



Ricerca di Sistema elettrico

Efficientamento energetico del patrimonio edilizio: approcci, strumenti e metodologie

Allegato 2 – Il caso studio di Carbonia

S. Pili, E. Loria, F. Poggi, C. Frau

EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEL PATRIMONIO EDILIZIO: APPROCCI, STRUMENTI E METODOLOGIE
ALLEGATO 2 – IL CASO STUDIO DI CARBONIA

S. Pili, E. Loria, F. Poggi, C. Frau

Dicembre 2019

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - I annualità

Obiettivo 1: *Tecnologie: presidiare e sviluppare tecnologie di prodotto e di processo essenziali per la transizione energetica*

Progetto: Tema 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 1: Edifici ad alta efficienza energetica

Linea di attività: 1.26 Efficientamento energetico del patrimonio edilizio: approcci, strumenti e metodologie

Responsabile del Progetto: Giovanni Puglisi ENEA

Responsabile del Work package: Domenico Iatauro ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "*Metodologie e strumenti per lo sviluppo di strategie di riqualificazione del patrimonio edilizio esistente*"

Responsabile scientifico ENEA: Giovanni Puglisi

Responsabile scientifico SOTACARBO: Marcella Fadda

Hanno collaborato alle attività descritte nel presente documento: Giulia Cau, Marcella Fadda, Enrico Maggio e Alberto Pettinau.

Indice

INTRODUZIONE.....	4
1. NOTA METODOLOGICA.....	5
2. INQUADRAMENTO GENERALE ED ELEMENTI DI STORIA URBANA	7
3. DATI GEOMETRICI	19
4. DATI STATISTICI.....	27
4.1 PROFILO DEMOGRAFICO E STRUTTURA DELLA POPOLAZIONE	27
4.2 DATI STATISTICI SULLA CONSISTENZA E L'USO DEL PATRIMONIO EDILIZIO	32
4.3 DIFFUSIONE DELLE FONTI RINNOVABILI NEGLI EDIFICI	43
4.4 INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO	47
5. QUADRO NORMATIVO LOCALE.....	51
5.1 LO STRUMENTO URBANISTICO COMUNALE GENERALE	52
5.2 LO STRUMENTO PARTICOLAREGGIATO DEL CENTRO STORICO.....	60
5.3 LE NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE	67
5.4 PIANI PARTICOLAREGGIATI DI LOTTIZZAZIONE	70
6. STUDIO PRELIMINARE DEL PATRIMONIO EDILIZIO	73
6.1 TIPI E CARATTERI DELL'ABITAZIONE RAZIONALE A CARBONIA.....	73
6.2 CARATTERI DELLA ESPANSIONE URBANA	76
6.3 EDIFICI PUBBLICI DEL COMUNE DI CARBONIA.....	97

Introduzione

L'allegato riporta sinteticamente i risultati dello studio condotti sugli open data disponibili per la città di Carbonia. Viene tracciato il quadro della conoscenza di sfondo inerente al patrimonio edilizio ed evidenziati i contenuti che potranno essere utilizzati per definire l'approccio tipologico alla base dell'Abaco geografico e dell'UBEM.

1. Nota metodologica

In questa parte sono riportati i risultati delle analisi preliminari svolte sui dati di base relativi al contesto di studio recuperati dagli Open Data disponibili presso diverse fonti ufficiali. Tale fase è funzionale a individuare il livello minimo di dati comunemente accessibili sul territorio, al fine di impostare una procedura replicabile nel contesto della Regione Sardegna.

Riprendendo quanto detto nella parte teorica, i dati di base si possono dividere in tre categorie principali:

- i dati geometrico topografici del patrimonio edilizio e del contesto, che nel nostro caso saranno ricavati prevalentemente dalle SDI della RAS;
- le informazioni riferite alla consistenza e alla componente fisica del patrimonio edilizio, che saranno principalmente ricavate dall'analisi dei dati statistici disponibili (Censimento ISTAT 2011) e tramite materiale documentale riferito al contesto;
- le informazioni sulle modalità d'uso del patrimonio riferite alla componente umana, che in questa fase preliminare, saranno principalmente ricavate dall'analisi dei dati disponibili presso le fonti ufficiali (ISTAT, RAS, etc).

I dati analizzati sono caratterizzati da dettaglio spaziale, cadenza temporale di aggiornamento, struttura e fonti differenti, perciò necessitano di alcune attività di analisi e manipolazione (tabella 1.1). Tali attività sono indirizzate a creare la conoscenza preliminare del contesto, funzionale sia alla strutturazione di una metodologia adeguata, che alla sintesi dei contenuti stessi. Si sono perciò analizzati i dati disponibili al fine di esplicitare le caratteristiche di interesse della popolazione, del patrimonio edilizio e del contesto, riferibili al processo di recupero ed efficientamento energetico del patrimonio edilizio, e la diffusione delle FER. In altre parole si è valutata l'efficacia dei dati disponibili per esplicitare gli elementi che possono influenzare il potenziale di retrofit energetico del patrimonio edilizio:

- vincoli economico – culturali, principalmente rappresentati dalle caratteristiche socio economiche della popolazione residente, che possono favorire o ostacolare l'investimento in efficienza energetica del patrimonio edilizio. Lo studio è svolto principalmente tramite l'analisi dei dati demografici a scala comunale (ISTAT 1991 – 2018) e per sezione censuaria (CPA ISTAT 2011);
- vincoli tecnici, che sono direttamente legati alle caratteristiche costruttive e di obsolescenza del patrimonio edilizio, studiate in questa fase principalmente tramite i dati ISTAT del CPA 2011 e la documentazione a supporto della pianificazione urbanistica comunale e regionale;
- vincoli normativi, che, recuperati ed esplicitati su base spaziale, regolano l'attività edificatoria. Essi provengono dalla normativa urbanistica comunale e dal quadro legislativo regionale e nazionale.

Lo sviluppo specifico della metodologia, richiede perciò in questa fase di ricavare le conoscenze necessarie per l'impostazione dell'approccio tipologico a supporto dell'UBEM e, più in generale, del progetto dell'Abaco Geografico, esplicitando le differenze del patrimonio immobile alla scala sub - comunale. Tale analisi sarà effettuata facendo ricorso a sistemi GIS di trattamento dei dati che possono mettere a sistema informazioni di diverso tipo sul patrimonio edilizio.

I risultati attesi di questa fase preliminare si possono riassumere nei seguenti punti:

- individuazione delle criticità dei dati a libero accesso disponibili e degli elementi informativi mancanti necessari allo sviluppo del progetto;
- individuazione delle possibili azioni di rilievo diretto o indiretto e delle possibili altre fonti ufficiali di dati attualmente non disponibili in formato aperto o con il dettaglio necessario;
- individuazione preliminare dei tessuti urbani presenti e delle principali caratteristiche tipologico - costruttive del patrimonio edilizio di Carbonia;

- individuazione degli elementi del contesto che possono indirizzare verso scenari di retrofit alla scala del singolo edificio e urbana.

Tabella 1.1. Dati di base provenienti da fonti ufficiali analizzati nello studio.

Descrizione dato	Riferimento Spaziale	Riferimento temporale	fonte
Popolazione residente per età, sesso, stato civile	Comunale	Annuale (ultimo 2018)	Open Data ISTAT
Popolazione residente, attività, famiglie, patrimonio edilizio	Comunale Sezioni censuarie	10 anni (2001 - 2011)	Censimento Pop. e delle Abitazioni (ISTAT 2011)
Indagine sui consumi energetici delle famiglie (2013)	Regionale (studio a campione)	Studio riferito al 2013, ma pubblicato tra il 2014-17	(ISTAT 2017)
Piano Urbanistico Comunale Piano Particolareggiato	Zonizzazione (sub comunale) Singolo edificio	Data del piano 2016	Elaborazione dal sito ufficiale del Comune di Carbonia
Dati sui redditi Irpef	Comunale	Annuale (ultimo 2018)	
Caratteristiche delle edilizie tradizionali e moderna e indirizzi per il recupero	nessuno	nessuno	Manuali RAS del recupero dei centri storici
Impianti FER negli edifici che hanno accesso agli incentivi Conto termico e Conto Energetico.	Singolo edificio	Periodico (sub annuale)	ATLAimpianti, Gestore Sistema Elettrico GSE
Interventi di efficientamento energetico che hanno avuto accesso alla detrazione fiscale	Regionale/provinciale	Periodico, Annuale	Report ENEA

Il caso studio è concentrato nel nucleo principale di Carbonia e articolato nelle seguenti parti:

- 1) *Inquadramento generale*, che descrive brevemente il contesto territoriale della città di Carbonia e riporta alcuni elementi di storia urbana;
- 2) *Dati geometrici*, parte principalmente volta ad analizzare la base topografica disponibile (il DBGT della RAS) in vista dello sviluppo dell'UBEM;
- 3) *Dati statistici*, studi di dati statistici disponibili di varia natura volta a tracciare le modalità d'uso del patrimonio;
- 4) *Quadro normativo locale*, principalmente attuato tramite lo studio degli strumenti di Pianificazione Comunale vigenti per l'esplicitazione delle caratteristiche del patrimonio edilizio e dei vincoli normativi.
- 5) *Analisi preliminare del patrimonio*, volta a individuare le caratteristiche dei tessuti urbani in vista dello sviluppo della metodologia tramite l'integrazione su base spaziale di diverse fonti di dati.

2. Inquadramento generale ed elementi di Storia Urbana

Carbonia è uno dei centri urbani principali (circa 28200 ab. ISTAT 2018), della provincia del Sud Sardegna, situata nella parte sud occidentale dell'Isola, denominata Sulcis - Iglesiente. L'altro centro di simile importanza è Iglesias (circa 26400 ab. ISTAT 2018), la città capoluogo storico del Sulcis, che confina a nord col territorio di Carbonia. Il territorio del Comune di Carbonia comprende frazioni e centri abitati e un sistema dei piccoli nuclei detti "medau" (figura 2.1).

Carbonia è una città di città di fondazione edificata durante il periodo fascista (1938) a supporto delle attività mineraria della Grande Miniera di Serbariu. Il centro di fondazione si espande lungo le direttrici principali che seguono il tracciato della statale 126 a nord e a sud del centro e anche nella parte occidentale dello stesso, e nei pressi dell'ingresso al centro urbano dalla strada provinciale 78 a sud est del centro di fondazione.

Il comune, così come tutta l'area del Sulcis, a seguito della dismissione delle attività minerarie è interessato da una forte depressione economica e da una costante emorragia di popolazione delle classi di età giovanili. Il territorio è caratterizzato da una diffusa qualità paesaggistica e ambientale, che si combina con i segni della passata attività mineraria (figura 2.2). Tutta l'area è considerata un bene identitario di insieme (area della Organizzazione Mineraria ex artt. 5 e 9 N.T.A del PPR2006), e la maggior parte del centro urbano ricade nel Centro di Antica e Prima Formazione (CAPF). *(Per maggior dettagli sull'insediamento urbano e sulla sua storia antica e recente si rimanda alla lettura della Relazione generale al PUC del Comune di Carbonia¹).*

Di seguito si propone una discussione sui valori storico architettonici della città di Fondazione che rendono il caso studio di Carbonia esemplare per lo sviluppo di approcci metodologici come quello proposto in questo lavoro.

¹. <https://www.comune.carbonia.su.it/puc-piano-urbanistico>

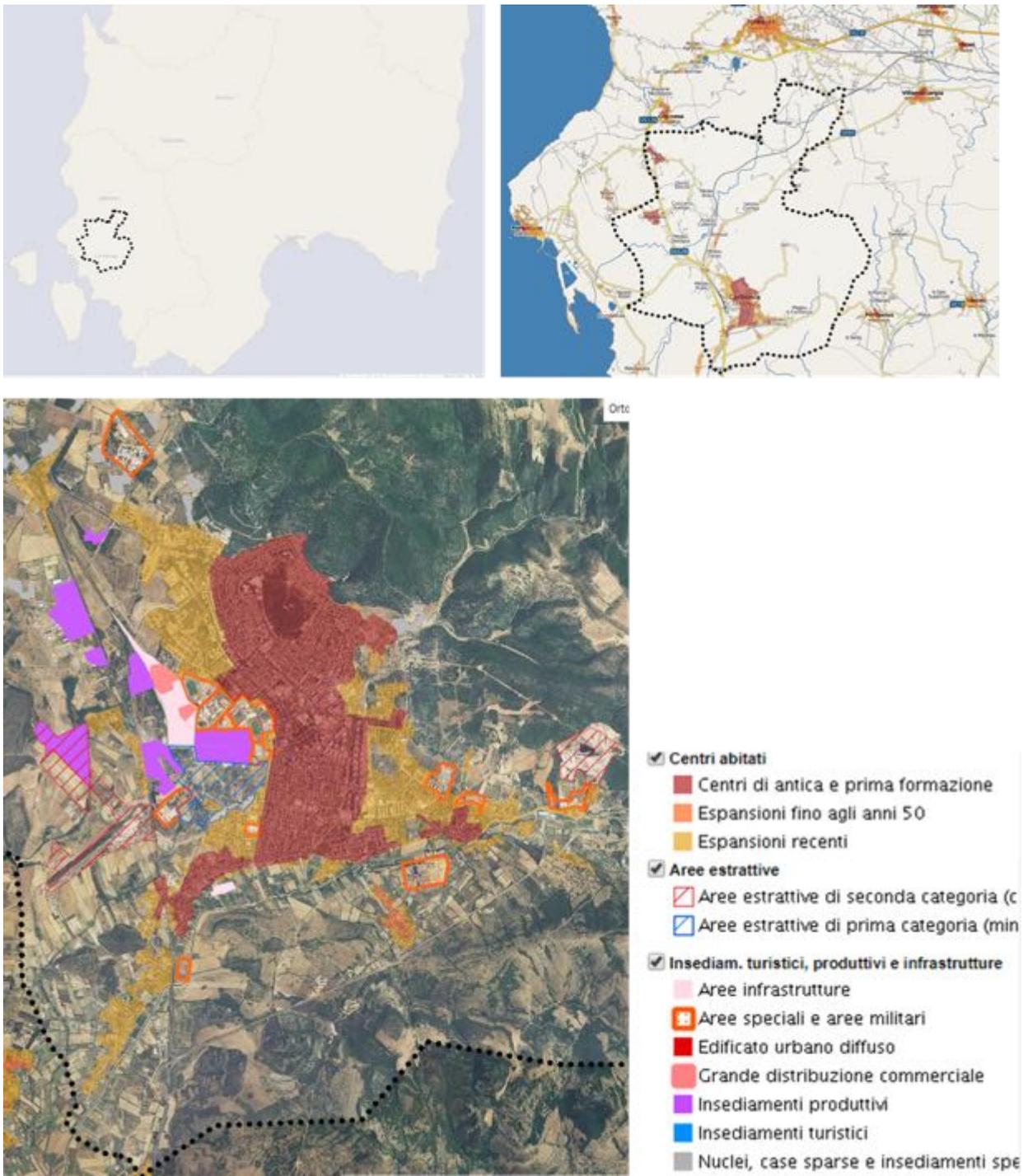


Figura 2.1. Contesto insediativo (dati Geo Portale RAS: <http://www.sardegnageoportale.it/>).



- Centri di antica e prima formazione Atti 2007-2012
■
- Aree dell'organizzazione mineraria
□
- Beni paesaggistici ex art. 143 (areali)
■
- Aree estrattive
 - Aree estrattive di seconda categoria (cave)
 - Aree estrattive di prima categoria (miniere)
- Beni paesaggistici ex art. 136-142
 - ★ Archeologico
 - ★ Architettonico



Figura 2.2. Contesto paesaggistico (dati Geo Portale RAS: <http://www.sardegnameoportale.it/>).

Le prime fondazioni delle città operaie del carbone: gli anni '35 -'36 tra Arsia e Bacu Abis.

Il nucleo originario del polo sardo del carbone, com'è ormai ampiamente noto, non risiede a Carbonia ma qualche chilometro più a nord est, nel comprensorio di Bacu Abis (figura 2.3). Visitato da Mussolini nella tarda primavera del '35, quell'insediamento minerario ottocentesco ha la ventura di fare da palcoscenico all'annuncio della costituzione dell'Azienda Carboni Italiani, e meno di un anno dopo già vede sorgere il primo nucleo di 80 alloggi "razionali" nel contesto di un embrionale "nucleo giardino" del costituendo villaggio operaio. L'accelerazione improvvisa del progetto carbone in Italia coincide con la decisione di rafforzare e intensificare la produzione negli insediamenti minerari esistenti costruendo due piccole *company towns* a bocca di miniera: quella che dopo varie vicissitudini terminologiche verrà chiamata Arsia, nei pressi di Albona (adesso in Croazia), e Bacu Abis, appunto. I nuclei di primo impianto dei due centri, destinati in seguito a una ulteriore espansione, hanno tali analogie da farli ritenere senza alcun dubbio frutto dello stesso pensiero progettuale: quello dello studio *StuArD*² di Trieste, che dal '35, anno di avvio dei progetti per Arsia e Bacu Abis, al '37 quando si comincia a lavorare a Carbonia, è impegnato in un'operazione di allestimento senza precedenti, con centinaia di residenze, alberghi operai, monumenti ed edifici pubblici, oltre al lavoro di pianificazione per le tre città nuove. Il leader riconosciuto dello studio, Gustavo Pulitzer Finali, ha una robusta formazione mitteleuropea, e anche se si è sino ad allora segnalato soprattutto come raffinato progettista navale, mette in piedi un'efficiente e credibile metodologia progettuale per le nuove commesse.

Il progetto per le residenze di Pulitzer e dei suoi collaboratori prende a modello i *cottages* che circa trenta anni prima Raymond Unwin ha codificato come tipo dominante delle città e dei sobborghi giardino inglesi, ma nello stesso tempo li riconverte in una *koinè* nazionale che viene applicata ai poli opposti del Paese, dall'Istria alla Sardegna. La tipologia di gran lunga prevalente cerca una mediazione tra la scelta di riprodurre in serie un tipo estensivo isolato (appunto il *cottage*) e l'esigenza di contenere le dimensioni del singolo alloggio in un *esistenza minimum* rigoroso. Nel caso di Bacu Abis, la testata pubblica preesiste e coincide con il nucleo direzionale della vecchia miniera, a ribadire ancora una volta, se ce ne fosse bisogno, la natura aziendale dell'insediamento. Nel paesaggio del Sulcis, già ricco di fondazioni di città distribuite in un arco di tempo assai lungo, prende posto dunque un ulteriore segno urbano netto e innovativo, accompagnato da un tipo edilizio, questo sì, del tutto inusuale: un edificio isolato nel lotto, costituito fondamentalmente da un corpo rettangolare di circa 16 metri per 9,5, la cui compattezza è esaltata dalla copertura a padiglione che ne rafforza la plasticità. La case sono fondamentalmente composte dall'aggregazione di un modulo-alloggio di tre vani, due stanze da letto più cucina-pranzo-soggiorno. L'impianto di base è estremamente ordinato e regolare, con una maglia quasi quadrata di 8 x 9,5 m attraversata nel senso del lato più lungo da un asse principale che va dall'ingresso alla cucina-soggiorno e garantisce il disimpegno delle stanze da letto e del bagno. Il modulo-base viene replicato specularmente al piano terra e raddoppiato ulteriormente al piano primo. I due moduli al livello superiore sono serviti ciascuno da una scala esterna laterale: le rampe inviluppano al piano terra un volume aggiunto di servizio, mentre il ballatoio superiore con il suo aggetto ripara la sottostante loggia di ingresso. Il carattere estensivo dell'insediamento è temperato dalla ridotta profondità dei lotti residenziali, con rapporti di copertura pari in media al 20% e densità superiori a 1,2 mc/mq. L'orientamento non è curato, nel senso che la stessa abitazione viene ribaltata specularmente rispetto all'asse stradale che si sviluppa in direzione approssimativamente est-ovest, e quindi lo stesso prospetto da un lato della strada risulta esposto a sud e dall'altro a nord.

² In sigla *Studio di architettura e decorazione (o arredamento)*, che deve il suo nome alla specializzazione per la quale era più rinomato, l'allestimento di interni, in particolare quelli navali.

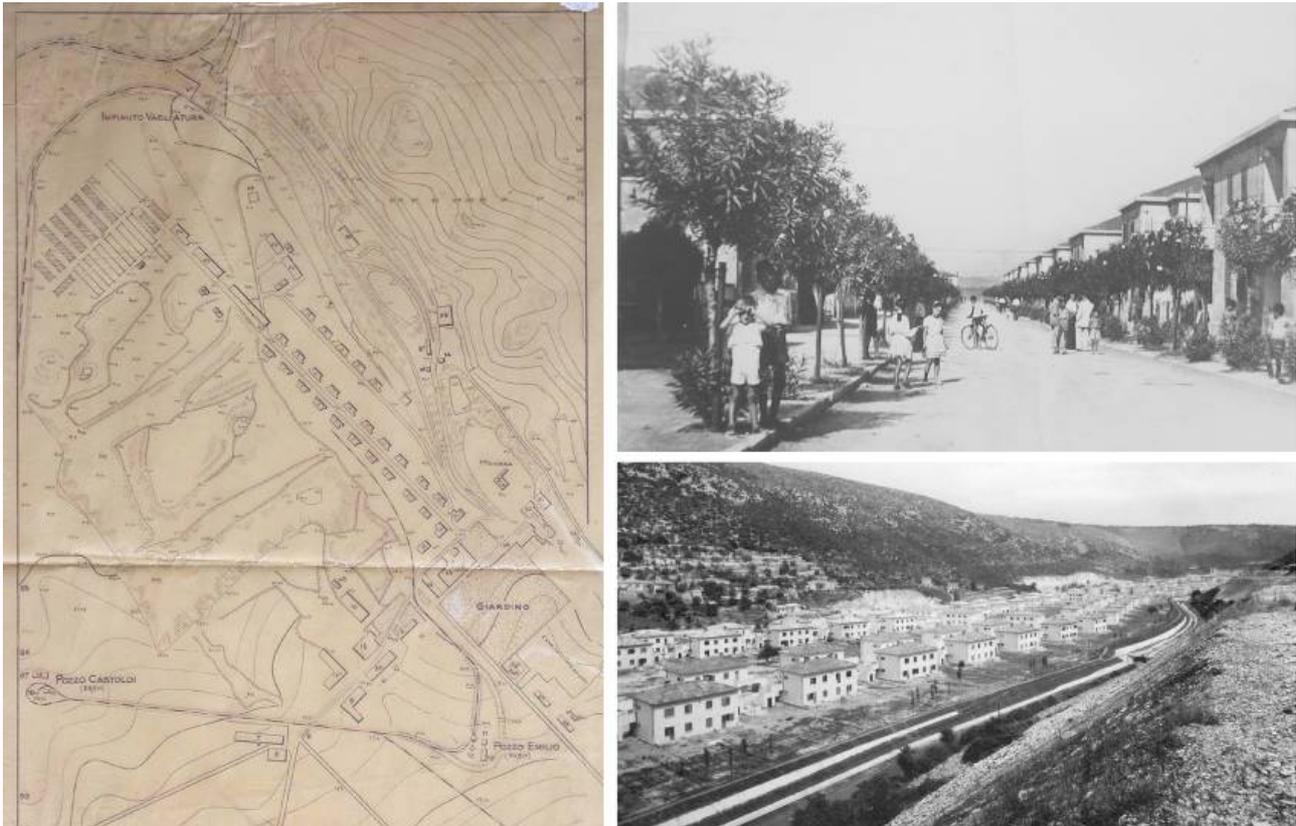


Figura 2.3. 1935-36. Nasce il primo nucleo del sistema-carbone, il villaggio operaio di Bacu Abis.

La seconda fase delle fondazioni: Carbonia e la scala urbana.

Nel bacino del Sulcis, il 1937 è segnato dalla grande discontinuità determinata dalla scoperta del nuovo imponente giacimento di Serbariu (figura 2.4). Attorno al suo sito, depositario di risorse che appaiono veramente strategiche, si compone rapidamente un aggiornamento del programma insediativo che ha come fulcro la città nuova di Carbonia. Questa volta si tratta di un vero e proprio salto di scala, con un progetto di prima fase per 12.000 abitanti, destinati a una successiva crescita esponenziale.

L'impressione che suscita Carbonia in chi la percorre per la prima volta è fondamentalmente legata a un impianto di grande dignità, prodotto dell'intersezione tra una morfologia urbana di qualità e una tipologia edilizia razionale e perfettamente adeguata alla forma della città. Carbonia appare tuttora, e tanto più appariva all'atto della fondazione, come la proiezione "civile" della *grande miniera di Serbariu*. Il legame città - industria era chiarito in maniera addirittura didascalica dall'asse che collega la miniera con il polo fondamentale di Carbonia: la piazza Roma. Per situare gli edifici pubblici più rappresentativi e lo spazio-piazza che li connette, si sceglie il terrazzo più panoramico di cui dispone il sito di Carbonia, un pianoro a quota 106 metri, sul crinale che separa la valletta del Rio Cannas dal pendio che conduce alla miniera di Serbariu. Carbonia è *company town*, e come tale viene progettata attraverso la ripetizione seriale e potenzialmente indefinita del tipo edilizio della residenza popolare e operaia.

La struttura di Carbonia ha retto a repentini cambiamenti di rotta, a condizioni attuative estreme, in tempi di autarchia e di economie ristrettissime. I modi e i tempi concitati della sua realizzazione di primo impianto sono stati sicuramente resi possibili dal ricorso al gruppo di progettisti collaudato nella fondazione di Arsia, che porta con sé in questa impresa il bagaglio di tipi, architetture e soluzioni urbanistiche verificate negli anni precedenti (figura 2.5).



Figura 2.4. La grande miniera di Serbariu.

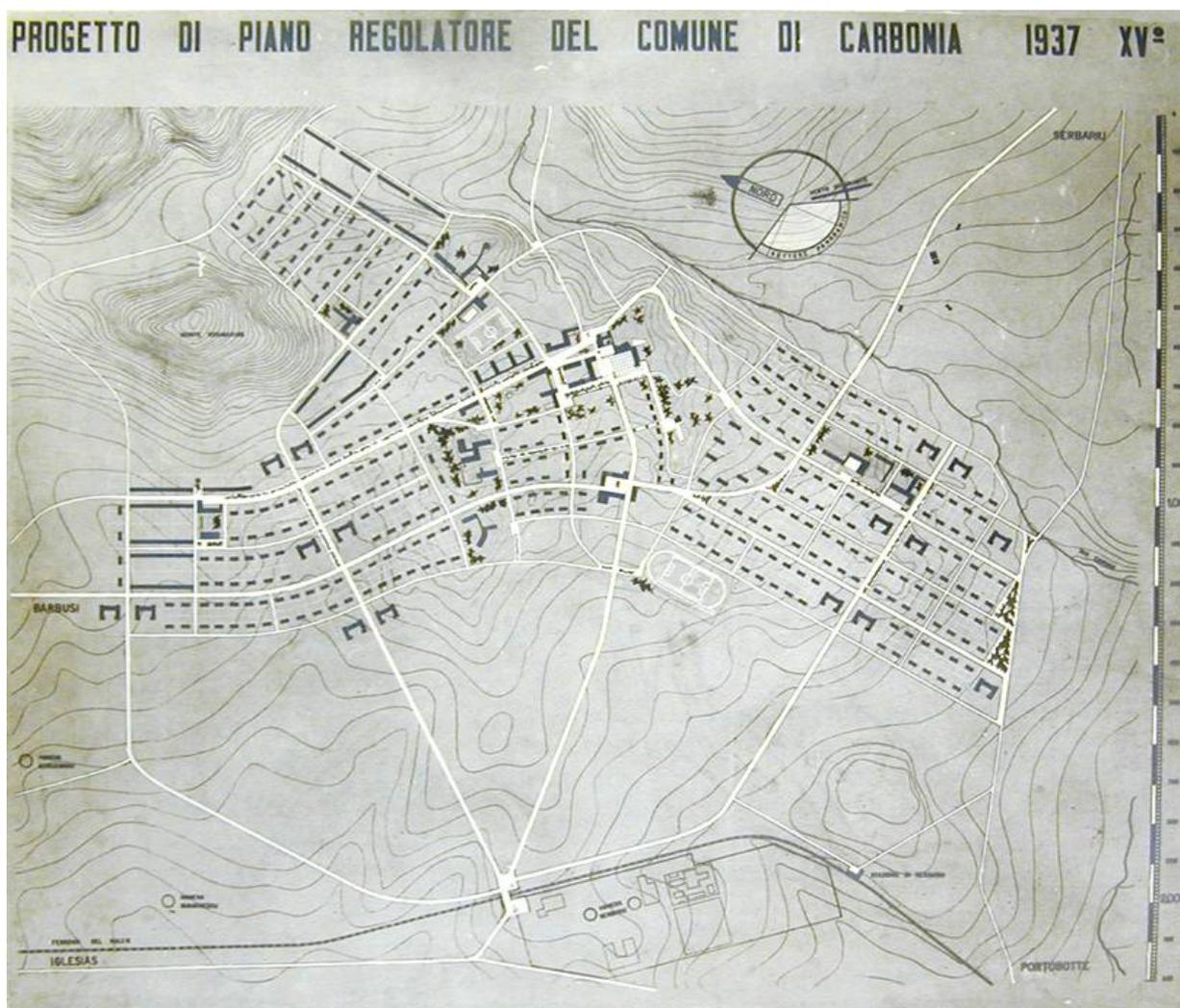


Figura 2.5. Piano regolatore di Carbonia del 1937.

Il rapporto tra tipologia edilizia e morfologia urbana è mediato da isolati allungati, regolari ma anche modellati sulla topografia sinuosa dei luoghi, formati da sequenze di ampi lotti contrapposti, sui quali sono sistemate case isolate quadrifamiliari a due piani. E' rigorosamente evitata l'interruzione delle visuali e le stesse recinzioni sono poco percepibili, sempre tenute basse, per quanto rafforzate dall'espressività della pietra a vista. Le recinzioni si svolgono quasi senza soluzione di continuità con i basamenti delle case, esprimendo con la loro matericità la prevalenza della costruzione "pesante" sui pochi elementi intelaiati o comunque costruiti con il cemento armato: *"..sbalzi e ardite strutture sono stati quasi totalmente aboliti...in modo da realizzare la massima economia del ferro"*³ in relazione al regime di autarchia. Il clima culturale registra proprio allora prese di posizione come quella di Gustavo Giovannoni nel '36, in materia di rapporto o compromesso città-campagna: *"...abbiamo un nucleo di case compatte, pur non troppo alte che contengano la piazza principale, raccolta e tranquilla come le piazze antiche, al di fuori del movimento di passaggio; poi la fabbricazione venga degradando in intensità verso l'esterno, adattandosi al terreno...i modelli delle architetture minori o campestri locali potrebbero offrire lo spunto a forme architettoniche nuovissime e raffinatissime, ma nostre..."*.

Un discorso a parte meritano gli alberghi operai, le uniche tipologie residenziali di Carbonia direttamente riconducibili a Gustavo Pulitzer. Veri "monumenti domestici", questi complessi costituiscono un sostanziale cambio di scala rispetto ai tipi della città giardino; la loro dimensione urbana è esaltata dalla collocazione a coppie, a presidio dei percorsi principali verso la miniera. Assieme alle casette isolate, già nella seconda metà del '37 cominciano a comparire nel panorama di Carbonia le prime sei grandi corti aperte verso la miniera a ovest, delle "C" a braccia simmetriche che rivolgono all'esterno un prospetto potentemente bucato con grandi archi, mentre l'interno delle corti è caratterizzato dai grandi ballatoi di disimpegno degli alloggi. Nel corpo centrale il grande refettorio presenta una particolarità destinata a restare unica nel quadro dell'edilizia abitativa della città del carbone: una doppia pilastrata in c.a. che affianca l'involucro esterno in muratura e traguarda lo spazio interno creando nuove complessità di articolazione e fruizione. Nella sua dimensione già compiutamente urbana Carbonia possiede, oltre al tessuto dell'*esistenza minimum*, anche il suo quartiere per dirigenti e impiegati. Montuori alla fine del '37 firma una planimetria di grande precisione ed efficacia, nella quale disegna a ridosso della grande piazza già in fase di realizzazione il tessuto a maglie larghe del sobborgo giardino per la dirigenza aziendale. Si tratta di alcune decine di unità edilizie progettate con molto maggiore larghezza di organizzazione interna e di spazi, nelle quali ai segni forti delle scale esterne si sostituisce la articolazione delle masse e delle altezze e il gioco dei corpi bassi e delle logge, talvolta connotate dalla matericità della trachite che esalta la composizione per giustapposizioni e incastri di piani e volumi.

La terza fase delle fondazioni: la "grande Carbonia", Cortoghiana.

La prima Carbonia è stata appena inaugurata, alla fine del 1938, che già si comincia a progettare la "grande Carbonia" per 40-50.000 abitanti, la vera e propria capitale del carbone. Il nuovo progetto, come è noto, affronta in modo assai più monumentale il tema del centro urbano, che da cerniera "debole" sarebbe dovuto diventare un sistema forte di piazze porticate e di grandi edifici pubblici (figura 2.6). La guerra fermò il progetto complessivo nella sua versione più ambiziosa, ma non arrestò la grande espansione ed intensificazione della residenza. Il disegno della città estesa integra e completa il preesistente, contemporaneamente ribadendone le linee fondamentali ma anche introducendovi impianti e qualità affatto nuovi. Due nuove tipologie residenziali quadrifamiliari, la Gra-M e la Gra-N, accompagnano il grande quarto di cerchio paesaggistico che racchiude con l'espansione a nord il colle Rosmarino. Nella primavera del '39, mentre si stanno completando gli ultimi lotti delle tipologie della prima fase, si avviano i primi delle nuove case. Si tratta di una sintesi aggiornata e più standardizzata, dovuta con ogni probabilità ai professionisti interni all'ufficio tecnico dell'Istituto per le Case Popolari, delle precedenti tipologie "firmate": la stessa sigla "Gra-" rimanda a più anonimi "Gruppi di abitazioni". La "normalizzazione" è nei fatti: oltre 600 blocchi di case per i soli due tipi della seconda fase contro i 220 blocchi per sette tipi della

³V. Maltese, *Carbonia 18 dicembre 1938 - Anni XVII*, in *L'economia italiana*, 1938, dicembre.

prima fase, in media 300 esemplari per ognuno dei nuovi tipi contro 30 per i precedenti. Le “nuove” case differiscono tra loro sostanzialmente solo per la diversa articolazione del corpo di fabbrica base in relazione al sistema di disimpegno, con blocchi scala laterali per il tipo Gra-N o centrali per il tipo Gra-M. Tra l’altro queste case, ripetute molte altre decine di volte, saranno incuneate tra i fabbricati originari, addensando fortemente lo spazio residenziale della città giardino di Carbonia; inoltre, in sequenza estremamente fitta, costituiranno anche la base anche per l’addizione est di Bacu Abis e di una parte del nuovo nucleo di Cortoghiana. Ciò vuol dire che anche quelle che in un primo tempo erano state pensate come tipologie rade ed estensive sono utilizzate per costruire la città più densa e intensiva del secondo impianto: a Carbonia la densità fondiaria aumenta in media del 50% dalla prima alla seconda fase, pur con una casistica assai variabile, passando da valori minimi di circa 0,65 sino ad oltre 1,2 mc/mq, mentre il rapporto di copertura passa da meno del 10% a quasi il 20%. Se tutta la città costruita del ’38 e le sue immediate espansioni sono investite da questo addensamento semintensivo, realizzato intasando il tipo quadrifamiliare isolato, nel ’39 -’40 la città costruisce sui suoi margini la nuova edilizia “intensiva” con blocchi pluripiano e plurifamiliari. Sarà in particolare il margine orientale, segnato dal rio Cannas, a concentrare questi episodi, destinati in parte a restare tali per il ridimensionamento che la guerra imporrà alla “grande Carbonia”. Questo settore diventerà campo di esercitazione privilegiato per Eugenio Montuori, che avrà anzitutto modo di sperimentare a Carbonia la tipologia a “pistoni” successivamente utilizzata per Pozzo Littorio⁴. Si tratta di un organismo edilizio complesso, se non di una vera e propria “macchina per abitare”, formato da una stecca compatta di 16 alloggi distribuiti su 4 piani serviti da due corpi scala esterni che disimpegnano ciascuno altri 4 alloggi (sfalsati di una rampa) per un totale di 24 appartamenti da 4 vani. Ben più suggestivo appare ancora oggi l’esercizio progettuale di Montuori nel suo complesso più denso, quello del tipo edilizio B1 con le *case operaie a 48 appartamenti* su 4 piani. Si tratta delle grandi stecche - ne furono realizzate 6 in tutto - destinate a fare da battistrada alla nuova Siedlung oltre il rio Cannas, destinata a non essere mai più completata. In ciascuna stecca, tre grandi vani scala dominano l’impianto, con la rampa e il ballatoio in cemento armato distesi lungo la facciata, paralleli alla strada e tutti esterni, sorretti da due metafisici setti di trachite bucati da archi sagomati con grossi conci sbozzati, disimpegnando 4 piccoli alloggi per piano. La Siedlung di Montuori, pur urbanisticamente incompiuta, insieme ai suoi “pistoni”, sancisce il declino definitivo della città giardino di Carbonia, almeno nella versione di Pulitzer. Del resto, tutta l’operazione di intensificazione della residenza ha cambiato radicalmente la qualità microurbanistica della città, alterando profondamente (pur senza distruggerlo) il paesaggio delle recinzioni basse, dello spazio interno al lotto semiaperto, occludendo molte permeabilità di visuali (anche se non tutte).

⁴ Pozzo Littorio, ottobre del 1940.

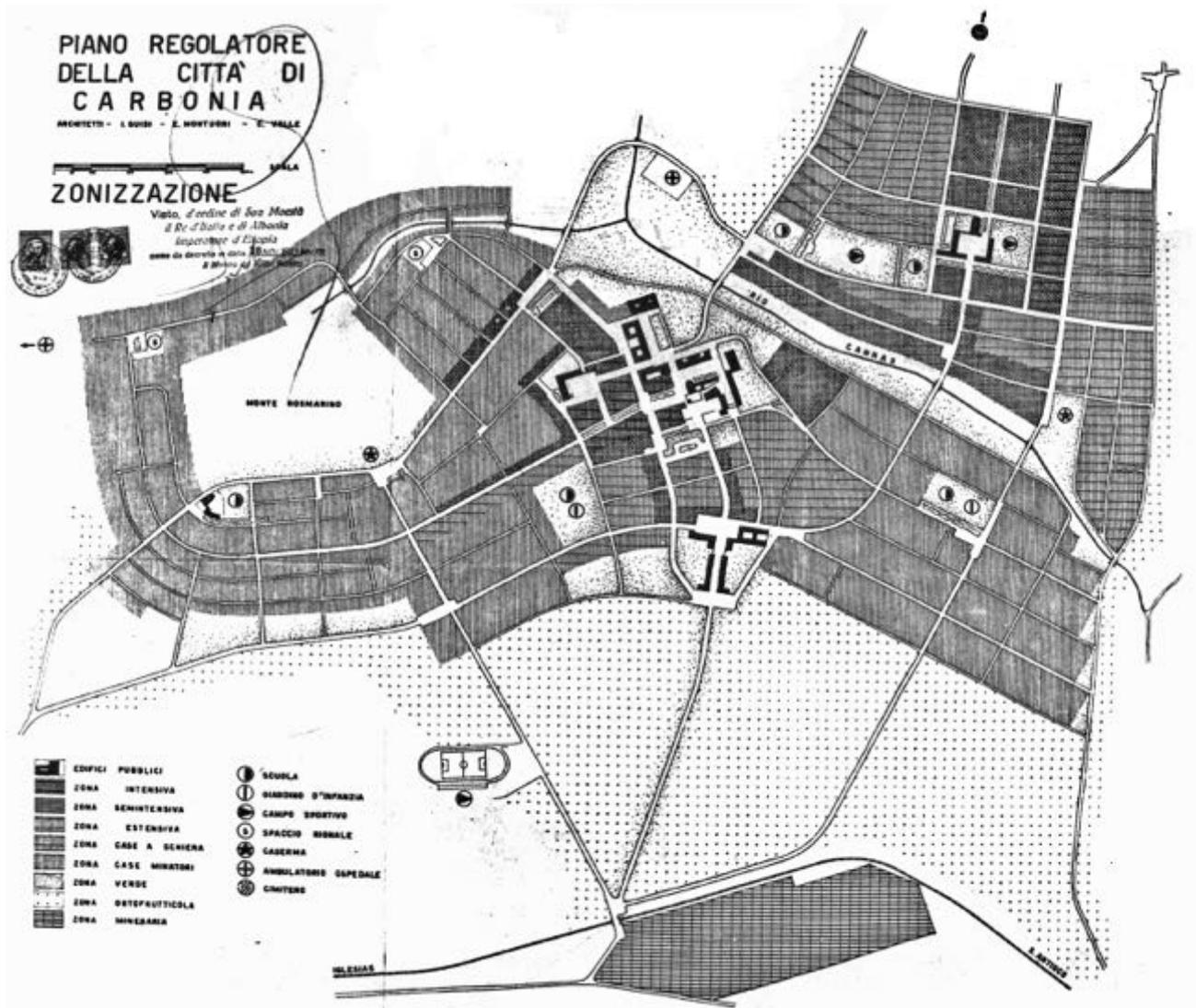


Figura 2.6. Piano regolatore per la “grande” Carbonia. Si notano le espansioni attorno al Monte Rosmarino e oltre il Rio Cannas.

La modificazione recente.

La vicenda della Carbonia contemporanea e dei suoi nuclei passa attraverso un profondo travaglio, legato anzitutto al passaggio culturale dalla condizione di grande villaggio aziendale a quella di città vera e propria. Paradossalmente, a causa della velocità con la quale si passa dall'espansione rapida alla crisi, la *company town* comincia a diventare città proprio quando sta per essere decretata la fine della sua originaria ragione di esistenza in vita: l'economia del carbone, cosicché il consolidamento della sua identità comunitaria coincide con la battaglia per non diventare una città fantasma. Ciononostante, Carbonia come centro di fondazione porta ancora oggi indelebilmente impresso il marchio aziendale, che per la comunità si traduce in una difficile e contraddittoria relazione tra l'appartenenza al luogo e il conflitto per l'appropriazione del patrimonio urbano e edilizio. Questo sin dall'inizio è tutto e solo dell'Azienda Carboni e per essa, nel caso del patrimonio residenziale, del suo Istituto Fascista per le Case popolari. L'utopia autoritaria di Carbonia, una volta tradotta in realizzazioni edilizie, ha certamente assicurato alle masse operaie immigrate una prospettiva evolutiva e moderna: un appartamento per famiglia, dotato dei servizi sia pur in stretta economia, l'arredo di base, la disponibilità di un lotto come “orto di guerra” hanno sicuramente costituito un fattore di progresso innegabile. Tuttavia la dimensione da *esistenza minimum* dell'alloggio ha rivelato ben presto il suo carattere costrittivo, anche a fronte del fatto che nessun prolungamento dell'abitazione era

previsto o consentito nell'universo autoritario della Società carbonifera, proprietaria di tutto, suolo e sottosuolo (comprese le reti fondamentali), case, attrezzature e spazi pubblici. Così le immagini iniziali dell'abitato ancora fresco di cantiere, con le case perfettamente isolate nei lotti, appena segnati dalle recinzioni, evocano più lo spazio astratto delle Siedlungen moderne che lo spazio vissuto e alimentato, magari caoticamente, dall'appropriazione domestica. Questo è ciò che in effetti è cominciato ad accadere negli ultimi 50 anni: il protagonismo complesso, a volte confuso, di una comunità che ha avviato una conflittualità talora latente, talora esplicita con ciò che rimaneva della proprietà pubblica degli spazi di vita di Carbonia. Il risultato è sotto gli occhi di tutti: le porzioni dei nuclei di fondazione delle quali l'Istituto delle Case popolari detiene ancora la proprietà, specie se nelle tipologie collettive pluripiano, sono ancora del tutto riconoscibili nella loro configurazione di "abitazioni razionali", con i corretti rapporti microurbanistici con la strada, le recinzioni e i lotti, i volumi puri perfettamente leggibili e ben identificati. Laddove invece, nel vivo delle case quadrifamiliari, si è avviata una privatizzazione frammentata, questa ha portato con sé una serie di modificazioni caotiche, a testimonianza di una sostanziale insofferenza da parte delle famiglie rispetto alle costruzioni e ai vincoli dei contenitori originari. Il modello della città fondata sull'uso dell'automobile ha certamente contribuito a questa spinta verso un riuso che stravolge il significato stesso degli spazi e dei rapporti interni all'alloggio e con le pertinenze. Tuttavia, sembra che abbia agito un'assimilazione assai più profonda dei modelli culturali legati al consumo abitativo "opulento", con il risultato di scardinare gli alloggi autarchici dall'interno, soprattutto laddove la purezza dei volumi razionalisti è stata rotta da elementi aggettanti, da addizioni di nuovi corpi, da chiusure di logge.

Le numerose e variegata attività di modificazione, aggiunta, sostituzione messe in essere dagli utenti delle "case minime" pongono rilevanti problemi di interpretazione e progetto. Le problematiche salienti possono essere così riassunte:

1. chiusura con elementi "duri" del perimetro di recinzione delle unità;
2. intasamento del lotto con nuovi corpi per lo più utilizzati come rimesse per l'automobile o funzioni integrative della residenza; intasamento degli originari stradelli d'accesso alle unità abitative;
3. alterazione dei corpi "puri" originari mediante superfetazioni costituite da volumi per servizi igienici o vani aggiuntivi;
4. "incrostazioni" con balconi, tettoie, chiusure parziali o precarie;
5. degrado da obsolescenza dei materiali, assenza di manutenzione, riparazione e sostituzione impropria di elementi di fabbrica - infissi, gronde e pluviali.

Occorre dire che la costruzione muraria e autarchica ha in parte contribuito a ridurre il degrado più estremo, in quanto gli elementi di fabbrica fondamentali non sono stati messi in crisi dalla corrosione dei ferri e dal disfacimento dei calcestruzzi. La modificazione come tema progettuale si confronta quindi essenzialmente con la questione del significato contemporaneo dell'abitare a Carbonia, e in definitiva con le condizioni, anzitutto culturali, del suo riuso.

Carbonia come caso di studio.

Come è evidente dai cenni storici sopra riportati, Carbonia presenta alcuni caratteri di specificità che la candidano a essere un caso di studio esemplare per le finalità del presente progetto. In essa, infatti, molti dei principali ostacoli, che attualmente limitano le potenzialità di efficientamento energetico del patrimonio costruito urbano, sono aggirabili in virtù della sua particolare storia. Trattandosi di una città sostanzialmente di fondazione "industriale", caratteri come la serialità, l'ottimizzazione funzionale e il "controllo" totale del processo edilizio sono intrinseci alle scelte progettuali. L'atto fondativo di maggior parte della città è ascrivibile a un intervallo temporale di meno di dieci anni, in cui le particolari condizioni storiche (totalitarismo, autarchia e periodo bellico) hanno indirizzato verso tecniche costruttive ben definite e tracciabili. La parcellizzazione del patrimonio, sebbene sia inevitabilmente presente, è stata comunque avviata solo di recente e ancora ampie porzioni di tessuto sono di unica proprietà dell'Azienda Regionale per l'Edilizia Abitativa (AREA), erede dello IACP che prese in carico tutti gli alloggi costruiti dalla ACAI al momento della sua dismissione.

A ciò si deve aggiungere che, per poter far emergere i valori storici architettonici e urbani della città di Carbonia, è stato avviato ormai da diversi anni un processo conoscitivo che ha guidato la redazione degli ultimi strumenti urbanistici, ma non solo (figura 2.7-8). Il lavoro imponente di ricognizione che è stato messo in atto ha pochi eguali sul panorama nazionale ed è indubbiamente un'ottima base di partenza per

una mappatura del patrimonio dal punto di vista delle prestazioni energetiche e ambientali e può consentire di proporre eventuali interventi migliorativi in maniera decisamente più consapevole e rispettosa delle peculiarità architettoniche del contesto.

Tutto ciò fa sì che sia possibile eseguire una campionatura statisticamente efficace del patrimonio, sia monumentale che minore, sulla quale applicare gli strumenti e le metodologie di indagine, modellazione e simulazione degli interventi migliorativi, output principale del presente progetto.

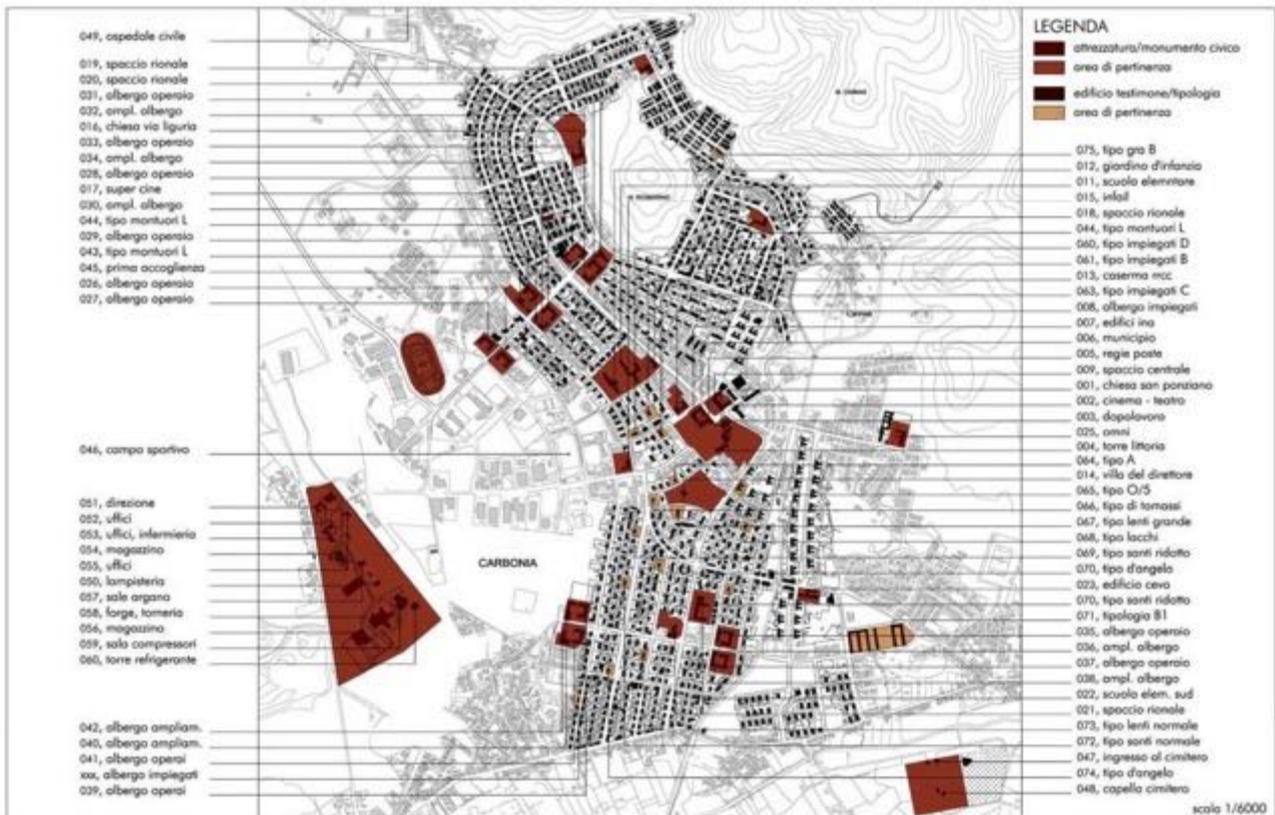


Figura 2.7. Catalogazione del patrimonio monumentale di Carbonia.



Figura 2.8. Carta delle qualità urbane e architettoniche del PUC di Carbonia.

3. Dati geometrici

I dati geometrici che costituiscono la base per lo sviluppo di un approccio di UBEM sono principalmente ricavabili dalla base topografica disponibile, il cui grado di dettaglio e contenuto influenzano notevolmente le possibilità di sviluppo di una modellazione urbana energetica. Tramite operazioni di geo-processing, la base topografica viene utilizzata per ricavare i volumi edilizi e le geometrie di ogni edificio dell'ambito di studio, e, se il contenuto informativo lo consente, può essere utilizzata per ricavare anche altre informazioni utili per il modello, limitando così le attività di rilievo necessarie e conseguentemente i costi della procedura. Al fine di sviluppare una metodologia ripetibile, è importante definire i requisiti minimi che la base topografica deve avere per consentire l'esecuzione della procedura prevista. Nel caso in cui la cartografia comunemente disponibile nell'ambito di studio non soddisfi i contenuti richiesti per l'esecuzione del modello, si devono identificare e le procedure di rilievo e gli algoritmi di trattazione dei dati utili a ottenere la base cartografica richiesta.

Come evidenziato nella parte metodologica, i contenuti minimi di una base topografica per l'impostazione di un approccio di UBEM sono: le impronte al suolo degli edifici, la quota della gronda e del piede dell'edificio. Tra questi, l'unico realmente vincolante è l'impronta dell'edificio, che delimita il volume riscaldato e lo inserisce nel contesto urbano. La quota di base dell'edificio può essere determinata interpolando i punti quotati della mappa topografica disponibile, mentre la quota di gronda può essere ricavata adottando una altezza di interpiano tipo (generalmente 3m) e assegnando a ogni edificio il numero di livelli fuori terra tramite rilievo speditivo.

La base topografica per lo sviluppo della metodologia può essere ricavata dai Data Base Geo Topografici (DBGT) dei centri urbani messi a disposizione dalla RAS. Essi integrano la cartografia di maggiore dettaglio (1:500, 1:1000, 1:2000) disponibile per la maggioranza dei centri urbani, nell'impianto generale della Carta Tecnica Regionale (1:10.000), che copre tutto il territorio. Il DBGT della Città di Carbonia è disponibile alla scala 1:2000, è aggiornato a un rilievo effettuato nel 2011 ed è stato sviluppato sulla base delle ortofoto ad alta definizione della fascia costiera (anno 2008). La base topografica è sviluppata in maniera strettamente coerente con le "Specifiche di contenuto per la realizzazione di Database della Regione Sardegna"⁵, adeguate ai protocolli INSPIRE, e si articola in diversi layer dai contenuti fortemente codificati, per i cui dettagli si rimanda alla specifica tecnica disponibile nel Geoportale della RAS (tabella 3.1).

In questa sede si mostrano i contenuti degli strati informativi di maggiore interesse per la modellazione delle geometrie e lo studio delle tipologie edilizie. Lo strato 02 contiene la maggior parte degli oggetti spaziali necessari a rappresentare il tema dell'edificato divisi in diversi tematismi che possono necessitare di alcune operazioni di selezione ed aggregazione per ricavare i dati di interesse allo studio. Lo scopo di questa fase preliminare è verificare se siano presenti i dati minimi necessari alla impostazione dell'UBEM e alla valutazione delle altre informazioni potenzialmente utili allo sviluppo della metodologia.

⁵<http://www.sardegnageoportale.it/index.php?xsl=2425&s=325563&v=2&c=14414&t=1&tb=14401>

Tabella 3.1. Contenuto del DBGT per strati e temi

Strato	Tema
<i>Strato: 01 - Viabilità, Mobilità e Trasporti</i>	Tema: 01 – Strade Tema: 02 - Ferrovie Tema: 03 - Altro trasporto
<i>Strato: 02 - Immobili ed Antropizzazioni</i>	Tema: 01 – Edificato Tema: 01 – Edificato Tema: 03 - Opere d'arte Tema: 04 – Opere di difesa del suolo, delle coste o di regimazione idraulica
<i>Strato: 03 – Indirizzi</i>	Tema: 01 - Toponimi e Numeri Civici
<i>Strato: 04 – Idrografia</i>	Tema: 01 - Superfici idrografiche Tema: 02 - Acque marine Tema: 04 - Reticolo idrografico
<i>Strato: 05 – Orografia</i>	Tema: 01 – Altimetria, TEMA: 02 - Batimetria, Tema: 03 - Forme naturali del terreno
<i>Strato: 06 – Vegetazione</i>	Tema: 01 - Aree vegetate Tema: 04 - Verde urbano ed extraurbano antropizzato
<i>Strato: 07 - Reti Tecnologiche</i>	Tema: 01 - Reti per l'adduzione dell'acqua Tema: 02 - Reti di smaltimento Tema: 03 - Rete elettrica Tema: 04 - Rete di distribuzione del gas Tema: 05 - Rete di teleriscaldamento Tema: 06 – Oleodotti Tema: 07 - Rete di telecomunicazioni e cablaggi Tema: 08 - Igiene urbana
<i>Strato: 08 – Toponomastica</i> <i>Strato: 09 - Ambiti Amministrativi</i> <i>Strato: 10 - Aree di pertinenza</i> <i>Strato: 11 – Testi</i> <i>Strato: 12 – Geometrie presenti in CN</i> <i>Strato: 13 – Quadri d'unione alle diverse scale</i>	Diversi temi per i quali si rimanda alla specifica tecnica.

Il layer del DBGT che può essere usato per definire quasi totalmente le geometrie degli edifici è il primo tematismo dello strato 02 (ST 02 TE 01 CL 01), ossia i "Volumi Edilizi (VE)". Si tratta di un layer poligonale definito come una porzione elementare di edificio avente pianta e quota costanti, la cui acquisizione è principalmente finalizzata alla definizione dei volumi edilizi a fini urbanistici.

Ogni edificio, a eccezione dei ruderi e di quelli in costruzione, deve avere almeno un volume edilizio; nel caso si determinino differenze di quota superiore a 2,5 m che individuino una superficie di mq 10 (compresi attici e corpi tecnici), verranno acquisite distinte unità volumetriche. Qualora l'edificio sia di lunghezza superiore a 30 m e abbia un dislivello superiore a 2,5 m tra le quote a terra dei vertici estremi, dovranno essere acquisite diverse unità volumetriche. In questo caso le linee definenti le unità volumetriche sono "virtuali", ossia non corrispondono a elementi fisici individuabili nel corpo di fabbrica. L'impronta dell'edificio è coincidente con il perimetro al piede dell'edificio, eventuali lati dell'edificio aventi gronda aggettante e dei quali non sia stereoscopicamente collimabile il piede, nella cartografia alla scala 1:2.000 dovranno essere depurati dall'aggetto della gronda con criteri logici in sede di restituzione. L'unità volumetrica è caratterizzata dal valore della quota di gronda (attributo 01), misurato aerofotogrammetricamente ed è dotato della quota di base (attributo 02) che permette di definire "l'altezza", che specifica, ai fini del calcolo delle volumetrie, la "reale" altezza dell'unità volumetrica. Nel caso di edifici sotterranei, in costruzione o ruderi, non andrà acquisita la relativa unità volumetrica, mentre per tutti gli altri edifici dovrà essere acquisita almeno una unità volumetrica. Importante ai nostri fini

l'indicazione degli elementi geometrici che costituiscono dei “vuoti” o delle parti non utilizzate a fini residenziali nel VE, riportate nell'attributo 04 del layer (sottopassaggi, portici, etc). Nello specifico il layer è caratterizzato dai seguenti attributi:

- *quota della gronda (01)*, valore [numero] della quota in gronda dell'unità volumetrica misurato aerofotogrammetricamente;
- *quota del piede (02)*, valore [numero] della quota al piede, misurato sul campo se a mezzacosta si considera la quota inferiore, se il piede non è visibile, si considera un punto quanto più prossimo possibile, quotato su strada o su terreno;
- *quota del colmo (03)*, valore [numero] della quota maggiore del corpo di fabbrica comprensivo anche del tetto;
- *tipo di porzione (04)*, qualifica [stringa] le porzioni di oggetto o costituenti sottopassaggio o portico, distinguendole dalle porzioni che poggiano sul suolo: 01 sottopassaggio, 02 portico, 03 locali di servizio, 04 altro (VE che poggiano al suolo.)

Al layer dei VE si aggiunge il tema (ST 02 TE 01 CL 02), ossia quello delle Unità Edilizie (UE): si tratta di un elemento poligonale che può comprendere geometricamente uno o più VE. Per UE si intende un corpo costruito che non presenta soluzione di continuità, che ha un'unica tipologia edilizia, che può avere più categorie d'uso, che accorpa unità immobiliari, le quali hanno in comune gli stessi spazi di servizio (accessi, cortili, etc.). Può essere anche una partizione di un cassone edilizio che è individuato tramite aspetti di tipo architettonico. Geometricamente rappresenta la superficie di ingombro al suolo ottenuta dall'involuppo di tutte le unità volumetriche dell'edificio, escluse le porzioni ad oggetto. Questo tematismo dà informazioni circa la tipologia d'uso della UE e il tipo struttura edilizia, ciò può essere una valida base per identificare gli edifici a uso residenziale rispetto a quelli di uso pubblico o speciale. Inoltre il tipo edilizio permette una preliminare identificazione della tipologia, che però dovrà essere necessariamente verificata tramite l'osservazione. Nello specifico contiene i seguenti attributi:

- *01 categoria uso*, identifica [stringa] la destinazione d'uso dell'edificio o di una parte di questo (si riportano le principali, ma sono presenti diverse sotto classi per ogni uso: 00 generico, 01 pubblico, 02 trasporto, 03 industriale, 04 commerciale, 05 residenziale, 06 agricolo, 07 ricreativo, 08 culto);
- *08 tipo*, definisce il tipo di edificio dal punto di vista della tipologia architettonica (anche in questo caso sono definite diverse sottoclassi soprattutto per gli edifici di tipo abitativo (tabella 3.2);
- *09 stato*, definisce lo stato d'uso osservato dell'edificio: 01 in costruzione, 02 in disuso, 03 in esercizio;
- *11 sotterraneo*, specifica se [si/no] una porzione di un edificio o l'intero edificio è sotterraneo

Tabella 3.2. Classi e Sotto classi dell'Attributo

ST 02 TE 01 CL 02 - attributo 08 “tipo edilizio” sottoclassi dell'edificio generico (10)	
– 1001 edificio con scala esterna,	– 1007 edificio con corpo aggettante,
– 1002 edificio prefabbricato,	– 1008 edificio con corte,
– 1003 edificio con giardino,	– 1009 palazzo a torre,
– 1004 edificio sovrastante strada,	– 1010 villa,
– 1005 edificio sovrastante corso d'acqua,	– 1011 villetta a schiera
– 1006 edificio con portico	

Il tipo di copertura della UE è rappresentato con il tematismo “Copertura dell'edificio” (ST 02 TE 01 CL 04) che riporta la geometria della proiezione al suolo della copertura, che può essere di interesse qualora non coincida con i VE e la sua tipologia: 01 terrazzo, 02 tetto a falde, 03 tetto a una falda in gronda, 04 cupola. Gli elementi accessori dei corpi di fabbrica e i manufatti presenti nelle pertinenze dell'edificio sono rappresentati rispettivamente dai layers “Particolari architettonici edilizi” (ST 02 TE 01 CL 03) e “Manufatti edilizi” (ST 02 TE 02 CL 01).

I “Particolari architettonici edilizi” fanno riferimento agli elementi tipologici e alle particolarità volumetriche di un edificio: talvolta sono gli stessi oggetti che sono inquadrabili come manufatti (e appartenenti all'omonimo tema) quando non strettamente pertinenti all'edificio. Ad esempio, le gradinate e scalinate, fanno riferimento e sono quelle di pertinenza di un dato edificio, le gradinate di impianti sportivi si ritrovano come manufatti di impianti sportivi, le vie a gradoni sono esplicitate nella viabilità pedonale.

Per manufatti si intendono tutti quegli oggetti a corredo delle opere stradali, idrauliche, edilizie, etc, che sono realizzati mediante lavoro umano. L'ulteriore classificazione in classi specifiche deriva sia da considerazioni di tipo funzionale, che dal comportamento geometrico dei manufatti al variare della scala. Si dividono nei seguenti temi provvisti di numerose sotto classi e attributi: Classe: 01 – manufatti edilizi (ST 02 TE 02 CL 01), Classe: 02 - manufatti di impianti sportivi (ST 02 TE 02 CL 02), Classe: 03 - manufatti di culto (ST 02 TE 02 CL 03), Classe: 04 - manufatti industriali (ST 02 TE 02 CL 04), Classe: 05 - manufatti stradali (ST 02 TE 02 CL 05), Classe: 06 - manufatti ferroviari (ST 02 TE 02 CL 06), Classe: 07 - pali e sostegni (ST 02 TE 02 CL 07), Classe: 08 - manufatti aeroportuali (ST 02 TE 02 CL 08), Classe: 09 - manufatti portuali (ST 02 TE 02 CL 09), Classe: 10 - muri, recinzioni e divisioni (ST 02 TE 02 CL 10). I “Manufatti edilizi” (ST 02 TE 02 CL 01) sono perciò per il presente lavoro quelli di maggiore interesse: essi descrivono (tabella 3.4) quei manufatti che completano la definizione dell'antropizzato, ma che non sono definibili come veri e propri edifici.

Tabella 3.3. Sotto classi dell'Attributo.

ST 02 TE 01 CL 03- attributo 01 “tipo di particolare”	
01 attico	11 archivolto
02 balcone	12 tetto a falde
03 comignolo	13 tetto a una falda in gronda
04 abbaino rilevato	14 cupola
05 finestra a falda	15 tettoia
06 porticato	16 lucernaio
07 bowindow	17 loggiato
08 corpo aggettante	18 volume od elemento diverso
10 scala esterna o gradinata di edificio	
ST 02 TE 02 CL 01- attributo 01 “tipo di manufatto”	
01 baracca	11 generico (default)
02 garage/box auto	12 monumento
04 chiosco/edicola	13 pensilina (non afferente edificio)
05 loculo di cimitero	14 tettoia
06 ascensore verticale a vista	1401 tettoia industriale
07 fontana	15 rampa
08 ingresso	16 torre
09 manufatti insediamenti archeologici	17 vasca/piscina privata
10 arredo urbano	18 rudere

Completa la definizione del lotto il tema “Area attrezzata del suolo” (ST 02 TE 01 CL 05), che rappresenta le aree di suolo poste in diretta relazione con gli edifici (tabella 3.4). Le informazioni contenute in questo tema sono direttamente utili alla definizione delle geometrie dell'edificio, in quanto individuano la presenza di cavedi e spazi interni della UE, ma possono essere utili anche per altri tipi di analisi dell'ambiente urbano.

Tabella 3.4. Classi e Sotto classi dell'Attributo

ST 02 TE 01 CL 05- attributo 01 “tipo di pertinenza”	
01 corte	06 cavedio
02 giardino	07 chiostro
03 altro	08 spazio interno generico
04 cortile	09 aia
05 resede	10 area antropizzata non ulteriormente qualificata

Il DBGT di Carbonia fornisce tutti i dati geometrici minimi per l'impostazione di un UBEM (layer Volumi Edilizi) coerente con un City Box model (LOD 1), tuttavia sono necessarie delle attività di riordino e

semplificazione del DB geografico per facilitare le attività di rilievo e alleggerire le procedure di geoprocessing per la modellazione energetica.

Si propongono in seguito alcuni esempi di rappresentazione cartografica che evidenziano preliminarmente gli elementi di utilità per lo studio. Come si può notare, le mappe sono ricavate dalla composizione di diversi tematismi del DBGT e dalla selezione appropriata degli attributi. La rappresentazione del tema UE (figure 3.1-2) permette di individuare chiaramente i corpi di fabbrica principali adibiti a uso residenziale, rispetto agli edifici adibiti ad altri usi. Inoltre il dettaglio cartografico permette di riconoscere gli elementi accessori e l'articolazione dei lotti di pertinenza, combinando diversi tematismi del DBGT (particolari edilizi, manufatti edilizi, recinzioni, aree di pertinenza).

Il DBGT contiene una gran quantità di altre informazioni che possono essere utilizzate nell'ambito dello sviluppo di un UBEM e per lo sviluppo di altri studi anche con finalità non strettamente legate alla efficienza energetica. Tra tutti, è di particolare interesse lo strato 03 dei numeri civici, che contiene il DB spaziale di tutti gli indirizzi, utile per legare informazioni di diverso tipo eventualmente disponibili per unità immobiliare e sviluppare altri studi di estrazione multidisciplinare. Il SITR della RAS mette anche a disposizione i modelli digitali del terreno in formato Raster2.5d (DSM, DTM, DSM edifici) con griglie di diversa precisione (1m, 5m 10m)⁶, che sono la base per la valutazione del potenziale delle tecnologie solari in ambito urbano, esplicitandone il potenziale teorico, tecnico e sfruttabile. Per il comune Carbonia sono disponibili i modelli Raster con tutte le precisioni (figura 3.3).

Le informazioni mancanti nel DBGT sono quelle relative alla articolazione delle proprietà e al numero e la destinazione d'uso delle unità immobiliari presenti all'interno dei corpi edilizi. Queste informazioni possono avere un ruolo non trascurabile sulla procedura utilizzata per il calcolo della prestazione energetica e ricoprono un ruolo chiave nello studio delle strategie di retrofit energetico. Tali dati sono reperibili nella Mappa Urbana del Nuovo Catasto Edilizio Urbano (NCEU), che la RAS mette a disposizione per gli usi consentiti alle amministrazioni comunali che ne fanno richiesta. Sarà oggetto della ricerca definire entro quali limiti legali imposti dalla Protezione della Privacy si possano utilizzare tali dati nello sviluppo di uno strumento aperto come quello proposto in questo progetto.

⁶<http://www.sardegnageoportale.it/areetematiche/modellidigitalidielevezione/>

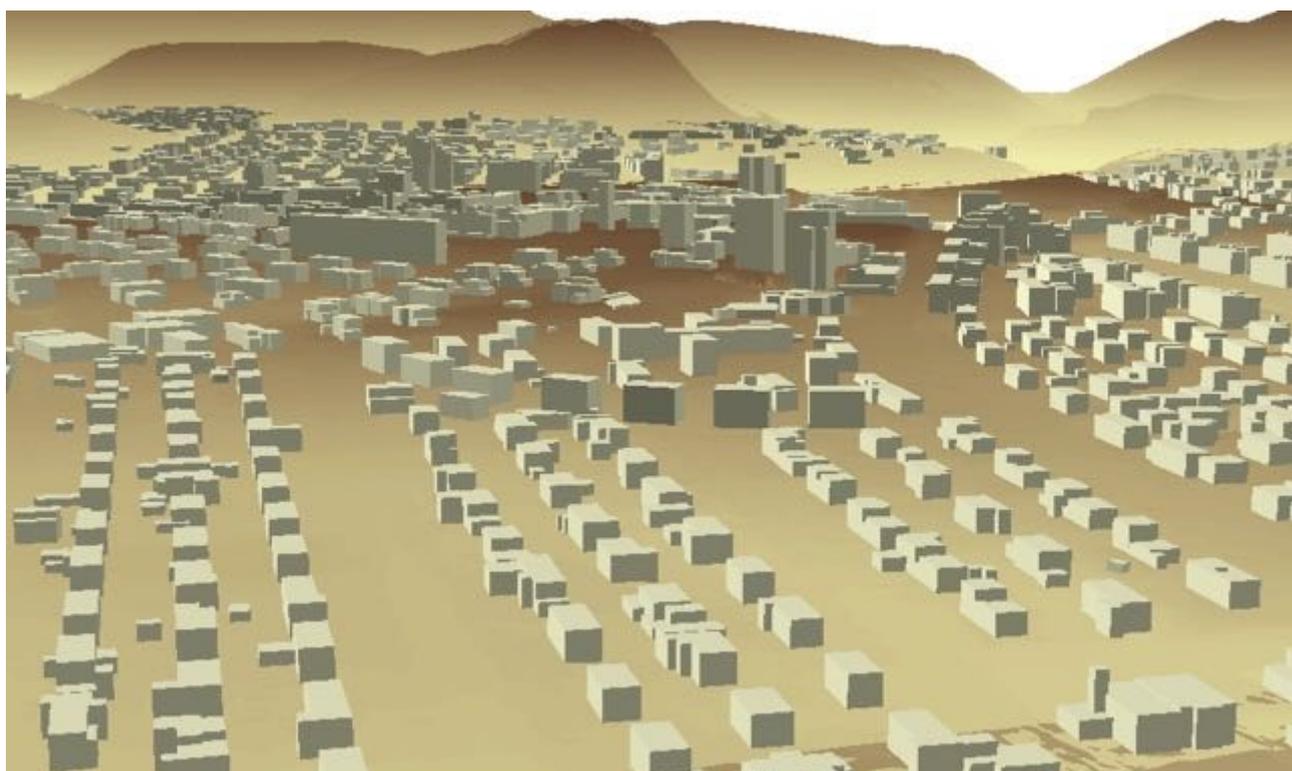


Figura 3.1. Volumi Edilizi e DTM (passo 1m). Elaborazione DBGT e Raster RAS.

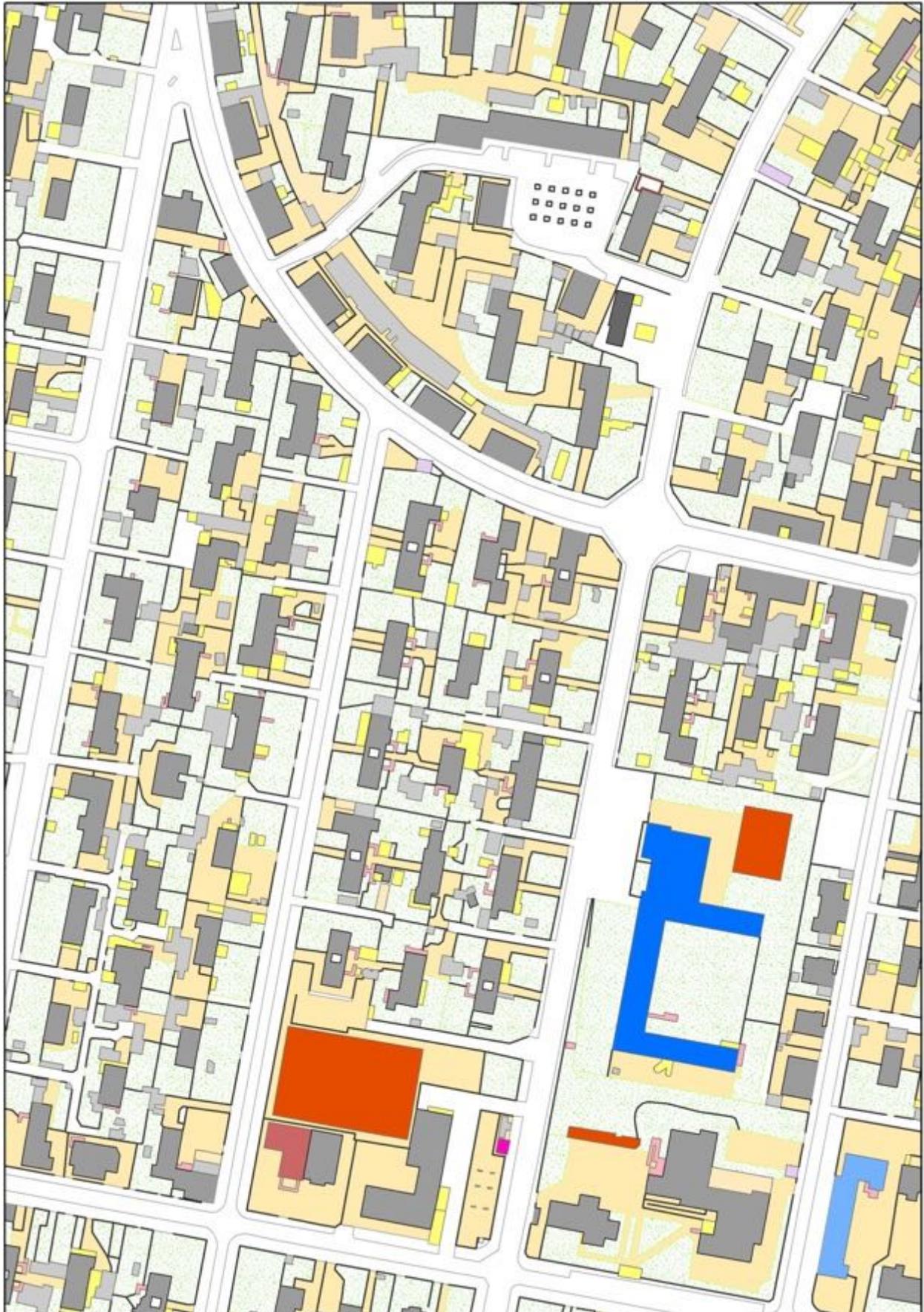


Figura 3.2. Rappresentazione dei contenuti del DBGT – scala 1:2000. Elaborazioni da layers del GBT.

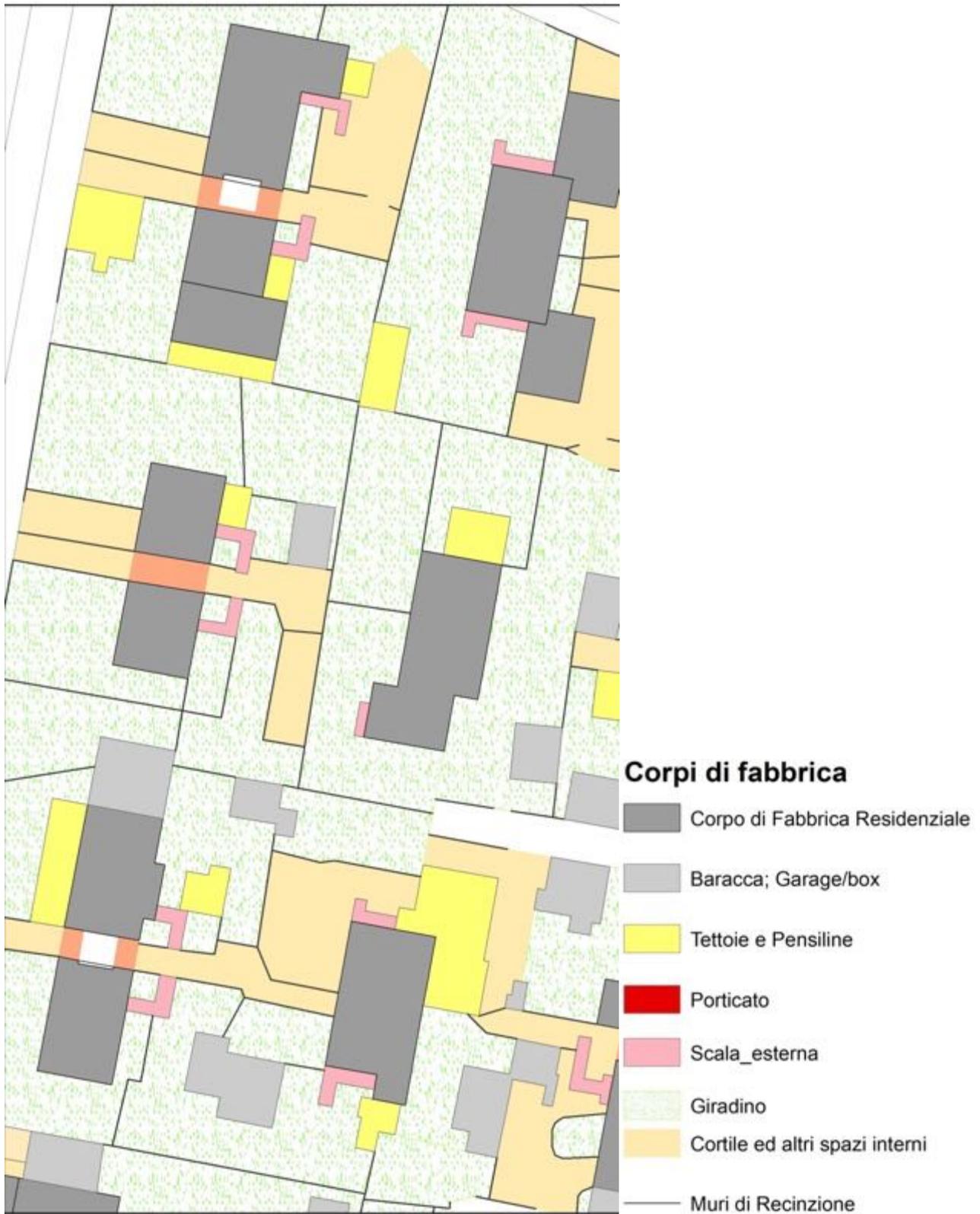


Figura 3.3. Rappresentazione dei contenuti del DBGT – scala 1:500. Elaborazioni da layers del GBT.

4. Dati Statistici

4.1 Profilo demografico e struttura della popolazione

Lo studio della popolazione è attuato tramite il confronto tra i valori dei principali indicatori del Comune di Carbonia con quelli della Provincia di Carbonia - Iglesias (dal 2017 Provincia del Sud Sardegna) e della RAS. Al fine di dettagliare lo studio a scala sub comunale, si sono utilizzati anche i dati del Censimento della Popolazione e delle Abitazioni (ISTAT 2011), disponibili per sezione censuaria. I principali parametri analizzati riguardano: la dinamica demografica, la struttura della popolazione, la composizione delle famiglie, gli aspetti reddituali del comune di Carbonia.

Carbonia (circa 28200 ab. ISTAT 2018), come già narrato, appartiene a un territorio caratterizzato da una forte depressione economica e da una costante emorragia di popolazione delle classi di età giovanili (figura 4.1).

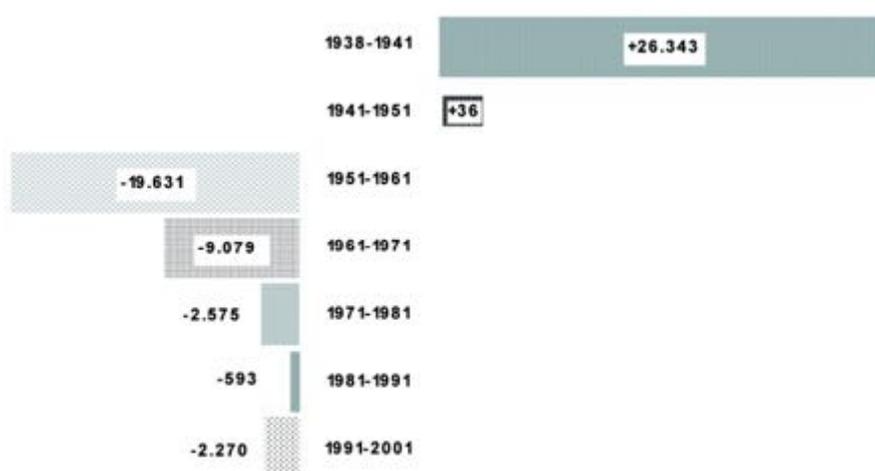


Figura 4.1. Saldo migratorio. Elaborazioni dati ISTAT tratta dalla Relazione Generale del PUC di Carbonia ^[7].

Dal 1991 la città di Carbonia mostra dei tassi di variazione annui della popolazione residente quasi sempre negativi e generalmente compresi tra lo 0,5-1,0%, in linea con quelli della provincia di appartenenza; con un invecchiamento leggermente più marcato avendo un indice di vecchiaia di 275 rispetto al 261 (figura 4.2). Anche la graduale diminuzione del numero di componenti medio della famiglia nel comune di Carbonia è essenzialmente in linea con i trend provinciali e regionali (figura 4.3). La città è comunque uno dei centri di riferimento per l'economia locale e mantiene un reddito pro-capite superiore al resto della provincia e alla media regionale (tabella 4.1).

Gli andamenti demografici e il progressivo invecchiamento della popolazione sembrano essere in linea con gli andamenti provinciali, e rispecchiano in maniera più marcata anche quelli regionali, tuttavia l'approfondimento di scala dell'analisi tramite le sezioni censuarie (CPA ISTAT 2011) mostra caratteristiche sensibilmente differenti nelle diverse parti della città (figure 4.4-5). Le parti di città aventi maggiore densità abitativa sono quelle periferiche, che mostrano le sezioni censuarie con un maggior numero di abitanti, tuttavia il vasto centro storico coincidente con la città di fondazione (1938) accoglie ancora la maggior parte dei residenti nel centro urbano di Carbonia. Alcune parti della città storica e delle aree rurali adiacenti al centro urbano sono caratterizzate dalla quasi totale assenza di giovani e mostrano indici di vecchiaia molto alti (figura 4.4-5), comunque, in generale, le sezioni censuarie del centro storico mostrano valori peggiori degli indicatori relativi alla struttura della popolazione. Le sezioni censuarie coincidenti con alcune recenti

⁷https://www.comune.carbonia.su.it/images/utilita/PUC/piano_urbanistico/1301042309143_13_relazione%20generale.pdf

espansioni del centro urbano mostrano una maggiore incidenza delle famiglie con più di 2 componenti, che ospitano presumibilmente un maggiore numero di residenti in giovane età, mentre nel centro di antica e prima formazione si concentrano i nuclei familiari da uno e due componenti.

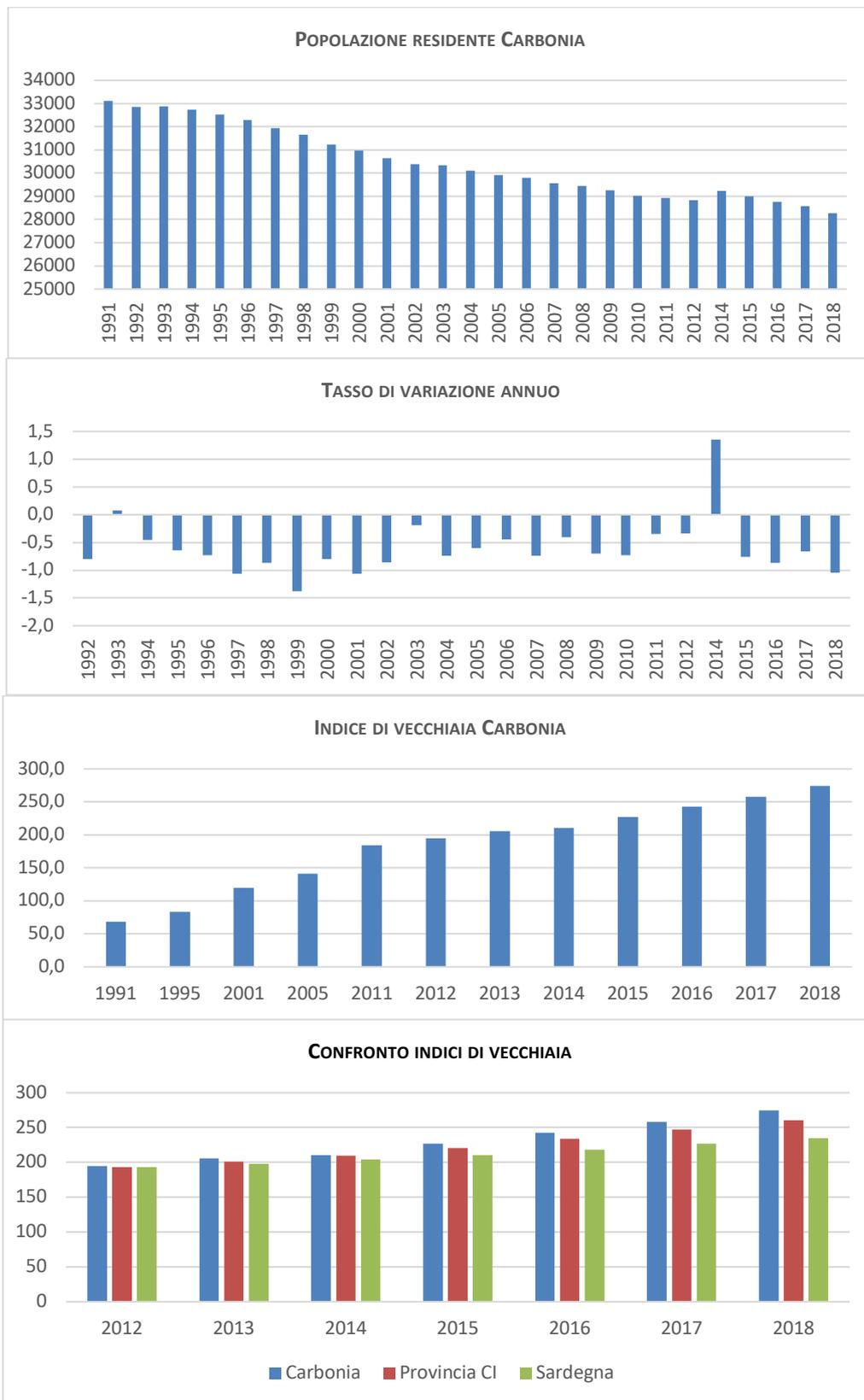


Figura 4.2. Dinamica della Popolazione residente. Elaborazione dati popolazione (demo ISTAT, Sardegna statistiche).



Figura 4.3. Indici di Struttura della Popolazione. Elaborazione dati demo ISTAT, Sardegna statistiche.

Tabella 4.1. Reddito IRPEF dichiarato. Elaborazione dati demo ISTAT, Sardegna statistiche.

Reddito IRPEF (2017)			
Località	%pop dichiarante	Reddito Medio dichiarante	Media pro-capite.
Carbonia	58,90%	18.287	10.780
Provincia Carbonia-Iglesias	60,60%	16.717	10.132
Sardegna	62,70%	17.685	11.091
Italia	66,40%	20.918	13.896

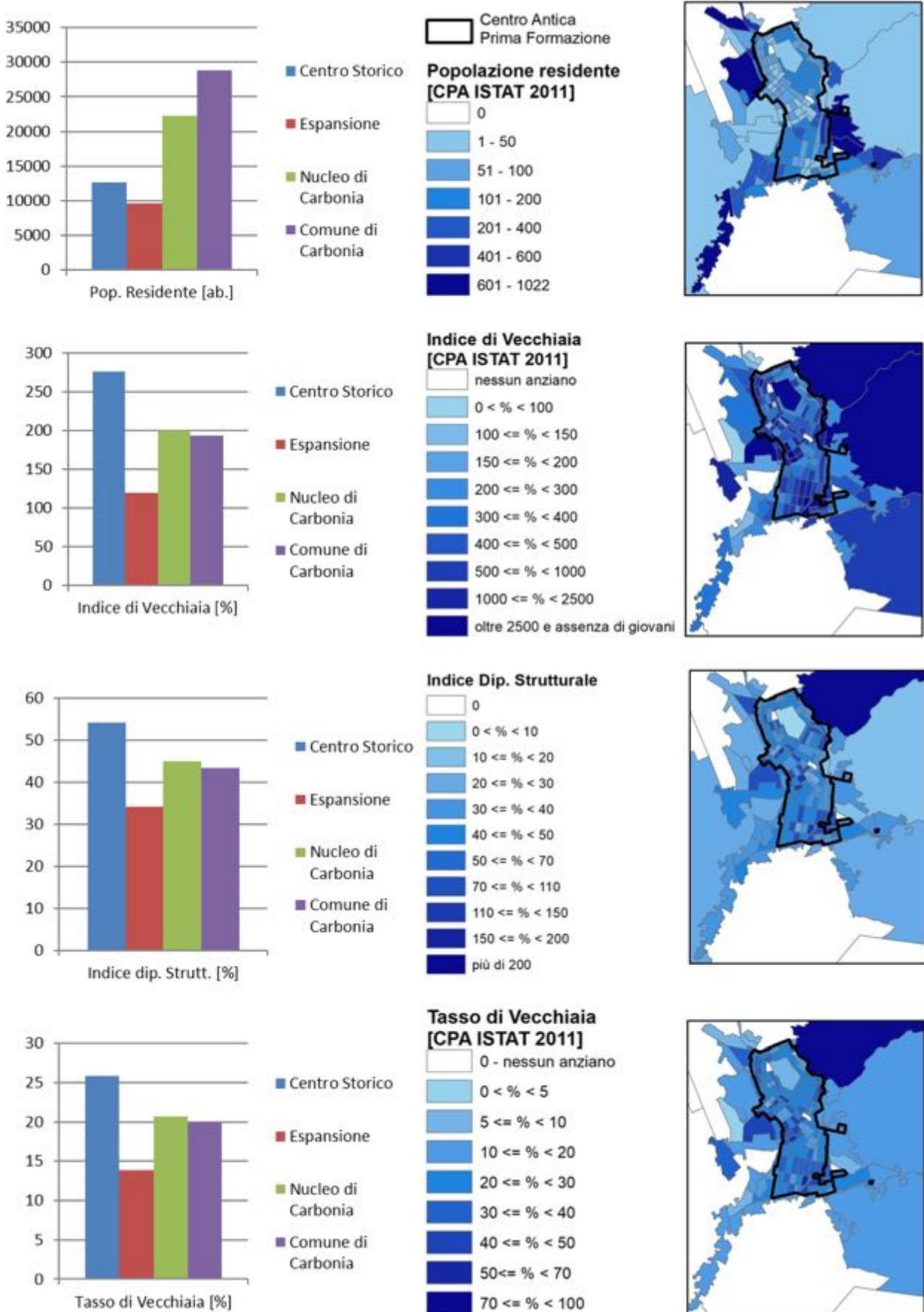


Figura 4.4. Indicatori demografici. Elaborazioni dati ISTAT 2011.

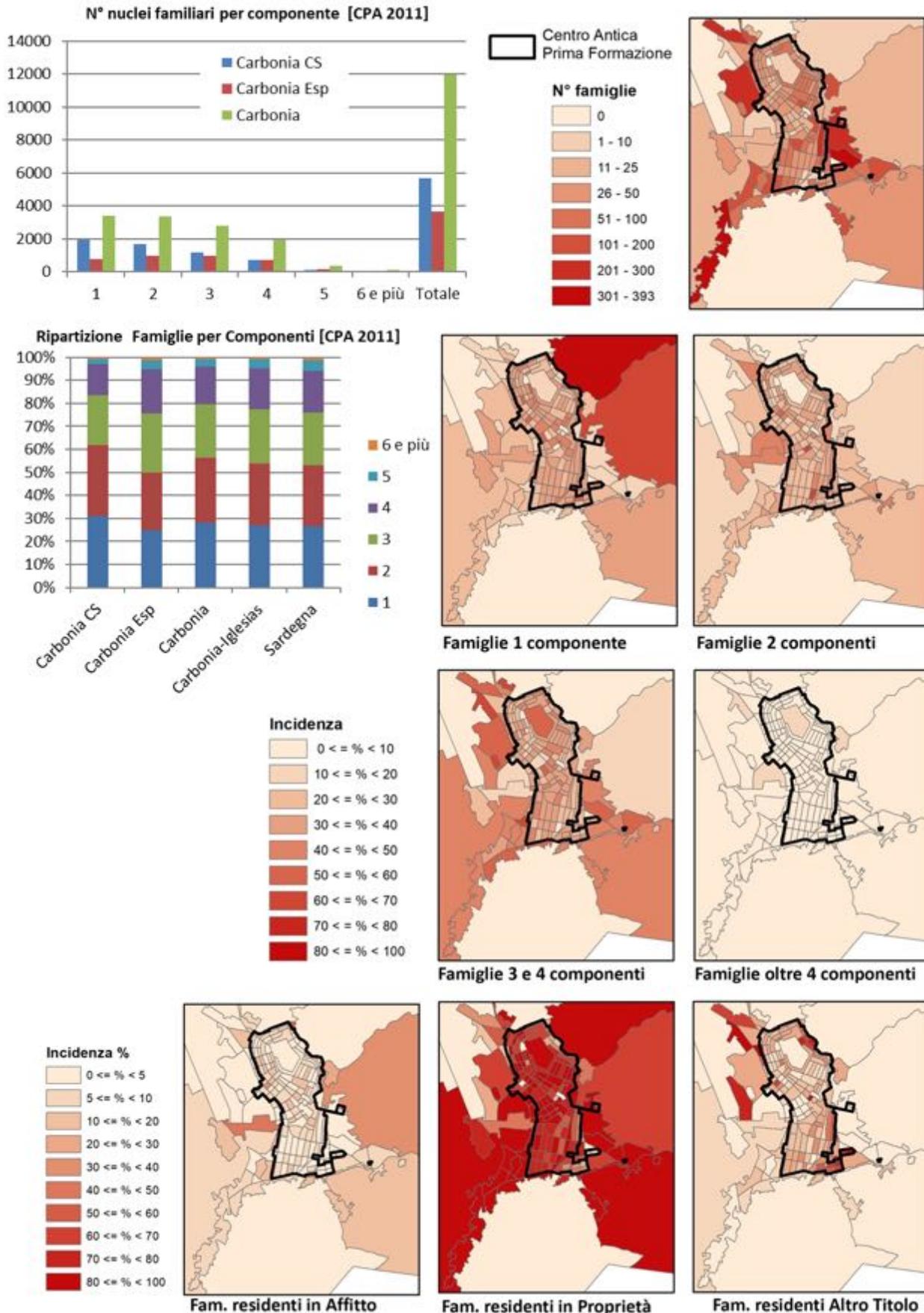


Figura 4.5. Famiglie residenti. Elaborazioni dati ISTAT 2011.

4.2 *Dati statistici sulla consistenza e l'uso del Patrimonio edilizio*

I dati statistici di base sulla consistenza e l'uso del patrimonio edilizio sono principalmente ricavati dal Censimento della Popolazione e delle Abitazioni (ISTAT 2011), che permette di approfondire lo studio di alcune variabili fino al dettaglio spaziale della sezione censuaria. Le sezioni censuarie possono essere una buona base per impostare lo studio preliminare del patrimonio edilizio. Lo studio a livello comunale è stato condotto per comparazione con i dati medi provinciali e regionali e con le caratteristiche del vicino centro di Iglesias, che ha caratteristiche simili per dimensione e passato inerente alle attività minerarie.

Il centro di Carbonia è caratterizzato da una vasta preponderanza di edifici realizzati tra il 1919 ed il 1946, che in parte si ritrova anche nell'altro centro importante della provincia che è stato interessato dall'attività mineraria, ma non è riscontrabile negli andamenti medi regionali (figura 4.6). Una particolarità del patrimonio edilizio di Carbonia, che lo differenzia dal centro vicino, è la larga preponderanza delle tecniche costruttive a muratura portante, utilizzate anche dopo il periodo della Fondazione. L'incidenza dell'edilizia tradizionale (case a corte in muratura lapidea) prevalentemente realizzata prima del 1919 è piuttosto bassa.

Lo stato di conservazione complessivo del patrimonio mostra una incidenza leggermente maggiore degli edifici residenziali in pessimo e mediocre stato di conservazione (circa il 22%) rispetto ai dati provinciali e regionali (meno del 20%), ma anche rispetto al centro vicino di Iglesias, che però ha una presenza maggiore di edifici in pessimo stato di conservazione.

I servizi energetici (riscaldamento e ACS) nelle abitazioni occupate (figura 4.7) mostrano valori abbastanza congruenti con le medie regionali e provinciali, che vedono circa un 30% di unità immobiliari prive di un vero e proprio sistema di riscaldamento. Una buona parte di esse (circa il 30% a Carbonia) utilizza sistemi fissi dedicati alla climatizzazione di singoli ambienti. Iglesias sembra mostrare una maggiore presenza di impianti centralizzati. Sostanzialmente in accordo con i valori medi regionali e provinciali, a Carbonia la produzione di ACS è effettuata per circa il 20% da impianti combinati con il riscaldamento, perciò presumibilmente alimentati da combustibili liquidi. Il restante 80% dei sistemi di produzione di ACS è in larga parte costituito da boiler elettrico ad accumulo, ancora molto diffuso nell'isola.

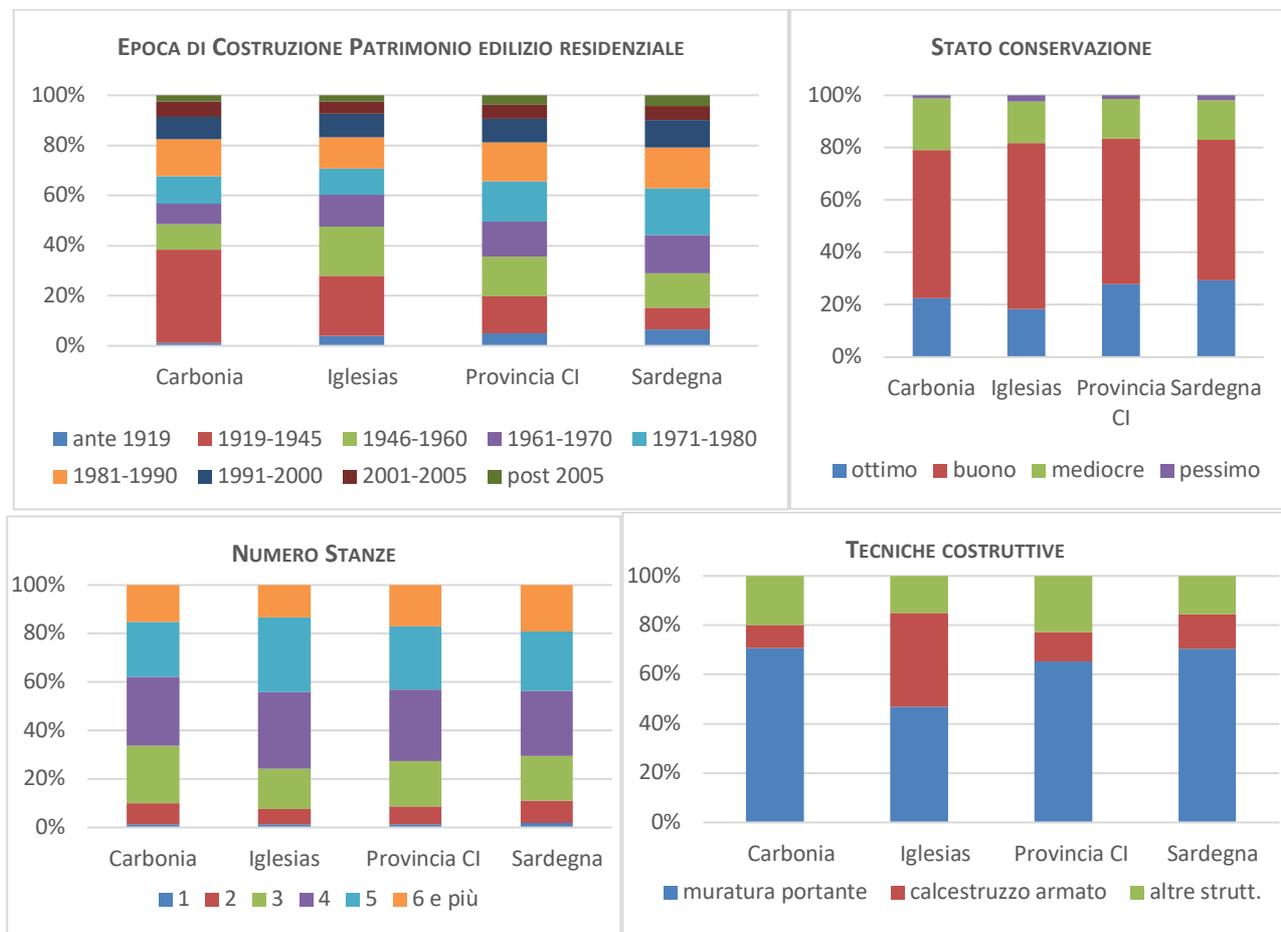


Figura 4.6. Confronto tra il patrimonio edilizio di Carbonia e quello provinciale e regionale.

	Impianto di riscaldamento	Impianto centralizzato	Impianto autonomo	Impianti singoli (risc. totale)	Impianti singoli (risc. parz.)	Impianto ACS	ACS comb.
Carbonia	72,82	12,71	29,39	32,69	50,47	98,78	19,44
Iglesias	73,34	21,84	32,45	22,40	46,38	98,44	17,80
Prov. CI	73,86	10,08	23,55	26,17	60,51	98,68	14,85
Sardegna	77,54	14,98	33,59	23,86	49,45	98,70	21,21

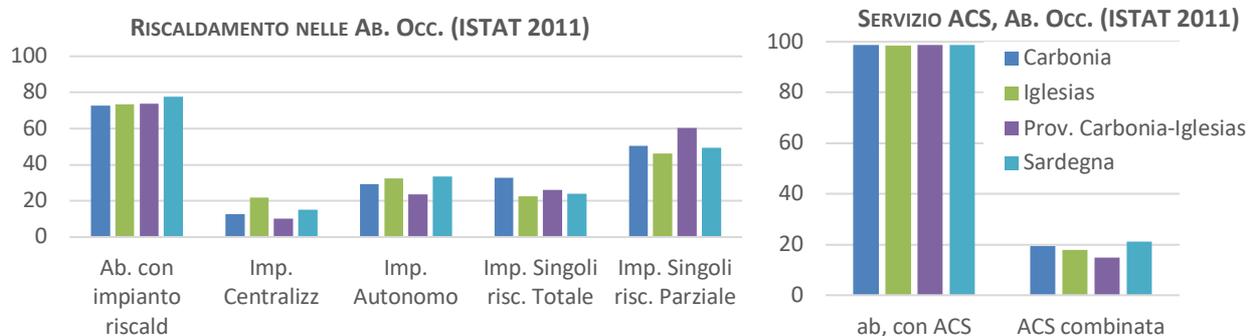


Figura 4.7. Abitazioni occupate e servizi energetici (riscaldamento e ACS).

Indagine sui consumi energetici delle famiglie (ISTAT 2017)

Si riportano in questa sede anche alcune elaborazioni svolte sui dati raccolti dallo studio a campione "Indagine sui consumi energetici delle famiglie" (ISTAT 2017)⁸. Per quanto lo studio non abbia rilevanza statistica in quanto eseguito a campione e non specificamente focalizzato sul comune di Carbonia, i risultati mostrano le particolarità dei consumi energetici del sistema sardo rispetto al quello del resto dell'Italia, dovute alla mancanza del metano. Le modalità d'uso degli impianti di riscaldamento e raffrescamento sono molto distanti dalle ipotesi del calcolo standard che prevedono un uso continuato per un numero di ore definito per legge e la climatizzazione di tutta l'unità immobiliare (figure 4.8-9). Il numero di ore di utilizzo è spesso inferiore a quello previsto dalla normativa, soprattutto per gli impianti autonomi, mentre gli impianti singoli (meno performanti) mostrano tempi di utilizzo più alto (figure 4.8-9). Altro aspetto da non trascurare è la forte incidenza degli impianti dedicati a singole stanze, che spesso non servono l'intera unità immobiliare, e il forte utilizzo di biomasse (figure 4.10-11). Considerando la particolarità del sistema sardo, sembra perciò necessario per lo sviluppo del progetto impostare uno studio sui profili d'uso degli impianti e sui consumi a carattere locale, utile al fine di individuare le ipotesi retrofit energetico e di recupero edilizio più adatte al contesto.

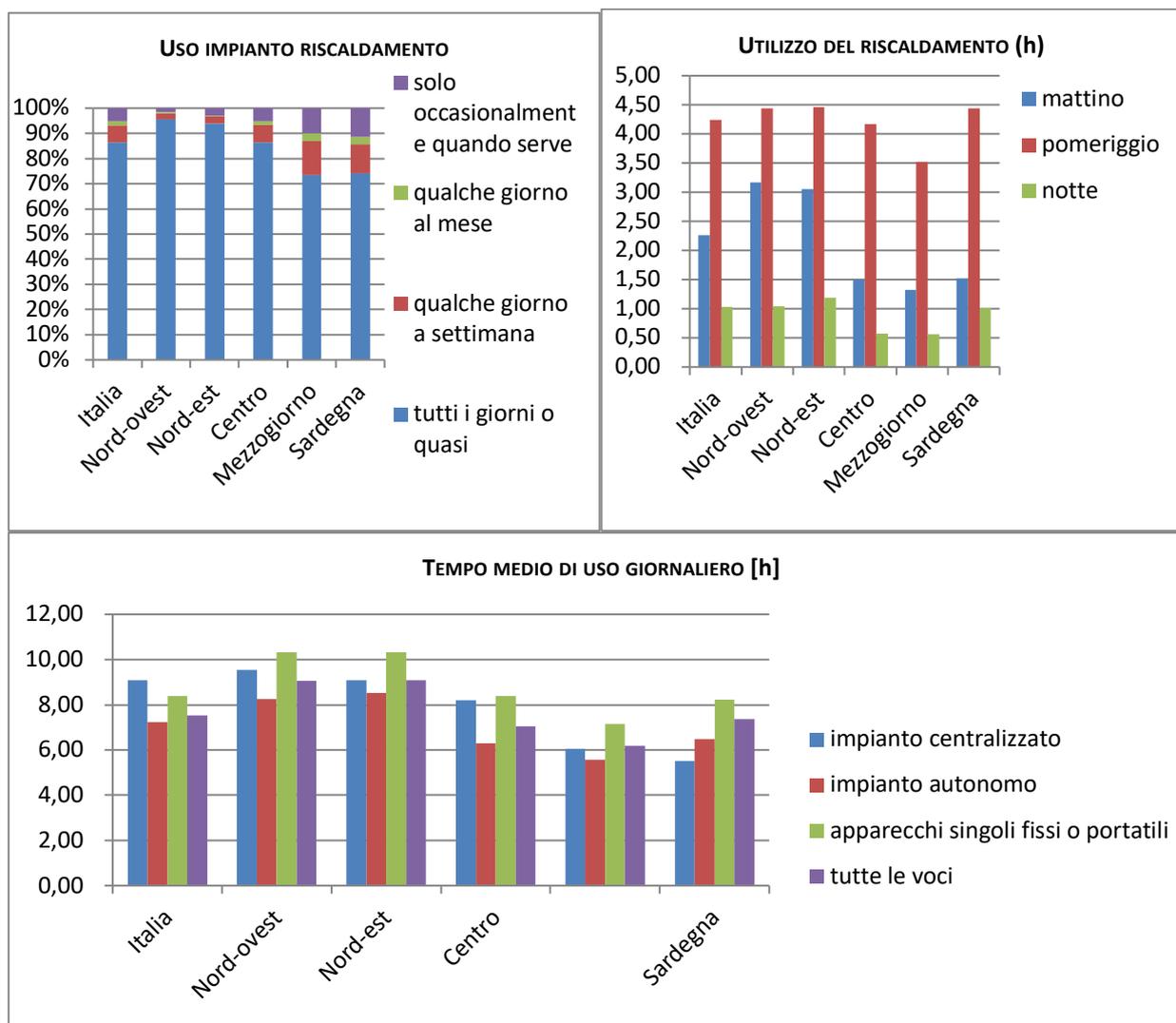


Figura 4.8. Profilo d'uso impianti di riscaldamento. Elaborazione da "Indagine sui consumi energetici delle famiglie" (ISTAT 2013).

⁸<https://www.istat.it/it/archivio/203344>

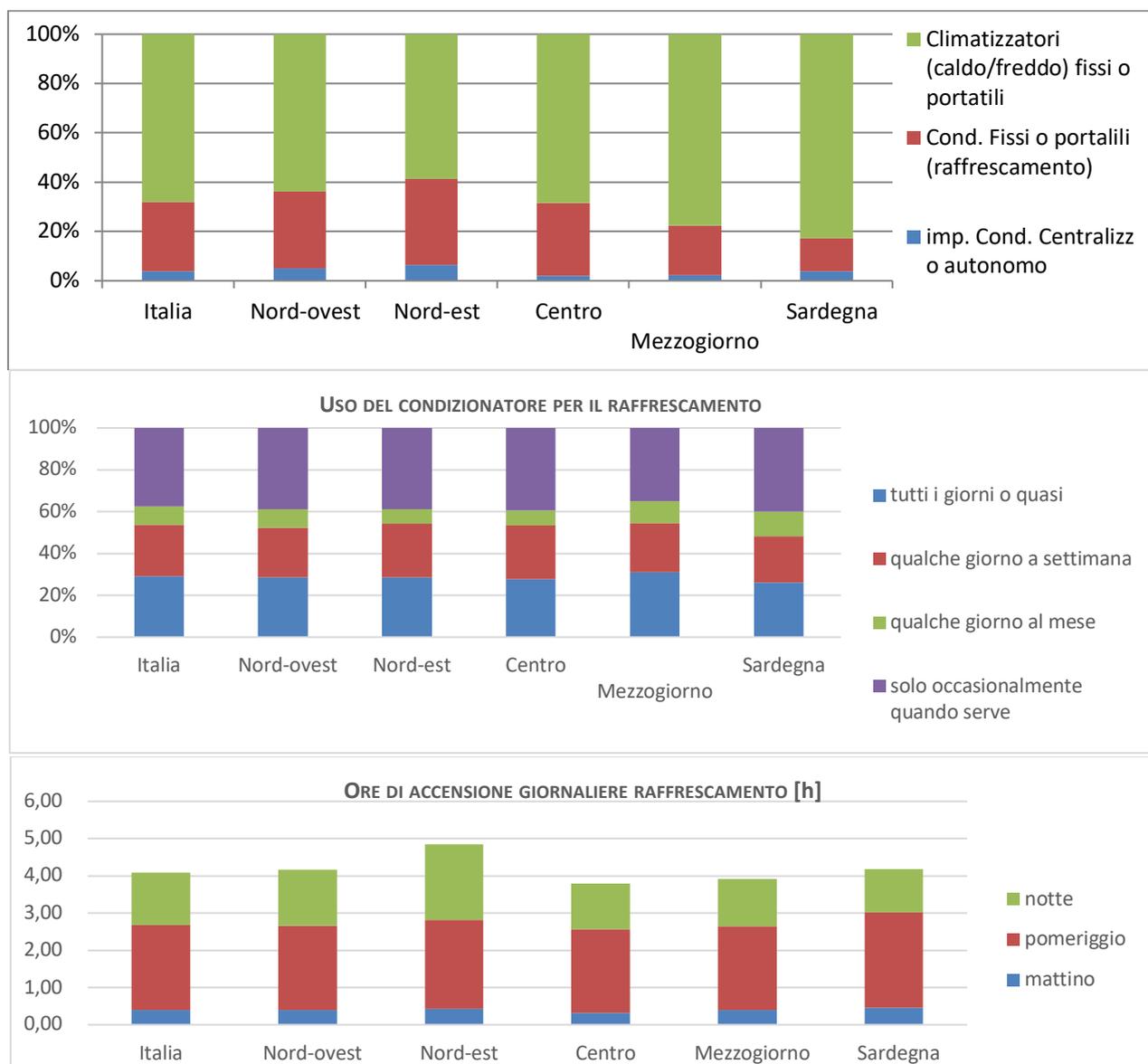


Figura 4.9. Profilo d'uso impianti di raffrescamento. Elaborazione da "Indagine sui consumi energetici delle famiglie (ISTAT 2013)⁹.

⁹<http://dati.istat.it/>

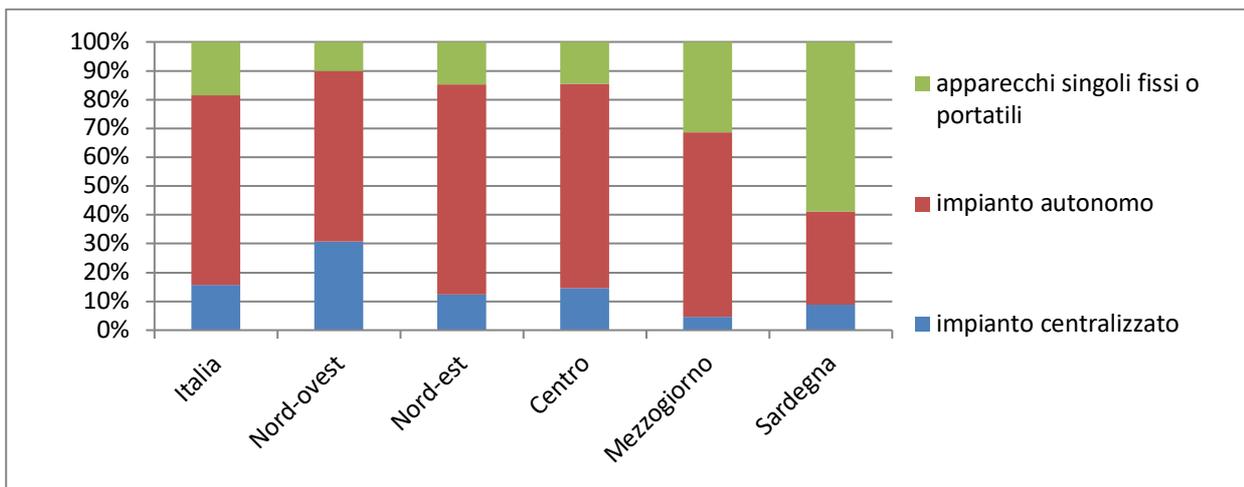


Figura 4.10. Tipo di impianti di riscaldamento. Elaborazione da “Indagine sui consumi energetici delle famiglie” (ISTAT 2013).

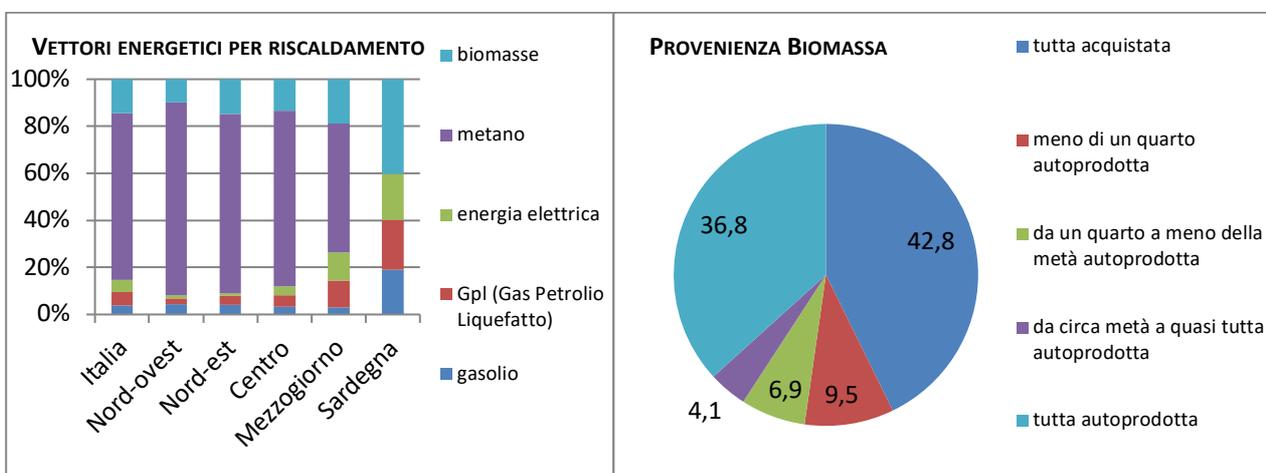


Figura 4.11. Profilo di consumo per riscaldamento. Elaborazione da “Indagine sui consumi energetici delle famiglie” (ISTAT 2013).

Analisi delle sezioni censuarie del Censimento della Popolazione e della Abitazioni (ISTAT 2011)

Approfondendo la scala geografica dello studio alle sezioni censuarie, si possono esplicitare le differenze tra diverse parti della città, utili a impostare l’approccio tipologico. Oltre alla osservazione delle sezioni censuarie tematizzate con diversi indicatori, i dati sono stati riaggregati per enfatizzare le differenze tra la parte storica della città relativa alla “Città di Fondazione” (sostanzialmente coincidente con il Centro di Antica e Prima Formazione - CAPF) e le espansioni più recenti (anni 50 e anni 90).

Nel CAPF oltre il 70% del patrimonio edilizio può essere ancora considerato afferente alla “Città di Fondazione”, tuttavia non sono trascurabili le presenze di edifici realizzati in alcuni decenni successivi (figure 4.12-13). Nella espansione si nota come siano rappresentate pressoché tutte le fasce temporali del censimento, con una lieve concentrazione della attività edificatoria nel ventennio 1971-91. La distribuzione spaziale presenta chiaramente l’influenza degli edifici più vecchi, mentre le aree con maggiore incidenza di edifici realizzati di recente si possono trovare lungo la strada in uscita dal centro urbano a Sud Ovest e in alcune aree pianificate ai confini a Nord Ovest e Sud Est del CAPF (figure 4.12-13). Tali aree sono anche caratterizzate da sezioni censuarie con il maggior numero di edifici residenziali e abitazioni, e quindi con il maggior numero di abitanti (figura 4.14). Tuttavia nel complesso il CAPF contiene ancora la maggior parte del patrimonio edilizio in termini di numero di abitazioni e di popolazione residente.

Gli edifici a due livelli sono largamente i più diffusi nel contesto (il circa il 60% nel CAPF, 40% nella espansione): tra questi ricadono la maggioranza delle tipologie della fondazione, ma anche le tipologie più

moderne di edilizia semi – intensiva e diffusa, fortemente presenti nella zona di espansione, dove è maggiore l’incidenza degli edifici monolivello (circa 25%) e degli edifici a tre livelli fuori terra (circa 20%), a conferma della più alta variabilità delle tipologie presenti (figura 4.13). L’espansione è caratterizzata dalla maggior presenza di edifici monofamiliari, con maggiore metratura disponibile, mentre il CAPF è per sua natura fortemente influenzato dalle tipologie edilizie multi familiari (3 - 4 interni) della fondazione (figura 4.14).

La tecnica costruttiva più diffusa è la muratura portante, che non è utilizzata solo dagli edifici storici del CAPF, ma è stata largamente utilizzata per le successive espansioni e per il tessuto a bassa densità della periferia, costituito da edifici con 1-2 livelli fuori terra aventi 1-2 interni (figura 4.15). Le uniche sezioni quasi interamente realizzate in CA coincidono con le espansioni pianificate più recenti poste nei confini Nord Ovest e Sud Est del CAPF.

L’incidenza delle abitazioni non utilizzate è maggiore in alcune sezioni censuarie nella parte Nord del CAPF, che coincide anche con la parte che mostra una maggiore incidenza di edifici in mediocre o pessimo stato di conservazione (figura 4.15-16). Si tratta perciò di edifici per i quali dove maggiormente è strategico sviluppare un approccio di recupero ed efficientamento specifico.

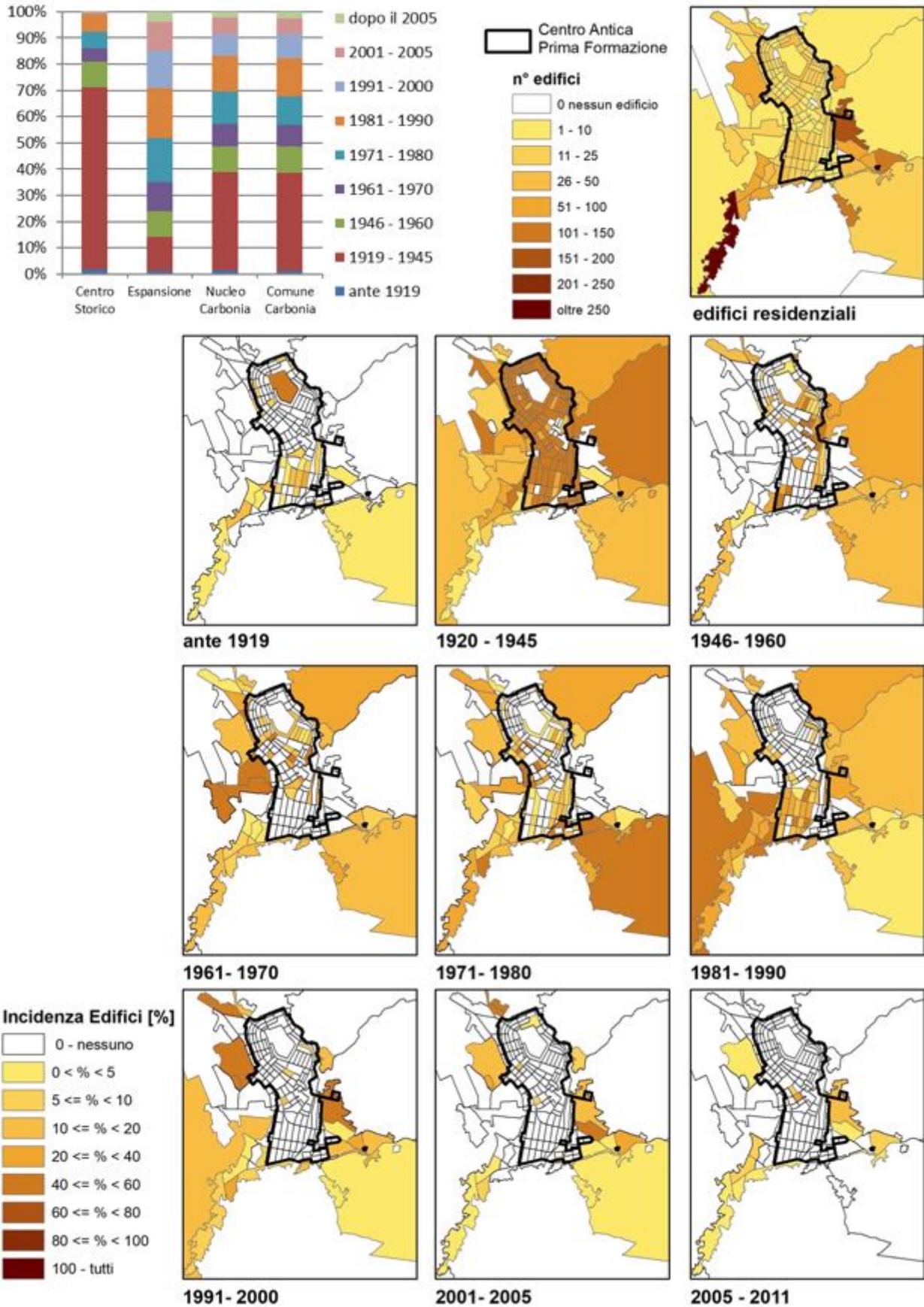
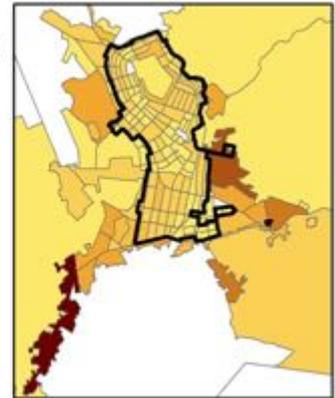
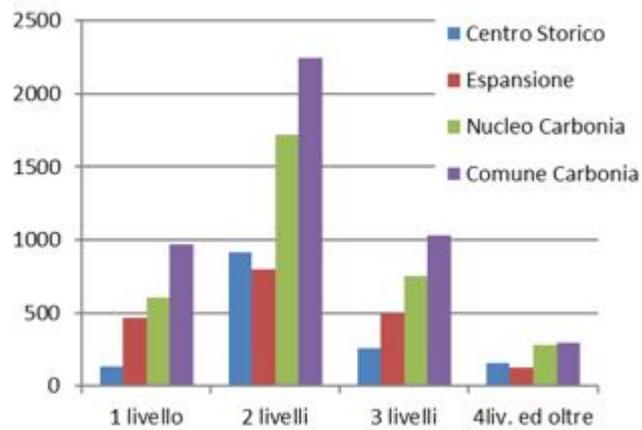
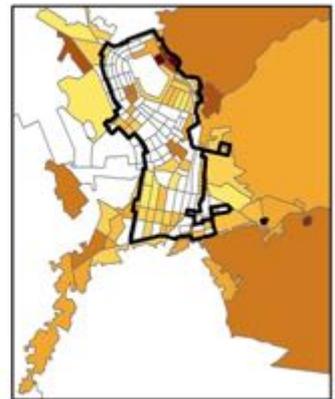
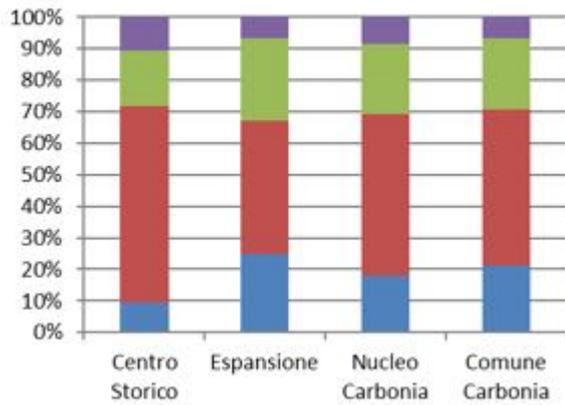


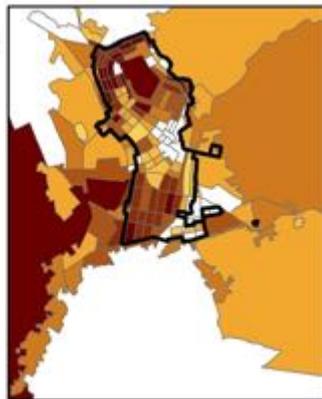
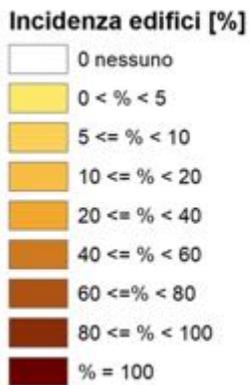
Figura 4.12. Consistenza ed età del patrimonio edificato del Centro di Carbonia. Elaborazioni da CPA ISTAT 2011.



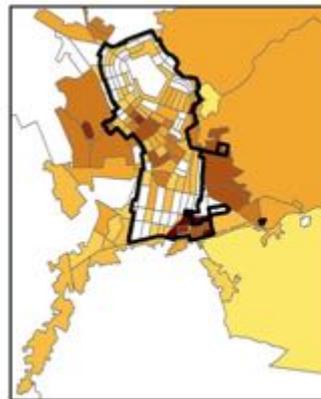
edifici residenziali



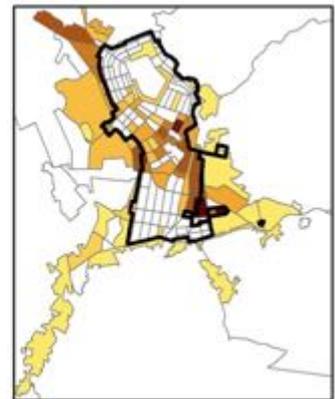
edificio 1 livello



edificio 2 livelli



edificio 3 livelli



edificio oltre 3 livelli

Figura 4.13. Livelli degli edifici del Centro di Carbonia. Elaborazioni da CPA ISTAT 2011.

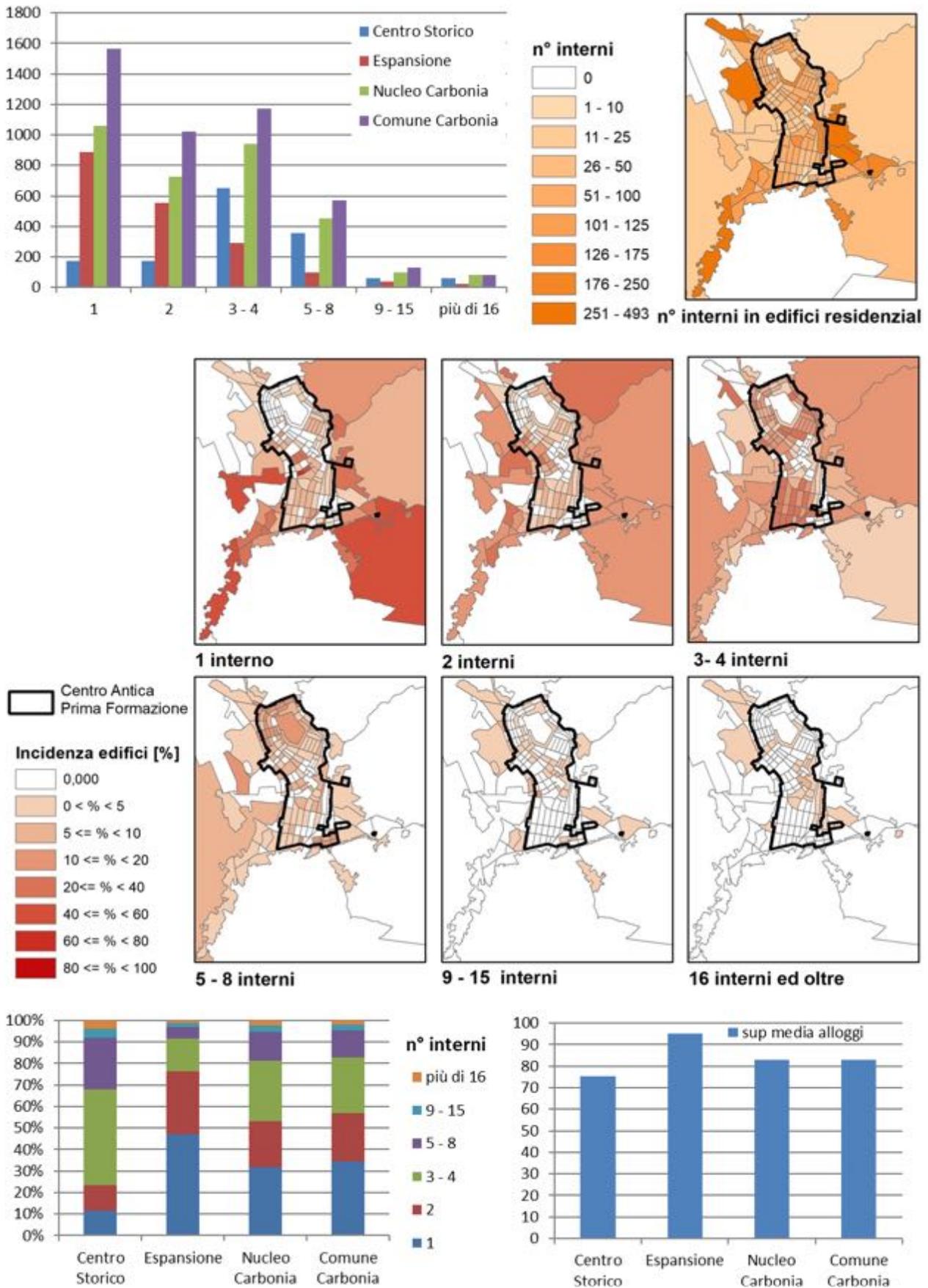


Figura 4.14. Distribuzione del numero di interni negli edifici. Elaborazioni da CPA ISTAT 2011.

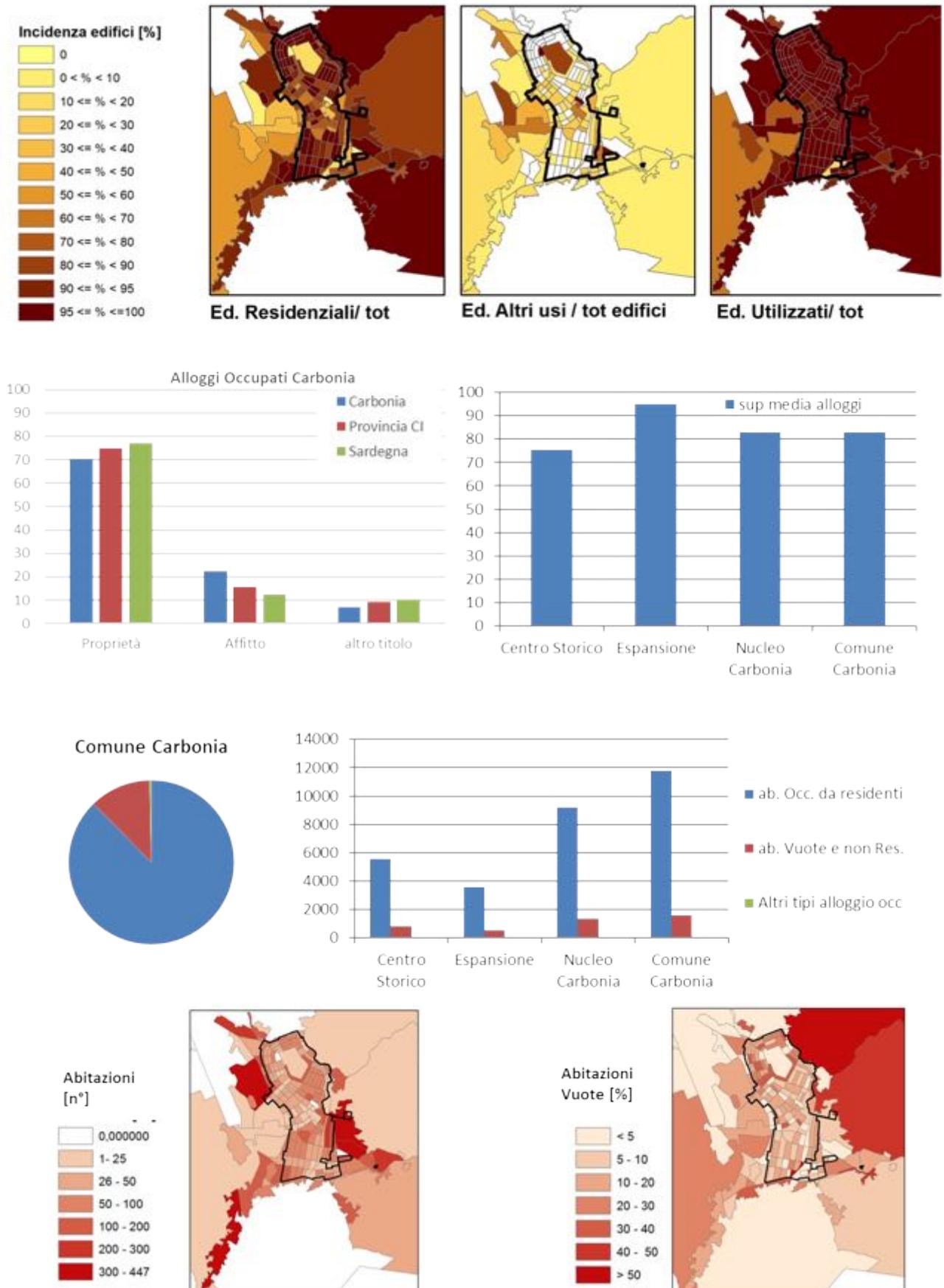


Figura 4.15. Uso degli edifici e degli alloggi nel centro di Carbonia. Elaborazioni da CPA ISTAT 2011.

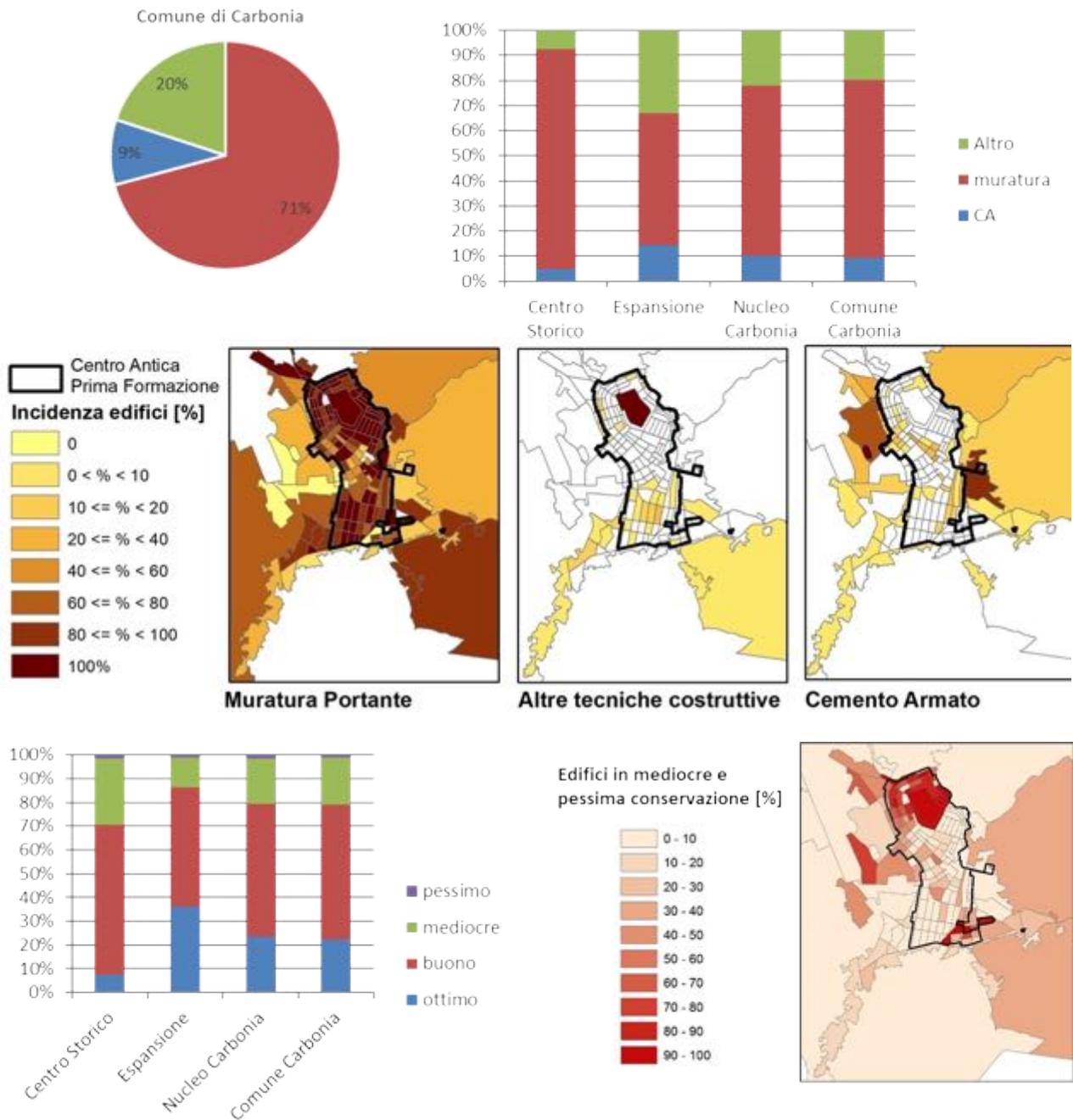


Figura 4.16. Sistemi costruttivi e stato di conservazione del patrimonio. Elaborazioni da CPA ISTAT 2011.

4.3 Diffusione delle fonti rinnovabili negli edifici

La diffusione delle fonti rinnovabili è stata valutata tramite l'analisi degli open data diffusi dal GSE attraverso il portale ALTAIMPIANTI¹⁰. Si tratta di una raccolta dei dati relativi agli impianti che hanno avuto accesso ai sistemi di incentivazione del Conto Termico¹¹ e del Conto Energia¹², gestiti dal GSE negli ultimi anni. Il data base riporta i dati essenziali di diversi tipi di impianti e la localizzazione spaziale tramite punto. Gli impianti a oggi presenti sul sistema non rappresentano la totalità e il data base viene periodicamente aggiornato. Il sistema facilita l'interrogazione del data base spaziale, dividendo gli impianti nelle seguenti categorie:

- Impianti di produzione di energia elettrica;
- Impianti di produzione di calore;
- Reti di teleriscaldamento;
- Convenzioni.

Gli impianti di produzione di energia elettrica disponibili nel sistema rappresentano un insieme significativo degli impianti incentivati dal GSE, che usufruiscono dei servizi di ritiro dell'energia prodotta. Oltre alla ubicazione, i dati tecnici contenuti sono: la fonte energetica (eolica, solare, geotermica, bioenergie, idraulica e non rinnovabile), potenza elettrica, tipo di tecnologia, tipo di convenzione stipulata. Gli impianti di produzione di calore rappresentati nel portale sono quelli incentivati col meccanismo del Conto Termico. Oltre alla ubicazione, i dati tecnici contenuti sono: la tipologia impiantistica (biomasse, pompe di calore, solare termico, generatori a condensazione), la potenza termica ed elettrica, il tipo di soggetto (pubblico o privato).

Le reti di teleriscaldamento rappresentate nel portale sono state definite sulla base di un censimento del GSE (2013), di dati pubblicati nel rapporto AIRU e di altre attività periodiche di indagine. Oltre alla ubicazione, i dati tecnici contenuti sono la potenza termica ed elettrica.

Le informazioni sulle Convenzioni, coerenti con quelle degli impianti, sono organizzate distinguendo tra: certificati verdi, CIP6, ritiro dedicato, nuovo decreto rinnovabili elettriche, scambio sul posto, tariffa onnicomprensiva, riconoscimento della cogenerazione ad alto rendimento e conto energia.

Lasciando alla esplorazione del portale del GSE i dettagli sugli impianti incentivati presenti nella città di Carbonia, in questa sede si riportano alcune statistiche di confronto tra Carbonia e altri centri vicini della provincia di Carbonia Iglesias. L'elemento di maggior importanza per il presente studio è che le informazioni sono note con un ottimo dettaglio spaziale, che potrebbe essere utilizzato nella definizione del potenziale tecnologico e sfruttabile delle FER e per sintetizzare scenari a scala urbana (figure 4.17-18).

Il numero di impianti incentivati dal conto termico è abbastanza limitato (figure 4.19-20), sia per la relativa recente istituzione dello strumento di incentivazione, sia per una minore tendenza al suo utilizzo, mentre gli impianti fotovoltaici sono in numero molto maggiore e permettono di estrarre statistiche significative ed effettuare confronti tra diversi centri (figura 4.21). La dimensione geografica del dato, al di là di alcune imprecisioni di localizzazione, può dare una idea piuttosto chiara delle parti di città che hanno attuato di più il proprio potenziale: a Carbonia il centro storico ha una bassa incidenza di impianti fotovoltaici, mentre alcune aree della espansione hanno densità maggiore. Ciò può facilitare l'individuazione di eventuali barriere locali alla diffusione delle tecnologie in ambito urbano. Carbonia non detiene una alta quota della potenza installata nella intera provincia, a causa della minore presenza di impianti di grossa taglia, tuttavia presenta la maggiore incidenza e diffusione di impianti di piccola taglia in ambito urbano.

¹⁰https://atla.gse.it/atlaimpianti/project/Atlaimpianti_Internet.html

¹¹<https://www.gse.it/servizi-per-te/efficienza-energetica/conto-termico>

¹²<https://www.gse.it/servizi-per-te/fotovoltaico/conto-energia>



Figura 4.17. Impianti fotovoltaici. Nucleo di Carbonia - zona Nord (estratto da ATLA impianti luglio 2019).



Figura 4.18. Impianti fotovoltaici. Nucleo di Carbonia – zona Sud (estratto da ATLA impianti luglio 2019).

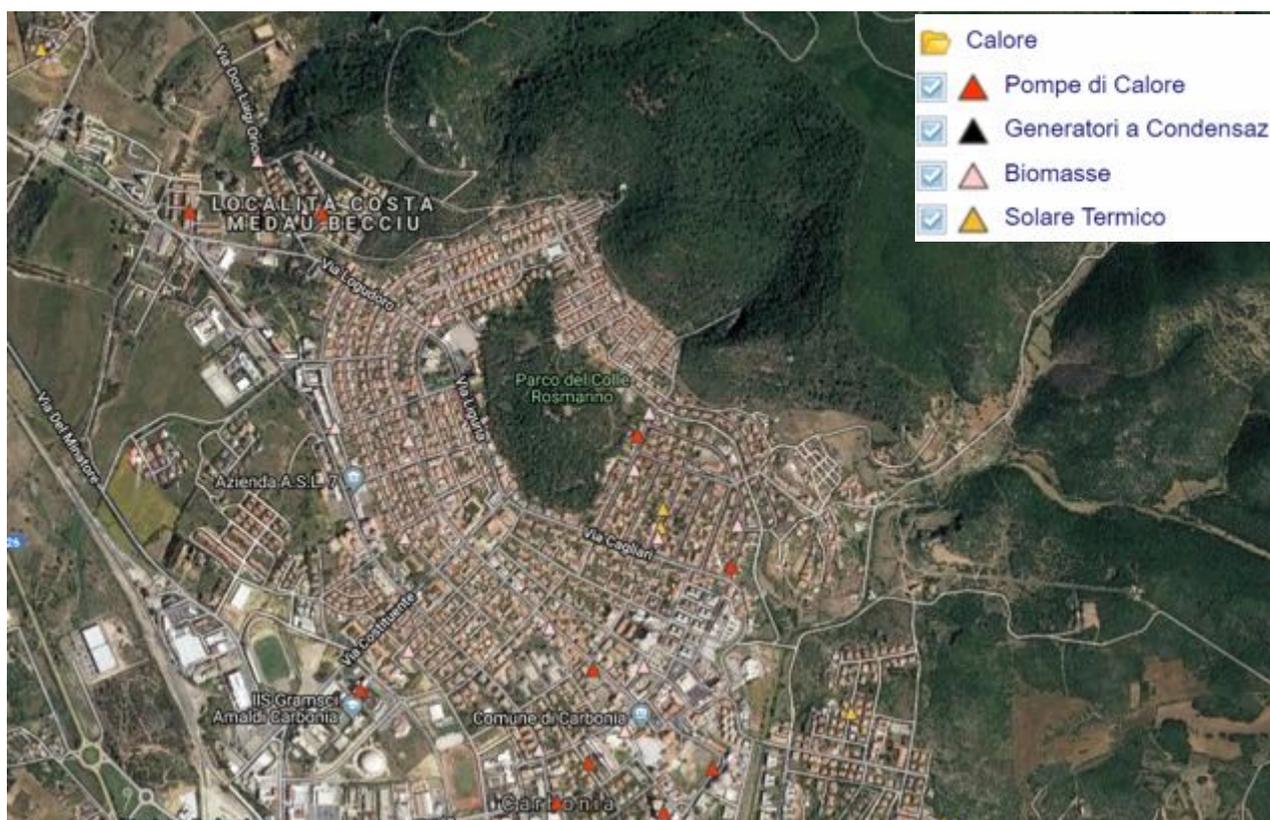


Figura 4.19. Impianti incentivati dal Conto Termico. Nucleo di Carbonia - zona Nord (estratto da ATLA impianti luglio 2019).



Figura 4.20. Impianti incentivati dal Conto termico. Nucleo di Carbonia - zona Sud (estratto da ATLA impianti luglio 2019).

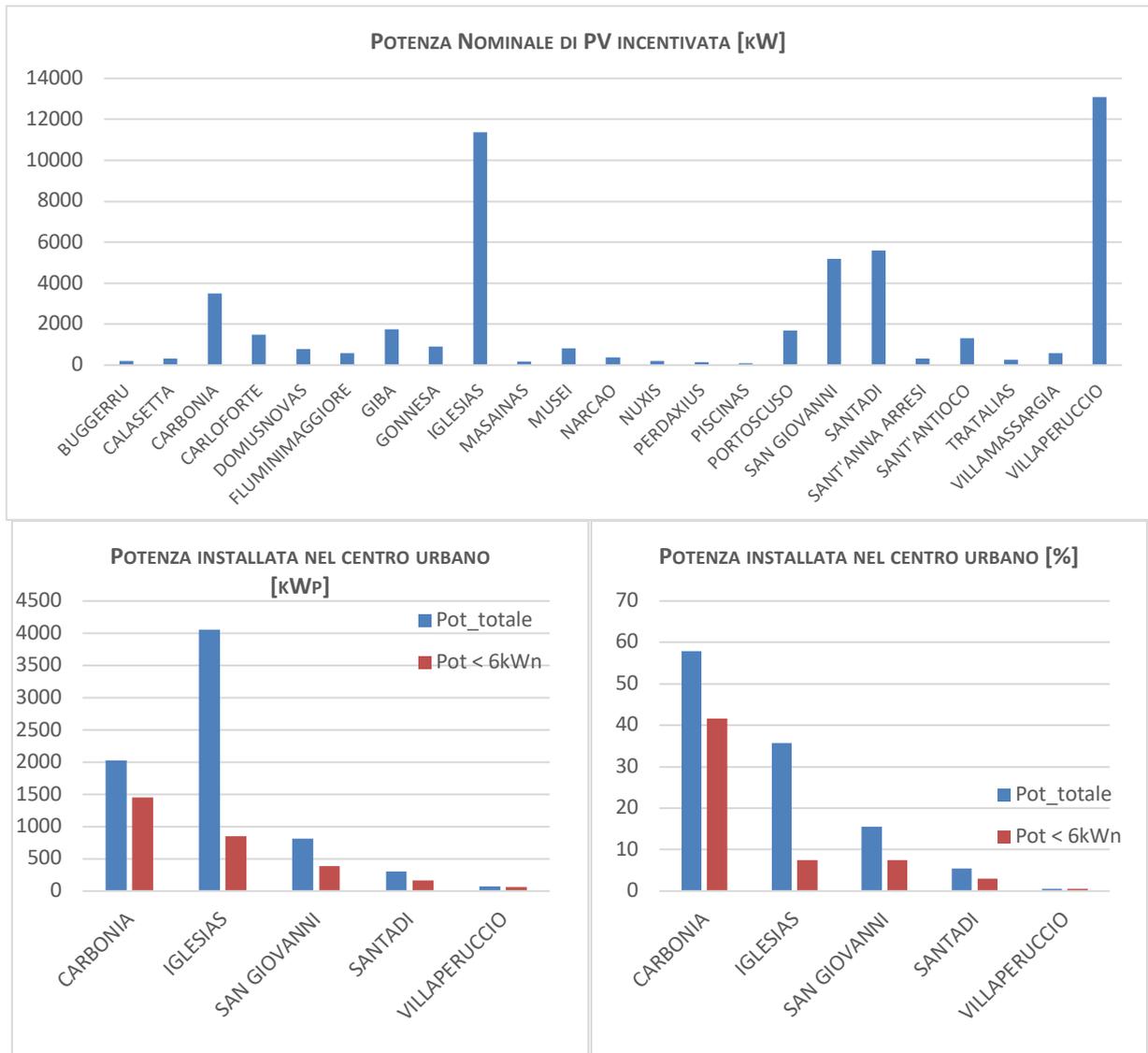


Figura 4.21. Potenza fotovoltaica installata nei comuni della provincia di CI. Elaborazione dati ATLAIMPIANTI GSE - luglio 2019.

4.4 *Interventi di efficientamento energetico*

Le detrazioni fiscali per interventi di efficientamento energetico degli edifici esistenti sono, insieme al conto termico e al conto energia, uno degli strumenti principali della strategia nazionale di incentivazione rivolta direttamente ai proprietari del patrimonio immobiliare. Il riferimento legislativo delle detrazioni fiscali è costituito dalla Legge n. 296/2006 per gli interventi di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio (Ecobonus) e dall'art. 16bis lettera h) del DPR 917/86 (Bonus Casa)¹³. Entrambe le misure negli ultimi anni sono state integrate, rispetto alla formulazione iniziale, e prorogate dalle Leggi di Bilancio attraverso la modifica del DL 4 giugno 2013, n. 63, convertito, con modificazioni, dalla Legge 3 agosto 2013, n. 90. La Legge 30 dicembre 2018 n. 145 (Legge di Bilancio 2019), in particolare, ha prorogato fino al 31/12/2019 le detrazioni fiscali per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio (ex Legge n. 296/2006) e ha prorogato l'applicazione dell'aliquota di detrazione del 50% con la spesa massima di 96.000,00 Euro per ciascuna unità immobiliare per interventi di ristrutturazione edilizia ai sensi dell'art. 16 bis del DPR 917/86. L'incentivo consiste nella concessione di un credito di imposta sull'IRPEF pari a una percentuale dell'investimento effettuato per i lavori di efficientamento energetico della propria unità immobiliare o condominio, che verrà applicato dallo stato suddiviso in un numero predefinito di annualità (5-10 anni). Tale incentivazione si è in genere affiancata alle detrazioni fiscali per opere di manutenzione straordinaria degli edifici esistenti, che con un meccanismo simile permette di recuperare una parte dell'importo dei lavori (36%-50%). L'impianto generale del sistema di incentivazione e degli interventi previsti è rimasto sostanzialmente immutato dal 2006, tuttavia le regole di dettaglio per l'accedere all'incentivo sono state modificate periodicamente nella finanziaria, così come le caratteristiche di interventi finanziabili sono state modificate nel tempo, adattandosi alle evoluzioni delle tecnologie disponibili e raffinando la procedura. Attualmente il meccanismo incentivante si articola in alcuni canali distinti, ma in forte relazione tra loro: l'Eco Bonus dedicato a interventi di efficientamento veri e propri con una detraibilità più alta (50 -65%); il Bonus Casa dedicato ai lavori di manutenzione straordinaria e ristrutturazione, ma che può comprendere anche alcuni interventi che influiscono positivamente sull'efficienza del sistema edificio impianto con un livello di detraibilità minore (50%), il Sisma Bonus, che permette di arrivare a percentuali molto alte (75%) in caso di interventi che comprendano il consolidamento strutturale volto alla sicurezza antisismica. ENEA raccoglie e gestisce per conto del Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE) le richieste di accesso alla detrazione e produce annualmente un report specifico dei risultati ottenuti dalla misura incentivante "Rapporto sulle Detrazioni fiscali"¹⁴, e un più generale documento riferito all'efficacia delle politiche di efficientamento energetico "Rapporto Annuale Efficienza Energetica (RAEE)"¹⁵. Tali documenti analizzano, prettamente su base nazionale, l'efficacia degli strumenti di incentivazione, esplicitandone potenzialità e criticità sulla base dei dati raccolti sull'accesso alla detrazione fiscale e ad altri strumenti di incentivazione. I rapporti più recenti riportano statistiche e indicatori su base regionale e provinciale, che consentono di mettere a fuoco l'inclinazione regionale all'investimento in efficienza energetica. Come già anticipato, lo strumento di incentivazione è dedicato direttamente a coloro che hanno la gestione economico finanziaria della unità immobiliare, perciò l'analisi del tipo di interventi che hanno avuto accesso alla incentivazione può essere un prezioso strumento per inquadrare le preferenze e le aspettative dei cittadini, in maniera specifica per l'area di studio. Ciò consente anche di quantificare la dinamicità del mercato locale rispetto a diversi tipi di tecnologie. La Sardegna, coerentemente con le altre regioni meridionali dal clima più mite, mostra un livello medio di investimento ad abitante sensibilmente più basso della media nazionale (tabella 4.2, figure 4.22-25). La provincia di Carbonia Iglesias si attesta su valori simili o inferiori alla media regionale, ma superiori alle province caratterizzate da più alta ruralità. Seguendo un andamento nazionale consolidato, la maggior parte degli investimenti si concentra sulla sostituzione dei serramenti, ma in Sardegna si può notare un peso maggiore degli interventi relativi alla sostituzione o nuova installazione di pompe di calore.

¹³<https://www.energiaenergetica.enea.it/detrazioni-fiscali.html>

¹⁴<https://www.energiaenergetica.enea.it/pubblicazioni/rapporto-annuale-detrazioni-fiscali.html>

¹⁵<https://www.energiaenergetica.enea.it/pubblicazioni/raee-rapporto-annuale-sull-efficienza-energetica.html>

Tabella 4.2. Superficie o unità installate per tecnologia anno 2018 (Rapporto 2019 detrazioni 65% ENEA).

Provincia	Pareti verticali [m2]	Pareti orizzontali [m2]	Superficie serramento [m2]	Superficie pannelli solari [m2]	Superficie schermature solari [m2]	Caldaia a condensazione	Caldaia a biomassa	Pompa di calore	Sistema ibrido	Scaldacqua a pompa di calore	Building automation
Sassari	5.045	5.470	8.528	158	1.925	76	49	397	5	76	4
Nuoro	4.950	3.536	3.341	84	327	96	45	128	1	49	2
Cagliari	6.346	4.927	9.671	417	1.917	136	37	583	4	64	9
Oristano	3.593	1.547	1.110	104	263	27	29	72	0	34	0
Sud Sardegna	4.912	4.741	3.169	311	590	75	65	284	3	85	1

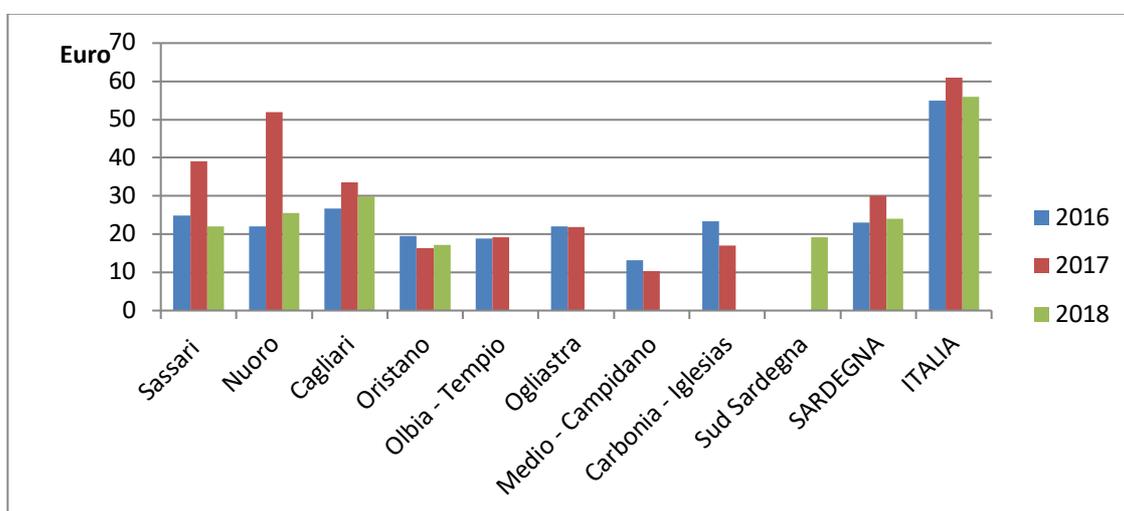


Figura 4.22. Investimenti medi per abitante in efficienza energetica anni 2016-17-18. Elaborazione Rapporti detrazioni fiscali ENEA, 2017, 2018, 2019.

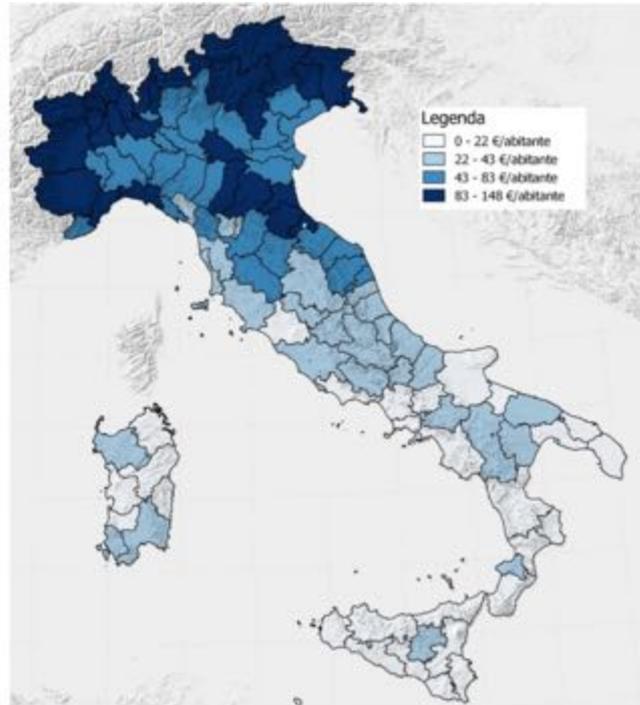


Figura 4.23. Investimento per abitante nelle province italiane (da Rapporto Detrazioni Fiscali ENEA, 2017).

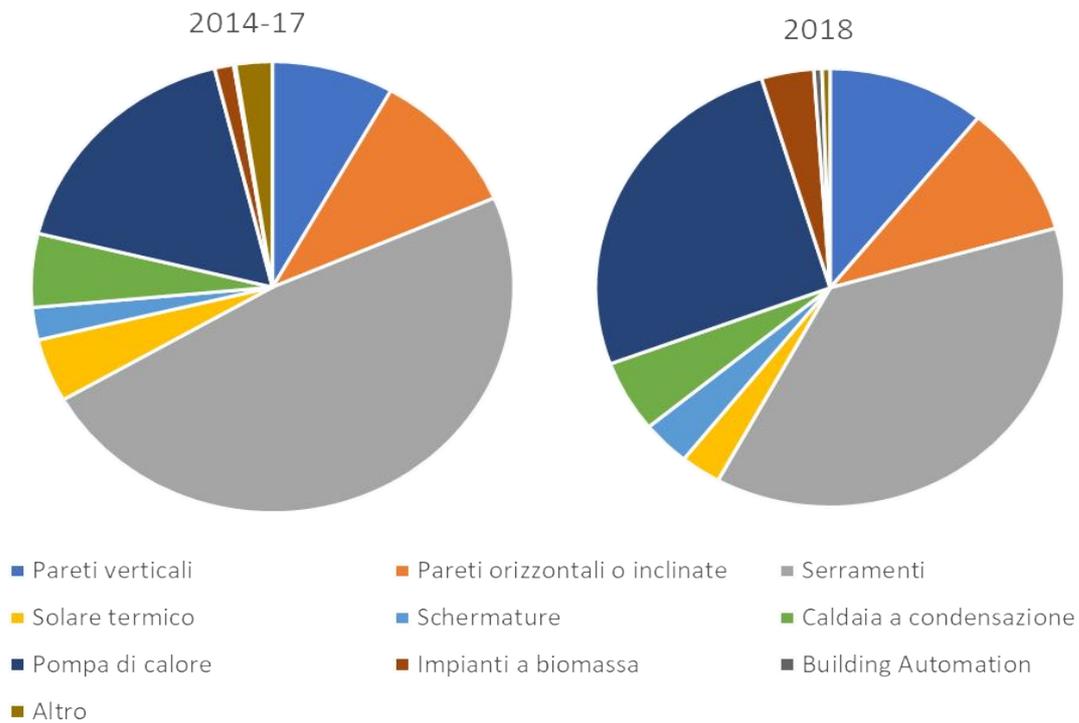


Figura 4.24. Ripartizione degli investimenti in efficienza energetica in Sardegna. Elaborazione da Rapporto detrazioni fiscali ENEA, 2019.

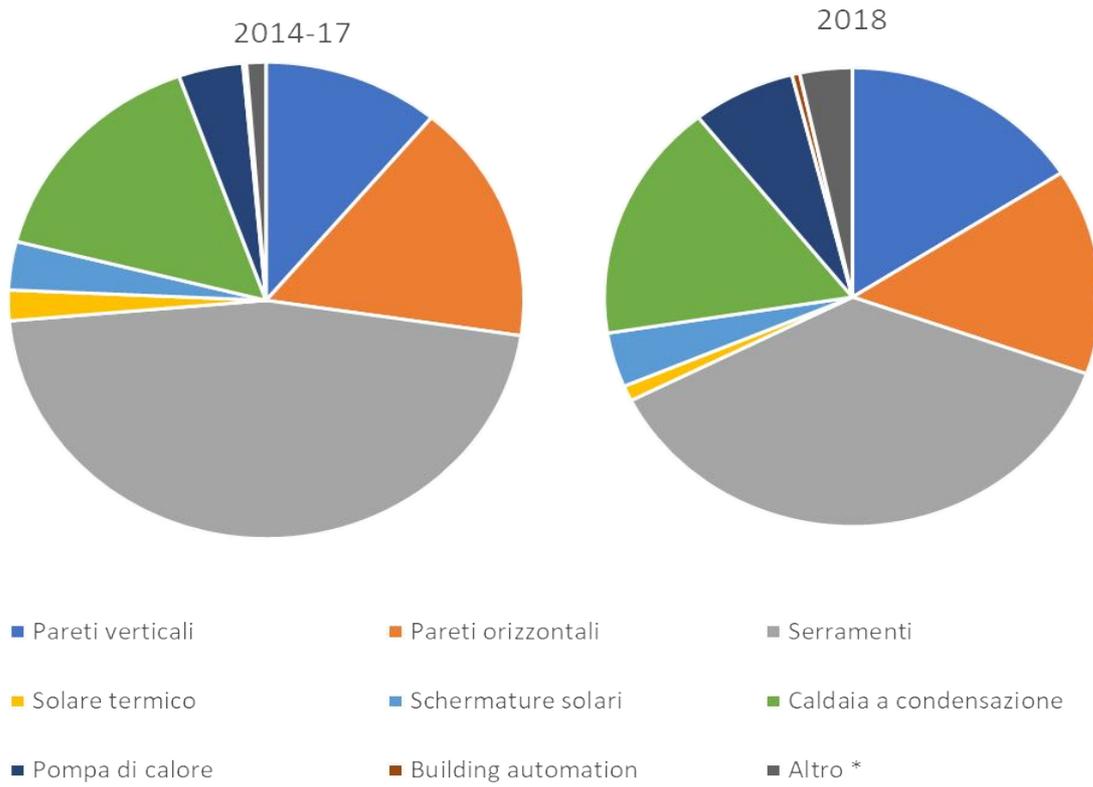


Figura 4.25. Ripartizione degli investimenti in efficienza energetica in Italia. Elaborazione da Rapporto detrazioni fiscali ENEA, 2019.

5. Quadro Normativo Locale

Il processo di recupero ed efficientamento energetico degli edifici è regolato da un articolato quadro normativo nazionale, che attua con leggi (legge 192/2006 e smi) e normative tecniche (pacchetto UNI TS 11300, parti 1-2-3-4-5-6) gli indirizzi formulati in sede europea. Tale *corpus* normativo individua i requisiti tecnici e di efficienza che i componenti del sistema edificio impianto devono soddisfare, in funzione del tipo di intervento, e le procedure per il calcolo e la verifica di tali requisiti. A essi, di natura cogente, si aggiungono alcuni limiti progettuali, prestazionali e di tipologia di intervento, che è necessario soddisfare per accedere a specifici sistemi incentivanti nazionali. Inoltre, in caso di edifici pubblici o caratterizzati da alti valori storico culturali si aggiungono ulteriori requisiti specifici previsti dalla destinazione d'uso o restrizioni sulle tipologie di intervento.

I requisiti tecnico normativi inerenti all'efficienza energetica negli edifici hanno una valenza pressoché nazionale, al netto delle varianti regionali, ma, al fine di esplicitare gli elementi che possono influire sul potenziale di retrofit energetico del patrimonio edilizio, deve essere necessariamente analizzato il livello normativo locale. Gli strumenti urbanistici locali possono essere una importante fonte di conoscenza sul territorio e sulle caratteristiche del patrimonio edilizio, che può essere utilizzata per definire approcci tipologici di scala sub urbana. Per il loro utilizzo è richiesta una adeguata attività di interpretazione e strutturazione della informazione, in quanto ogni strumento è caratterizzato da contenuti e strutture non sempre disponibile su formati digitali di facile uso (SDI geografiche organizzate): spesso si tratta di materiale documentale o cartografico che va sintetizzato e analizzato. Altro aspetto rilevante, che sottolinea l'importanza dello studio degli strumenti urbanistici vigenti nel contesto, è che essi sono di fatto il mezzo più diretto di controllo e indirizzo della attività edificatoria locale. L'approccio tipologico e lo strumento di supporto all'efficientamento del patrimonio edilizio dovranno essere sviluppati in maniera coerente con i contenuti e le procedure dell'apparato normativo locale al fine di facilitarne l'uso e aumentarne l'efficacia.

Il Caso Carbonia

Gli strumenti urbanistici vigenti nell'area di studio interessano tutti i livelli di pianificazione locale (tabella 5.1): il Piano Paesaggistico Regionale (PPR), il Piano Urbanistico Comunale (PUC) e diversi piani di livello attuativo (Piano Particolareggiato del Centro Matrice, Piani di Recupero, Piani di lottizzazione di iniziativa via privata e pubblica, etc). Non essendo obiettivo della presente ricerca mostrare nel dettaglio normative e contenuti di tali strumenti di pianificazione locale, per i quali si rimanda all'ampia documentazione presente nel sito della amministrazione¹⁶, si riporta di seguito una sintesi normativa locale volta a esplicitare i contenuti di interesse per lo sviluppo del progetto. Nello specifico, il comune di Carbonia ha adeguato il piano regolatore di livello comunale (PUC) allo strumento sovraordinato regionale (PPR), comprendendone e specificandone le prescrizioni.

¹⁶<https://www.comune.carbonia.su.it/puc-piano-urbanistico>

Tabella 5.1. Strumenti urbanistici del Comune di Carbonia.

Strumento	Riferimento normativo	Contenuti
Piano Paesaggistico Regionale		Assetto insediativo Assetto storico culturale Assetto ambientale Prescrizioni ed indirizzi
Piano Urbanistico Comunale (PUC)	Approvazione - BURAS n. 11 del 18.04.2011	Assetto Storico Culturale
	Variante_1 - BURAS n. 48 del 08.11.2012)	Assetto Ambientale
	Variante_2 - BURAS n. 46 del 10.10.2013	Zonizzazione Urbana
	Variante_3 - BURAS n. 14 del 26.03.2015	Norma di Attuazione
	Variante_3 - pubblicata sul BURAS n. 30 – Parte III del 23.06.2016	Regolamento Edilizio
Piano Particolareggiato per il Centro Storico (PPCS)	<i>Piano di Riqualificazione e Recupero</i> autorizzato ai sensi della L.R. n. 28/1998 BURAS n. 15 del 27.05.2011 (Errata Corrige BURAS n. 16 del 06.06.2011)	Catalogo del patrimonio architettonico razionalista di Carbonia
	Variante n. 1 al Piano di Riqualificazione e Recupero BURAS n. del 07.01.2012	Manuale del recupero Abaco delle modificazioni e progetti-guida
	Variante n. 2 – Variante generale al Piano di Riqualificazione e Recupero sul BURAS n. 32 – Parte III del 07.07.2016	Norme di Attuazione
	<i>Piano Particolareggiato Centro Storico</i> redatto ai sensi dell’art.52 delle N.T.A. del PPR BURAS n. 32 – Parte III del 07.07.2016	
Altri piani particolareggiati sotto ordinati al PUC	Piani di Zona (PdZ) ai sensi della Legge n.167/62 e s.m.i Piani urbanistici attuativi di iniziativa pubblica e privata ai sensi dell’art.21 L.R. 22/12/1989 n.45 Comparti edificatori di cui all’art. 27 della L.R. 22/12/1989 n.45 Programmi complessi ai sensi della L. 179/92 e della L.R. 16/94.	Schema planivolumetrico di impianto Tipi edilizi previsti dai piani Soluzioni materico - costruttive

5.1 Lo strumento urbanistico comunale generale

I principali contenuti che compongono il PUC sono:

- lo studio dell’Assetto Storico Culturale e dell’Assetto Ambientale, da cui scaturiscono alcuni vincoli alla attività edificatoria che possono influire sulle modalità di recupero ed efficientamento;
- la Zonizzazione Urbana e le relative Norme Tecniche di Attuazione (NTA), che classificano il sistema insediativo e il patrimonio edilizio, fornendo le regole per gli interventi di modifica e recupero dello stesso;
- il Regolamento Edilizio che detta requisiti tecnici e procedurali per gli interventi edilizi.

L’Assetto Ambientale contiene l’individuazione delle aree di pericolosità e di rischio idrogeologico (Piano Assetto Idrogeologico – 331/01/2018) e le fasce di rispetto dagli elementi naturali (art 142 D.Lgs 42/2004), dove valgono stringenti limiti di inedificabilità. Si tratta del recepimento diretto e/o la specificazione di alcuni contenuti tematici dell’Assetto Ambientale, già ricompresi e vincolanti nello strumento regionale di pianificazione sovra ordinata (PPR). Sono aree dove è presente un potenziale rischio idrogeologico (figura 5.1) per cose e persone, perciò nelle aree di pericolosità elevata (Hi4, Hg4) il vincolo è l’inedificabilità totale e, nel caso di manufatti già esistenti, il permesso dei soli interventi di manutenzione (ordinaria e

straordinaria) e di opere di mitigazione del rischio. Nelle aree di minore rischio (Hi3-2-1, Hg3-2-1) alcune attività edilizie sono permesse, pur con limitazioni.

Il PUC contiene anche l'individuazione degli elementi di valore storico paesaggistico del territorio comunale, definiti in coerenza col repertorio della regione¹⁷, e nello specifico (figura 5.2):

- Beni Paesaggistici di Valenza Storico - Culturale - Beni Archeologici;
- Beni Paesaggistici di Valenza Storico - Culturale - Insediamento Storico Sparso;
- Beni Identitari di Valenza Storico Culturale;
- Aree Archeologiche a Potenziale Interesse Paesaggistico.

Per ognuno di questi elementi, il PUC individua le aree di tutela integrale e di tutela condizionata con le relative norme di indirizzo e vincoli. Molte di queste riguardano edifici che ricadono in ambito urbano e possono influire sulla capacità edificatoria del contesto, in quanto soprattutto i perimetri di tutela condizionata possono comprendere anche aree molto estese (Figura 5.3). Si tratta di regole finalizzate alla conservazione del bene di rilevanza paesaggistica, perciò con la tutela integrale si vincola essenzialmente il bene e le sue dirette pertinenze al mantenimento dello *status quo* e al restauro filologico, mentre nelle aree di tutela condizionata le prescrizioni sono solitamente più blande e individuano alcune regole per preservare e migliorare il contesto di relazione del bene.

Al fine di tipizzare il patrimonio edilizio, risulta di grande utilità l'analisi della Zonizzazione Urbanistica, che classifica il patrimonio edilizio in zone omogenee da punto di vista tipologico - costruttivo e funzionale identificando a seguito regole specifiche per ogni area. La Zonizzazione è strutturata in maniera coerente con le linee guida per l'adeguato dei piani al PPR¹⁸ e il quadro normativo regionale (Tabella 5.2).

Ai fini della presente ricerca, risultano di particolare interesse le zone omogenee A, B, C, che, con le loro sotto articolazioni, individuano con buon dettaglio spaziale i diversi tessuti insediativi residenziali del centro urbano (figura 5.4-5). Le zone di salvaguardia (zone H) identificano altri ambiti spaziali sottoposti a specifici vincoli della attività edificatoria.

Salvo alcuni casi di complessi di particolare rilievo architettonico e/o funzionale, il dettaglio spaziale delle zone omogenee non arriva al singolo edificio, ma tende a combaciare con gli isolati o con i pattern urbani facilmente riconoscibili. Tuttavia, nel caso di Carbonia, la loro definizione può essere un buon supporto per classificare preliminarmente il patrimonio edilizio.

¹⁷<http://www.sardegнатerritorio.it/j/v/1293?s=265246&v=2&c=7263&t=1>

¹⁸Linee guida regionali per l'adeguamento del PUC al Piano Paesaggistico Regionale (PPR),
<http://www.regione.sardegna.it/j/v/1123?s=6&v=9&c=3687&na=1>

Tabella 5.2. Zonizzazione Urbana - Comune di Carbonia.

Zona A: centro storico	Coincidente con la Città di Fondazione e Specificata nel PPCS, articolata in: SOTTOZONA A1: tessuti urbani con rilevanti tracce dell'originario impianto storico urbanistico e architettonico SOTTOZONA A2.1: tessuti urbani modificati riconoscibili a livello edilizio; SOTTOZONA A2.2: tessuti urbani alterati a livello edilizio SOTTOZONA A3: tessuti urbani edificati in periodi recenti (sostituiti) o non ancora edificati (vuoti) all'interno della Città di Fondazione
Zona B: completamento residenziale	SOTTOZONA B1, Espansioni compiute sino agli anni cinquanta, articolate in B1.1, B1.2, B1.3 SOTTOZONA B2: Espansioni compiute sino dopo gli anni cinquanta, articolate in B2.1, B2.2, B2.3, B2.4, B2.5, B2.6, B2.7.
Zona C: espansione residenziale	SOTTOZONA C1.1: Espansioni pianificate (attuate o in corso di attuazione) in Carbonia Centro, articolate in C1.1, C1.1.PdZ. SOTTOZONA C1.2: Espansioni pianificate (attuate o in corso di attuazione) nelle frazioni, articolate in C1.2., C1.2. PdZ. SOTTOZONA C2: Edificato spontaneo (interventi ante "legge ponte" e/o insediamenti abusivi soggetti a Piani di Risanamento Urbanistico P.RI.U.) articolato in C2.1 - Carbonia Centro, C2.2 - Frazioni. SOTTOZONA C3.1: Espansioni in programma in Carbonia Centro, articolate in C3.1, C3.1 PdZ. SOTTOZONA C3.2: Espansioni in programma nelle frazioni, articolate in C3.2, C3.2PdZ.
Zona D: artigianale, industriale, commerciale Zona E: aree agricole Zona F: insediamenti turistici Zona G: servizi generali Zona S: servizi nelle aree residenziali	Altre zone omogenee avente funzione prevalente non residenziale
Zona h: aree di salvaguardia	SOTTOZONA H1: Zona archeologica SOTTOZONA H2: Zona di pregio paesaggistico SOTTOZONA H3: Zona di salvaguardia ambientale SOTTOZONA H4: Fascia di rispetto stradale, ferroviaria e acque pubbliche SOTTOZONA H5: Fascia di rispetto cimiteriale.

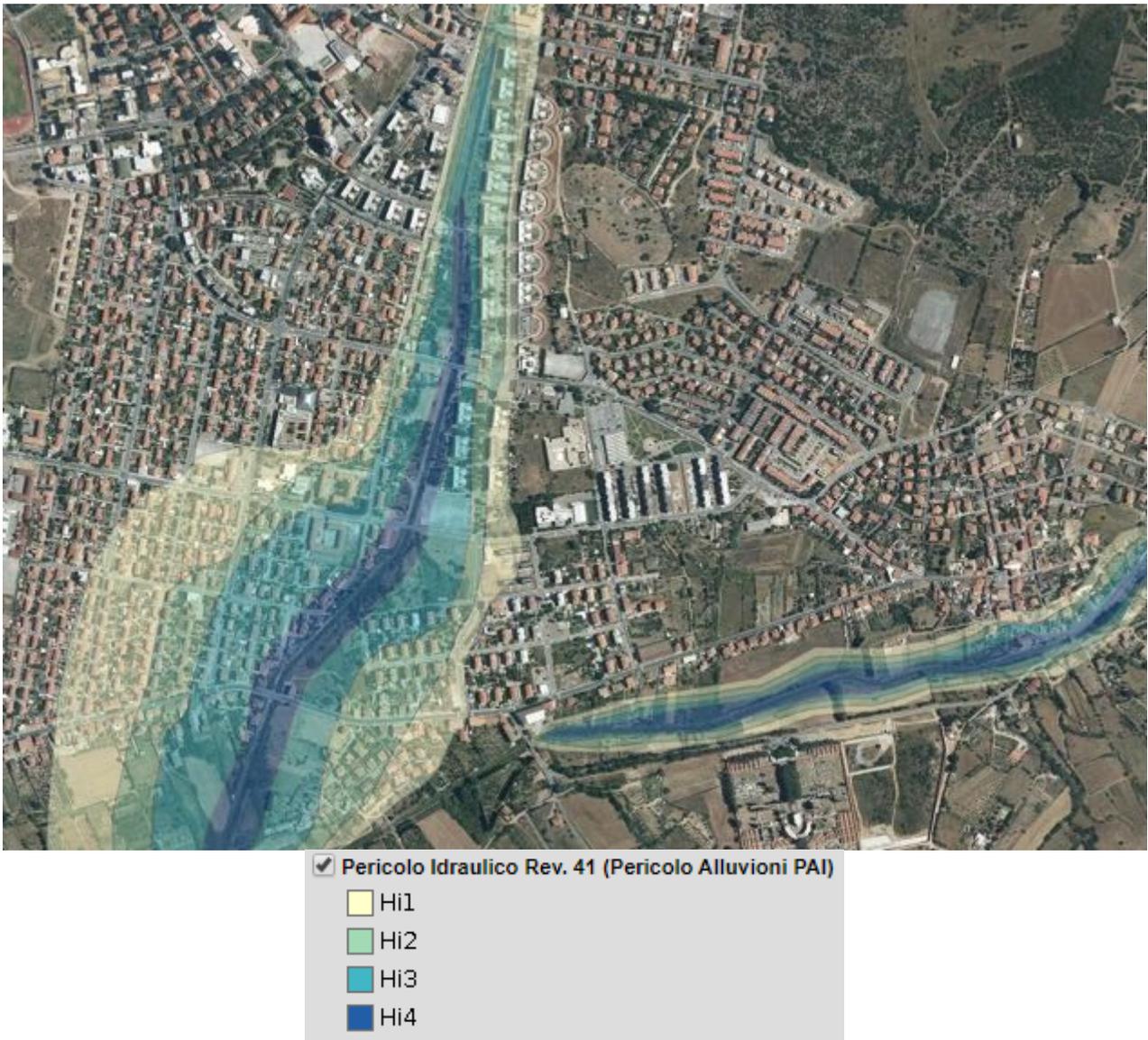
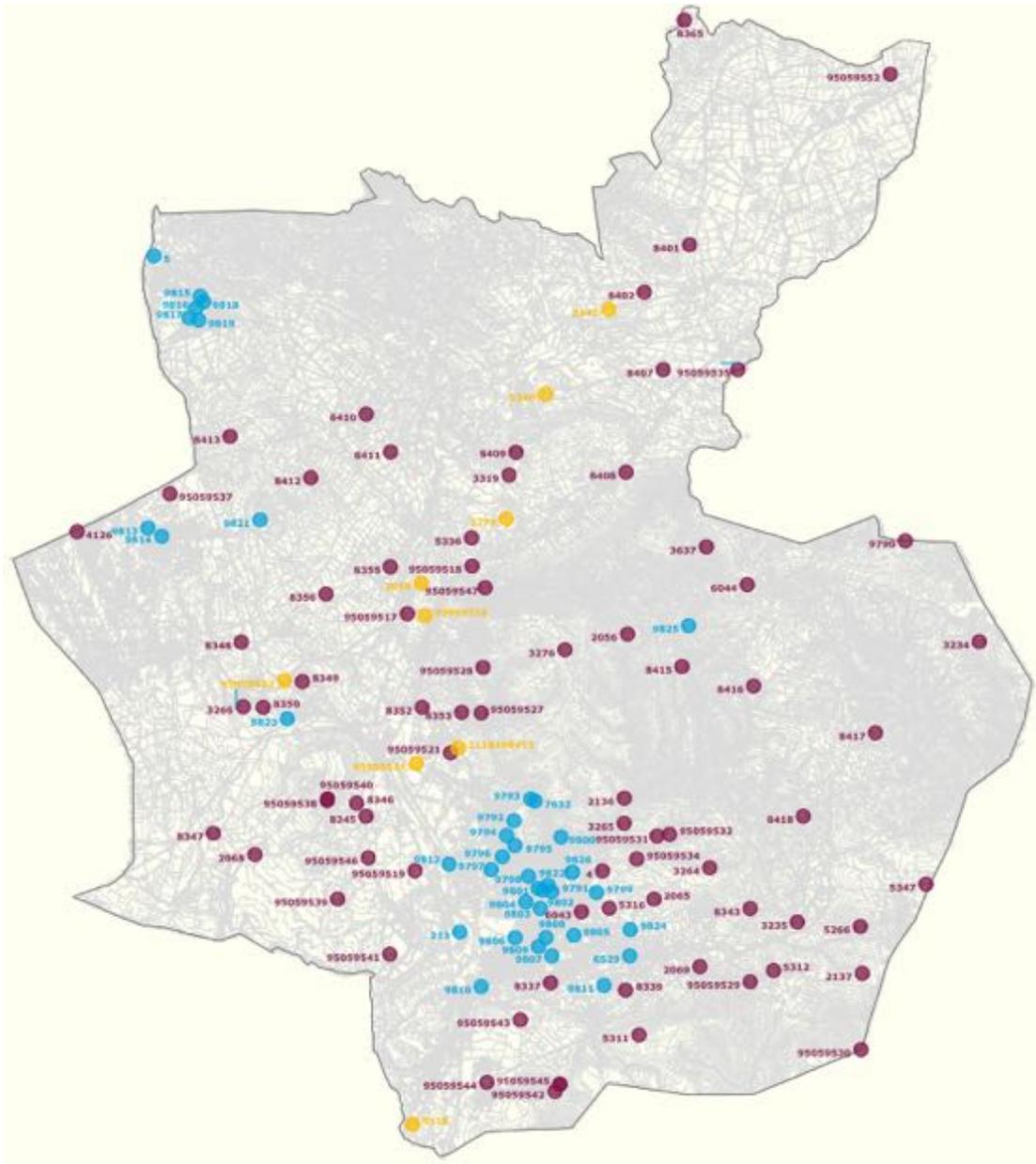


Figura 5.1. Stralcio Carta del Rischio da Pericolo Idraulico (tratta dal navigatore RAS).



Descrizione Categoria	Simbolo
Beni Identitari	●
Beni Paesaggistici	●
Beni Archeologici di Potenziale Interesse Paesaggistico	●

Figura 5.2. PUC -Allegato 1 Assetto storico Culturale tavola 0 – Ricognizione dei Beni.



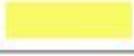
CENTRO MATRICE		
PARCO GEOMINERARIO AMBIENTALE E STORICO		
BENI PAESAGGISTICI	Perimetro a tutela integrale	
	Perimetro a tutela condizionata	
AREE ARCHEOLOGICHE DI POTENZIALE INTERESSE PAESAGGISTICO	Perimetro a tutela condizionata	
BENI VINCOLATI CON DECRETO	Archeologico	
	Architettonico	
BENI IDENTITARI	Perimetro a tutela integrale	
	Perimetro a tutela condizionata	
AREE A POTENZIALE INTERESSE ARCHEOLOGICO		

Figura 5.3. Stralcio della Carta dei vincoli (tutela integrale e condizionata) del centro di Carbonia.

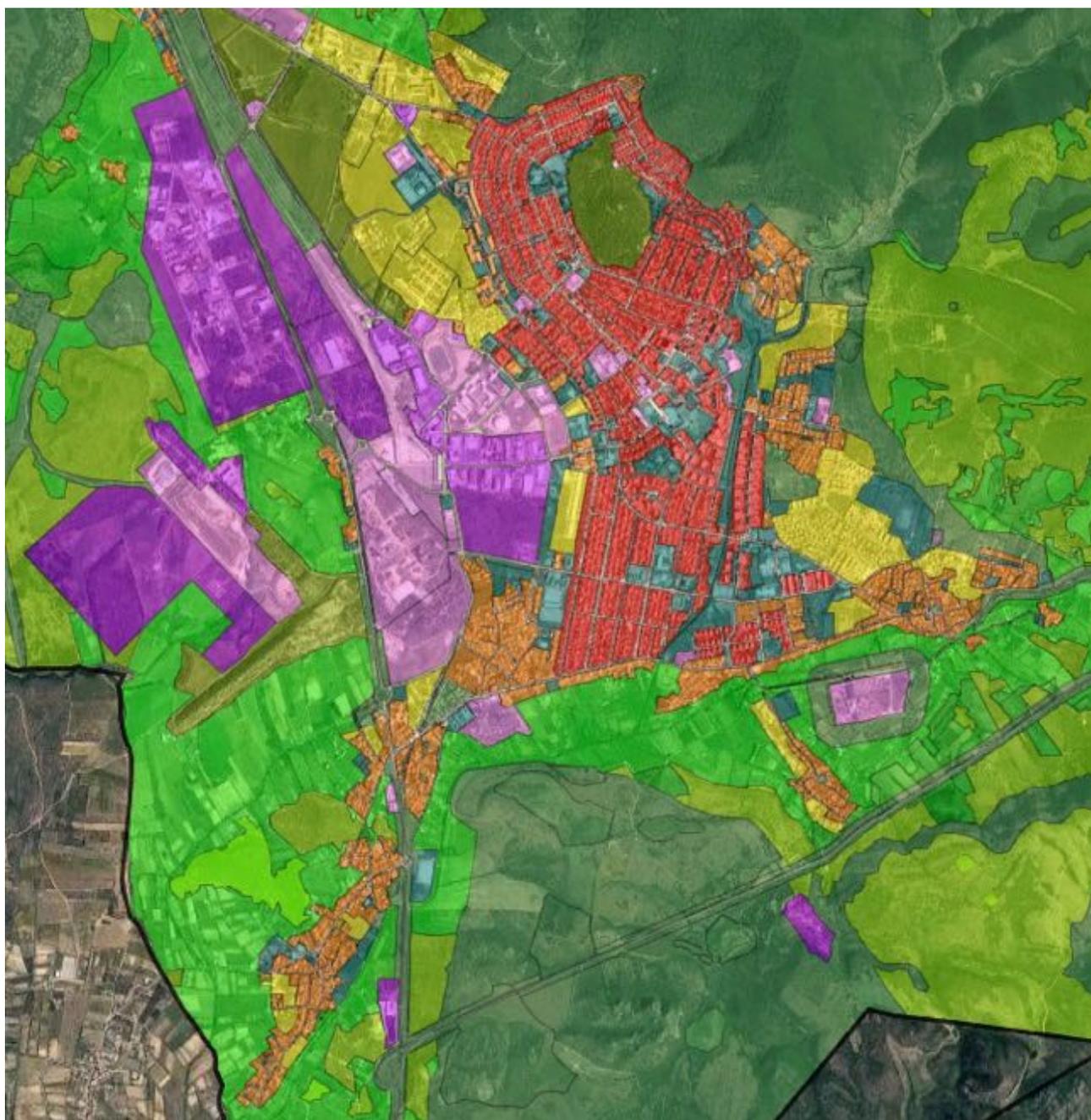


Figura 5.4. Zonizzazione del PUC del centro di Carbonia.

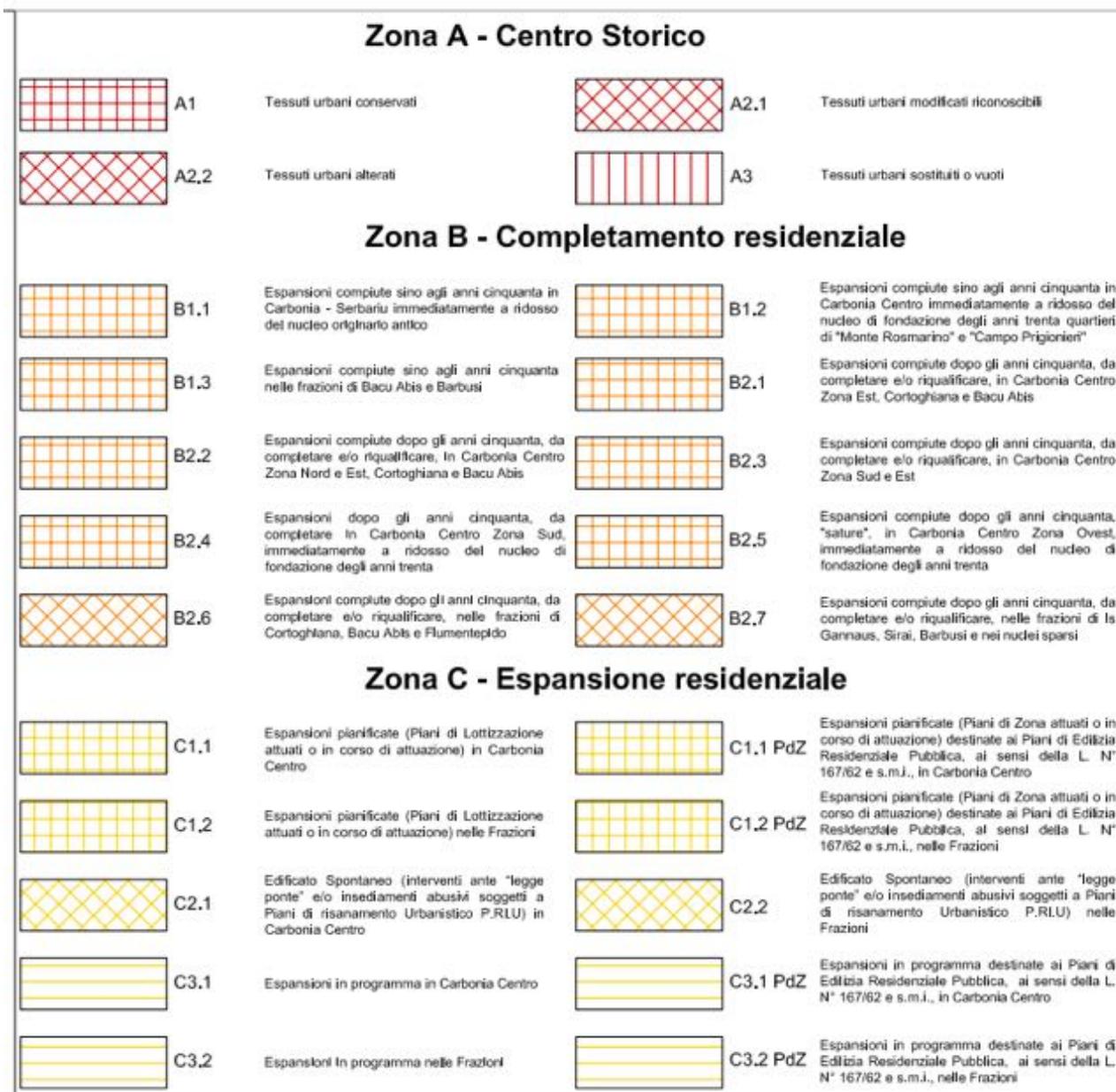


Figura 5.5. Legenda della Zonizzazione del PUC relativa alle zone residenziali.

5.2 *Lo strumento particolareggiato del Centro Storico*

Il piano particolareggiato del centro storico detta regole specifiche per le parti di città ricomprese nel centro matrice (o centro di antica e prima formazione), che può contenere le zone a del puc ed eventualmente alcune zone b di completamento, realizzate prima del 1950. Gli strumenti di natura particolareggiata sono caratterizzati da una base conoscitiva molto approfondita, che specifica la norma sulla base delle caratteristiche rilevate su ogni corpo di fabbrica. Il caso di carbonia è ideale, in quanto il ppcs riguarda la gran parte del nucleo urbano, perciò si ha la possibilità, non comune, di avere uno studio tipologico approfondito e una base di rilievo urbano già pronta per lo sviluppo della modellazione urbana energetica e la definizione di approcci al retrofit energetico specifici.

I documenti principali che fanno parte del piano sono:

- *Manuale del recupero*, che ricostruisce il quadro dell’edilizia storica dei nuclei di fondazione (fasi di costruzione, tipi edilizi storici) e detta le regole per la riqualificazione e il restauro delle componenti degradate o soggette a superfetazioni e modificazioni improprie: lo strumento è da utilizzare per gestire gli interventi sui corpi di fabbrica originari.
- *Abaco delle modificazioni e progetti-guida*, che definisce gli allineamenti, gli spessori e le altezze dei corpi di fabbrica e le caratteristiche delle modificazioni ammissibili, precisandone i limiti. È lo strumento è da utilizzare per la gestione degli interventi sui corpi di fabbrica modificati o nel caso di addizioni ai corpi di fabbrica originari. I progetti-guida sono riferiti a specifici isolati e non costituiscono modalità obbligatorie, ma l’attenersi al loro dispositivo darà titolo ad agire per singole unità immobiliari in concessione diretta in luogo dell’approntamento di uno strumento particolareggiato di recupero.
- *Catalogo del patrimonio architettonico razionalista di Carbonia*, insieme delle testimonianze architettoniche di pregio, che raccoglie gli edifici definiti come monumenti urbani e edifici testimone, a seconda che appartengano alla categoria delle attrezzature pubbliche o a quella delle tipologie residenziali. Ad essi è assegnato il massimo grado di tutela con la categoria del recupero (manutenzione e restauro) con particolari attenzioni filologiche alla conservazione, salvaguardia e valorizzazione dei valori in essi incorporati.
- *Le norme tecniche di attuazione*, che regolano gli interventi nelle aree modificate e per le nuove costruzioni.
- *Zonizzazione e catalogazione del patrimonio edilizio*, che assegnano le classi di intervento su mappa a ogni edificio del centro matrice.

L’individuazione della normativa da applicare a ogni singolo corpo di fabbrica è ottenuta combinando la classe di valore e di trasformabilità, assegnata a ogni corpo di fabbrica storico, alla valutazione della integrità e del valore paesaggistico del tessuto urbano. Il corpo di fabbrica storico è definito dal piano come l’insieme degli elementi a cui assegnare la norma di trasformabilità propria: corpi di fabbrica originali, superfetazioni pesanti (in aderenza col corpo di fabbrica originario o autonome), superfetazione leggera (in aderenza col corpo di fabbrica originario o autonome), lotto di pertinenza.

Il PPCS applica le seguenti classi di valore/trasformabilità ai corpi di fabbrica storici, ricadenti all'interno del Centro Matrice, definiti sulla base delle analisi morfo tipologiche e in funzione del loro valore storico, culturale, architettonico e testimoniale (figure 5.6-8):

- *corpi di fabbrica originari – classe di valore I – Bassa Trasformabilità*: si tratta di corpi di fabbrica per i quali è riscontrata la permanenza di caratteri architettonici e costruttivi originari tali da richiedere la salvaguardia del corpo di fabbrica;
- *superfetazioni pesanti in aderenza e compatibili – classe di valore II – Media Trasformabilità*: si tratta di corpi di fabbrica di recente realizzazione estranei al contesto originario, ma non in contrasto con le previsioni del piano;
- *superfetazioni pesanti in aderenza e non compatibili – classe di valore III – Alta Trasformabilità*: si tratta di corpi di fabbrica di recente realizzazione estranei al contesto originari e in contrasto con le previsioni del piano (disposizione planimetrica, consistenza costruttiva e tipologica);

- *superfetazioni pesanti autonome e compatibili – classe di valore II – Media Trasformabilità*: si tratta di corpi di fabbrica di recente realizzazione estranei al contesto originario, ma non in contrasto con le previsioni del piano;
- *superfetazioni pesanti autonome e non compatibili – classe di valore III – Alta Trasformabilità*: si tratta di corpi di fabbrica di recente realizzazione estranei al contesto originario e in contrasto con le previsioni del piano (disposizione planimetrica, consistenza costruttiva e tipologica);
- *superfetazioni leggere in aderenza o autonome – classe di valore III – Alta Trasformabilità*: si tratta di elementi di fabbrica non originari, in aderenza al corpo di fabbrica originario (tettoie, pensiline, chiusure parziali o totali, impianti tecnologici, etc.) o autonomi (tettoie, gazebi, locali accessori, etc.), realizzati con materiali leggeri.

Il PPCS riconosce quattro categorie fondamentali di tessuti urbani, che zonizzano il Centro Matrice con elementi di livello di trasformabilità crescente che, unitamente alla classificazione dei corpi di fabbrica, strutturano l'apparato normativo delle NTA (figura 5.9-10):

- *Tessuti conservativi (zona A1)*: sono complessi di residenze, servizi e infrastrutture che vengono riconosciuti come capaci di testimoniare la permanenza di parti di città o di interventi unitari particolarmente espressivi della sua storia e della sua architettura. Comprendono tessuti con rilevanti tracce, non solo dei corpi di fabbrica storico-tradizionali, ma anche delle recinzioni e delle relazioni originarie con gli spazi vuoti di pertinenza degli organismi edilizi, da considerare e salvaguardare nella loro integrità. Si prevede in genere il recupero filologico basato sul Manuale del Recupero e le NTA.
- *Tessuti misti modificati ma riconoscibili (Zona A2.1)*: sono porzioni edificate con compresenza di elementi e tessuti conservativi e caratterizzanti e di componenti più o meno forti di modificazione, comunque non tale da alterare il carattere di fondo del sistema.
- *Tessuti alterati (Zona A2.2)*: sono sistemi edificati nei quali la modificazione non congruente ha una rilevanza tale da rendere difficilmente leggibili i caratteri e le culture progettuali storiche, che pure sussistono come manufatti singoli.
- *Tessuti vuoti o sostituiti (Zona A3)*: comprendono sia ambiti nei quali si sono creati vuoti del tessuto costruito, che ambiti di edilizia recente, per lo più saturi o semi-saturi, ritagliati all'interno o ai margini del nucleo di fondazione, e che presentano un carattere di contrasto con la città razionalista.

L'individuazione puntuale delle tipologie storiche originali della fondazione, presente nel quadro sinottico del Manuale del Recupero, unitamente alla Zonizzazione dei tessuti e l'analisi Tipo morfologica degli edifici, permettono di definire col dettaglio del singolo edificio le principali caratteristiche tipologico costruttive del patrimonio immobiliare. Il manuale riporta per i tipi storici anche i dettagli costruttivi originali utilizzati per la costruzione (figura 5.11), fornendo un quadro conoscitivo molto completo sul quale basare la proposta di azioni di retrofit e recupero. La zonizzazione individua il grado di conservazione dei caratteri originari, dando indicazione delle possibili trasformazioni avvenute del corpo di fabbrica. Naturalmente rimangono da definire gli aspetti relativi agli impianti presenti, alla tipologia d'uso ed alle modifiche occorse eventualmente legate ad interventi di efficientamento.

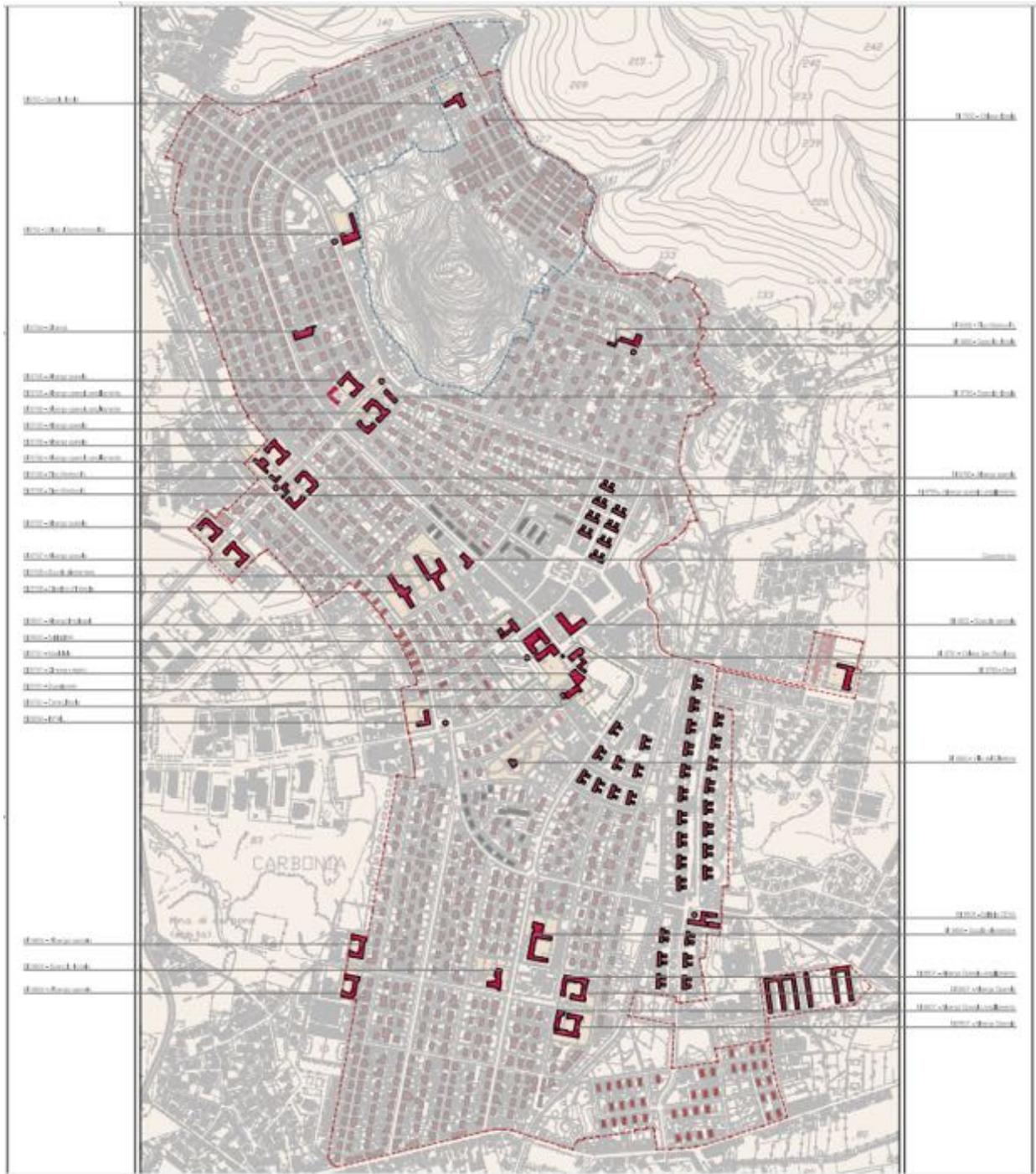


Figura 5.6. Tavola 6a del PPCS (2016) "Struttura urbana e analisi morfo-tipologica di Carbonia Centro".



Figura 5.7. Dettaglio della Tavola 6a del PPCS (2016) “Struttura urbana e analisi morfo-tipologica di Carbonia Centro”.

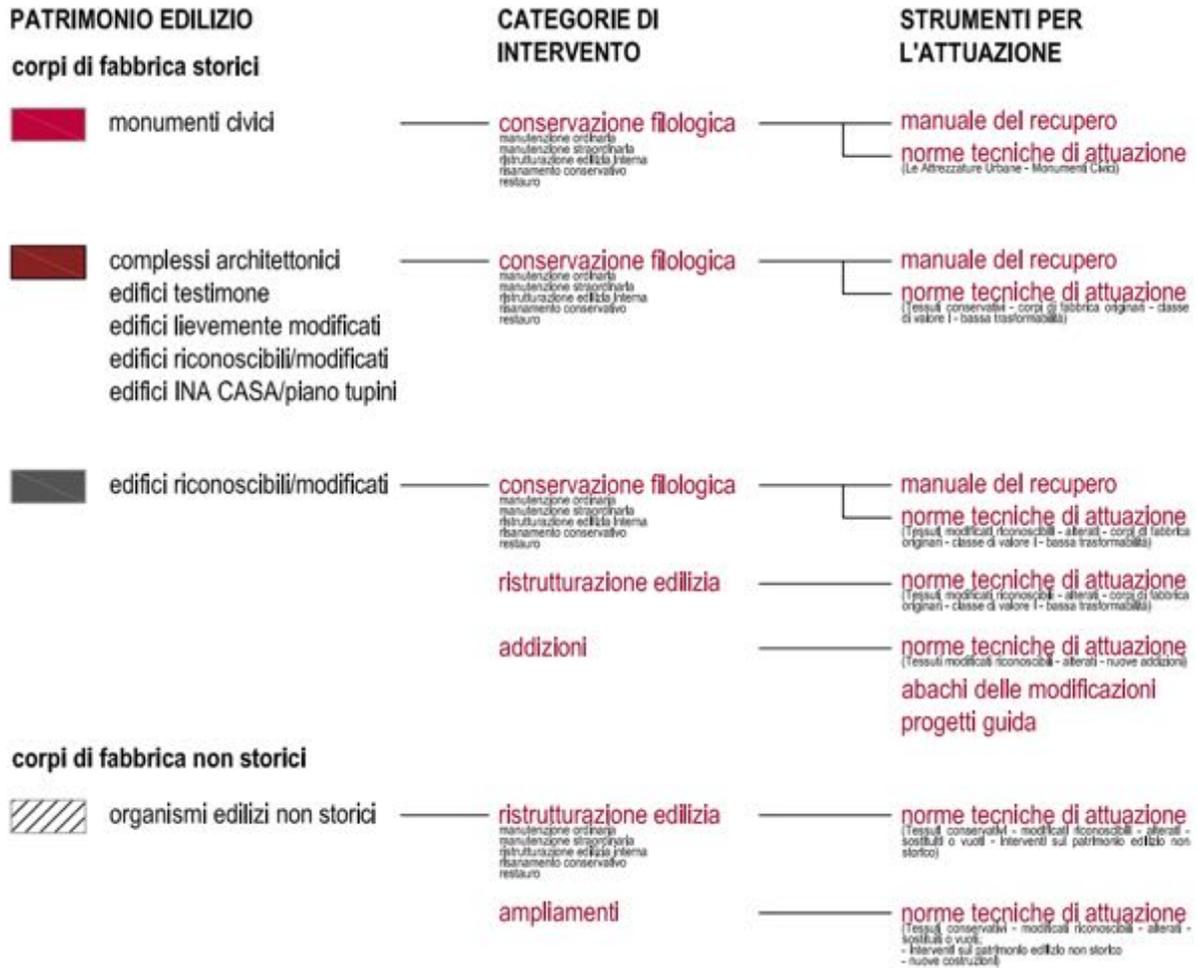


Figura 5.8. Tavola 7a - Categorie di intervento, Schema d'uso degli strumenti normativi del PPS per tipo di patrimonio edilizio.



Figura 5.9. Stralcio della Tavola 4 "Quadro Sinottico dei tipi edilizi della Fondazione".



Figura 5.10. Stralcio della Tavola 8 "Zonizzazione del nucleo di fondazione".

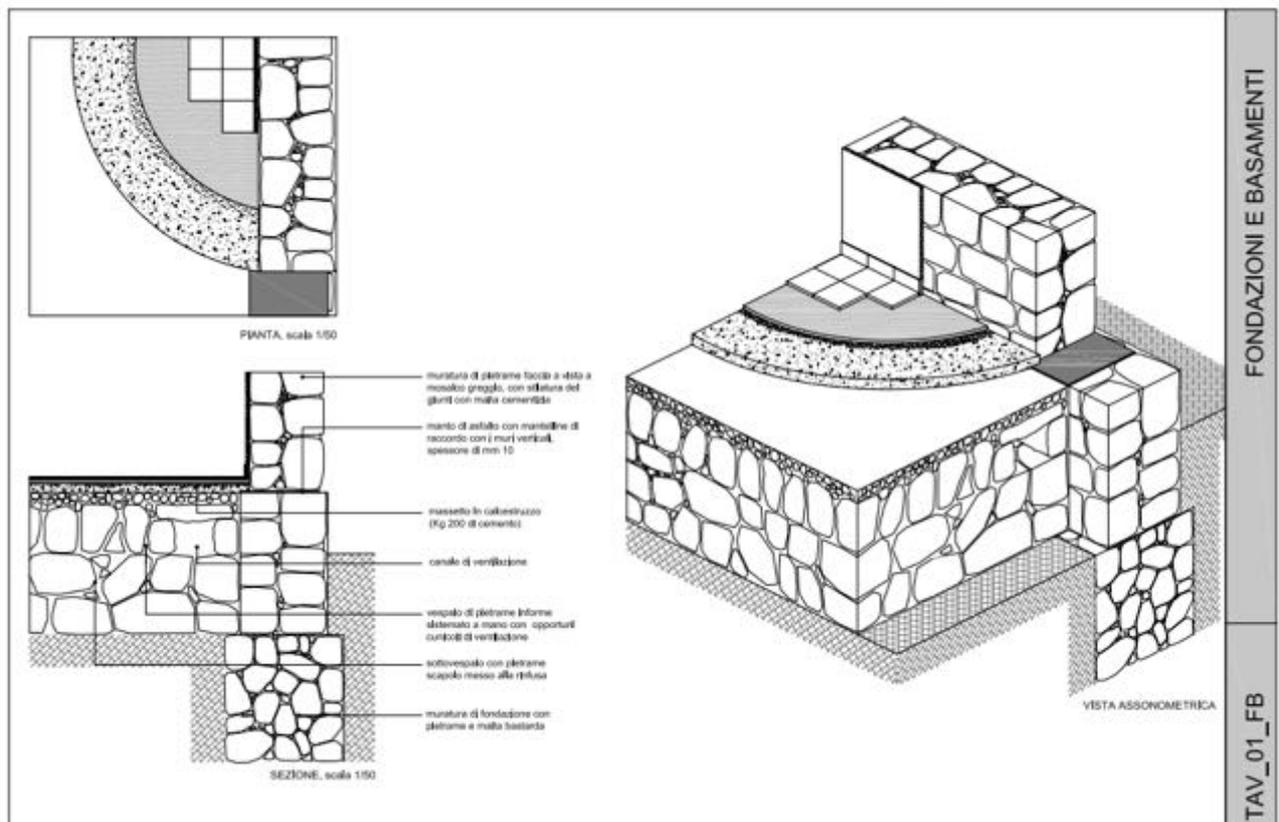
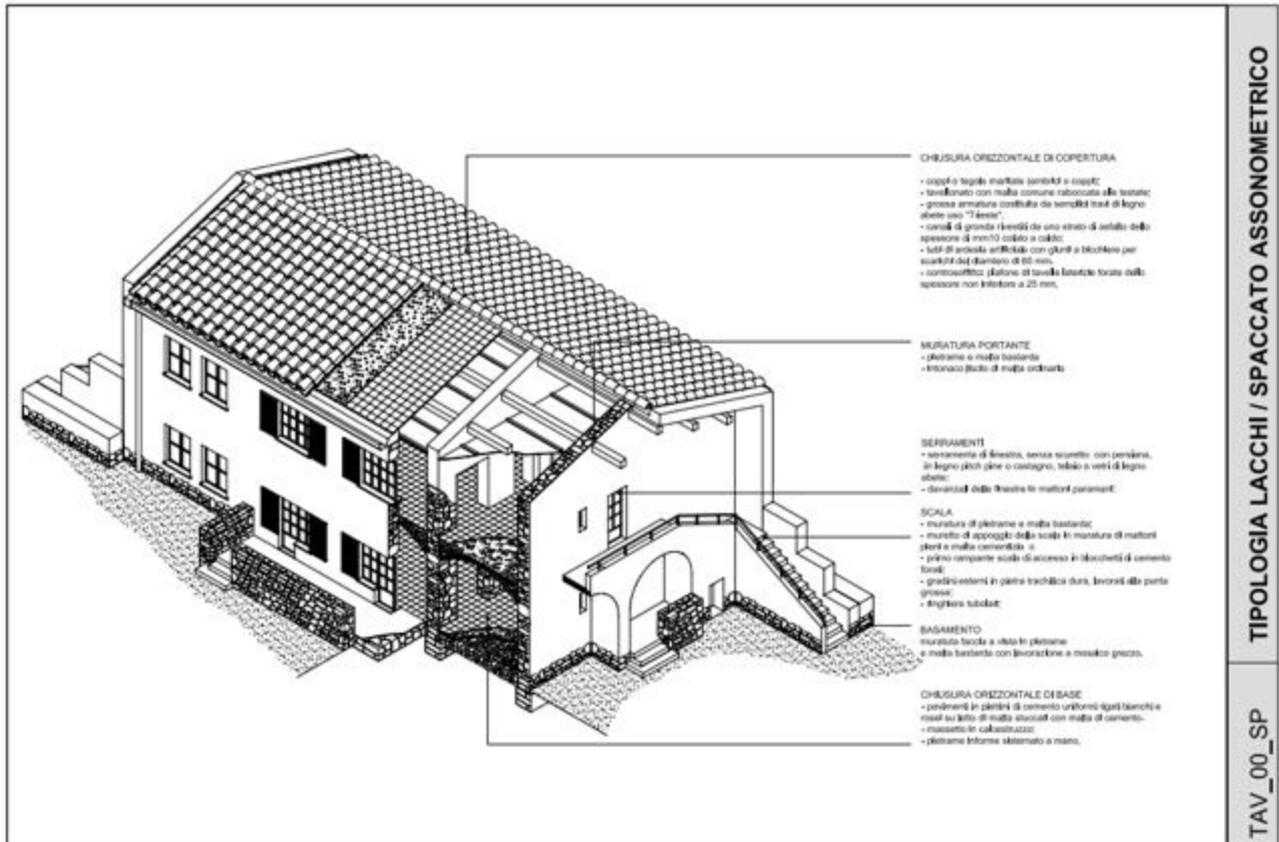


Figura 5.11. Esempio di documentazione disponibile per tipo edilizio della città di fondazione.

5.3 Le Norme Tecniche di Attuazione

Le norme tecniche relative al PPCS si riferiscono esplicitamente al tema energetico (art. 93 del RE), richiamando il generale rispetto della normativa nazionale vigente e prescrivendo l'installazione di un quantitativo minimo di potenza fotovoltaica per gli edifici residenziali e industriali di nuova realizzazione (1kWp residenze, 5kWp edifici industriali di almeno 100 mq). Inoltre vengono esplicitate (art. 124 RE, e NTA del PPCS) le linee guida per l'installazione dei pannelli solari (termici e PV) nelle aree a vincolo paesaggistico (Centro di Antica e Prima Formazione, Edifici e aree tutelate): il regolamento non vieta totalmente l'installazione, ma detta delle regole cogenti per mitigarne l'impatto da valutare nell'applicazione caso per caso. L'approccio del PPCS è sostanzialmente coerente con le normative di semplificazione introdotte più di recentemente nel contesto nazionale (DPR 31/2017, D.Lgs. 30 maggio 2008, D.P.R. 380/2001) e regionale (LR n. 9/2017, adeguamento regionale al DPR 31/2017), che declassano gli interventi di installazione di pannelli solari alla semplice manutenzione ordinaria se non modificano le sagome dell'edificio. Nelle aree tutelate si permette in edilizia libera l'installazione in posizioni non visibili dall'esterno, nel caso non sia possibile si prescrive l'ottenimento dell'autorizzazione paesaggistica tramite procedura semplificata.

Le NTA del PPCS specificano gli interventi consentiti per tutti i sei tipi di corpi di fabbrica nelle quattro tipologie di tessuto urbano identificati. Nei corpi di fabbrica storici si prescrive il generale recupero di materiali e strutture originali in tutti i tessuti urbani del centro matrice; la sostituzione di elementi con altri nuovi compatibili è consentita solo per manifesta inefficienza o incongruenza della soluzione originaria rispetto ad alcune finalità: sicurezza, contenimento consumi energetici e dell'inquinamento, accessibilità. Per i corpi di fabbrica storici parzialmente modificati le tre classi di trasformabilità (bassa, media, alta) sono da articolare per ogni facciata (la facciata verso lo spazio pubblico è quella maggiormente vincolata). Le prescrizioni vigenti per tutti i tipi di corpi di fabbrica, anche quelli moderni, sono quelle relative alla colorazione degli edifici e alla localizzazione degli impianti tecnologici e all'installazione dei pannelli solari.

La tabella 5.3 riporta le prescrizioni principali che possono essere di interesse nel caso di generici interventi di efficientamento energetico e installazione di FER negli edifici delle aree a maggiore tutela e nelle altre zone omogenee residenziali del centro di Carbonia. La tabella non è esaustiva: al fine di valutare il potenziale di una tecnologia sarà necessario esaminare le norme disponibili tenendo conto delle sue caratteristiche specifiche.

Nel caso di nuovi corpi di fabbrica e nel caso di demolizione e ricostruzione di elementi non conformi, il PPCS prevede il ricorso all'*Abaco delle Modificazioni e Progetti-Guida* (figura 5.12-13), che individua la morfologia e le destinazioni d'uso di eventuali corpi aggiunti all'edificio storico, dove questi possono essere localizzati. Tale schema planivolumetrico vale anche nel caso di interventi in lotti vuoti interessati da nuova costruzione o da completa demolizione e ricostruzione di edifici moderni o non compatibili. Gli schemi progettuali degli abachi sono di particolare importanza anche al fine di prevedere alcuni scenari di intervento di recupero ed efficientamento coerenti con le previsioni del PPCS, che considerino l'organismo edilizio nel suo complesso e con i suoi gradi di trasformabilità. Si possono, in altre parole, definire dei progetti guida di efficientamento energetico articolati per tipo edilizio, che possano diventare parte integrante delle prescrizioni di piano come per esempio un "Allegato Energetico al PPCS".

Tabella 5.3. Prescrizioni sulla modifica degli elementi di fabbrica in Centro Matrice (estratte da NTA del PPCS).

Elemento	Zona A1 (bassa trasformabilità) - Edifici storici
<i>Chiusure verticali opache esterno (muratura)</i>	Archivio dei colori Preservazione delle finiture storiche Cappotto consentito ma con la riproduzione dei dettagli architettonici
<i>Intonaci</i>	Utilizzo di materiali originari Divieto d'uso materiali plastici
<i>Copertura</i>	Preservazione del manto Mantenimento della forma Cappotto consentito, ma modifica dell'altezza di max 10cm
<i>Finestre (materiali e forma)</i>	Sostituzione consentita con finestre simile forma materiale legno (anche alluminio e ferro) Sono consentiti solo vetri trasparenti senza colorazioni Sono consentite tende e veneziane per la schermatura solare di progetto complessivo per l'edificio
<i>Impianti tecnologici (esterni)</i>	Preferibilmente non visibili dall'esterno, oppure nelle facciate con maggiore trasformabilità
<i>Pannelli solari</i> In centro storico e in edifici tutelati e/o ricadenti in aree tutelate	Art. 124 RE, NTA del PPCS (art 12.1, 13, 16.1, 18) I pannelli solari termici e fotovoltaici dovranno essere posizionati preferibilmente: <ul style="list-style-type: none"> – in giardini o corti interne di pertinenza al fabbricato in modo tale che gli stessi non siano visibili da vie o da spazi pubblici; – sulle coperture piane, balconi e terrazze di edifici e fabbricati; nel caso in cui sia presente un parapetto perimetrale la quota massima, riferita all'asse mediano dei moduli deve risultare inferiore o uguale all'altezza minima del parapetto – sulle pensiline, pergole e tettoie purché complanari alla superficie di appoggio e non visibili da vie o spazi pubblici. <p>Nel caso in cui ciò non risulti possibile, per insufficiente spazio a disposizione o per ridotta producibilità dovuta ai fenomeni di ombreggiamento, è consentita l'ubicazione dei pannelli, parziale o totale, nella copertura del fabbricato o in zone interne anche se visibili da vie o spazi comuni. I pannelli posizionati sulla copertura o, possibilmente, negli ampliamenti o nei fabbricati annessi, dovranno rispettare le seguenti prescrizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> – i pannelli devono seguire la geometria della falda parallelamente al tegolato di copertura o in sostituzione dello stesso (in tal caso l'altezza dei pannelli non deve essere superiore a quella delle tegole); – i serbatoi di accumulo necessari per gli impianti solari termici dovranno essere posizionati nei sottotetti o in appositi locali tecnici in corti interne di pertinenza del fabbricato, non essendo consentito il loro posizionamento sul tetto dello stesso; – deve essere dimostrato l'armonico inserimento dei pannelli nel corpo di fabbrica attraverso approfondita documentazione grafica e fotografica tesa a rappresentare lo stato dei luoghi prima e dopo l'intervento.

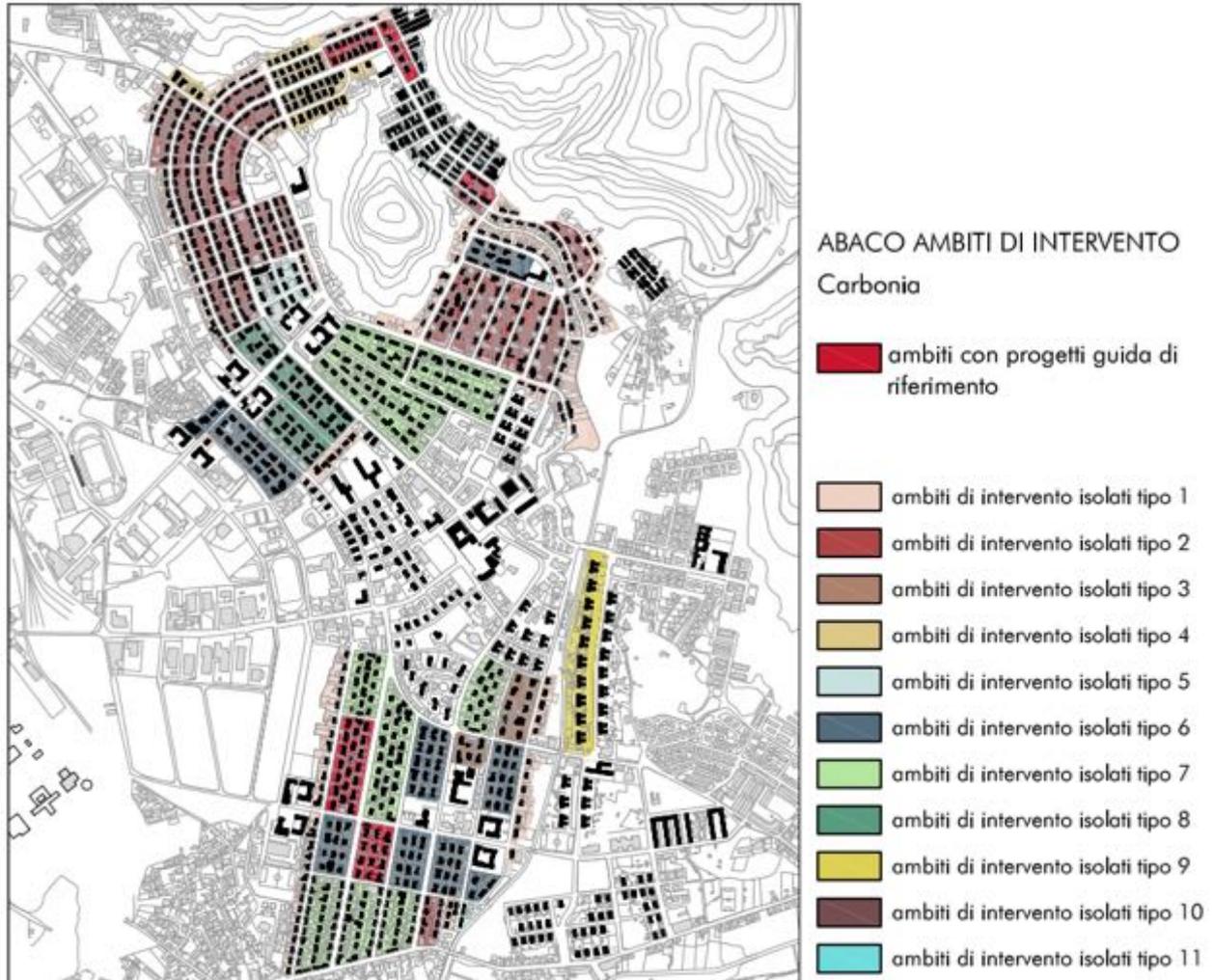


Figura 5.12. Planimetra degli isolati tipo, tratto da Abaco delle Modificazioni del PPCS.

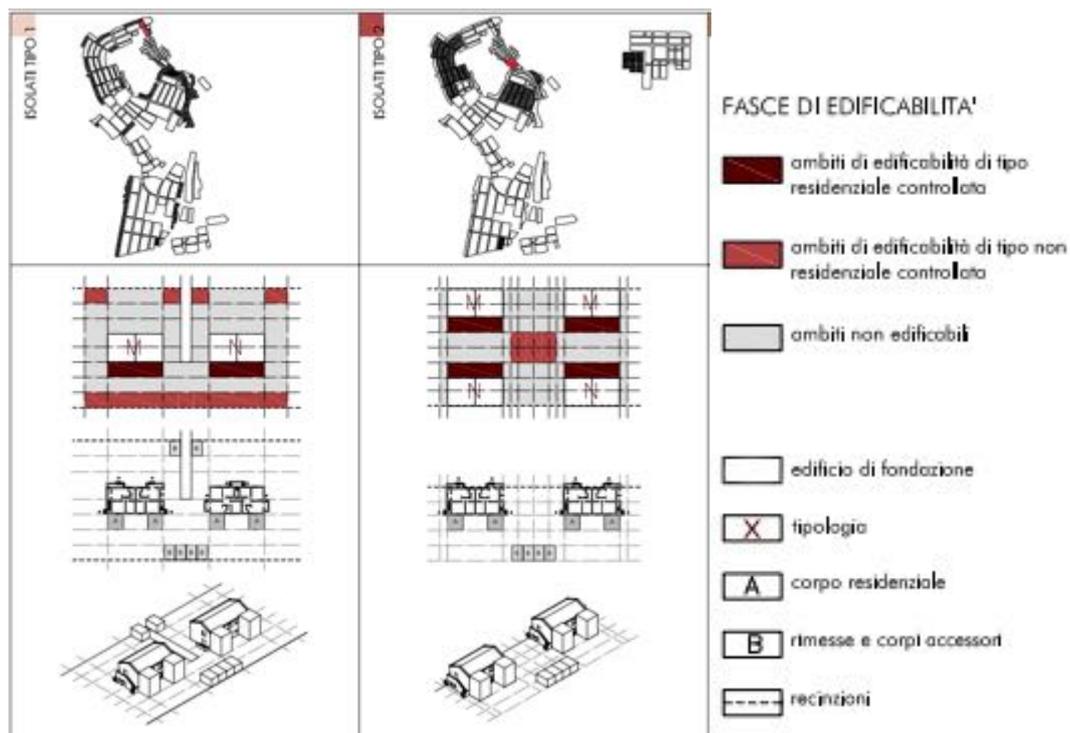


Figura 5.13. Esempio di Isolati tipo.

5.4 Piani particolareggiati di lottizzazione

Gli strumenti di pianificazione particolareggiata che riguardano il patrimonio residenziale sono principalmente i piani di lottizzazione convenzionata pubblica e privata. Le aree dove sono presenti tali piani o dove è necessario redigerne uno per consentire l'edificazione costituiscono le "zone C" di espansione dei piani urbanistici. Ai margini del nucleo della fondazione, Carbonia possiede alcuni piani di lottizzazione completati e in via di completamento e ha individuato le porzioni di territorio su cui è necessario lo sviluppo del piano di lottizzazione per l'insediamento (Zone Omogenee C3.1, C3.1 PdZ). I piani di lottizzazione, soprattutto quelli per l'edilizia convenzionata (PDZ), individuano preliminarmente le tipologie edilizie utilizzabili e l'area di sedimento degli edifici e possono riportare informazioni anche sulle tecniche costruttive. Inoltre riportano la localizzazione delle unità immobiliari e la loro destinazione d'uso. Gli elaborati grafico - documentali di tali piani non sono però disponibili come Open Data, anche se sono documentazione pubblica che può essere accessibile per motivazioni generiche. Si riportano di seguito gli stralci della Tavola del PUC che ne riportano l'ubicazione (figure 5.10-17).



Figura 5.14. Piani Attuativi della Espansione Nord (Stralcio tavola 7.1 – PUC).



Figura 5.15. Piani Attuativi della Espansione Est ed Ovest (Stralcio tavola 7.1 – PUC).



Figura 5.16. Piani Attuativi della Espansione Sud -Est (Stralcio tavola 7.1 – PUC).



Figura 5.17. Piani Attuativi della Espansione Sud – Ovest (Stralcio tavola 7.1 – PUC).

6. Studio preliminare del patrimonio edilizio

Lo studio preliminare del patrimonio edilizio si può articolare in tre punti: studio dei tessuti urbani facenti parte della città di fondazione razionalista, studio dei tessuti urbani della espansione, studio degli edifici pubblici.

Per quanto riguarda il tessuto storico, grazie alla conoscenza di base dello strumento urbanistico particolareggiato (PPCS), abbiamo a disposizione una gran quantità di informazioni puntuali sulle tipologie edilizie e sul loro grado di conservazione. Per una consultazione analitica dei contenuti si rimanda alla ampia documentazione di corredo al PPCS e alle altre parti che illustrano la città di fondazione presenti in questo stesso documento. Si riporta di seguito una sintesi descrittiva delle tecnologie costruttive e un quadro sinottico dei tipi storici. Gli aspetti costruttivo materici del patrimonio storico sono ampiamente sufficienti per lo sviluppo del progetto, tuttavia in questa area sono presenti, in maniera non trascurabile, anche edifici estranei alla cultura costruttiva razionalista, per i quali il PPCS non ha la stessa dovizia di particolari. Inoltre non sono mai presenti informazioni sugli impianti, perciò una attività di rilievo sarà comunque necessaria.

Le aree di espansione non hanno uno strumento di piano dettagliato come il PPCS. Nel presente documento è riportato uno studio dei tessuti urbani delle espansioni volto a definire il grado di conoscenza ricavabile combinando le fonti informative disponibili. Per fare ciò si combinano le zonizzazioni del PUC, che sono già rappresentative sulle caratteristiche del patrimonio edilizio alla scala dell'isolato, con i dati statistici delle sezioni censuarie. Il fine è descrivere le espansioni in maniera funzionale alla identificazione delle tipologie edilizie, che saranno però ricavate nel dettaglio nel proseguo della ricerca anche mediante attività di rilievo.

L'approccio proposto nella metodologia per gli edifici pubblici richiede un tipo di studio più puntuale: l'oggetto del lavoro, in questo caso, non è tanto la mappatura completa ma la sperimentazione di un protocollo su uno o più edifici individuati all'interno del parco edilizio pubblico del comune.

6.1 Tipi e caratteri dell'abitazione razionale a Carbonia

La costruzione della città del carbone è per definizione autarchica, e quindi essenzialmente muraria e locale (figura 6.1). Tutte le immagini d'epoca ci mostrano cantieri di pietre, con una dipendenza dall'approvvigionamento locale che fa, per esempio, di Carbonia la città delle trachiti rosse e di Bacu Abis, a pochi chilometri di distanza, il centro del locale calcare giallo. Le company towns, con la loro totale dipendenza dall'azienda e dai suoi uffici tecnici (con i loro consulenti, naturalmente), sono praticamente documentate in ogni fase e passaggio di realizzazione. In molti casi le vediamo addirittura "in negativo", nel momento in cui sono puro tracciato di scavo, oppure allo stato di primo zoccolo murario: un basamento in pietra che costituisce il fondamentale "attacco a terra" dei villaggi operai. Questo basamento, specialmente a Carbonia, si fonde con le recinzioni basse, le strutture delle scale esterne, i setti murari, le piccole rampe con i pianerottoli di accesso alle case, per costituire l'orizzonte di base della città, della quale organizza la relazione con il suolo assestandosi sulle sue asperità, ma di cui costituisce anche un elemento linguistico unificante, un autentico "carattere" architettonico. In alcuni casi si tratta proprio di un basamento alto che può contenere un piano seminterrato o rialzarsi sino a inglobare il primo livello finestrato, costituendo un altissimo zoccolo da cui parte il paramento murario intonacato; più spesso è un profilo basso ma comunque unificante ed espressivo. Il paramento lapideo a vista viene precisamente definito nei Capitolati con la sua messa in opera a pietra rasa e teste scoperte ovvero a mosaico greggio "*..in modo che [le pietre] combacino esattamente tra loro senza l'uso di scaglie che è vietato in modo assoluto...*"¹⁹: ed effettivamente, malgrado l'economicità delle realizzazioni delle residenze operaie, il risultato appare di elevata qualità, un interessante esempio di uso intelligente di risorse scarse.

¹⁹ Si veda in proposito la documentata tesi di laurea di Lorenzo Contini, *Carbonia: il Movimento Moderno in Sardegna. L'edilizia residenziale e l'autarchia edilizia a confronto*, Dipartimento di Architettura della Facoltà di Ingegneria di Cagliari, a.a. 2000-2001, relatore prof. Antonello Sanna, che analizza tra gli altri materiali il *Capitolato speciale d'Appalto* dei Lotti della prima fase dei lavori (dall'Archivio dell'IACP – Carbonia).

Un ulteriore elemento costruttivo che ha profondamente influenzato il progetto e la stessa immagine architettonica della prima Carbonia è certamente la scelta di realizzare il solaio intermedio con voltine sottili ribassate. Le luci contenutissime di queste volte, comprese tra i 3,60 ed i 4,40 metri, hanno certamente determinato la fitta sequenza di setti trasversali, che condiziona radicalmente la distribuzione interna degli alloggi. Ma soprattutto, l'assetto notevolmente spingente di queste volte (per le quali l'impresa costruttrice effettua una significativa verifica grafica) influenza radicalmente la configurazione di tutte le testate delle case quadrifamiliari, che vengono progettate tutte, seppure da quattro differenti architetti, con caratteristiche di contrafforte. Il triestino Lacchi, nelle due varianti del suo tipo-base, realizza sulle due testate le scale di accesso agli alloggi alti, sostenute da volte a botte ordite con la generatrice ortogonale, che contrastano la spinta in mezzera, mentre veri e propri contrafforti, rialzati sino al tetto, la assorbono sui muri perimetrali. Il tipo "Lenti normale", l'unico che esibisce la voltina ribassata sul prospetto, con l'edificio dotato di sottopasso sul fronte, è anche l'unico a mostrare esplicitamente quattro contrafforti, mentre il "Lenti grande" così come il "Santi normale" li mascherano completamente in un sistema di scale schermato da un setto fortemente bucato. Le case "D'Angelo" e "Santi ridotto", infine, realizzano il contraffortamento con un nocciolo murario di luce molto esigua, nel quale sono alloggiati i servizi, chiuso con un solaio latero-cementizio piano: sostanzialmente lo stesso solaio (del tipo SAP) che comparirà costantemente in tutti gli interventi della seconda fase, poichè le "voltine autarchiche" si dimostrano alla fine troppo diseconomiche e vincolanti.

Le coperture sono pensate e realizzate sin dall'inizio unicamente a due falde inclinate: il paesaggio urbano della città del carbone è un paesaggio domestico di tetti e coppi. Anche questo deve essere messo in conto all'autarchia, che accentua il ricorso ai materiali della tradizione, oltreché alla componente ruralista dell'ideologia che ne informa il progetto. Deve essere detto che questo tema viene declinato con molto pragmatismo, e in termini assai poco ideologici, alternando da subito la struttura in legno a un sistema misto basato su capriate in c.a. prefabbricate a piè d'opera di evidente derivazione industriale. Le cornici di gronda che definiscono l'attacco tetto-prospetto sono anch'esse progettate inizialmente in getto armato, ma in fase di esecuzione compare invece un diverso particolare costruito con un sistema puramente murario, ottenuto incassando a sbalzo una tavella, usando un forato come paratia e completando il tutto con un getto non armato e con l'opportuna impermeabilizzazione del canale. Sarà la seconda fase ad introdurre in alcuni episodi di tipi "semintensivi" di residenze collettive, a Carbonia come a Cortoghiana, il "carattere" del tetto terrazzato, una novità assoluta nel panorama domestico del Sulcis e più in generale di tutte le aree non urbane dell'isola.

A Cortoghiana Saverio Muratori e la struttura tecnica dell'ACal, sul filo dell'entrata in guerra, sono in una condizione per cui l'utilizzo integrale del materiale locale è d'obbligo, e rifornirsi dall'esterno diventerà via via operazione sempre più difficile e precaria: ne fanno fede le interruzioni di certe lavorazioni per mancato approvvigionamento di materiali, documentato dai libretti di cantiere dell'impresa Martelli di Roma²⁰. Il pietrame trachitico delle murature in elevazione giuntate con malta ordinaria viene cavato nelle vicinanze, mentre i mattoni pieni sono utilizzati per spigoli, spallette, piattabande e setti interni; nella piazza Venezia le bozze in trachite danno corpo in fase esecutiva agli astratti pilastri disegnati dal progettista. Tuttavia, la matericità della pietra è resa asciutta e classicisticamente sublimata dalla modularità e dai procedimenti compositivi per simmetria e iterazione. L'esame del progetto realizzato rivela il continuo sforzo alla ricerca della soluzione pertinente tra il rigore antiretorico e antivernacolare dell'edilizia muratoriana e la povertà ed il localismo (crescente) dei mezzi e dei materiali disponibili, con un utilizzo estremamente pertinente degli scarsi mezzi a disposizione. L'uso del ferro è ridotto allo stretto indispensabile, quasi soltanto ai solai debolmente armati, in proporzione anche alle piccole luci degli ambienti; per i controsoffitti si fa ricorso alle tavelle Perret leggermente armate con tondini da 5 mm e appese all'orditura lignea principale.

Il cantiere della città del carbone è fortemente segnato da questo legame strettissimo, che l'autarchia esalta, con le risorse locali (la pietra innanzitutto) e con la dimensione muraria. Gli appalti sono terra di conquista di numerose imprese italiane, alcune con una precedente presenza in Sardegna come la

²⁰ Le vicende del cantiere di Cortoghiana sono documentate ancora nel testo di Antonella Sanna *Progetto e costruzione nel razionalismo italiano. Una città operaia "autarchica"*, cit. e, sempre della stessa autrice, nel saggio *Il villaggio operaio di Cortoghiana di Saverio Muratori (1940-42)*, in AA.VV., *La costruzione moderna in Italia*, EdilStampa, Roma 2001

Ferrobeton, e di numerose imprese sarde. Non si tratta certo di un universo tecnologicamente arretrato: basti pensare che alcune di quelle imprese costruiranno anche gli impianti della miniera, che è stato certamente un significativo luogo di innovazione. La tecnologia del cemento armato, per esempio, è ben praticata da alcune imprese all'avanguardia in campo nazionale in questo settore, ed è abbastanza conosciuta e diffusa da dar luogo a realizzazioni come le capriate in sezioni sottili di c.a. prefabbricate a piè d'opera, oppure a progetti esecutivi che comprendono l'esecuzione dei solai con travetti precompressi (in effetti sostituiti dalle volte in laterizio autarchiche in fase di realizzazione). La estrema competenza che questo insieme di imprese matura a Carbonia, a proposito di questa specifica tecnologia della costruzione muraria ibridata con gli orizzontamenti in cemento armato, verrà trasportata, al di là dei sei anni della fondazione, nella Ricostruzione postbellica. La vicenda di Carbonia, apparentemente conclude gli anni '30, ed è segnata dalla profonda censura della guerra. In effetti però, negli anni '50, si riproporranno molti elementi di continuità con il grande cantiere dell'autarchia, con la sua capacità di far uso di materiali poveri per fronteggiare una condizione di scarsità a fronte di un fabbisogno dilagante, e di riscattare la tradizione muraria mediante la scarnificazione moderna dell'architettura.

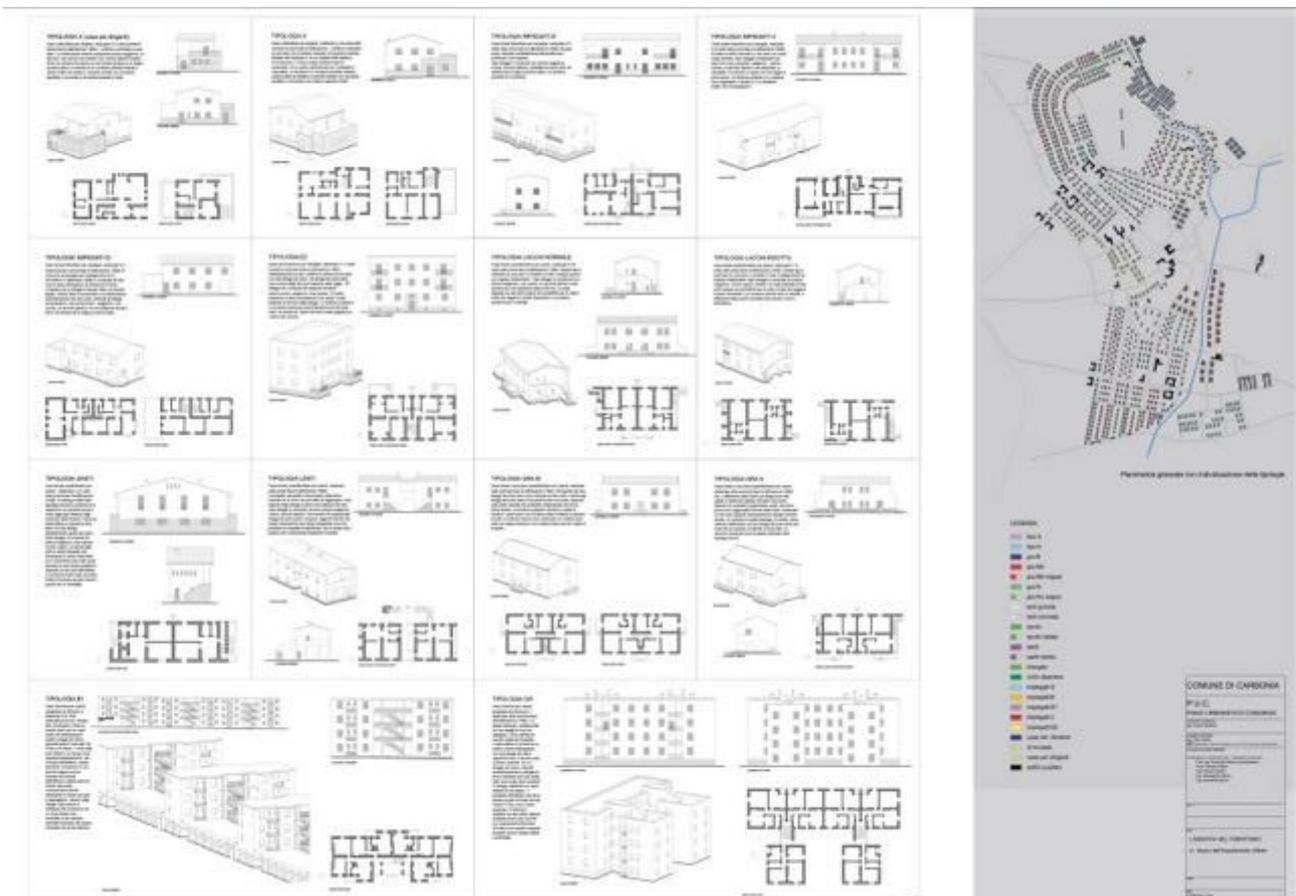


Figura 6.1. Abaco dei tipi morfologici e distributivi della città di fondazione.

6.2 Caratteri della Espansione Urbana

Analizzando la documentazione disponibile, si sono individuate le principali aree di espansione del nucleo urbano di Carbonia avente un certo caratteri di omogeneità e addossate al centro della Fondazione (figura 6.2): Espansione Nord, Espansione Est, Espansione Est – mista, Espansione Ovest, Espansione Sud – Ovest, Espansione Sud – Est.

Incrociando la zonizzazione del PUC con i dati statistici delle sezioni censuarie, si possono ottenere informazioni sul tessuto edilizio delle espansioni, da cui sviluppare un approccio di tipizzazione. Il confronto tra le sezioni censuarie ISTAT e la zonizzazione del PUC mostra che vi sono geometrie comparabili, in quanto entrambe hanno come elemento spaziale minimo l'isolato, e talvolta possono anche coincidere.

Sono presentate di seguito alcune schede dedicate a ogni ambito di espansione, ricavate dalla elaborazione dei dati delle sezioni Censuarie (CPA ISTAT 2011) e supportate da alcune viste rappresentative del tessuto urbano, ottenute tramite le foto oblique disponibili come Open Data²¹.

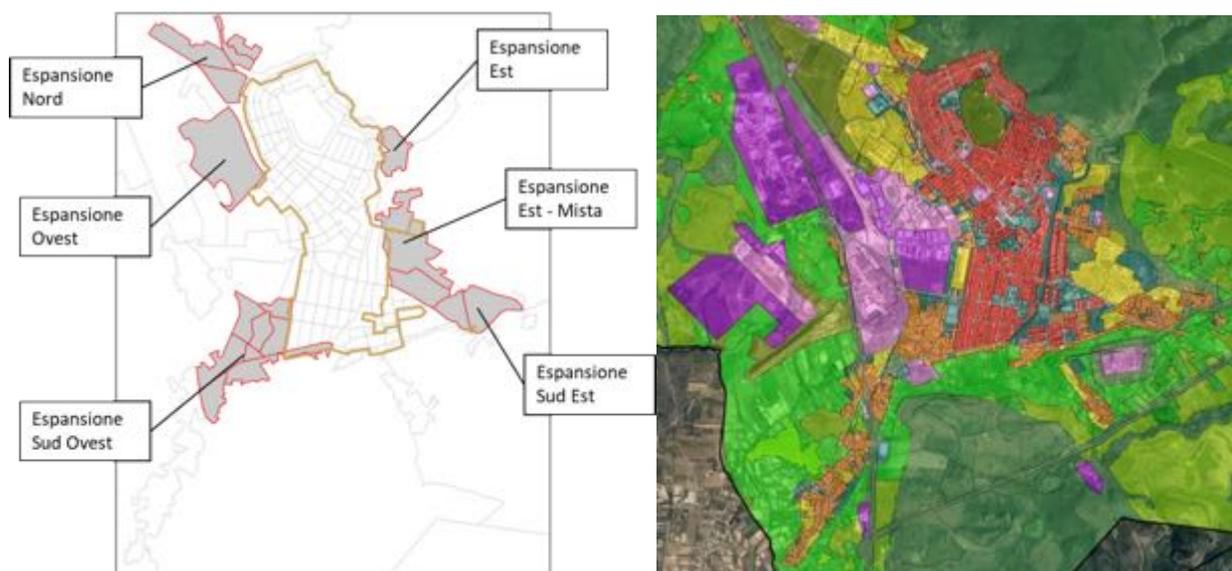


Figura 6.2. Espansioni della città di fondazione.

Espansione Nord

Si tratta di una zona di espansione (figura 6.3) caratterizzata da una estesa zona di edilizia convenzionata (C1.1 PdZ), ricadente totalmente nella sezione censuaria 161, che contiene diverse tipologie di edifici multilivello a torre e lineari, realizzati negli anni 90 e negli anni 70 (figura 6.9, viste 1-1, 1-2, 1.3). La sezione censuaria 277 coincide con una zona di C1.1 avente piano di lottizzazione di iniziativa privata realizzato principalmente dopo gli anni 2000 con delle tipologie edilizi a schiera (figura 6.10, vista 2-1) e alcuni edifici isolati probabilmente plurifamiliari. La sezione 163 è una zona di completamento (Zona B2.2) caratterizzata da edifici di tipo isolato (figura 6.10, vista 2-2), di varia tipologia, prevalentemente realizzati nei primi anni 2000 (circa il 45%) e negli anni 50 (circa il 25%). La sezione 143 ha caratteri meno densi, con una zona di espansione con lottizzazione ancora da definire (zona C1.3), contiene una piccola parte di edifici della fondazione (zona A2.1) e altri di varia tipologia realizzati negli anni 60 e 70 (figura 6.10, vista 2-3). Si tratta perlopiù di edilizia caratterizzata da strutture portanti in cemento armato e tamponatura in laterizio, a eccezione degli edifici più vecchi, che sono realizzati prevalentemente nella sezione 143 che appartengono alla fondazione.

Espansione Est

È una zona di espansione di poco successiva alla fondazione (figura 6.4), non pianificata temporalmente, e contiene un nucleo più antico di edifici (zona B1.2) realizzati negli anni '50, caratterizzati da un livello fuori

²¹<http://www.sardegnaeoportale.it/webgis2/sardegnafotoaeree/>

terra e fattura molto modesta (figura 6.11, vista 1-1). L'area ha visto la realizzazione di edifici in tutti gli intervalli temporali anche recenti (figura 6.11, vista 1-2). Soprattutto nella parte meridionale è stata rispettata l'articolazione dei lotti di origine agricola che mostrano ancora una morfologia tradizionale (doppia corte, corte retrostante, antistante) (Figura 6.11, vista 1-3).

Espansione Est – Mista,

Si tratta di una espansione (figura 6.5) mista, in cui sono presenti vaste aree pianificate per edilizia convenzionata e non (zone C1.1, C1.1 PdZ), e aree di completamento di varia natura (zone B2.1, B2.2, B2.5). Le zone di completamento ricadono tutte nella sezione 72, dove l'attività edificatoria si è realizzata negli anni '80, '90 e 2000. Le tipologie edilizie della zona di completamento sono sempre quelle isolate multi familiari, con tessuti urbani di diversa densità (figura 6.12, viste 1-1, 1-2, 1-3). La zona pianificata adotta diverse tipologie di case a schiera su due livelli con giardino antistante e retrostante (Figura 6.13, vista 2-3) e una tipologia di case isolate (figura 6.13, vista 2-2). La sezione 64, a Sud della zona di espansione, coincide con un piano di lottizzazione convenzionata (C1.1 PdZ) di recente realizzazione (primi anni 2000) caratterizzato da un tessuto denso, misto tra tipologie a schiera (figura 6.14, vista 3-2) e case isolate multi familiari su due livelli (figura 6.14, vista 3-1, 3-3).

Espansione Ovest

È una zona di espansione (figura 6.6) completamente ricadente nella sezione 148, composta prevalentemente da due piani di lottizzazione (uno convenzionato e uno di iniziativa privata) caratterizzati da attività edificatorie per tutti i decenni tra gli anni '60 e 2000, con un picco negli anni '90. Le lottizzazioni private (zone C.1) prediligono la tipologia a edificio isolato singolo o multifamiliare su due livelli fuori terra (figura 6.15, viste 1-1, 2-2), mentre l'edilizia pubblica è divisa tra edifici a schiera e case isolate (due livelli) (figura 6.16, vista 2-1). Nell'area sono presenti alcuni edifici della fondazione (figura 6.15, vista 1-3) e edifici a torre presumibilmente risalenti agli anni '78-'80 (figura 6.16, vista 1-2, 2-3), classificati come zona di completamento satura (B2.5). L'area è ancora caratterizzata da spazio non edificato, dove è prevista l'impostazione di un nuovo piano di edilizia convenzionata.

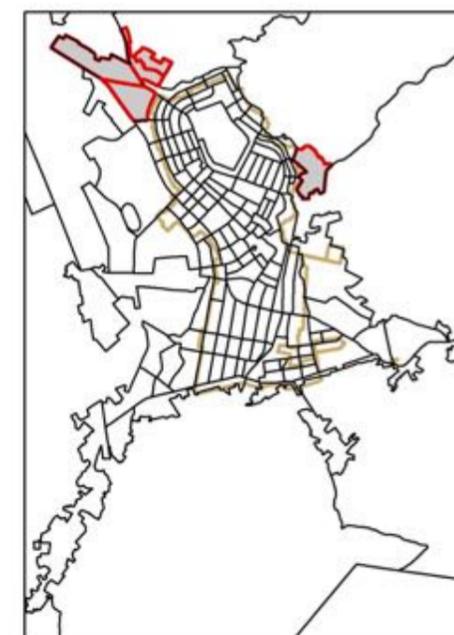
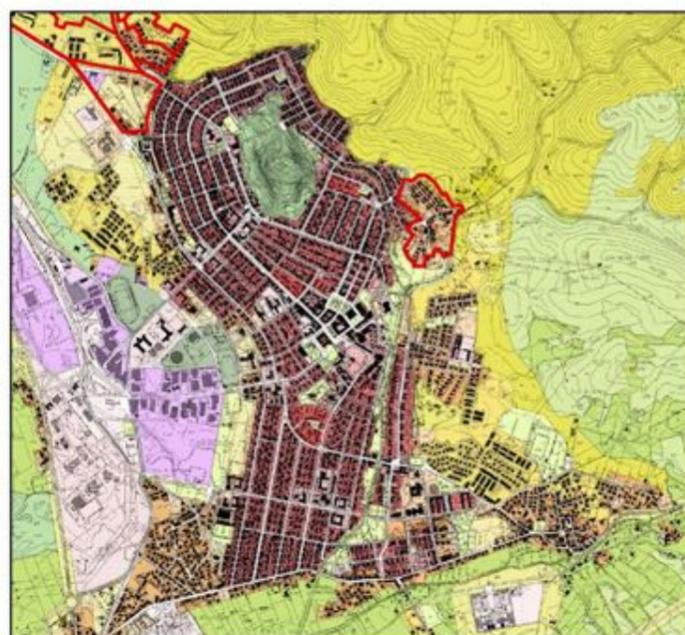
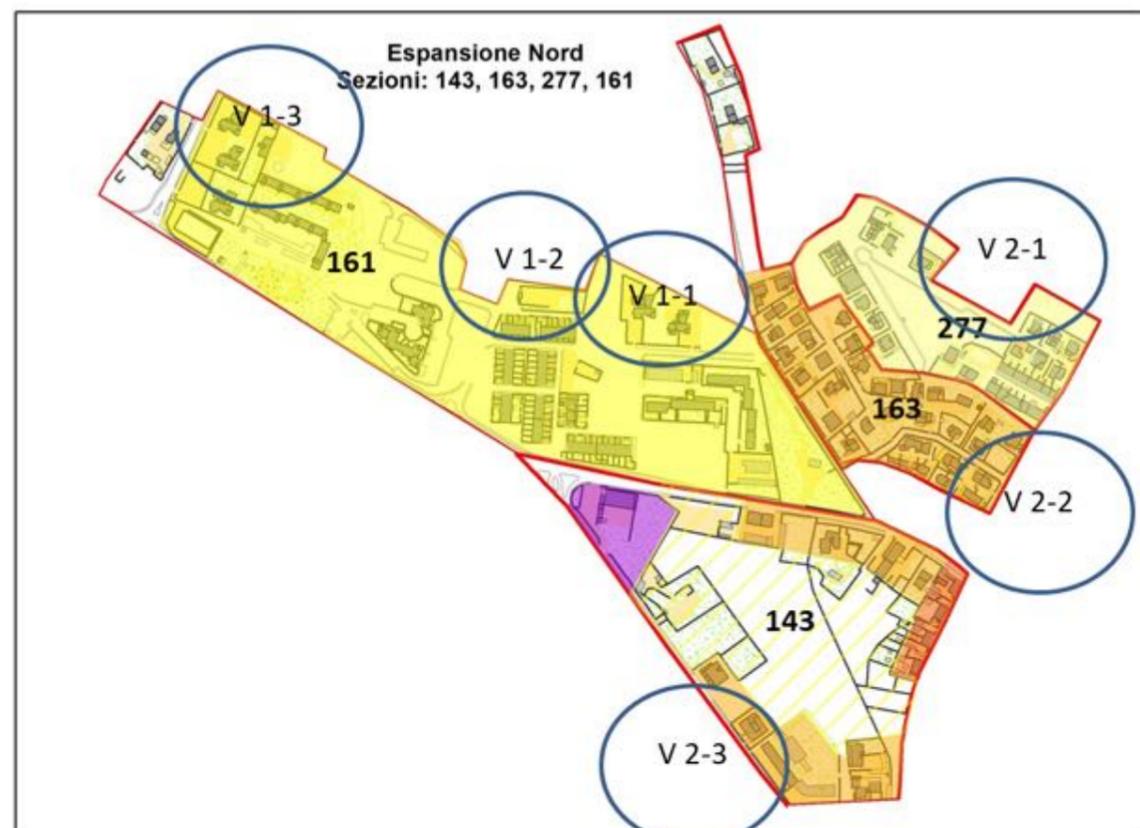
Espansione Sud – Ovest

Si tratta di un'area di espansione urbana informale (figura 6.7), classificata come zona di completamento da sottoporre a piano di riqualificazione (zona B2.3), che predilige la tipologia a casa isolata singola o multi familiare prevalentemente su due livelli fuori terra, tuttavia sono presenti anche delle piccole schiere ed edifici a corte (figura 6.17, vista 1-1, 1-2, 1-3). L'area comprende diverse sezioni censuarie che mostrano attività edificatoria pressoché in tutti gli anni del censimento, compresi gli anni precedenti alla fondazione (sezione 38) e una parte di edifici della fondazione (sezione 30), dove è evidente la demarcazione tra il tessuto di fondazione e quello della espansione non regolata (figura 6.18, vista 2-1, 2-2, 2-3). L'area è caratterizzata da una forte variabilità di tipo morfologico di impianto e materica degli edifici, che richiede verifiche più approfondite e attività di rilievo.

Espansione Sud – Est

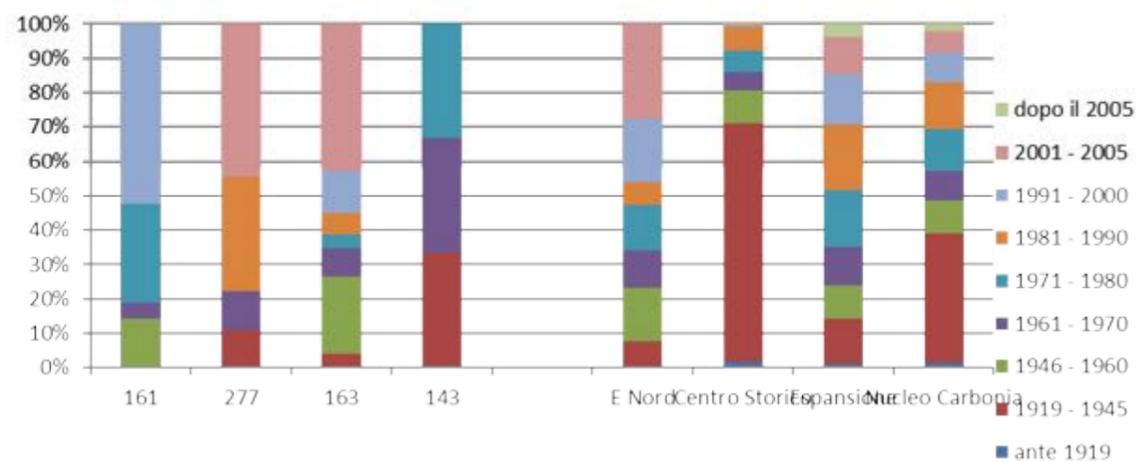
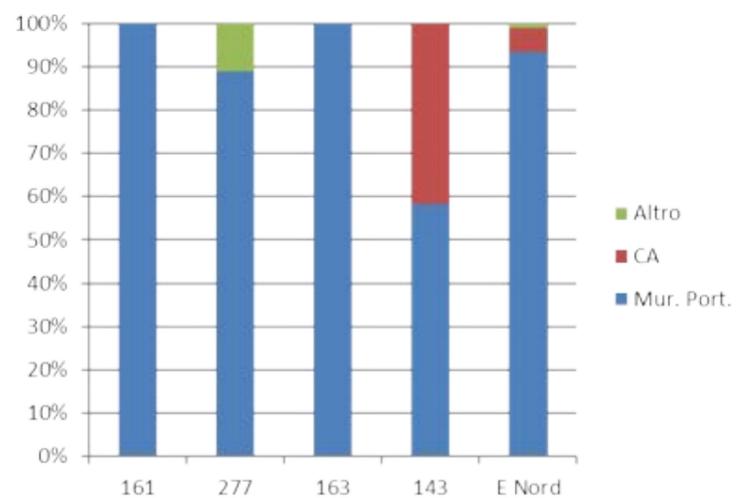
L'espansione si compone di una parte relativamente antica (zona B1.2) realizzata nei primi anni '50 a ridosso del centro di fondazione (figura 6.8), che ricade nella sezione 67 e nella parte sud della 58. In queste aree l'edificato mostra il tipico tessuto disomogeneo, che deriva dal parziale rispetto del fondo agricolo. Sono presenti edifici a corte ampiamente modificati nel loro impianto (figura 6.19-20, vista 1-1, 2-3). L'insediamento pianificato di realizzazione più recente (anni '90 e 2000), non completamente attuato, ricade nella parte Nord della sezione 58, si prediligono edifici isolati multifamiliari anche con tre livelli fuori terra (figura 6.19, vista 1-2). La zona di completamento (zona B2.3) presenta densità diverse,

probabilmente legate ai diversi anni di realizzazione e un impianto urbano prevalentemente regolare con lotti squadrati ed edifici isolati singoli e multifamiliari (figura 6.19-20, viste 1-3, 2-1, 2-2).



Stralcio Zonizzazione del PUC

- A2.1
- B1.2
- B2.1
- B2.2
- B2.3
- B2.5
- C1.1
- C1.1 - PdZ
- C3.1; C3.1 - PdZ
- D2.2
- G1.T (in centro matrice)



Sezione	totale	ante 1919	1919 - 1945	1946 - 1960	1961 - 1970	1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2005	dopo il 2005
161	21	0	0	3	1	6	0	11	0	0
277	9	0	1	0	1	0	3	0	4	0
163	49	0	2	11	4	2	3	6	21	0
143	12	0	4	0	4	4	0	0	0	0
E Nord	91	0	7	14	10	12	6	17	25	0

Figura 6.3. Scheda Espansione Nord.

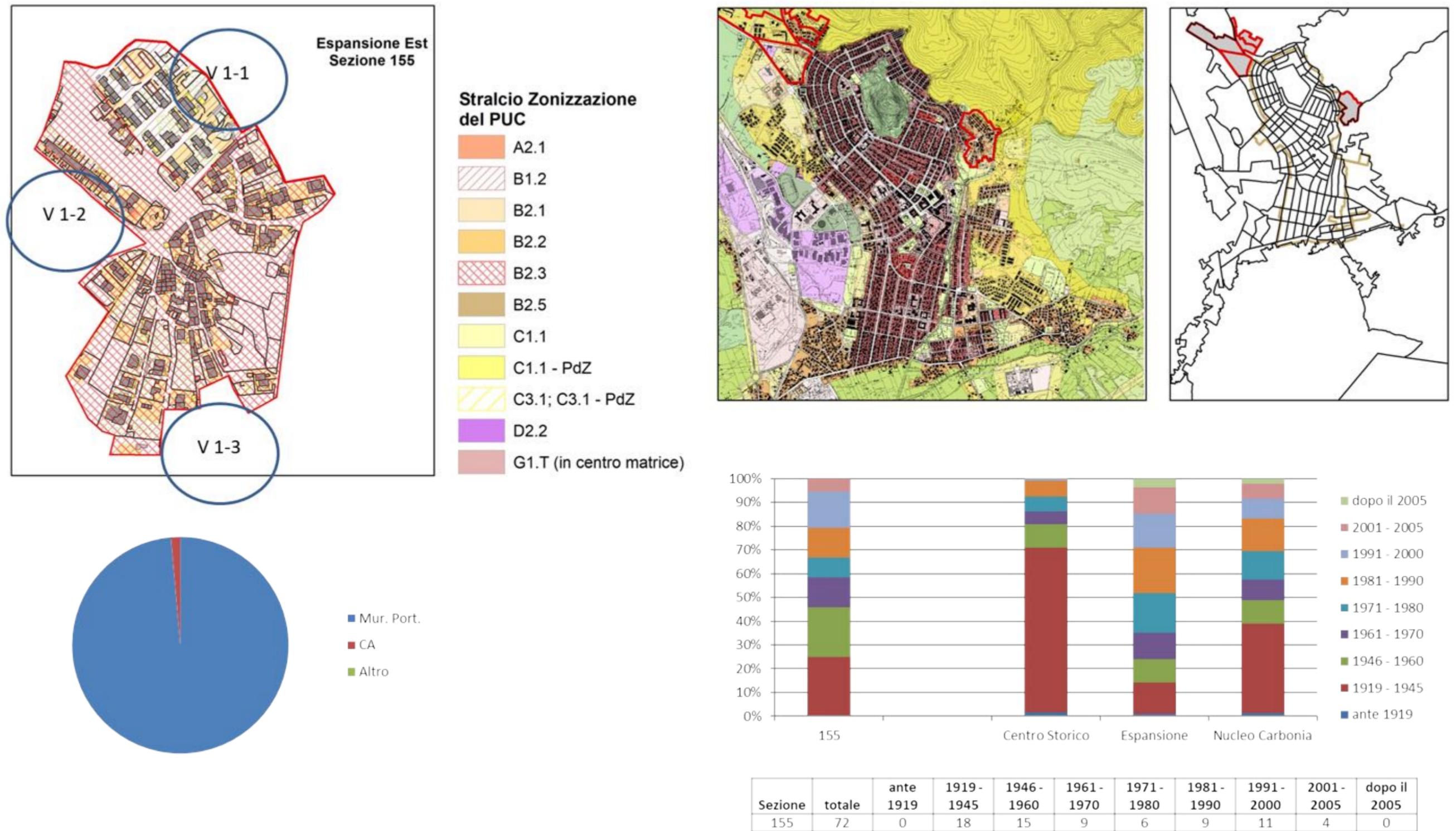
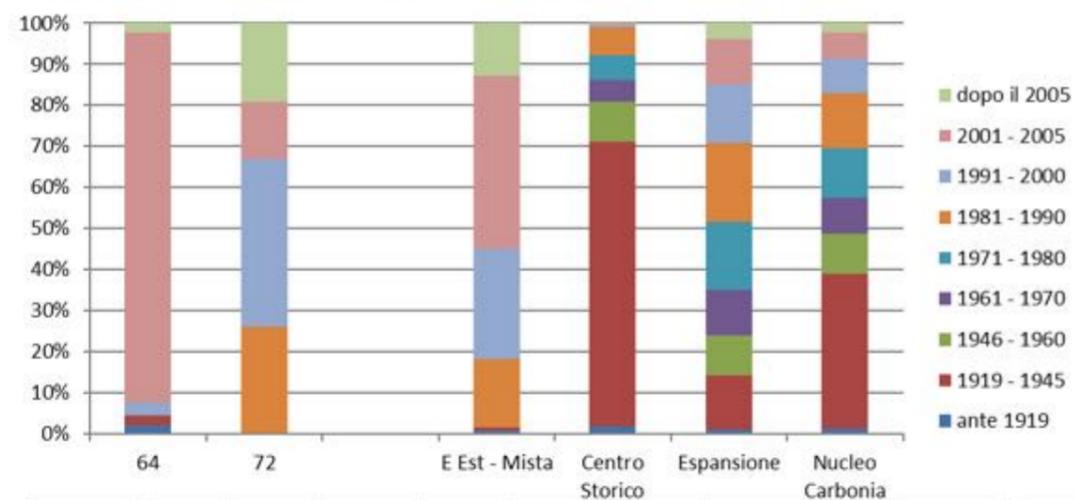
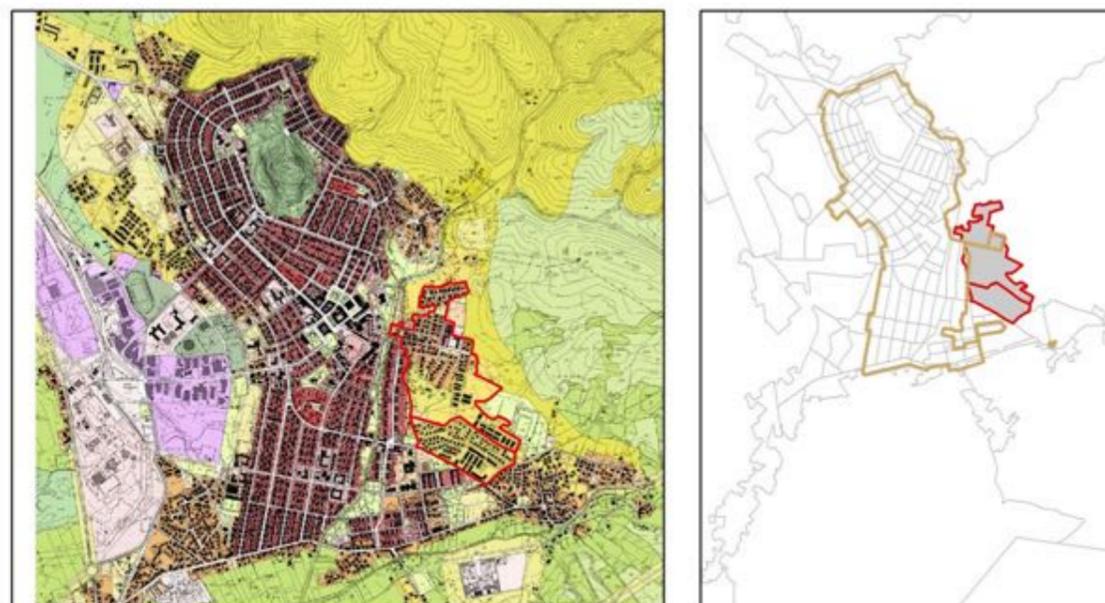
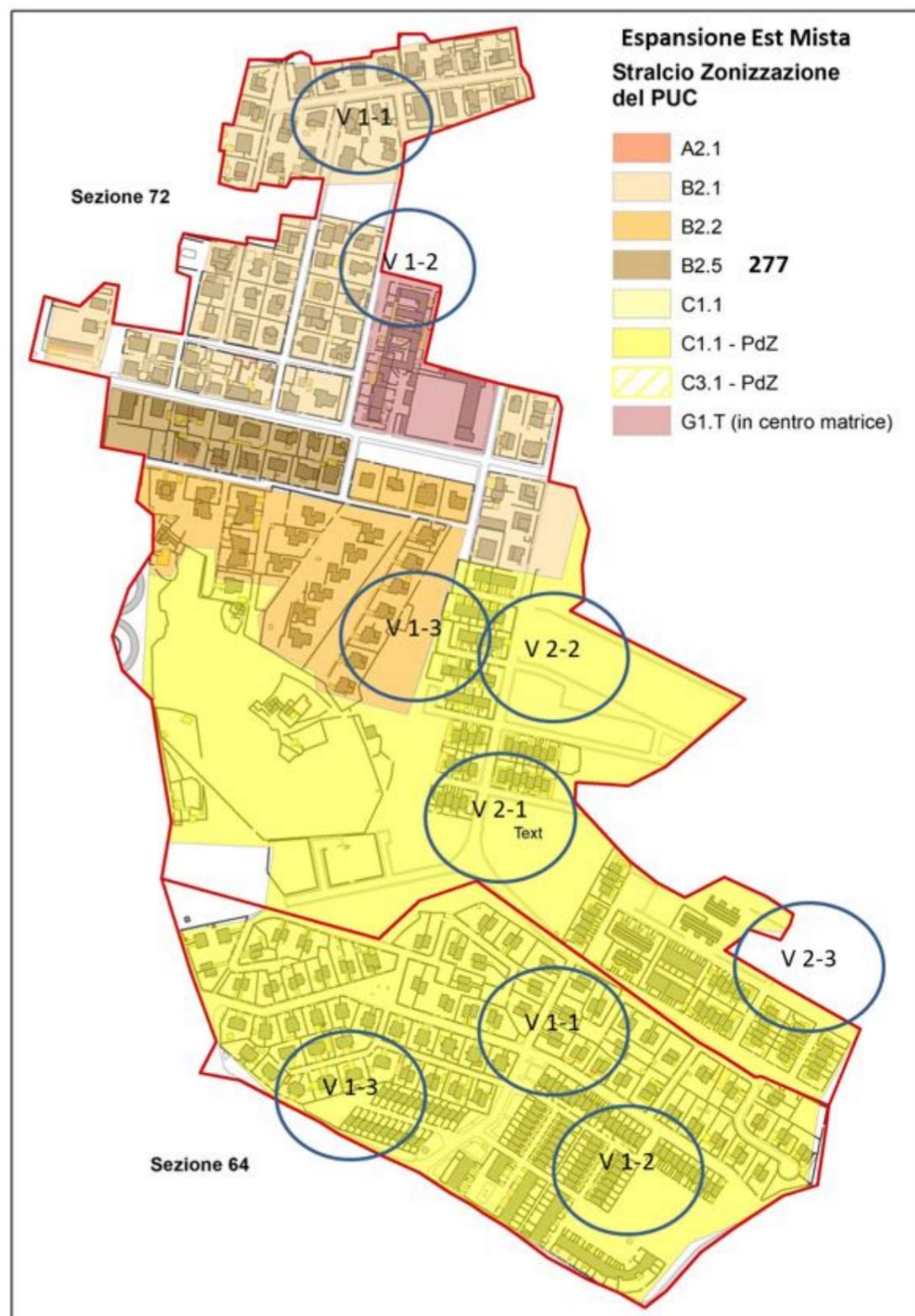


Figura 6.4. Scheda Espansione Est.



Sezione	totale	ante 1919	1919 - 1945	1946 - 1960	1961 - 1970	1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2005	dopo il 2005
64	91	2	2	0	0	0	0	3	82	2
72	157	0	0	0	0	0	41	64	22	30
E Est - Mista	248	2	2	0	0	0	41	67	104	32

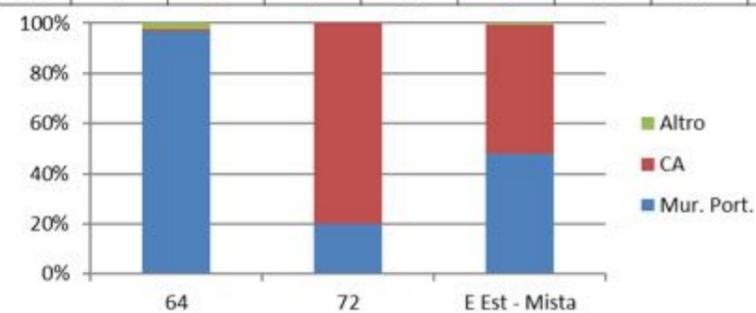
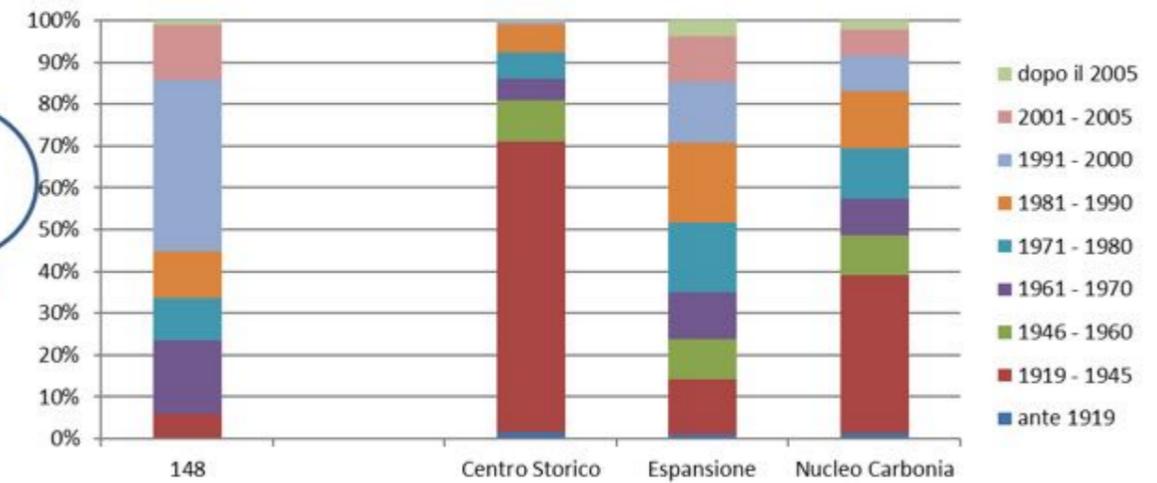
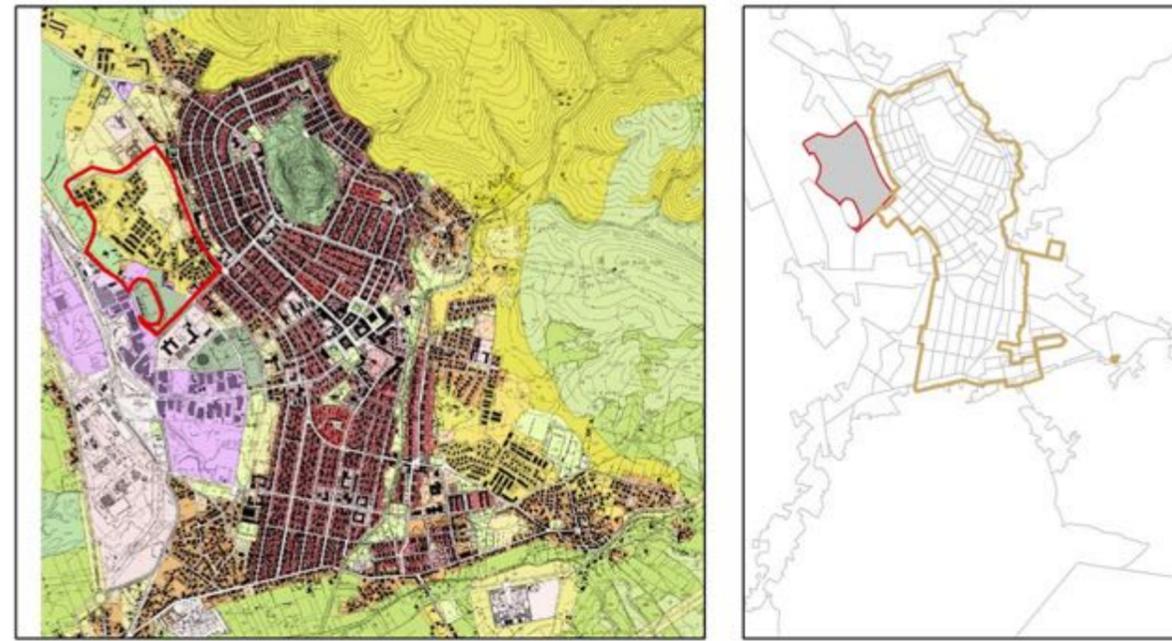
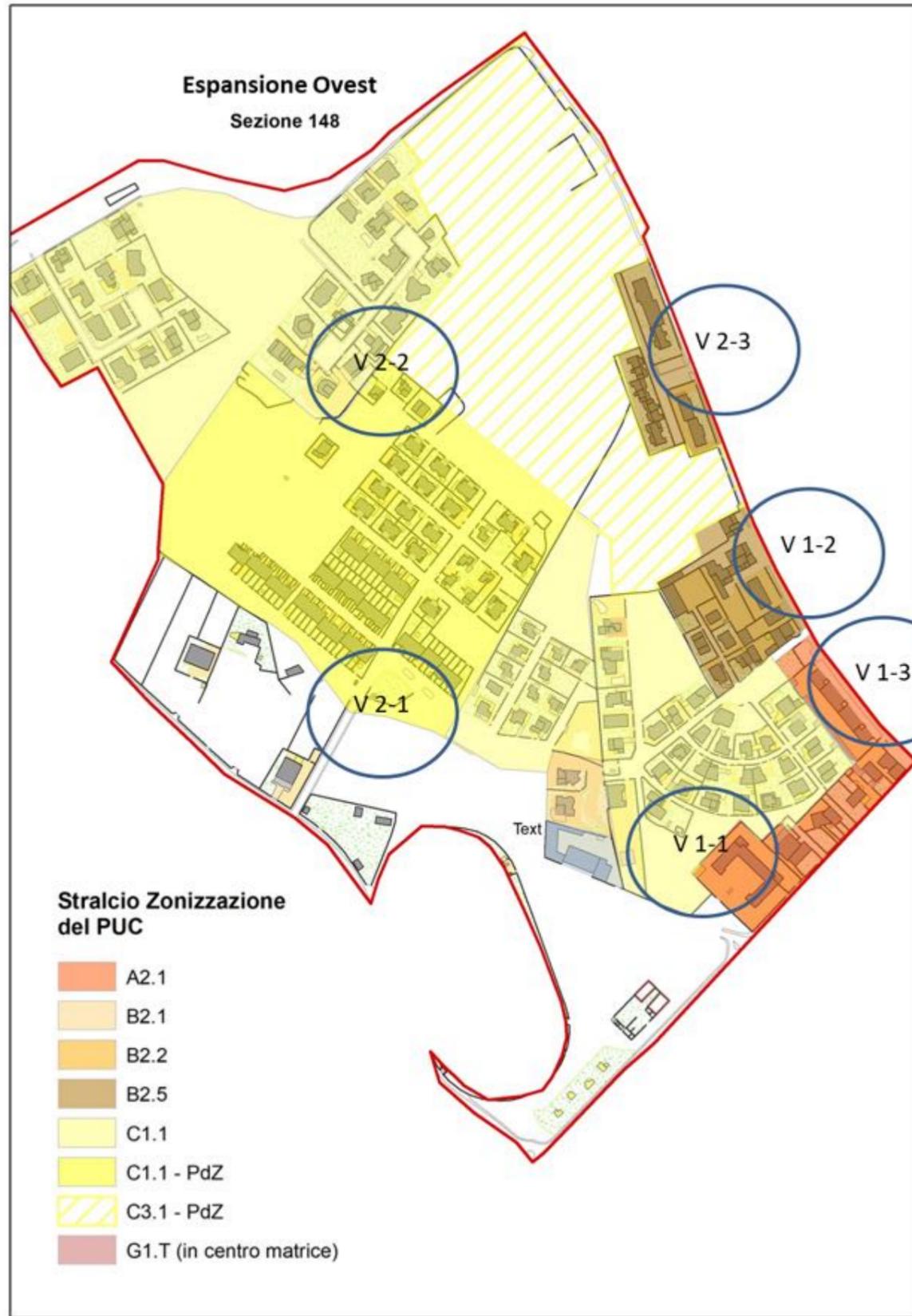


Figura 6.5. Scheda Espansione Est – Mista.



Sezione	totale	ante 1919	1919 - 1945	1946 - 1960	1961 - 1970	1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2005	dopo il 2005
148	98	0	6	0	17	10	11	40	13	1



Figura 6.6. Scheda Espansione Ovest.

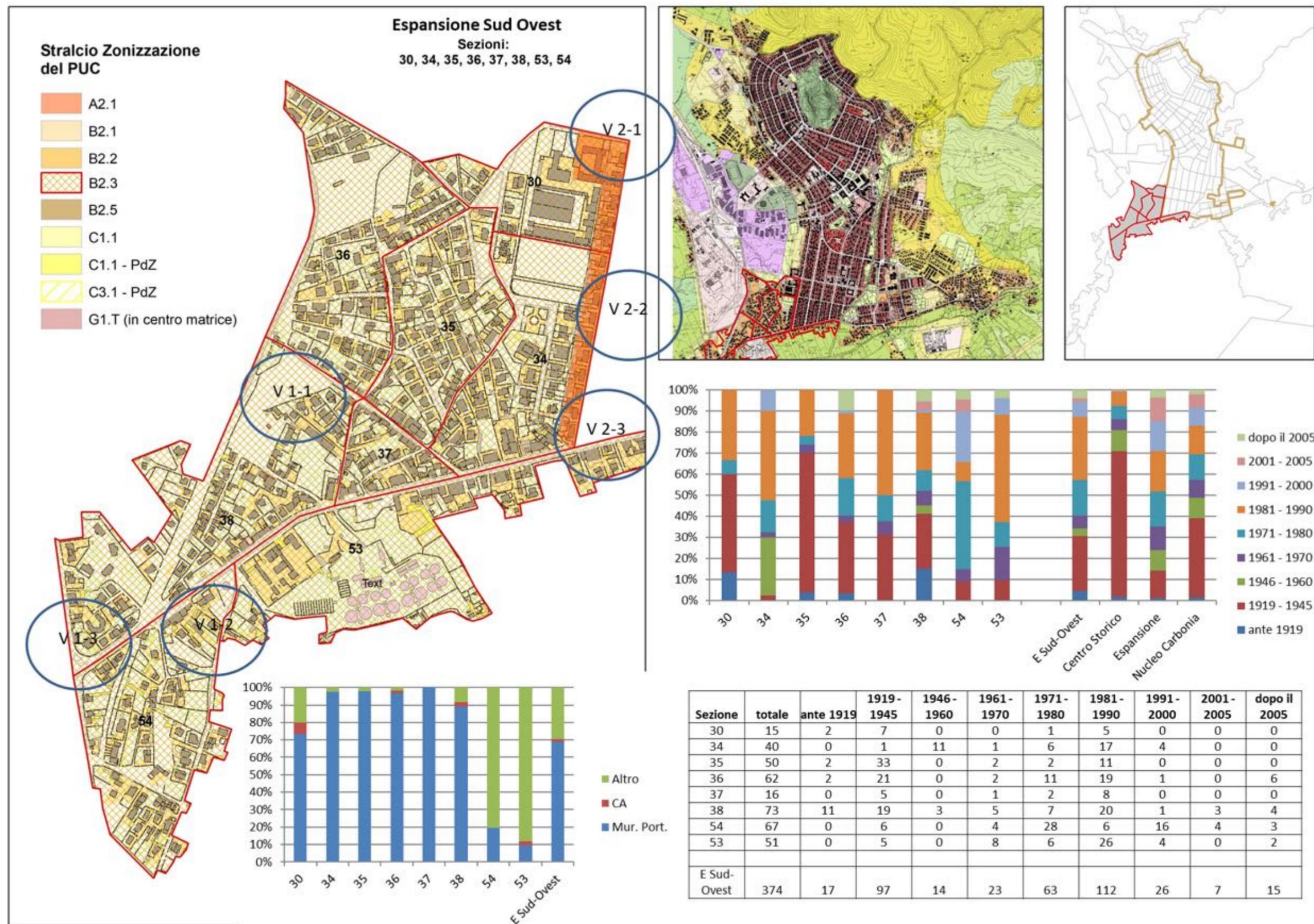
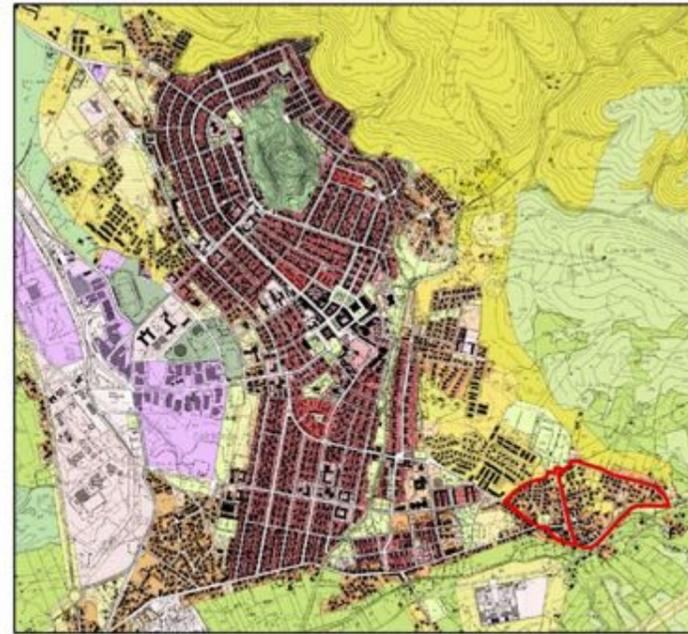
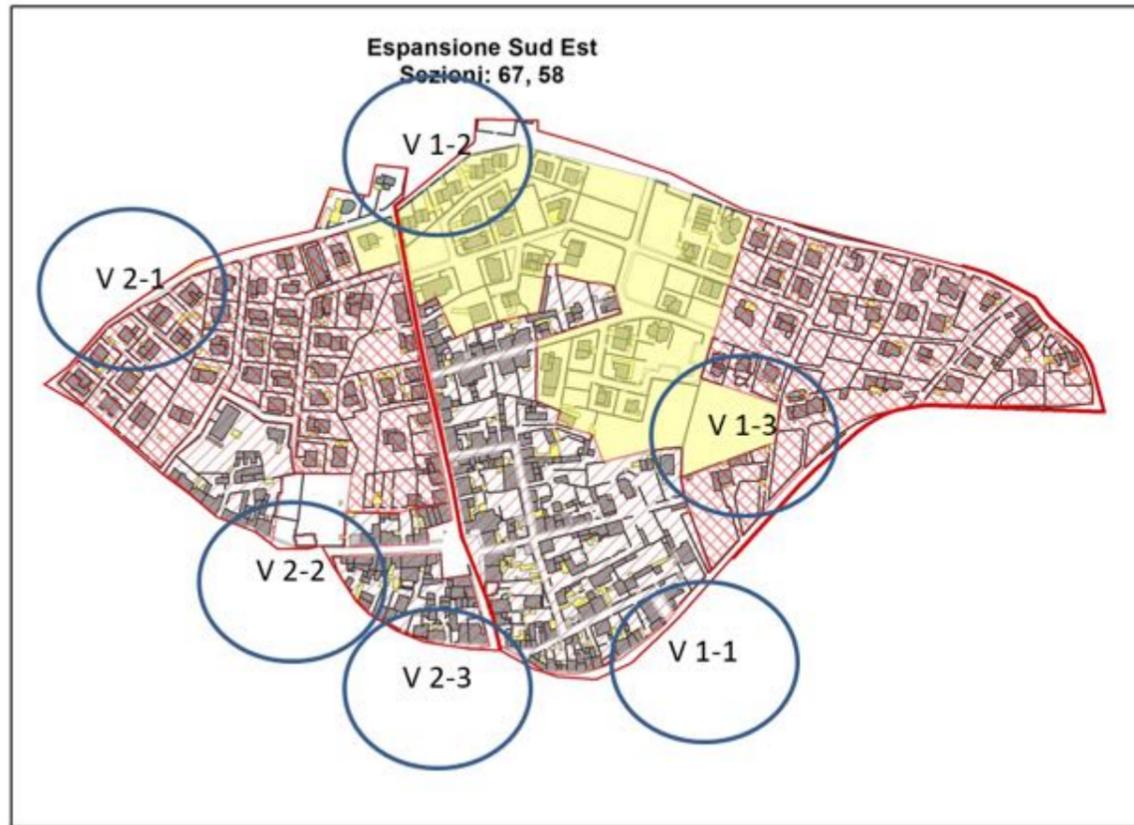
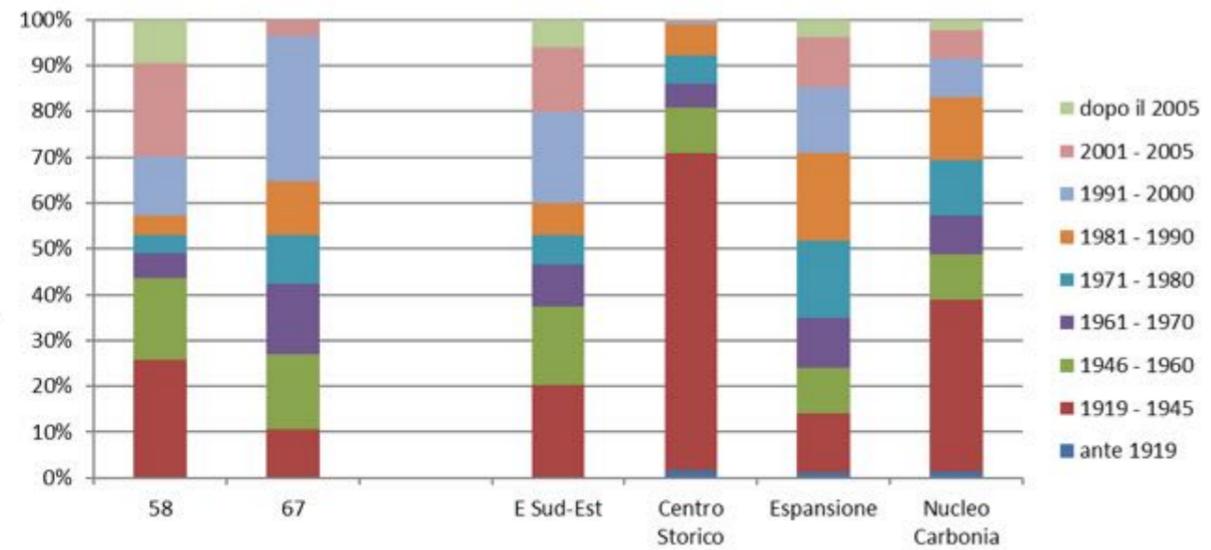
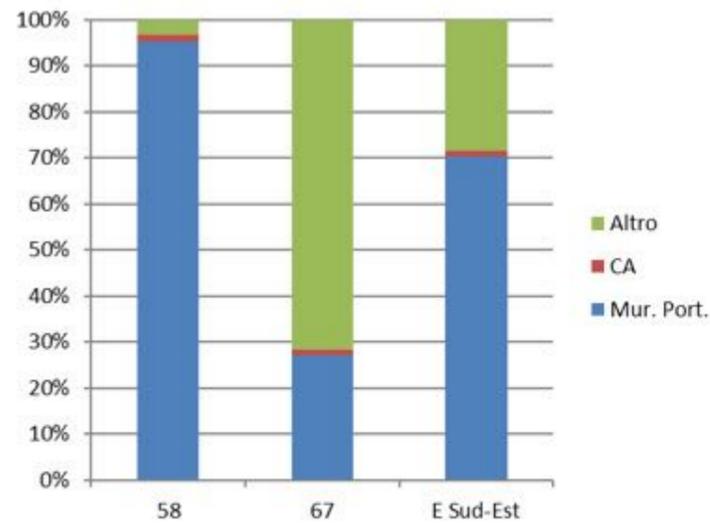


Figura 6.7. Scheda Espansione Sud – Ovest.



Stralcio Zonizzazione del PUC

- A2.1
- B1.1 e B1.2
- B2.1
- B2.2
- B2.3
- B2.5
- C1.1
- C1.1 - PdZ
- C3.1; C3.1 - PdZ
- D2.2
- G1.T (in centro matrice)



Sezione	totale	ante 1919	1919 - 1945	1946 - 1960	1961 - 1970	1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2005	dopo il 2005
58	147	0	38	26	8	6	6	19	30	14
67	85	0	9	14	13	9	10	27	3	0
E Sud-Est	232	0	47	40	21	15	16	46	33	14

Figura 6.8. Scheda Espansione Sud – Est.

Tessuti urbani della Espansione Nord
Sezione Censuaria 161 (Zone C1.1 PdZ)



Vista 1-1, edifici a torre zona C1.1 PdZ – prima tipologia



Vista 1-2, edifici a torre zona C1.1 PdZ – seconda tipologia



Vista 1-3, edifici a torre zona C1.1 PdZ – terza tipologia

Figura 6.9. Tessuti urbani Espansione Nord (foto Oblique RAS).

Tessuti urbani della Espansione Nord

Sezione Censuaria 143, 163, 277 (Zone B2.2, C1.1)



Vista 2-1, tipologie di edifici in linea zona C1.1



Vista 2-2, edifice isolati zona B2.2



Vista 2-3, edifice in linea ed a torre zona B2.2

Figura 6.10. Tessuti urbani Espansione Nord (foto Oblique RAS).

Tessuti urbani della Espansione EST
Sezione Censuaria 155 (Zone B1.2, B2.3)



Vista 1-1, tipologia edilizia espansione ante anni 50, zona B1.2



Vista 1-2, tipologia in linea zone B2.3



Vista 1-3, edifice zona B2.3

Figura 6.11. Tessuti urbani Espansione Est (foto Oblique RAS).

Tessuti urbani della Espansione Est Mista
Sezione Censuaria 72 (Zona B2.1 –B.2.2)



Vista 1-1, edifici isolati, zona B2.1



Vista 1-2, edifici isolati, zona B2.1



Vista 1-3, edifici isolati, zona B2.1

Figura 6.12. Tessuti urbani Espansione Est – Mista (foto Oblique RAS).

Tessuti urbani della Espansione Est Mista
Sezione Censuaria 72 (Zona C1.1 PdZ)



Vista 2-1, edifici in linea, zona C1.1 PdZ



Vista 2-1, edifici in linea, zona C1.1 PdZ



Vista 2-3, edifici in linea, zona C1.1 PdZ

Figura 6.13. Tessuti urbani Espansione Est – Mista (foto Oblique RAS).

Tessuti urbani della Espansione EST – Mista
Sezione Censuaria 64 (Zona C1.1 – PDZ)



Vista 3-1, edifici isolati ed in linea, zona C1.1 PdZ



Vista 3-2, edifici in linea, zona C1.1 PdZ



Vista 3-3, edifici isolati, zona C1.1 PdZ

Figura 6.14. Tessuti urbani Espansione Est – Mista (foto Oblique RAS).

Tessuti urbani della Espansione Ovest
Sezione Censuaria 148 (Zona A2.1 –C1.1)



Vista 1-1, zona C1.1



Vista 1-2, Edifici a torre della zone B2.5



Vista 1-3, Edifici della Fondazione della zone A2.1

Figura 6.15. Tessuti urbani Espansione Ovest (foto Oblique RAS).

Tessuti urbani della Espansione Ovest
Sezione Censuaria 148 (Zona A2.1 –C1.1)



Vista 2-1, zona C1.1 PdZ



Vista 2-2, edifici isolati della zona C1.1 a nord della sezione



Vista 2-2, edifici a torre della zona B2.5

Figura 6.16. Tessuti urbani Espansione Ovest (foto Oblique RAS).

Tessuti urbani della Espansione Sud - Ovest

Sezione Censuaria 30, 34, 35, 36, 37, 38, 53, 54 (Zona B2.3)



Vista 1-1, zona B2.3



Vista 1-2, zona B2.3



Vista 1-3, zona B2.3

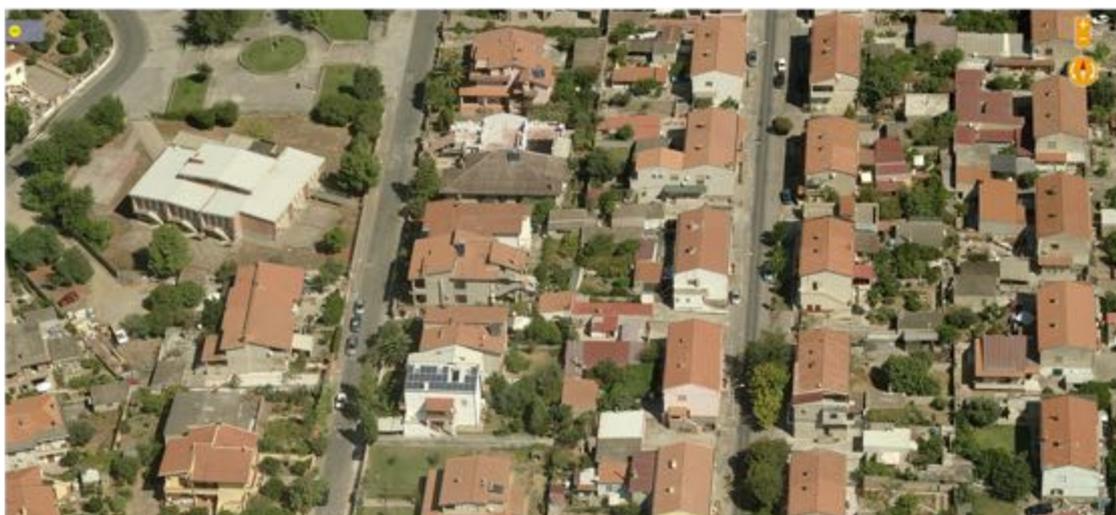
Figura 6.17. Tessuti urbani Espansione Sud - Ovest (foto Oblique RAS).

Tessuti urbani della Espansione Sud - Ovest

Sezione Censuaria 30, 34, 35, 36, 37, 38, 53, 54 (Zone B2.3 –A1.2)



Vista 2-1, contatto tra zona B2.3 e zona A1.2



Vista 2-2, contatto tra zona B2.3 e zona A1.2



Vista 2-3, contatto tra zona B2.3 e zona A1.2

Figura 6.18. Tessuti urbani Espansione Sud - Ovest (foto Oblique RAS).

Tessuti urbani della Espansione Sud - Est
Sezione Censuaria 67, 58 (Zone B1.2, B2.3, C1.1)



Vista 1-1, zona B1.2 espansione prima degli anni 50



Vista 1-2, zona C1.1



Vista 1-3, zona B2.3

Figura 6.19. Tessuti urbani Espansione Sud - Est (foto Oblique RAS).

Tessuti urbani della Espansione Sud - Est
Sezione Censuaria 67, 58 (Zone B1.2, B2.3, C1.1)



Vista 2-1, zona B2.3 densa



Vista 2-2, zone B1.2 e zona B2.3



Vista 2-3, zona B1.2

Figura 6.20. Tessuti urbani Espansione Sud - Est (foto Oblique RAS).

6.3 Edifici pubblici del comune di Carbonia

Lo studio degli edifici pubblici parte dalla localizzazione degli stessi all'interno del territorio comunale tramite base topografica (DBGT della RAS) e tramite documentazione resa disponibile dalla Amministrazione Comunale. Sarà oggetto della prossima annualità lo sviluppo di una metodologia a carattere tipologico su alcuni edifici rappresentativi, basata su un protocollo di audit approfondito. In questa sede l'approccio è indirizzato a sperimentare una metodologia per ricavare un profilo informativo minimo, definito per tipo di uso dell'edificio, basato su una procedura standard di diagnosi energetica e sulla impostazione di semplici sistemi di monitoraggio dei consumi e di coinvolgimento dei fruitori dell'edificio.

L'amministrazione ha iniziato da alcuni anni un monitoraggio dei consumi elettrici (figura 6.21): gli edifici scolastici incidono per circa il 40% sui consumi, gli uffici e gli edifici adibiti alla cultura il 20% rispettivamente; gli altri settori si dividono la quota restante (figura 6.22-24). Sulla base dei dati di consumi e della documentazione progettuale disponibile, è possibile individuare le tipologie di edifici più rappresentative del patrimonio pubblico, al fine di studiarne le caratteristiche ricorrenti su diversi aspetti relativi al sistema edificio - impianto e profilo d'uso. Sotacarbo ha effettuato, nell'ambito di attività svolte per la Ricerca di Sistema Elettrico, alcune diagnosi energetiche di edifici pubblici rappresentativi del Comune Carbonia (figure 6.22-24). Si riportano brevemente alcune osservazioni derivanti dall'analisi del materiale disponibile, utili a indirizzare lo sviluppo della metodologia:

- il data base comunale presenta forti mancanze e disomogeneità nella documentazione progettuale disponibile;
- spesso non si hanno serie storiche dei consumi sufficientemente complete temporalmente;
- per la maggioranza degli edifici, salvo attività di rilievo specifiche, i consumi elettrici non sono disponibili in maniera disaggregata per i diversi servizi;
- i dati relativi ai vettori energetici non elettrici, largamente utilizzati per il riscaldamento, non sono noti;
- alcuni edifici sono utilizzati al di sotto delle loro condizioni di comfort, ciò non permette di valutare correttamente le potenzialità di retrofit.

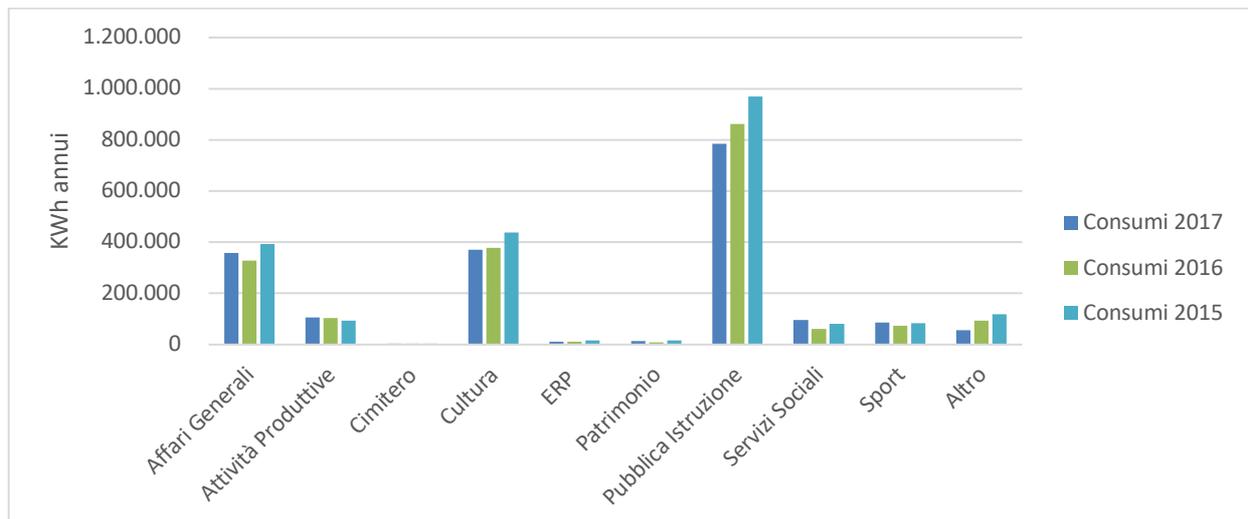
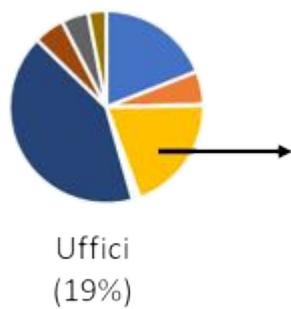


Figura 6.21. Consumi elettrici del patrimonio pubblico. Elaborazione dal DB consumi di Carbonia.



Uffici del Comune - Ex Uffici Giudiziari (edificio moderno)

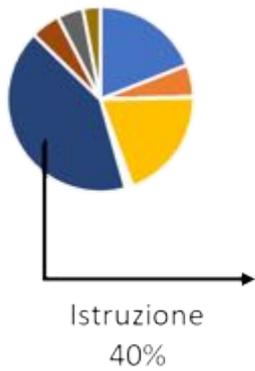


Sede del Municipio di Carbonia (Edificio Storico)



Centro Ricerche Sotacarbo
(edificio storico della miniera)

Figura 6.22. Esempio di edifici pubblici locali.



Sede dell'Istituto Comprensivo SATTA

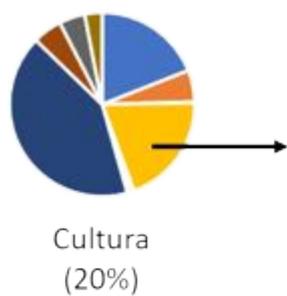


Scuola Primaria IS MEIS



Scuola Primaria IS GANNAUS

Figura 6.23. Esempio di edifici pubblici locali.



Museo Paleo Ambienti Sulcitani (PAS) –E.A. Martel



Museo del Carbone

Figura 6.24. Esempio di edifici pubblici locali.