

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI

Corso di laurea magistrale in SCIENZE PER L'AMBIENTE

Sprawl Urbano: indici applicati a un caso studio.

Tesi di laurea in: Ecologia del Paesaggio

Relatore
Prof.ssa Giovanna Pezzi

Presentata da
Valeria Casta

Correlatore
Prof. Carlo Ferrari

(III Sessione)

Anno Accademico 2010/2011

INDICE

INTRODUZIONE	p.	3
1. IL FENOMENO DELLO SPRAWL URBANO E LA SUA ANALISI	p.	5
1.1. Sprawl urbano	p.	5
1.1.1. Impatti	p.	7
1.2. Misurare lo sprawl	p.	10
1.3. Alcuni esempi di studi di sprawl urbano	p.	12
2. IL CASO STUDIO DEL COMUNE DI CARPI	p.	18
2.1. Inquadramento territoriale	p.	18
2.2. Inquadramento geologico, geomorfologico e idrografico	p.	20
2.3. Il Paesaggio Urbano	p.	21
2.4. Il Paesaggio Agrario	p.	22
3. MATERIALI E METODI	p.	25
3.1. Carte dell'uso/copertura del suolo	p.	25
3.1.1. Individuazione di un sistema di classificazione	p.	25
3.1.2. Costruzione delle carte	p.	28
3.2. Elaborazione e analisi dei dati	p.	29
3.2.1. Aree totali, persistenze e trasformazioni	p.	29
3.2.2. Calcolo degli indici di sprawl urbano	p.	31
3.2.3. Analisi dello sprawl urbano	p.	35
4. RISULTATI	p.	37
4.1. Persistenze e trasformazioni dell'uso/copertura del suolo (1954-2008)	p.	37
4.2. Indici	p.	43
4.2.1. Zone urbanizzate	p.	43
4.2.2. Territorio agricolo	p.	44
4.3. Lo sprawl urbano	p.	46
CONCLUSIONI	p.	51
BIBLIOGRAFIA	p.	53
RINGRAZIAMENTI	p.	59

ALLEGATO I: Comune di Carpi. Carta dell'uso/copertura del suolo 1954

ALLEGATO II: Comune di Carpi. Carta dell'uso/copertura del suolo 1976

ALLEGATO III: Comune di Carpi. Carta dell'uso/copertura del suolo 1997

ALLEGATO IV: Comune di Carpi. Carta dell'uso/copertura del suolo 2003

ALLEGATO V: Comune di Carpi. Carta dell'uso/copertura del suolo 2008

INTRODUZIONE

Lo *sprawl* urbano (*urban sprawl*) può essere considerato come la fase ultima del processo di urbanizzazione, avviatosi nel Novecento come conseguenza della rivoluzione industriale e intensificatosi nella seconda metà del secolo a causa della crescita demografica (Altinok e Cengiz, 2008).

Anche se non esiste una definizione condivisa, lo *sprawl* urbano può essere, in linea di massima, descritto come la tendenza, degli ultimi 20-30 anni, che presentano molte grandi città a svilupparsi in maniera incontrollata e dispersa nelle campagne. Si tratta di un'espansione a bassa densità di popolazione dovuta al maggiore benessere dato dalla vita fuori dai centri urbani nei sempre più numerosi sobborghi che si vengono a creare (EEA, 2006; Jaeger et al., 2010). Questo fenomeno si riscontra anche in centri urbani minori e, di conseguenza, è diventato sempre di maggiore interesse per la pianificazione territoriale per gli impatti negativi che esso provoca. I principali riguardano il consumo e l'impermeabilizzazione del suolo (*soil sealing*); l'aumento delle richieste energetiche attraverso l'incoraggiamento all'utilizzo di veicoli privati che pertanto causa congestioni del traffico e inquinamento atmosferico; lo sbilanciamento degli equilibri economici tra sobborghi e centri città. Tutto questo si traduce in danni irreversibili alle differenti matrici ambientali (Bhatta, 2010; Frenkel e Ashkenazi, 2008).

Negli ultimi 20 anni sono stati fatti numerosi studi sull'urbanizzazione e lo *sprawl* urbano con particolare riferimento alla ricerca di indici ed indicatori che possano evidenziare se una città ne è o meno soggetta e degli impatti che questi fenomeni provocano (Angel et al., 2007; Arribas-Bel et al., 2010; Bhatta et al., 2010 b; Davis e Schaub, 2005; Fang et al., 2005; Hasse e Lathrop, 2003; Kasanko et al., 2006; Jat et al., 2008; ; Ji et al., 2006; Polemans e Van Rompaey, 2009; Sudhira et al., 2004; Travisi et al., 2010; Torrens, 2008).

Lo *sprawl* può essere analizzato attraverso l'analisi e l'interpretazione di immagini digitali (aeree e da satellite; Sutton, 2003) e attraverso misure assolute capaci di dare una distinzione bianco-nero (bassa densità di popolazione vs alta densità di popolazione; urbano vs non urbano; Sudhira et al., 2004) o relative (Angel et al., 2007; Deng et al., 2009; Frenkel e Ashkenazi, 2008; Hai e Yamaguchi, 2009).

Quando si considera lo *sprawl* in termini di pattern fisico di sviluppo urbano, come avviene nella maggioranza degli studi, vengono spesso utilizzate metriche proprie negli

studi di Ecologia del Paesaggio, molte delle quali sono raccolte nel pacchetto di calcolo “FRAGSTATS” (McGarigal et al., 2002). La differente scelta degli indici dipende da quali aspetti del fenomeno (densità, dispersione, frammentazione, decentralizzazione dell’urbano, etc.) si vogliono analizzare.

In questo lavoro si intende verificare come e quanto alcune delle metriche e gli indici individuati nei diversi studi riportati in bibliografia possano effettivamente evidenziare l’occorrenza di *sprawl*, in termini diacronici, di un centro urbano minore e delle frazioni da esso dipendenti. Lo *sprawl*, infatti, interessa lo sviluppo dei comuni appartenenti alla cintura periurbana dei grandi centri urbani ed è quindi importante, per la sua analisi, considerare i centri urbani minori che si sviluppano intorno alle città principali. L’analisi presentata viene condotta sul comune di Carpi, distante circa 10 km da Modena. Per l’area erano inoltre disponibili numerose fonti (fotografie aeree, cartografie tematiche, etc.) utili a evidenziare il fenomeno dello *sprawl*. Ciò ha permesso di effettuare un’analisi della sequenza temporale da metà Novecento ad oggi attraverso mappe dell’uso/copertura del suolo costruite attraverso l’interpretazione a video di ortofotogrammi riferibili agli anni 1954, 1976, 1997, 2003, 2008. E’ stato adottato un sistema di classificazione delle coperture utile a mettere in luce il fenomeno (Feranec et al., 2007) basato sul progetto CORINE Land Cover. L’analisi diacronica effettuata in tale studio può essere presa come base per nuove proposte di pianificazione sostenibile in quanto utile a valutare gli ambiti di criticità dello stato attuale dei sistemi territoriali e le tendenze evolutive di processi (come lo *sprawl* urbano) in atto (Lelli, 2011).

1. IL FENOMENO DELLO SPRAWL URBANO E LA SUA ANALISI

1.1. Sprawl urbano

Il motore principale dello sviluppo urbano verificatosi a partire dalla seconda metà del 1900, in conseguenza della seconda guerra mondiale, è stato la crescita demografica, che ha portato la concentrazione della popolazione nelle grandi città. Una caratteristica importante di questa urbanizzazione è stata l'uniformità spaziale con cui le città si sono espanse in tempi molto brevi. Negli ultimi vent'anni si è invece assistito ad un'espansione più dispersa dei grandi centri urbani e quindi ad un'intensificazione infrastrutturale per agevolare l'accessibilità all'interno delle città. Questo è stato determinato da nuove tendenze nei criteri di insediamento: i più importanti servizi commerciali e di trasporto si localizzano infatti sempre di più sulle strade ad alta capacità di flusso in quanto necessitano di grandi spazi e reti veloci; cresce il desiderio delle famiglie di vivere nelle campagne circondate dal verde e quindi si costruiscono seconde case alla ricerca di lotti edificabili economici (Mazzeo, 2009). In America, per definire questo fenomeno è stato coniato il termine "*Urban Sprawl*". Quest'ultima tendenza di crescita urbana, avvenuta soprattutto in Europa e Nord America (Jaeger et al., 2010 b), è stata identificata come un processo di invasione degli spazi verdi e delle campagne a bassa densità di popolazione (Altinok e Cengiz, 2008).

Vista la complessità del fenomeno e il numero e tipologia di variabili (densità della popolazione, impermeabilizzazione del suolo, dispersione, frammentazione) da cui dipende, non è tuttora possibile definire lo sprawl urbano in maniera univoca. Di seguito sono riportate tre definizioni che mettono in luce gli aspetti fondamentali del fenomeno: la prima (EEA, 2006; Burchfield et al., 2006) fornisce un inquadramento generale, la seconda pone l'accento sui problemi socio-economici da esso causati (Ewing et al, 2002) e la terza analizza gli aspetti spaziali legati al pattern di crescita urbano tipico dello sprawl (Jaeger et al., 2010 a).

L'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) definisce lo sprawl come il "pattern fisico di espansione a bassa densità delle grandi aree urbane soprattutto nelle aree agricole circostanti". Lo sprawl urbano, secondo questa definizione, provoca uno sviluppo urbano disordinato e disomogeneo che tende alla discontinuità in opposizione alle città compatte (EEA, 2006).

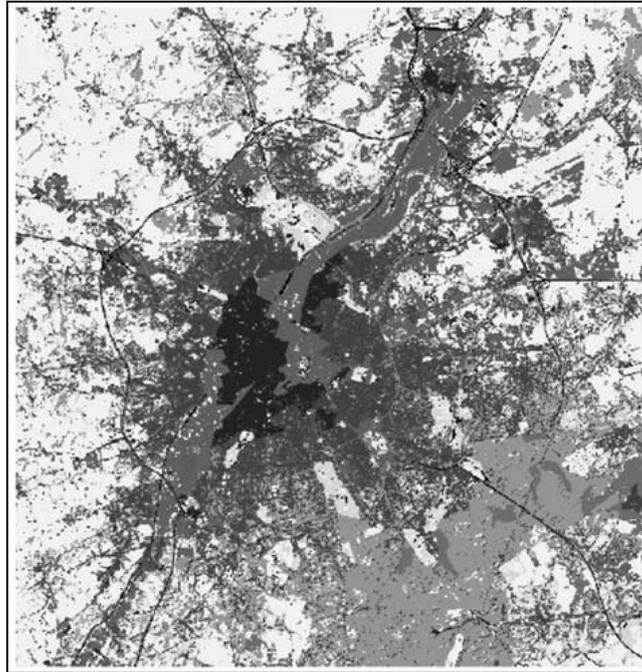


Figura 1.1. Lo sprawl urbano: l'esempio della città di Bruxelles, Belgio (da Antrop, 2004).

Questa “invasione” delle campagne si traduce sia in un ampliamento dell’urbano a bassa densità di popolazione, sia, in molti casi, nella nascita di piccoli centri urbani indipendenti attorno alle grandi città (Fig. 1.1). Sebbene la campagna circostante mantenga un’apparenza rurale, in realtà presenta un’urbanizzazione di tipo funzionale.

Lo sviluppo urbano avviene soprattutto lungo le principali vie di comunicazione con conseguente aumento e congestione del traffico che porta alla costruzione di nuove infrastrutture viarie e, successivamente o parallelamente, alla formazione di aree urbane sempre più periferiche. Le aree rurali sono, quindi, incorporate in una sorta di “ombra urbana”, dove col tempo, si possono creare e sviluppare nuovi piccoli centri urbani (Antrop, 2004).

Un'altra definizione identifica lo sprawl come “il processo in cui la diffusione dell’area urbana nella campagna circostante supera nettamente la crescita della popolazione”. Lo sprawl ha quindi 4 caratteristiche: una carenza di centri urbani ben definiti; una popolazione largamente dispersa in uno sviluppo urbano a bassa densità abitativa; abitazioni, servizi commerciali e posti di lavoro rigidamente separati nello spazio; una rete di strade rigidamente sviluppata e povera di accessi. Ne consegue una mancanza di scelta nei trasporti, la relativa uniformità nella scelta degli alloggi e la difficile mobilità leggera (Ewing et al., 2002).

La diretta implicazione dello sprawl è il cambiamento nell’uso e copertura del suolo in un dato territorio che induce l’aumento delle aree edificate e asfaltate (Sudhira et al., 2004).

Un'ulteriore definizione è di Jaeger et al. (2010 a): “Lo sprawl urbano è visivamente percettibile. Per una data quantità di area edificata, il grado di sprawl dipende da quanto le patches dell'area urbana e gli edifici sono fortemente raggruppati o dispersi: il più basso grado di sprawl corrisponde ad una situazione in cui l'area urbana è raggrupata in una forma circolare, il più alto si verifica quando un'area è completamente costruita” (Fig. 1.2).

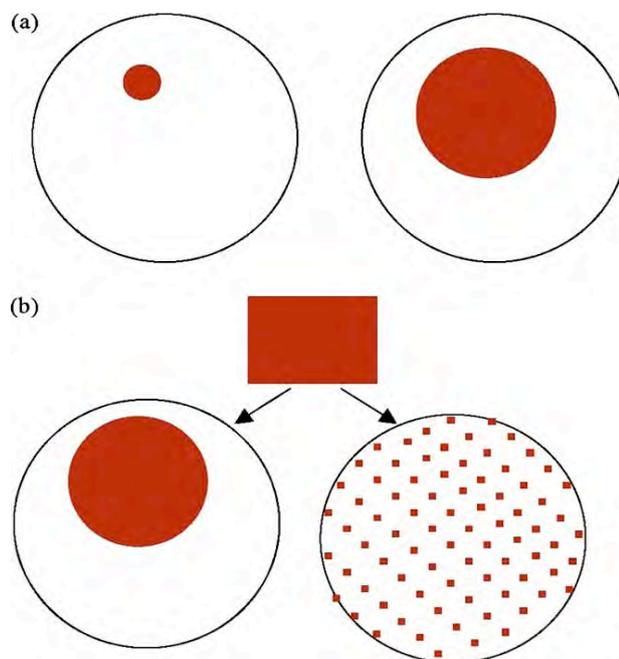


Figura 1.2. Urbanizzazione - situazioni a confronto: a) Bassa estensione dell' area urbana vs. alta estensione dell' area urbana. b) configurazione compatta (circolare) vs. dispersa per una data quantità di area urbana. In rosso le aree urbane (Jaeger et al., 2010 a).

Questa definizione, tuttavia, non tiene conto della componente qualitativa degli edifici presenti nelle aree urbane (stile, disposizione, altezza) in quanto si reputa più importante la distanza tra essi e spesso negli studi è difficile raccogliere questo tipo di dati.

1.1.1. Impatti

Gli impatti dello sprawl urbano sono raggruppabili in 2 tipologie principali (EEA, 2006): ambientali e socio-economici.

Impatti ambientali. Le risorse più sensibili allo sprawl sono il suolo e la terra. Questo perché sono considerate non rinnovabili, o comunque rinnovabili con tempi molto lunghi e a costi elevatissimi, quindi la perdita di suolo è considerata permanente. L'utilizzo intensivo di suolo ne altera le proprietà: diminuzione della permeabilità (*soil sealing*), perdita di biodiversità e perdita della capacità del suolo di essere *sink* di

carbonio. Lo sprawl provoca anche l'abbandono di vaste aree industriali causando spesso gravi problemi di contaminazione dei suoli. Inoltre, i cambiamenti nell'uso del suolo causano anche problemi nella capacità di ricarica della falda acquifera, attivando processi di desertificazione.

Le zone costiere, in particolare, sono maggiormente sensibili al fenomeno dello sprawl. In esse si verificano due principali tipologie di problemi: la compattazione dei suoli e riduzione della loro capacità di assorbimento nel confronto degli inquinanti, che vengono dispersi nelle acque interne; la salinizzazione dei suoli causata dall'intrusione del cuneo salino che oltre a provocare una perdita di terreni coltivabili, compromette anche la disponibilità di acqua potabile.

Un altro impatto dello sprawl è dato dallo spostamento delle attività agricole verso aree naturali, e quindi meno produttive (che richiedono maggiori quantità di acqua e fertilizzanti), e verso le zone montuose (meno adatte alla coltivazione e a rischio più elevato di erosione).

Inoltre, processi come l'aumento della rete infrastrutturale e la sempre maggior vicinanza ed accessibilità delle attività umane alle aree naturali (Fig. 1.3) impongono un notevole stress sugli ecosistemi (inquinamento e rumore). Le vie di comunicazione diventano degli ostacoli o barriere che provocano una frammentazione degli habitat e ne compromettono le funzioni ecologiche. Impatti come la perdita di terre agricole e naturali, delle zone umide e di altri habitat, o la frammentazione delle foreste, sono considerati irreversibili. La frammentazione delle zone urbane, con la distruzione dei corridoi migratori delle specie selvatiche porta all'isolamento di queste popolazioni: questo problema ha portato allo sviluppo di importanti iniziative come "Rete Natura 2000".

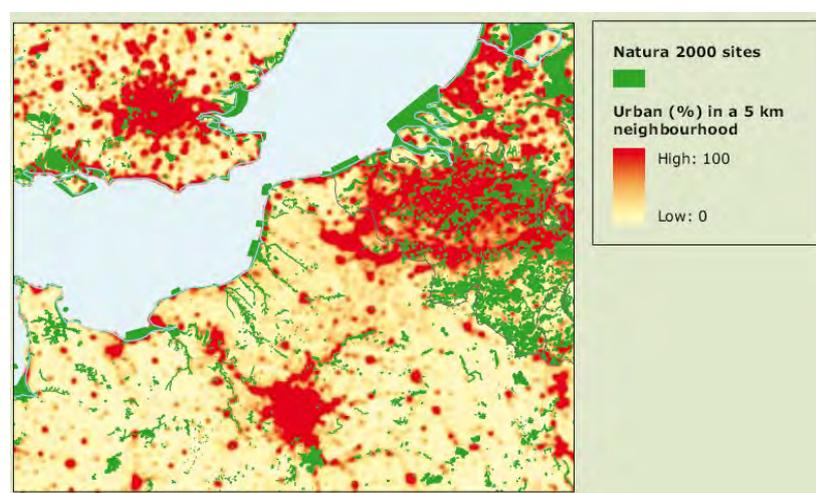


Figura 1.3. Pressioni urbane (in rosso) sui siti Natura 2000 (in verde) nelle aree costiere e del canale della Manica (EEA, 2006).

Un ulteriore impatto di notevole criticità è l'inquinamento atmosferico; la tendenza delle famiglie a vivere nelle campagne in case singole (diminuzione della densità della popolazione, Fig. 1.4) provoca un maggior consumo di acqua ed energia pro-capite ed una maggiore la produzione di rifiuti (3/4% annuo).

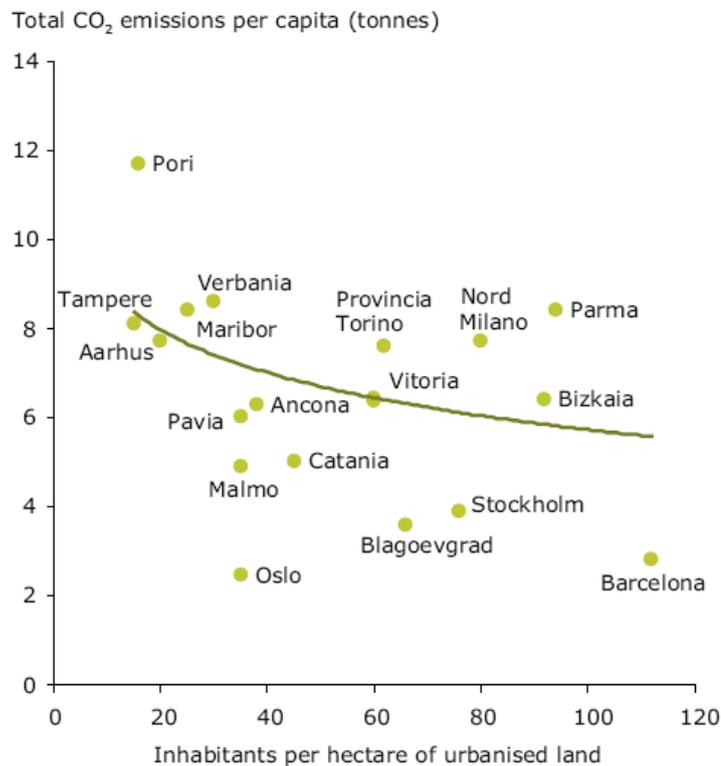


Figura 1.4. Densità popolazione e emissioni di CO₂, in alcune città europee (EEA, 2006).

Tutto questo aumenta la richiesta energetica ed i consumi che, di pari passo con l'intensificazione dei trasporti (dato sia dall'utilizzo sempre maggiore delle auto e dall'aumento della distanza per raggiungere gli stabilimenti per lo smaltimento dei rifiuti), contribuisce all'aumento delle emissioni di CO₂ in atmosfera (riscaldamento globale, eventi climatici estremi). Questa situazione impone cambiamenti nella pianificazione urbana visto che le zone più sensibili ad eventi climatici estremi (inondazioni, uragani, aumento del livello del mare) sono anche quelle maggiormente soggette allo sprawl (vallate, zone costiere).

Da ciò deriva che lo sprawl urbano ha conseguenze dirette sulla qualità della vita e sulla salute umana (problemi respiratori come asma, tumori, etc.) nelle città. Nonostante le legislazioni statali pongano limiti sulle emissioni inquinanti, l'inquinamento dell'aria sembra ormai essere incontrollato; in particolare sta diventando un problema globale in quanto sostanze bio-accumulabili si disperdono su aree sempre più vaste. Anche gli alti livelli di rumore, causati dall'aumento del traffico, spesso superano i limiti stabiliti per la sicurezza umana.

Impatti socio-economici. Da un punto di vista sociale lo sprawl urbano genera una forte segregazione degli sviluppi residenziali e di conseguenza può creare divisioni economiche e sociali come la perdita dell'interazione tra vicini di casa. Le zone suburbane ospitano famiglie dal reddito medio-alto, mentre i centri storici soffrono una diminuzione della qualità della vita e problemi legati all'immigrazione e alla disoccupazione. Questa situazione è massimizzata nelle zone periferiche delle grandi città caratterizzati da un forte degrado ambientale e sociale.

Da un punto di vista economico lo sprawl urbano è come minimo una forma molto costosa dello sviluppo urbano, perché:

- Aumenta il pendolarismo e quindi la spesa pro-capite.
- Vi sono costi aggiuntivi dovuti alla congestione del traffico e all'inefficienza dei mezzi di trasporto.
- Aumentano i costi delle infrastrutture perché maggiormente disperse nel territorio urbano.

1.2. Misurare lo sprawl

Negli ultimi 20 anni in particolare, il fenomeno dello sprawl urbano è stato oggetto di numerosi studi su come quantificarlo e valutarlo (Angel et al., 2007; Arribas-Bel et al., 2010; Bhatta et al. 2010 b; Davis e Schaub, 2005; Ewing et al., 2002, 2003; Hasse e Lathrop, 2003; Herold et al., 2003, 2005; Jacquin et al., 2007; Jaeger et al., 2010 b; Jat et al., 2008; Ji et al., 2006; Kasanko et al., 2005; Sudhira et al., 2004; Torrens, 2008; Travisi et al., 2010; Tsai, 2005; Wang et al., 2012; Weng, 2007).

Anche se esistono studi che analizzano il fenomeno basandosi sull'analisi prettamente grafica di immagini digitali (Jacquin et al., 2007; Sutton, 2003) o su analisi statistiche complesse (Bhatta et al., 2010 b), l'approccio più utilizzato è strutturato secondo le seguenti tappe (Davis e Schaub, 2005; Hasse e Lathrop, 2003; Jaeger et al., 2010 b):

- *Definizione della zona di studio e raccolta dei dati.* Solitamente si utilizzano immagini satellitari, carte dell'uso del suolo e censimenti ufficiali della popolazione. La maggioranza degli studi effettua un'analisi temporale, oltre che spaziale, in base alla disponibilità di dati. Spesso si provvede ad una suddivisione a priori della zona urbana (Angel et al., 2007; Arribas-Bel et al., 2010) in esame in alcune sottozone o distretti; per esempio si definisce il "cuore della città" corrispondente alla parte

antica e la zona urbana che comprende anche la periferia. Molto importante, quando si parla di analisi spaziali, è la risoluzione delle immagini utilizzate. In un'immagine a bassa risoluzione spaziale, alcuni oggetti possono apparire tra loro compatti. E' quindi preferibile utilizzare scale sufficientemente di dettaglio in modo da rappresentare correttamente l'esistente; tuttavia, l'alta risoluzione permette una migliore interpretazione da parte di un osservatore, ma comporta anche una varietà degli oggetti molto elevata e questo può causare problemi se viene applicato un algoritmo di classificazione oppure può produrre un numero davvero grande di patches complicando l'analisi dei dati (Herold et al., 2005).

- *Implementazione dei dati all'interno di un software GIS* per la gestione delle informazioni e definizione dettagliata degli usi del suolo del territorio in esame.
- *Calcolo di indici (metriche)* adeguati a descrivere il fenomeno nella serie temporale scelta.

I principali indici applicati nelle analisi di sprawl sono riportati in Bhatta et al. (2010 b), e possono essere raggruppati in:

- misure assolute capaci di creare una distinzione bianco-nero tra città soggette a sprawl e compatte (bassa densità di popolazione vs alta densità di popolazione; urbano vs non urbano; Sudhira et al., 2004);
- misure relative che quantificano diversi attributi della crescita urbana in modo da consentire il confronto fra città, fra diverse zone all'interno della città o di una città nel corso del tempo.

In ogni caso, le metriche devono possedere alcune caratteristiche che facilitano il confronto e la valutazione e devono soddisfare i seguenti requisiti (Jaeger et al., 2010 a): necessità di una quantità di dati modesta, interpretabilità intuitiva, semplicità e omogeneità dal punto di vista matematico e la capacità di dare risposte monotone rispetto ad alcune caratteristiche cruciali dello sprawl (dispersione, dimensione, allocazione, fusione e distanza tra patch di urbano).

Inoltre, spesso le proprietà statistiche delle metriche non sono ben conosciute; per esempio, può essere solo parzialmente conosciuto il grado di cambiamento del pattern di un paesaggio che incide in modo significativo sui valori numerici delle metriche. A causa di queste problematiche, alcuni ricercatori (Sudhira et al., 2004) hanno proposto una serie di metriche semplici e capaci di dare una caratterizzazione bianco-nero dello sprawl urbano. Un approccio di questo tipo identifica lo sprawl urbano quando il tasso di crescita dell'area edificata supera il tasso di crescita della popolazione.

Le metriche studiate per analizzare il fenomeno dello sprawl appartengono, per la maggior parte, al gruppo delle metriche spaziali o di paesaggio che, in generale, forniscono dati quantitativi volti a descriverne le strutture e i pattern all'interno di un paesaggio. Queste metriche sono nate e continuano ad essere utilizzate nell'ambito dell'ecologia del paesaggio, una scienza che studia e sviluppa le relazioni tra pattern spaziali e processi ecologici su una moltitudine di scale e livelli di organizzazione del paesaggio (Forman e Godron, 1986; Uuema et al., 2009).

In generale, le metriche spaziali possono essere raggruppate in tre ampie classi: di patch (poligono, unità cartografica, etc.), di classe (ad esempio tipo di copertura del suolo, habitat, etc.) e di paesaggio (l'intero territorio in esame). Le *metriche di patch* sono calcolate per ogni patch del paesaggio, quelle *di classe* vengono calcolate per ogni classe del paesaggio, quelle *di paesaggio* fanno riferimento all'intero mosaico delle patches, e servono a caratterizzare area, densità, margine, *core area* e forma; isolamento/prossimità; contagiosità/interdispersione; connettività e diversità. Molte di queste misure quantitative sono state implementate nel software FRAGSTATS (McGarigal et al., 2002). Sono numerosi gli studi che utilizzano (Deng et al., 2009; Dumas et al., 2008; Frenkel e Ashkenazi, 2008; Herold et al., 2003, 2005; Jaeger et al., 2010 a; Ji et al., 2006) le metriche spaziali presenti in FRAGSTATS, ma nessuno di questi suggerisce un set standard di metriche da utilizzare poiché la selezione delle metriche varia a seconda del caso esaminato. L'utilizzo di queste metriche non consente un'analisi completa dello sprawl urbano ma almeno costituisce un insieme di misure largamente utilizzate e riconosciute.

Esistono però anche tanti studi che utilizzano metriche e indici differenti da quelli di FRAGSTATS (Angel et al., 2007; Arribas-Bel et al., 2010; Davis e Schaub, 2005; Ewing et al., 2002; Hai e Yamaguchi, 2009; Hasse e Lathrop, 2003; Torrens, 2008; Tsai, 2005; Yang e Liu, 2005).

1.3. Alcuni esempi di studi di sprawl urbano

Gli studi effettuati sull'individuazione di metriche in grado di identificare il fenomeno dello sprawl concettualizzano le variabili in categorie a seconda di quali aspetti/dimensioni del fenomeno si vogliono evidenziare; questo offre una migliore struttura che aiuta a capire il concetto anche se il set di metriche ed indici utilizzato è diverso (Frenkel e Ashkenazi, 2008).

Ji et al. (2006), ad esempio, hanno studiato l'area metropolitana di Kansas City, USA, utilizzando immagini satellitari per creare una serie temporale (3 decenni) di dati sulla copertura del suolo. Sono state calcolate alcune metriche con il supporto di FRAGSTATS (McGarigal et al., 2002): densità delle patches di suolo edificato, densità della patch più grande (si tratta della misura della dominanza di un determinato uso del suolo) e l'indice di aggregazione della vegetazione forestale e non che quantifica il grado di frammentazione di un tipo di copertura del suolo o di un paesaggio. Sono stati calcolati anche indici di consumo del suolo per mettere in relazione i cambiamenti dell'area edificata con i cambiamenti nei criteri di costruzione e commerciale come fattori guida più importanti nella conversione del suolo urbano.

Tsai (2005) ha analizzato la forma metropolitana secondo 4 dimensioni: estensione, densità, grado di uguale distribuzione e grado di raggruppamento. Per ognuna di queste dimensioni ha individuato le rispettive metriche: popolazione, densità della popolazione, coefficiente di Gini e coefficienti di Moran e Geary (Fig. 1.5).

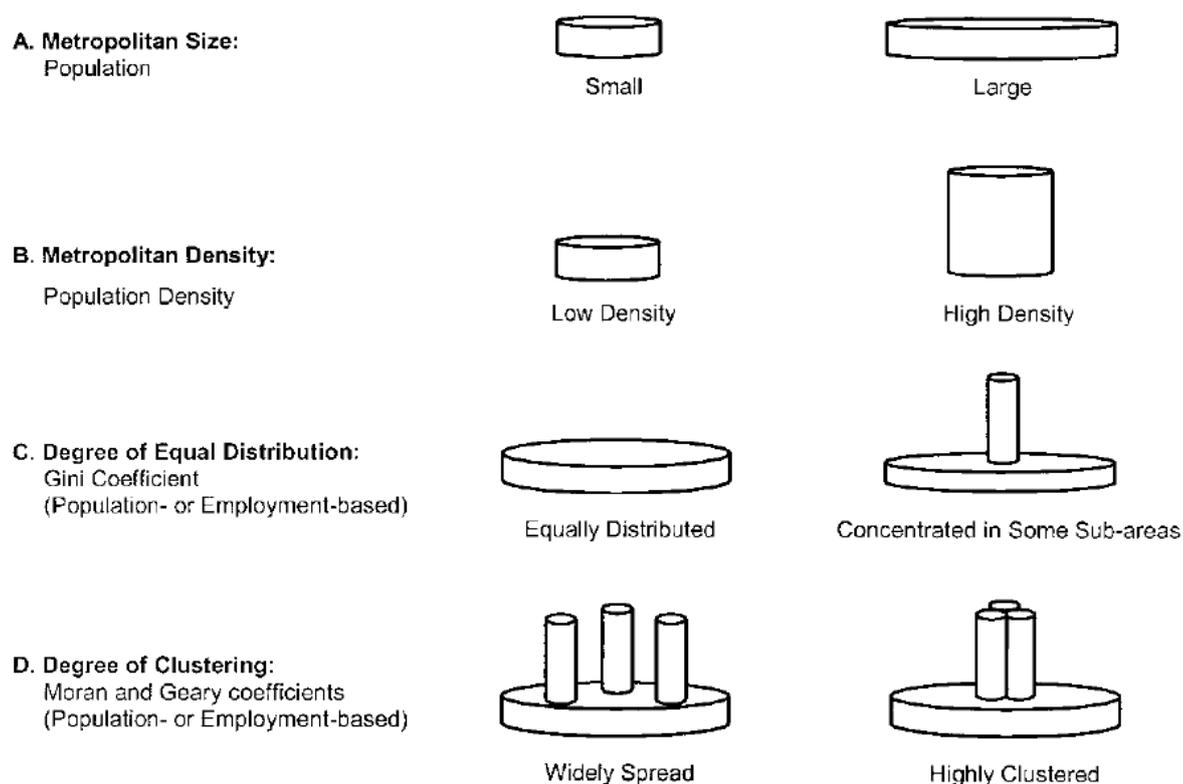


Figura 1.5. Quattro dimensioni della forma metropolitana (da Tsai, 2005).

Un altro studio (Angel et al., 2007) ha individuato 5 metriche per misurare le manifestazioni dello sprawl (Tab. 1.1) e 5 attributi che caratterizzano lo sprawl (Tab. 1.3).

Tabella 1.1. Metriche per misurare le manifestazioni dello sprawl (Angel et al., 2007).

Metrica
Centro urbano principale
Centro urbano secondario
Frangia urbana
Sviluppo predominante lungo le strade
Sviluppo disperso

L'interpretazione dei risultati risulta però difficile e confusa in quanto le metriche calcolate sono tantissime ed è facile che si contraddicano a vicenda. Inoltre nello studio, non è stato indicato nessuno standard per distinguere tra una città soggetta a sprawl e non. (Bhatta et al., 2010 b), problematica che emerge anche nello studio di Smart Growth America (Ewing et al. 2002) che analizza gli impatti dello sprawl sulla qualità della vita attraverso l'utilizzo di 4 indici: densità residenziale, mescolanza di residenze, occupazione e servizi, vitalizzazione del centro città e accessibilità della rete stradale, utili al confronto relativo di pattern di crescita (Bhatta et al, 2010 b).

Arribas-Bel et al. (2010) hanno individuato 6 dimensioni principali dello sprawl urbano che appartengono a 2 categorie concettuali (Tab. 1.2): morfologia e composizione interna.

Tabella 1.2. Sei principali dimensioni dello sprawl (Arribas-Bel et al., 2010)

Dimensione	Categoria
Dispersione	Morfologia Urbana
Connettività	
Disponibilità di spazi aperti	
Densità	Composizione Interna
Decentralizzazione	
Mix-Uso del suolo	

Tabella 1.3. Metriche per misurare gli attributi dello sprawl (Angel et al., 2007).

Attributo	Metrica
Estensione urbana	Area edificata
	Area Urbanizzata
	Spazi aperti urbanizzati
	Sviluppabile
	Impronta urbana
	Spazi aperti periferici
	Spazi aperti
Metriche di densità	Densità dell'area edificata
	Densità dell'area urbanizzata
	Densità dell'area urbanizzata ristretta all'area sviluppabile
	Densità dell'impronta urbana
	Densità dell'impronta urbana ristretta all'area sviluppabile
Metriche di suburbanizzazione	Coesione
	Decentralizzazione
	Slittamento del centro città
	Centro della distanza minima media (MAD)
Metriche di contiguità e vastità	Gradiente di densità
	Nuovo sviluppo
	Sviluppo dei nuovi inserimenti
	Sviluppo della nuova estensione
	Sviluppo del <i>leapfrog</i>
	Indice di vastità
	Contiguità degli spazi aperti
Metriche di compattezza	Frammentazione degli spazi aperti
	Compattezza dei punti singoli
	Compattezza dei punti singoli <i>constrained</i>

In un altro studio (Hasse e Lathrop, 2003) è stato utilizzato il concetto di “unità degli alloggi” come *proxy* per la popolazione ed è stato combinato con dati ortofoto per generare un LRI (*Land Resource Impact*), indicatore che esamina l’impatto dei nuovi sviluppi su 5 risorse del suolo critiche: efficienza dell’utilizzo del suolo (in termini di densità), prima campagna (perdita), nucleo dell’area forestale (perdita), aree umide naturali (perdita) e superficie impervia (aumento).

Altri studi (Davis e Schaub, 2005; Yang e Liu, 2005) hanno stimato la crescita urbana attraverso l’impenetrabilità. In particolare, Yang e Liu (2005) hanno sviluppato un Indice di Impenetrabilità derivato dall’analisi di immagini satellitari. Davis e Schaub (2005) hanno utilizzato le seguenti metriche:

- Impenetrabilità: mappatura dei cambiamenti della superficie impervia e confronto con i cambiamenti della crescita della popolazione; si calcola una metrica che dà una misura dello sprawl calcolando le variazioni della superficie impervia pro-capite.

- Quartiere: valuta il numero annuale di licenze per costruire per nuove costruzioni.

Alcune ricerche hanno sviluppato dei set di indici per quantificare lo sprawl (Hasse e Lathrop 2003; Hasse, 2004). Questi indici coprono vari aspetti tra cui la popolazione, il livello di impiego, il traffico, il consumo di risorse, l'estetica dell'architettura e la qualità della vita.

Anche Torrens (2008) suggerisce che lo sprawl possa essere misurato ed analizzato a scale multiple. Nel suo studio ha indicato le regole di base per sviluppare questa metodologia. L'analisi si focalizza a micro, meso e macro scala ed esamina lo sprawl a livello di città e di livelli urbani interni, di zona metropolitana così come quelli di zona centrale. La ricerca ha sviluppato una serie di 42 metriche attraverso un periodo di 10 anni. È una metodologia molto complessa a causa della confusione che si può creare con l'analisi di tante scale e metriche (Bhatta et al., 2010 b).

Di seguito, in tabella 1.4, è riportato un riassunto delle metriche più frequenti calcolate negli studi sullo sprawl urbano.

In base a questa revisione sulle metriche ed indici utilizzati per quantificare lo sprawl si è deciso di impostare la tesi sull'analisi diacronica di mappe dell'uso/copertura del suolo in quanto lo sprawl si è sviluppato negli ultimi 20-30 anni. La caratterizzazione del fenomeno sarà sia qualitativa (in grado di dare una stima generale) che quantitativa, mediante il calcolo di specifici indici relativi alle seguenti dimensioni dello sprawl: estensione, decentralizzazione e dispersione dell'area urbana; frammentazione e eterogeneità dell'area agricola.

Tabella 1.4. Revisione bibliografica delle metriche ed indici.

Metrica	Autori
Connettività	Arribas-Bel et al., 2010.
Densità popolazione	Angel et al., 2007; Arribas-Bel et al, 2010; Ewing et al., 2003; Frenkel e Ashkenazi, 2008; Hasse e Lathrop, 2003; Kasanko et al., 2005; Torrens, 2008; Tsai, 2005.
Area urbana	Angel et al., 2007, Herold et al., 2003; Jaeger et al., 2010 b.
Densità Urbana	Angel et al., 2007; Kasanko et al., 2005.
Densità patches	Jat et al., 2008; Ji et al., 2006; Sudhira et al., 2004; Weng, 2007.
Mix Uso del suolo	Dumas et al., 2008; Ewing et al., 2003; Frenkel e Ashkenazi, 2008; Weng, 2007.
Impenetrabilità	Davis e Schaub, 2005; Hasse e Lathrop, 2003.
Dispersione/scattering	Angel et al., 2007; Arribas-Bel et al., 2010; Frenkel e Ashkenazi, 2008; Jaeger et al., 2010 b; Jat et al., 2008.
Indice di Uniformità di Shannon	Arribas-Bel et al., 2010; Torrens, 2008; Weng, 2007.
Entropia o diversità di Shannon	Bhatta et al., 2010 b; Dumas et al., 2008; Jat et al., 2008; Sudhira et al., 2004; Torrens, 2008; Tsai, 2005.
Contagiosità	Herold et al., 2003, 2005; Jaeger et al., 2010 a; Torrens, 2008.
Decentralizzazione	Angel et al., 2007; Arribas-Bel et al., 2010; Ewing et al., 2003; Torrens, 2008.
Accessibilità	Ewing et al., 2003; Frenkel e Ashkenazi, 2008.
Raggruppamento/aggregazione	Ji et al., 2006; Tsai, 2005.

2. IL CASO STUDIO DEL COMUNE DI CARPI

2.1. Inquadramento territoriale

Carpi è una città della bassa pianura padana a circa 20 km a nord-ovest di Modena. Il Comune di Carpi, con i suoi 65000 abitanti ed una superficie di circa 132 km², rappresenta una delle maggiori realtà produttive della provincia. Le frazioni principali del comune Budrione, Fossoli, San Marino, Cortile, Santa Croce, riportate in Fig. 2.1.

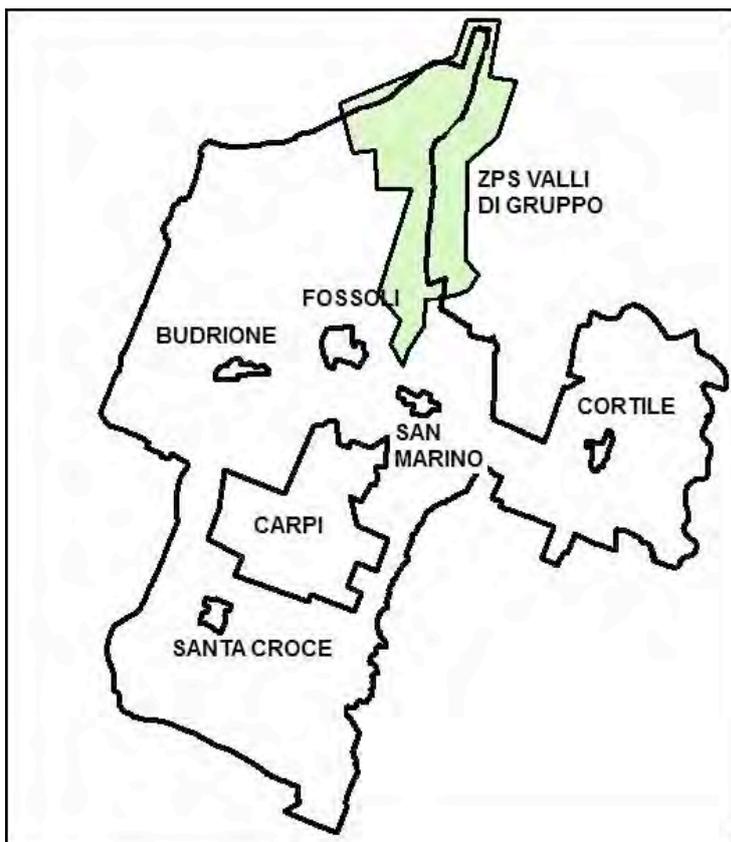


Figura 2.1. Il Comune di Carpi: nucleo urbano principale e frazioni. Nell'immagine viene mostrata la Zona di Protezione Speciale (ZPS) "Valli di Gruppo".

Il territorio comunale venne occupato stabilmente solo in epoca romana con insediamenti di tipo rustico all'interno della maglia centuriale romana, costituita da una rigorosa geometria di viottoli poderali e scoli, che è rimasta per gran parte intatta e tuttora riconoscibile nelle campagne carpigiane.

La città di Carpi storicamente raggiunse il suo massimo splendore durante la Signoria dei Pio (1300-1500 c.a.), quando l'insediamento, fin ad allora presente, venne radicalmente modificato e trasformato in un elegante esempio di borgo rinascimentale (Fig. 2.2). Il titolo di Città venne assunto a partire dal 1617. In questo periodo, tra il Seicento e l'Ottocento, Carpi fu colpita da numerose calamità che portarono ad una

grave decadenza economica. Solamente l'antica arte del truciolo, che consisteva nella lavorazione del legno del pioppo e del salice per la produzione di cappelli di paglia, permise alla città di resistere economicamente.



Figura 2.2. Il Palazzo dei Pio nel centro storico di Carpi.

Nel corso del 1900 si avviò un intenso sviluppo economico e industriale, con conseguente ampliamento del centro urbano. La fase di maggior splendore si raggiunse dopo la seconda guerra mondiale, inizialmente legata all'agricoltura e alla lavorazione del truciolo, poi, a partire dagli Anni Cinquanta/Sessanta, al settore tessile (in particolare maglieria) e meccanico. Ancora oggi, nonostante la crisi, il settore tessile rappresenta il motore primario del distretto produttivo carpigiano e della provincia di Modena.



Figura 2.3. L'Oasi della Francese, localizzata nella zona a nord-est del territorio comunale di Carpi. Quest'area umida fa parte della Zona di Protezione Speciale "Valli di Gruppo" (Fig. 2.1).

All'interno del territorio comunale di Carpi è inoltre presente una Zona di Protezione Speciale (ZPS) "IT4040015 Valle di Gruppo" (Fig. 2.1) che ricade parzialmente anche nel comune di Novi di Modena. Il sito è costituito da vari tipi di zone umide (Fig. 2.3): risaie, canali, bacini per l'allevamento del pesce, stagni per l'attività venatoria, aree umide create per la fauna e la flora selvatica su terreni sottratti all'agricoltura attraverso l'applicazione di misure agro ambientali comunitarie. Sono presenti anche significative superfici con siepi, filari alberati e praterie arbustate. I diversi tipi di aree naturali e seminaturali presenti costituiscono spesso ambienti del ciclo biologico di numerose specie dell'avifauna acquatica. Il sito ospita una delle maggiori garzaie (Garzaia Borsari) dell'Emilia Romagna, e l'oasi naturalistica "La Francesca" (Tosatti e Sedola, 2007).

Adiacente all'Oasi della Francesca, sono presenti i fabbricati del campo di concentramento di Fossoli (Fig. 2.4) che fu attivo dal 1942 al 1947 come "campo di transito" dei prigionieri verso la Germania.



Figura 2.4. Il campo di concentramento di Fossoli attuale che è stato trasformato in Museo – Monumento al deportato (Fonte: Wikipedia).

L'analisi territoriale del Comune di Carpi di seguito riportata fa riferimento a Castaldini e Ghinoi (2008).

2.2. Inquadramento geologico, geomorfologico e idrografico

Il comune di Carpi ricade nel bacino idrografico del Po, in particolare nel settore meridionale della Pianura Padana.

Il territorio di Carpi presenta un'altimetria variabile tra i 30 e 20 m di quota (da sud a nord). E' dominato, verso sud, dalla presenza di dossi fluviali, che corrispondono a paleo alvei abbandonati (direzione SSE-NNO), tipici di pianure alluvionali percorse da

fiumi a bassa velocità di deflusso, e dalle valli (bacini interfluviali). La stessa area urbana di Carpi è ubicata su uno di questi dossi. Nella parte più settentrionale è presente un'ampia area depressa con diversi specchi d'acqua artificiali.

La morfologia del territorio carpigiano è stata determinata, nel corso dei secoli, dal fiume Secchia che costituisce il principale asse idrografico e rappresenta il limite orientale del comune. In passato (da inizio Ottocento fino a inizio Novecento) il Secchia ha subito numerosi tagli di meandro e diverse rettificazioni a carico di lunghi tratti dell'asta, mentre attualmente questi drizzagni appaiono nuovamente rimodellati dall'azione erosiva del fiume.

E' presente inoltre una densa rete di canali e fossi sviluppatasi nel corso degli anni a causa della sempre maggiore richiesta di acqua per l'agricoltura e le attività umane (soprattutto nell'area a nord del comune come conseguenza della grande bonifica operata a partire dal 1920): sono parzialmente o totalmente artificiali e si sviluppano formando un maglia rettangolare che ricalca la centuriazione romana. I principali canali sono il Cavo Lama e il Cavo Tresinaro. Il Cavo Lama attraversa il territorio a prevalente direzione SSO-NNE. È un importante asse drenante del Carpigiano in quanto raccoglie acque da numerosi altri corsi d'acqua, tra cui quelle del Canale di Carpi a sud di Modena. Sino all'altezza di Carpi ha un andamento sinuoso per poi rettificarsi progressivamente andando verso nord. Al limite occidentale del territorio comunale si sviluppa il Cavo Tresinaro a prevalente direzione SSO-NNE.

Un altro importante elemento dell'idrografia superficiale è costituito dagli specchi d'acqua artificiali, presenti nell'area valliva a nord del comune. In generale derivano dall'allagamento di zone comprese tra piccoli argini artificiali alti poco più di un metro. La permanenza dell'acqua è consentita dal substrato argilloso. Queste aree sono destinate ad usi molteplici tra cui la coltivazione del riso, la pesca sportiva, e recentemente anche come zone di recupero ambientale col tentativo di conferire alle valli le caratteristiche di zone umide (ad esempio: Zona di protezione Speciale "Valli di Gruppo").

2.3. Il paesaggio urbano

Carpi ha rappresentato fino all'Ottocento l'unico centro urbano con una certa estensione del territorio comunale, confinato interamente all'interno delle mura (smantellate all'inizio del 1900), mentre le altre località erano costituite da ville.

Lo sviluppo urbano nel Comune è avvenuto a partire dalla seconda metà del Novecento (passando da 0,5 km² del 1800 ai 9,5 attuali) promosso anche dall'espansione delle aree produttive.

Nella seconda metà del Novecento l'estensione dell'area urbana di Carpi risulta come minimo quadruplicata. A questo ha contribuito lo sviluppo infrastrutturale con la costruzione negli Anni Sessanta dell'autostrada del Brennero, che ha portato sostanziali modifiche a carico della frazione di Santa Croce, e della linea ferroviaria Modena-Verona, (costruita nel 1872), che ha condizionato invece la direzione dell'espansione urbana, avvenuta più estesamente verso ovest e sud-ovest che verso est e nord-est (vedi allegati II, III, IV e V). Agli Anni Cinquanta/Sessanta corrisponde lo smantellamento della linea ferroviaria Carpi-Bagnolo in Piano (Reggio Emilia), costruita a fine Ottocento, e la comparsa dell'aeroporto nel 1964 che non provoca modifiche sostanziali al territorio.

Con la comparsa dell'autostrada si definisce anche la rete delle strade principali del territorio e per questo dal 1976 al 2008 le infrastrutture si modificano molto poco. L'unica trasformazione rilevante è quella avvenuta tra 2003 e 2008 a nord del comune di Carpi relativa alla costruzione di uno svincolo dell'attuale statale e di un tratto di strada che lo collega alla provinciale (All. IV e V).

Attualmente il territorio comunale, a parte la zona settentrionale degli specchi d'acqua e delle risaie, è costellato da aree urbane (residenziali e/o produttive) di varia dimensione e quasi senza soluzione di continuità.

2.4. Il paesaggio agrario

In passato e fino a metà Novecento i seminativi arborati rappresentavano praticamente la tipologia colturale più estesa (Fig. 2.5), sostituita successivamente da seminativi semplici e da vigneti. Nelle aree golenali del Secchia erano presenti ampie zone a prato stabile, nel tempo trasformate in risaie o destinate a colture specializzate. La bonifica del 1920 ha reso perennemente disponibile l'acqua. Ciò è avvenuto di pari passo con la meccanizzazione delle tecniche di coltivazione ed ha comportato un progressivo aumento delle colture a seminativo semplice e dei vigneti (Fig. 2.5) a discapito delle risaie, dei prati stabili (ad oggi praticamente scomparsi) e dei seminativi arborati. La bonifica ha promosso anche la comparsa di specchi d'acqua artificiali a nord del comune che risalgono alla seconda metà del XX secolo.



Figura 2.5. Seminativi semplici (sinistra) e a vigneti (destra) nel territorio agrario del Comune di Carpi.

Il drastico cambiamento agrario è avvenuto, come nel resto dell'Italia, a partire dal 1950 (Fig. 2.6). Attualmente il territorio comunale di Carpi è dominato dai seminativi semplici, soprattutto a nord del comune, mentre il resto dl territorio è costituito da un alternanza di colture specializzate (frutteti e vigneti) e pioppeti.

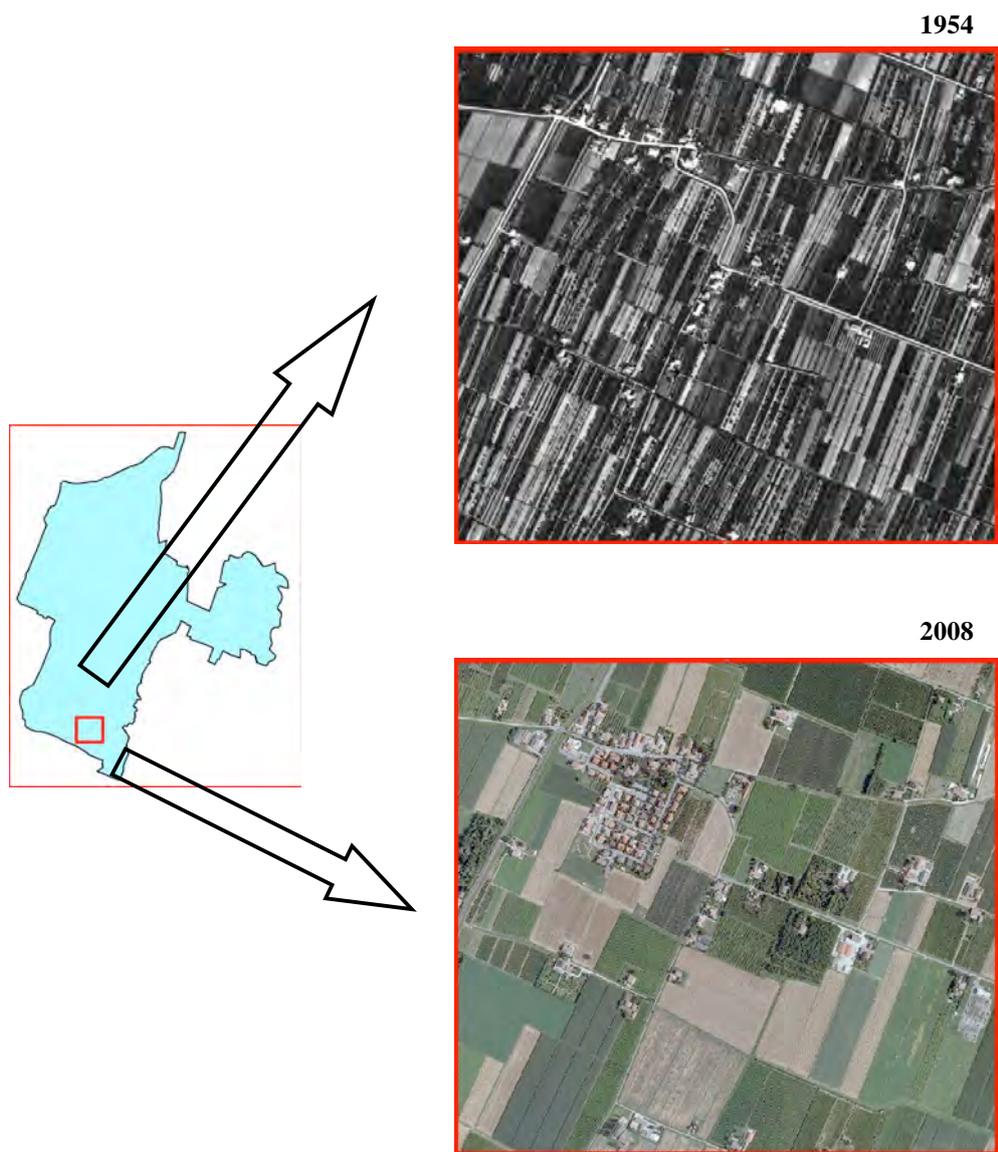


Fig. 2.5. Confronto tra il paesaggio agricolo del 1954 (volo GAI) e 2008 (volo AGEA). Nel 1954 l'area è dominata da seminativi arborati (tratti a seminato intervallati da filari) mentre nel 2008 presenti un'alternanza di seminativi semplici e vigneti. Si noti l'espansione delle aree urbane.

3. MATERIALI E METODI

L'approccio metodologico utilizzato per sviluppo della tesi si è articolato secondo le seguenti fasi:

- Una fase di reperimento dei dati (fotografie aeree, carte tematiche, carte tecniche regionali) per la costruzione di una banca dati georeferenziata relativa alla variazione dell'uso/copertura del suolo del Comune di Carpi dal 1954 al 2008. I materiali utilizzati sono costituiti da fotografie aeree e da dati ancillari, utilizzati ad integrazione delle informazioni contenute nelle fotografie aeree. Le mappe tematiche e le foto aeree sono state fornite dalla Regione Emilia Romagna, e dal Comune di Carpi. Ulteriori dettagli sono riportati nella Tabella 3.1.
- Costruzione di 5 mappe di uso/copertura del suolo (anni 1954, 1976, 1997, 2003 e 2008) classificate secondo la legenda gerarchica basata sul progetto CORINE Land Cover (Feranec et al., 2007) in ambiente GIS.
- Analisi diacronica delle mappe mediante i metodi propri dell'Ecologia del Paesaggio (Forman e Godron, 1986).

3.1. Carte dell'uso/copertura del suolo

3.1.1. Individuazione di un sistema di classificazione

Il sistema di classificazione individuato per la redazione delle mappe è conforme alla legenda gerarchica a tre livelli di dettaglio utilizzata nel progetto CORINE Land Cover che rappresenta uno standard europeo per quanto riguarda l'uso/copertura del suolo (Feranec et al., 2007).

La legenda completa dei tipi di copertura del suolo individuati nella serie temporale è riportata in Tab. 3.2. La legenda adottata è stata leggermente modificata per rispondere meglio alle finalità della presente indagine.

- Alle aree artificiali sono state aggiunte le case sparse (Cs), che si caratterizzano come elementi di dispersione nel territorio agricolo.

- La classe Urbano Continuo (1.1.1) è stata ulteriormente dettagliata evidenziando la città di Carpi e le sue frazioni (Budrione, Fossoli, San Marino, Santa Croce e Cortile).
- Le infrastrutture viarie sono state ripartite nelle seguenti categorie: aeroporto, ferrovia, autostrada ed infrastrutture viarie (strade statali, provinciali e comunali).
- Le aree agricole, costituite fundamentalmente da seminativi semplici e frutteti/vigneti, sono state classificate al secondo livello (rispettivamente 2.1-Terre arabili e 2.2-Colture permanenti), mentre, i seminativi arborati e la classe pioppeto/coltura da legno sono state classificate al terzo livello (2.4.1-Colture temporanee associate a colture permanenti e 2.4.4-Aree agro-forestali).

Tabella 3.1. Elenco dei materiali considerati per l'analisi spazio-temporale del Comune di Carpi.
Per ogni documento viene indicata la scala di dettaglio, la data di redazione/acquisizione, il formato
(cartaceo, raster, vettoriale) del dato e l'utilizzo che ne è stato fatto nella presente tesi.

TIPO	DOCUMENTO	SCALA	FORNITORE	DATA	BIBLIOGRAFIA	FORMATO	UTILIZZO	
CARTE TOPOGRAFICHE	CTR (elementi:183110, 183120, 183140, 183150, 183160, 184130, 201020, 201030, 201040, 201060, 201070, 220010)	1:5.000	RER	1976	-	raster (georeferenziazione)	Cartografia di base e carta uso del suolo 1976	
	CARTA AUSTRIACA	1:86.400	Genio Militare dell' Imperial Regio Esercito.	1851	in Garberi M. L. et al., 2007	raster (georeferenziazione)	Persistenze nella viabilità	
ORTOFOTO	VOLO GAI (b/n) Strisciata 21b: foto10866 foto10868 Strisciata 22: foto 6936 foto 6938 Strisciata 22b: foto 6939 foto 6941 Strisciata 23: foto 7704 foto 7006 foto 7008 Strisciata 24: foto 10939 foto10941 foto 10943 Strisciata 25: foto 10689 foto 10691 Strisciata 46: foto 1799	1:55.000	IGM	1954-55	-	raster (georeferenziazione)	Carta uso del suolo 1954	
	VOLO RER (7_66_6997b1, 699991, 70011, 700031 7_67_6977b1, 69691, 69711, 69731, 69751, 69771 7_68_69401, 69421, 69441, 69461, 69481 7_69_36901, 36911, 69091, 69111, 69131, 69151, 69171 7_70_37431, 37451, 68781, 68801, 68821 7_71_38011, 38031, 68511, 68531 7_72_6833b1, 68291, 68301, 68321, 68341 7a_12_2771, 2791 7a_13_2891, 2911, 2931 7a_14_3471, 3491, 3511, 3531 8_67_69791 8_68_69501, 69511 8_69_69191	1: 10.000	RER	1976-78		raster (georeferenziazione)	Carta uso del suolo 1976	
	VOLO AIMA (elementi: 183110, 183120, 183140, 183150, 183160, 184130, 201020, 201030, 201040, 201060, 201070, 220010)	1:10.000	AIMA	1997			raster (georeferenziazione)	Carta uso del suolo 1997
	QUICKBIRD (b/n) (elementi: 183111, 183112, 183113, 183121, 183122, 183123, 183124, 183141, 183142, 183151, 183152, 183153, 183154, 183161, 183162, 183163, 183164, 184131, 184132, 184133, 184134, 201021, 201022, 201031, 201032, 201033, 201034, 201041, 201042, 201043, 201044, 201061, 201062, 201071, 201072, 201073, 201074)	1:5.000	CGR	2003	-		raster (georeferenziazione)	Carta uso del suolo 2003
	VOLO AGEA (elementi: 183110, 183120, 183140, 183150, 183160, 184130, 201070, 201060, 201040, 201030, 201020)	1:10.000	AGEA	2008		https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaWeb92/apps/DMAGEA_152/mapviewer.jsf	raster (georeferenziazione)	Carta uso del suolo 2008
CARTE TEMATICHE	CARTA DEI BORDI STRADALI	1:25.000	CITTA' DI CARPI (PRG 2002)	2009	in Corticelli S. et al., 2004	vettoriale (linee)	Carta uso del suolo 2008	
	CARTA AREA BAGNATA	1:10.000	RER			vettoriale (poligoni)	Carta uso del suolo 2008	
	CARTA STRADALE COMUNE DI CARPI	1:50.000	VIA MICHELIN	2010	http://www.viamichelin.it/web/		Dati ancillari	
	CARTOGRAFIA GEOLOGICA E DEI SUOLI	1:10.000	RER, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli	2003	http://geo.regione.emilia-romagna.it/carg/	vettoriale (poligoni)	Carta geologica	

Tabella 3.2. Legenda dell'uso/copertura del suolo adottata nell'analisi spazio-temporale dell'uso/copertura del suolo nel Comune di Carpi.

1. Superfici Artificiali	<ul style="list-style-type: none"> 1.1.1 Fabbricato urbano continuo CA Centro urbano principale di Carpi BU Centro urbano secondario di Budrione CO Centro urbano secondario di Cortile FO Centro urbano secondario di Fossoli SCR Centro urbano secondario di Santa Croce SM Centro urbano secondario di San Marino 1.1.2 Fabbricato Urbano Discontinuo 1.2.1 Unità industriali 1.4.1 Aree Verdi Urbane 1.4.2 Strutture per Sport e Svago Case sparse 1.2.2 Infrastrutture viarie 1.2.2 Autostrada (A22) 1.2.2 Ferrovia 1.2.2 Aeroporto
2. Aree Agricole	<ul style="list-style-type: none"> 2.1 Terre arabili 2.2 Frutteti e Vigneti (Colture permanenti) 2.4.1 Seminativi Arborati (colture temporanee associate a colture permanenti) 2.4.4 Colture da legno e Pioppeti (Aree Agro-Forestali)
5. Corpi d'acqua	<ul style="list-style-type: none"> 5.1.1 Così d'acqua e vegetazione di pertinenza 5.1.2 Bacini d'acqua e vegetazione di pertinenza

3.1.2. Costruzione delle carte

Le mappe sono state create a partire da fotografie aeree ortorettificate riferibili ai voli IGM 1954-55, RER 1976-78, AIMA 1997, CGR 2003e AGEA 2008 (Tab. 3.1).

Nel caso della mappa del 1976, oltre al volo RER sono state considerate anche le Carte Tecniche Regionali (CTR) redatte negli stessi anni e che riportano, tra l'altro, i tipi di uso/copertura del suolo.

Per la creazione delle carte dell'uso/copertura del suolo è stato utilizzato il software GIS ArcView 3.2 (www.esri.com) che consente l'elaborazione di dati territoriali georiferiti. La creazione della mappe è avvenuta mediante digitalizzazione manuale a video delle ortofoto (Tab. 3.1). Elementi guida del processo interpretativo sono la brillantezza o il colore degli oggetti dell'immagine (tono), il margine dei singoli oggetti (forma), l'arrangiamento spaziale degli oggetti (pattern), l'arrangiamento e frequenza della variazione tonale in una particolare area dell'immagine (tessitura), la ripetizione ordinata di toni e tessiture simili (es. i frutteti presentano alberi uniformemente spazati), la relazione tra gli oggetti o elementi circostanti (associazione). Nella digitalizzazione l'unità minima di mappatura è stata la casa sparsa considerata di 100m².

La scala di digitalizzazione è stata 1:3.000 per ottenere una carta con scala nominale di 1:10.000.

Il primo documento elaborato è la carta del 2008, costruita a partire dalle ortofoto AGEA 2008. Le mappe degli anni precedenti (2003, 1997, 1976 e 1954) sono state create tramite modifica di tale copertura del suolo.

Nell'interpretazione dei differenti documenti fotografici sono stati utilizzati dati ancillari che vengono riportati in Tab.3.1. Per l'elaborazione della carta del 2008, ad esempio, sono stati utilizzati:

- la carta stradale del comune di Carpi (ViaMichelin);
- i tematismi del PRG del Comune di Carpi riguardanti, in particolare, le strade e l'area urbana.
- il *layer* dei corsi e gli specchi d'acqua del territorio comunale derivati dal database topografico della Regione Emilia Romagna.

3.2. Elaborazione e analisi dei dati

L'elaborazione dei dati delle mappe di uso/copertura del suolo relative agli anni considerati è stata effettuata secondo tre fasi:

- Una prima analisi generale (aree totali e persistenze/trasformazioni) dell'intero territorio in esame ripartito nei comparti urbano ed agricolo.
- Calcolo di indici di sprawl urbano specifici per le aree urbanizzate e non.
- Analisi qualitativa dello sprawl urbano, considerando solo le aree urbanizzate.

3.2.1. Aree totali, persistenze e trasformazioni

Sono state analizzate le trasformazioni del comparto urbano (1.1.1, 1.1.2, 1.2.1, 1.4.1, 1.4.2, CA, BU, SCR, SM e CO), delle infrastrutture viarie e di quello agricolo (2.1, 2.2, 2.4.1 e 2.4.4). Le classi di copertura del suolo 5.1.1, 5.1.2, Ferrovie, Autostrade, Aeroporto non sono state considerate in quanto non rilevanti (per quanto riguarda la copertura percentuale e la tipologia di uso del suolo) per il presente studio.

Sono state analizzate le persistenze e le trasformazioni principali che hanno interessato in territorio in esame nella sequenza temporale 1954, 1976, 1997, 2003 e 2008. Per fare questo sono state confrontate coppie di mappe (1954-76; 1976-97; 1997-2003; 2003-08). Questa analisi è stata effettuata tramite operazioni di *geoprocessing*

(*intersect*) in ArcView. Ciò ha consentito di ottenere dati e nuove mappe che mostrano le superfici rimaste invariate e quelle che si sono trasformate, evidenziando la direzione e l'intensità di tali trasformazioni. Le differenti tipologie di trasformazione sono state riclassificate con le codifiche riportate in tabella 3.3.

Tabella 3.3. Persistenze e Trasformazioni adottate nella successiva analisi dei dati. Per il significato dei codici di uso del suolo riportati nella tabella si veda Tab. 3.2.

PERSISTENZA/TRASFORMAZIONE	
Persistenza Agricola	Uso del suolo agricolo che non cambia nella sequenza temporale
Persistenza Infrastrutture	Uso del suolo "Strade" che non cambia nella sequenza temporale
Persistenza Urbana	Uso del suolo Urbano che non cambia nella sequenza temporale
Trasformazione Agricola	Trasformazioni tra Usi del suolo agricolo 2.2 e 2.4.4
Trasformazione Urbana	Trasformazioni tra Usi del suolo urbano che non cambiano di intensità
Urbanizzazione	Trasformazioni delle patch agricole in patch di urbano
Intensificazione Agricola	Trasformazioni tra usi del suolo agricoli che cambiano l'intensità dello sfruttamento (es.:2.1-2.2, 2.1-2.4.4, 2.4.1-2.1, 2.4.1-2.2, 2.4.1-2.4.4)
Intensificazione Infrastrutture	Trasformazioni delle patch agricole ed urbane in patch "Strade"
Intensificazione Urbana	Trasformazioni tra usi del suolo urbano che cambiano di intensità (es.: Cs-1.1.2, 1.1.2-1.1.1, 1.1.2-CA, Cs-BU, etc.)
Disintensificazione Agricola	Contrario dell'intensificazione Agricola
Altro	Trasformazioni a carico di patch considerate irrilevanti per questo studio

Le classi di trasformazione denominate "intensificazione", urbana ed agricola, si riferiscono rispettivamente a trasformazioni da forme di urbano più discontinuo verso forme di urbano più continuo e compatto (ad esempio: da Casa sparsa a Urbano continuo), e a cambiamenti nello sfruttamento del suolo agricolo in termini di specializzazione della tecnica di coltivazione (ad esempio: da seminativo arborato a seminativo semplice).

3.2.2. Calcolo degli indici di sprawl urbano

Gli indici calcolati nel presente studio sono presi dal set di indici proposto nel lavoro di Lelli (2011) da calcolare su due differenti oggetti di studio: comparto urbano e comparto agricolo. Gli indici selezionati sono riportati in tabella 3.4.

Tabella 3.4. Indici applicati alle carte dell'uso/copertura del suolo del Comune di Carpi. Le zone urbanizzate sono state considerate come risultante. Anche la frammentazione delle zone non urbanizzate è stata considerata come risultante mentre l'eterogeneità ambientale è stata calcolata come somma di componenti.

Oggetto di studio	Indicatore	Indice	Sigla	
Zone urbanizzate	Estensione urbana	<i>Class area</i>	CA	
		<i>Percentage of landscape</i>	PLAND	
		<i>Largest patch index</i>	LPI	
	RISULTANTE	Complessità della forma	<i>Perimeter-area ratio</i>	PARA
			<i>Fractal dimension</i>	FRAC
			<i>Shape index</i>	SHAPE
RISULTANTE	Dispersione	<i>Shannon's entropy</i>	H _i	
		<i>Relative entropy</i>	H' _i	
Zone non urbanizzate	RISULTANTE	Frammentazione	<i>Number of patches</i>	NP
			<i>Patch density</i>	PD
			<i>Mean patch size</i>	MPS
	SOMMA DI COMPONENTI	Eterogeneità ambientale	<i>Shannon's diversity index</i>	SHDI
			<i>Evenness</i>	Es

Gli oggetti di studio (comparto urbano e comparto agricolo) sono stati considerati come risultante o come sommatoria di componenti. Per risultante si intende l'oggetto di studio come unica classe all'interno del territorio (area urbana intesa come la sommatoria di tutte le aree di uso del suolo urbano) mentre per somma di componenti si considera la diversificazione nelle classi che lo compongono (area urbana composta dalle classi 1.1.1, 1.1.2, 1.2.1, 1.4.1, 1.4.2).

Di seguito è riportata la spiegazione dell'utilizzo di ciascun indice come indicatore di sprawl urbano.

Aree urbanizzate

In tabella 3.5 vengono riportati gli indici utilizzati per le zone urbanizzate.

LPI (*Largest Patch Index*) misura l'estensione del centro principale, rappresentato in questo studio dal Comune di Carpi, che in caso di sprawl è molto piccola rispetto

all'estensione urbana totale PLAN (*Percentage of Landscape*; Hai & Yamaguchi, 2009).

Gli indici FRAC (*Fractal Dimension*) e SHAPE (*Shape Index*) indicano la complessità della forma delle patches. Nel caso specifico sono stati calcolati come valore medio degli indici calcolati a livello di classe. Più il valore è elevato più la forma delle patch appartenenti all'area urbana è complessa e convoluta, più il territorio circostante risulterà frammentato e quindi soggetto a sprawl (Frenkel e Ashkenazi, 2008).

L'indice H_i (*Shannon's Entropy/Diversity*) valuta la dispersione della zona urbana. L'entropia dipende sia dalla numerosità sia dalla dimensione delle patches. Dato che un territorio è soggetto a sprawl se presenta un'area urbana largamente dispersa, calcolando anche H' (*Relative Entropy*) è possibile quantificare il grado di compattezza dell'area urbana (Bhatta et al., 2010 b; Tab.3.5).

Tabella 3.5. Indici applicati al territorio urbanizzato e rispettivo utilizzo come indicatori di sprawl.

Indice	Formula		Indicatore sprawl
<i>Class area</i>	$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij}$	<i>a</i> = area della patch <i>j</i> appartenente alla classe <i>i</i> <i>j</i> = patch appartenente alla classe <i>i</i> <i>n</i> = insieme di patches appartenenti alla classe <i>i</i>	LPI<<PLAN
<i>Percentage of landscape</i>	$PLAN = \frac{CA}{A_i} \cdot 100$	<i>CA</i> = area della classe <i>i</i> <i>A_i</i> =area del territorio d'indagine	
<i>Largest patch index</i>	$LPI = \frac{\max(a_i)}{A_i} 100$	<i>max a_i</i> = area della massima patch appartenente alla classe <i>i</i>	
<i>Perimeter-area ratio (mean)</i>	$PARA = \frac{p_{ij}}{a_{ij}}$ (<i>PARA</i> >1)	<i>p_{ij}</i> = perimetro della patch <i>j</i> entro la classe <i>i</i> <i>a_{ij}</i> = area della patch <i>j</i> appartenente alla classe <i>i</i>	FRAC <1,5 forma delle patch compatta FRAC >1,5 forma delle patch complessa SHAPE >>1 forma delle patch complessa
<i>Fractal dimension (mean)</i>	$FRAC = \frac{2 \ln(0,25 p_{ij})}{\ln a_{ij}}$ (1≤ <i>FRAC</i> ≤2)	<i>p_{ij}</i> = perimetro della patch <i>j</i> entro la classe <i>i</i> <i>a_{ij}</i> = area della patch <i>j</i> appartenente alla classe <i>i</i>	
<i>Shape index (mean)</i>	$SHAPE = \frac{p_{ij}}{\min p_{ij}}$ (<i>SHAPE</i> >>1)	<i>p_{ij}</i> = perimetro della patch <i>j</i> entro la classe <i>i</i> <i>min p_{ij}</i> = perimetro di un quadrato con area equivalente alla patch <i>j</i> (si assume il quadrato come forma di massima compattezza)	
<i>Shannon's entropy</i>	$H_i = - \sum_{j=1}^n P_{ij} \ln(P_{ij})$ con $P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}}$ (0 ≤ <i>H_i</i> ≤ ln(<i>n</i>))	<i>a_{ij}</i> =area della patch <i>j</i> appartenente alla classe <i>i</i> <i>n</i> =numero totale di patches della classe <i>i</i> <i>P_{ij}</i> =rapporto tra l'area della patch <i>j</i> e l'area totale della classe <i>i</i>	Hi<0,5 sviluppo compatto Hi>0,5 sviluppo disperso
<i>Relative entropy</i>	$H'_i = \frac{H_i}{\ln(n)}$ (0 < <i>H'_i</i> < 1)	<i>H_i</i> = Shannon's entropy della classe <i>i</i> <i>n</i> =numero totale di patches della classe <i>i</i>	

Aree agricole

In tabella 3.6 vengono riportati gli indici utilizzati per il comparto agricolo.

Tabella 3.6. Indici e rispettivo utilizzo come indicatori di sprawl applicati al territorio agricolo.

Indice	Formula		Indicatore sprawl
Number of patches	$NP = n_k$	nk= numero totale di patches appartenenti alla classe k	> NP, PD > sprawl < MPS > sprawl
Patch density	$PD = \frac{n_k}{A_t} (10000 \frac{mq}{ha})$	nk= numero totale di patches appartenenti alla classe k At=area del territorio d'indagine (mq)	
Mean patch size	$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{kj}}{n_k}$	akj= area della patch j appartenente alla classe k nk= numero totale di patches appartenenti alla classe k	
Shannon's diversity index	$SHDI = - \sum_{s=1}^r (P_s \ln P_s)$	Ps= rapporto tra l'area della classe s e l'area totale delle zone non urbanizzate	> sprawl < SHDI Es=0 Territorio dominato da una classe agricola Es=1 Classi agricole ben ripartite.
Evenness	$Es = \frac{SHDI}{\ln(r)}$ $(0 < Es < 1)$	r = numero totale di classi che costituiscono le zone non urbanizzate SHDI= indice di diversità di Shannon	

Attraverso gli indici PD (*Patch Density*) e MPS (*Mean Patch Size*) è possibile quantificare la frammentazione del territorio non urbanizzato, in termini di isolamento degli ambienti circostanti le aree edificate, che risulta essere elevata in territori soggetti a sprawl (Herold et al., 2003; Weng, 2007).

Lo sprawl inoltre causa una perdita di eterogeneità ambientale delle aree non urbanizzate, calcolabile attraverso l'indice Es (*Shannon's Evenness*) che da una quantificazione della ripartizione delle classi di uso del suolo all'interno di un territorio (nel caso di questo studio: terre arabili, vigneti, seminativi arborati e pioppeti/colture da legno) e quindi di quanto sia basso o alto il livello di eterogeneità ambientale (Weng, 2007).

3.2.3. Analisi dello sprawl urbano

Lo sprawl urbano può essere analizzato prendendo in considerazione unicamente l'urbanizzazione e lo sviluppo della rete stradale, in quanto la loro evoluzione rappresenta l'aspetto fondamentale del fenomeno.

A questo scopo sono state elaborate, mediante l'utilizzo del software ArcView, le seguenti mappe:

- *Evoluzione dell'area urbana e delle infrastrutture viarie rispetto agli anni 1954, 1976, 2008.* La mappa è stata ottenuta attraverso la sovrapposizione progressiva delle aree urbane totali della sequenza temporale. Non sono stati considerati gli anni 1997 e 2003 poiché le trasformazioni in esame in questi anni non sono molto accentuate.
- *Mappa dello sprawl urbano relativo agli anni 1954, 1976, 1997, 2003 e 2008.* Sono state create mappe rappresentative dell'interferenza che le aree urbane e le infrastrutture viarie hanno sul territorio attraverso la creazione attorno a queste di un'area di *buffer*. Tali interferenze sono state considerate secondo il seguente criterio: è stato creato un buffer di 50 m intorno a tutti gli edifici e un buffer di 30 metri (sia a destra che a sinistra) intorno alle strade (Morri, 2008). Prendendo come riferimento il centro del nucleo urbano storico del comune di Carpi è stata costruita, attraverso *Xtools* in ambiente GIS, una griglia con maglie esagonali di 50 ha. Effettuando un'operazione di *Geoprocessing (Union)* tra la maglia esagonale e la mappa con le aree di interferenza urbana è stato possibile ottenere una mappa rappresentativa dell'evoluzione del consumo di e della destrutturazione del paesaggio. Ogni esagono è stato classificato secondo classi di urbanizzazione: 0-25%, 25-50%, 50-75% e 75-100%.

4. RISULTATI

4.1. Persistenze e trasformazioni dell'uso/copertura del suolo (1954-2008)

Le mappe di uso del suolo relative agli anni 1954, 1976, 1997, 2003, 2008 sono riportate negli allegati I-V. I dati spaziali corrispondenti nella tabella 4.1.

Lungo tutta la serie storica esaminata, la matrice del paesaggio del comune di Carpi è costituita da aree agricole. Nel 1954 il paesaggio agrario (Tab. 4.1) è dominato dai seminativi arborati (61%) che nel 1976 diminuiscono drasticamente (1%) per poi scomparire negli anni successivi. Negli anni 1976, 1997, 2003 e 2008 è evidente la predominanza dei seminativi (terre arabili, Fig. 4.1e) che, come si osserva negli allegati II, III, IV e V, coprono tutta l'area a nord di Carpi (1976: 62%, 1997:62%, 2003: 59% e 2008: 58%). Nel resto del territorio si ha un'alternanza di seminativi, colture permanenti (1997: 13%) principalmente vigneti, ma anche frutteti, Fig. 4.1f, e in proporzione minore pioppeti e colture da legno (1997: 2%; Tab. 4.1).

Tabella 4.1. Estensione (in ettari e %) delle classi di uso/copertura del suolo nel comune di Carpi nelle differenti soglie temporali esaminate. Per il significato delle sigle delle differenti classi si veda tab. 3.2.

USO DEL SUOLO	1954 Area		1976 Area		1997 Area		2003 Area		2008 Area	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1.1.1	3	<1	4	<1	4	<1	4	<1	4	<1
1.1.2	20	2	36	3	41	3	45	4	50	4
1.2.1	4	<1	21	2	29	2	32	3	40	3
1.4.1	1	<1	3	<1	3	<1	2	<1	3	<1
1.4.2	1	<1	6	<1	9	1	9	1	6	<1
BU	1	<1	1	<1	2	<1	2	<1	3	<1
CA	12	1	51	4	55	5	57	4,7	59	5
CO	1	<1	2	<1	2	<1	2	<1	2	<1
FO	1	<1	4	<1	4	<1	5	<1	5	<1
SCR	1	<1	1	<1	2	<1	2	<1	3	<1
SM	1	<1	2	<1	2	<1	2	<1	3	<1
Cs	28	2	28	2	29	2	31	3	33	3
TOT. URBANO	74	6	158	13	181	15	193	16	209	17
Infrastrutture viarie	25	2	40	3	41	3	42	3	45	4
Autostrada	-	-	5	<1	5	<1	5	<1	5	<1
Aeroporto	-	-	1	<1	1	<1	1	<1	1	<1
Ferrovia	3	<1	3	<1	3	<1	3	<1	3	<1
TOT. INFRASTRUTTURE	29	2	48	4	49	3	50	3	53	4
2.1	328	27	754	62	761	62	715	59	713	58
2.2	26	2	190	16	163	13	193	16	187	15%
2.4.1	739	61	18	1	1	<1	1	<1	-	-
2.4.4	1	<1	9	1	21	2	29	2	23	2
5.1.1	23	2	24	2	23	2	23	2	22	2
5.1.2	2	<1	20	2	22	2	18	1	14	1
TOT AGRARIO	1119	92	1015	83	991	81	979	80	959	79

Per quanto riguarda l'urbano, il centro urbano principale di Carpi (Fig. 4.1c) ha subito una notevole crescita dal 1954 (0,85%) al 1976 (4,2%) mentre dal 1976 al 2008 (4,67%) la crescita si stabilizza notevolmente.

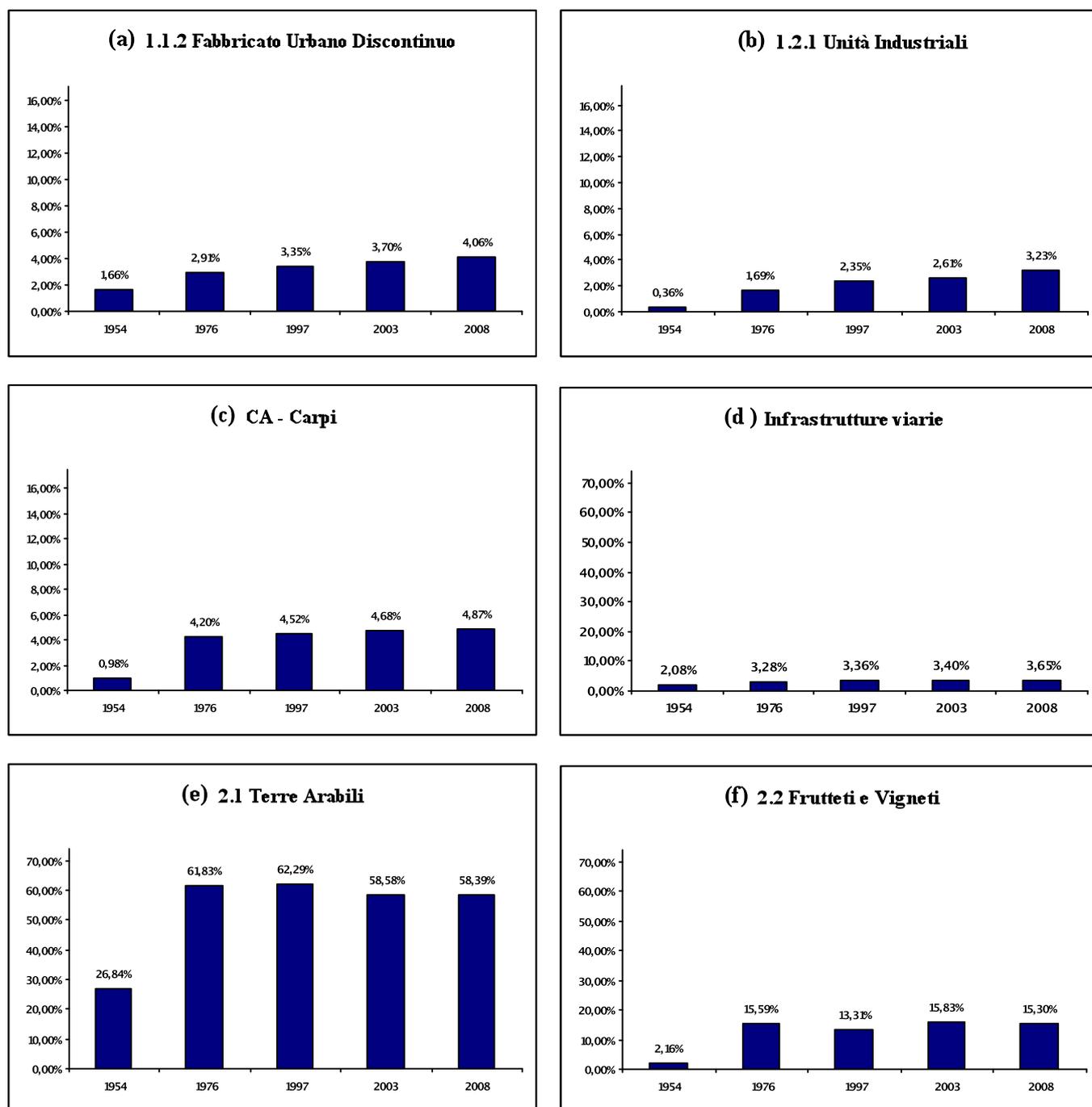


Figura 4.1. Variazione delle aree (%) nei principali usi del suolo (Fabbricato Urbano Discontinuo, Unità Industriali, Carpi, Infrastrutture viarie, Terre Arabili e Frutteti e Vigneti) nella sequenza temporale 1954-2008.

Le frazioni (Tab. 4.1) invece presentano una crescita più regolare (anche se in proporzione minore): La copertura percentuale della frazione di Budrione è nel 1954 pari a meno dell'1%, nel 1976 è l'1%, nel 1997 è il 2% e nel 2003 il 3%. Anche

l'urbano discontinuo (Fig. 4.1a), che rappresenta l'urbanizzazione lungo le strade principali, e le unità industriali hanno un pattern di crescita regolare (Fig. 4.1b).

Lo sviluppo della rete stradale (Fig. 4.1d) ha, invece, un *trend* di sviluppo simile a quello del centro urbano principale di Carpi: si passa da una copertura del 2,8% nel 1954 ad una di 3,28% nel 1976 per poi aumentare lentamente fino al 2008 (3,65%). In questa fase è rilevante ricordare che negli anni 60 viene costruita anche l'autostrada del Brennero che, anche se non considerata quantitativamente in questa analisi, va sicuramente ad intensificare lo sviluppo infrastrutturale avvenuto tra 1954 e 1976. Queste differenze di crescita possono essere riconducibili a due diversi fenomeni in atto sul territorio. Relativamente a Carpi e alle infrastrutture stradali si può parlare di urbanizzazione primaria (quella più intensa di tipo compatto, avvenuta nel dopoguerra) mentre per le altre tipologie di urbano si evidenzia uno sviluppo urbano secondario, più lento, costante nel tempo e a carattere dispersivo (valuteremo in seguito se questo può essere riconducibile ad un fenomeno di sprawl).

Basandosi su tale inquadramento generale dell'evoluzione del territorio in esame possiamo valutarne le principali trasformazioni e persistenze durante la sequenza temporale (Tab. 4.2).

Tabella 4.2. Trasformazioni e persistenze (% sull'area totale). Per la classificazione delle trasformazioni/persistenze vedi Tabella 3.3.

TRASFORMAZIONI PRINCIPALI	54/76	76/97	97/03	03/08	54/08	76/08
Persistenza Agricola	27%	60%	68%	68%	24%	54%
Persistenza Infrastrutture	2%	3%	3%	3%	2%	3%
Persistenza Urbana	5%	12%	14%	15%	4%	12%
TOT. PERSISTENZE	33%	75%	85%	87%	30%	69%
Trasformazione Agricola	<1	1%	<1	1%	<1	1%
Trasformazione Urbana	<1	<1	<1	<1	<1	1%
Urbanizzazione	7%	2%	1%	2%	11%	4%
Intensificazione Agricola	52%	9%	2%	3%	50%	9%
Intensificazione Infrastrutture	1%	<1	<1	<1	2%	<1
Intensificazione Urbana	1%	<1	<1	<1	<1	<1
Disintensificazione Agricola	1%	7%	5%	2%	1%	10%
TOT. TRASFORMAZIONI	62%	19%	8%	8%	64%	25%
altro	4%	5%	5%	4%	4%	5%

Dalla tabella 4.2 emerge che il territorio ha subito le trasformazioni più intense dal 1954 al 1976 (il 62% del territorio è stato sottoposto a cambiamenti di uso del suolo) per poi presentare una sempre maggiore persistenza fino al 2008 (87% di persistenza) A livello agricolo è evidente come nelle trasformazioni tra 1954 e 1976 e tra 1954 e 2008 l'intensificazione agricola sia il cambiamento più importante (rispettivamente 52 e 50 %

di territorio agricolo intensificato), a causa della scomparsa dei seminativi arborati sostituiti da colture intensive o specializzate (seminativi semplici e vigneti). Senza considerare le trasformazioni a partire dal 1954 (che come già detto hanno provocato un forte cambiamento del territorio d'indagine) e considerando quindi il confronto tra 1976-1997, 1997-2003 e 2003-2008, si osserva un aumento dell'intensificazione agricola per un aumento delle superfici a vigneto. In ogni caso, il territorio resta comunque dominato dai seminativi semplici come si osserva negli allegati II, III, IV e V).

Anche l'analisi delle persistenze/trasformazioni (Tab.4.2) mostra il rapido sviluppo urbano avvenuto tra 1954 e 1976 a carico dell'urbano (7% su un'urbanizzazione totale del 12%) e delle infrastrutture viarie (1% su un'intensificazione totale del 2%). L'intensificazione Urbana (1%) è rilevante solo dal 1954 al 1976 e principalmente dovuta alla costruzione del casello autostradale in corrispondenza di Santa Croce e alla creazione della zona industriale di Carpi (vedi allegati I e II). Anche le altre infrastrutture si intensificano molto in questo periodo a causa dell'aumento della rete delle infrastrutture viarie.

Le mappe delle trasformazioni/persistenze (Fig. 4.2 e 4.3) permettono una valutazione qualitativa del fenomeno dell'urbanizzazione.

L'urbanizzazione avvenuta dal 1954 al 2008 (Fig. 4.3) ha interessato principalmente il centro di Carpi, tutte le frazioni secondarie (Fossoli, Budrione, San Marino, Santa Croce e Cortile), e in misura minore, l'urbano disperso nella campagna, in particolare con la formazione di piccoli agglomerati. In tutto l'arco temporale è rilevante anche l'aumento della superficie della classe urbano discontinuo lungo la provinciale a nord di Carpi (sulla quale sorgono le tre frazioni di Budrione, Fossoli e San Marino) e l'attuale statale che si sviluppa a SUD-EST verso Modena (vedi allegati I e V).

Dal 1976 ad oggi (Fig. 4.2 e 4.3) l'urbanizzazione ha interessato più intensamente le zone periferiche del centro principale di Carpi e le frazioni secondarie di Fossoli e Santa Croce. In particolare dal 1976 al 1997 (Fig. 4.2) l'urbanizzazione di Carpi è prevalentemente verso OVEST, probabilmente trainata dal sorgere dell'Autostrada del Brennero.

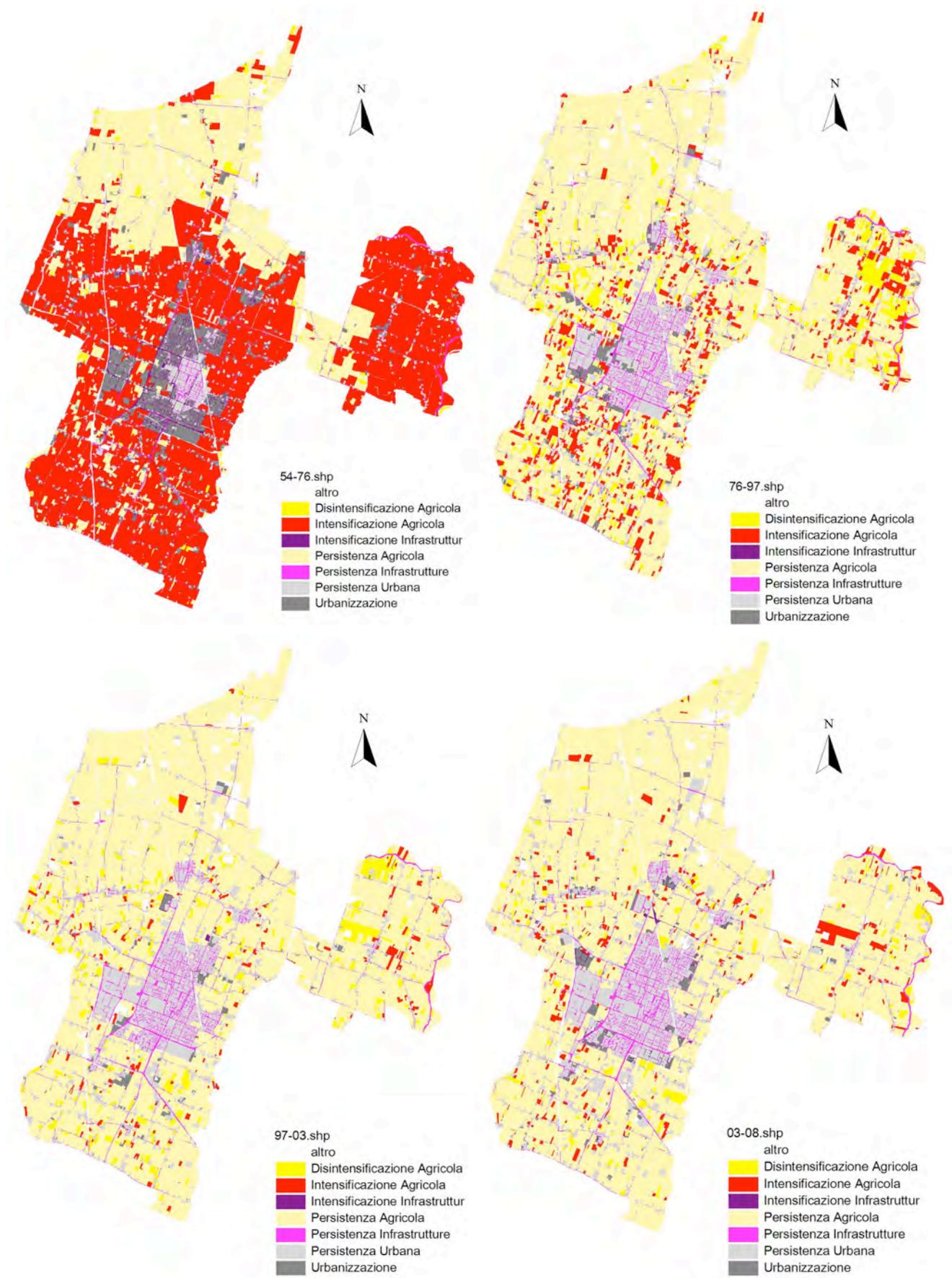


Figura 4.2. Persistenze e trasformazioni nel comune di Carpi.

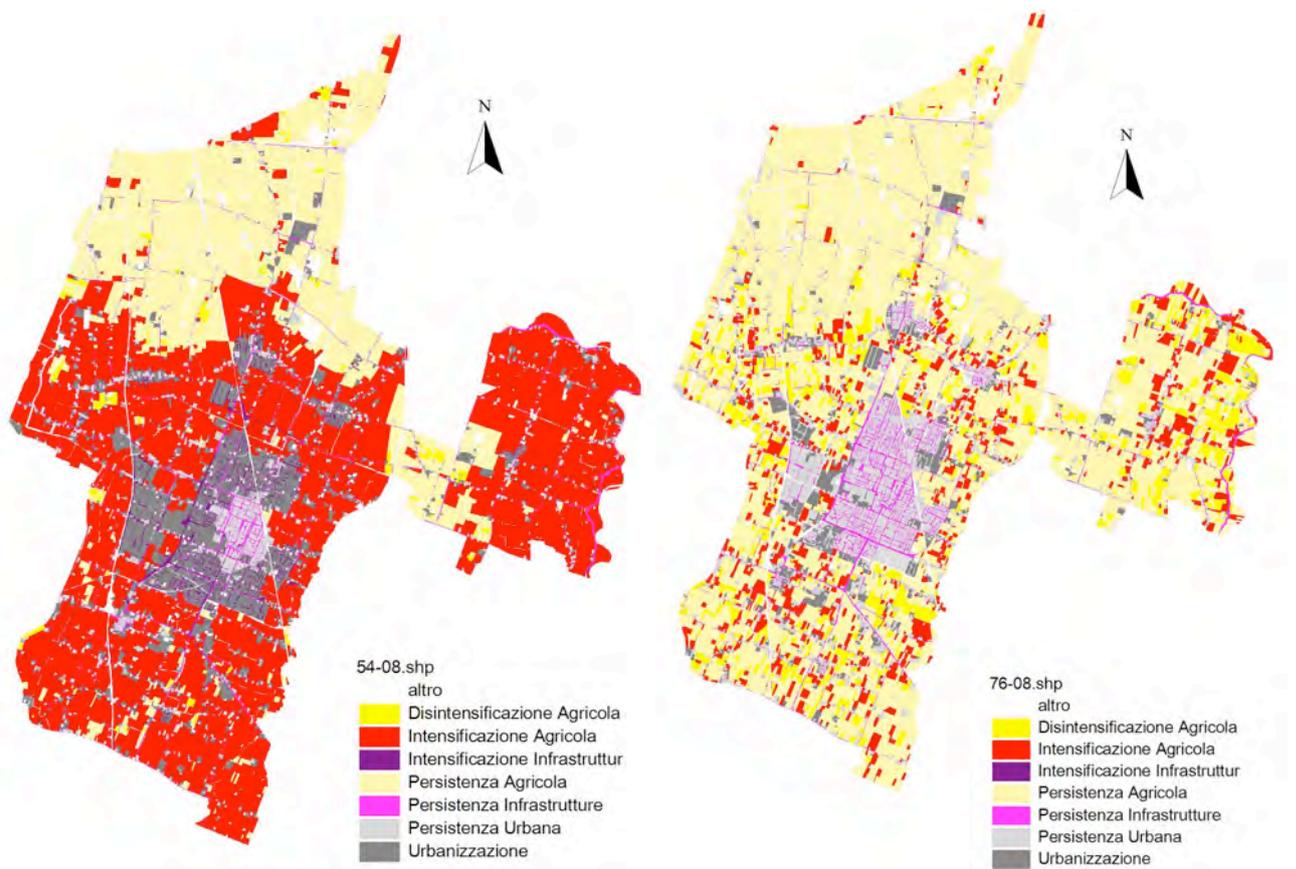


Figura 4.3. Persistenze e trasformazioni nel comune di Carpi.

4.2. Indici

4.2.1. Zone urbanizzate

I valori degli indici calcolati relativamente all'area occupata da urbano sono riportati in tabella 4.3.

Tabella 4.3. Indici calcolati nella sequenza temporale 1954-2008: PLAN (*Percentage of landscape*), LPI (*Largest Patch Index*), MFRAC (*Mean Fractal Dimension*), MSI (*Mean Shape Index*), H' (*Shannon's relative Entropy*)

	1954	1976	1997	2003	2008
PLAN	6%	13%	15%	16%	17%
LPI	1%	4%	5%	5%	5%
MFRAC	1,37	1,36	1,36	1,36	1,35
MSI	1,28	1,31	1,33	1,33	1,33
H'	0,95	0,93	0,92	0,92	0,92

Il territorio in analisi risulta soggetto a sprawl per quanto riguarda l'analisi dell'estensione urbana che evidenzia un'area totale molto dispersa rispetto a quella del centro urbano principale (Fig. 4.4).

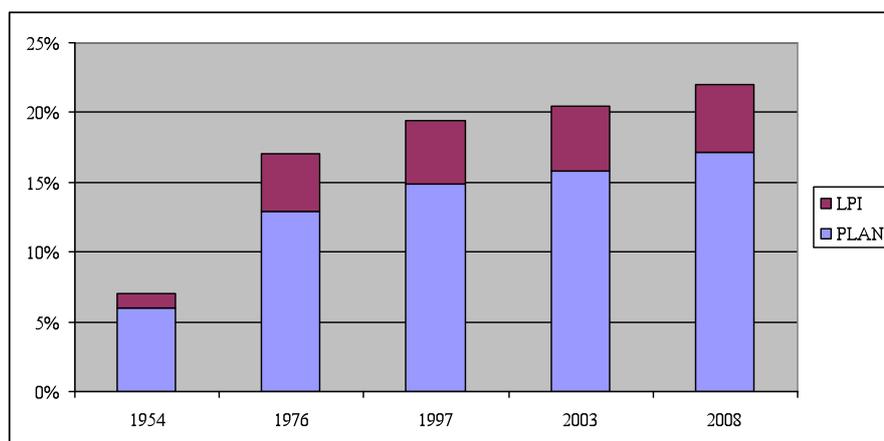


Figura 4.4. Valori (%) degli indici LPI (centro urbano principale) e PLAN (area urbana totale) nelle differenti soglie esaminate.

La complessità della forma (indici MFRAC e MSI) delle patches risulta poco complessa (Tab. 3.3) e quindi non vi è un'interferenza significativa delle patch di urbano con il territorio circostante.

Il calcolo dell'entropia relativa di *Shannon*, rivela uno sviluppo urbano molto disperso nel territorio, aspetto relazionabile allo sprawl.

Presenta valori lievemente decrescenti, seppur elevati, dal 1954 ad oggi, indice di una attenuazione dello sprawl, tendenza confermata anche dalla figura 4.8 in cui lo sbilanciamento tra area urbana totale e centro urbano principale è massimizzato.

4.2.2. Territorio agricolo

I valori degli indici calcolati nel territorio agricolo sono riportati in tabella 4.4.

Tabella 4.4. Indici calcolati nella sequenza temporale. NP (Number of patch), PD (Patch Density), MPS (Mean Patch Size), Es (Shannon's Evenness Index).

	1954	1976	1997	2003	2008
NP	562	1365	1057	1111	1049
PD (1/ha)	0,01	0,03	0,02	0,02	0,03
MPS	14,64	5,65	6,67	6,78	7,51
Es	0,56	0,46	0,41	0,46	0,56

L'analisi della frammentazione (*Patch Density* e *Mean Shape Size*) rivela che il territorio è molto frammentato soprattutto per quanto riguarda i valori di MPS (Dimensione media delle patches; Tab. 4.4) che risultano molto piccoli (considerando

l'area totale). Se si osserva l'evoluzione di questi due indici negli anni (Fig. 4.6) si nota che hanno *trend* opposti e ciò indica la tendenza del territorio agricolo ad essere sempre più frammentato (PD aumenta e contemporaneamente MPS diminuisce).

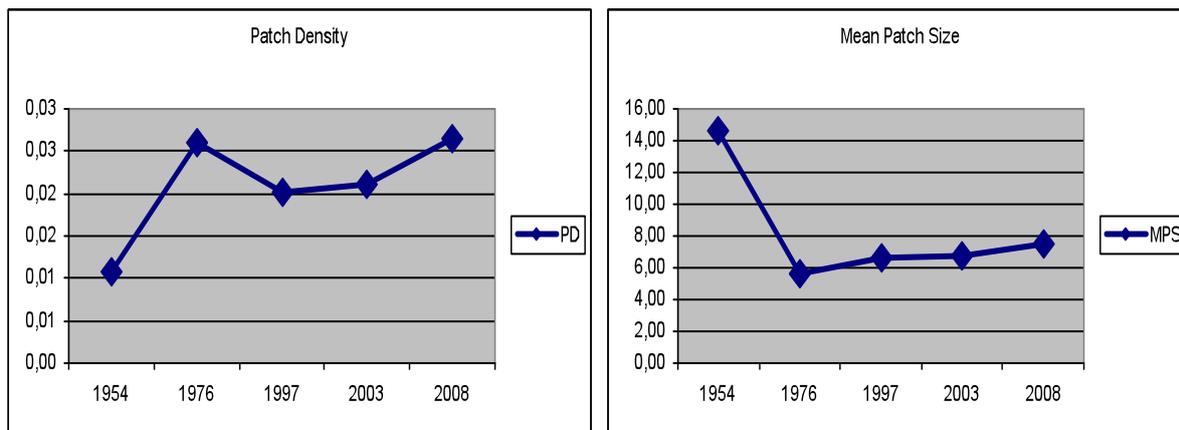


Figura 4.6. Evoluzione dei valori di MPS (*Mean Patch Size*) e PD (*Patch Density*) nella sequenza temporale.

I valori di *Evenness*, mostrano una leggera diminuzione dell'eterogeneità ambientale, comunque bassa lungo tutta la sequenza temporale (intorno a 0,5, vedi tabella 4.4), avvenuta dopo il 1954, tempo in cui il territorio seppur dominato dai seminativi arborati si mostrava molto eterogeneo in termini di forme presenti nel paesaggio. Tale diminuzione è continuata fino al 1997, mentre nel 2003 e nel 2008 i valori si sono rialzati; ciò indica un aumento della suddivisione tra classi agricole avvenuta nel territorio in epoca recente.(Fig. 4.7).

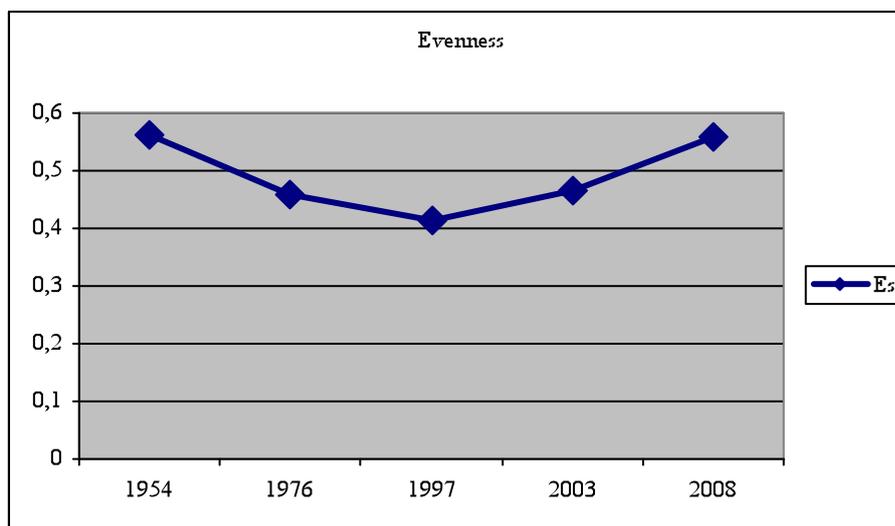


Figura 4.7. Evoluzione dell'eterogeneità ambientale nella sequenza temporale.

4.3. Lo sprawl urbano

La figura 4.8 è rappresentativa dell'urbanizzazione totale avvenuta dal 1954 al 2008 nel territorio comunale di Carpi. Si osserva che l'urbanizzazione ha interessato maggiormente il centro urbano principale di Carpi, le frazioni secondarie (Fossoli, Budrione, San Marino, Santa Croce e Cortile), e l'urbano discontinuo lungo le principali vie di comunicazione.

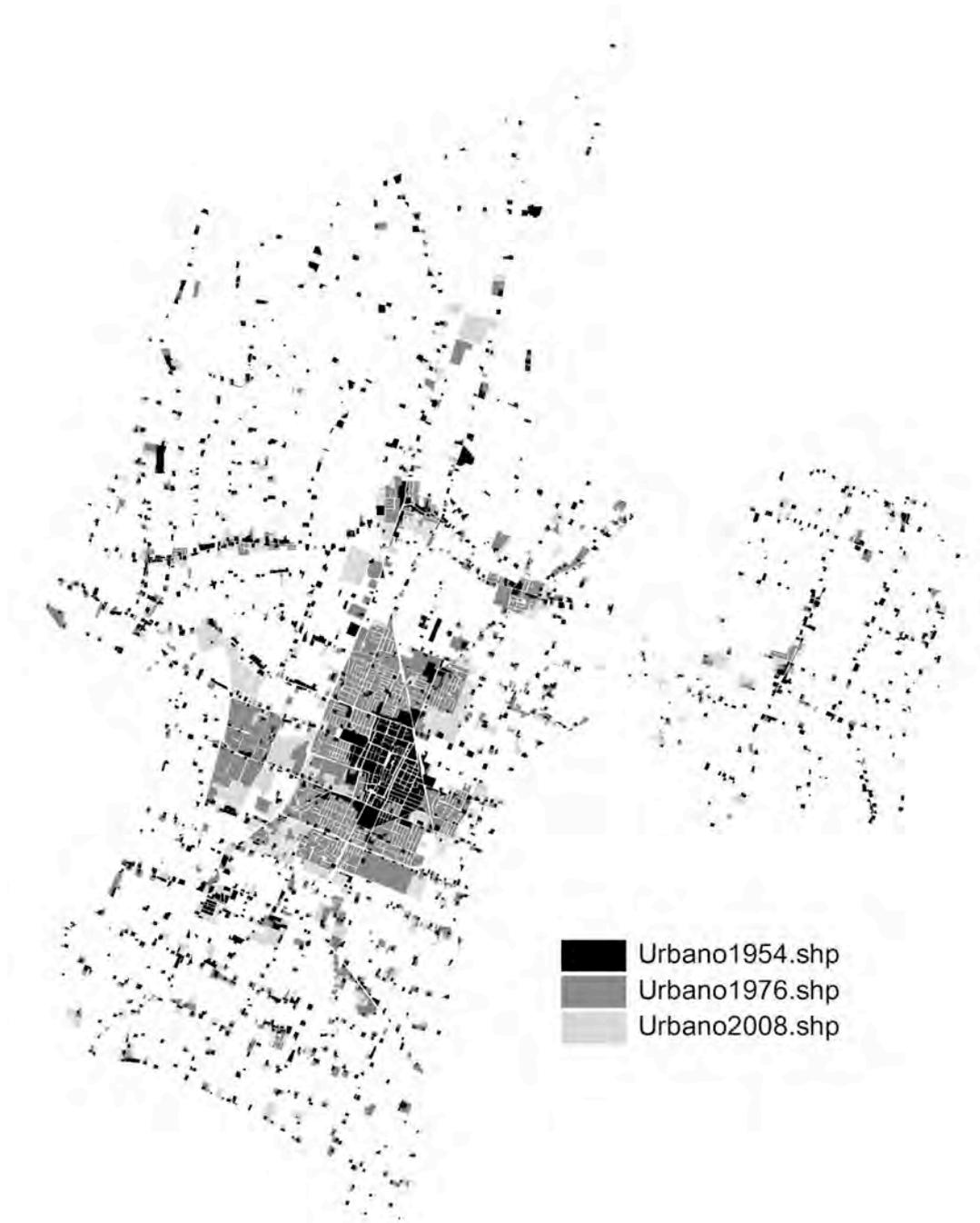


Figura 4.8. Mappa, e relativa legenda, dell'evoluzione della superficie di area urbana nel territorio comunale di Carpi.

Relativamente alle infrastrutture viarie, la rete delle principali strade presenti nella campagna del territorio d'indagine era già presente nel 1954 (Fig. 4.9). Nell'arco

temporale esaminato, le infrastrutture stradali presentano un'intensificazione significativa quasi esclusivamente dal 1954 al 1976 (Fig. 4.9) a livello soprattutto del comune principale di Carpi e delle frazioni di Budrione, Fossoli e Santa Croce.

Tali trasformazioni si osservano anche dal 1976 al 2008, anche se in proporzione minore.



Figura 4.9. Evoluzione delle infrastrutture viarie nel territorio comunale di Carpi.

Le figure 4.10 e 4.11 mostrano in maniera più generale l'andamento spaziale dell'urbanizzazione (urbano ed infrastrutture), considerando anche le interferenze spaziali delle patches di urbano, nella sequenza temporale. La direzione principale dello sviluppo del centro di Carpi dal 1954 al 1976 ha direzione SUD-OVEST/NORD-EST.

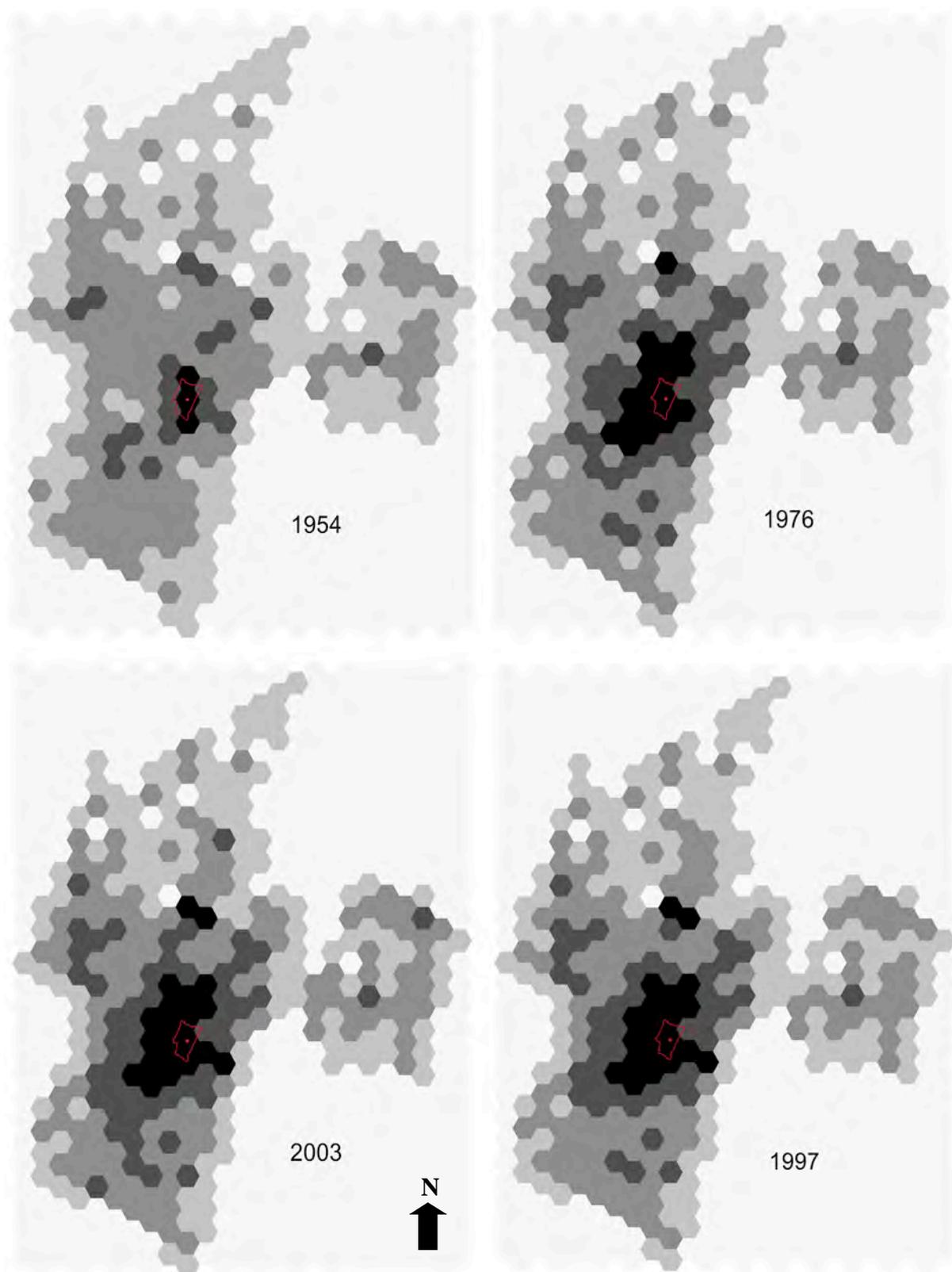


Figura 4.10. Mappe rappresentative della copertura urbana (% in ogni esagono) nella serie temporale 1954, 1976, 1997, 2003. La legenda è riportata in figura 4.7.

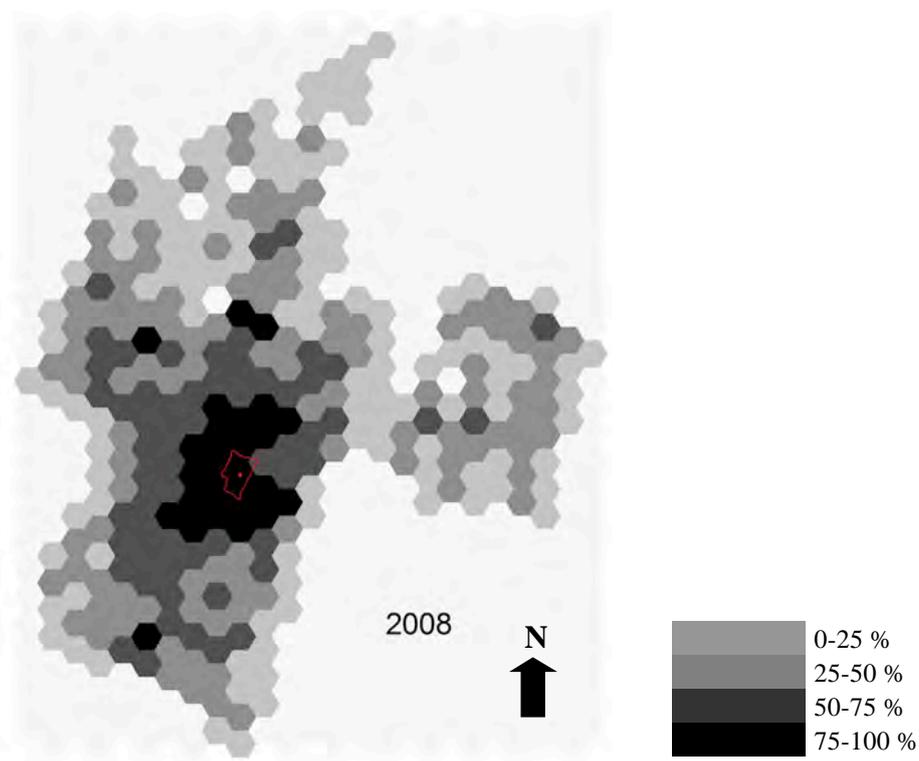


Figura 4.11. Mappa rappresentativa della copertura urbana (% in ogni esagono) del 2008.

Successivamente Carpi subisce un'urbanizzazione più diffusa in particolare a SUD/SUD-OVEST del nucleo urbano storico. Anche le frazioni secondarie di Fossoli, Budrione e Santa Croce a nord, e l'area compresa fra essi e Carpi, subiscono una urbanizzazione rilevante.

CONCLUSIONI

L'analisi dei dati rivela che il territorio comunale di Carpi ha subito intense trasformazioni, sia in termini di sviluppo urbano ed infrastrutturale che di intensificazioni agricole e questo è avvenuto, in particolare, dal 1954 al 1976. L'urbanizzazione, in questo periodo, ha interessato in proporzioni maggiori il centro urbano principale del comune (Carpi), mentre le frazioni secondarie (Fossoli, Budrione, San Marino, Santa Croce e Cortile) mostrano uno sviluppo urbano più regolare lungo tutta la sequenza temporale presa in esame. Lo sviluppo dell'edificato urbano discontinuo, in costante crescita, avvenuto lungo le principali vie di comunicazione va di pari passo con lo sviluppo dei centri urbani secondari, evidenziando una caratteristica importante dello sprawl urbano.

I valori degli indici *Largest Patch Index*, *Percentage of Landscape*, *Shannon's Entropy* calcolati per le aree urbanizzate evidenziano una forte dispersione delle patches urbane, in particolare rispetto al centro urbano principale di Carpi, e con valori più alti nel 1954 che nel 2008. Si può quindi affermare che l'area urbana è largamente dispersa lungo tutto il periodo di tempo analizzato; in particolare, tale dispersione era maggiore in passato che attualmente.

Gli andamenti degli indici *Patch Density* e *Mean Shape Index*, per il territorio agricolo, mostrano una frammentazione dell'area avvenuta principalmente dal 1954 al 1976. In termini di eterogeneità ambientale (*Indice Evenness*) si può notare che l'area agricola mostra valori tendenzialmente bassi e con un andamento temporale in linea con l'evoluzione delle classi di agricolo, paragonabile con quelli di *Patch Density* e *Mean Shape Index*. Tutto ciò sta a significare che le aree non urbanizzate hanno risentito dell'urbanizzazione avvenuta a partire dal 1954 in termini di frammentazione e eterogeneità ambientale. Questa frammentazione si è però stabilizzata dal 1976 ad oggi.

In conclusione, l'utilizzo di questi indici ha permesso di evidenziare il carattere dell'urbanizzazione intensa e più uniforme che ha caratterizzato il territorio comunale di Carpi dal 1954 al 1976; tuttavia, il territorio non mostra una particolare tendenza attuale allo sprawl urbano, se non per la frammentazione del territorio agricolo (che però non presenta un particolare andamento lungo la sequenza temporale). L'analisi generale del territorio e l'analisi qualitativa dello sprawl (rappresentata dalle mappe di interferenza

spaziale dell'urbano) hanno invece mostrato una tendenza, anche attuale, alla dispersione dell'area urbana.

Gli indici selezionati risultano quindi poco sensibili a piccole variazioni (ricordiamo che l'urbanizzazione negli ultimi 20 anni, nel territorio in esame, è stata estremamente moderata), e le loro risposte appaiono influenzate dal livello di dettaglio molto elevato delle mappe esaminate.

BIBLIOGRAFIA

Altinok, E. e H. Cengiz, 2008, *The effects of Urban Sprawl on Spatial Fragmentation and Social Segregation in Instabul*, 44th ISOCARP Congress 2008.

Angel, S., Parent, J., e D. Civco, 2007, *Urban Sprawl Metrics: an Analysis of Global Urban Expansion Using GIS*, Proceedings of ASPRS 2007 Annual.

Antrop, M., 2004, "Landscape change and the urbanization process in Europe", *Landscape and Urban Planning*, 67, 9-26.

Arribas-Bel, D., Nijkamp, P. e H. Scholten, 2010, "Multidimensional urban sprawl in Europe: self-organizing map approach", *Computers, Environment and Urban Systems*, doi:10.1016/j.compenvurbsys.2010.10.002.

Bhatta, B., 2010, "Causes e consequences of Urban growth and sprawl". In Bhatta, B., 2010, *Analysis of urban growth and sprawl form remote sensing data*, Heidelberg-New York, Springer, pp. 17-36.

Bhatta, B., Saraswati, S. e D. Bandyopadhyay, 2010, "Urban sprawl measurement from remote sensing data", *Applied Geography*, 30, 731-740 (a).

Bhatta, B., Saraswati, S. e D. Bandyopadhyay, 2010, "Quantifying the degree-of-freedom, degree-of-sprawl, and degree-of-goodness of urban growth form remote sensing data", *Applied Geography*, 30, 96-111 (b).

Burchfield, M., Overman, H., Puga, D. e M.A. Turner, 2006, "Causes of sprawl: a portrait form space", *The Quarterly Journal of Economics*, 121, 587-633.

Castaldini, D., Ghinoi A., "Geomorfologia ed evoluzione del territorio di Carpi dal XIX secolo all'attuale". In Bonacini P, Ori A.M., *Storia di Carpi. La città e il territorio dalle origini all'affermazione dei Pio*, Volume Primo, Modena, Ed. Mucchi, 2008, pp. 23-50.

Davis, C. e T. Schaub, 2005, “A transboundary study of urban sprawl in the Pacific Coast of North America: The benefits of multiple measurement methods”, *International Journal of Applied Observation and Geoinformation*, 7, 268-283.

Deng, J.S., Wang, K., Hong Y. e J. G. Qi, 2009, “Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization”, *Landscape and Urban Planning*, 92, 187-198.

Dumas, E., Jappiot, M. e T. Tatoni, 2008, “Mediterranean urban-forest interface classification (MUFIC): A quantitative method combining SPOT5 imagery and landscape ecology indices”, *Landscape and Urban Planning*, 84, 183-190.

European Environment Agency, 2006, *Urban sprawl in Europe: The ignored challenge*, EEA report No 10/2006, ISBN 92-9167-887-2. Luxemburg, Office for Official Publication of the European Communities.

Ewing, R., Pendall, R. e D. Chen, D., 2002, “Measuring sprawl and its impacts”, Smart Growth America, Washington, DC, 31 pp. (www.smartgrowthamerica.org)

Ewing, R., Pendall, R. e D. Chen, 2003, “Measuring sprawl and its transportation impacts”, *Transportation Research Record*, 1831, 175-183.

Fang, S., Gertner, G.Z., Sun, Z. e A.A Anderson, 2005, “The impact of interactions in spatial simulation of the dynamics of urban sprawl”, *Landscape and Urban Planning*, 73, 294-306.

Feranec, J., Hazeu, G, Christensen, S. e G. Jaffrain, 2007, “Corine land cover change detection in Europe (case studies of the Netherlands and Slovakia)”, *Land Use Policy*, 24, 234-247.

Forman, R.T.T. e M. Godron. 1986, *Landscape Ecology*, John Wiley and Sons, New York, NY, USA.

Frenkel, A. e M. Ashkenazi, 2008, “Measuring urban sprawl; how can we deal with it?”, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 35, 56-79.

Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M., Wolman, H., Coleman, S. e J. Freihage, 2001, “Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept”, *Housing Policy Debate*, 12, 681-718.

Hasse, J.E. e R. G. Lathrop, 2003, “Land resource impact indicators of urban sprawl”, *Applied Geography*, 23, 159-175.

Hasse, J. E., 2004, “A geospatial approach to measuring new development for characteristics of sprawl”, *Landscape Journal: Design, Planning and Management of the Land*, 23, 52-67.

Hai P.M. e Y. Yamaguchi, 2009, *Characterizing the urban growth of Hanoi, Nagoya, and Shangai city using remote sensing and spatial metrics*, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Japan.

Herold, M., Goldstein, N.C e K.C. Clarke, 2003, “The spatiotemporal form of urban growth: Measurement, analysis and modelling”, *Remote Sensing of Environment*, 86, 286-302.

Herold, M., Couclelis, H. e K.C. Clarke, 2005, “The role of spatial metrics in the analysis and modelling of urban land use change”, *Computers, Environment and Urban Systems*, 29, 369-399.

Jacquin, A., Misakova, L. e M. Gay. (2007), “A hybrid object-based classification approach for mapping urban sprawl in periurban environment”, *Landscape and Urban Planning*, 84, 152-165.

Jat, M.K., Garg P.K. e D. Khare, 2008, “Monitoring and modelling of urban sprawl using remote sensing and GIS techniques”, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 10, 26-43.

Jaeger, J.A.G., Bertiller, R., Schwick, C. e F. Kienast, 2010, "Suitability criteria for measures of urban sprawl", *Ecological Indicators*, 10, 397-406 (a).

Jaeger, J.A.G., Bertiller, R., Schwick, C., Cavens, D. e F. Kienast, 2010, "Urban permeation of landscape and sprawl per capita: New measures of urban sprawl", *Ecological Indicators*, 10, 427-441 (b).

Ji, W., Ma, J., W. Twibell, R. e K. Underhill, 2006, "Characterizing urban sprawl using multi-stage remote sensing images and landscape metrics", *Computers, Environment and Urban System*, 30, 861-879.

Kasanko, M., Barredo, J.I., Lavalle. C., McCormick, N., Demicheli. L., Sagris, V. e A. Brezger, 2005, "Are European cities becoming dispersed? A comparative analysis of 15 European urban areas", *Landscape and Urban Planning*, 77, 111-130.

Lelli C., 2011, *Processi insostenibili di diffusione urbana: set di indici per la misura del pattern spaziale*, Università di Bologna, Tesi di Laurea in Scienze Naturali, A.A. 2010-2011.

Mazzeo, G., 2009, "Dall'area metropolitana allo sprawl urbano: la disarticolazione del territorio", *Trimestrale del Laboratorio Territorio e Mobilità Ambiente*, 2, 7-20.

McGarigal, K. Cushman, S.A, Neel M.C. e E. Ene, 2002, *FRAGSTATS v3: Spatial pattern analysis program for categorical maps*.

URL: www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html

Morri E., 2008, *Analisi diacronica delle trasformazioni del paesaggio del comune di Rimini (1955-1976-2003)*, Università di Bologna, Tesi di Laurea in Conservazione e Gestione del Patrimonio Naturale, A.A. 2007-2008.

Polemans, L. e A. Van Rompaey, 2009, "Detecting and modelling spatial patterns of urban sprawl in highly fragmented areas: A case study in the Flanders-Brussels region", *Landscape and Urban Planning*, 93, 10-19.

Sudhira, H.S., Ramachandra, T.V. and K.S., Jagadish, 2003, "Urban sprawl: metrics and modelling using GIS", *International Journal of Applied Earth Observation*, 5, 29-39.

Torrens, P.M., 2008, "A toolkit for measuring sprawl", *Applied Spatial Analysis*, 1:5-36.

Sutton, P.C., 2003, "A scale-adjusted measure of Urban sprawl using nighttime satellite imagery", *Remote Sensing of Environment*, 86, 353-369.

Tosatti G. e R. Sedola, 2007, *Analisi delle caratteristiche fisico-ambientali dell'oasi Naturalistica "La Francesa" (Comune di Carpi, pianura modenese)*, Atti Soc. Nat. Mat. Modena 138.

Travisi, C.M., Camagni, R. e P. Nijkamp., 2010, "Impacts of urban sprawl and commuting: a modelling study for Italy", *Journal of Transport Geography*, 18, 382-392.

Tsai, Y.H., 2005, "Quantifying urban form: Compactness versus 'sprawl'", *Urban Studies*, 42, 141-161.

Uuema, E., Antrop, M., Roosaare, J., Marja, R. e Ü. Mander, 2009, "Landscape Metrics and Indices: An Overview of Their Use in Landscape Research", *Living Reviews in Landscape Research*, 3, 1.

URL: <http://www.livigreviews.org/lrlr-2009-1>

Wang H., He Q., Liu X., Zhuang Y. e S. Hong, 2012, "Global urbanization research from 1991 to 2009: a systematic review", *Landscape and Urban Planning*, 104, 299-309.

Weng Yen-Chu, 2007, "Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to urbanization", *Landscape and Urban Planning*, 81, 341-353.

Yang, X. e Z. Liu, 2005, "Use of satellite-derived landscape imperviousness index to characterize urban spatial growth", *Computers, Environment and Urban System*, 29, 524-540.

Wang H., He Q., Liu X., Zhuang Y. e S. Hong, 2012, “Global urbanization research from 1991 to 2009: A systematic research review”, *Landscape and Urban Planning*, 104, 299-309.

RINGRAZIAMENTI

Il primo ringraziamento va alla Prof.ssa Giovanna Pezzi, che mi ha assistito con grande competenza e disponibilità durante la stesura della tesi.

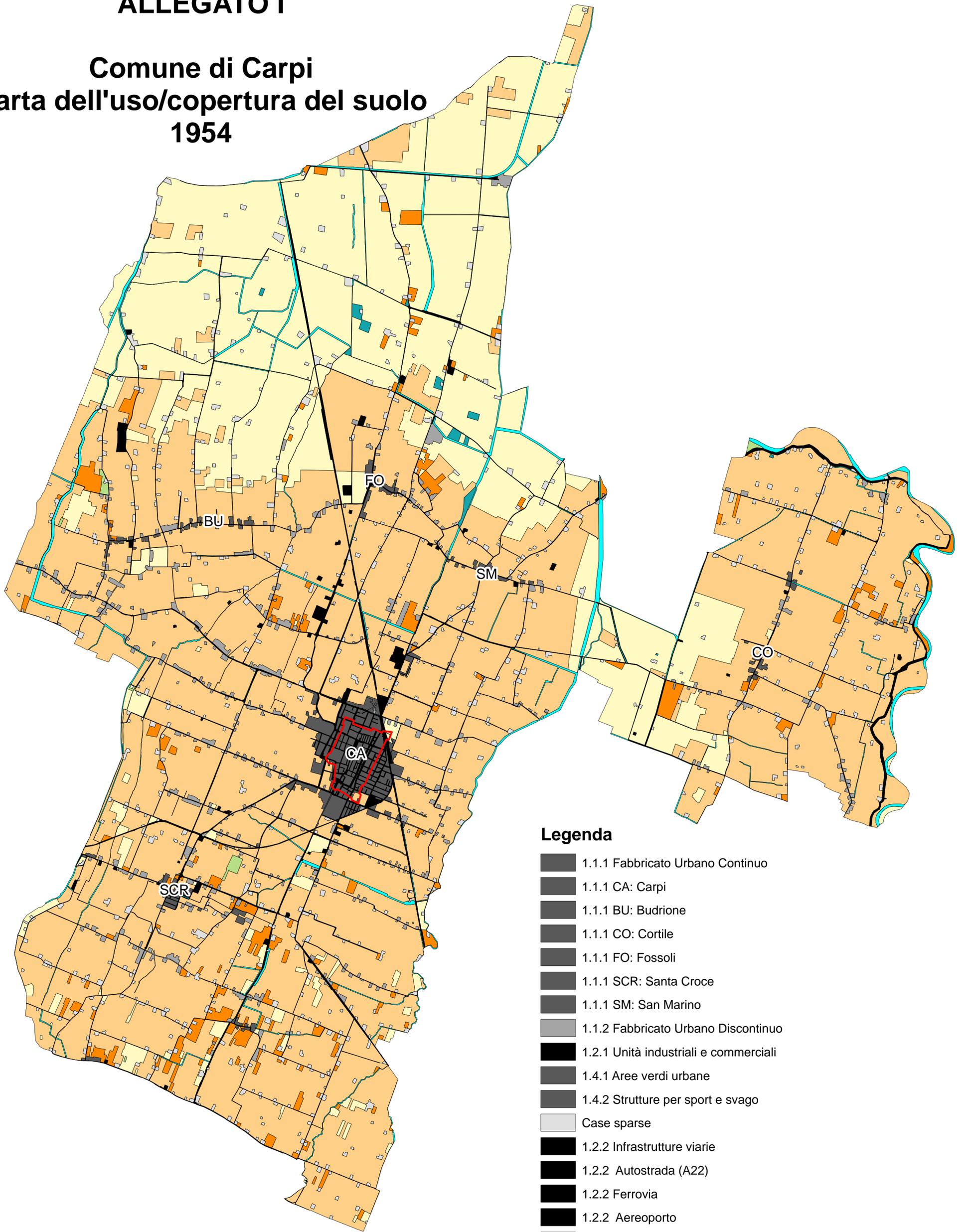
Un altro grazie allo staff del Dipartimento di Botanica dell'Università di Bologna, presso il quale ho utilizzato il software per l'elaborazione delle mappe dell'uso del suolo.

Ringrazio infine il Comune di Carpi per avermi fornito informazioni e dati fondamentali per l'analisi e la redazione di questo lavoro.

ALLEGATO I

Comune di Carpi

Carta dell'uso/copertura del suolo 1954



Legenda

- 1.1.1 Fabbricato Urbano Continuo
- 1.1.1 CA: Carpi
- 1.1.1 BU: Budrione
- 1.1.1 CO: Cortile
- 1.1.1 FO: Fossoli
- 1.1.1 SCR: Santa Croce
- 1.1.1 SM: San Marino
- 1.1.2 Fabbricato Urbano Discontinuo
- 1.2.1 Unità industriali e commerciali
- 1.4.1 Aree verdi urbane
- 1.4.2 Strutture per sport e svago
- Case sparse
- 1.2.2 Infrastrutture viarie
- 1.2.2 Autostrada (A22)
- 1.2.2 Ferrovia
- 1.2.2 Aeroporto
- 2.1 Terre arabili
- 2.2 Colture permanenti (vigneti e frutteti)
- 2.4.1 Seminativi arborati
- 2.4.4 Arboricoltura da legno e pioppeti
- 5.1.1 Corsi d'acqua (inclusi i canali) e vegetazione di pertinenza
- 5.1.2 Bacini d'acqua e vegetazione di pertinenza
- Nucleo urbano storico

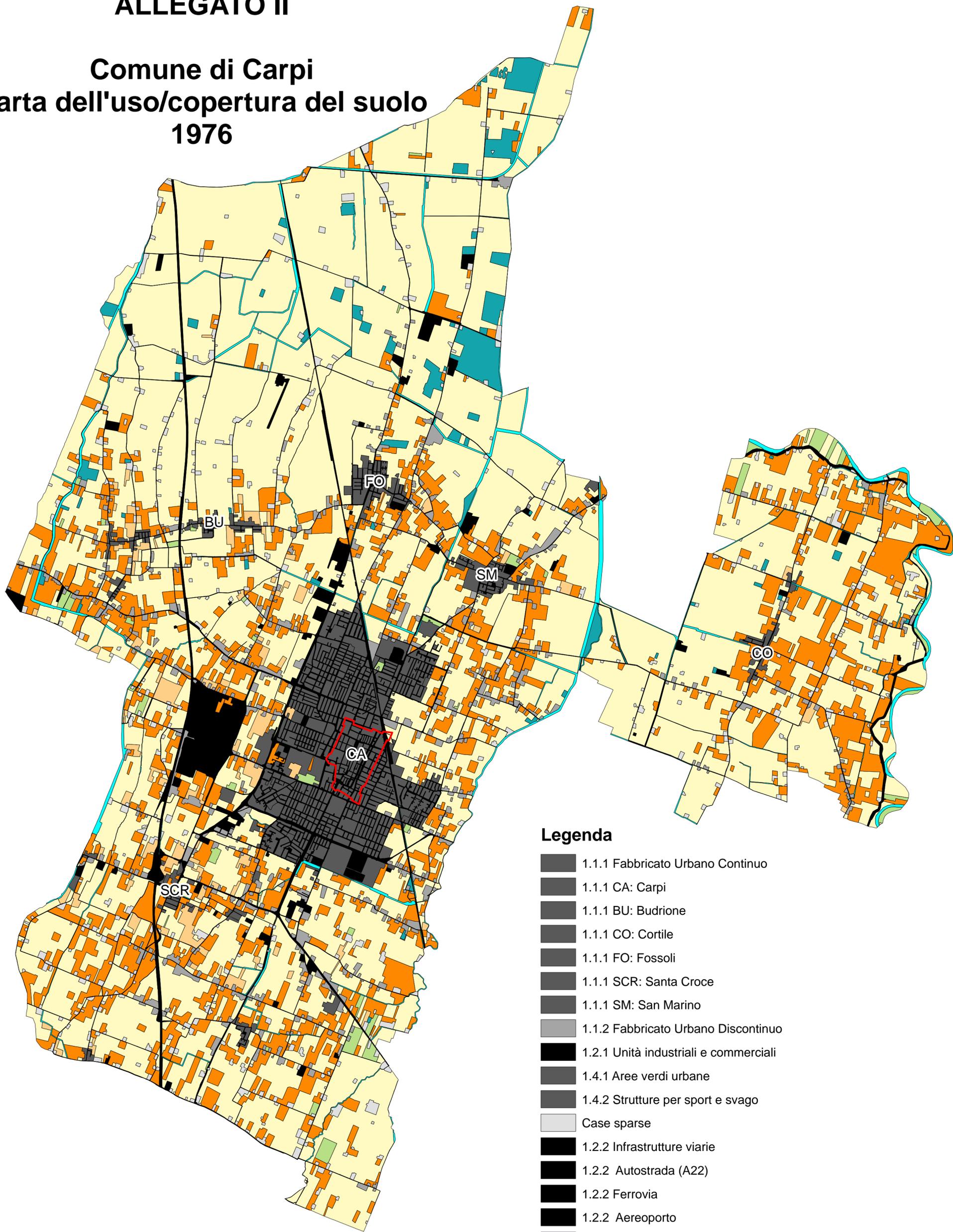


0 1,100 2,200 4,400 metri

ALLEGATO II

Comune di Carpi

Carta dell'uso/copertura del suolo 1976



Legenda

-  1.1.1 Fabbricato Urbano Continuo
-  1.1.1 CA: Carpi
-  1.1.1 BU: Budrione
-  1.1.1 CO: Cortile
-  1.1.1 FO: Fossoli
-  1.1.1 SCR: Santa Croce
-  1.1.1 SM: San Marino
-  1.1.2 Fabbricato Urbano Discontinuo
-  1.2.1 Unità industriali e commerciali
-  1.4.1 Aree verdi urbane
-  1.4.2 Strutture per sport e svago
-  Case sparse
-  1.2.2 Infrastrutture viarie
-  1.2.2 Autostrada (A22)
-  1.2.2 Ferrovia
-  1.2.2 Aeroporto
-  2.1 Terre arabili
-  2.2 Colture permanenti (vigneti e frutteti)
-  2.4.1 Seminativi arborati
-  2.4.4 Arboricoltura da legno e pioppeti
-  5.1.1 Corsi d'acqua (inclusi i canali) e vegetazione di pertinenza
-  5.1.2 Bacini d'acqua e vegetazione di pertinenza
-  Nucleo urbano storico

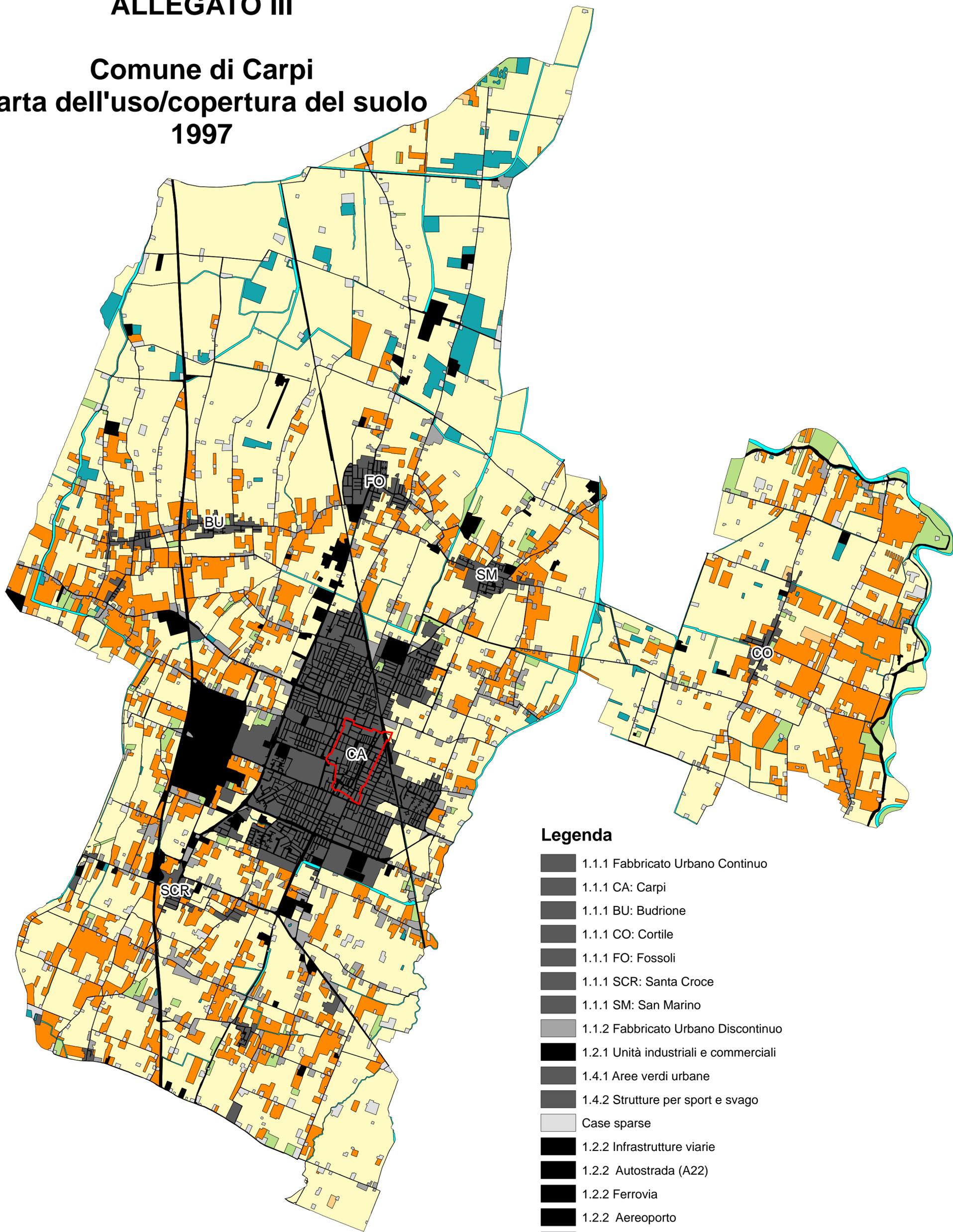


0 1,100 2,200 4,400 metri

ALLEGATO III

Comune di Carpi

Carta dell'uso/copertura del suolo 1997



Legenda

-  1.1.1 Fabbricato Urbano Continuo
-  1.1.1 CA: Carpi
-  1.1.1 BU: Budrione
-  1.1.1 CO: Cortile
-  1.1.1 FO: Fossoli
-  1.1.1 SCR: Santa Croce
-  1.1.1 SM: San Marino
-  1.1.2 Fabbricato Urbano Discontinuo
-  1.2.1 Unità industriali e commerciali
-  1.4.1 Aree verdi urbane
-  1.4.2 Strutture per sport e svago
-  Case sparse
-  1.2.2 Infrastrutture viarie
-  1.2.2 Autostrada (A22)
-  1.2.2 Ferrovia
-  1.2.2 Aeroporto
-  2.1 Terre arabili
-  2.2 Colture permanenti (vigneti e frutteti)
-  2.4.1 Seminativi arborati
-  2.4.4 Arboricoltura da legno e pioppeti
-  5.1.1 Corsi d'acqua (inclusi i canali) e vegetazione di pertinenza
-  5.1.2 Bacini d'acqua e vegetazione di pertinenza
-  Nucleo urbano storico

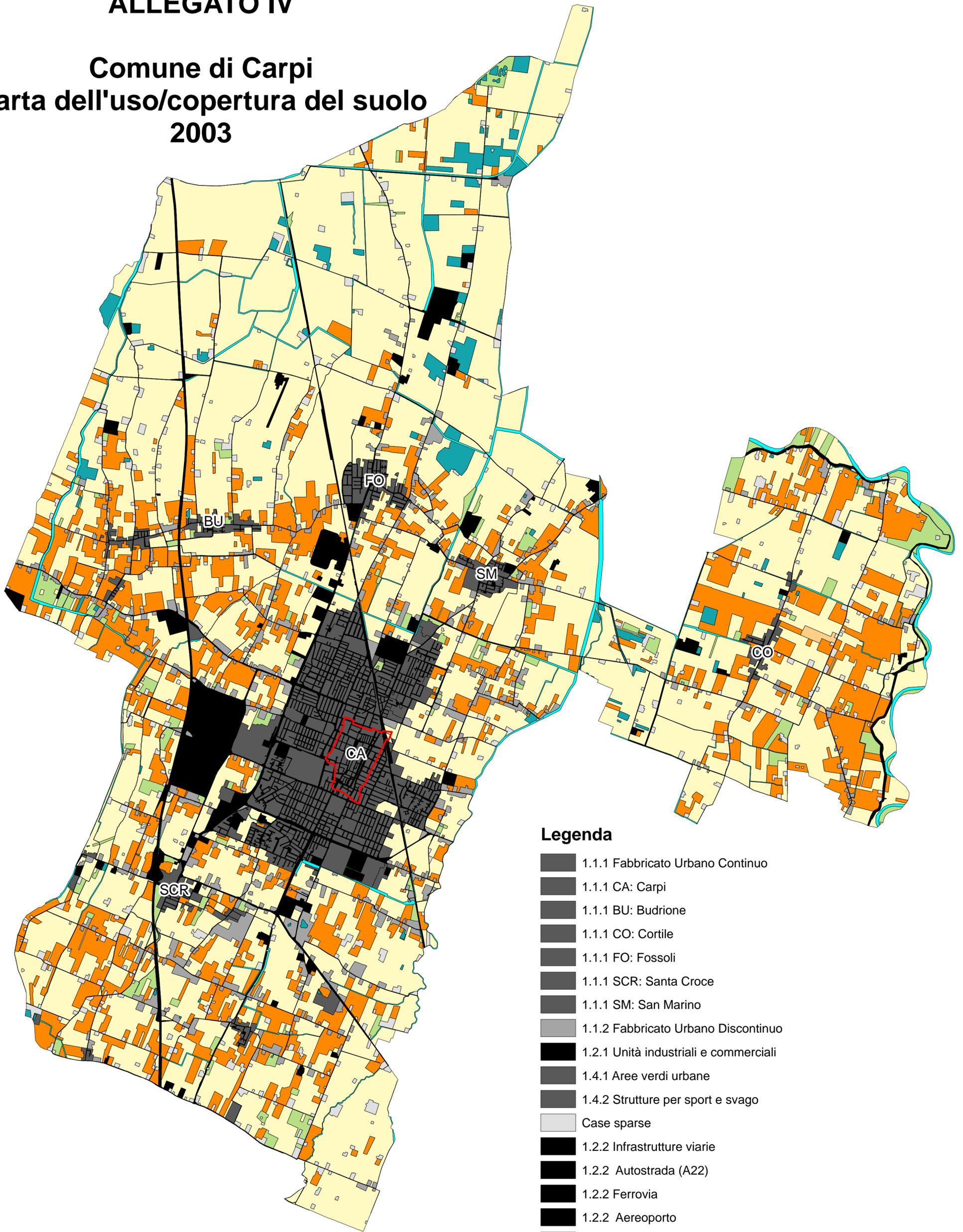


0 1,100 2,200 4,400 metri

ALLEGATO IV

Comune di Carpi

Carta dell'uso/copertura del suolo 2003



Legenda

- 1.1.1 Fabbricato Urbano Continuo
- 1.1.1 CA: Carpi
- 1.1.1 BU: Budrione
- 1.1.1 CO: Cortile
- 1.1.1 FO: Fossoli
- 1.1.1 SCR: Santa Croce
- 1.1.1 SM: San Marino
- 1.1.2 Fabbricato Urbano Discontinuo
- 1.2.1 Unità industriali e commerciali
- 1.4.1 Aree verdi urbane
- 1.4.2 Strutture per sport e svago
- Case sparse
- 1.2.2 Infrastrutture viarie
- 1.2.2 Autostrada (A22)
- 1.2.2 Ferrovia
- 1.2.2 Aeroporto
- 2.1 Terre arabili
- 2.2 Colture permanenti (vigneti e frutteti)
- 2.4.1 Seminativi arborati
- 2.4.4 Arboricoltura da legno e pioppeti
- 5.1.1 Corsi d'acqua (inclusi i canali) e vegetazione di pertinenza
- 5.1.2 Bacini d'acqua e vegetazione di pertinenza
- Nucleo urbano storico

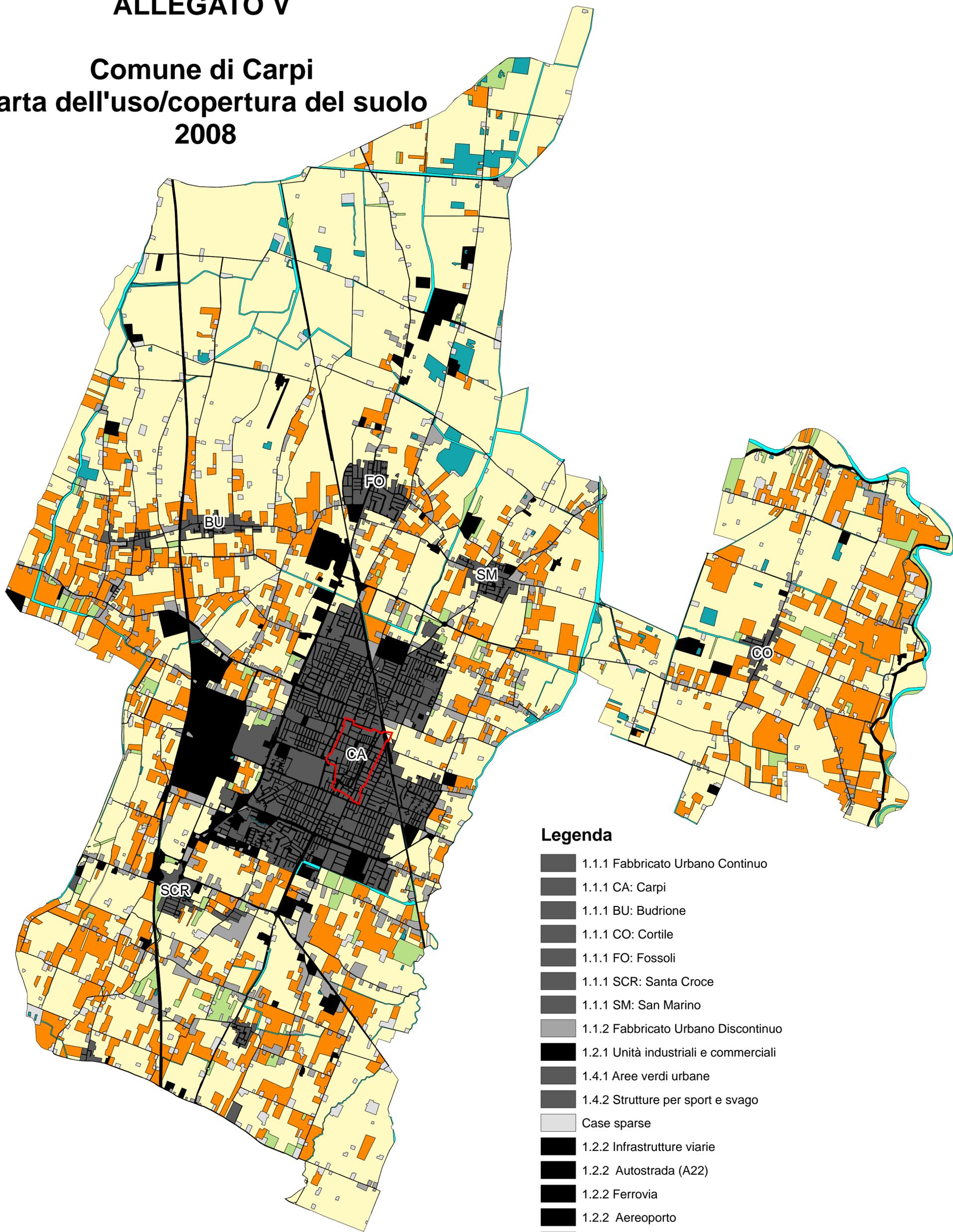


0 1,100 2,200 4,400 metri

ALLEGATO V

Comune di Carpi

Carta dell'uso/copertura del suolo 2008



Legenda

-  1.1.1 Fabbricato Urbano Continuo
-  1.1.1 CA: Carpi
-  1.1.1 BU: Budrione
-  1.1.1 CO: Cortile
-  1.1.1 FO: Fossoli
-  1.1.1 SCR: Santa Croce
-  1.1.1 SM: San Marino
-  1.1.2 Fabbricato Urbano Discontinuo
-  1.2.1 Unità industriali e commerciali
-  1.4.1 Aree verdi urbane
-  1.4.2 Strutture per sport e svago
-  Case sparse
-  1.2.2 Infrastrutture viarie
-  1.2.2 Autostrada (A22)
-  1.2.2 Ferrovia
-  1.2.2 Aeroporto
-  2.1 Terre arabili
-  2.2 Colture permanenti (vigneti e frutteti)
-  2.4.1 Seminativi arborati
-  2.4.4 Arboricoltura da legno e pioppeti
-  5.1.1 Corsi d'acqua (inclusi i canali) e vegetazione di pertinenza
-  5.1.2 Bacini d'acqua e vegetazione di pertinenza
-  Nucleo urbano storico



0 1,100 2,200 4,400 metri