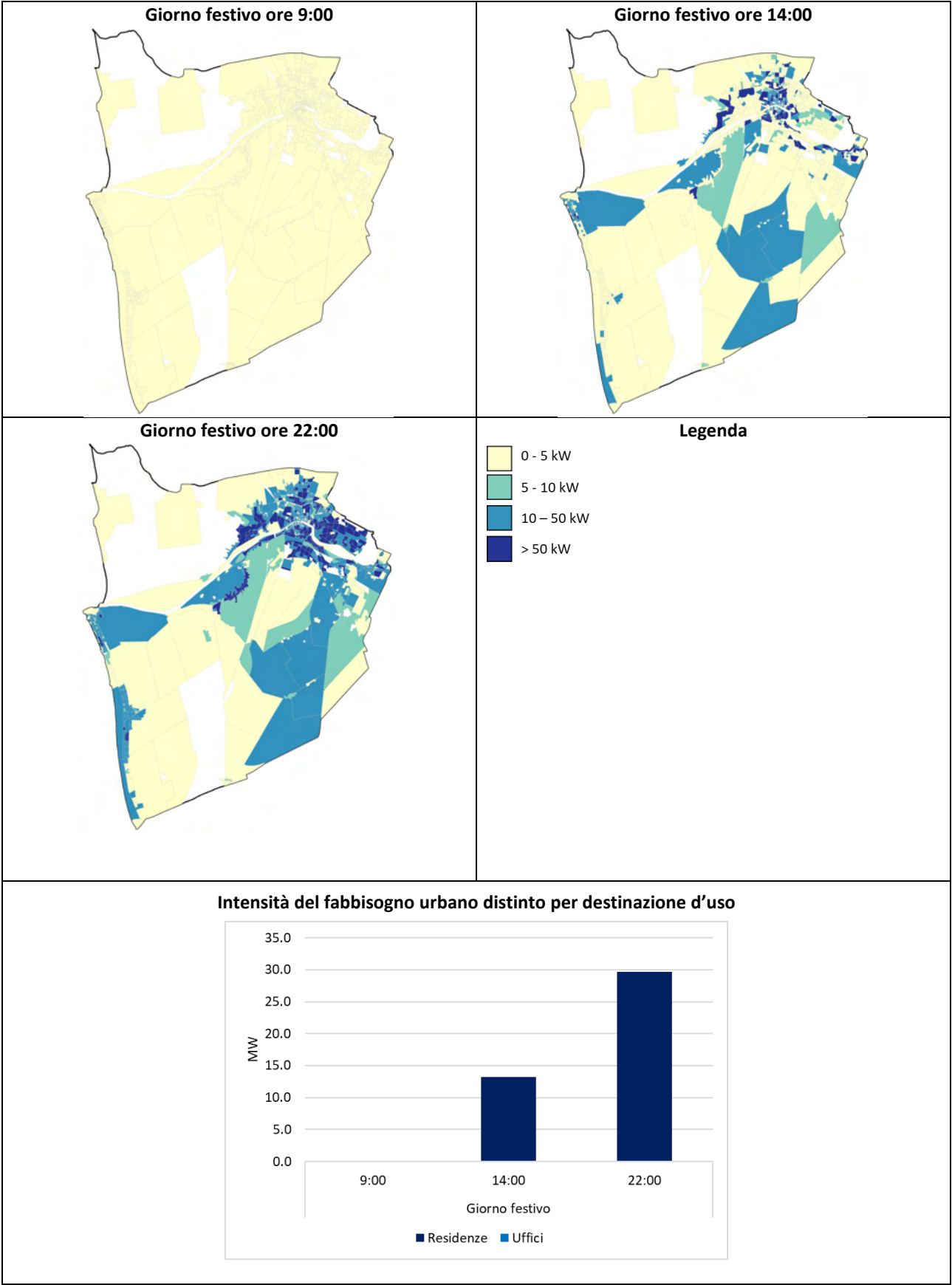


Figura 45. Intensità del fabbisogno termico di raffrescamento in un giorno festivo di luglio.

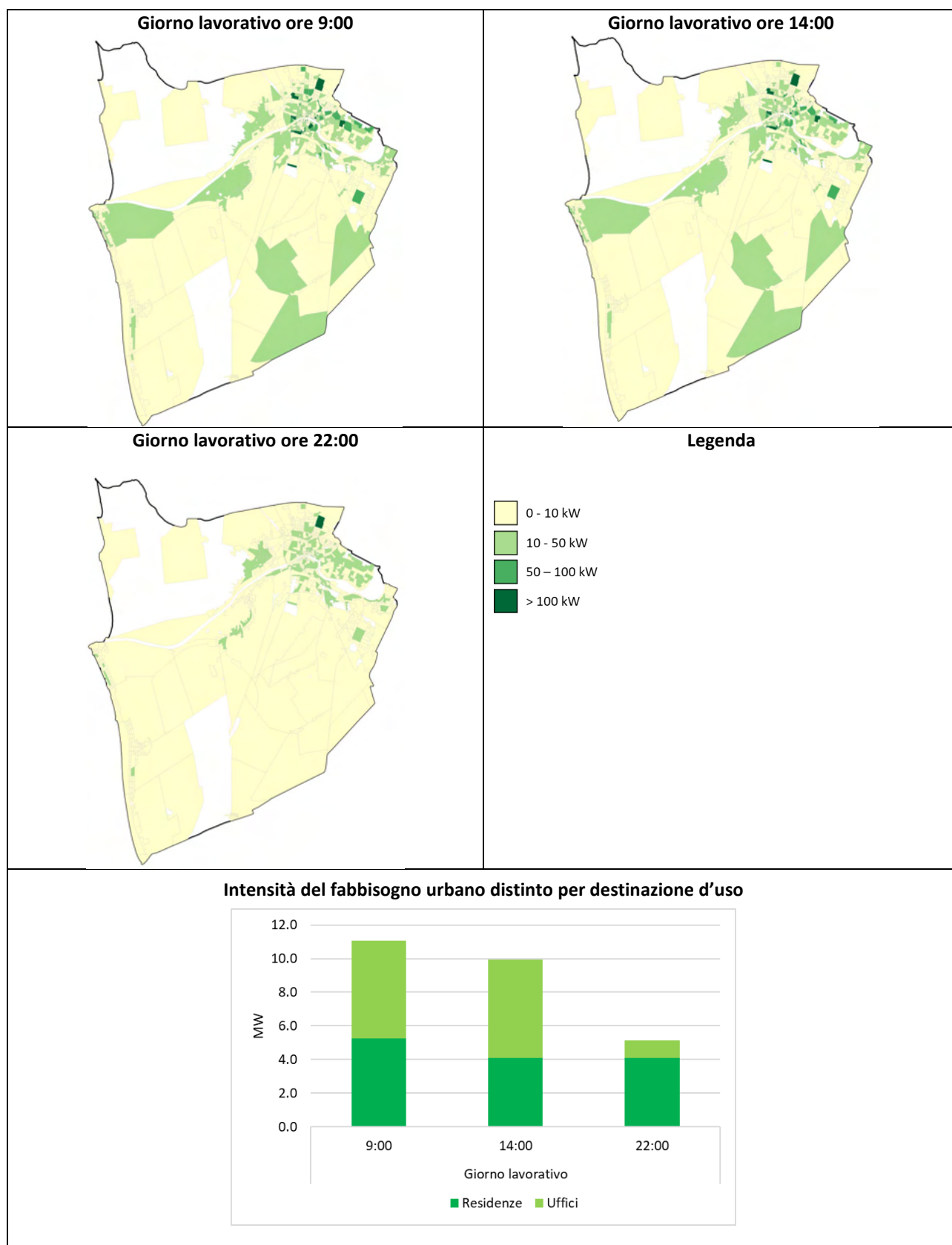


Figura 46. Intensità del consumo di elettricità per apparecchiature ed illuminazione artificiale in un giorno lavorativo dell'anno.

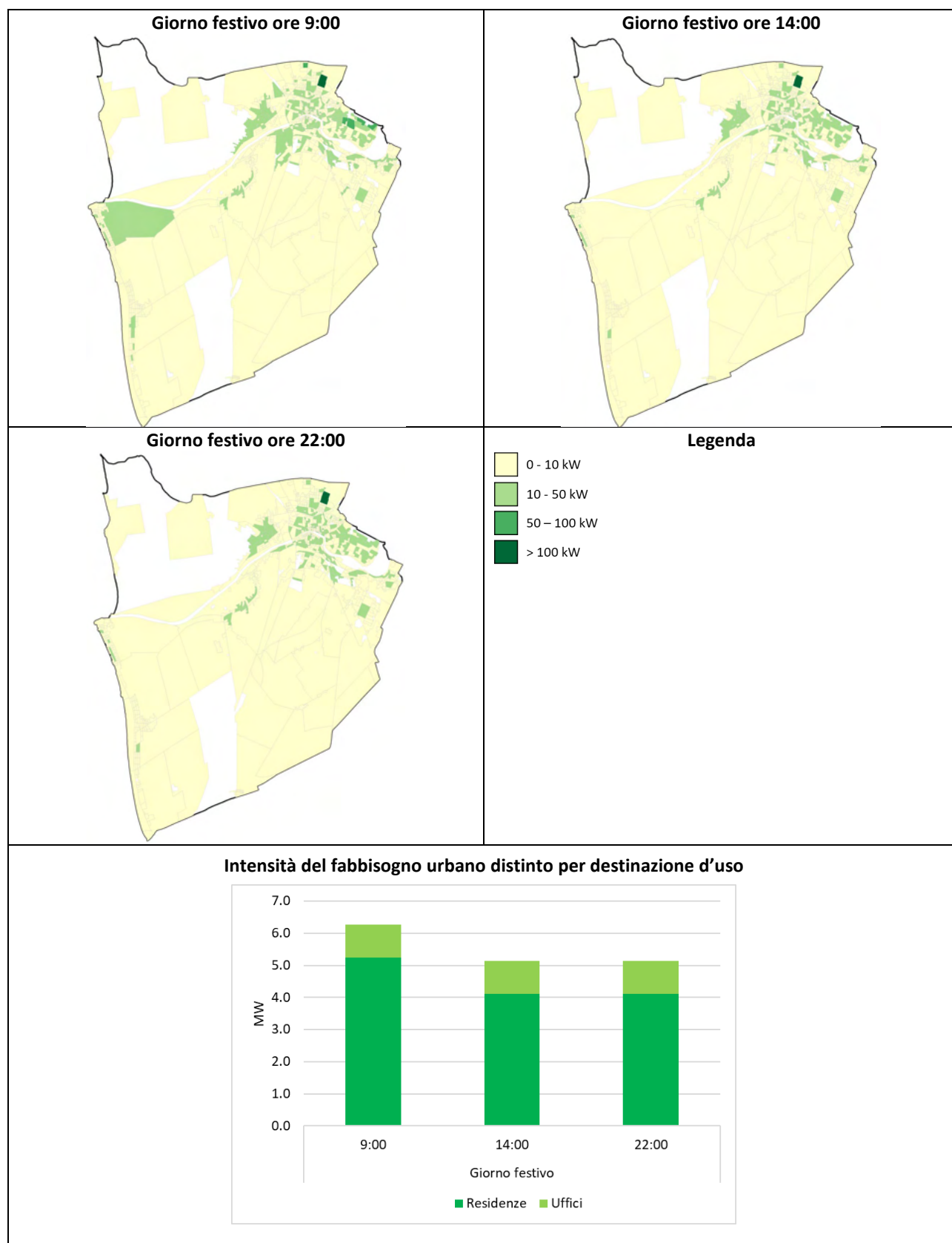


Figura 47. Intensità del consumo di elettricità per apparecchiature ed illuminazione artificiale in un giorno festivo dell'anno.

1.3.5 Confronto con altre fonti dati e validazione

1.3.5.1 Validazione del volume costruito

Tramite l'applicazione della procedura al comune di Pisa, è stato determinato un **volume costruito ad uso residenziale pari a 18.77 Mm³**. Anche in questo caso, tale dato è in linea con quelli elaborati sulla base dei dati di Agenzia delle Entrate – Catasto [22] (pari a 17.87 Mm³), rispetto a cui si ha una lieve sovrastima del 5.0%.

Per quanto concerne l'uso uffici, sono stati determinati un volume costruito riferito ai soli edifici ad uso esclusivo direzionale/terziario pari a 1.04 Mm³ ed un volume per gli uffici siti all'interno di edifici residenziali pari a 0.57 Mm³, ottenendo così un **volume totale ad uso uffici pari a 1.61 Mm³**. Quali dati di confronto sul settore ad uso uffici per Pisa sono disponibili i soli dati di consistenza degli uffici e studi privati e degli uffici pubblici dell'Agenzia delle Entrate. Poiché non sono stati reperiti studi di settore integrativi, si è sommato al dato dell'Agenzia delle Entrate quello stimato per gli edifici ricadenti nelle categorie D/5 (istituti di credito, cambio ed assicurazione) e D/7 (fabbricati per le speciali esigenze di un'attività industriale) sulla base del volume medio degli edifici ad uso bancario e assicurativo determinato con il report CRESME per il parco del comune di Milano [24]. Il volume così ottenuto risulta pari a 1.63 Mm³, del tutto in linea con quello elaborato con la procedura (differenza dell'1%).

La Tabella 33 sintetizza i dati appena confrontati.

Tabella 33. Confronto fra i dati di volume per destinazione d'uso stimati con la procedura e quelli provenienti da banche dati nazionali.

		Procedura GIS	Altre Fonti
RESIDENZIALE	Volume costruito [Mm ³]	18.77	17.87
	Scarto del dato stimato rispetto al dato da fonte statistica		+5.0%
UFFICI	Volume costruito [Mm ³]	1.61	1.63
	Scarto del dato stimato rispetto al dato da fonte statistica		-1.1%

1.3.5.2 Validazione dei consumi di energia

Per la validazione delle elaborazioni redatte per il caso studio del comune di Pisa ci si è avvalsi dei dati raccolti nell'ambito della redazione del bilancio comunale. Di seguito sono descritte le elaborazioni effettuate per rendere quanto più comparabili possibile i risultati ottenuti con la procedura rispetto ai dati di bilancio.

1.3.5.2.1 I dati del bilancio energetico comunale di Pisa

Il comune di Pisa pubblica i bilanci annuali delle emissioni e dei consumi energetici sul proprio sito⁵⁵ e seguendo la metodologia adoperata per il PAES (Piano Azione Energia Sostenibile o, in inglese, SEAP, Sustainable Energy Action Plan) [32].

Come spiegato nel documento del PAES, i consumi finali di energia per vettore e macrosettore relativi al territorio comunale sono stati stimati con un approccio top-down a partire dall'incrocio di dati aggregati con indicatori ad hoc.

Nel dettaglio, la stima del consumo annuo di gas naturale del settore residenziale si è basata sul dato fornito dall'Istat; per la stima del consumo annuo di gas naturale del settore terziario, invece, il comune di Pisa ha scalato il dato di SNAM Rete Gas relativo alla quantità di gas metano distribuito distinto per categoria (rete primaria, rete di distribuzione includente rete secondaria e trasporti) sulla base della quota proporzionale

⁵⁵ <https://www.comune.pisa.it/it/ufficio-scheda/20148/Energia.html>

riportata nel Bilancio Energetico della Toscana (fonte ENEA), nell'ipotesi che la suddivisione dei consumi di metano nei vari macrosettori segua l'andamento regionale.

Per la determinazione dei consumi di energia elettrica del settore residenziale, il comune di Pisa si è rifatto al dato di consumo pro capite registrato annualmente da Istat a livello comunale. Per la determinazione dei consumi di energia elettrica del settore terziario, il comune di Pisa si è invece rifatto ai dati per categoria forniti da TERNA S.p.a. aggregati alla scala provinciale. I consumi comunali sono stati stimati scalando il dato provinciale sulla base del numero di addetti delle unità produttive (come rilevato da Istat) e in base ai flussi turistici (come rilevato dal Sistema Statistico della Regione Toscana).

Per la determinazione dei consumi di prodotti petroliferi, il comune si è basato sui dati del Ministero dello Sviluppo Economico, che registra le vendite di gasolio, GPL ed olio combustibile a livello provinciale e con frequenza annuale, assumendo che la quantità venduta e la quantità effettivamente consumata coincidano. Le vendite di gasolio e di GPL sono state ripartite nei vari macrosettori, a livello provinciale, in base a quanto riportato nel Bilancio Energetico della Toscana redatto da ENEA e poi scalati al livello comunale per mezzo di indicatori statistici. Non sono stati considerati i consumi di olio combustibile, in quanto attribuiti integralmente al settore delle industrie ETS.

I consumi di combustibili solidi sono stati stimati a partire dai dati del Bilancio Energetico della Regione Toscana e disaggregati per settori sulla base del parco industriale ed abitativo.

Per la comparazione dei consumi annui del bilancio con quelli elaborati nel presente studio, sono stati estrapolati i dati dei consumi di energia finale per "Elettricità", "Gas naturale", "Gas liquido" e "Diesel" per il settore "Edifici Residenziali" e per il settore terziario diviso nelle due sottocategorie "Edifici Comunali" ed "Edifici Terziari Non Comunali".

Anche per il caso studio di Pisa i dati di consumo analizzati per il confronto si riferiscono alla media degli anni 2010, 2011 e 2012.

Per il settore residenziale, i consumi medi per gli anni dal 2010 al 2012 di elettricità ammontano a **116 GWh**, di gas naturale a **643 GWh**, di GPL a **9 GWh** e di gasolio a **4 GWh**.

Per quanto riguarda il settore terziario, la somma dei consumi medi per gli anni dal 2010 al 2012 delle due sottocategorie ammonta a **182 GWh** per l'elettricità, **202 GWh** per il gas naturale, **4 GWh** per il GPL ed a **2 GWh** per il gasolio.

Analogamente al caso di Milano, si è proceduto con l'estrapolazione dei consumi elettrici relativi alla sola quota degli uffici tramite i dati riportati a livello regionale da Terna. Le quote percentuali dei consumi elettrici regionali relativi al settore Credito e Assicurazioni e Pubblica Amministrazione sul totale dei consumi elettrici per terziario, escluse le categorie Trasporti ed Illuminazione pubblica che sono considerate a parte nel caso del Bilancio comunale, sono pari a 7.7% per il 2010, 8.0% per il 2011 e 7.6% per il 2012. Come già detto per il caso di Milano, questo valore rappresenta solo una quota dei consumi degli uffici, pertanto, grazie alla pesatura del volume costruito relativo agli Istituti di credito ed assicurazione ed agli uffici della Pubblica Amministrazione sul volume costruito ad uso uffici (pari al 50%) determinata sulla base di dati dell'Agenzia delle Entrate – Catasto, i consumi elettrici sono stati scalati ottenendo un consumo medio pari a **28 GWh**.

Per quanto concerne il consumo di combustibili fossili, anche per Pisa non è stato possibile usare i dati del bilancio comunale in quanto non disaggregabili alla scala dei soli uffici. Pertanto, sono stati considerati i dati riportati nel rapporto ENEA [29] in base ai quali, nel Centro Italia, i consumi alimentati da "vettore termico" rappresentano il 20% del totale mentre quelli elettrici l'80%.

1.3.5.2.2 Confronto con i consumi simulati

Per confrontare i risultati della procedura con quelli del bilancio comunale, i consumi annui per riscaldamento e raffrescamento, stimati a partire dalle simulazioni energetiche condotte sulla base del Test Reference Year, sono stati normalizzati rispetto ai gradi giorno medi degli anni 2010, 2011 e 2012 della stazione meteorologica della Facoltà di Agraria, facente capo al Servizio Idrologico della Regione Toscana (SIR)⁵⁶.

⁵⁶ <https://www.sir.toscana.it/termometria-pub>

Con approccio analogo a quello adottato per il caso studio di Milano, ai consumi simulati per gli edifici residenziali di Pisa sono stati aggiunti i consumi di gas naturale per ACS e cottura e di elettricità per i servizi generali (ascensori, autoclavi, ecc.), e a quelli simulati per gli uffici sono stati aggiunti i consumi elettrici addizionali per la produzione di acqua calda sanitaria, cottura ed altri servizi.

I consumi annui di energia finale per il volume residenziale, così stimati, sono riportati in Tabella 34. Questi sono stati comparati con i consumi di energia da bilancio energetico riportati nel paragrafo precedente. Si può notare come il consumo di elettricità finale stimato con la procedura (126 GWh) sia risultato maggiore dell'8.4% rispetto al dato del bilancio comunale (116 GWh) e che il consumo di energia finale per gas naturale (589 GWh) sia risultato inferiore dell'8.4% rispetto al dato di bilancio (642 GWh).

Tabella 34. Consumi energetici annui del volume costruito ad uso residenziale stimati (i consumi usati per la validazione sono evidenziati in celeste).

	CONSUMI DI ENERGIA FINALE [GWh]					
	ELETTRICITA'	GAS NATURALE	GASOLIO	GPL	COMB. SOLIDI	ALTRO
Riscaldamento	0.4	346	2	1.4	0.1	0.1
Raffrescamento	3	0	0	0	0	0
ACS	33	180	0.1	0.5	3	1.3
Elettricità (apparecch.+illum. art.)	75	0	0	0	0	0
Uso Cottura	0	63	0	0	0	0
Altri Usi Elettrici	14	0	0	0	0	0
Totale	126	589	2	1.9	0.1	1.4

Relativamente agli uffici, i consumi annui stimati di energia finale sono riportati in Tabella 35. Il consumo di elettricità finale stimato con la procedura (31 GWh) risulta superiore dell'11% rispetto al dato di bilancio comunale (28 GWh). Inoltre, il consumo di energia finale per gas naturale (13 GWh), che ricopre oltre il 90% del totale dei consumi di combustibili fossili, rappresenta il 30% del consumo finale mentre quello di elettricità il 70%, risultando dunque proporzionati alla ripartizione del citato rapporto ENEA [29] relativamente agli uffici collocati in Italia centrale (20% termico e 80% elettrico).

Tabella 35. Consumi energetici annui di energia finale del volume costruito ad uso uffici stimati (i consumi usati per la validazione sono evidenziati in celeste).

	CONSUMI DI ENERGIA FINALE [GWh]			
	ELETTRICITA'	GAS NATURALE	GASOLIO	GPL
Riscaldamento	0.2	346	2	1.4
Raffrescamento	0.3	0	0	0
ACS	0.9	180	0.1	0.5
Elettricità (apparecch.+illum. art.)	21	0	0	0
Uso Cottura	0.3	63	0	0
Altri Usi Elettrici	8	0	0	0
Totale	31	589	2	1.9

2 Conclusioni

La procedura sviluppata permette la creazione di un database georeferenziato utile a caratterizzare il parco edifici dal punto di vista dimensionale, tecnologico, funzionale, termo-fisico e impiantistico alla scala urbana. Tale procedura prevede l'impiego di dataset disponibili per i comuni del territorio nazionale ed è pertanto replicabile. La definizione dei profili orari di fabbisogno energetico e di consumo energetico per gli edifici con destinazione d'uso residenziale e terziario-uffici, le più ricorrenti in ambito urbano, costituisce un valido supporto in termini di analisi energetica alla scala comunale, di pianificazione energetica e di definizione di scenari di riqualificazione energetica involucro/impianto a scala di distretto o per tipologie edilizie ed impiantistiche.

La procedura ha comportato un grande sforzo analitico nella valorizzazione, interconnessione e "pulizia" delle informazioni disponibili e nella creazione di un sistema di zonizzazione termica utile alla valutazione energetica del parco edilizio in esame, sulla base della simulazione energetica di modelli edilizi semplificati con caratteristiche affini a quelle del parco edifici considerati. La procedura è stata applicata a due casi studio rappresentativi di due contesti climatici del territorio nazionale (Milano per la zona E e Pisa per la zona D), ma è già in corso una estensione a casi studio collocati in zone climatiche più calde. Le validazioni dei dati di consumo stimati per i due casi studio rafforzano la solidità di questa procedura, considerati gli scarti attestati rispetto a quanto elaborato nell'ambito dei bilanci energetici comunali. Un importante valore aggiunto della ricerca è costituito dalla rappresentabilità territoriale dei risultati ottenibili con l'applicazione della procedura, in termini di distribuzione delle caratteristiche tecnologiche del parco edifici e dei relativi fabbisogni energetici, consumi ed intensità per uso finale e per vettore.

Inoltre, grazie ai dati orari generati tramite l'applicazione della procedura ad un parco edilizio risulta possibile utilizzare in modo appropriato i software dettagliati di pianificazione energetica urbana. Oppure, reiterando la procedura con riferimento a nuove proprietà termofisiche e/o impiantistiche del parco in esame, è possibile ottenere dati di domanda energetica oraria previsionali per lo scenario considerato.

Nel suo complesso, la procedura permette un reale supporto alle decisioni in ambito di politica energetica, consentendo la rappresentazione di scenari energetici evolutivi e degli effetti di determinate misure di efficientamento energetico e di transizione verso sistemi decarbonizzati.

3 Riferimenti bibliografici

1. S. Ferrari, F. Zagarella, P. Caputo, A. D'Amico, Results of a literature review on methods for estimating buildings energy demand at district level, *Energy*, 2019, 175, 1130–1137.
2. S. Ferrari, V. Zanotto, Defining Representative Building Energy Models. In: *Building Energy Performance Assessment in Southern Europe*. SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology. Springer, Cham., 2016.
3. S. Ferrari, F. Zagarella, Assessing Buildings Hourly Energy Needs for Urban Energy Planning in Southern European Context, *Procedia Engineering*, 2016, 161, 783–791.
4. International Organization for Standardization, ISO 17772-1, Energy performance of buildings — Indoor environmental quality — Part 1: Indoor environmental input parameters for the design and assessment of energy performance of buildings, 2017.
5. International Organization for Standardization, ISO/TR 17772-2, Energy performance of buildings — Overall energy performance assessment procedures — Part 2: Guideline for using indoor environmental input parameters for the design and assessment of energy performance of buildings, 2018.
6. Swiss Society of Engineers and Architects, SIA 2024, Dati d'utilizzo di locali per l'energia e l'impiantistica degli edifici, 2015.
7. P. Caputo, G. Costa, V. Zanotto, A Methodology for Defining Electricity Demand in Energy Simulations Referred to the Italian Context, *Energies*, 2013, 6, 6274-6292.
8. Decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10, *Gazzetta Ufficiale Serie Generale n.242 del 14/10/1993 - Supplemento Ordinario n. 96*.
9. S. Ferrari, V. Zanotto, Thermal Comfort Approaches and Building Performance. In: *Building Energy Performance Assessment in Southern Europe*. SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology. Springer, Cham, 2016.
10. S. Ferrari, V. Zanotto, Energy Performance Analysis of Typical Buildings. In: *Building Energy Performance Assessment in Southern Europe*. SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology. Springer, Cham, 2016.
11. Direttiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 14 marzo 2007 che istituisce un'Infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea (Inspire), *Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea* del 25/04/07.
12. Decreto Legislativo 27 gennaio 2010, n. 32, Attuazione della direttiva 2007/2/CE, che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea (INSPIRE), *Gazzetta Ufficiale Serie Generale n.56 del 09/03/2010 - Supplemento Ordinario n. 47/L*.

13. Ministro per la Pubblica Amministrazione e l'Innovazione di concerto con il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Decreto 10 novembre 2011. Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici, Gazzetta Ufficiale Serie Generale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37.
14. Intesa Stato Regioni Enti Locali Sistemi Informativi Territoriali, Specifiche per la Realizzazione dei Database Topografici di Interesse Generale - Il catalogo degli oggetti - Revisione delle Specifiche di contenuto 1n 1007_1 e 1n 1007_2, 2006.
15. Istituto Nazionale di Statistica, Descrizione dei dati geografici e delle variabili censuarie delle Basi territoriali per i censimenti: anni 1991, 2001, 2011, 2016, accessibile al sito <https://www.istat.it/it/files//2013/11/Descrizione-dati-Pubblicazione-2016.03.09.pdf>
16. Istituto Nazionale di Statistica, 15 °Censimento Generale della Popolazione e delle Abitazioni 2011. Manuale della rilevazione, A cura di Donatella Zindato, Roma.
17. Decreto del Presidente della Repubblica 16 aprile 2013, n. 74, Regolamento recante definizione dei criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici e per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, a norma dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e c), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, Gazzetta Ufficiale n.149 del 27-06-2013.
18. Ministero dello Sviluppo Economico, Decreto 10 febbraio 2014. Modelli di libretto di impianto per la climatizzazione e di rapporto di efficienza energetica di cui al decreto del Presidente della Repubblica n. 74/2013, Gazzetta Ufficiale n.55 del 7/3/2014.
19. Ente Italiano di Normazione. UNI 10379:1994, Riscaldamento degli edifici. Fabbisogno energetico convenzionale normalizzato. Metodo di calcolo e verifica.
20. Ministero dello Sviluppo Economico. Decreto 26 giugno 2015. Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici. Gazzetta Ufficiale Serie Generale n 162 del 15/07/2015 - Supplemento Ordinario n. 39.
21. Ente Italiano di Normazione. UNI/TS 11300-2, Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali, 2014.
22. Agenzia delle Entrate, Ufficio Statistiche e Studi della Direzione Centrale Osservatorio Mercato Immobiliare e Servizi Estimativi E della Direzione Centrale Catasto e Cartografia, Statistiche Catastali 2012. Catasto edilizio urbano, 2013.

23. Agenzia del Territorio, Statistiche e studi sul mercato immobiliare, Direzione Centrale Osservatorio Mercato Immobiliare e Servizi Estimativi, Rapporto Immobiliare 2012. Immobili a destinazione terziaria, commerciale e produttiva.
24. CRESME Ricerche S.p.A., Osservatorio sull'offerta di immobili ad uso ufficio a Milano, 2016.
25. Comune di Milano, Piano di Azione per l'Energia Sostenibile (PAES) del Comune di Milano, 2018.
26. Metodologia di bilancio energetico-ambientale regionale (Deliverable 1), 2011.
27. Terna, Pubblicazioni statistiche sui consumi 2010, 2011 e 2012 scaricabili dal sito.
28. U. Ciarniello, G. Orsini, F. Santi, Ricerca di Sistema. Indagine sui consumi e sulla diffusione delle apparecchiature nel settore terziario in Italia, 2005.
29. ENEA, Assoimmobiliare, Benchmark di consumo energetico degli edifici per uffici in Italia, 2019.
30. Comitato Termotecnico Italiano, Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione invernale e preparazione acqua calda per usi igienico-sanitari, CTI – R 03/3, 2003.
31. M. Caldera, A. Federici, F. Margiotto, A. Martelli, M. Nocera, A. Pannicelli, S. Piccinelli, G. Puglisi, F. Zanghirella, Ricerca di Sistema Elettrico, Report RdS/PAR2015/143. Metodologie e strumenti per la raccolta di dati e la definizione di modelli di riferimento dei consumi energetici nel settore residenziale, terziario e pubblico, 2016.
32. Comune di Pisa, Direzione Ambiente EMAS, AEP – Agenza Energetica Pisa, Navicelli SpA, SEAP. Sustainable Energy Action Plan.

4 Abbreviazioni ed acronimi

ACE: Area di censimento
ACH: air change per hour
ACS: Acqua Calda Sanitaria
ASC: Area Subcomunale
BEM: Building Energy Model
Bt: Basi territoriali
BEC: Building Energy Concept
C_ASS: macchina frigorifera a fiamma diretta
C_CHILL: macchina frigorifera/pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico
CGPA: Censimento Generale della Popolazione e Abitazione
CIT: Catasto degli Impianti Termici (della Regione Toscana)
CRESME: Centro ricerche economiche, sociologiche e di mercato nell'edilizia
CTIT: Catasto Territoriale degli Impianti Termici
CTI: Comitato Termotecnico Italiano
CURIT: Catasto Unico Regionale degli Impianti Termici
DBT: Database Topografico
D.L.G.: Decreto Legislativo
D.M.: Decreto Ministeriale
D.P.R.: Decreto del Presidente della Repubblica
ENEA: Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile
FER: Fonti Energetiche Rinnovabili
GE: Gruppo Edilizio
GIS: Geographic Information System
GPL: Gas di Petrolio Liquefatto
GF: Gruppo Frigorifero
GT: Gruppo Termico
H_ASS: pompa di calore ad assorbimento
H_G: generatore a combustibile gassoso
H_L: generatore a combustibile liquido
H_S: generatore a combustibile solido
H_PDCElett: pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico
H_PDCend: pompa di calore a compressione di vapore con motore endotermico
H_TLR: teleriscaldamento
IAQ: Indoor Air Quality
ICT: Information and Communication Technologies
INSPIRE: Infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea
Istat: Istituto Statistico Nazionale
MiSE: Ministero dello Sviluppo Economico
PAES: Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile
RSE: Ricerca sul Sistema Energetico
RNDT: Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali
SC: Sezione di Censimento
SEAP: Sustainable Energy Action Plan
SIERT: Sistema Informativo regionale sull'Efficienza Energetica della Regione Toscana
SIT: Sistema Informativo Territoriale
USM: Unità Statistica del Comune di Milano
UV: Unità Volumetrica
Vc: Variabili censuarie
W_B_elett: bollitore elettrico
W_G: generatore a combustibile gassoso
W_L: generatore a combustibile liquido
W_S: generatore a combustibile solido
ZTT: Zona Termica Tipo (SA: superiore angolare; SC: superiore centrale; IA: interna angolare; IC: interna centrale; BA: base angolare; BC: base centrale)

5 Appendici

Per i due casi studio, vengono riportate le mappe aggiuntive, rispetto a quelle esemplificative contenute nel testo del presente documento, ed alcune considerazioni energetiche.

Infine, gli script in Python sviluppati per l'esecuzione delle procedure in GIS.

5.1 Mappe generate per il caso studio di Milano aggiuntive a quelle esemplificative

Le mappe seguenti (da Figura 48 a Figura 55) sono relative agli impianti basati sulle fonti energetiche diverse da quelle riportate nel paragrafo 1.2.2.

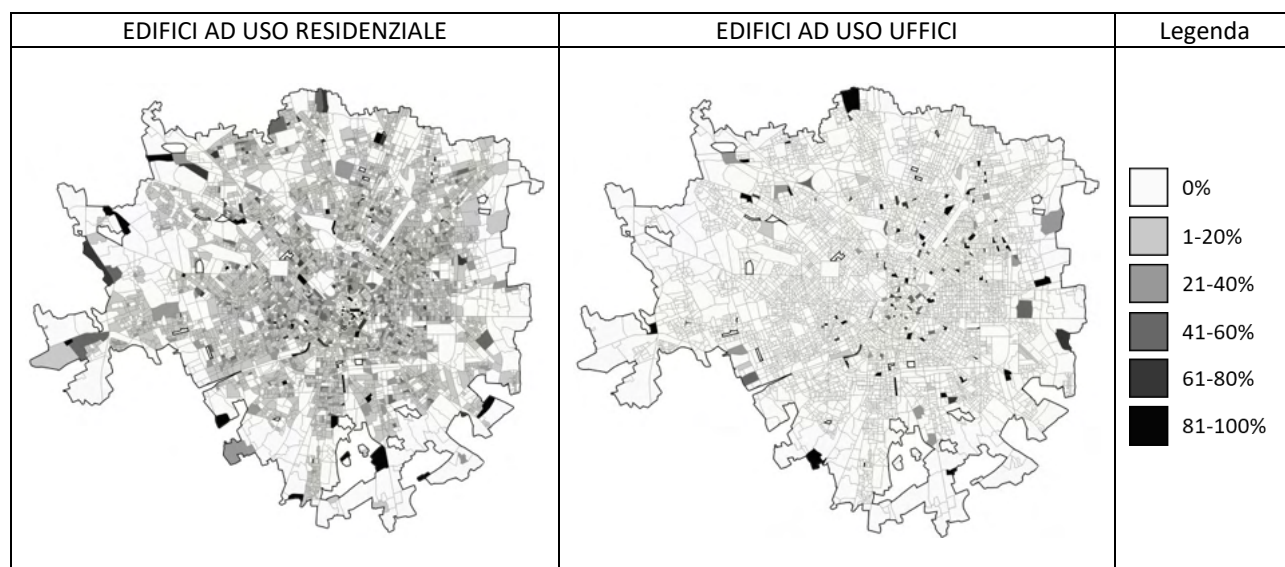


Figura 48. Mappa della distribuzione dei generatori alimentati da gasolio per il servizio di riscaldamento.

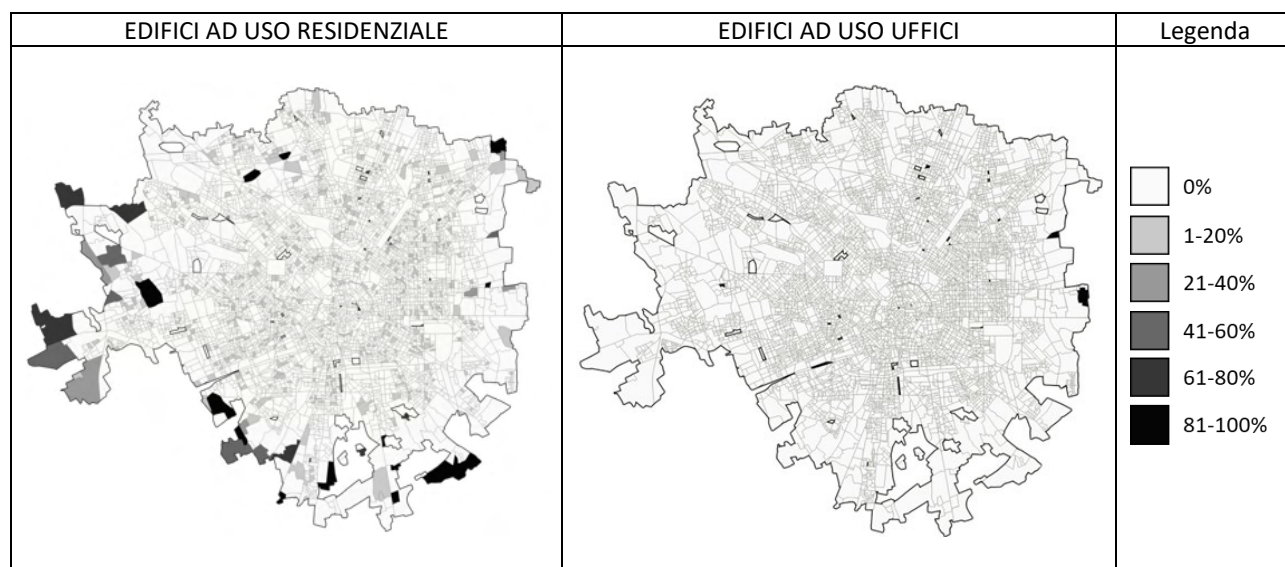


Figura 49. Mappa della distribuzione dei generatori alimentati da GPL per il servizio di riscaldamento.

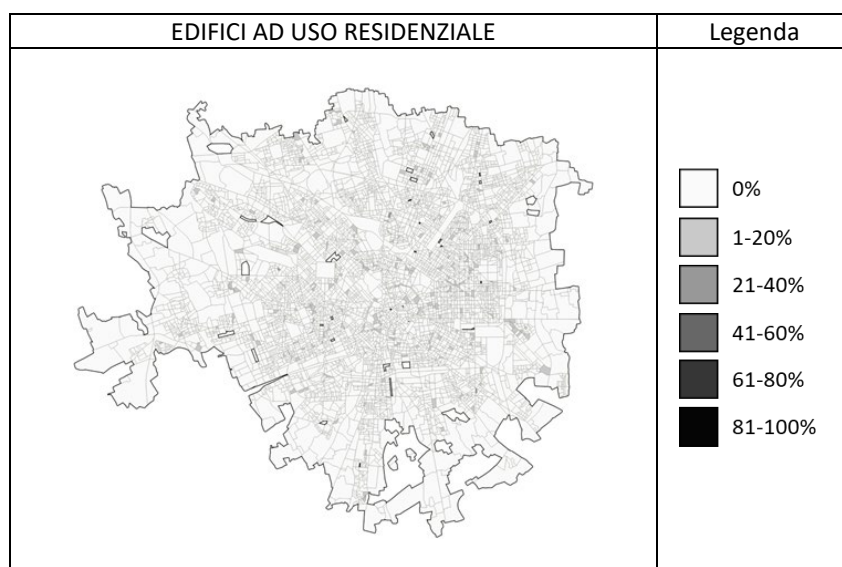


Figura 50. Mappa della distribuzione dei generatori alimentati da olio combustibile per il servizio di riscaldamento.

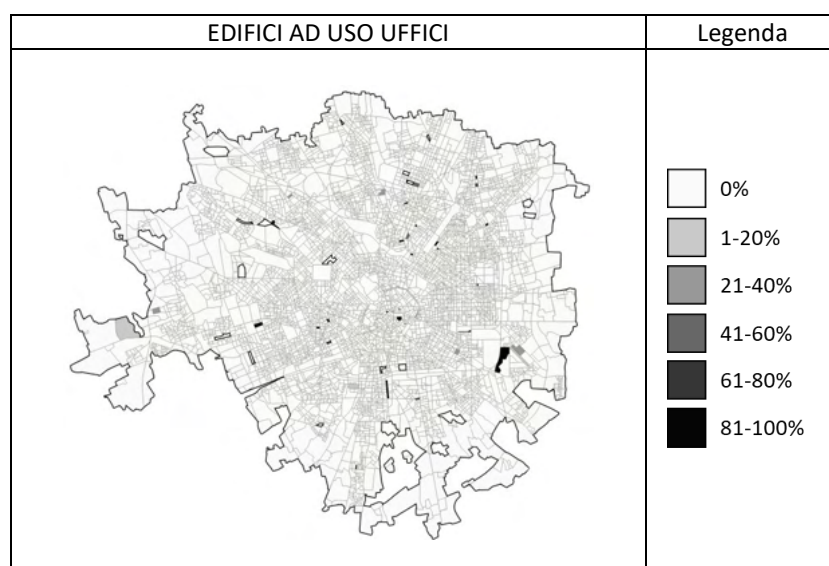


Figura 51. Mappa della distribuzione delle macchine ad assorbimento alimentate da gas naturale per il servizio di riscaldamento.

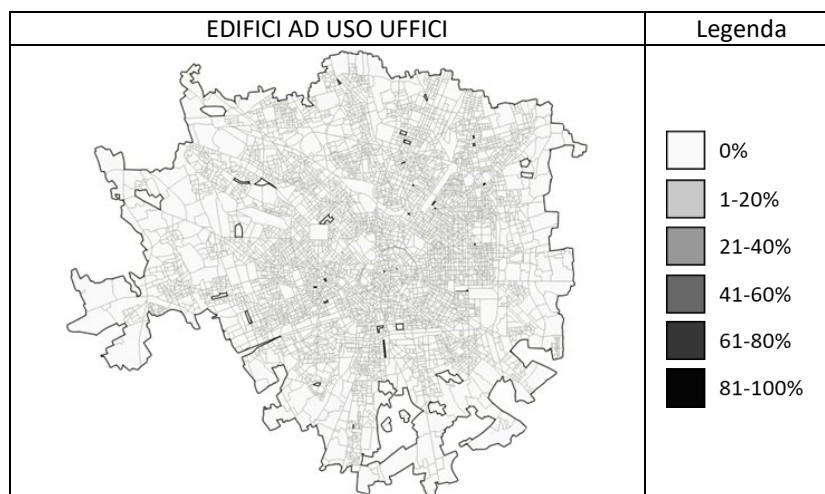


Figura 52. Mappa della distribuzione delle pompe di calore con motore endotermico alimentate da gas naturale per il servizio di riscaldamento.

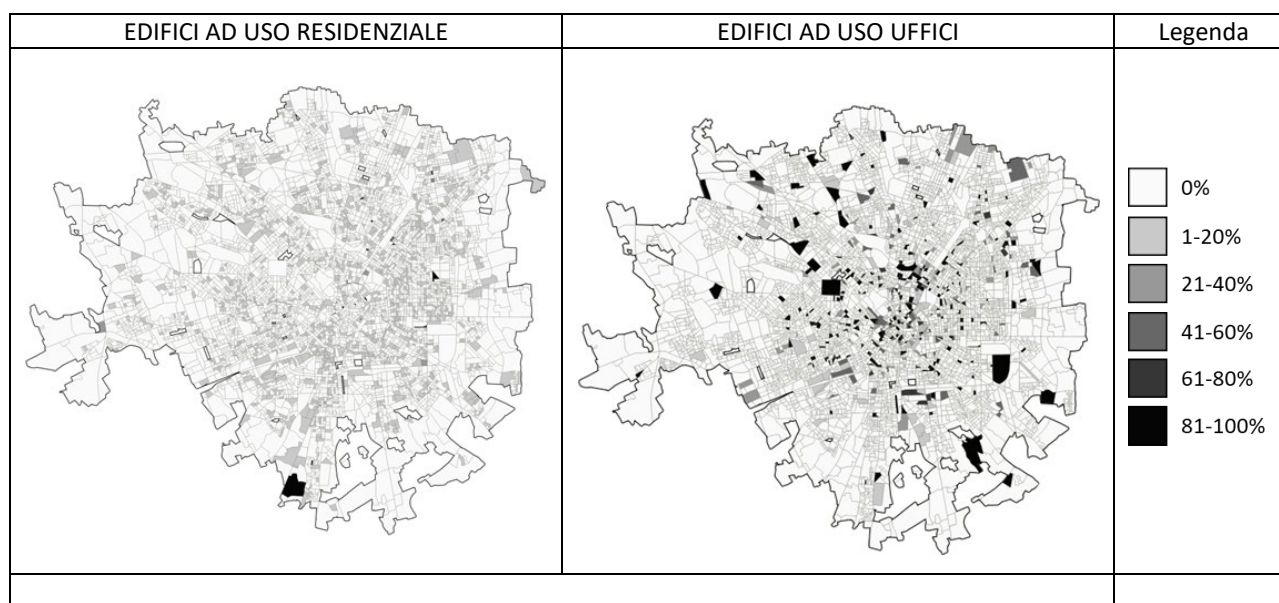


Figura 53. Mappe della distribuzione delle pompe di calore alimentate da energia elettrica per il servizio di riscaldamento.

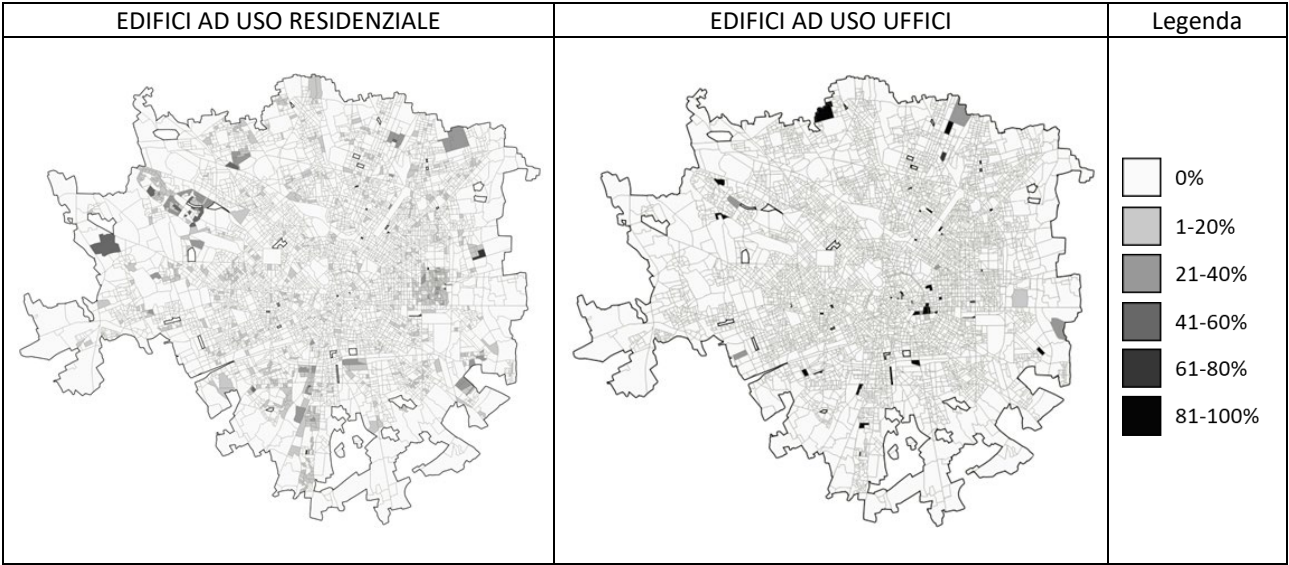


Figura 54. Mappe della distribuzione di impianti alimentati da reti di teleriscaldamento.

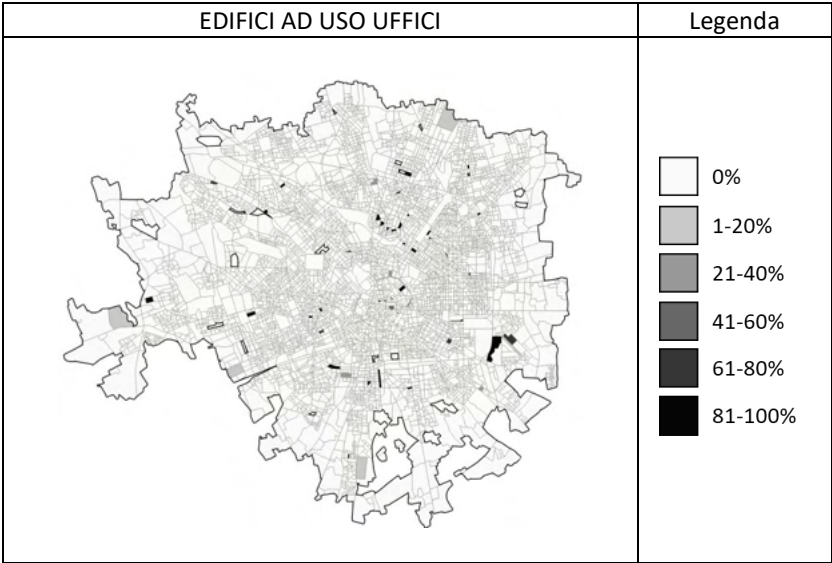


Figura 55. Mappa della distribuzione delle macchine frigorifere ad assorbimento alimentate da gas naturale per il servizio di raffrescamento.

In aggiunta alle mappe nel paragrafo 1.2.3, di seguito (da Figura 56 a Figura 69) sono riportate le mappe ed i grafici dell’intensità energetica urbana in 3 diversi orari (9:00, 14:00 e 22:00) di un giorno lavorativo e di uno festivo in periodo invernale (mese di gennaio) ed estivo (mese di luglio), relative a: gas naturale per riscaldamento; gasolio per riscaldamento; GPL per riscaldamento; olio combustibile per riscaldamento; teleriscaldamento; elettricità per riscaldamento, apparecchiature e illuminazione artificiale; elettricità per raffrescamento, apparecchiature e illuminazione artificiale.

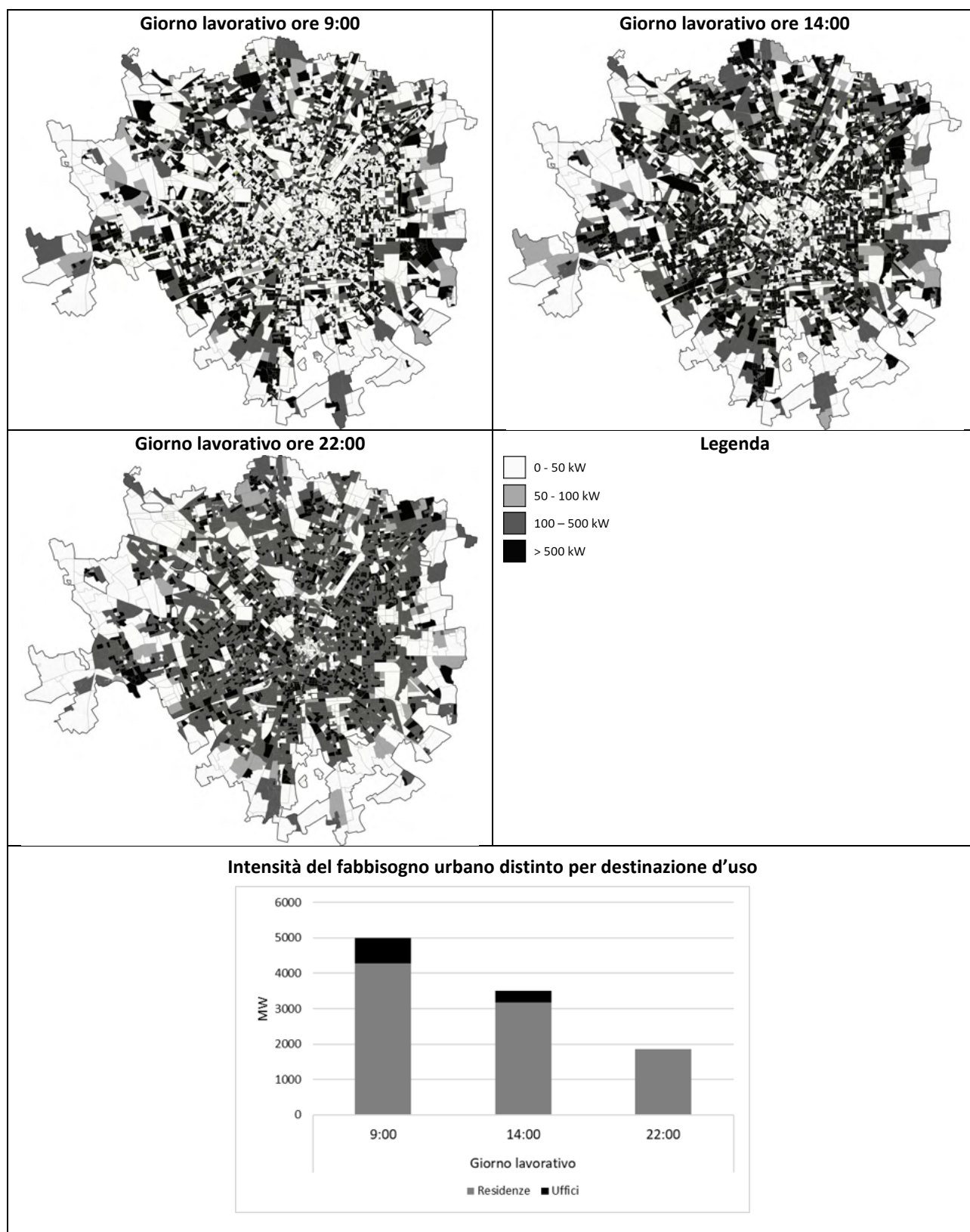


Figura 56. Intensità del consumo di energia finale di gas naturale in un giorno lavorativo di gennaio.

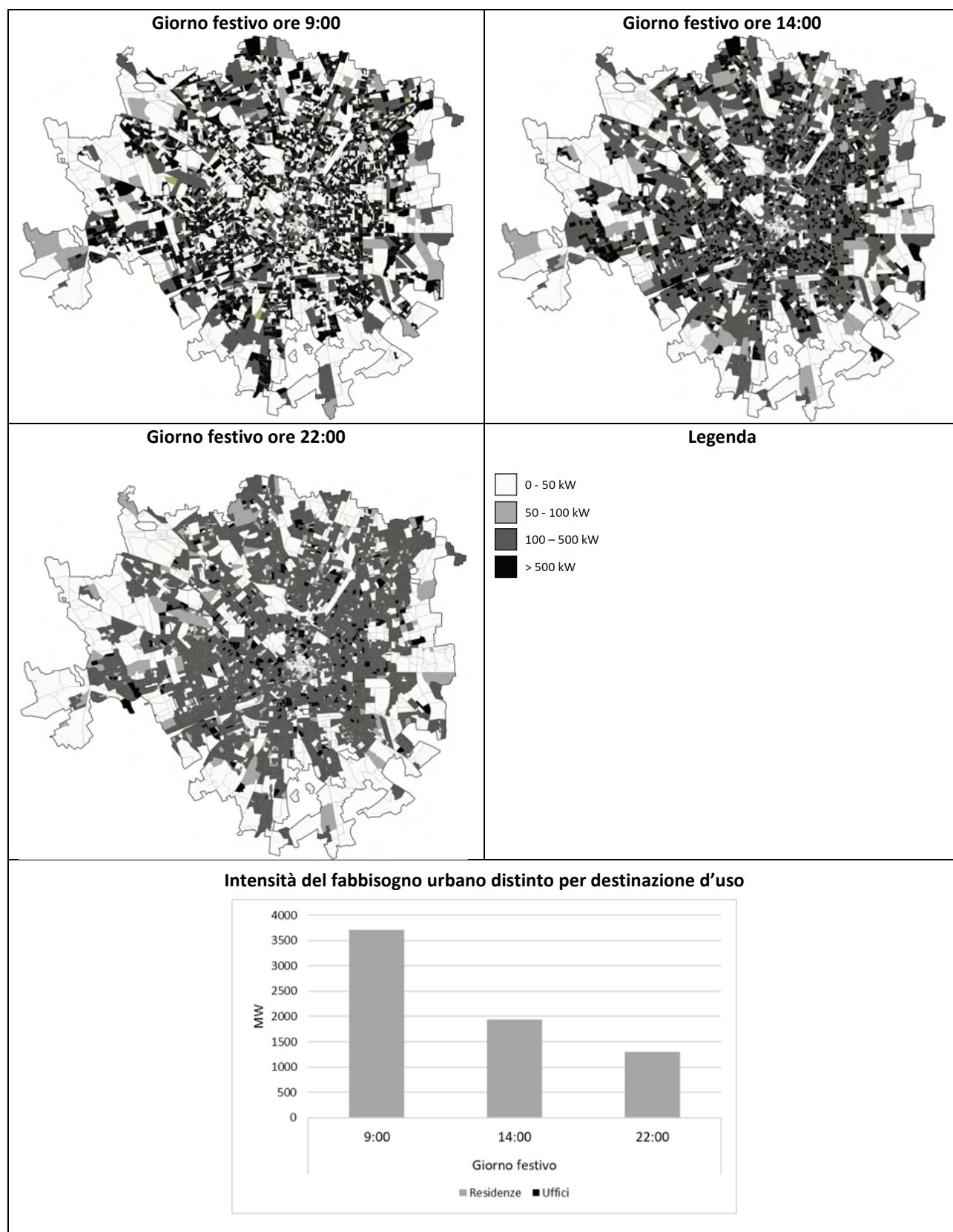


Figura 57. Intensità del consumo di energia finale di gas naturale in un giorno festivo di gennaio.

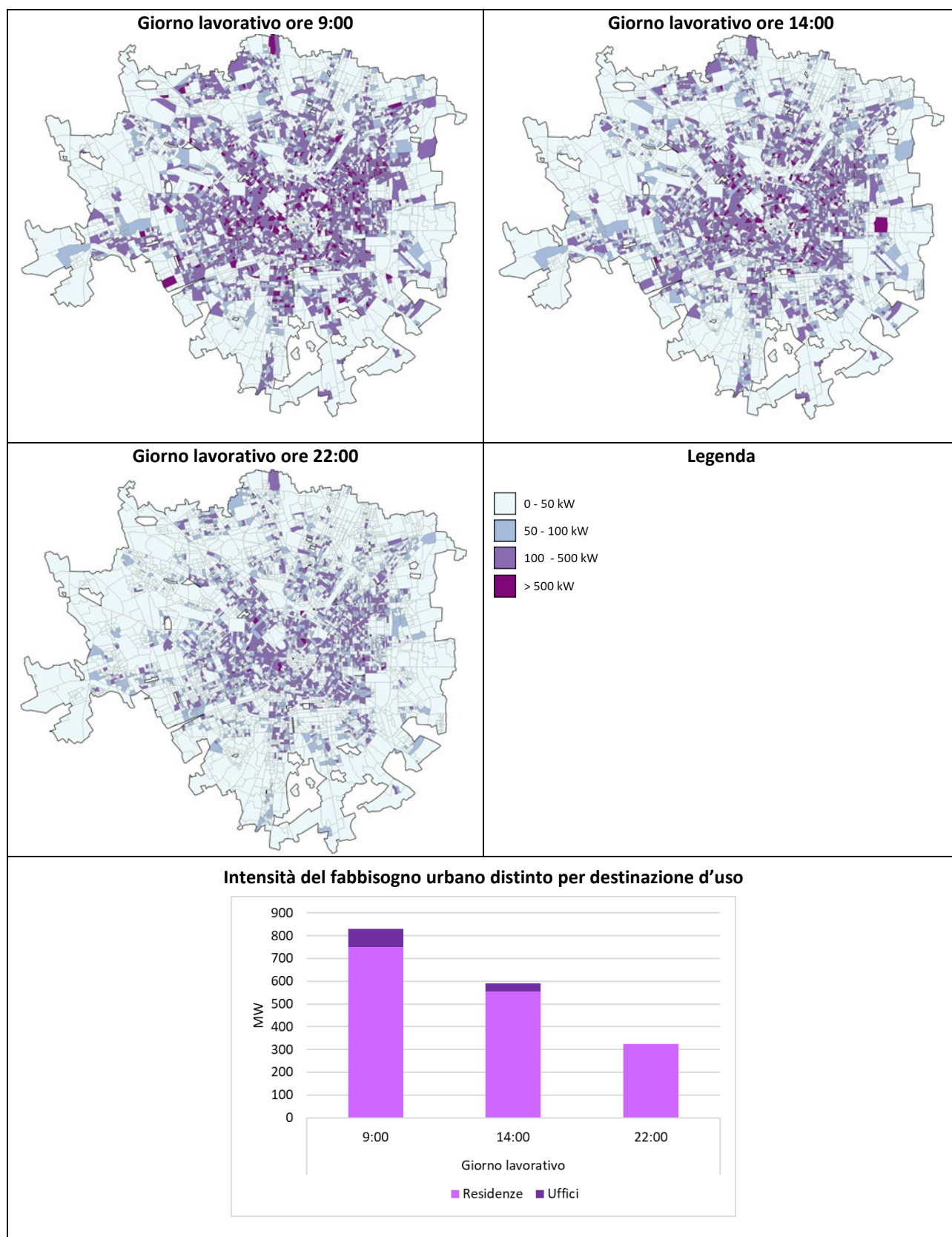


Figura 58. Intensità del consumo di energia finale di gasolio in un giorno lavorativo di gennaio.

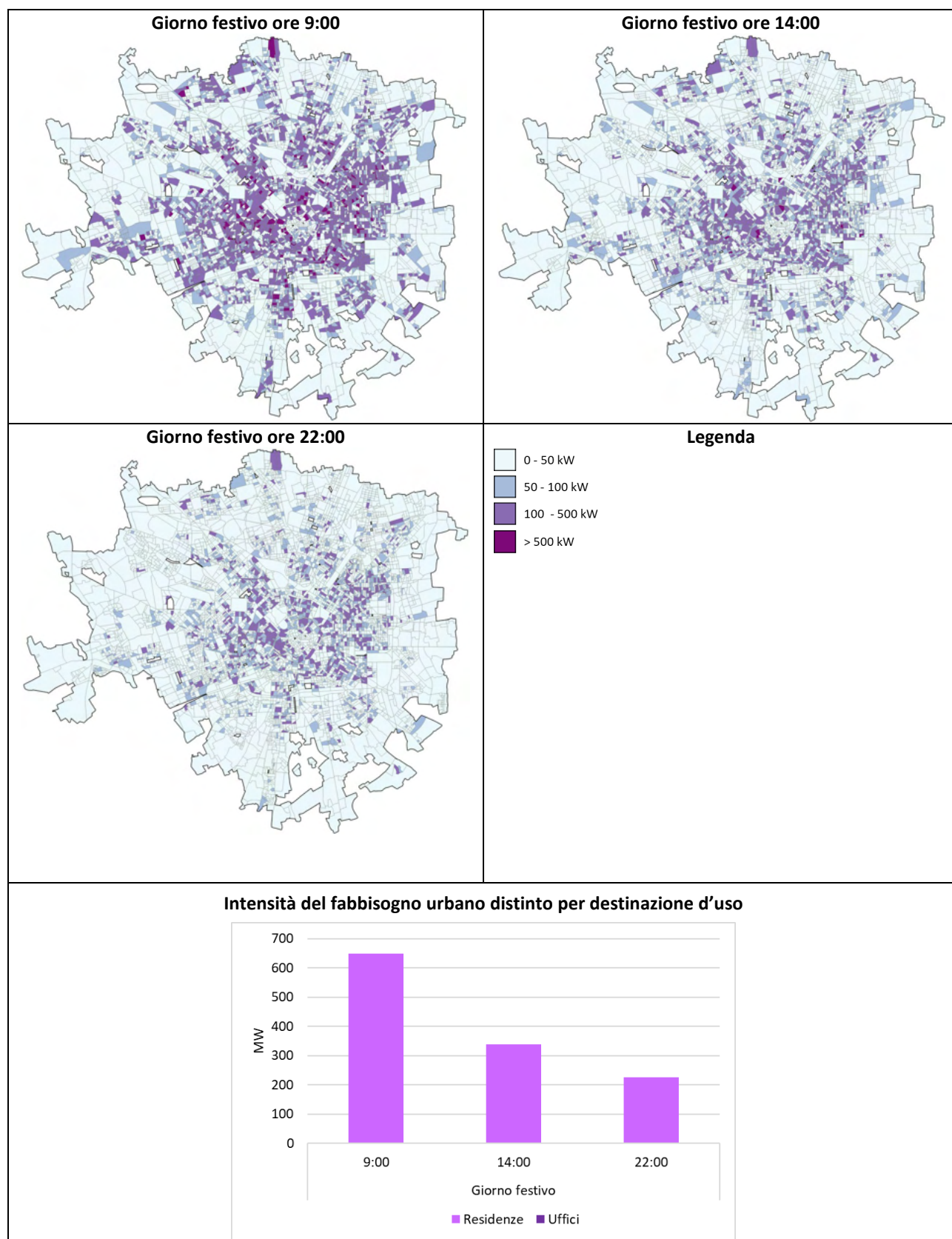


Figura 59. Intensità del consumo di energia finale di gasolio in un giorno festivo di gennaio.

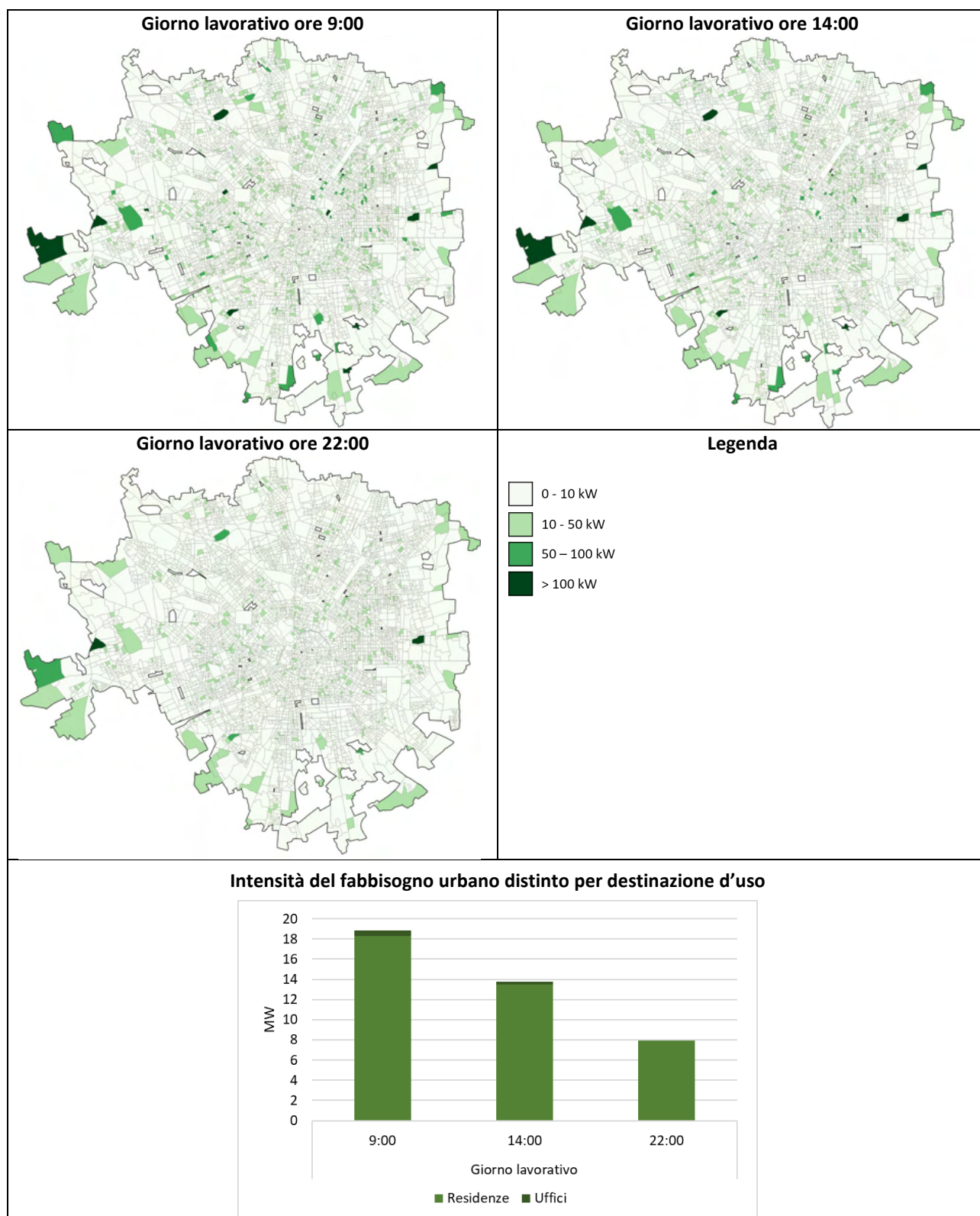


Figura 60. Intensità del consumo di energia finale di GPL in un giorno lavorativo di gennaio.

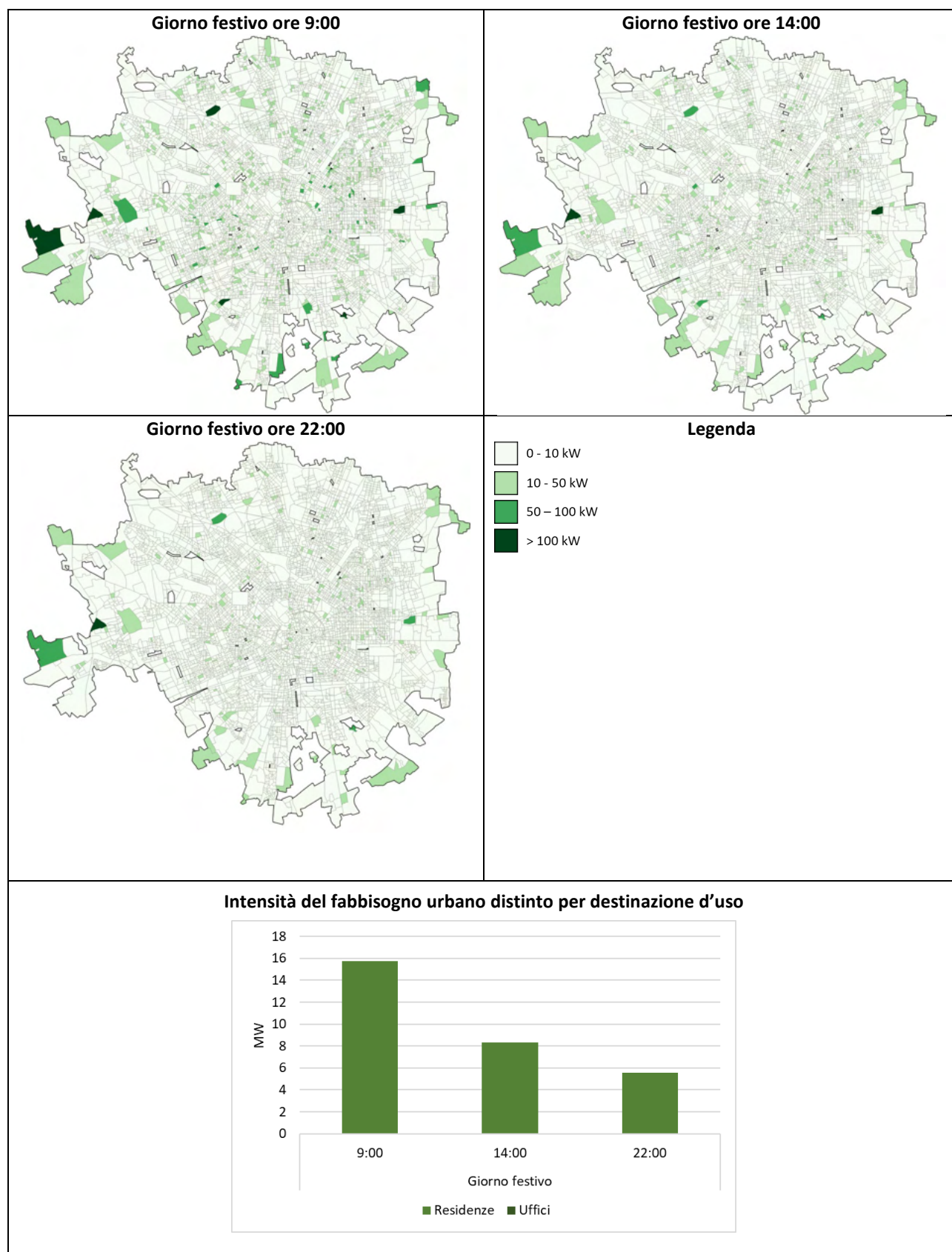


Figura 61. Intensità del consumo di energia finale di GPL in un giorno festivo di gennaio.



Figura 62. Intensità del consumo di energia finale di olio combustibile in un giorno lavorativo di gennaio.

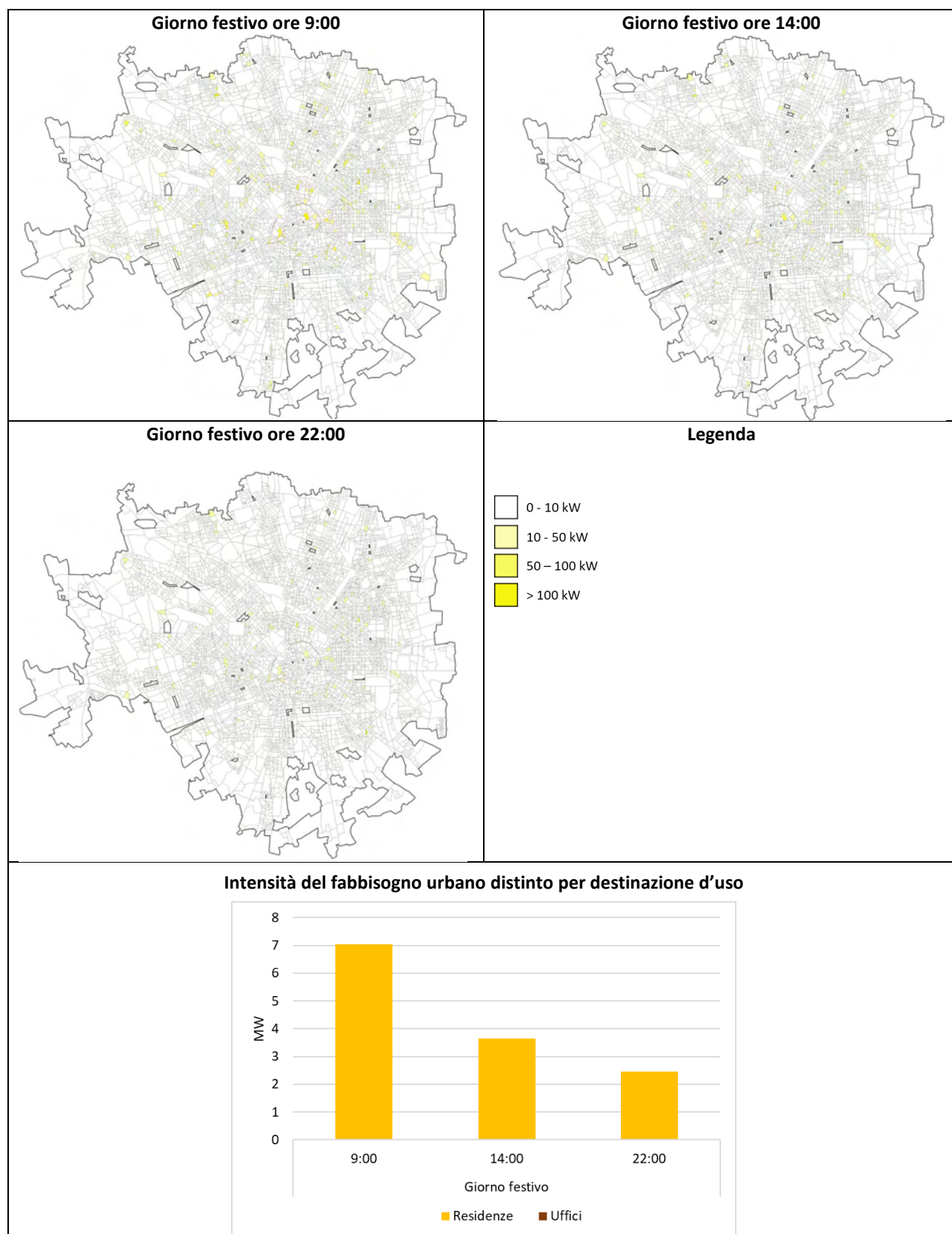


Figura 63. Intensità del consumo di energia finale di olio combustibile in un giorno festivo di gennaio.

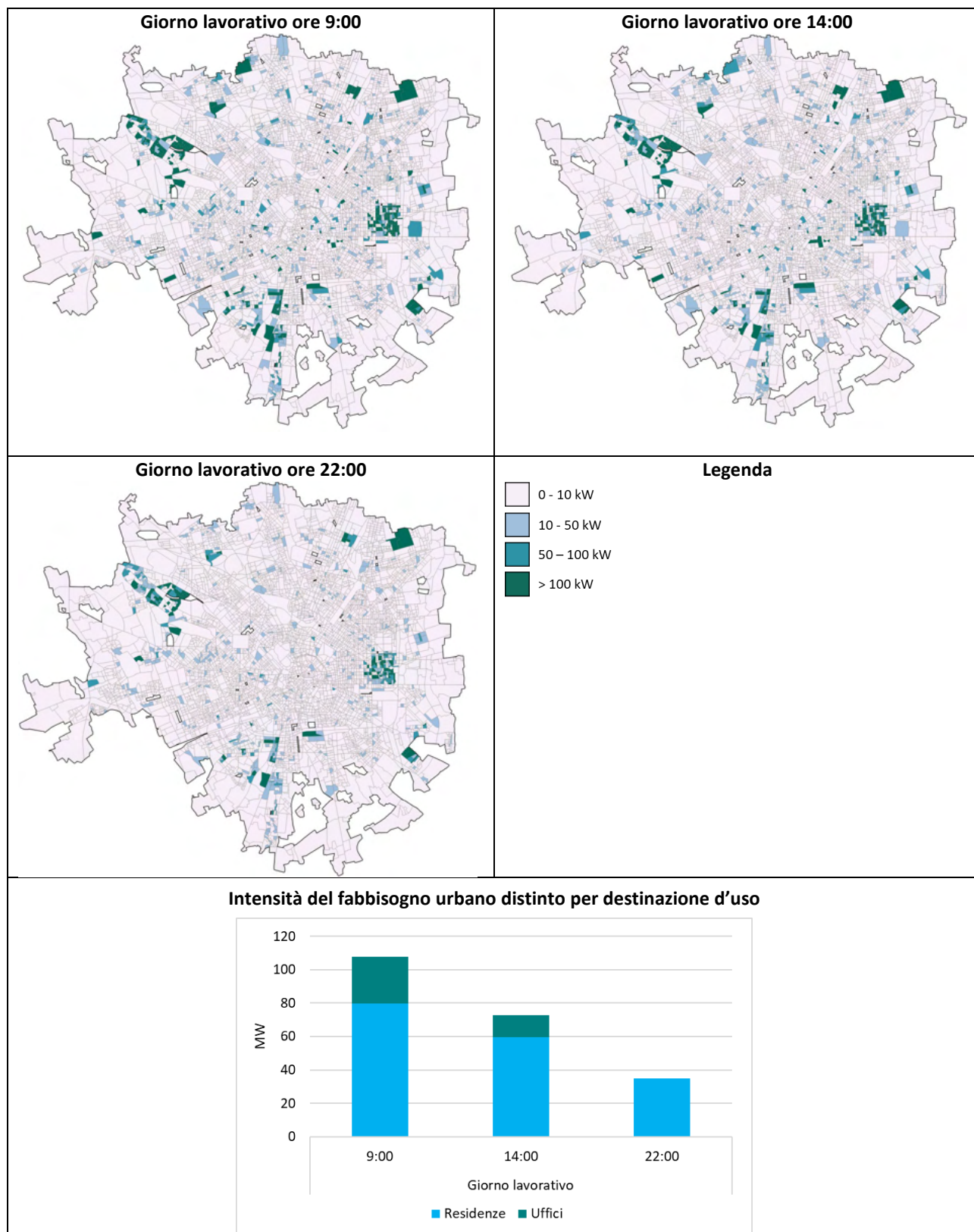


Figura 64. Intensità del consumo di energia finale da teleriscaldamento in un giorno lavorativo di gennaio.

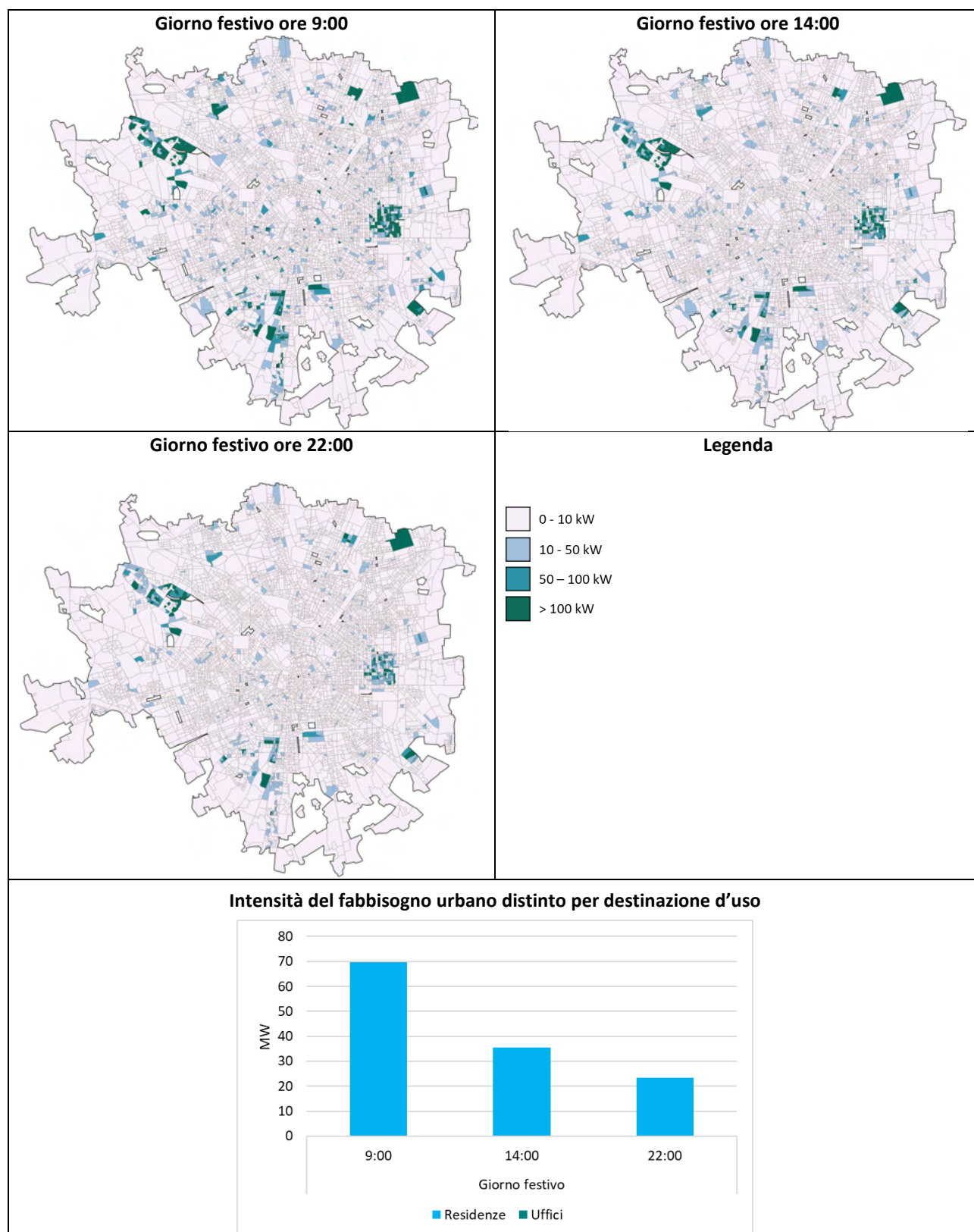


Figura 65. Intensità del consumo di energia finale da teleriscaldamento in un giorno festivo di gennaio.

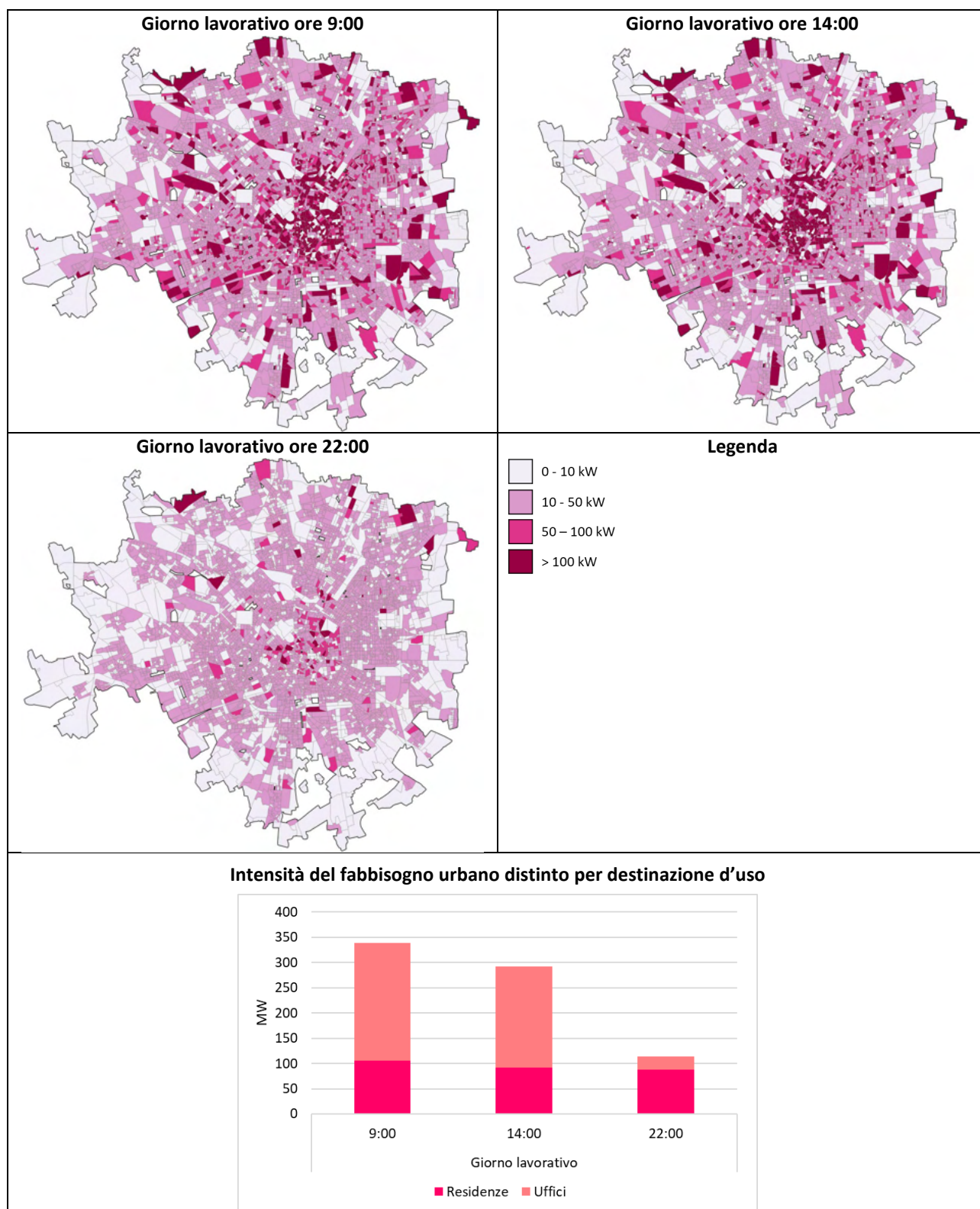


Figura 66. Intensità del consumo di energia finale di elettricità in un giorno lavorativo di gennaio.

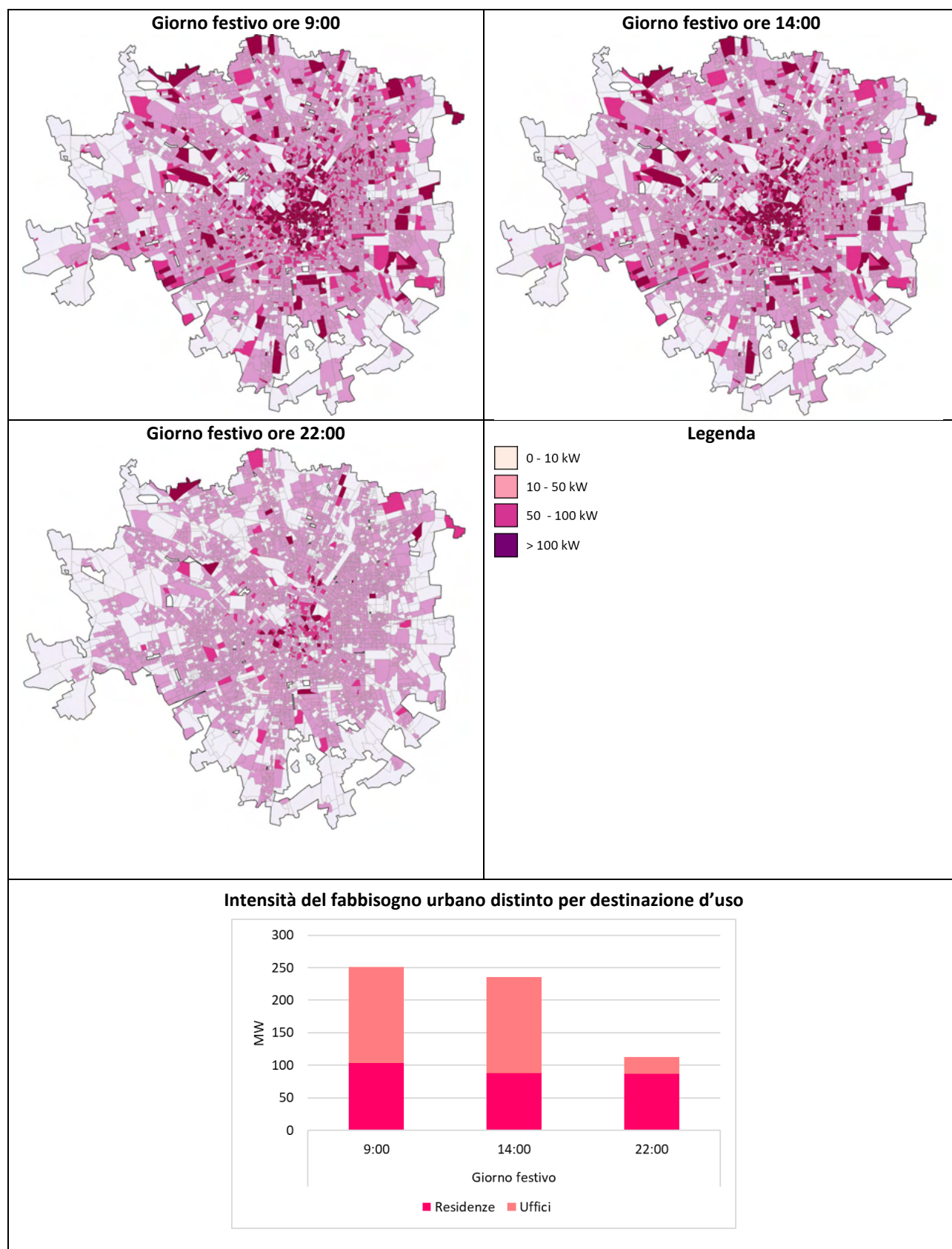


Figura 67. Intensità del consumo di energia finale di elettricità in un giorno festivo di gennaio.

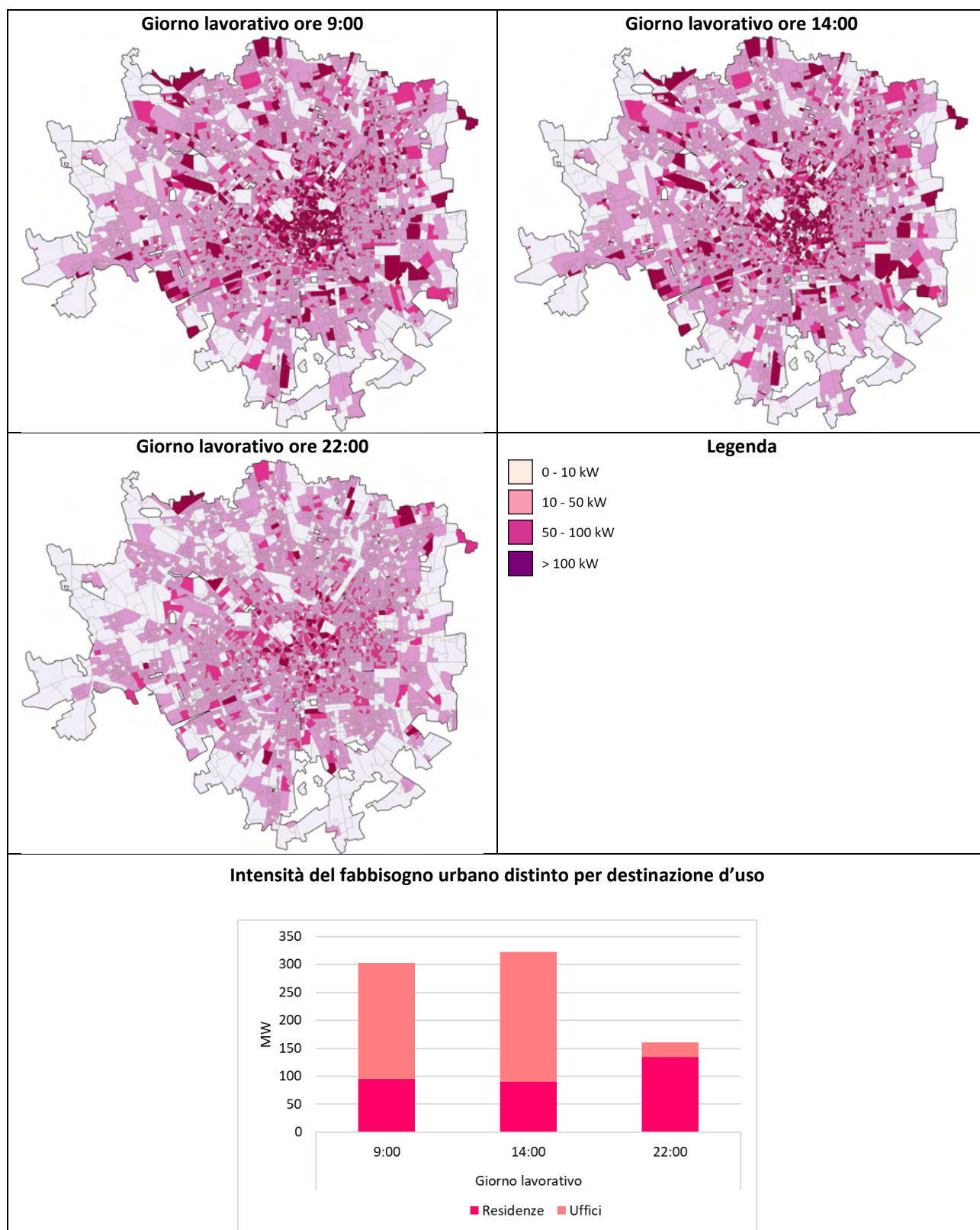


Figura 68. Intensità del consumo di energia finale di elettricità in un giorno lavorativo di luglio.

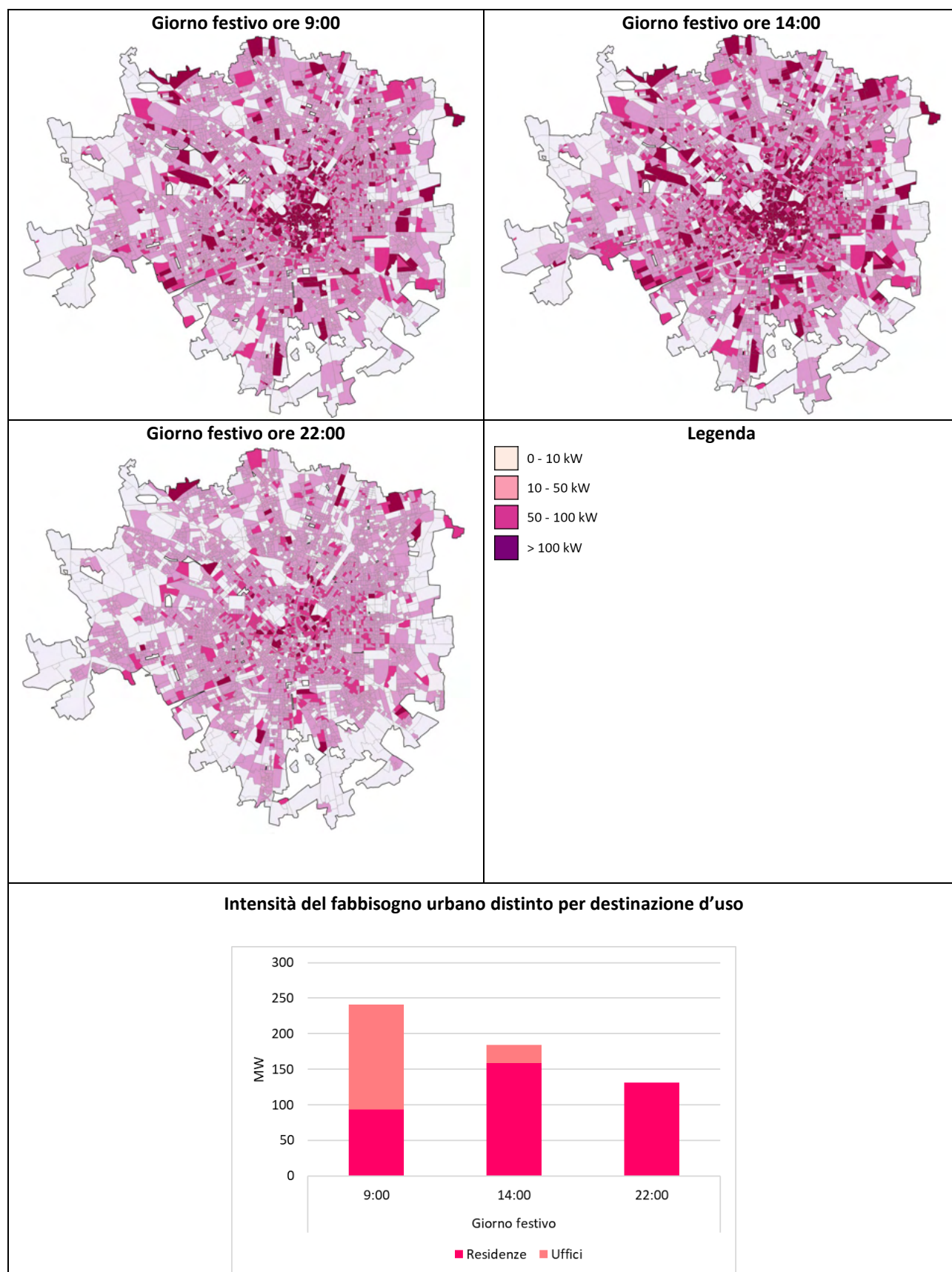


Figura 69. Intensità del consumo di energia finale di elettricità in un giorno festivo di luglio..

5.2 Alcune considerazioni energetiche sul caso studio di Milano

In Figura 70, è rappresentata la ripartizione di copertura del fabbisogno termico per riscaldamento, raffrescamento e ACS per fonte energetica nel caso di edifici ad uso residenziale. Si nota come per il servizio di riscaldamento il gas naturale sia la fonte prevalente (85%), accompagnata dal gasolio che serve il 13% del fabbisogno termico mentre le altre fonti (GPL, olio combustibile ed altro combustibile) coprono il fabbisogno per percentuali irrisorie (0.03%-1.2%). Inoltre, è interessante notare che ben il 37% del fabbisogno sia soddisfatto dalla presenza di impianti di condizionamento estivo. Infine, anche nel caso della produzione di ACS, la fonte prevalente è il gas naturale (81%) seguita dal vettore elettrico (17%) mentre le altre fonti coprono il fabbisogno per percentuali irrisorie (0.005-1.6%).

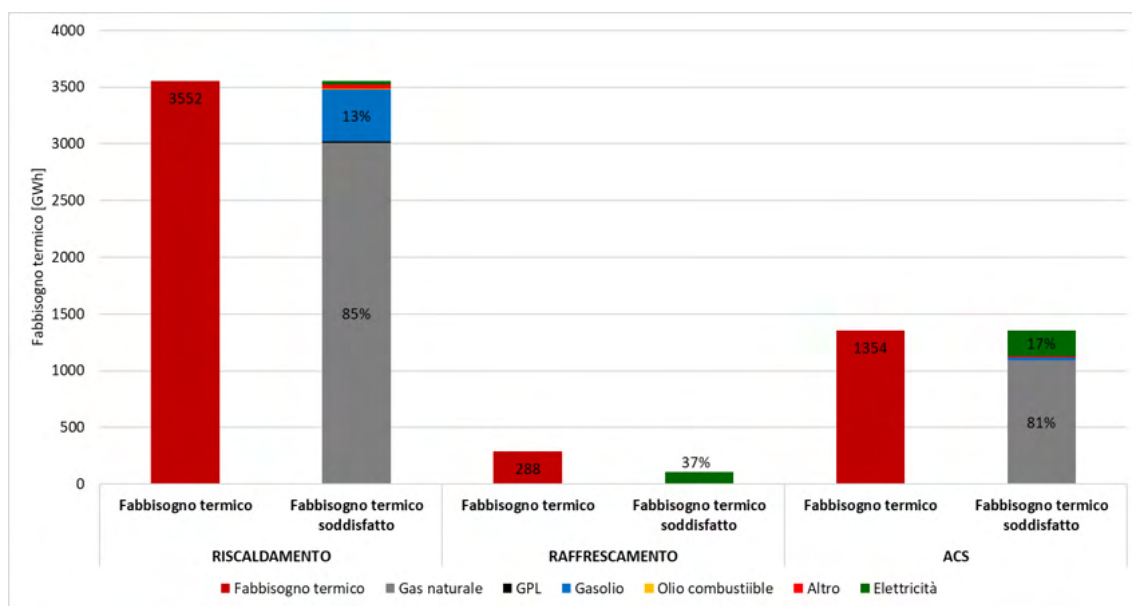


Figura 70. Fabbisogni termici del volume costruito ad uso residenziale ripartiti per fonte energetica.

In Figura 71, è riportata la ripartizione di copertura del fabbisogno termico per riscaldamento e raffrescamento per fonte energetica nel caso di volume costruito ad uso uffici. In tal caso, il servizio di riscaldamento è soddisfatto per il 72% da gas naturale (comprendente caldaie, macchine ad assorbimento e pompe di calore con motore endotermico), seguito da elettricità (19%) e gasolio (6%) mentre il teleriscaldamento ed il GPL coprono quote irrisorie (2% e 0.1%). Il servizio di raffrescamento è prevalentemente alimentato da chiller elettrici (82%) mentre macchine frigorifere ad assorbimento a gas naturale sono solo il 3%. Inoltre, va notato come la diffusione degli impianti per raffrescamento sia nettamente maggiore rispetto al settore residenziale, con una percentuale di soddisfacimento del fabbisogno pari all'85%.

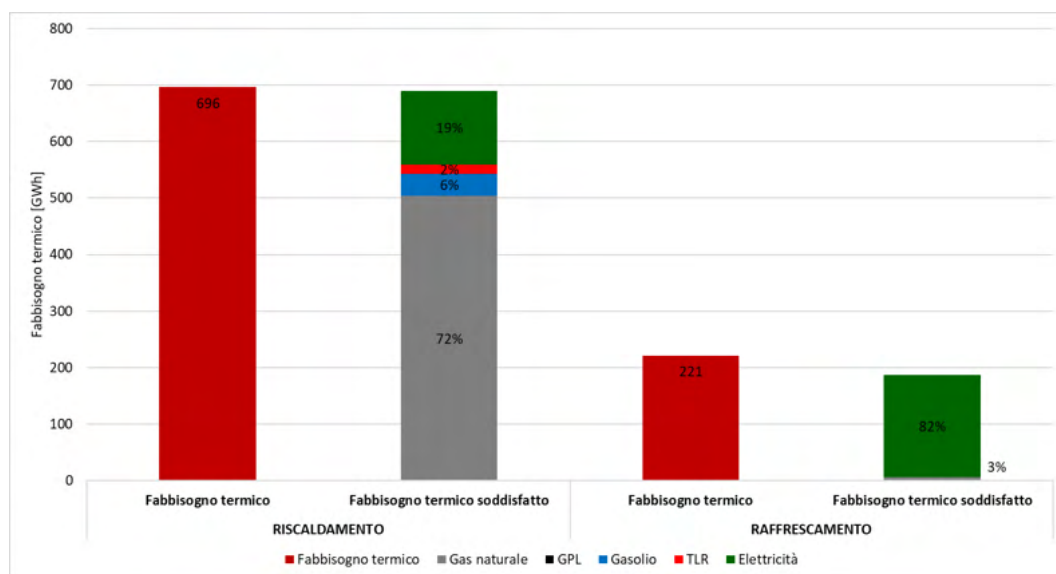


Figura 71. Fabbisogni termici del volume costruito ad uso uffici ripartiti per fonte energetica.

In Figura 72 sono riportati i consumi di energia del residenziale distinti per fonte energetica ed uso finale elaborati con la procedura. Si può notare come nel caso di gas naturale gli usi finali preponderanti siano il riscaldamento e la produzione di ACS, nel caso degli altri combustibili fossili l'uso finale per riscaldamento rappresenti da solo oltre l'80%, mentre nel caso di consumi elettrici il riscaldamento abbia un peso marginale a fronte dei consumi da apparecchiature ed illuminazione artificiale interna alle abitazioni che rappresentano oltre il 50%.

In Tabella 36, sono riportati i consumi di energia elaborati per unità di volume ripartiti per uso finale e fonte energetica.

In Figura 73, sono riportati i consumi di energia degli uffici distinti per fonte energetica ed uso finale elaborati con la procedura. Si nota come il vettore elettricità sia quello maggiormente usato, specialmente per raffrescamento (48%) ed apparecchiature elettriche ed illuminazione (35%); il gas naturale sia prevalentemente usato per il servizio di riscaldamento (87%) e che gli altri combustibili siano destinati al servizio di riscaldamento.

In Tabella 37 sono riportati i consumi di energia elaborati per unità di volume ripartiti per uso finale e fonte energetica.

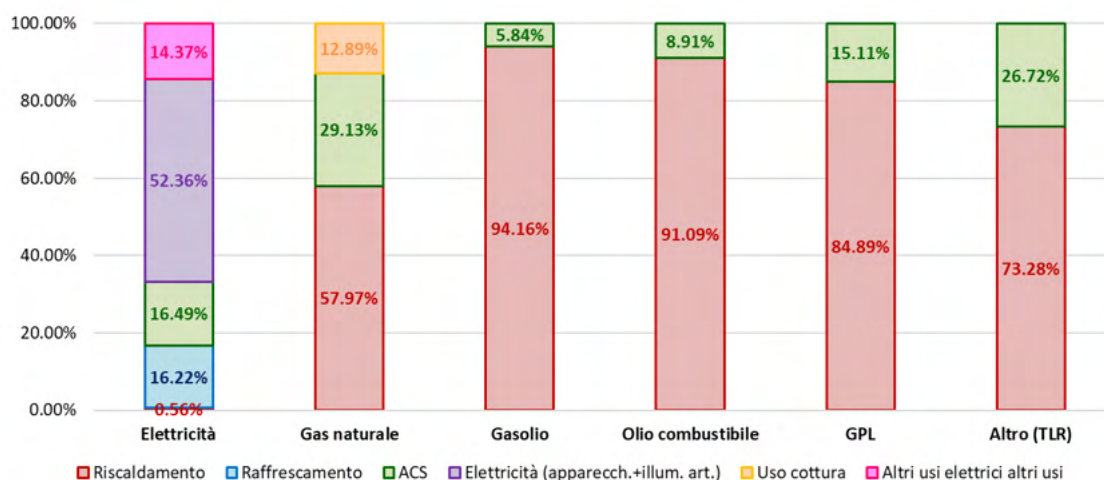


Figura 72. Consumi di energia finale del residenziale.

Tabella 36. Consumi annui di energia finale per unità di volume del residenziale.

	CONSUMI DI ENERGIA FINALE PER UNITÀ DI VOLUME COSTRUITO [kWh/m ³]						
	ELETTRICITÀ	GAS NATURALE	GASOLIO	OLIO COMBUSTIBILE	GPL	COMB. SOLIDI	ALTRO
Riscaldamento	0.05	16.83	2.94	0.03	0.07	0.01	0.23
Raffrescamento	1.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ACS	1.38	8.46	0.18	0.00	0.01	0.00	0.08
Elettricità (apparecch. +illum. art.)	4.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Uso Cottura	0.00	3.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Altri Usi Elettrici	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale	8.38	29.03	3.13	0.03	0.08	0.01	0.32

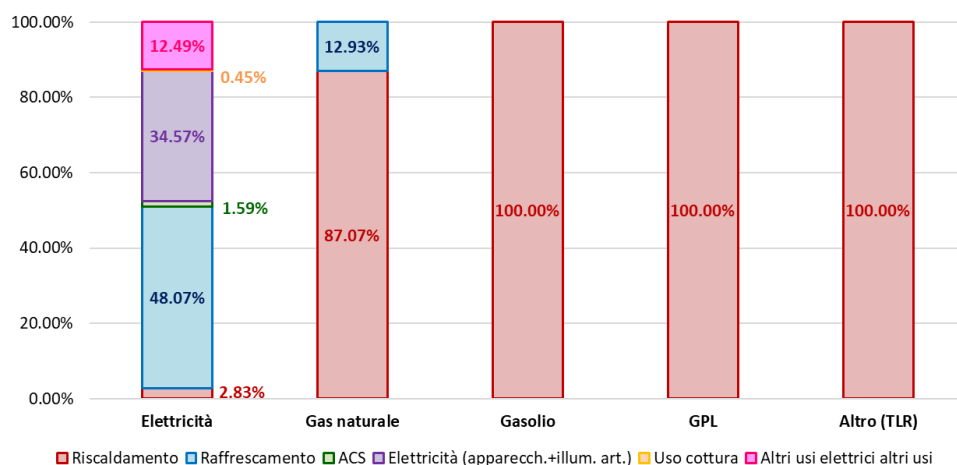


Figura 73. Consumi di energia finale degli uffici.

Tabella 37. Consumi annui di energia finale per unità di volume degli uffici.

	CONSUMI DI ENERGIA FINALE PER UNITÀ DI VOLUME COSTRUITO [kWh/m ³]				
	ELETTRICITÀ	GAS NATURALE	GASOLIO	GPL	TLR
Riscaldamento	0.98	11.84	1.04	0.01	0.55
Raffrescamento	16.61	1.76	0.00	0.00	0.00
ACS	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00
Elettricità (apparecch. +illum. art.)	11.95	0.00	0.00	0.00	0.00
Uso Cottura	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00
Altri Usi Elettrici	4.32	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale	34.55	13.60	1.04	0.01	0.55

5.3 Mappe generate per il caso studio di Pisa aggiuntive a quelle esemplificative

Le mappe seguenti (da Figura 48 Figura 74 a Figura 81) sono relative agli impianti basati sulle fonti energetiche diverse da quelle riportate nel paragrafo 1.3.3.

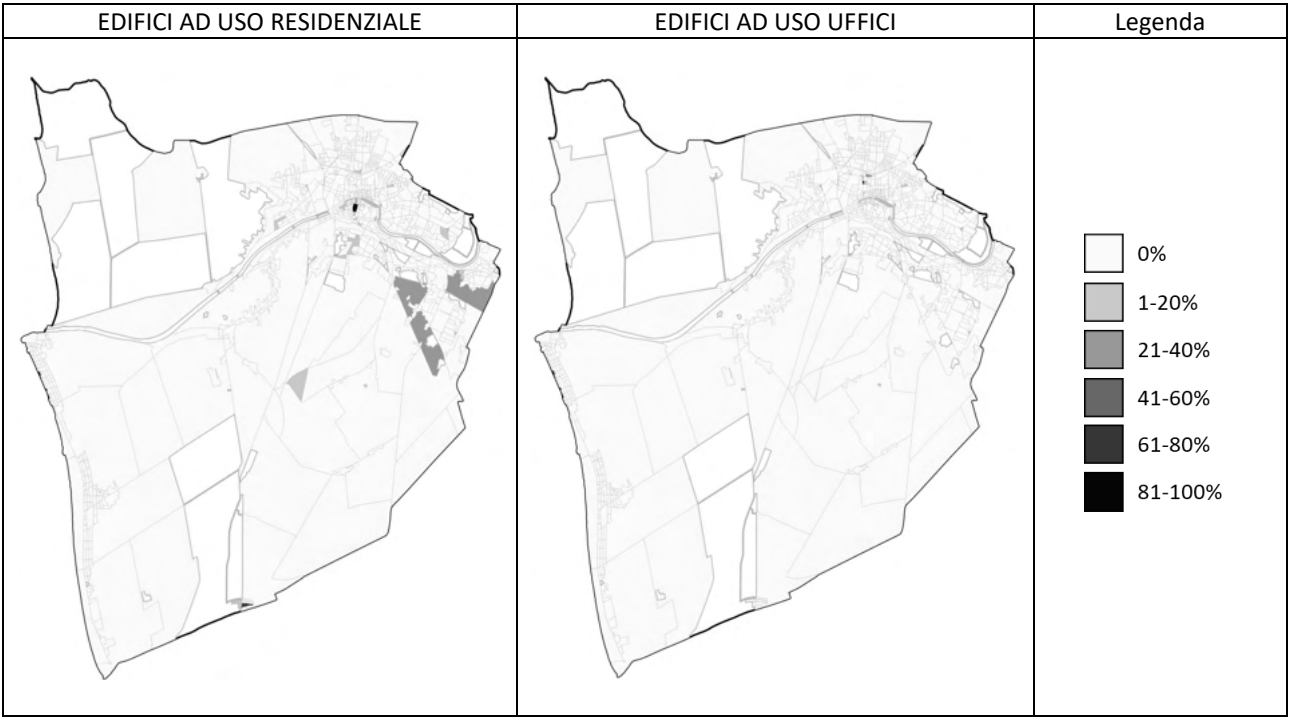


Figura 74. Mappe della distribuzione dei generatori alimentati da gasolio per il servizio di riscaldamento.

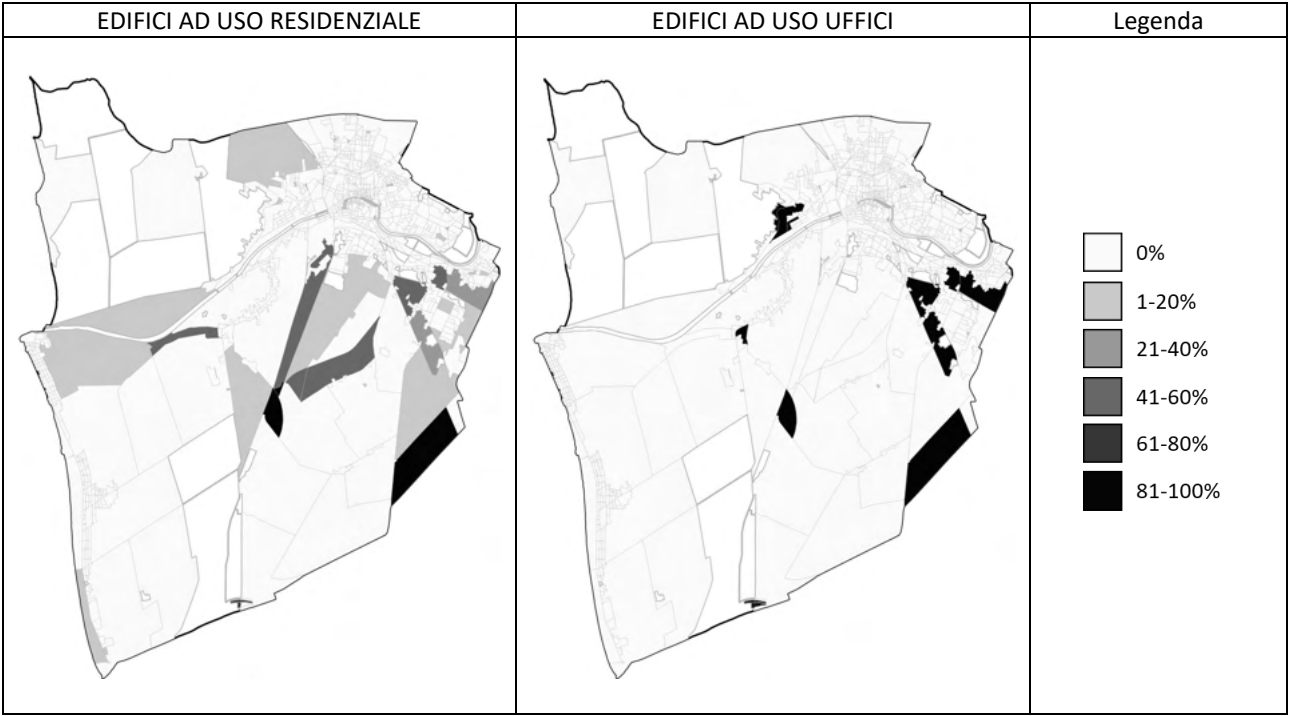


Figura 75. Mappe della distribuzione dei generatori alimentati da GPL per il servizio di riscaldamento.

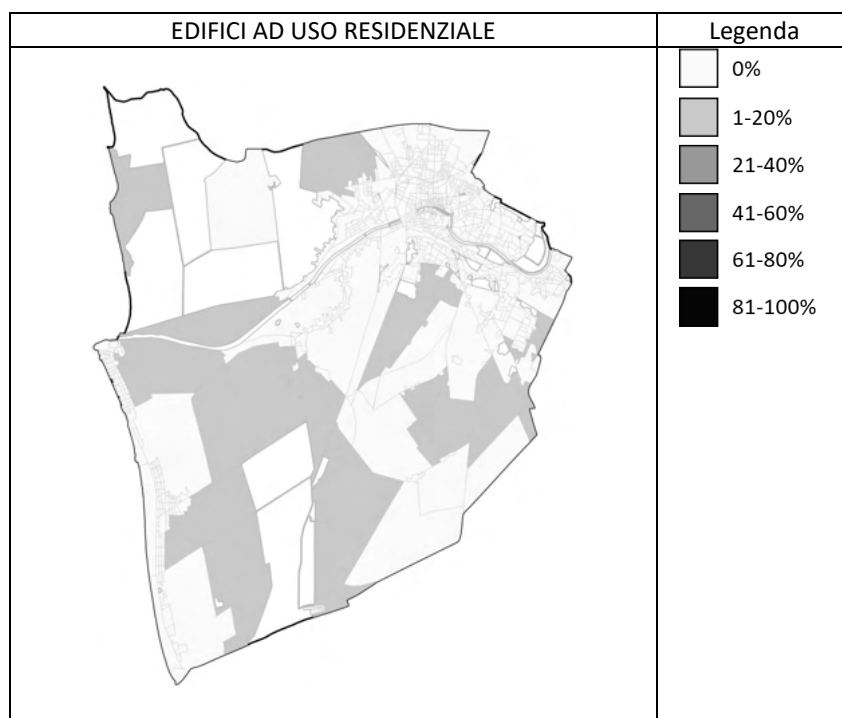


Figura 76. Mappa della distribuzione dei generatori alimentati da combustibili solidi per il servizio di riscaldamento.

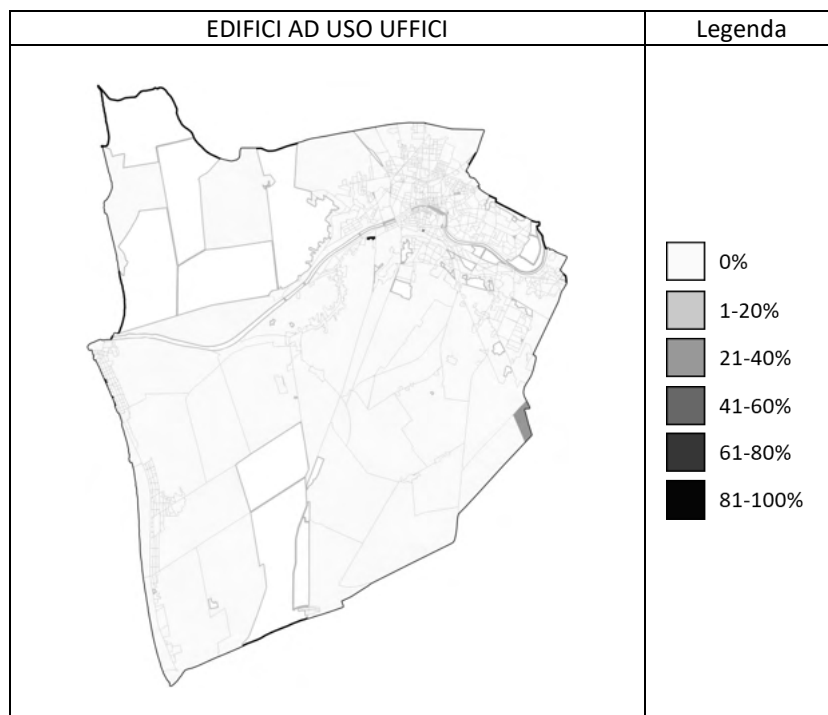


Figura 77. Mappa della distribuzione delle macchine ad assorbimento alimentate da gas naturale per il servizio di riscaldamento.

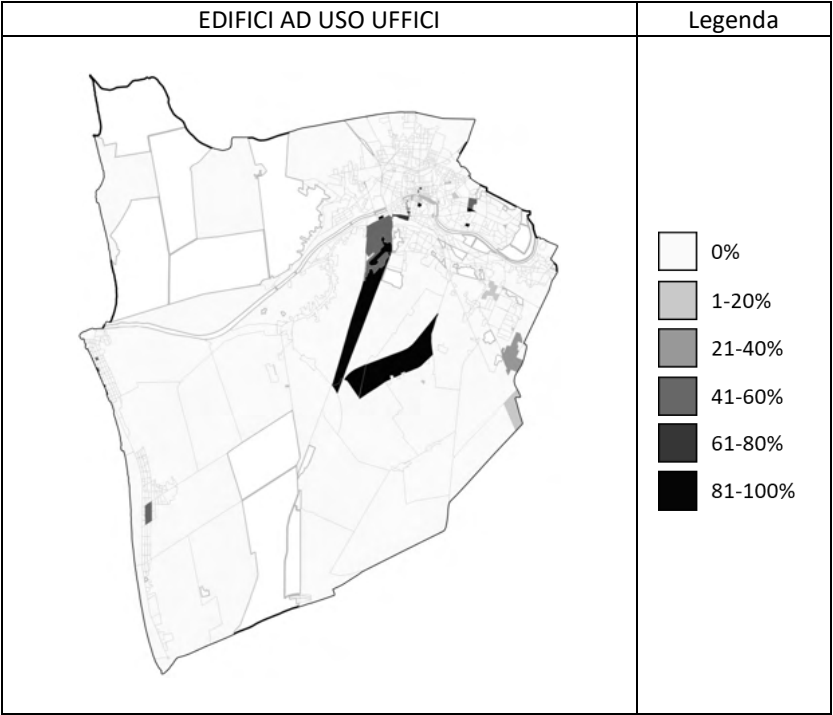


Figura 78. Mappa della distribuzione delle pompe di calore con motore endotermico alimentate da gas naturale per il servizio di riscaldamento.

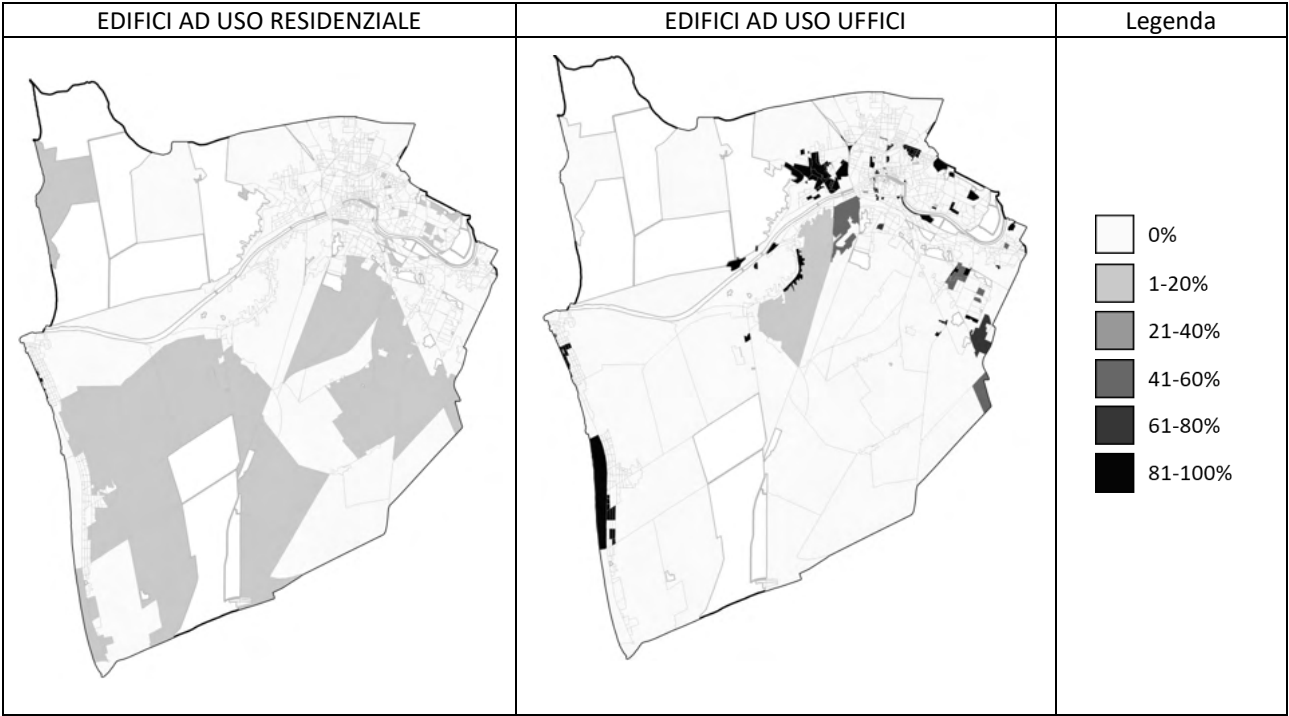


Figura 79. Mappe della distribuzione delle pompe di calore alimentate da energia elettrica per il servizio di riscaldamento.

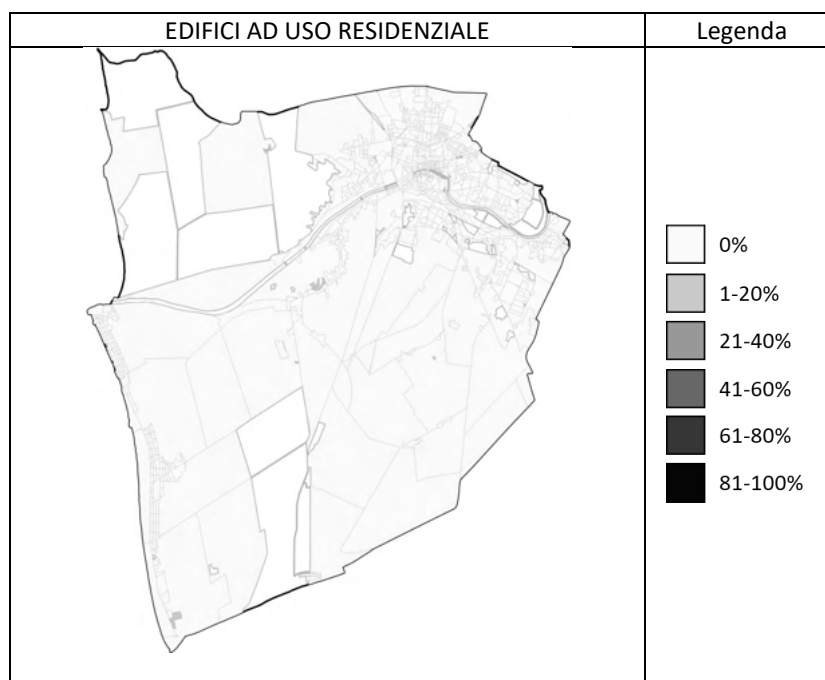


Figura 80. Mappa della distribuzione di impianti alimentati da altro combustibile per il servizio di riscaldamento.

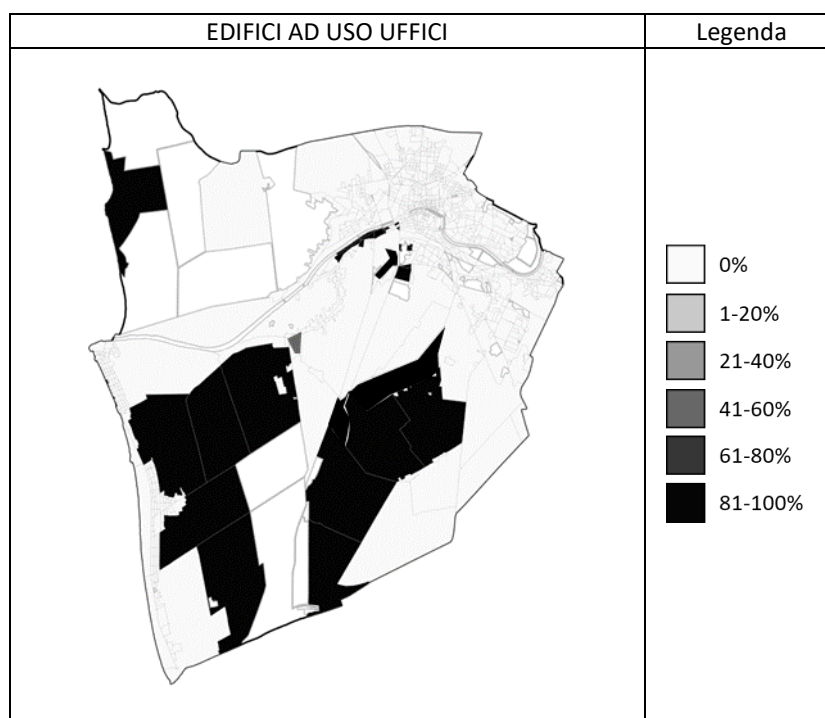


Figura 81. Mappa della distribuzione delle macchine frigorifere ad assorbimento alimentate da gas naturale per il servizio di raffrescamento.

In aggiunta alle mappe nel paragrafo 1.3.3., di seguito (da Figura 82 a Figura 94) sono riportate le mappe ed i grafici dell'intensità energetica urbana in 3 diversi orari (9:00, 14:00 e 22:00) di un giorno lavorativo e di uno festivo in periodo invernale (mese di gennaio) ed estivo (mese di luglio), relative a: gas naturale per riscaldamento; gasolio per riscaldamento; GPL per riscaldamento; combustibili solidi per riscaldamento; elettricità per riscaldamento, apparecchiature e illuminazione artificiale; elettricità per raffrescamento, apparecchiature e illuminazione artificiale.

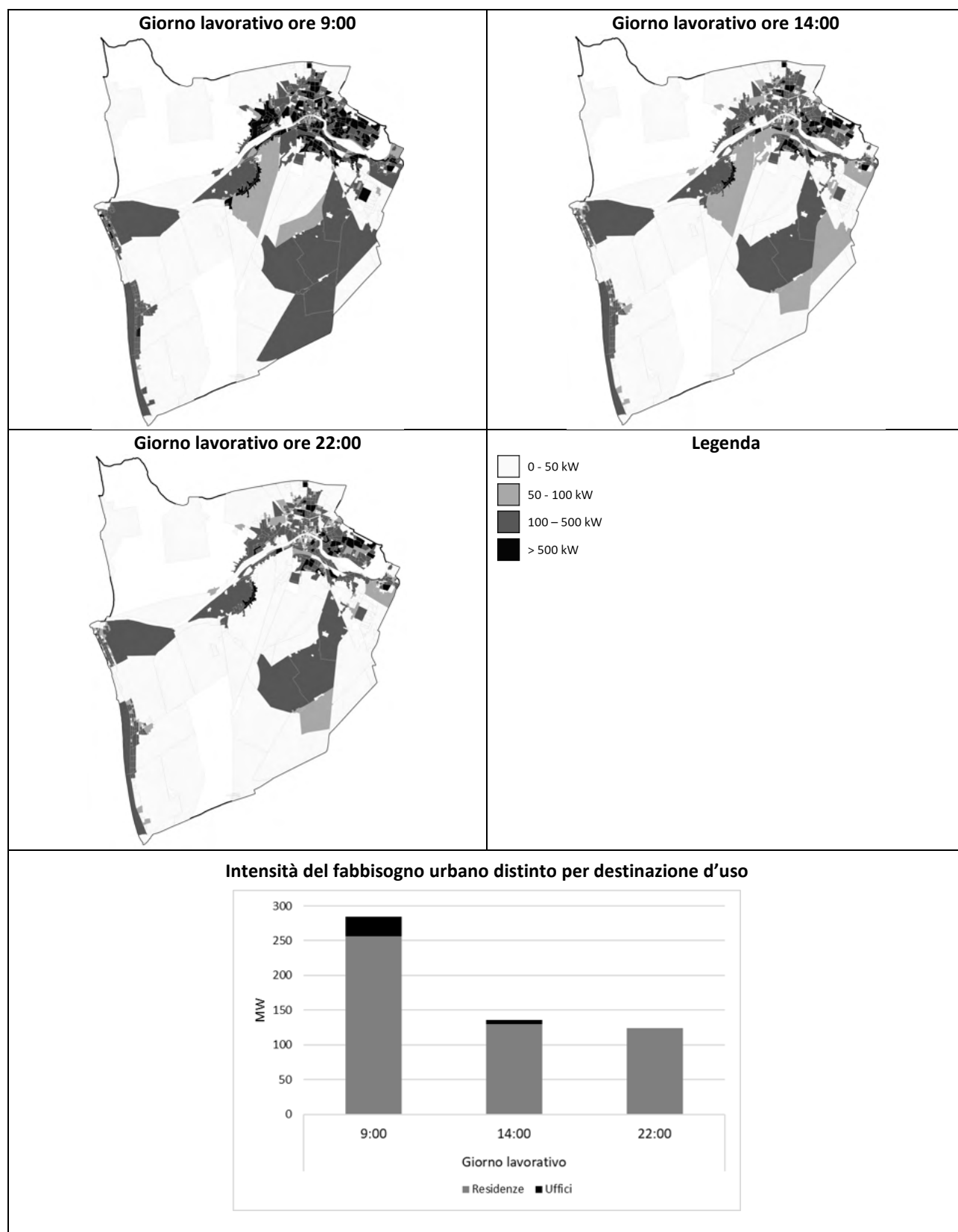


Figura 82. Intensità del consumo di energia finale di gas naturale in un giorno lavorativo di gennaio.

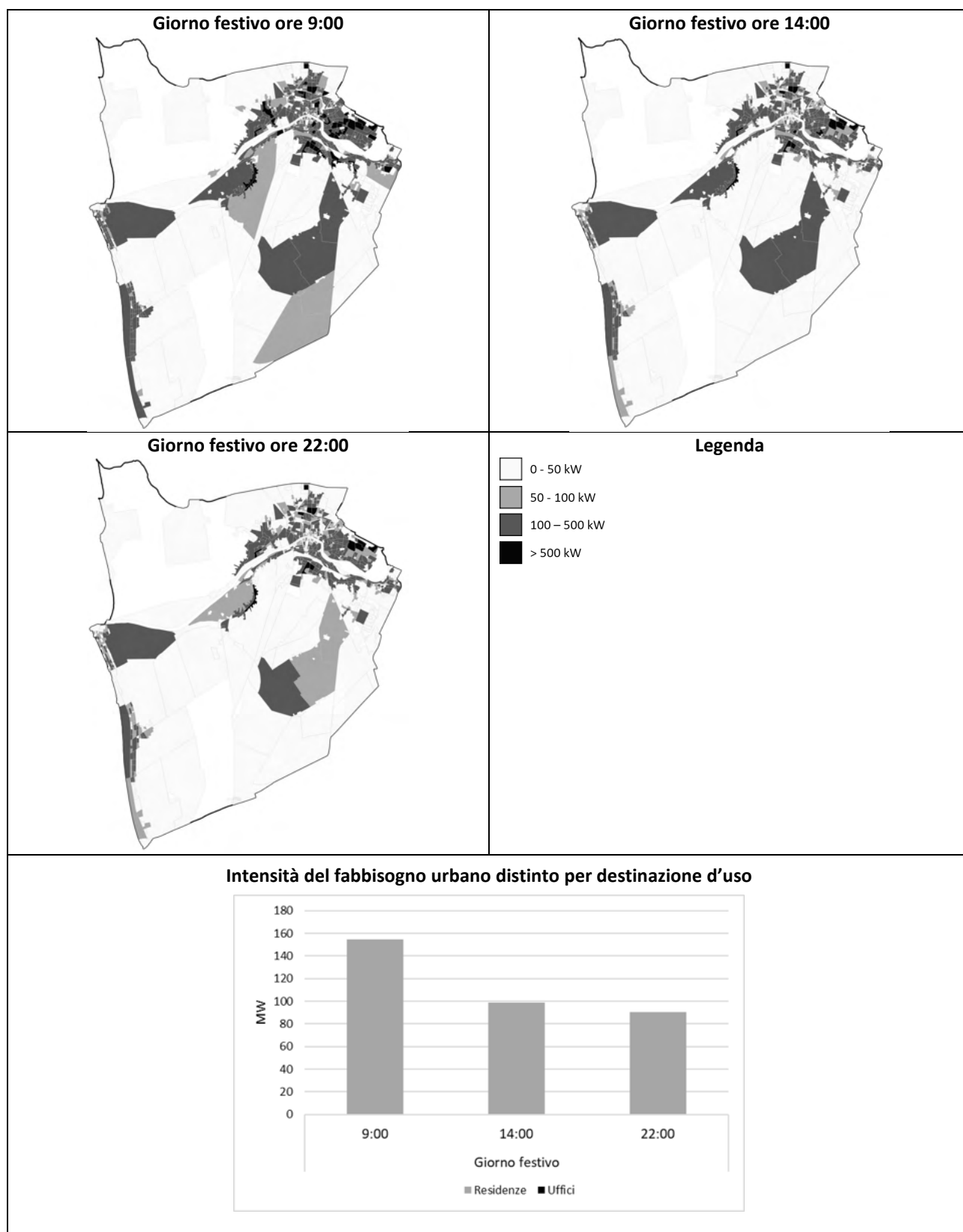


Figura 83. Intensità del consumo di energia finale di gas naturale in un giorno festivo di gennaio.

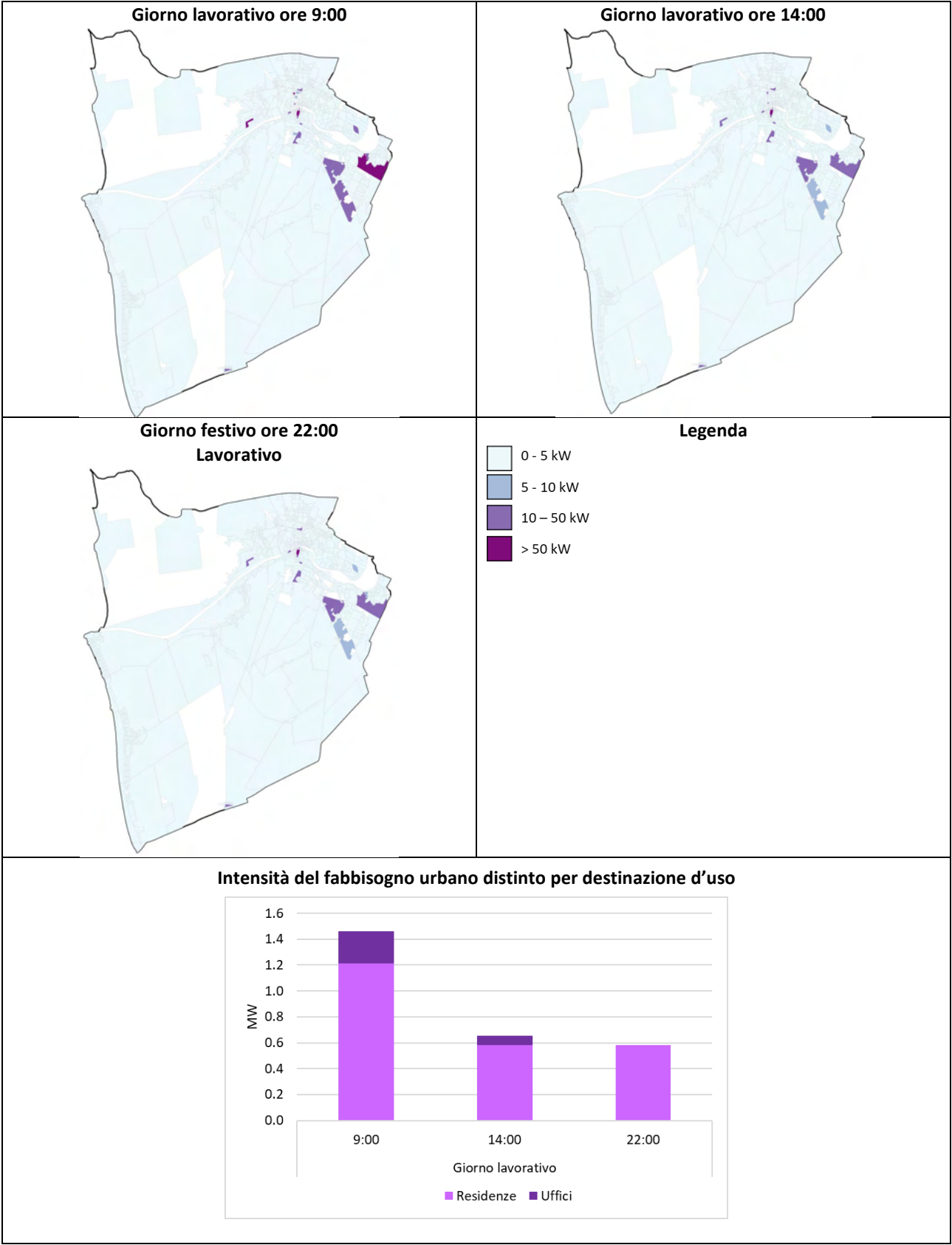


Figura 84. Intensità del consumo di energia finale di gasolio in un giorno lavorativo di gennaio.

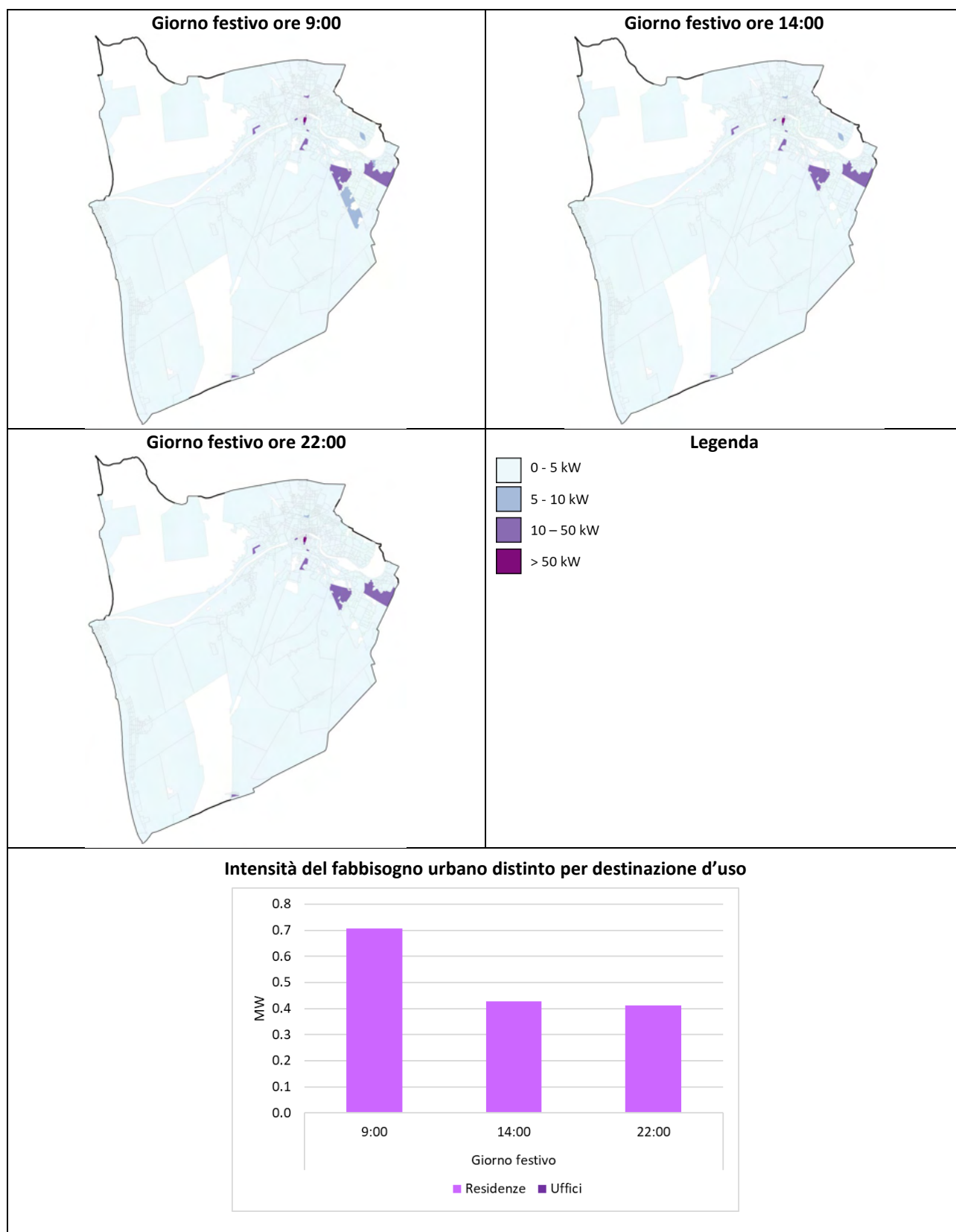


Figura 85. Intensità del consumo di energia finale di gasolio in un giorno festivo di gennaio.

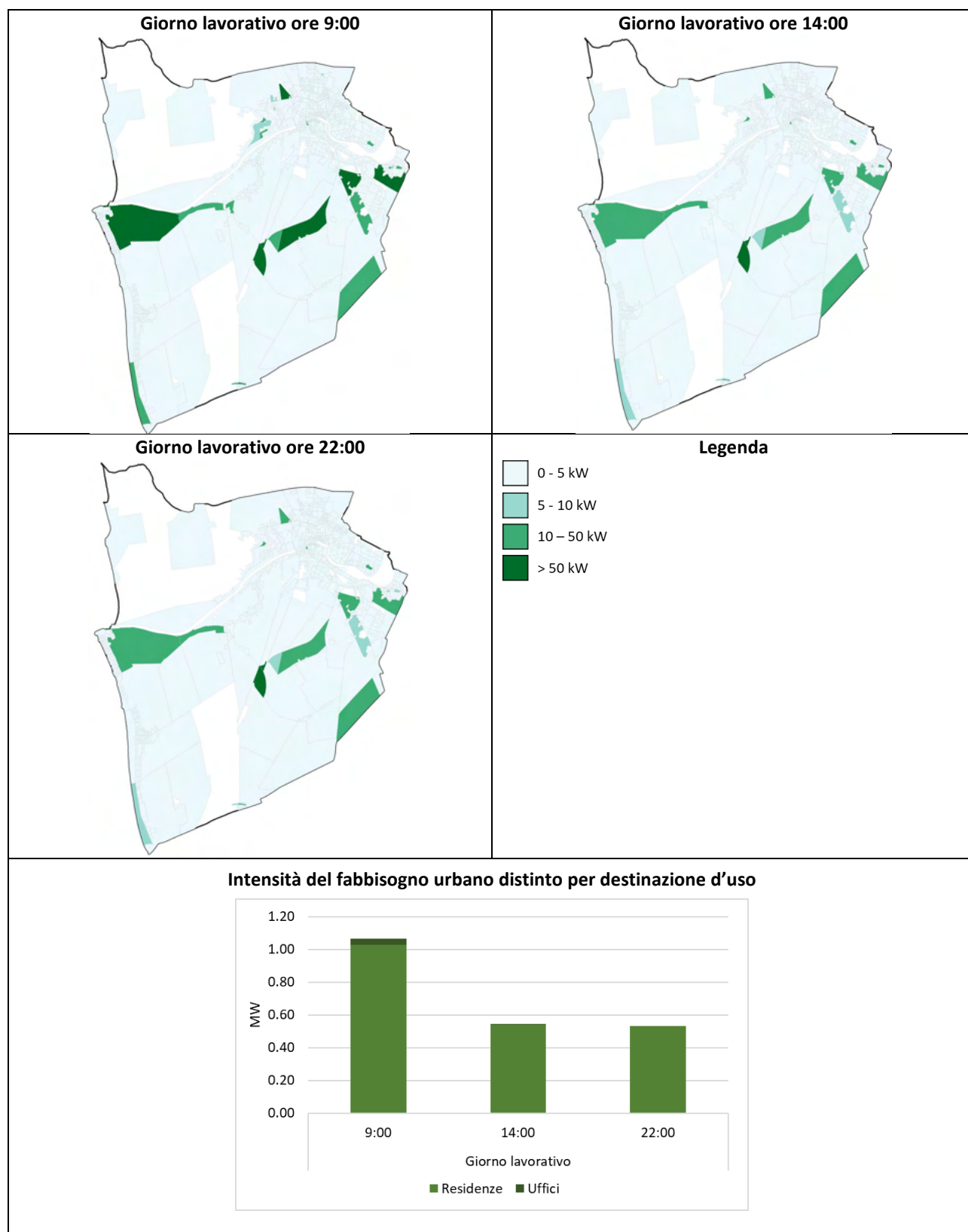


Figura 86. Intensità del consumo di energia finale di GPL in un giorno lavorativo di gennaio.

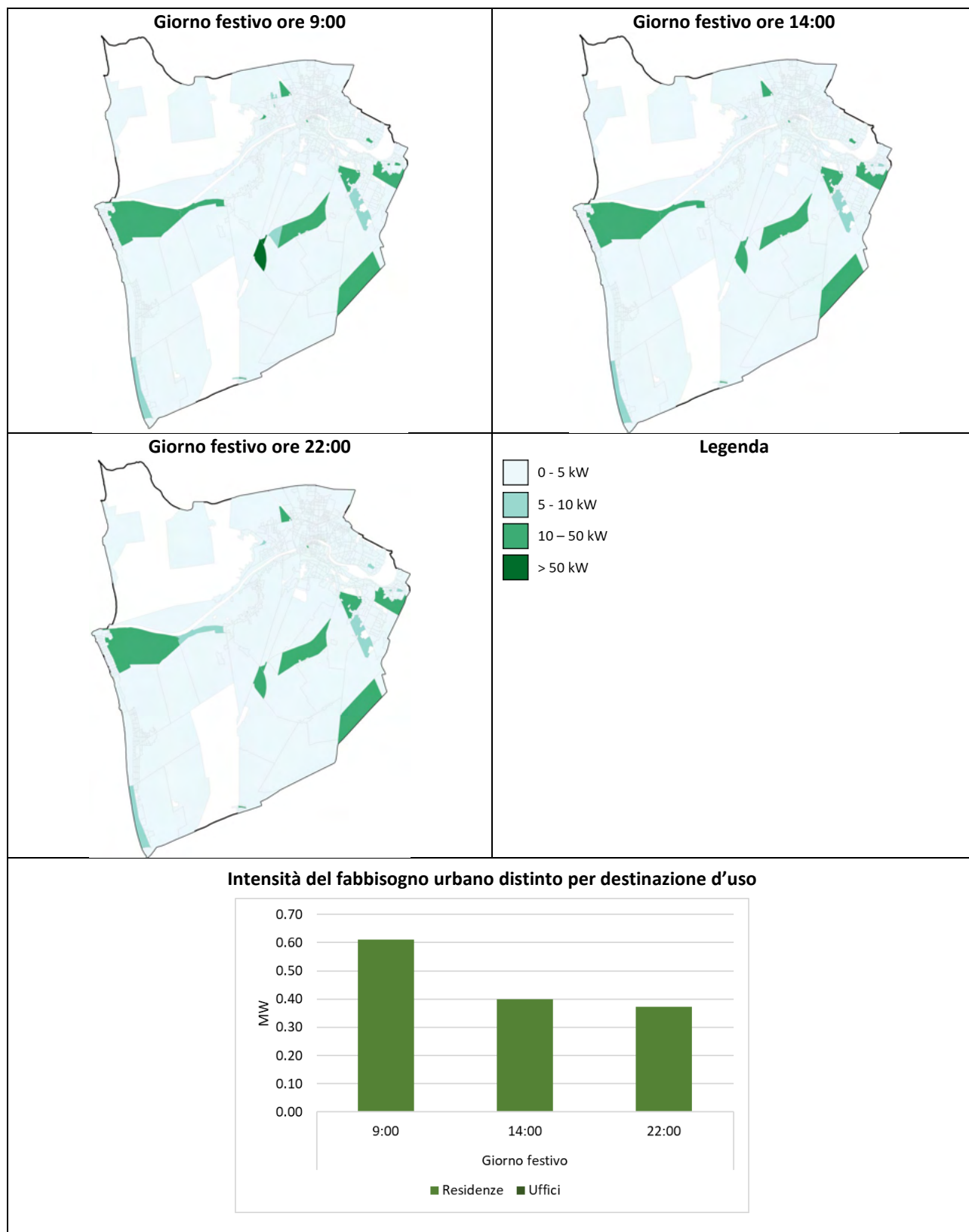


Figura 87. Intensità del consumo di energia finale di GPL in un giorno festivo di gennaio.

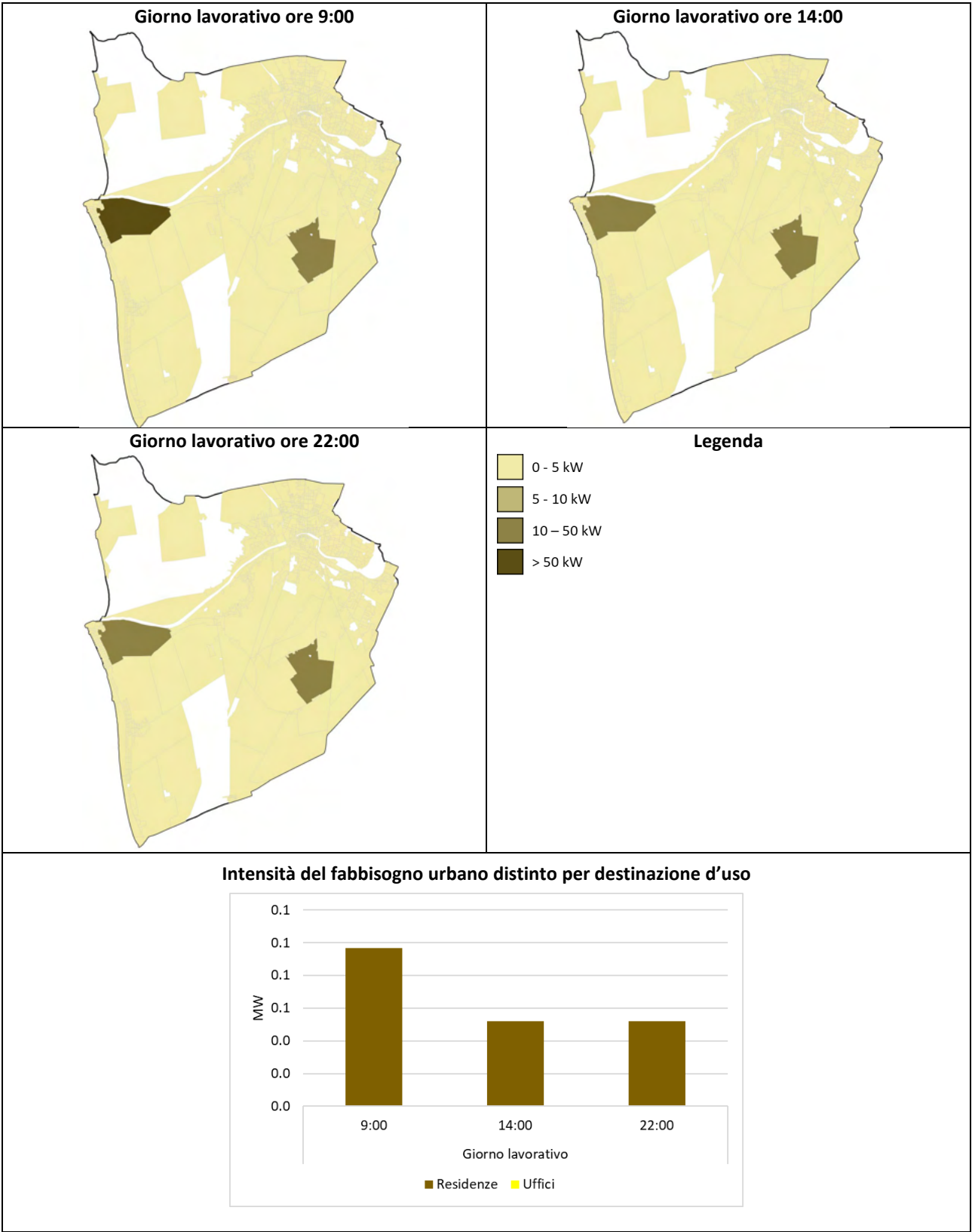


Figura 88. Intensità del consumo di energia finale di combustibili solidi in un giorno lavorativo di gennaio..

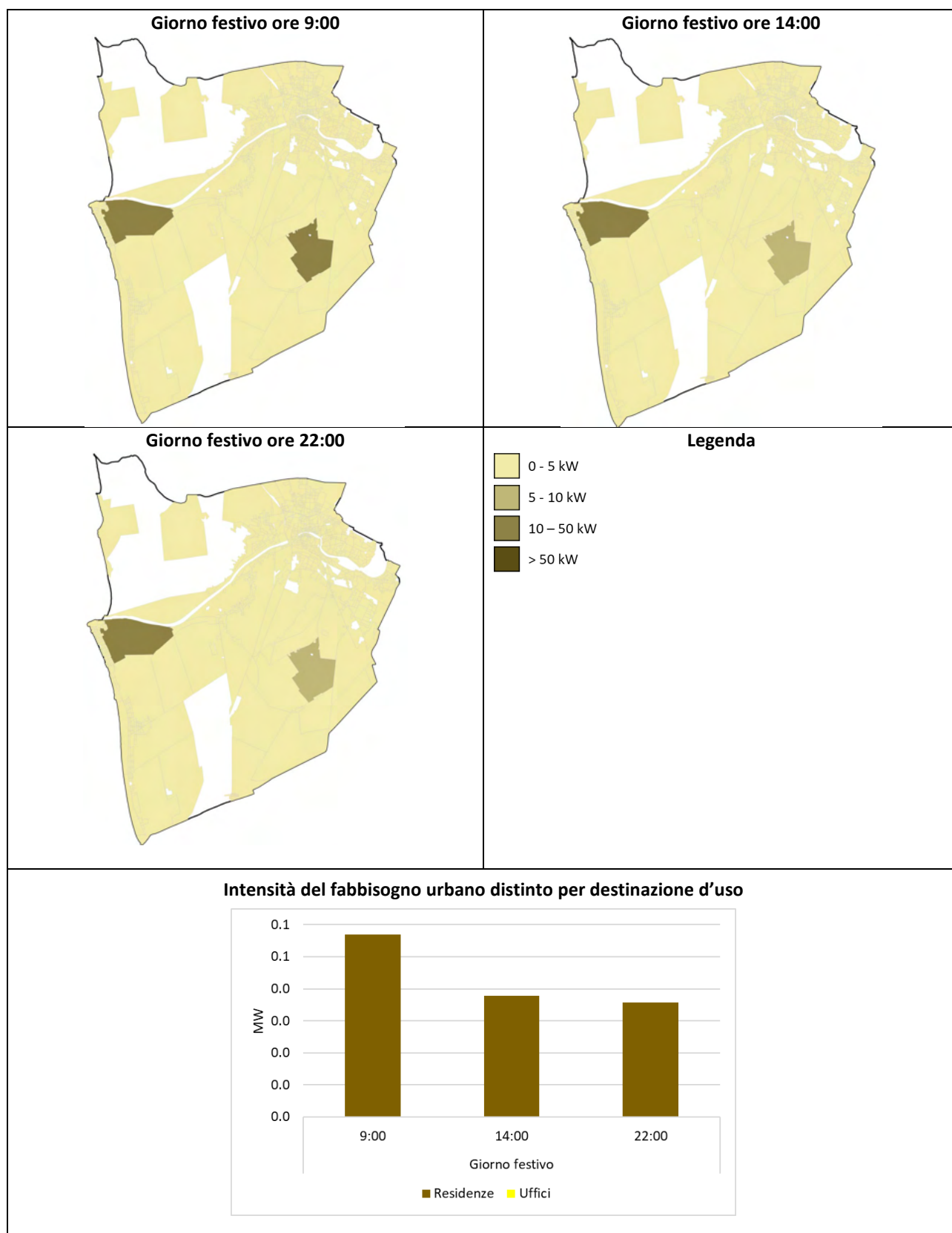


Figura 89. Intensità del consumo di energia finale di combustibili solidi in un giorno festivo di gennaio.

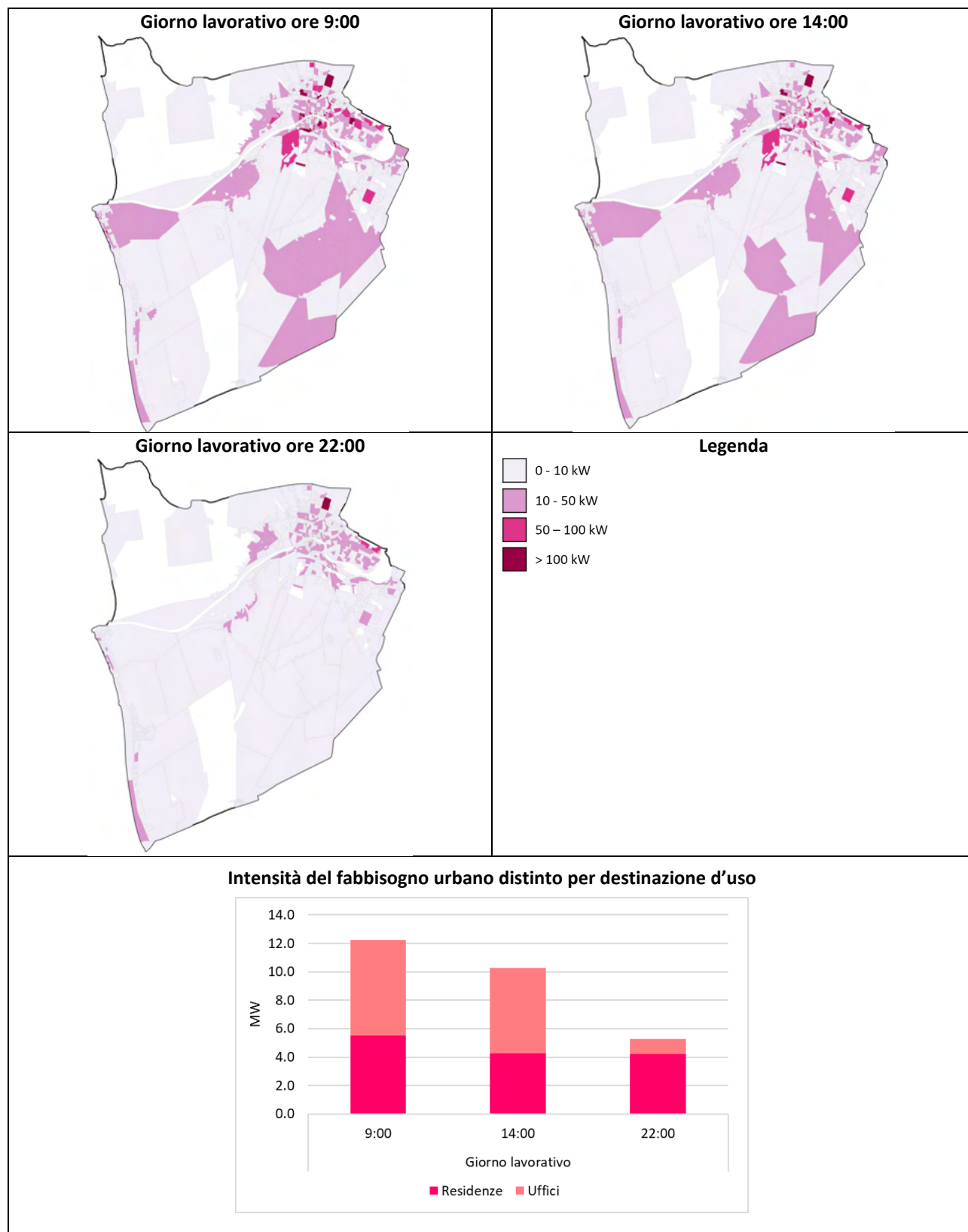


Figura 90. Intensità del consumo di energia finale di elettricità in un giorno lavorativo di gennaio.

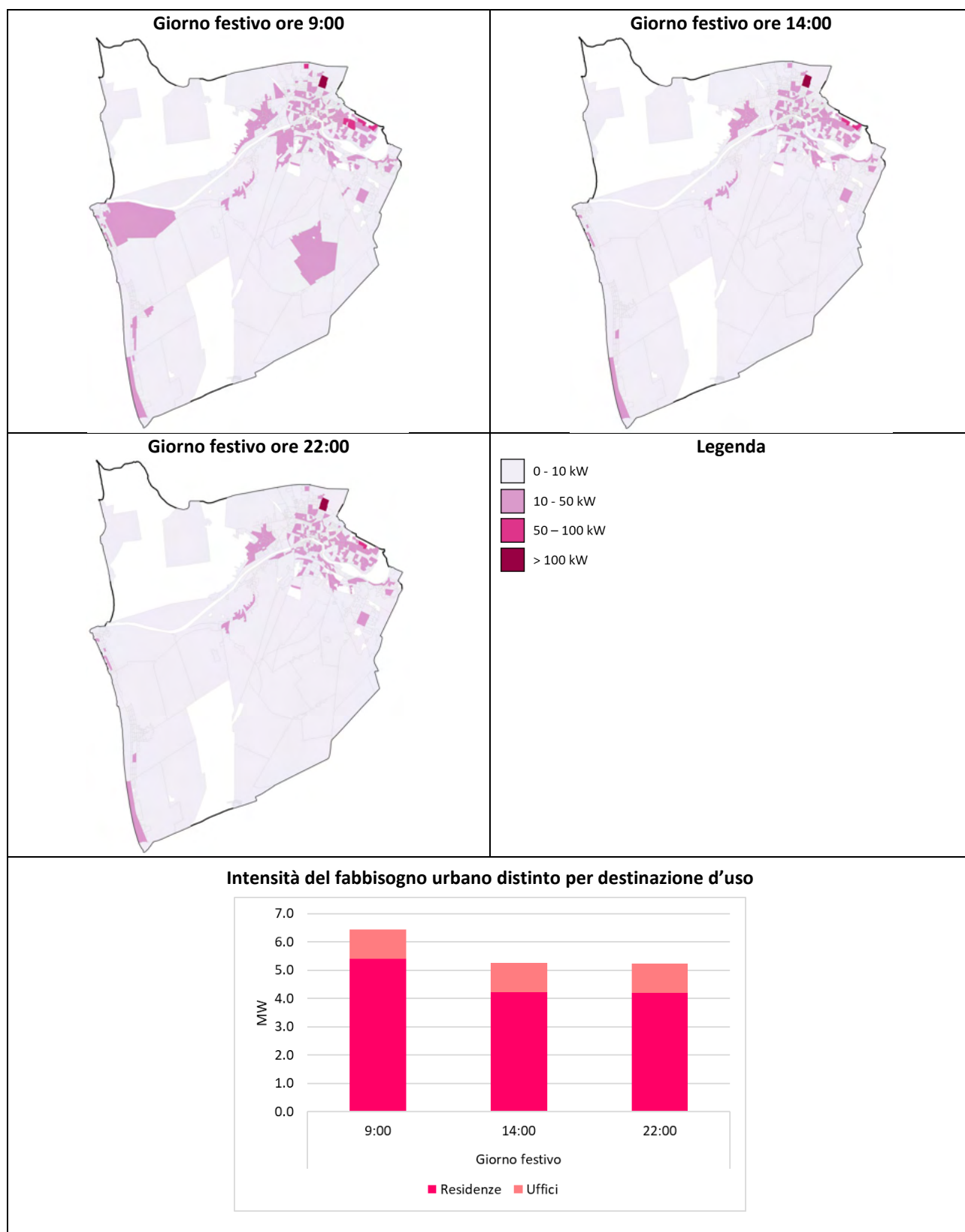


Figura 91. Intensità del consumo di energia finale di elettricità in un giorno festivo di gennaio.

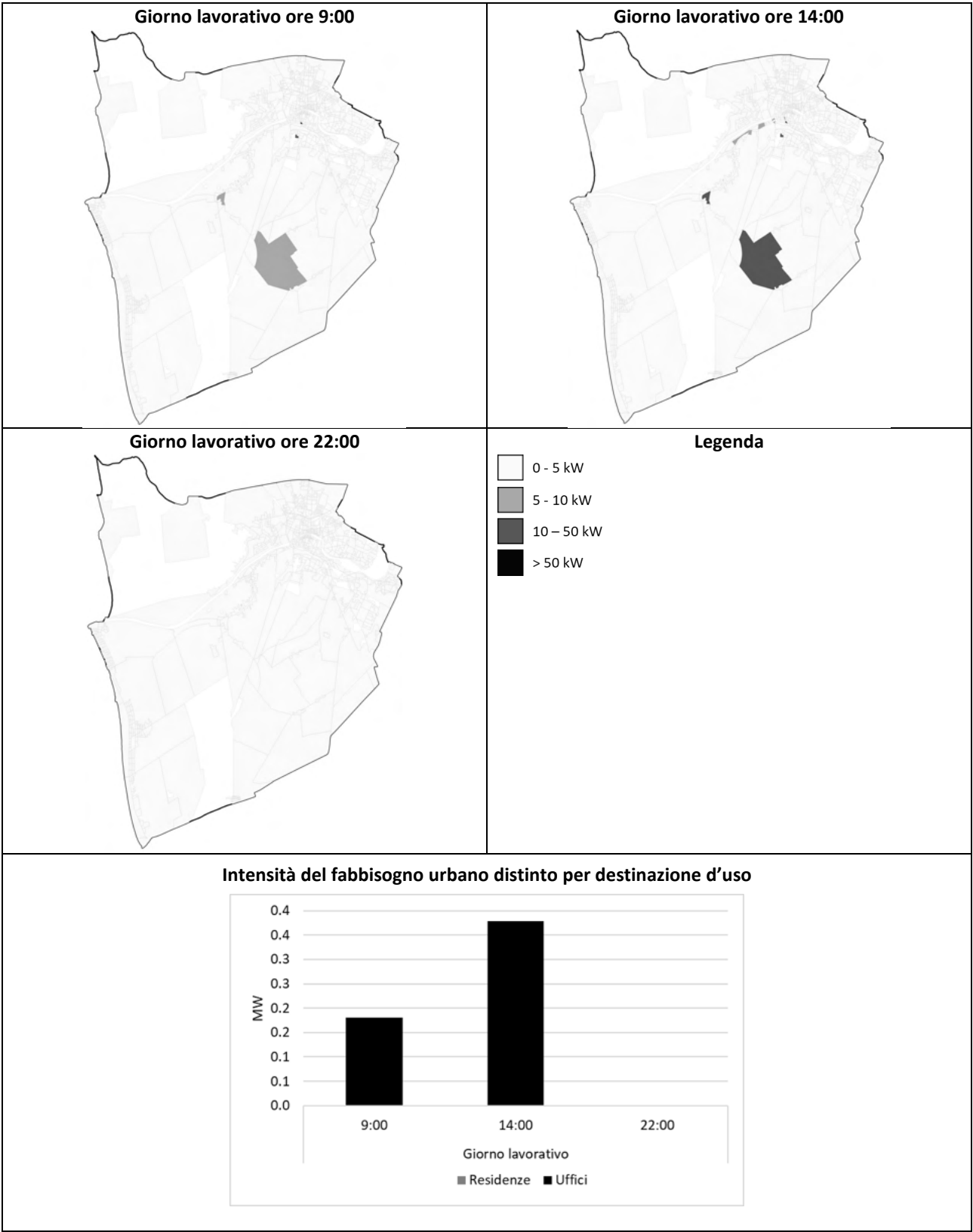


Figura 92. Intensità del consumo di energia finale di macchine ad assorbimento alimentate da gas naturale in un giorno lavorativo di luglio.

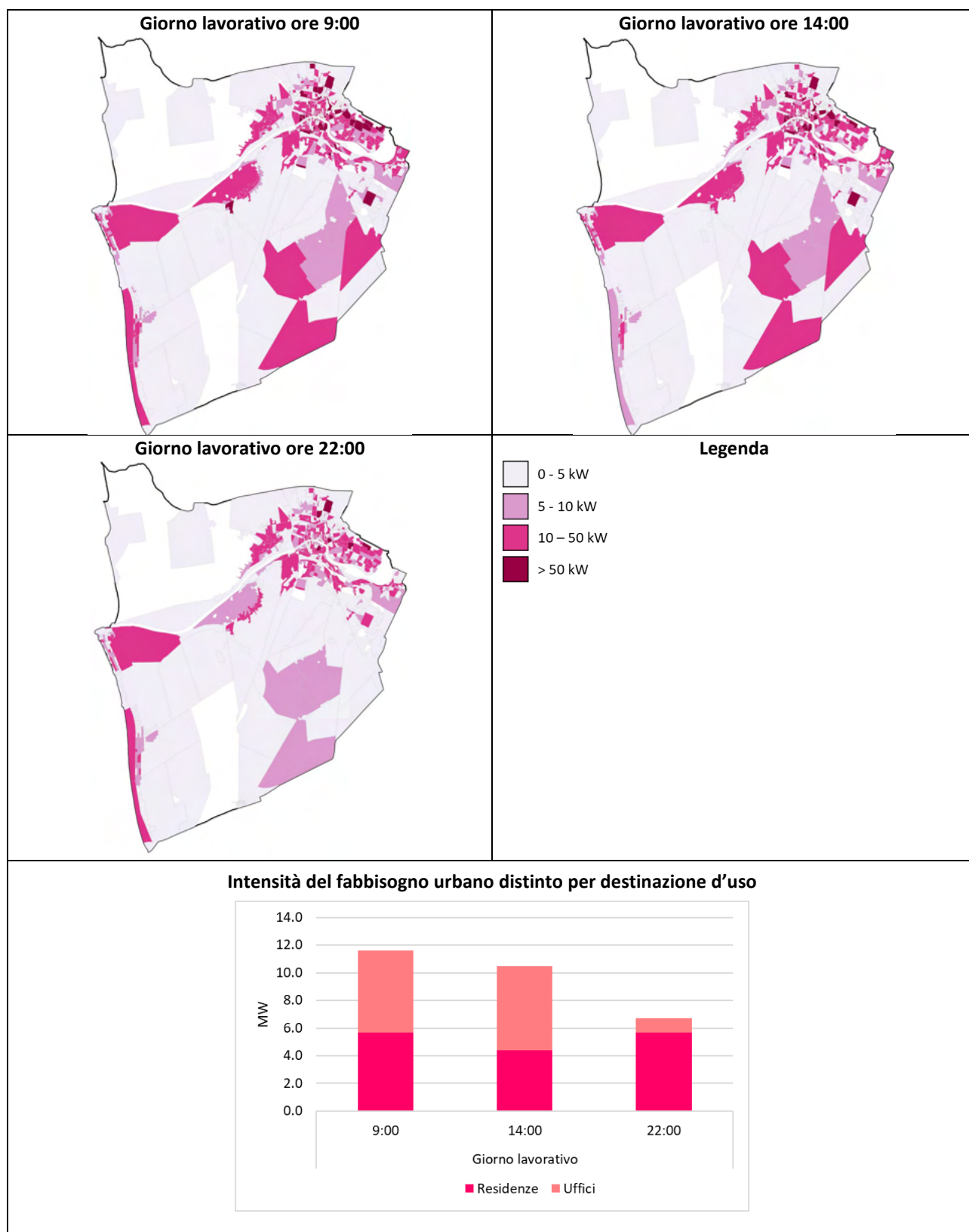


Figura 93. Intensità del consumo di energia finale di elettricità in un giorno lavorativo di luglio.

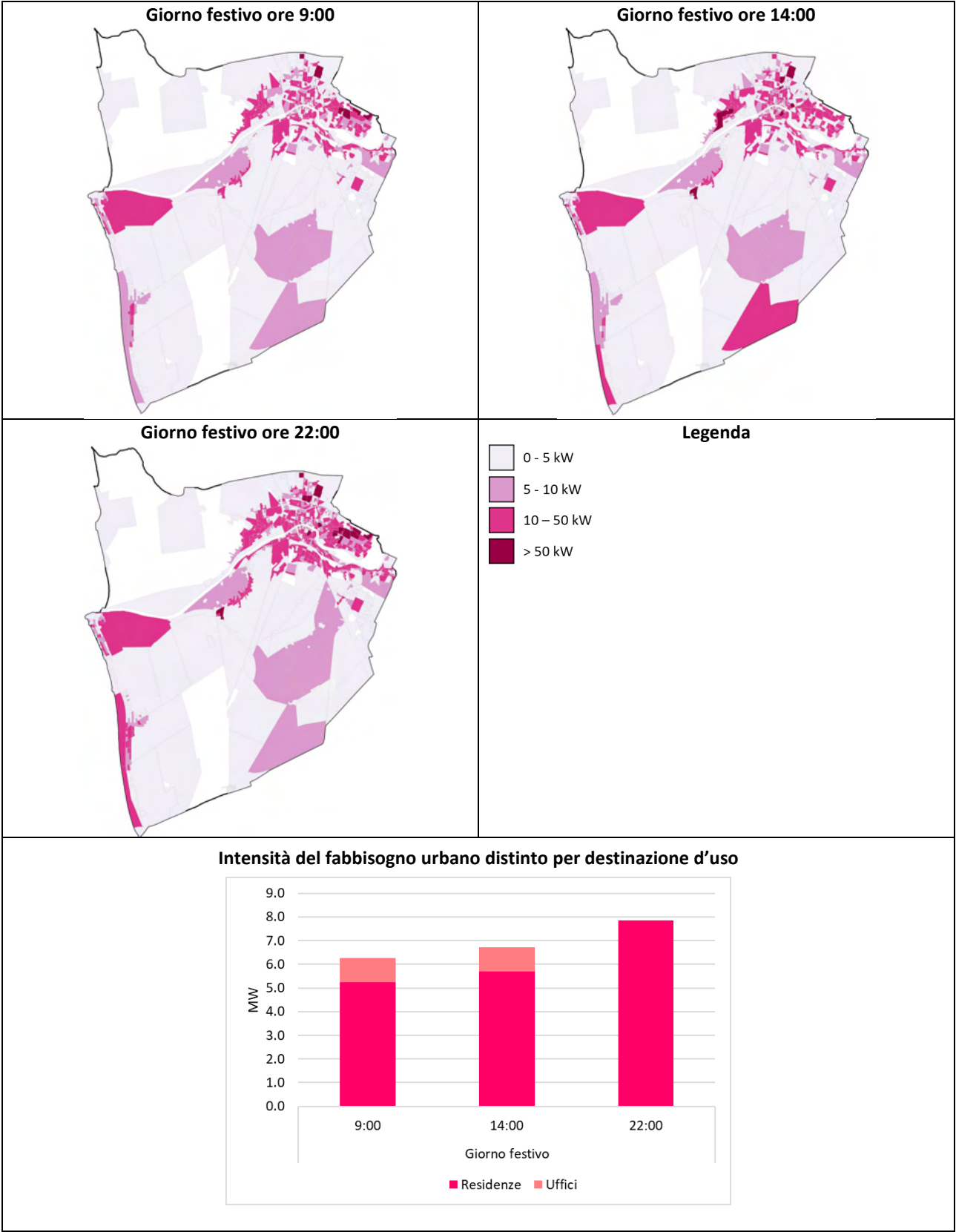


Figura 94. Intensità del consumo di energia finale di elettricità in un giorno festivo di luglio.

5.4 Alcune considerazioni energetiche sul caso studio di Pisa

In Figura 95, è rappresentata la ripartizione al livello urbano del fabbisogno termico per riscaldamento, raffrescamento e ACS per fonte energetica nel caso di edifici ad uso residenziale. Si nota come per il servizio di riscaldamento il gas naturale sia la fonte quasi esclusivamente usata per il servizio di riscaldamento (99%). La percentuale di copertura degli impianti singoli di raffrescamento risulta essere del 26%. Infine, anche nel caso della produzione di ACS, la fonte prevalente è il gas naturale (81%) accompagnata dal vettore elettrico (18%) mentre le altre fonti coprono il fabbisogno per percentuali irrisorie.

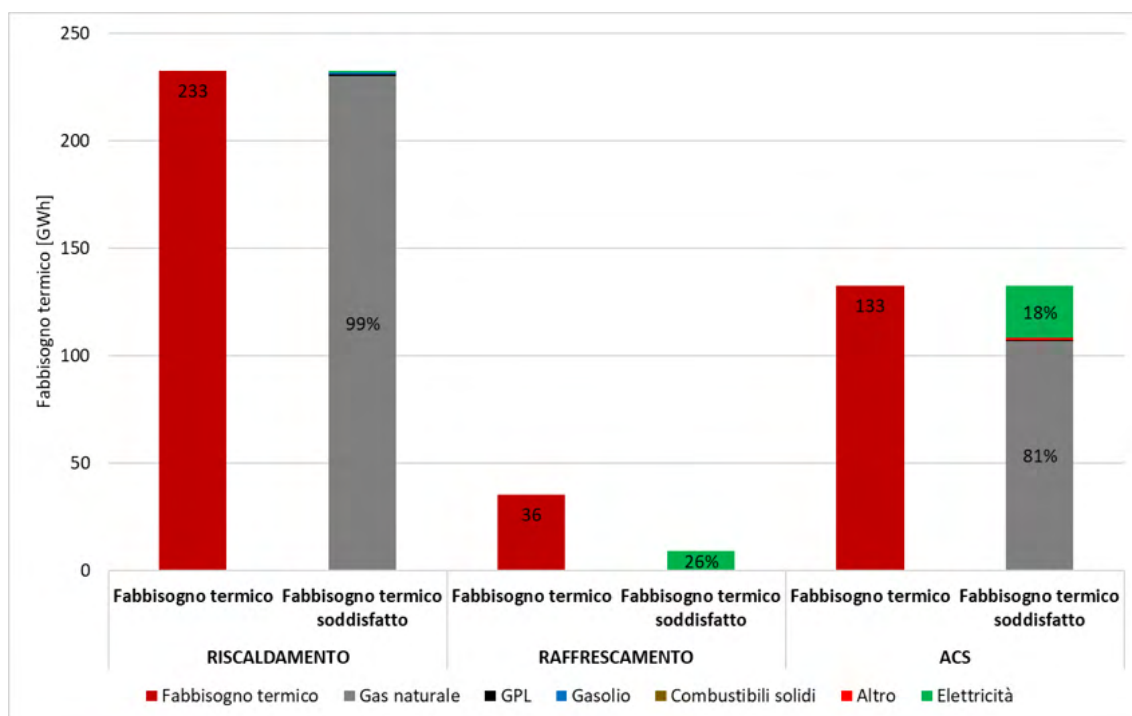


Figura 95. Fabbisogni termici del volume costruito ad uso residenziale ripartiti per fonte energetica.

In Figura 96, è riportata la ripartizione del fabbisogno termico per riscaldamento e raffrescamento per fonte energetica nel caso di volume costruito ad uso uffici. In tal caso, il servizio di riscaldamento è soddisfatto per il 77% da gas naturale (comprendente caldaie, macchine ad assorbimento e pompe di calore con motore endotermico), seguito da elettricità (8%), mentre le altre fonti coprono quote non superiori all'1%. Il servizio di raffrescamento è soddisfatto da chiller elettrici (3%) e macchine frigorifere ad assorbimento (1%). Inoltre, va notato come la diffusione degli impianti per raffrescamento sia esigua, corrispondente ad una percentuale di soddisfacimento del relativo fabbisogno pari al 4%.

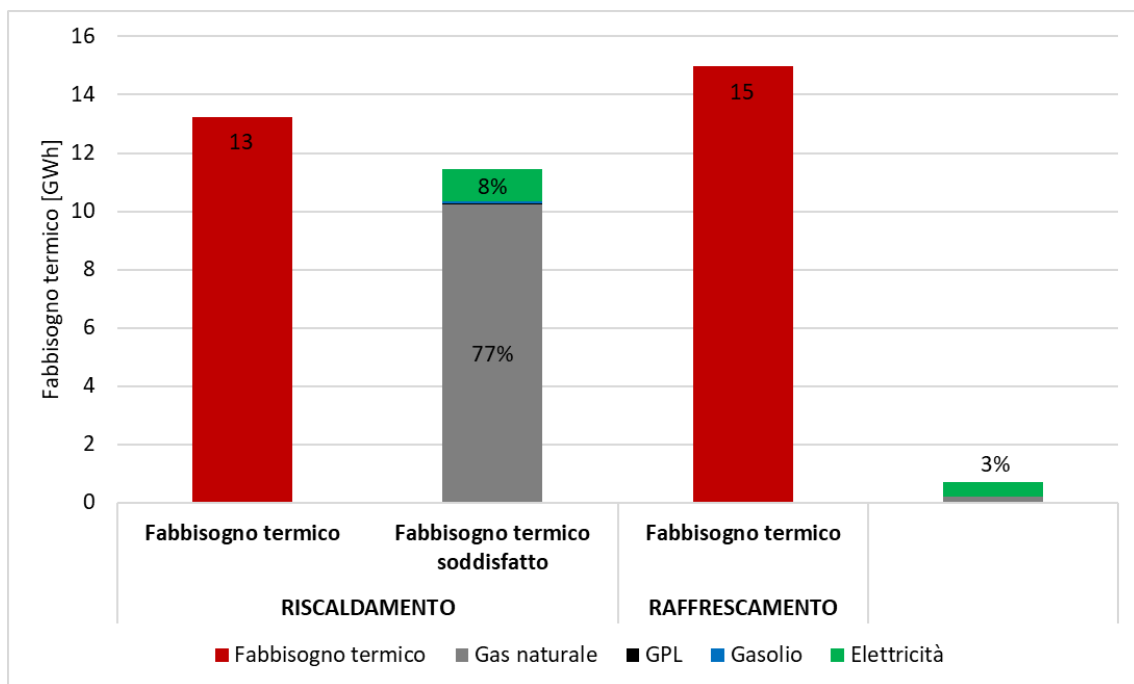


Figura 96. Fabbisogni termici del volume costruito ad uso uffici ripartiti per fonte energetica.

In Figura 97 sono riportati i consumi di energia degli edifici residenziali elaborati con la procedura e distinti per fonte ed uso finale. Se si osservano i combustibili fossili la voce “riscaldamento” ha un peso variabile ma prevalente (54-100%), mentre nel caso dei consumi di elettricità il maggiore peso è dato da apparecchiature ed illuminazione (60%).

In Tabella 38, sono riportati i consumi espressi per unità di volume costruito.

In Figura 98, sono riportati i consumi di energia degli uffici distinti per fonte energetica ed uso finale elaborati con la procedura. Il riscaldamento è il servizio dominante nel caso di combustibili fossili (97-100%) mentre nel caso dei consumi elettrici, oltre a quelli per apparecchiature ed illuminazione ricoprono un ruolo importante anche i consumi ausiliari e per il trasporto.

I consumi specifici per unità di volume sono riportati in Tabella 39.

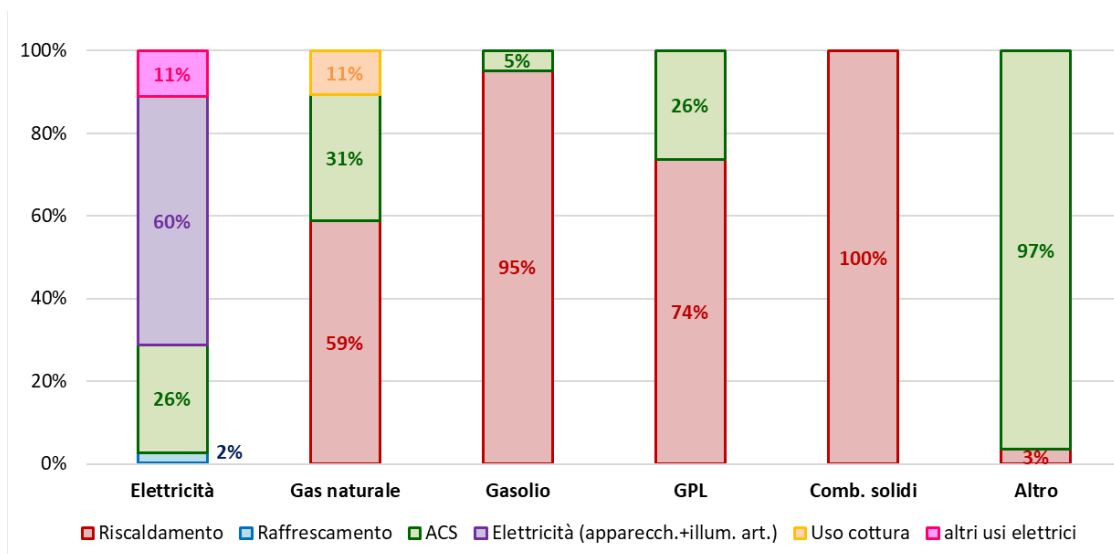


Figura 97. Consumi di energia finale del residenziale.

Tabella 38. Consumi annui di energia finale per unità di volume del residenziale.

	CONSUMI DI ENERGIA FINALE PER UNITÀ DI VOLUME COSTRUITO [kWh/m³]					
	ELETTRICITA'	GAS NATURALE	GASOLIO	GPL	COMB. SOLIDI	ALTRO
Riscaldamento	0.02	18.42	0.08	0.07	0.01	0.00
Raffrescamento	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
ACS	1.74	9.57	0.004	0.03	0.00	0.00
Elettricità (apparecch.+illum. art.)	4.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Uso Cottura	0.00	3.36	0.00	0.00	0.00	0.00
Altri Usi Elettrici	0.75	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale	6.69	31.35	0.09	0.10	0.01	0.07

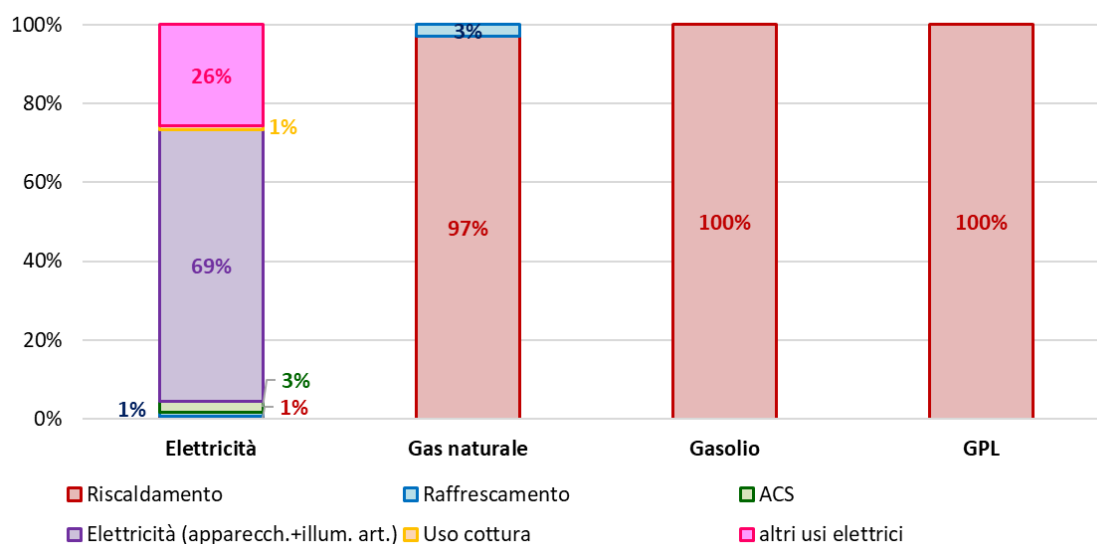


Figura 98. Consumi di energia finale degli edifici.

Tabella 39. Consumi annui di energia finale per unità di volume degli uffici stimati.

	ELETTRICITA'	GAS NATURALE	GASOLIO	GPL
Riscaldamento	0.12	7.96	0.08	0.01
Raffrescamento	0.18	0.24	0.00	0.00
ACS	0.55	0.00	0.00	0.03
Elettricità (apparecch.+illum. art.)	13.27	0.00	0.00	0.00
Uso Cottura	0.18	3.36	0.00	0.00
Altri Usi Elettrici	4.92	0.00	0.00	0.00
Totale	19.22	8.20	0.08	0.01

5.5 Descrizione dei passaggi procedurali e script in Python

5.5.1 Descrizione dei campi dei vettori in GIS usati nella procedura

Vengono di seguito indicati per ogni banca dati i nomi dei campi così come sono trascritti negli script successivi (in azzurro quelli creati nel corso della procedura).

UNITÀ VOLUMETRICHE	
Nome attributo	Descrizione
UUID	Codice ID dell'unità volumetrica
UN_VOL_AV	Altezza
UN_VOL_POR	Tipo di porzione
CRE_EDF-UUI	Codice ID dell'edificio
Shape_Area	Area di pavimento (impronta)
SEZ	Codice ID della sezione di censimento
RefHeight	Altezza di riferimento della porzione avente maggiore superficie fra quelle nello stesso edificio
Group_ID	Codice ID del gruppo edilizio
SURFcond	Area di pavimento lorda (impronta al netto dei vani scala)
VOLcond	Volume lordo
Tot_Surf	Somma delle aree di pavimento lorde per ogni gruppo edilizio
Tot_Vol	Somma dei volumi lorde per ogni gruppo edilizio

EDIFICI	
Nome attributo	Descrizione
CRE_EDF-UUI	Codice ID dell'edificio
CR_EDF_ST	Stato di conservazione
CR_EDF_CT	Tipo (minore o meno) [solo per Milano]
edifc_ty	Tipologia
edifc_uso	Destinazione d'uso [solo per Milano]
SEZ	Codice ID della sezione di censimento
maxun_vo_1	Area dell'unità volumetrica avente maggiore superficie fra quelle costituenti l'edificio
ReferenceH	Altezza di riferimento della porzione avente maggiore superficie fra quelle nello stesso edificio

GRUPPI EDILIZI	
Nome attributo	Descrizione
Group_ID	Codice ID del gruppo edilizio
SEZ	Codice ID della sezione di censimento
SezMainAge	Epoca di costruzione prevalente
SURF_TOT	Somma delle aree di pavimento lorde delle unità volumetriche costituenti il gruppo edilizio
VOL_TOT	Somma dei volumi lorde delle unità volumetriche costituenti il gruppo edilizio
WeightedH	Altezza media ponderata
N_FLOORS	Numero di piani
FloorHeigh	Altezza interpiano
COEFF_VOL	Rapporto volume netto/lordo
ZTgrosSurf	Superficie di una Zona Termica Tipo
TZperFloor	Numero di ZTT per piano
ZTnumber	Numero di ZTT del gruppo edilizio
TopCorner	Volume delle ZTT al livello superiore/di base in posizione angolare
TopCentral	Volume delle ZTT al livello superiore/di base in posizione centrale
Edge	Volume delle ZTT ai livelli intermedi in posizione angolare
Internal	Volume delle ZTT ai livelli intermedi in posizione centrale
Tot_TC	Somma del volume delle ZTT al livello superiore/di base in posizione angolare per sezione di censimento
Tot_TI	Somma del volume delle ZTT al livello superiore/di base in posizione centrale per sezione di censimento

Tot_E	Somma del volume delle ZTT ai livelli intermedi in posizione angolare per sezione di censimento
Tot_Mid	Somma del volume delle ZTT ai livelli intermedi in posizione centrale per sezione di censimento

AREE DI CENSIMENTO	
Nome attributo	Descrizione
ACE	Codice ID dell'area di censimento
ACE_mAge	Epoca di costruzione prevalente dell'area di censimento

SEZIONI DI CENSIMENTO	
Nome attributo	Descrizione
PRO-COM	Codice ID del comune
SEZ	Codice ID della sezione di censimento
ACE	Codice ID dell'area di censimento
TotI<1919	Numero di interni abitativi e non costruiti prima del 1919
TotI<1946	Numero di interni abitativi e non costruiti nel periodo 1919-45
TotI<1961	Numero di interni abitativi e non costruiti nel periodo 1946-60
TotI<1971	Numero di interni abitativi e non costruiti nel periodo 1961-70
TotI<1981	Numero di interni abitativi e non costruiti nel periodo 1971-80
TotI<1991	Numero di interni abitativi e non costruiti nel periodo 1981-90
TotI<2001	Numero di interni abitativi e non costruiti nel periodo 1991-2000
TotI<=2005	Numero di interni abitativi e non costruiti nel periodo 2001-05
TotI>2005	Numero di interni abitativi e non costruiti dopo il 2005
Abit>1res	Numero di alloggi abitati da almeno 1 residente
Sup_ab1res	Superficie netta degli alloggi abitati da almeno 1 residente
Abit_altre	Numero di alloggi vuoti o abitati da persone non residenti
EdNoRes	Numero di edifici non residenziali
ComplNoRes	Numero di complessi di edifici non residenziali
EdifDirez	Numero di edifici direzionali/terziari
CompDirez	Numero di complessi di edifici direzionali/terziari
ResSez_Age	Epoca di costruzione prevalente della sezione di censimento (con edifici residenziali)
ACE_Age	Epoca di costruzione prevalente dell'area di censimento
SezMainAge	Epoca di costruzione prevalente della sezione di censimento
COEFF_VOL	Rapporto volume netto/lordo
Tot_TC	Somma del volume delle ZTT al livello superiore/di base in posizione angolare per sezione di censimento
Tot_TI	Somma del volume delle ZTT al livello superiore/di base in posizione centrale per sezione di censimento
Tot_E	Somma del volume delle ZTT ai livelli intermedi in posizione angolare per sezione di censimento
Tot_Mid	Somma del volume delle ZTT ai livelli intermedi in posizione centrale per sezione di censimento
BuiltVol	Volume costruito (somma del volume delle ZTT)
ResidVol	Volume residenziale (provvisorio)
Direz%pond	Percentuale di edifici direzionali/terziari rispetto agli edifici non residenziali
RES%	Percentuale del volume ad uso residenziale rispetto al volume costruito
OFF%	Percentuale del volume ad uso ufficio rispetto al volume costruito
ResidTCVol	Volume delle ZTT ad uso residenziale al livello superiore/di base in posizione angolare
ResidTIVol	Volume delle ZTT ad uso residenziale al livello superiore/di base in posizione centrale
ResidMCVol	Volume delle ZTT ad uso residenziale ai livelli intermedi in posizione angolare
ResidMIVol	Volume delle ZTT ad uso residenziale ai livelli intermedi in posizione centrale
OffTCVol	Volume delle ZTT ad uso ufficio al livello superiore/di base in posizione angolare
OffTIVol	Volume delle ZTT ad uso ufficio al livello superiore/di base in posizione centrale
OffMCVol	Volume delle ZTT ad uso ufficio ai livelli intermedi in posizione angolare
OffMIVol	Volume delle ZTT ad uso ufficio ai livelli intermedi in posizione centrale
VolRESIDEN	Volume ad uso residenziale
VolOFFICES	Volume ad uso uffici
ET _h _res	Fabbisogno termico per riscaldamento del volume ad uso residenziale
ET _h _off	Fabbisogno termico per riscaldamento del volume ad uso uffici

ETc_res	Fabbisogno termico per raffrescamento del volume ad uso residenziale
ETc_off	Fabbisogno termico per raffrescamento del volume ad uso uffici
ETw_res	Fabbisogno termico per ACS del volume ad uso residenziale
EEl_res	Consumo di energia elettrica per apparecchiature ed illuminazione artificiale del volume ad uso residenziale
EEl_off	Consumo di energia elettrica per apparecchiature ed illuminazione artificiale del volume ad uso uffici
SupHgas	Quota percentuale della superficie ad uso residenziale servita da impianti di riscaldamento alimentati da gas naturale*
PuH_Cgas	Quota percentuale della potenza utile degli impianti di riscaldamento alimentati da gas naturale in edifici ad uso uffici*
SupC	Quota percentuale della superficie ad uso residenziale servita da impianti di raffrescamento
PuC_HPele	Quota percentuale della potenza utile degli impianti di riscaldamento alimentati da energia elettrica in edifici ad uso uffici*
SupWgas	Quota percentuale della superficie ad uso residenziale servita da impianti per la produzione di ACS alimentati da gas naturale*
EThr_gas	Fabbisogno termico per riscaldamento del volume ad uso residenziale servito da impianti alimentati da gas naturale*
CEFhr_gas	Consumo di energia finale per riscaldamento del volume ad uso residenziale servito da impianti alimentati da gas naturale*
ETho_gas	Fabbisogno termico per riscaldamento del volume ad uso uffici servito da impianti alimentati da gas naturale*
CEFho_gas	Consumo di energia finale per riscaldamento del volume ad uso uffici servito da impianti alimentati da gas naturale*
ETcr_ele	Fabbisogno termico per raffrescamento del volume ad uso residenziale servito da impianti alimentati da energia elettrica*
CEFcr_ele	Consumo di energia finale per raffrescamento del volume ad uso residenziale servito da impianti alimentati da energia elettrica*
ETco_hpele	Fabbisogno termico per raffrescamento del volume ad uso uffici servito da impianti alimentati da energia elettrica *
CEFco_ele	Consumo di energia finale per raffrescamento del volume ad uso uffici servito da impianti alimentati da energia elettrica *
ETwr_gas	Fabbisogno termico per ACS del volume ad uso residenziale servito da impianti alimentati da gas naturale*
CEFwr_gas	Consumo di energia finale per ACS del volume ad uso residenziale servito da impianti alimentati da gas naturale*
* Legenda degli acronimi usati per il calcolo dei fabbisogni termici e dei consumi di energia finale nel caso di altre fonti energetiche: gas: gas naturale; gsl: gasolio, gpl: GPL, sol: combustibili solidi, olc: olio combustibile; ass: macchine ad assorbimento; end: pompe di calore con motore endotermico; ele: elettricità; alt: altro combustibile	

5.5.2 Operazioni preliminari

Avvio della sessione di calcolo

```
from PyQt4.QtCore import *
from PyQt4.QtGui import *
import processing
```

Definizione dei livelli vettoriali necessari (Unità Volumetriche, Edifici, Sezioni di Censimento, Aree di Censimento, Gruppi Edilizi)

```
layerUV=QgsVectorLayer(r'C:/Users/.../UNITAVOLUMETRICHE.shp',"UnitaVolumetriche","ogr")
layerBLD=QgsVectorLayer(r'C:/Users/.../EDIFICI.shp',"Edifici","ogr")
layerSEZCENS=QgsVectorLayer(r'C:/Users/.../SEZCENSIMENTO.shp',"SezioniCensimento","ogr")
layerACE=QgsVectorLayer(r'C:/Users/.../ACE.shp',"ACE","ogr")
layerBLD=QgsVectorLayer(r'C:/Users/.../EDIFICI.shp',"Edifici","ogr")
layerUniti=QgsVectorLayer(r'C:/Users/.../Uniti.shp',"Uniti","ogr")
layer_GE=QgsVectorLayer(r'C:/Users/.../GRUPPIEDILIZI.shp',"GruppiEdilizi","ogr")
```

5.5.3 Assegnazione del periodo di costruzione prevalente (B1)

Definizione dell'epoca di costruzione prevalente per sezione di censimento residenziale

```
layerSEZCENS.startEditing()
field_AGE=layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField("SezRes_AGE",QVariant.Int)])
)
layerSEZCENS.commitChanges()

layerSEZCENS.startEditing()
field_AGE=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('SezRes_AGE')
print field_AGE
features=layerSEZCENS.getFeatures
for feat in features():

age_list=[feat['TotI<1919'],feat['TotI<1946'],feat['TotI<1961'],feat['TotI<1971'],feat['TotI<1981'],feat['TotI<1991'],feat['TotI<2001'],feat['TotI<=2005'],feat['TotI>2005']]
Maxflatsnumber=max(age_list)
if age_list is NULL:
    age_result=0
elif
feat['TotI<1919']+feat['TotI<1946']+feat['TotI<1961']+feat['TotI<1971']+feat['TotI<1981']
+feat['TotI<1991']+feat['TotI<2001']+feat['TotI<=2005']+feat['TotI>2005']==0:
    age_result=0
elif feat['TotI>2005']==Maxflatsnumber:
    age_result=9
elif feat['TotI<=2005']==Maxflatsnumber:
    age_result=8
elif feat['TotI<2001']==Maxflatsnumber:
    age_result=7
elif feat['TotI<1991']==Maxflatsnumber:
    age_result=6
elif feat['TotI<1981']==Maxflatsnumber:
    age_result=5
elif feat['TotI<1971']==Maxflatsnumber:
    age_result=4
elif feat['TotI<1961']==Maxflatsnumber:
    age_result=3
elif feat['TotI<1946']==Maxflatsnumber:
    age_result=2
elif feat['TotI<1919']==Maxflatsnumber:
    age_result=1
print Maxflatsnumber, age_result
layerSEZCENS.changeAttributeValue(feat.id(), field_AGE, age_result)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()
```

Definizione dell'epoca di costruzione prevalente per area di censimento

```
layerSEZCENS.startEditing()
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField("ACE_AGE",QVariant.Int)])
layerSEZCENS.commitChanges()

layerSEZCENS.startEditing()
field_censusarea=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('ACE')
field_age=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('SezRes_AGE')
ace_age_field=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('ACE_AGE')
print field_censusarea, field_age, ace_age_field
uniquevalues=layerSEZCENS.uniqueValues(field_censusarea,limit=10000)
for uv in uniquevalues:
    values = []
    exp = QgsExpression('ACE = ' + str(uv))
    request = QgsFeatureRequest(exp)
    featuresforthisuniquevalue=layerSEZCENS.getFeatures(request)
    for feat in featuresforthisuniquevalue:
        attrs = feat.attributes()
        values.append(attrs[field_age])
    expr=(values)
    age1=expr.count(1)
    age2=expr.count(2)
    age3=expr.count(3)
```

```

age4=expr.count(4)
age5=expr.count(5)
age6=expr.count(6)
age7=expr.count(7)
age8=expr.count(8)
age9=expr.count(9)
age_list=[age1,age2,age3,age4,age5,age6,age7,age8,age9]
maxagefrequency=max(age_list)
if age9==maxagefrequency:
    ACEage=9
elif age8==maxagefrequency:
    ACEage=8
elif age7==maxagefrequency:
    ACEage=7
elif age6==maxagefrequency:
    ACEage=6
elif age5==maxagefrequency:
    ACEage=5
elif age4==maxagefrequency:
    ACEage=4
elif age3==maxagefrequency:
    ACEage=3
elif age2==maxagefrequency:
    ACEage=2
elif age1==maxagefrequency:
    ACEage=1
print uv,ACEage
layerSEZCENS.changeAttributeValue(feat.id(),ace_age_field,ACEage)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()

```

Trasferimento del dato dell'epoca di costruzione prevalente per area di censimento nel vettore delle ACE

```

layerACE.startEditing()
field=layerACE.dataProvider().addAttributes( [QgsField("ACE_mAGE", QVariant.Int)])
layerACE.commitChanges()

```

```

layerACE.startEditing()
field_sezcens_age=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('ACE_AGE')
field_ace_age=layerACE.dataProvider().fieldNameIndex('ACE_mAGE')
field_sezcens_ace=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('ACE')
field_ace_ace=layerACE.dataProvider().fieldNameIndex('ACE')
print field_sezcens_age,field_ace_age,field_sezcens_ace,field_ace_ace
for feat in layerACE.getFeatures():
    for f in layerSEZCENS.getFeatures():
        if f['ACE_AGE']==NULL:
            pass
        elif f['ACE_AGE']!=NULL:
            if feat['ACE']==f['ACE']:
                builtarea_result=f['ACE_AGE']
            print feat['ACE'], builtarea_result
            layerACE.changeAttributeValue(feat.id(),field_ace_age,builtarea_result)
layerACE.updateFields()
layerACE.commitChanges()

```

Definizione dell'epoca di costruzione prevalente per ogni sezione di censimento

```

layerSEZCENS.startEditing()
field=layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes( [QgsField("SezMainAge", QVariant.Int)])
layerSEZCENS.commitChanges()

```

```

layerSEZCENS.startEditing()
field_sezcens_age=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('SezMainAge')
field_ace_age=layerACE.dataProvider().fieldNameIndex('ACE_mAGE')
field_sezcens_ace=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('ACE')
field_ace_ace=layerACE.dataProvider().fieldNameIndex('ACE')
field_sezcens_age_res=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('SezRes_AGE')
print
field_sezcens_age,field_ace_age,field_sezcens_ace,field_ace_ace,field_sezcens_age_res

```

```
for feat in layerSEZCENS.getFeatures():
    for f in layerACE.getFeatures():
        if feat['SezRes_AGE']>0:
            constructionperiod_result=feat['SezRes_AGE']
        else:
            if feat['ACE']==f['ACE']:
                constructionperiod_result=f['ACE_mAGE']
    print constructionperiod_result
    layerSEZCENS.changeAttributeValue(feat.id(),field_sezcens_age,constructionperiod_result)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()
```

#Assegnazione ad ogni sezione di censimento del rapporto volume netto/lordo

```
layerSEZCENS.startEditing()
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField("COEFF_VOL",QVariant.Double)])
layerSEZCENS.commitChanges()
```

```
layerSEZCENS.startEditing()
field_Vol=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('COEFF_VOL')
print field_Vol
for feat in layerSEZCENS.getFeatures():
    if feat['SezMainAge']== NULL:
        pass
    elif feat ['SezMainAge']<=3:
        coeff=0.6
    elif feat ['SezMainAge']>3:
        coeff=0.7
    print coeff
    layerSEZCENS.changeAttributeValue(feat.id(), field_Vol, coeff)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()
```

5.5.4 Analisi dei volumi climatizzati (B2)

Trasferimento del codice "Group_ID" nel layer "Edifici"

```
layerBLD.startEditing()
layerBLD.dataProvider().addAttributes([QgsField("Group_ID",QVariant.Int)])
layerBLD.commitChanges()
```

```
layerBLD.startEditing()
BLD_field=layerUniti.dataProvider().fieldNameIndex('edifc_id')
BLD_newfield=layerBLD.dataProvider().fieldNameIndex('edifc_id')
GROUP_field=layerUniti.dataProvider().fieldNameIndex('Group_ID')
GROUPnew_field=layerBLD.dataProvider().fieldNameIndex('Group_ID')
print BLD_field,BLD_newfield,GROUP_field,GROUPnew_field
result=0
for f in layerBLD.getFeatures():
    for feat in layerUniti.getFeatures():
        if f['edifc_id']==feat['edifc_id']:
            result=feat['Group_ID']
    print f['edifc_id'], result
    layerBLD.changeAttributeValue(f.id(),GROUPnew_field,result)
layerBLD.updateFields()
layerBLD.commitChanges()
```

Trasferimento del codice "Group_ID" nel layer "Unità Volumetriche"

```
layerUV.startEditing()
layerUV.dataProvider().addAttributes([QgsField("Group_ID",QVariant.Int)])
layerUV.commitChanges()
```

```
layerUV.startEditing()
BLD_field=layerUniti.dataProvider().fieldNameIndex('un_vol_id')
BLD_newfield=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('un_vol_id')
GROUP_field=layerUniti.dataProvider().fieldNameIndex('Group_ID_1')
GROUPnew_field=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('Group_ID')
```

```
print BLD_field,BLD_newfield,GROUP_field,GROUPnew_field
result=0
for f in layerUV.getFeatures():
    for feat in layerUniti.getFeatures():
        if f['un_vol_id']==feat['un_vol_id']:
            result=feat['Group_ID_1']
            print f['un_vol_id'], result
            layerUV.changeAttributeValue(f.id(),GROUPnew_field,result)
layerUV.updateFields()
layerUV.commitChanges()
```

Calcolo dell'altezza di riferimento per ogni edificio

```
layerBLD.startEditing()
layerBLD.dataProvider().addAttributes([QgsField("ReferenceH",QVariant.Double)])
layerBLD.commitChanges()
```

```
layerBLD.startEditing()
refheight_field=layerBLD.dataProvider().fieldNameIndex('ReferenceH')
area_field=layerBLD.dataProvider().fieldNameIndex('maxun_vo_1')
BLfield=layerBLD.dataProvider().fieldNameIndex('CR_EDF_UUI')
hfield=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('UN_VOL_AV')
afield=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('Shape_Area')
bfield=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('CR_EDF_UUI')
print refheight_field,area_field,BLfield,hfield,afield,bfield
height=0
for feat in layerBLD.getFeatures():
    for f in layerUV.getFeatures():
        if feat['CR_EDF_UUI']==f['CR_EDF_UUI'] and abs(feat['maxun_vo_1']-
f['Shape_Area']) < 0.0001:
            height=f['UN_VOL_AV']
        else:
            pass
            print height
            layerBLD.changeAttributeValue(feat.id(),refheight_field,height)
layerBLD.updateFields()
layerBLD.commitChanges()
```

Trasferimento del dato di altezza di riferimento nel vettore Unità Volumetriche

```
layerUV.startEditing()
layerUV.dataProvider().addAttributes([QgsField("RefHeight",QVariant.Double)])
layerUV.commitChanges()
```

```
layerUV.startEditing()
BLfield=layerBLD.dataProvider().fieldNameIndex('CR_EDF_UUI')
bfield=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('CR_EDF_UUI')
MHfield=layerBLD.dataProvider().fieldNameIndex('ReferenceH')
rhfield=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('RefHeight')
print BLfield,bfield,MHfield,rhfield
refh_result=0
for f in layerUV.getFeatures():
    for feat in layerBLD.getFeatures():
        if f['CR_EDF_UUI']==feat['CR_EDF_UUI']:
            refh_result=feat['ReferenceH']
            print f['CR_EDF_UUI'], refh_result
            layerUV.changeAttributeValue(f.id(),rhfield,refh_result)
layerUV.updateFields()
layerUV.commitChanges()
```

Calcolo della superficie di pavimento al netto dei vani scala per ogni unità volumetrica

```
layerUV.startEditing()
layerUV.dataProvider().addAttributes([QgsField("SURFcond",QVariant.Double)])
layerUV.commitChanges()
```

```
layerUV.startEditing()
area_field=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('SURFcond')
print area_field
for feat in layerUV.getFeatures():
```

```
gap=feat['UN_VOL_AV']-feat['RefHeight']
if gap<=3 and gap>0 and feat['Shape_Area']<=30:
    area_result=0.0
else:
    area_result=feat ['Shape_Area']
print area_result
layerUV.changeAttributeValue(feat.id(), area_field, area_result)
layerUV.updateFields()
layerUV.commitChanges()
```

Calcolo del volume condizionato per ogni unità volumetrica

```
layerUV.startEditing()
layerUV.dataProvider().addAttributes([QgsField("VOLcond",QVariant.Double)])
layerUV.commitChanges()
```

```
layerUV.startEditing()
h_field=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('UN_VOL_AV')
area_field=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('Shape_Area')
vol_field=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('VOLcond')
print h_field,area_field,vol_field
for feat in layerUV.getFeatures():
    gap=feat['UN_VOL_AV']-feat['RefHeight']
    if gap<=3 and gap>0 and feat['Shape_Area']<=30:
        vol_result=0.0
    else:
        vol_result=feat ['SURFcond']*feat ['UN_VOL_AV']
    print vol_result
    layerUV.changeAttributeValue(feat.id(), vol_field, vol_result)
layerUV.updateFields()
layerUV.commitChanges()
```

Calcolo della superficie totale delle unità volumetriche ricadenti nel medesimo gruppo edilizio

```
layerUV.startEditing()
layerUV.dataProvider().addAttributes([QgsField("Tot_Surf",QVariant.Double)])
layerUV.commitChanges()
```

```
layerUV.startEditing()
bld_field=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('Group_ID')
areabld_field=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('AreaPlan')
area_field=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('Tot_Surf')
print bld_field,areabld_field,area_field
uniquevalues=layerUV.uniqueValues(bld_field,limit=10000)
for uv in uniquevalues:
    tot = 0.0
    exp = QgsExpression('Group_ID = ' + str(uv))
    request = QgsFeatureRequest(exp)
    features=layerUV.getFeatures(request)
    for feat in features:
        tot+=feat.attributes()[areabld_field]
    print uv,tot
    layerUV.changeAttributeValue(feat.id(), area_field, tot)
layerUV.updateFields()
layerUV.commitChanges()
```

Calcolo del volume totale delle unità volumetriche ricadenti nel medesimo gruppo edilizio

```
layerUV.startEditing()
layerUV.dataProvider().addAttributes([QgsField("Tot_Vol",QVariant.Double)])
layerUV.commitChanges()
```

```
layerUV.startEditing()
bld_field=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('Group_ID')
volbld_field=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('VOLcond')
volume_field=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('Tot_Vol')
print bld_field,volbld_field,volume_field
uniquevalues=layerUV.uniqueValues(bld_field,limit=10000)
for uv in uniquevalues:
    tot = 0.0
```

```
exp = QgsExpression('Group_ID = ' + str(uv))
request = QgsFeatureRequest(exp)
features=layerUV.getFeatures(request)
for f in features:
    tot+=f.attributes()[volbld_field]
print uv,tot
layerUV.changeAttributeValue(f.id(),volume_field,tot)
layerUV.updateFields()
layerUV.commitChanges()
```

Trasferimento del dato di superficie totale nel vettore Gruppi Edilizi

```
layer_GE.startEditing()
layer_GE.dataProvider().addAttributes([QgsField("SURF_TOT",QVariant.Double)])
layer_GE.commitChanges()
```

```
layer_GE.startEditing()
BLDsuffield=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('SURF_TOT')
UVsuffield=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('Tot_Surf')
BLDfield=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Group_ID')
UVfield=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('Group_ID')
print BLDsuffield,UVsuffield,BLDfield,UVfield
surf_result=0
for feat in layer_GE.getFeatures():
    for f in layerUV.getFeatures():
        if f['Tot_Surf']==NULL:
            pass
        elif f['Tot_Surf']!=NULL:
            if feat['Group_ID']==f['Group_ID']:
                surf_result=f['Tot_Surf']
    print feat['Group_ID'], surf_result
    layer_GE.changeAttributeValue(feat.id(),BLDsuffield,surf_result)
layer_GE.updateFields()
layer_GE.commitChanges()
```

Trasferimento del dato di volume totale nel vettore Gruppi Edilizi

```
layer_GE.startEditing()
layer_GE.dataProvider().addAttributes([QgsField("VOL_TOT",QVariant.Double)])
layer_GE.commitChanges()
```

```
layer_GE.startEditing()
BLDvolfield=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('VOL_TOT')
UVvolfield=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('Tot_Vol')
BLDfield=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Group_ID')
UVfield=layerUV.dataProvider().fieldNameIndex('Group_ID')
print BLDvolfield,UVvolfield,BLDfield,UVfield
vol_result=0
for feat in layer_GE.getFeatures():
    for f in layerUV.getFeatures():
        if f['Tot_Vol']==NULL:
            pass
        elif f['Tot_Vol']!=NULL and feat['Group_ID']==f['Group_ID']:
            vol_result=f['Tot_Vol']
    print feat['Group_ID'], vol_result
    layer_GE.changeAttributeValue(feat.id(),BLDvolfield,vol_result)
layer_GE.updateFields()
layer_GE.commitChanges()
```

Calcolo dell'altezza media ponderata per ogni gruppo edilizio

```
layer_GE.startEditing()
layer_GE.dataProvider().addAttributes([QgsField("Weighted_H",QVariant.Double)])
layer_GE.commitChanges()
```

```
layer_GE.startEditing()
height_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Weighted_H')
print height_field
for feat in layer_GE.getFeatures():
    if feat['SURF_TOT']==0:
```

```

height_result=0.0
else:
    height_result=feat['VOL_TOT']/feat['SURF_TOT']
    print feat['Group_ID'],height_result
    layer_GE.changeAttributeValue(feat.id(),height_field,height_result)
    layer_GE.updateFields()
    layer_GE.commitChanges()

```

Calcolo del numero di piani medio per ogni gruppo edilizio

```

layer_GE.startEditing()
layer_GE.dataProvider().addAttributes([QgsField("N_FLOORS",QVariant.Int)])
layer_GE.commitChanges()

```

```

layer_GE.startEditing()
nfloors_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('N_FLOORS')
height_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Weighted_H')
print nfloors_field,height_field
for feat in layer_GE.getFeatures():
    if feat['Weighted_H']==0.0:
        nfloors_result=0
    else:
        nfloors_real=feat['Weighted_H']/3.0
        round_nfloors=round(nfloors_real)
        int_nfloors=int(nfloors_real)
        h_interpiano=feat['Weighted_H']/round_nfloors
        if h_interpiano>=3.0:
            nfloors_result=int(round_nfloors)
        else:
            nfloors_result=int_nfloors
    print feat['Group_ID'],nfloors_result
    layer_GE.changeAttributeValue(feat.id(),nfloors_field,nfloors_result)
    layer_GE.updateFields()
    layer_GE.commitChanges()

```

Calcolo dell'altezza interpiano lorda per ogni gruppo edilizio

```

layer_GE.startEditing()
field=layer_GE.dataProvider().addAttributes([QgsField("FloorHeigh",QVariant.Double)])
layer_GE.commitChanges()

```

```

layer_GE.startEditing()
Hfloors_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('FloorHeigh')
print Hfloors_field
for feat in layer_GE.getFeatures():
    if feat['N_FLOORS']==0:
        Hfloors_result=0.0
    else:
        Hfloors_result=feat['Weighted_H']/feat['N_FLOORS']
    print feat['Group_ID'],Hfloors_result
    layer_GE.changeAttributeValue(feat.id(),Hfloors_field,Hfloors_result)
    layer_GE.updateFields()
    layer_GE.commitChanges()

```

Trasferimento del dato di epoca di costruzione prevalente nel vettore Gruppi Edilizi

```

layer_GE.startEditing()
layer_GE.dataProvider().addAttributes([QgsField("SezMainAge",QVariant.Int)])
layer_GE.commitChanges()

```

```

layer_GE.startEditing()
BLfield=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('SEZ')
SEZfield=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('SEZ')
BLD_agefield=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('SezMainAge')
SEZ_agefield=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('SezMainAge')
print BLfield,SEZfield,BLD_agefield,SEZ_agefield
result=0
for f in layer_GE.getFeatures():
    for feat in layerSEZCENS.getFeatures():
        if f['SEZ']==feat['SEZ']:

```

```

        result=feat['SezMainAge']
    print f['SEZ'], result
    layer_GE.changeAttributeValue(f.id(),BLD_agefield,result)
layer_GE.updateFields()
layer_GE.commitChanges()

```

Trasferimento del dato di rapporto volume netto/ lordo nel vettore Gruppi Edilizi

```

layer_GE.startEditing()
layer_GE.dataProvider().addAttributes([QgsField("COEFF_VOL",QVariant.Double)])
layer_GE.commitChanges()

```

```

layer_GE.startEditing()
BLfield=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('SEZ')
SEZfield=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('SEZ')
BLD_agefield=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('COEFF_VOL')
SEZ_agefield=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('COEFF_VOL')
print BLfield,SEZfield,BLD_agefield,SEZ_agefield
result=0
for f in layer_GE.getFeatures():
    for feat in layerSEZCENS.getFeatures():
        if f['SEZ']==feat['SEZ']:
            result=feat['COEFF_VOL']
    print f['SEZ'], result
    layer_GE.changeAttributeValue(f.id(),BLD_agefield,result)
layer_GE.updateFields()
layer_GE.commitChanges()

```

Calcolo dell'area di una Zona Termica Tipo per ogni gruppo edilizio

```

layer_GE.startEditing()
field=layer_GE.dataProvider().addAttributes([QgsField("ZTgrosSurf",QVariant.Double)])
layer_GE.commitChanges()

```

```

layer_GE.startEditing()
area_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('ZTgrosSurf')
print area_field
for feat in layer_GE.getFeatures():
    if feat['FloorHeigh']==0:
        area_result=0
    else:
        area_result=(25*3)/ (feat['COEFF_VOL']*feat['FloorHeigh'])
    print feat['Group_ID'],area_result
    layer_GE.changeAttributeValue(feat.id(),area_field,area_result)
layer_GE.updateFields()
layer_GE.commitChanges()

```

Calcolo del numero di zone termiche per piano per ogni gruppo edilizio

```

layer_GE.startEditing()
field_ground=layer_GE.dataProvider().addAttributes([QgsField("ZTperfloor",
QVariant.Double)])
layer_GE.commitChanges()

```

```

layer_GE.startEditing()
field_zones=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('ZTperfloor')
print field_zones
for feat in layer_GE.getFeatures():
    if feat['ZTgrosSurf']==0:
        zones_result=0.0
    else:
        zones_result=round(feat['SURF_TOT']/feat['ZTgrosSurf'])
    print feat['Group_ID'],zones_result
    layer_GE.changeAttributeValue(feat.id(), field_zones, zones_result)
layer_GE.updateFields()
layer_GE.commitChanges()

```

Calcolo del numero di zone termiche per ogni gruppo edilizio

```

layer_GE.startEditing()

```

```
field_ground=layer_GE.dataProvider().addAttributes( [QgsField("ZTnumber", QVariant.Int)])
layer_GE.commitChanges()
```

```
layer_GE.startEditing()
field_zones=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('ZTnumber')
print field_zones
for feat in layer_GE.getFeatures():
    if feat['ZTperfloor']==0:
        zones_result=0
    else:
        zones_result=feat['N_FLOORS']*feat['ZTperfloor']
        print feat['Group_ID'],zones_result
        layer_GE.changeAttributeValue(feat.id(), field_zones, zones_result)
layer_GE.updateFields()
layer_GE.commitChanges()
```

Calcolo del volume lordo delle ZTT al livello superiore/di base in posizione angolare per ogni GE

```
layer_GE.startEditing()
field_TopCorner=layer_GE.dataProvider().addAttributes( [QgsField("Vtopcorner",
QVariant.Double)])
layer_GE.commitChanges()
```

```
layer_GE.startEditing()
field_volume=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Vtopcorner')
print field_volume
for feat in layer_GE.getFeatures():
    if feat['N_FLOORS']==0:
        volume_result=0.0
    elif feat['ZTperfloor']<4:
        volume_result=0.0
    elif feat['N_FLOORS']<=2:
        if feat['ZTperfloor']==4:
            volume_result=0.5*feat['VOL_TOT']
        elif feat['ZTperfloor']>4:
            volume_result=(0.5*feat['Weighted_H'])*(4*feat['ZTgrossSurf'])
    elif feat['N_FLOORS']>2:
        if feat['ZTperfloor']==4:
            volume_result=feat['VOL_TOT']/feat['N_FLOORS']
        elif feat['ZTperfloor']>4:
            volume_result=feat['FloorHeigh']*4*feat['ZTgrossSurf']
        print feat['Group_ID'],volume_result
        layer_GE.changeAttributeValue(feat.id(), field_volume, volume_result)
layer_GE.updateFields()
layer_GE.commitChanges()
```

Calcolo del volume lordo delle ZTT al livello superiore/di base in posizione centrale per ogni GE

```
layer_GE.startEditing()
field_TopIntermediate=layer_GE.dataProvider().addAttributes( [QgsField("Vtopinterm",
QVariant.Double)])
layer_GE.commitChanges()
```

```
layer_GE.startEditing()
field_volume=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Vtopinterm')
field_gtc=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Vtopcorner')
print field_volume,field_gtc
for feat in layer_GE.getFeatures():
    if feat['N_FLOORS']==0:
        volume_result=0.0
    elif feat['ZTperfloor']<=4:
        volume_result=0.0
    elif feat['N_FLOORS']<=2 and feat['ZTperfloor']>4:
        volume_result=0.5*feat['VOL_TOT']-feat['Vtopcorner']
    elif feat['N_FLOORS']>2and feat['ZTperfloor']>4:
        volume_result=feat['FloorHeigh']*feat['SURF_TOT']-feat['Vtopcorner']
    print feat['Group_ID'],volume_result
    layer_GE.changeAttributeValue(feat.id(), field_volume, volume_result)
layer_GE.updateFields()
```

```
layer_GE.commitChanges()
```

Calcolo del volume lordo delle ZTT ai livelli intermedi in posizione angolare per ogni GE

```
layer_GE.startEditing()
field_IntermediateCorner=layer_GE.dataProvider().addAttributes( [QgsField("Vedge",
QVariant.Double)])
layer_GE.commitChanges()
```

```
layer_GE.startEditing()
field_volume=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Vedge')
print field_volume
for feat in layer_GE.getFeatures():
    if feat['N_FLOORS']<=2:
        volume_result=0.0
    elif feat['ZTperfloor']<4:
        volume_result=0.0
    elif feat['N_FLOORS']>2 and feat['ZTperfloor']==4:
        volume_result=feat['VOL_TOT']-2*feat['Vtopcorner']
    elif feat['N_FLOORS']>2and feat['ZTperfloor']>4:
        volume_result=4*feat ['ZTgrosSurf']*feat['Weighted_H']-2*feat['Vtopcorner']
    print feat['Group_ID'],volume_result
    layer_GE.changeAttributeValue(feat.id(), field_volume, volume_result)
layer_GE.updateFields()
layer_GE.commitChanges()
```

Calcolo del volume lordo delle ZTT ai livelli intermedi in posizione centrale per ogni GE

```
layer_GE.startEditing()
field_Internal=layer_GE.dataProvider().addAttributes( [QgsField("Vinternal",
QVariant.Double)])
layer_GE.commitChanges()
```

```
layer_GE.startEditing()
field_volume=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Vinternal')
print field_volume
for feat in layer_GE.getFeatures():
    if feat['N_FLOORS']>2 and feat['ZTperfloor']>4:
        volume_result=feat['VOL_TOT']-
(2*feat['Vtopcorner']+2*feat['Vtopinterm']+feat['Vedge'])
    else:
        volume_result=0.0
    print feat['Group_ID'],volume_result
    layer_GE.changeAttributeValue(feat.id(), field_volume, volume_result)
layer_GE.updateFields()
layer_GE.commitChanges()
```

Calcolo della somma del volume delle ZTT al livello superiore/di base in posizione angolare per ogni sezione di censimento

```
layer_GE.startEditing()
layer_GE.dataProvider().addAttributes([QgsField("Tot_VTC",QVariant.Double)])
layer_GE.commitChanges()
```

```
layer_GE.startEditing()
census_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('SEZ')
volume_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Vtopcorner')
result_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Tot_VTC')
print census_field,volume_field,result_field
uniquevalues=layer_GE.uniqueValues(census_field,limit=10000)
for uv in uniquevalues:
    tot = 0.0
    exp = QgsExpression('SEZ = ' + str(uv))
    request = QgsFeatureRequest(exp)
    features=layer_GE.getFeatures(request)
    for feat in features:
        tot+=feat.attributes()[volume_field]
    print uv,tot
    layer_GE.changeAttributeValue(feat.id(),result_field,tot)
```

```
layer_GE.updateFields()
layer_GE.commitChanges()
```

Calcolo della somma del volume delle ZTT al livello superiore/di base in posizione centrale per ogni sezione di censimento

```
layer_GE.startEditing()
layer_GE.dataProvider().addAttributes([QgsField("Tot_VTI",QVariant.Double)])
layer_GE.commitChanges()
```

```
layer_GE.startEditing()
census_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('SEZ')
volume_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Vtopinterm')
result_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Tot_VTI')
print census_field,volume_field,result_field
uniquevalues=layer_GE.uniqueValues(census_field,limit=10000)
for uv in uniquevalues:
    tot = 0.0
    exp = QgsExpression('SEZ = ' + str(uv))
    request = QgsFeatureRequest(exp)
    features=layer_GE.getFeatures(request)
    for feat in features:
        tot+=feat.attributes()[volume_field]
    print uv,tot
    layer_GE.changeAttributeValue(feat.id(),result_field,tot)
layer_GE.updateFields()
layer_GE.commitChanges()
```

Calcolo della somma del volume delle ZTT ai livelli intermedi in posizione angolare per ogni sezione di censimento

```
layer_GE.startEditing()
layer_GE.dataProvider().addAttributes([QgsField("Tot_VE",QVariant.Double)])
layer_GE.commitChanges()
```

```
layer_GE.startEditing()
census_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('SEZ')
volume_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Vedge')
result_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Tot_VE')
print census_field,volume_field,result_field
uniquevalues=layer_GE.uniqueValues(census_field,limit=10000)
for uv in uniquevalues:
    tot = 0.0
    exp = QgsExpression('SEZ = ' + str(uv))
    request = QgsFeatureRequest(exp)
    features=layer_GE.getFeatures(request)
    for feat in features:
        tot+=feat.attributes()[volume_field]
    print uv,tot
    layer_GE.changeAttributeValue(feat.id(),result_field,tot)
layer_GE.updateFields()
layer_GE.commitChanges()
```

Calcolo della somma del volume delle ZTT ai livelli intermedi in posizione centrale per ogni sezione di censimento

```
layer_GE.startEditing()
layer_GE.dataProvider().addAttributes([QgsField("Tot_VMI",QVariant.Double)])
layer_GE.commitChanges()
```

```
layer_GE.startEditing()
census_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('SEZ')
volume_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Vinternal')
result_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Tot_VMI')
print census_field,volume_field,result_field
uniquevalues=layer_GE.uniqueValues(census_field,limit=10000)
for uv in uniquevalues:
    tot = 0.0
```

```
exp = QgsExpression('SEZ = ' + str(uv))
request = QgsFeatureRequest(exp)
features=layer_GE.getFeatures(request)
for feat in features:
    tot+=feat.attributes()[volume_field]
print uv,tot
layer_GE.changeAttributeValue(feat.id(),result_field,tot)
layer_GE.updateFields()
layer_GE.commitChanges()
```

Trasferimento del dato di volume delle ZTT al livello superiore/di base in posizione angolare al vettore Sezioni di Censimento

```
layerSEZCENS.startEditing()
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField("Tot_VTC",QVariant.Double)])
layerSEZCENS.commitChanges()

layerSEZCENS.startEditing()
bld_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('SEZ')
sez_field=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('SEZ')
vol_bldfield=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Tot_VTC')
vol_sezfield=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('Tot_VTC')
print bld_field,sez_field,vol_bldfield,vol_sezfield
result=0.0
for f in layerSEZCENS.getFeatures():
    for feat in layer_GE.getFeatures():
        if f['SEZ']==feat['SEZ']:
            result=feat['Tot_VTC']
        print f['SEZ'], result
        layerSEZCENS.changeAttributeValue(f.id(),vol_sezfield,result)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()
```

Trasferimento del dato di volume delle ZTT al livello superiore/di base in posizione centrale al vettore Sezioni di Censimento

```
layerSEZCENS.startEditing()
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField("Tot_VTI",QVariant.Double)])
layerSEZCENS.commitChanges()

layerSEZCENS.startEditing()
bld_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('SEZ')
sez_field=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('SEZ')
vol_bldfield=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Tot_VTI')
vol_sezfield=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('Tot_VTI')
print bld_field,sez_field,vol_bldfield,vol_sezfield
result=0.0
for f in layerSEZCENS.getFeatures():
    for feat in layer_GE.getFeatures():
        if f['SEZ']==feat['SEZ']:
            result=feat['Tot_VTI']
        print f['SEZ'], result
        layerSEZCENS.changeAttributeValue(f.id(),vol_sezfield,result)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()
```

Trasferimento del dato di volume delle ZTT ai livelli intermedi in posizione angolare al vettore Sezioni di Censimento

```
layerSEZCENS.startEditing()
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField("Tot_VE",QVariant.Double)])
layerSEZCENS.commitChanges()

layerSEZCENS.startEditing()
bld_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('SEZ')
sez_field=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('SEZ')
vol_bldfield=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Tot_VE')
vol_sezfield=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('Tot_VE')
print bld_field,sez_field,vol_bldfield,vol_sezfield
```

```
result=0.0
for f in layerSEZCENS.getFeatures():
    for feat in layer_GE.getFeatures():
        if f['SEZ']==feat['SEZ']:
            result=feat['Tot_VE']
            print f['SEZ'], result
            layerSEZCENS.changeAttributeValue(f.id(),vol_sezfield,result)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()
```

Trasferimento del dato di volume delle ZTT ai livelli intermedi in posizione centrale al vettore Sezioni di Censimento

```
layerSEZCENS.startEditing()
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField("Tot_VMI",QVariant.Double)])
layerSEZCENS.commitChanges()
```

```
layerSEZCENS.startEditing()
bld_field=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('SEZ')
sez_field=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('SEZ')
vol_bldfield=layer_GE.dataProvider().fieldNameIndex('Tot_VMI')
vol_sezfield=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('Tot_VMI')
print bld_field,sez_field,vol_bldfield,vol_sezfield
result=0.0
for f in layerSEZCENS.getFeatures():
    for feat in layer_GE.getFeatures():
        if f['SEZ']==feat['SEZ']:
            result=feat['Tot_VMI']
            print f['SEZ'], result
            layerSEZCENS.changeAttributeValue(f.id(),vol_sezfield,result)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()
```

Calcolo del volume costruito per ogni Sezioni di Censimento come somma del volume delle ZTT

```
layerSEZCENS.startEditing()
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField("BuiltVol",QVariant.Double)])
layerSEZCENS.commitChanges()
```

```
layerSEZCENS.startEditing()
sez_field=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('SEZ')
vol_field=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('BuiltVol')
print sez_field,vol_field
result=0.0
for feat in layerSEZCENS.getFeatures():
    result=2*feat['Tot_VTC']+2*feat['Tot_VTI']+feat['Tot_VE']+feat['Tot_VMI']
    print feat['SEZ'], result
    layerSEZCENS.changeAttributeValue(feat.id(),vol_field,result)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()
```

5.5.5 Analisi del volume per destinazione d'uso (B3)

Calcolo della superficie ad uso residenziale per ogni sezione di censimento

```
layerSEZCENS.startEditing()
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField("ResidenVol",QVariant.Double)])
layerSEZCENS.commitChanges()
```

```
layerSEZCENS.startEditing()
field_volume=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('ResidenVol')
print field_volume
for feat in layerSEZCENS.getFeatures():
    if feat['A2']== 0 or feat['A2']== NULL:
        vol_result=0.0
    else:
        area=((feat['A44']/feat['A2'])*feat['A3'])+feat ['A44']
        if feat ['SezMainAge']==0:
```

```

        vol_result=0.0
    else:
        vol_result=(area*3)/feat ['COEFF_VOL']
        print feat['SEZ'],vol_result
        layerSEZCENS.changeAttributeValue(feat.id(), field_volume, vol_result)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()

```

Calcolo della percentuale ponderata degli edifici ad uso uffici rispetto agli edifici ad uso non residenziale per ogni sezione di censimento

```

layerSEZCENS.startEditing()
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField("Direz%pond",QVariant.Double)]) #in
testo tesi è chiamato "Off%NotRes"
layerSEZCENS.commitChanges()

```

```

layerSEZCENS.startEditing()
field_OffPercentage=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('Direz%pond')
print field_OffPercentage
for feat in layerSEZCENS.getFeatures():
    if feat['EdNoRes']==0.0:
        share_edifici=0.0
    else:
        share_edifici=feat['EdifDirez']/float(feat['EdNoRes'])
    if feat['ComplNoRes']==0.0:
        share_complessi=0.0
    else:
        share_complessi=feat['CompDirez']/float(feat['ComplNoRes'])
    numeratore=feat['EdifDirez']*share_edifici+feat['CompDirez']*share_complessi
    denominatore=feat['EdifDirez']+feat['CompDirez']
    if denominatore==0.0:
        share_result=0.0
    else:
        share_result=numeratore/float(denominatore)
    print "SEZ", share_result
    layerSEZCENS.changeAttributeValue(feat.id(), field_OffPercentage, share_result)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()

```

Calcolo della percentuale del volume ad uso residenziale rispetto al volume costruito per ogni sezione di censimento

```

layerSEZCENS.startEditing()
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField("RES%",QVariant.Double)])
layerSEZCENS.commitChanges()

layerSEZCENS.startEditing()
field_percentage=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('RES%')
print field_percentage
for feat in layerSEZCENS.getFeatures():
    if feat['BuiltVol']==0 or feat['BuiltVol']==NULL or feat['ResidenVol']==0 or
feat['ResidenVol']==NULL:
        percentage_result =0.0
    elif feat['ResidenVol']<feat['BuiltVol']:
        percentage_result = feat['ResidenVol']/float(feat['BuiltVol'])
    elif feat['ResidenVol']>feat['BuiltVol']:
        percentage_result =1.0
    print percentage_result
    layerSEZCENS.changeAttributeValue(feat.id(), field_percentage, percentage_result)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()

```

Calcolo della percentuale del volume ad uso uffici rispetto al volume costruito per ogni sezione di censimento

```

layerSEZCENS.startEditing()
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField("OFF%",QVariant.Double)])
layerSEZCENS.commitChanges()

```

```
layerSEZCENS.startEditing()
field_percentage=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('OFF%')
print field_percentage
for feat in layerSEZCENS.getFeatures():
    if feat['BuiltVol']==NULL or feat['Direz%pond']==NULL or feat['BuiltVol']==0 or
feat['Direz%pond']==0:
        percentage_result =0.0
    else:
        percentage_result=(1.0-feat['RES%'])*feat['Direz%pond']
    print percentage_result
    layerSEZCENS.changeAttributeValue(feat.id(), field_percentage, percentage_result)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()
```

Calcolo del volume delle ZTT ad uso residenziale collocate al livello di base/superiore in posizione angolare per ogni sezione di censimento

```
layerSEZCENS.startEditing()
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField("ResTopCVol",QVariant.Double)])
layerSEZCENS.commitChanges()
```

```
layerSEZCENS.startEditing()
field_volume=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('ResTopCVol')
print field_volume
for feat in layerSEZCENS.getFeatures():
    volume_result=feat['RES%']*feat['Tot_VTC']
    print volume_result
    layerSEZCENS.changeAttributeValue(feat.id(), field_volume, volume_result)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()
```

Calcolo del volume delle ZTT ad uso residenziale collocate al livello di base/superiore in posizione centrale per ogni sezione di censimento

```
layerSEZCENS.startEditing()
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField("ResTopIVol",QVariant.Double)])
layerSEZCENS.commitChanges()
```

```
layerSEZCENS.startEditing()
field_volume=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('ResTopIVol')
print field_volume
for feat in layerSEZCENS.getFeatures():
    volume_result=feat['RES%']*feat['Tot_VTI']
    print volume_result
    layerSEZCENS.changeAttributeValue(feat.id(), field_volume, volume_result)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()
```

Calcolo del volume delle ZTT ad uso residenziale collocate ai livelli intermedi in posizione angolare per ogni sezione di censimento

```
layerSEZCENS.startEditing()
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField("ResEdgeVol",QVariant.Double)])
layerSEZCENS.commitChanges()
```

```
layerSEZCENS.startEditing()
field_volume=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('ResEdgeVol')
print field_volume
for feat in layerSEZCENS.getFeatures():
    volume_result=feat['RES%']*feat['Tot_VE']
    print volume_result
    layerSEZCENS.changeAttributeValue(feat.id(), field_volume, volume_result)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()
```

Calcolo del volume delle ZTT ad uso residenziale collocate ai livelli intermedi in posizione centrale per ogni sezione di censimento

```
layerSEZCENS.startEditing()
```

```
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField("ResMidIVol",QVariant.Double)])
layerSEZCENS.commitChanges()
```

```
layerSEZCENS.startEditing()
field_volume=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('ResMidIVol')
print field_volume
for feat in layerSEZCENS.getFeatures():
    volume_result=feat['RES%']*feat['Tot_VMI']
    print volume_result
    layerSEZCENS.changeAttributeValue(feat.id(), field_volume, volume_result)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()
```

Calcolo del volume delle ZTT ad uso uffici collocate al livello di base/superiore in posizione angolare per ogni sezione di censimento

```
layerSEZCENS.startEditing()
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField("OffTopCvol",QVariant.Double)])
layerSEZCENS.commitChanges()
```

```
layerSEZCENS.startEditing()
field_volume=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('OffTopCvol')
print field_volume
for feat in layerSEZCENS.getFeatures():
    volume_result=feat['OFF%']*feat['Tot_VTC']
    print volume_result
    layerSEZCENS.changeAttributeValue(feat.id(), field_volume, volume_result)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()
```

Calcolo del volume delle ZTT ad uso uffici collocate al livello di base/superiore in posizione centrale per ogni sezione di censimento

```
layerSEZCENS.startEditing()
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField("OffTopIvol",QVariant.Double)])
layerSEZCENS.commitChanges()
```

```
layerSEZCENS.startEditing()
field_volume=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('OffTopIvol')
print field_volume
for feat in layerSEZCENS.getFeatures():
    volume_result=feat['OFF%']*feat['Tot_VTI']
    print volume_result
    layerSEZCENS.changeAttributeValue(feat.id(), field_volume, volume_result)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()
```

Calcolo del volume delle ZTT ad uso uffici collocate ai livelli intermedi in posizione angolare per ogni sezione di censimento

```
layerSEZCENS.startEditing()
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField("OffEdgeVol",QVariant.Double)])
layerSEZCENS.commitChanges()
```

```
layerSEZCENS.startEditing()
field_volume=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('OffEdgeVol')
print field_volume
for feat in layerSEZCENS.getFeatures():
    volume_result=feat['OFF%']*feat['Tot_VE']
    print volume_result
    layerSEZCENS.changeAttributeValue(feat.id(), field_volume, volume_result)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()
```

Calcolo del volume delle ZTT ad uso uffici collocate ai livelli intermedi in posizione centrale per ogni sezione di censimento

```
layerSEZCENS.startEditing()
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField("OffMidIvol",QVariant.Double)])
```

```
layerSEZCENS.commitChanges()

layerSEZCENS.startEditing()
field_volume=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex('OffMidIvol')
print field_volume
for feat in layerSEZCENS.getFeatures():
    volume_result=feat['OFF%']*feat['Tot_VMI']
    print volume_result
    layerSEZCENS.changeAttributeValue(feat.id(), field_volume, volume_result)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()
```

Calcolo del volume costruito ad uso residenziale per ogni sezione di censimento

```
layerSEZCENS.startEditing()
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField('VolRESIDEN',QVariant.Double)])
layerSEZCENS.commitChanges()
```

```
layerSEZCENS.startEditing()
field_volres=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex("VolRESIDEN")
print field_volres
for feat in layerSEZCENS.getFeatures():
    vol_tot=feat['ResTopCVol']*2+feat['ResTopIVol']*2+feat['ResEdgeVol']+feat['ResMidIVol']
    print vol_tot
    layerSEZCENS.changeAttributeValue(feat.id(), field_volres, vol_tot)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()
```

Calcolo del volume costruito ad uso uffici per ogni sezione di censimento

```
layerSEZCENS.startEditing()
layerSEZCENS.dataProvider().addAttributes([QgsField('VolOFFICES',QVariant.Double)])
layerSEZCENS.commitChanges()
```

```
layerSEZCENS.startEditing()
field_volter=layerSEZCENS.dataProvider().fieldNameIndex("VolOFFICES")
print field_volter
for feat in layerSEZCENS.getFeatures():
    vol_tot=feat['OffTopCVol']*2+feat['OffTopIVol']*2+feat['OffEdgeVol']+feat['OffMidIVol']
    print vol_tot
    layerSEZCENS.changeAttributeValue(feat.id(), field_volter, vol_tot)
layerSEZCENS.updateFields()
layerSEZCENS.commitChanges()
```

5.5.6 Stima dei profili energetici urbani (C)

Calcolo dei fabbisogni termici per riscaldamento degli edifici residenziali

```
layersez.startEditing()
layersez.dataProvider().addAttributes([QgsField('ETh_res',QVariant.Double)])
layersez.commitChanges()
```

```
layersez.startEditing()
field_need=layersez.dataProvider().fieldNameIndex("ETh_res")
print field_need
```

```
RES_old_GCm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano
terra in un edificio residenziale vecchio
RES_old_GI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano
terra in un edificio residenziale vecchio
RES_old_ICm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla zona termica angolare
al piano intermedio in un edificio residenziale vecchio
RES_old_II= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla zona termica centrale
al piano intermedio in un edificio residenziale vecchio
RES_old_TCm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano
superiore in un edificio residenziale vecchio
RES_old_TI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano
superiore in un edificio residenziale vecchio
```

```
RES_6080_GCm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano terra in un edificio residenziale degli anni '60-'80
RES_6080_GI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano terra in un edificio residenziale degli anni '60-'80
RES_6080_ICm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla zona termica angolare al piano intermedio in un edificio residenziale degli anni '60-'80
RES_6080_II= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla zona termica centrale al piano intermedio in un edificio residenziale degli anni '60-'80
RES_6080_TcM= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano superiore in un edificio residenziale degli anni '60-'80
RES_6080_TI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano superiore in un edificio residenziale degli anni '60-'80
```

```
RES_new_GCm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano terra in un edificio residenziale recente
RES_new_GI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano terra in un edificio residenziale recente
RES_new_ICm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano intermedio in un edificio residenziale recente
RES_new_II= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla zona termica centrale al piano intermedio in un edificio residenziale recente
RES_new_TcM= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano superiore in un edificio residenziale recente
RES_new_TI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano superiore in un edificio residenziale recente
```

```
for feat in layersez.getFeatures():
    if feat['SezMainAge']==0 or feat['SezMainAge']==NULL:
        hneed=0.0
    elif feat['SezMainAge']<4

hneed=feat['ResTopCVol']*RES_old_GCm+feat['ResTopIVol']*RES_old_GI+feat['ResEdgeVol']*RES_old_ICm+feat['ResMidIVol']*RES_old_II+feat['ResTopCVol']*RES_old_TcM+feat['ResTopIVol']*RES_old_TI
    elif feat['SezMainAge']<7
hneed=feat['ResTopCVol']*RES_6080_GCm+feat['ResTopIVol']*RES_6080_GI+feat['ResEdgeVol']*RES_6080_ICm+feat['ResMidIVol']*RES_6080_II+feat['ResTopCVol']*RES_6080_TcM+feat['ResTopIVol']*RES_6080_TI
    elif feat['SezMainAge']>6

hneed=feat['ResTopCVol']*RES_new_GCm+feat['ResTopIVol']*RES_new_GI+feat['ResEdgeVol']*RES_new_ICm+feat['ResMidIVol']*RES_new_II+feat['ResTopCVol']*RES_new_TcM+feat['ResTopIVol']*RES_new_TI
    print hneed
    layersez.changeAttributeValue(feat.id(),field_need,hneed)
layersez.updateFields()
layersez.commitChanges()
```

Calcolo dei fabbisogni termici per riscaldamento degli edifici ad uso ufficio

```
layersez.startEditing()
layersez.dataProvider().addAttributes([QgsField('ETh_off',QVariant.Double)])
layersez.commitChanges()
```

```
layersez.startEditing()
field_need=layersez.dataProvider().fieldNameIndex("ETh_off")
print field_need
```

```
OFF_old_GCm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano terra in un edificio uso uffici vecchio
OFF_old_GI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano terra in un edificio uso uffici vecchio
OFF_old_ICm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla zona termica angolare al piano intermedio in un edificio uso uffici vecchio
OFF_old_II= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla zona termica centrale al piano intermedio in un edificio uso uffici vecchio
OFF_old_TcM= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano superiore in un edificio uso uffici vecchio
```

OFF_old_TI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano superiore in un edificio uso uffici vecchio

OFF_6080_GCm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano terra in un edificio uso uffici degli anni '60-'80
 OFF_6080_GI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano terra in un edificio uso uffici degli anni '60-'80
 OFF_6080_ICm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla zona termica angolare al piano intermedio in un edificio uso uffici degli anni '60-'80
 OFF_6080_II= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla zona termica centrale al piano intermedio in un edificio uso uffici degli anni '60-'80
 OFF_6080_TcM= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano superiore in un edificio uso uffici degli anni '60-'80
 OFF_6080_TI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano superiore in un edificio uso uffici degli anni '60-'80

OFF_new_GCm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano terra in un edificio uso uffici recente
 OFF_new_GI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano terra in un edificio uso uffici recente
 OFF_new_ICm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano intermedio in un edificio uso uffici recente
 OFF_new_II= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla zona termica centrale al piano intermedio in un edificio uso uffici recente
 OFF_new_TcM= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano superiore in un edificio uso uffici recente
 OFF_new_TI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano superiore in un edificio uso uffici recente

```
for feat in layersez.getFeatures():
    if feat['SezMainAge']==0 or feat['SezMainAge']==NULL:
        hneed=0.0
    elif feat['SezMainAge']<4:
        hneed=feat['OffTopCvol']*OFF_old_GCm+feat['OffTopIvol']*OFF_old_GI+feat['OffEdgeVol']*OFF_old_ICm+feat['OffMidIvol']*OFF_old_II+feat['OffTopCvol']*OFF_old_TcM+feat['OffTopIvol']*OFF_old_TI
    elif feat['SezMainAge']<7:
        hneed=feat['OffTopCvol']*OFF_6080_GCm+feat['OffTopIvol']*OFF_6080_GI+feat['OffEdgeVol']*OFF_6080_ICm+feat['OffMidIvol']*OFF_6080_II+feat['OffTopCvol']*OFF_6080_TcM+feat['OffTopIvol']*OFF_6080_TI
    elif feat['SezMainAge']>6:
        hneed=feat['OffTopCvol']*OFF_new_GCm+feat['OffTopIvol']*OFF_new_GI+feat['OffEdgeVol']*OFF_new_ICm+feat['OffMidIvol']*OFF_new_II+feat['OffTopCvol']*OFF_new_TcM+feat['OffTopIvol']*OFF_new_TI
    print hneed
    layersez.changeAttributeValue(feat.id(),field_need,hneed)
layersez.updateFields()
layersez.commitChanges()
```

Calcolo dei fabbisogni termici per raffrescamento degli edifici residenziali

```
layersez.startEditing()
layersez.dataProvider().addAttributes([QgsField('ETc_res',QVariant.Double)])
layersez.commitChanges()
```

```
layersez.startEditing()
field_need=layersez.dataProvider().fieldNameIndex("ETc_res")
print field_need
```

RES_old_GCm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano terra in un edificio residenziale vecchio
 RES_old_GI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano terra in un edificio residenziale vecchio
 RES_old_ICm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla zona termica angolare al piano intermedio in un edificio residenziale vecchio
 RES_old_II= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla zona termica centrale al piano intermedio in un edificio residenziale vecchio

```
RES_old_TcM= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano
superiore in un edificio residenziale vecchio
RES_old_TI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano
superiore in un edificio residenziale vecchio
```

```
RES_6080_GCm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al
piano terra in un edificio residenziale degli anni '60-'80
RES_6080_GI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano
terra in un edificio residenziale degli anni '60-'80
RES_6080_ICm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla zona termica
angolare al piano intermedio in un edificio residenziale degli anni '60-'80
RES_6080_II= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla zona termica centrale
al piano intermedio in un edificio residenziale degli anni '60-'80
RES_6080_TcM= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al
piano superiore in un edificio residenziale degli anni '60-'80
RES_6080_TI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano
superiore in un edificio residenziale degli anni '60-'80
```

```
RES_new_GCm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano
terra in un edificio residenziale recente
RES_new_GI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano
terra in un edificio residenziale recente
RES_new_ICm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano
intermedio in un edificio residenziale recente
RES_new_II= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla zona termica centrale
al piano intermedio in un edificio residenziale recente
RES_new_TcM= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano
superiore in un edificio residenziale recente
RES_new_TI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano
superiore in un edificio residenziale recente
```

```
for feat in layersez.getFeatures():
    if feat['SezMainAge']==0.0:
        cneed=0.0
    elif feat['SezMainAge']<4:
        cneed=feat['ResTopCVol']*RES_old_GCm+feat['ResTopIVol']*RES_old_GI+feat['ResEdgeVol']*RES
        _old_ICm+feat['ResMidIVol']*RES_old_II+feat['ResTopCVol']*RES_old_TcM+feat['ResTopIVol']*
        RES_old_TI
    elif feat['SezMainAge']<7:
        cneed=feat['ResTopCVol']*RES_6080_GCm+feat['ResTopIVol']*RES_6080_GI+feat['ResEdgeVol']*R
        ES_6080_ICm+feat['ResMidIVol']*RES_6080_II+feat['ResTopCVol']*RES_6080_TcM+feat['ResTopIV
        ol']*RES_6080_TI
    elif feat['SezMainAge']>6:
        cneed=feat['ResTopCVol']*RES_new_GCm+feat['ResTopIVol']*RES_new_GI+feat['ResEdgeVol']*RES
        _new_ICm+feat['ResMidIVol']*RES_new_II+feat['ResTopCVol']*RES_new_TcM+feat['ResTopIVol']*
        RES_new_TI
    print cneed
    layersez.changeAttributeValue(feat.id(),field_need,cneed)
layersez.updateFields()
layersez.commitChanges()
```

Calcolo dei fabbisogni termici per raffrescamento degli edifici ad uso ufficio

```
layersez.startEditing()
layersez.dataProvider().addAttributes([QgsField('ETc_off',QVariant.Double)])
layersez.commitChanges()
```

```
layersez.startEditing()
field_need=layersez.dataProvider().fieldNameIndex("ETc_off")
print field_need
```

```
OFF_old_GCm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano
terra in un edificio uso uffici vecchio
OFF_old_GI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano
terra in un edificio uso uffici vecchio
OFF_old_ICm= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla zona termica angolare
al piano intermedio in un edificio uso uffici vecchio
```

```

OFF_old_II= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla zona termica centrale
al piano intermedio in un edificio uso uffici vecchio
OFF_old_TcM= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano
superiore in un edificio uso uffici vecchio
OFF_old_TI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano
superiore in un edificio uso uffici vecchio

```

```

OFF_6080_GcM= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al
piano terra in un edificio uso uffici degli anni '60-'80
OFF_6080_GI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano
terra in un edificio uso uffici degli anni '60-'80
OFF_6080_IcM= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla zona termica
angolare al piano intermedio in un edificio uso uffici degli anni '60-'80
OFF_6080_II= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla zona termica centrale
al piano intermedio in un edificio uso uffici degli anni '60-'80
OFF_6080_TcM= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al
piano superiore in un edificio uso uffici degli anni '60-'80
OFF_6080_TI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano
superiore in un edificio uso uffici degli anni '60-'80

```

```

OFF_new_GcM= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano
terra in un edificio uso uffici recente
OFF_new_GI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano
terra in un edificio uso uffici recente
OFF_new_IcM= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano
intermedio in un edificio uso uffici recente
OFF_new_II= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla zona termica centrale
al piano intermedio in un edificio uso uffici recente
OFF_new_TcM= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT angolare al piano
superiore in un edificio uso uffici recente
OFF_new_TI= #aggiungere fabbisogno termico specifico relativo alla ZTT centrale al piano
superiore in un edificio uso uffici recente

```

```

for feat in layersez.getFeatures():
    if feat['SezMainAge']==0.0:
        cneed=0.0
    elif feat['SezMainAge']<4:
        cneed=feat['OffTopCVol']*OFF_old_GcM+feat['OffTopIVol']*OFF_old_GI+feat['OffEdgeVol']*OFF
        _old_IcM+feat['OffMidIVol']*OFF_old_II+feat['OffTopCVol']*OFF_old_TcM+feat['OffTopIVol']*
        OFF_old_TI
    elif feat['SezMainAge']<7:
        cneed=feat['OffTopCVol']*OFF_6080_GcM+feat['OffTopIVol']*OFF_6080_GI+feat['OffEdgeVol']*O
        FF_6080_IcM+feat['OffMidIVol']*OFF_6080_II+feat['OffTopCVol']*OFF_6080_TcM+feat['OffTopIV
        ol']*OFF_6080_TI
    elif feat['SezMainAge']>6:
        cneed=feat['OffTopCVol']*OFF_new_GcM+feat['OffTopIVol']*OFF_new_GI+feat['OffEdgeVol']*OFF
        _new_IcM+feat['OffMidIVol']*OFF_new_II+feat['OffTopCVol']*OFF_new_TcM+feat['OffTopIVol']*
        OFF_new_TI
    print cneed
    layersez.changeAttributeValue(feat.id(),field_need,cneed)
layersez.updateFields()
layersez.commitChanges()

```

Calcolo dei fabbisogni termici per ACS degli edifici residenziali

```

layersez.startEditing()
layersez.dataProvider().addAttributes([QgsField('ETw_res',QVariant.Double)])
layersez.commitChanges()

```

```

layersez.startEditing()
field_need=layersez.dataProvider().fieldNameIndex("ETw_res")
print field_need

```

```

sogliasup1=50.0 #superficie lorda di appartamento [m^2]
sogliasup2=120.0 #superficie lorda di appartamento [m^2]
sogliasup3=200.0 #superficie lorda di appartamento [m^2]
sogliasup4=201.0 #superficie lorda di appartamento [m^2]

```

```

hlorda=3.0 #altezza di appartamento [m]

sogliavol1=sogliasup1*hlorda #volume lordo di appartamento [m^3]
sogliavol2=sogliasup2*hlorda #volume lordo di appartamento [m^3]
sogliavol3=sogliasup3*hlorda #volume lordo di appartamento [m^3]
sogliavol4=sogliasup4*hlorda #volume lordo di appartamento [m^3]

ggfabb=300.0 #numero di giorni in un anno per cui è calcolato il fabbisogno di ACS
fabb1=0.087 #fabbisogno termico specifico giornaliero per ACS [MJ/m^2gg]
fabb2=0.259 #fabbisogno termico specifico giornaliero per ACS [MJ/m^2gg]
fabb3=0.210 #fabbisogno termico specifico giornaliero per ACS [MJ/m^2gg]
fabb4=0.157 #fabbisogno termico specifico giornaliero per ACS [MJ/m^2gg]

fabbvol1=((fabb1/3.6)*ggfabb*sogliasup1)/float(sogliavol1) #fabbisogno termico specifico
annuo per ACS [kWh/m^3]
fabbvol2=((fabb2/3.6)*ggfabb*sogliasup2)/float(sogliavol2) #fabbisogno termico specifico
annuo per ACS [kWh/m^3]
fabbvol3=((fabb3/3.6)*ggfabb*sogliasup3)/float(sogliavol3) #fabbisogno termico specifico
annuo per ACS [kWh/m^3]
fabbvol4=((fabb4/3.6)*ggfabb*sogliasup4)/float(sogliavol4) #fabbisogno termico specifico
annuo per ACS [kWh/m^3]

for feat in layersez.getFeatures():
    if feat['A2']==0.0:
        need=0.0
    elif feat['A2']>0.0 and feat['A44']/feat['A2']<sogliasup1:
        need=fabbvol1*feat['VolRESIDEN']
    elif feat['A2']>0.0 and feat['A44']/feat['A2']<sogliasup2:
        need=fabbvol2*feat['VolRESIDEN']
    elif feat['A2']>0.0 and feat['A44']/feat['A2']<sogliasup3:
        need=fabbvol3*feat['VolRESIDEN']
    elif feat['A2']>0.0 and feat['A44']/feat['A2']<sogliasup4:
        need=fabbvol4*feat['VolRESIDEN']
    print need
    layersez.changeAttributeValue(feat.id(),field_need,need)
layersez.updateFields()
layersez.commitChanges()

```

Calcolo dei consumi elettrici degli edifici residenziali

```

layersez.startEditing()
layersez.dataProvider().addAttributes([QgsField('EEl_res',QVariant.Double)])
layersez.commitChanges()

layersez.startEditing()
field_need=layersez.dataProvider().fieldNameIndex("EEl_res")
print field_need

RES_old= #aggiungere consumo elettrico specifico relativo all'edificio residenziale
vecchio
RES_postwar= #aggiungere consumo elettrico specifico relativo all'edificio residenziale
degli anni '60-'80 e recente

for feat in layersez.getFeatures():
    if feat['SezMainAge']==0.0:
        eneed=0.0
    elif feat['SezMainAge']<4:
        eneed=feat['VolRESIDEN']*RES_old
    elif feat['SezMainAge']>3:
        eneed=feat['VolRESIDEN']*RES_postwar
    print eneed
    layersez.changeAttributeValue(feat.id(),field_need,eneed)
layersez.updateFields()
layersez.commitChanges()

```

Calcolo dei consumi elettrici degli edifici ad uso ufficio

```

layersez.startEditing()

```

```
layersez.dataProvider().addAttributes([QgsField('EEl_off',QVariant.Double)])
layersez.commitChanges()

layersez.startEditing()
field_need=layersez.dataProvider().fieldNameIndex("EEl_off")
print field_need

OFF_old= #aggiungere consumo elettrico specifico relativo all'edificio uso uffici vecchio
OFF_postwar=#aggiungere consumo elettrico specifico relativo all'edificio uso uffici
degli anni '60-'80 e recente

for feat in layersez.getFeatures():
    if feat['SezMainAge']==0.0:
        eneed=0.0
    elif feat['SezMainAge'] <4:
        eneed=feat['VolOFFICES']*OFF_old
    elif feat['SezMainAge'] >3:
        eneed=feat['VolOFFICES']*OFF_postwar
    print eneed
    layersez.changeAttributeValue(feat.id(),field_need,eneed)
layersez.updateFields()
layersez.commitChanges()
```

Poiché gli script per la stima dei consumi energetici sono uguali a meno dell'indicazione della fonte energetica in oggetto, si riporta di seguito solo uno script esemplare per ogni tipo di calcolo (in particolare quello relativo al gas naturale per i servizi di riscaldamento ed ACS e quello relativo all'energia elettrica per il servizio di raffrescamento) tuttavia si segnala che, nell'applicazione della procedura, bisogna eseguire ogni singolo script per tutti i vettori considerati.

Calcolo dei fabbisogni termici per riscaldamento degli edifici residenziali ripartiti per fonte energetica

```
layersez.startEditing()
layersez.dataProvider().addAttributes([QgsField("EThr_gas",QVariant.Double)])
layersez.commitChanges()

layersez.startEditing()
field_quotaneed=layersez.dataProvider().fieldNameIndex('EThr_gas')
print field_quotaneed
for feat in layersez.getFeatures():
    quotaneed=feat['ETh_res']*feat['SupHgas']
    print quotaneed
    layersez.changeAttributeValue(feat.id(),field_quotaneed,quotaneed)
layersez.updateFields()
layersez.commitChanges()
```

Calcolo dei consumi di energia finale per riscaldamento degli edifici residenziali per ogni fonte energetica

```
layersez.startEditing()
layersez.dataProvider().addAttributes([QgsField("CEFhr_gas",QVariant.Double)])
layersez.commitChanges()

layersez.startEditing()
field_consumo=layersez.dataProvider().fieldNameIndex('CEFhr_gas')
print field_consumo
for feat in layersez.getFeatures():
    rendimento=0.95*0.82
    consumo=feat['EThr_gas']/rendimento
    print feat['SEZ'],feat['EThr_gas'], rendimento, consumo
    layersez.changeAttributeValue(feat.id(),field_consumo, consumo)
layersez.updateFields()
layersez.commitChanges()
```

Calcolo dei fabbisogni termici per riscaldamento degli edifici ad uso ufficio ripartiti per fonte energetica

```
layersez.startEditing()
layersez.dataProvider().addAttributes([QgsField("ETho_gas",QVariant.Double)])
layersez.commitChanges()

layersez.startEditing()
field_quotaneed=layersez.dataProvider().fieldNameIndex('ETho_gas')
```

```
print field_quotaneed
for feat in layersez.getFeatures():
    quotaneed=feat['ET_h_off']*feat['PuH_Cgas']
    print quotaneed
    layersez.changeAttributeValue(feat.id(), field_quotaneed, quotaneed)
layersez.updateFields()
layersez.commitChanges()
```

Calcolo dei consumi di energia finale per riscaldamento degli edifici ad uso ufficio per ogni fonte energetica

```
layersez.startEditing()
layersez.dataProvider().addAttributes([QgsField("CEFho_gas",QVariant.Double)])
layersez.commitChanges()
```

```
layersez.startEditing()
field_consumo=layersez.dataProvider().fieldNameIndex('CEFho_gas')
print field_consumo
for feat in layersez.getFeatures():
    rendimento=0.95*0.82
    consumo=feat['ET_h_gas']/rendimento
    print feat['SEZ'],consumo
    layersez.changeAttributeValue(feat.id(), field_consumo, consumo)
layersez.updateFields()
layersez.commitChanges()
```

Calcolo dei fabbisogni termici per raffrescamento degli edifici residenziali ripartiti per fonte energetica

```
layersez.startEditing()
layersez.dataProvider().addAttributes([QgsField("ETcr_ele",QVariant.Double)])
layersez.commitChanges()
```

```
layersez.startEditing()
field_quotaneed=layersez.dataProvider().fieldNameIndex('ETcr_ele')
print field_quotaneed
for feat in layersez.getFeatures():
    quotaneed=feat['ETc_res']*feat['SupC']
    print quotaneed
    layersez.changeAttributeValue(feat.id(), field_quotaneed, quotaneed)
layersez.updateFields()
layersez.commitChanges()
```

Calcolo dei consumi di energia finale per raffrescamento degli edifici residenziali per ogni fonte energetica

```
layersez.startEditing()
layersez.dataProvider().addAttributes([QgsField("CEFcr_ele",QVariant.Double)])
layersez.commitChanges()
```

```
layersez.startEditing()
field_consumo=layersez.dataProvider().fieldNameIndex('CEFcr_ele')
print field_consumo
for feat in layersez.getFeatures():
    rendimento=2.5*0.82
    consumo=feat['ETcr_ele']/rendimento
    print feat['SEZ'],consumo
    layersez.changeAttributeValue(feat.id(), field_consumo, consumo)
layersez.updateFields()
layersez.commitChanges()
```

Calcolo dei fabbisogni termici per raffrescamento degli edifici ad uso ufficio ripartiti per fonte energetica

```
layersez.startEditing()
layersez.dataProvider().addAttributes([QgsField("ETco_hpele",QVariant.Double)])
layersez.commitChanges()
```

```
layersez.startEditing()
field_quotaneed=layersez.dataProvider().fieldNameIndex('ETco_hpele')
print field_quotaneed
for feat in layersez.getFeatures():
    quotaneed=feat['ETc_off']*feat['PuC_HPele']
    print quotaneed
```

```
layersez.changeAttributeValue(feat.id(), field_quotaneed, quotaneed)
layersez.updateFields()
layersez.commitChanges()
```

Calcolo dei consumi di energia finale per raffrescamento degli edifici ad uso ufficio per ogni fonte energetica

```
layersez.startEditing()
layersez.dataProvider().addAttributes([QgsField("CEFco_ele", QVariant.Double)])
layersez.commitChanges()
```

```
layersez.startEditing()
field_consumo=layersez.dataProvider().fieldNameIndex('CEFco_ele')
print field_consumo
for feat in layersez.getFeatures():
    rendimento=2.5*0.82
    consumo=feat['ETco_hpele']/rendimento
    print feat['SEZ'], consumo
    layersez.changeAttributeValue(feat.id(), field_consumo, consumo)
layersez.updateFields()
layersez.commitChanges()
```

Calcolo dei fabbisogni termici per ACS degli edifici residenziali ripartiti per fonte energetica

```
layersez.startEditing()
layersez.dataProvider().addAttributes([QgsField("ETwr_gas", QVariant.Double)])
layersez.commitChanges()
```

```
layersez.startEditing()
field_quotaneed=layersez.dataProvider().fieldNameIndex('ETwr_gas')
print field_quotaneed
for feat in layersez.getFeatures():
    quotaneed=feat['ETw_res']*feat['SupWgas']
    print quotaneed
    layersez.changeAttributeValue(feat.id(), field_quotaneed, quotaneed)
layersez.updateFields()
layersez.commitChanges()
```

Calcolo dei consumi di energia finale per ACS degli edifici residenziali per ogni fonte energetica

```
layersez.startEditing()
layersez.dataProvider().addAttributes([QgsField("CEFwr_gas", QVariant.Double)])
layersez.commitChanges()
```

```
layersez.startEditing()
field_consumo=layersez.dataProvider().fieldNameIndex('CEFwr_gas')
print field_consumo
for feat in layersez.getFeatures():
    rendimento=0.85*0.70
    consumo=feat['ETwr_gas']/rendimento
    print feat['SEZ'], consumo
    layersez.changeAttributeValue(feat.id(), field_consumo, consumo)
layersez.updateFields()
layersez.commitChanges()
```