



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI BRESCIA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, ARCHITETTURA,
TERRITORIO, AMBIENTE E DI MATEMATICA

Corso di Laurea
in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

Relazione Finale

Il consumo di suolo e la perdita dei servizi ecosistemici: il
caso del progetto Pianura Sostenibile

Relatrice:
Prof. ssa Anna Richiedei

Laureando:
Cristian Dalboni
Matricola n. 723554

Anno Accademico 2022/2023

INDICE

Introduzione	1
1. CAPITOLO 1. Il suolo	2
1.1. Definizione	2
1.2. Formazione del suolo	4
1.3. Caratteristiche fisiche del suolo	6
1.4. Sostanza organica nel suolo	8
1.4.1. Caratteristiche della sostanza organica nel suolo	8
1.4.2. Trasformazione della sostanza organica nel suolo	8
1.4.3. Influenza della sostanza organica sulle proprietà chimico-fisiche del suolo	9
1.5. Capacità d'uso del suolo	10
1.6. Cause ed effetti del degrado d'uso del suolo	11
2. CAPITOLO 2. Consumo di suolo	13
2.1. Definizioni del consumo di suolo	13
2.2. Cause ed effetti del consumo di suolo	21
2.3. Strategie per una risposta efficace al fenomeno del consumo di suolo	24
2.4. Monitoraggio del consumo di suolo in UE e in Italia	28
2.5. Misura del consumo di suolo: dati e indicatori	31
3. CAPITOLO 3. Il caso di Pianura Sostenibile	38
3.1. Il progetto Pianura Sostenibile	38
3.2. Dati e indicatori considerati per l'analisi e la loro presentazione	42
3.3. Il fenomeno del consumo di suolo nel territorio di Pianura Sostenibile	46
3.3.1. Inquadramento territoriale dei comuni del progetto Pianura Sostenibile	46
3.3.2. Popolazione	50
3.3.3. Densità	53
3.3.4. Superficie di suolo consumato	56
3.3.5. Percentuale di suolo consumato sulla superficie amministrativa	60
3.3.6. Superficie di suolo consumato per abitante	63
3.3.7. Incremento di suolo consumato rispetto al periodo precedente	66
3.3.8. LCPI (Compattezza dell'urbanizzato)	70
3.3.9. RMPS (Diffusione del costruito attorno al nucleo centrale)	73
3.3.10. Edge Density (Frammentazione dell'urbanizzato)	76
3.3.11. Dispersion Index (Dispersione dell'urbanizzato)	79
3.3.12. Perdita di servizi ecosistemici	82
3.3.13. Perdita di servizi ecosistemici per abitante	85

3.3.14.	Rapporto suolo consumato – popolazione.....	87
3.3.15.	Superficie di suolo consumato in aree tutelate	90
3.3.16.	Superficie di suolo consumato in aree a differente pericolosità idraulica.....	93
3.3.17.	Superficie (e percentuale) di suolo degradato considerando tutti i sub-indicatori (SDGs).....	95
3.3.18.	Evoluzione storica dell'urbanizzazione	98
3.3.19.	Correlazione tra consumo di suolo e popolazione	100
Considerazioni finali		115
Dati sul consumo di suolo per l'area vasta di Pianura Sostenibile		116
Criticità rilevate e possibili ricerche future		121
RINGRAZIAMENTI		124

Introduzione

Con l'obiettivo di evidenziare l'importanza che hanno le azioni destinate alla salvaguardia e alla tutela della matrice ambientale suolo, la presente tesi si propone di illustrare e studiare il fenomeno del consumo di suolo e mostrare come possono essere presentati i risultati ottenuti attraverso delle rappresentazioni semplici e intuitive, rivolte a comunicare, gli esiti dell'analisi.

Pertanto, l'elaborato è caratterizzato da una prima presentazione riguardante i concetti essenziali per la comprensione del significato, dell'importanza e delle interazioni tra l'ambiente e l'uomo relativamente la risorsa suolo. Successivamente vengono introdotte delle nozioni generali riguardanti il fenomeno del consumo di suolo e il suo monitoraggio, ponendo l'attenzione sulle cause che lo innescano e gli effetti che tale consumo di suolo produce. Infine, la parte conclusiva della trattazione, si occupa di mostrare l'analisi del consumo di suolo al 2023 all'interno del territorio occupato dai comuni che aderiscono al progetto "Pianura Sostenibile" coordinato dalla Fondazione Cogeme ETS. Infatti, tramite l'utilizzo dei dati forniti dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, sono stati redatti dei grafici e delle mappe, che permettono di visualizzare graficamente le caratteristiche del consumo di suolo nell'area di studio considerata.

1. CAPITOLO 1. Il suolo

Per poter trattare il consumo di suolo, nella prima parte della tesi è necessario e propedeutico introdurre brevemente cosa sia effettivamente la risorsa “suolo”, esaminare come avviene la sua formazione, quali sono le sue caratteristiche principali, quali sono le sue componenti e, infine, come si relaziona con l’ambiente circostante e con l’uomo.

1.1. Definizione

Definire in modo univoco il suolo è certamente un tema ancora oggi molto dibattuto e infatti, sono state introdotte diverse definizioni in base al livello (fisico, ecologico, sociale, economico e legislativo) entro il quale esso risulta impiegato.

Il concetto di suolo relativo all’ambito preso in esame e che consente di comprenderne la sua fragilità viene riportato in seguito: “Il suolo è lo strato superiore della crosta terrestre. È formato da particelle minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi. Il suolo è un mezzo estremamente complesso, variabile e vivente. Il suolo dovrebbe essere considerato una risorsa non rinnovabile poiché la formazione del suolo è un processo estremamente lento: occorrono secoli per costruire un mero centimetro di terreno, mentre i processi di degrado del suolo possono essere molto rapidi. Costituisce l’interfaccia tra terra, aria e acqua e svolge molte funzioni vitali: produzione di cibo e altre biomasse, stoccaggio, filtrazione e trasformazione di molte sostanze tra cui acqua, carbonio, azoto.” (Commissione europea, 2006).

Inoltre, il suolo costituisce un sottile strato che poggia sulle rocce di fondo e per esaminare la sua struttura, si deve eseguire una sezione che lo attraversi fino al fondo verticalmente. Come riportato in *Figura 1*, lo strato più superficiale, o orizzonte A, è di solito di colorazione scura e contiene la maggior parte delle sostanze organiche, ossia l’humus: minuscole particelle di foglie in decomposizione, rami e resti di animali. L’orizzonte A rappresenta una zona di intensa attività biologica, popolata da vermi, insetti, radici di piante e numerosissimi microorganismi. In un suolo dallo spessore notevole, formatosi ed accumulatosi in un lungo periodo di tempo, i minerali degli strati sommitali sono per lo più argillosi o comunque rappresentati da residui insolubili, quali il quarzo. Procedendo verso il basso del profilo del suolo si incontra uno strato intermedio, l’orizzonte B, dove scarseggia la sostanza organica e sono presenti minerali solubili ed ossidi di ferro. La zona più bassa, l’orizzonte C, è costituita dalla roccia madre, debolmente alterata e disgregata, mista ad argilla; verso la base questo orizzonte passa gradatamente alla roccia di fondo integra. I pedologi fanno uso di diversi schemi di classificazione, assai più complessi della semplice distinzione in orizzonti A, B e C, ma lo schema generale rimane praticamente lo stesso per la maggior parte dei suoli.

Risulta utile sottolineare che nei suoli giovani o poco sviluppati può risultare estremamente difficile distinguere le tre zone (Press e Siever, 1985).

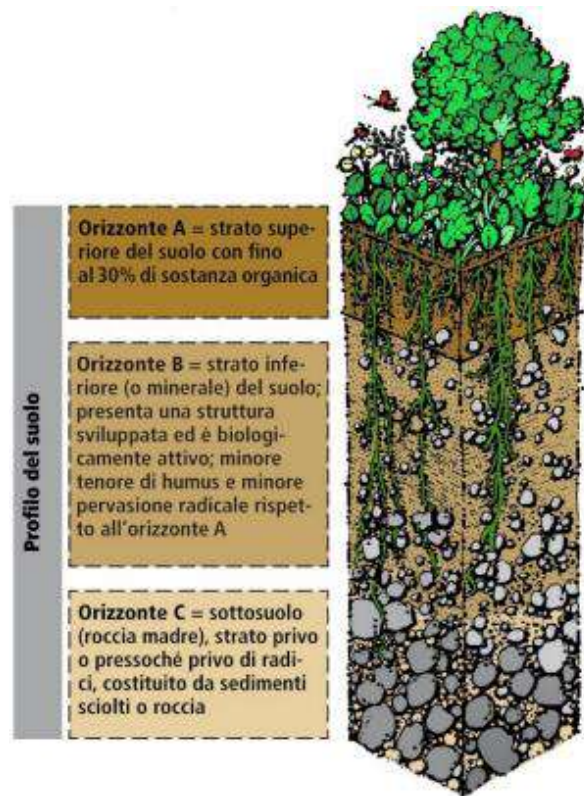


FIGURA 1, STRUTTURA DEL SUOLO E DEFINIZIONE DEGLI ORIZZONTI, fonte: UFAFP, 2001

1.2. Formazione del suolo

Il suolo si forma nel lungo periodo per il susseguirsi di eventi pedogenetici. La pedogenesi è un processo evolutivo che si concreta in due fasi (Cavalli, 2014):

- *Alterazione geologica*: durante questa fase la roccia madre, o materiale parentale, si frantuma per l'azione disagregante dei fattori ambientali. Si forma così il substrato pedogenetico detto regolite che risulta essere composto da roccia disagregata.
- *Alterazione pedologica*: in questa seconda fase il substrato pedogenetico (regolite) è interessato da processi chimici, fisici e biologici che lo trasformano in terreno naturale.

I molteplici fattori che intervengono nella pedogenesi determinano prima l'alterazione della roccia madre e successivamente quella pedologica del substrato. Si esaminano brevemente quali sono i principali fattori pedogenetici (Cavalli, 2014):

- *Fattori climatici*: i principali sono la temperatura dell'aria e le precipitazioni. La temperatura dell'aria condiziona la vita degli organismi che vivono nel suolo e lo svolgersi dei processi chimici che vi avvengono. La temperatura determina indirettamente anche il colore del terreno: nelle regioni calde le terre si tingono di rosso perché le alte temperature favoriscono i processi di ossidazione del ferro; viceversa, nelle regioni fredde le terre non si colorano di rosso perché le basse temperature bloccano le reazioni di alterazione dei minerali ferrosi. Nel suolo l'acqua svolge una duplice azione: chimica, perché nel terreno reagisce con molti minerali che disagrega per idrolisi, fisica, perché cadendo sul terreno sotto forma di precipitazioni o scorrendo su esso sotto forma di corso, esercita un'azione erosiva.
- *Fattori biotici*: i vegetali e gli animali che popolano un ecosistema favoriscono i processi di alterazione e di maturazione del suolo. Gli animali, soprattutto quelli terricoli che compongono la macrofauna (roditori, lombrichi), con la loro attività attuano il rimescolamento della frazione minerale con quella organica garantendo il trasporto e la diffusione degli elementi da un punto all'altro del terreno. I vegetali svolgono un ruolo importante nei processi pedogenetici: la forza sviluppata dall'apparato radicale delle piante contribuisce a frantumare il substrato roccioso e a rendere soffice il terreno; la presenza di vegetali nel terreno permette lo sviluppo di microrganismi che a loro volta generano azione disagregante del substrato; inoltre, le parti morte dei vegetali apportano al terreno notevoli quantitativi di sostanza organica la cui presenza garantisce la sopravvivenza di microrganismi.
- *Fattore antropico*: la presenza dell'uomo influenza lo svolgersi naturale dei processi pedogenetici. Interventi quali la bonifica idraulica dei terreni, la sistemazione dei terreni declivi, le lavorazioni agrarie e le pratiche agronomiche (fertilizzazione) favoriscono e accelerano il processo pedologico.

In molti casi però l'intervento dell'uomo sul terreno naturale porta conseguenze negative. Il disboscamento delle aree collinari e montane, le lavorazioni profonde dei terreni declivi favoriscono l'erosione del suolo e il verificarsi di eventi catastrofici come frane e smottamenti. L'uso di grandi quantitativi di concimi chimici e le coltivazioni agrarie ripetute determinano particolari condizioni ambientali favorevoli all'involuzione pedologica del terreno.

- *Fattori abiotici:* i principali sono il tipo di roccia che compone il substrato e l'orografia del terreno. La composizione chimica della roccia madre determina le caratteristiche chimiche del nuovo suolo. L'orografia determina l'intensità dell'azione distruttiva degli agenti atmosferici, in particolare quella derivante dall'erosione esercitata dall'acqua. Nei terreni in pendenza l'azione fisica dell'acqua (erosione e trasporto del materiale) è prevalente rispetto all'azione chimica. I materiali asportati dalle rocce sono depositati alla base del pendio dalle acque di scorrimento superficiale o trasportati dai torrenti e dai fiumi in luoghi molto lontani. Nel tempo, questo tipo di erosione modella un nuovo profilo del pendio.

1.3. Caratteristiche fisiche del suolo

Le caratteristiche fisiche dei suoli dipendono da numerosi fattori, i più importanti dei quali sono: l'origine, l'età e il tipo di vegetazione presente. Proprio sulla scorta di tali informazioni è possibile decidere circa l'uso più appropriato del suolo, programmando gli interventi agronomici e di urbanizzazione nel rispetto e nella salvaguardia dell'ambiente. Il terreno è costituito da tre fasi distinte ma strettamente correlate tra loro (Cavalli, 2014):

- *Fase solida*: detta anche frazione terrosa, è composta dallo scheletro, dalla terra fine, da colloidali e da sostanze inorganiche. Un parametro importante riguardante le caratteristiche fisiche è la "tessitura", ossia la granulometria del terreno. Le particelle con diametro superiore a 2 mm costituiscono lo scheletro (massi, ciottoli e ghiaia) facilmente individuabili anche a occhio nudo. Quelle a dimensione inferiore formano la terra fine (sabbia, limo, argille). Sulla base del diametro medio delle particelle che compongono il terreno sono state definite alcune classi tessiturali, utili per la classificazione dei suoli. La percentuale in peso dei materiali che compongono la frazione terrosa, suddivisa per classi tessiturali, permette poi di definire la tessitura del suolo in esame. La tessitura condiziona soprattutto il comportamento della fase liquida. Quando le particelle terrose sono finemente sminuzzate, l'acqua risale in superficie per capillarità e mantiene costantemente umidi i primi strati del suolo. Viceversa, nel caso in cui prevalgano le particelle grossolane (oltre il 50%), l'acqua percola facilmente e raggiunge velocemente la falda freatica sottostante, trascinando con sé molti elementi nutrizionali di cui necessita il vegetale per la propria crescita. Il terreno viene così dilavato e impoverito. La tessitura ideale per le coltivazioni è quella definita franca o a medio impasto, nella quale si ha un sostanziale equilibrio tra i tre componenti della terra fine (sabbia, limo e argilla).
- *Fase gassosa*: occupa gli spazi vuoti tra le particelle del suolo, è costituita di ossigeno, azoto, anidride carbonica e altri gas. La quantità d'aria in esso presente varia in funzione della struttura e della tessitura del terreno: è massima nei terreni sciolti e asciutti, nulla in quelli compatti e asfittici oppure saturi d'acqua. L'ossigeno e l'azoto provengono dall'atmosfera e penetrano nel suolo per diffusione (fenomeno fisico per il quale un gas naturalmente si sposta da un sistema in cui è presente a concentrazione elevata a un altro a minore concentrazione), oppure perché trascinati dalle piogge. La loro presenza è indispensabile alla vita sia dei vegetali sia degli animali terricoli. L'ossigeno serve alla respirazione dell'organismo, mentre l'azoto è un elemento nutrizionale fondamentale per la crescita delle piante. La maggior parte dell'anidride carbonica presente nel terreno, a differenza dell'ossigeno e dell'azoto, non è di provenienza atmosferica. Il gas è prodotto infatti in quantità elevate dagli organismi terricoli durante il processo della respirazione.

- *Fase liquida*: è formata da acqua (capillare, igroscopica e di percolazione). La maggior parte dell'acqua percola per gravità nel terreno sottostante fino a quando uno strato impermeabile ne interrompe il deflusso. A questo punto l'acqua inizia a scorrere orizzontalmente nel terreno formando veri e propri fiumi sotterranei. Solo una minima parte d'acqua non si sposta perché trattenuta all'interno dei micropori del suolo. Quest'acqua, che contribuisce a mantenere umido il terreno nei periodi in cui le piogge sono scarse, per capillarità risale dal basso verso la superficie ed è quella che viene assorbita dall'apparato radicale delle piante. Per questo i terreni privi di micropori si seccano velocemente e sono poco adatti a essere coltivati. La principale funzione dell'acqua che circola nel terreno (soluzione circolante) è quella di trasportare da un punto umido del terreno a uno più secco i sali minerali utilizzati dai vegetali come composti nutrizionali. La pianta assorbe la soluzione circolante attraverso le radici, attivando un meccanismo complesso e dispendioso d'energia.

In alcuni casi le tre fasi non sono in equilibrio tra loro e possono condizionare negativamente il normale sviluppo dei vegetali. Nei suoli troppo compatti o saturi d'acqua l'apparato radicale incontra notevoli difficoltà a svolgere le proprie funzioni. Viceversa, in quelli sciolti e siccitosi prevale lo scheletro (ghiaia e sabbia grossa) che determina un'eccessiva porosità all'interno della quale l'acqua percola facilmente.

1.4. Sostanza organica nel suolo

La sostanza organica del suolo rappresenta la più grande riserva terrestre di carbonio, con 1500 miliardi di tonnellate di carbonio organico, mentre nell'atmosfera sono presenti 720 miliardi di tonnellate di carbonio sotto forma di anidride carbonica e solo 560 si trovano nella biomassa vegetale. L'uso di combustili e la deforestazione hanno determinato una forte diminuzione della biomassa vegetale e della sostanza organica del suolo, con conseguente aumento dell'anidride carbonica in atmosfera. La sostanza organica del suolo quindi, oltre all'estrema importanza come fonte di nutrienti per il sistema vegetale, ha anche un enorme ruolo come riserva di carbonio. Infine bisogna sottolineare l'importanza ambientale di preservare la sostanza organica per combattere il disastro socio-economico derivante dal progredire dei fenomeni erosivi e di desertificazione (Cavalli, 2014).

Da qui nasce la necessità di conoscere che cos'è la sostanza organica, come arriva al suolo e come si trasforma, quali sono i fattori che influenzano l'accumulo e infine quali sono le sue funzioni nel sistema suolo.

1.4.1. Caratteristiche della sostanza organica nel suolo

Nel suolo la sostanza organica può essere considerata come una miscela di composti derivati da piante e microrganismi a diversi stadi di degradazione, partendo dai residui biologici freschi fino ad arrivare a composti già quasi trasformati in humus, cioè in materiale organico capace di migliorare la fertilità del suolo. Nella sostanza organica del suolo possiamo trovare:

- sostanze semplici come amminoacidi, zuccheri, acidi organici monocarbossilici e bicarbossilici;
- composti ad alto peso molecolare come polisaccaridi, proteine, acidi nucleici, lipidi e lignine;
- sostanze umiche.

Il contenuto di sostanza organica varia da meno dell'1% nei suoli desertici, a valori medi tra l'1% e il 15% in suoli forestali soprattutto in ambiente montano, a più del 90% nelle torbe (Cavalli, 2014).

1.4.2. Trasformazione della sostanza organica nel suolo

L'evoluzione della sostanza organica del suolo dipende dall'insieme dei processi cui i residui biologici sono sottoposti, quali la mineralizzazione, l'umificazione e l'interazione con la frazione minerale, che controllano la velocità di trasformazione (Cavalli, 2014):

- la *mineralizzazione* della sostanza organica porta ad una decomposizione del materiale organico ad anidride carbonica e acqua.

- *l'umificazione* prevede una serie complessa di reazioni che portano alla formazione di macromolecole con una struttura sempre più lontana da quella d'origine man mano che l'umificazione procede. Si formano così gli acidi fulvici, gli acidi umici e l'umina.
- *l'interazione della sostanza organica con la frazione minerale* avviene attraverso la formazione di legami ionici o per scambio di leganti tra la frazione minerale e i composti organici. Si formano dei complessi molto stabili che aumentano in generale la stabilità del suolo e rallentano i processi di degradazione microbica della sostanza organica.

L'accumulo o la diminuzione di sostanza organica nel suolo dipende anche dalla quantità e qualità dei residui biologici che arrivano al suolo e dal tipo di microflora presente. La velocità di decomposizione della sostanza organica dipende inoltre da altri fattori tra cui le condizioni climatiche, le proprietà del suolo, la necessità di nutrienti da parte della pianta e l'uso del suolo.

1.4.3. Influenza della sostanza organica sulle proprietà chimico-fisiche del suolo

La sostanza organica ha un effetto diretto sulla crescita della vegetazione grazie alla sua influenza sulle proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo. Essa infatti favorendo la strutturazione, facilita le coltivazioni e consente la circolazione di gas e soluzioni all'interno del materasso terroso. La presenza di sostanza organica garantisce una buona porosità, che aumenta l'aerazione e il drenaggio del suolo. Ciò favorisce lo sviluppo delle radici, l'attività della biomassa e l'attuarsi dei cicli degli elementi nutritivi da cui dipende la fertilità del suolo. Inoltre, stimola processi fisiologici e biochimici del metabolismo cellulare e svolge una funzione di filtro permettendo di diminuire gli effetti tossici di metalli pesanti e pesticidi.

La conservazione di una buona struttura del suolo ha poi delle implicazioni ambientali connesse con l'erosione. Infatti, lo sfaldamento degli aggregati e il ruscellamento in seguito a violente piogge portano alla perdita degli strati superficiali più ricchi in materiale nutritivo causando l'impoverimento del suolo, fenomeni di eutrofizzazione e interrimento di canali e fiumi. L'asportazione della sostanza organica tende ad aggravare il fenomeno provocando un progressivo aumento della predisposizione del suolo all'erosione.

La sostanza organica inoltre, influenza la capacità di ritenzione idrica non solo perché aumenta la porosità e migliora la struttura del suolo ma anche perché è in grado di trattenere grandi quantitativi di H₂O come acqua di idratazione. L'acqua trattenuta dalla sostanza organica influenza notevolmente il regime di temperatura del suolo a causa della sua capacità termica. Il suolo infatti si raffredda e si riscalda molto più lentamente quando il contenuto di acqua è elevato (Celi, 2003).

1.5. Capacità d'uso del suolo

La produttività del suolo risulta essere fondamentale per l'uomo e l'ambiente e quindi è utile evidenziare quanto risulti importante l'aspetto della fertilità dei suoli. “La parte più fertile di un suolo è quella che più sta a contatto con l'atmosfera e con i nostri piedi, il cosiddetto topsoil, che ha uno spessore compreso tra i 5 e i 20 cm; qui si concentra la maggior parte di sostanza organica e di microorganismi: il topsoil è lo strato più nutritivo e fertile del suolo. Le coltivazioni dell'uomo utilizzano sostanzialmente questi primi strati per l'agricoltura, il che conferma quanto l'umanità dipenda da questo sottile strato, se paragonato all'estensione totale della superficie terrestre. Bisogna però anche ricordare che tutte le caratteristiche dei suoli concorrono alla determinazione della sua fertilità, anche il fattore umano; l'uomo infatti, nei secoli, ha imparato a gestire i suoli e a non impoverirli, tramite pratiche di sostenibilità” (Locci, 2019).

La capacità d'uso del suolo fornisce una stima della vocazionalità del territorio all'utilizzazione agro-silvo-pastorale e naturalistica. “La classificazione dei suoli più conosciuta è quella introdotta nel 1961 negli Stati Uniti dal Dipartimento dell'Agricoltura (USDA). Questa classificazione prende in considerazione un ventaglio di parametri fisici (profondità utile, tessitura, scheletro, ecc...), parametri chimico fisici (fertilità, l'inondabilità, pendenza ecc...) e altri parametri (l'erosione, il bilancio idrico del suolo ecc...) fino ad individuare tre gruppi:

- i suoli adatti ad uso agricolo;
- i suoli adatti al pascolo e alla forestazione;
- i suoli inadatti ad usi agro-silvo-pastorali.

Grazie a questa, e altre classificazioni è possibile capire la capacità di uso del suolo.” (Locci, 2019).

Il consumo eccessivo e incontrollato di suolo impoverisce il pianeta: nei paesi più poveri il 40% dei suoli è fortemente degradato, nei paesi più benestanti questa percentuale è del 20% (Pileri, 2015). Risulta allora evidente che consumare o degradare suoli che appartengono alle tre classi porta ad una perdita irreversibile delle loro capacità produttive.

1.6. Cause ed effetti del degrado d'uso del suolo

Il suolo, come qualsiasi altro elemento naturale del pianeta, è un corpo estremamente fragile che si rinnova in tempi generalmente molto lunghi ma che può essere distrutto fisicamente in tempi molto brevi o alterato chimicamente e biologicamente, nonostante la sua resilienza, sino alla perdita delle proprie funzioni.

L'incremento demografico, la disordinata espansione dei centri urbani, lo sviluppo industriale, il proliferare delle infrastrutture, l'estrazione delle materie prime, lo sviluppo di pratiche agricole intensive e gli effetti locali dei cambiamenti climatici globali, determinano le principali pressioni sul suolo. Queste pressioni originano o amplificano una serie di processi degradativi alcuni dei quali possono anche incidere sulla salute dei cittadini e mettere in pericolo la sicurezza dei prodotti destinati all'alimentazione umana e animale. Tali minacce legate alla corretta funzionalità dei suoli sono rappresentate da:

- *l'erosione*, ovvero la rimozione di parte del suolo ad opera degli agenti esogeni (vento, acqua), spesso indotta o amplificata da fattori antropici. L'erosione idrica è dovuta alla pioggia e all'azione dell'acqua di ruscellamento e causa la perdita delle sostanze presenti nei primi strati di terreno. Essa può avere effetti anche a distanza: il materiale eroso può convogliarsi nei corpi idrici riducendone la capacità di portata e aumentando il rischio alluvionale, oppure, se nel suolo sono presenti sostanze chimiche (fertilizzanti e pesticidi), queste finiscono nei corsi d'acqua, determinando un inquinamento diffuso. Un fattore antropico che contribuisce ad accelerare l'erosione idrica è la deforestazione, che va a ridurre la protezione del terreno dato dalla copertura vegetale. Ma bisogna considerare anche altri usi, come l'agricoltura e l'allevamento, che possono essere responsabili della compattazione del suolo causata dall'uso di pesanti macchinari o dal pascolo eccessivo degli animali. Il terreno diventa così meno penetrabile dall'acqua, con il risultato che aumenta quella di ruscellamento e con essa i fenomeni erosivi. Un altro fattore antropico che influenza l'erosione è il cambiamento climatico, che modifica i cicli idrologici aumentando, in alcune aree del mondo, la frequenza e l'intensità delle precipitazioni. In un circolo vizioso, l'erosione diminuisce la capacità del suolo di mitigare il riscaldamento globale, perché ne limita il sequestro di carbonio. Uno studio pubblicato su Science Advances nel 2018 suggerisce che l'accelerata erosione che si verifica nei terreni agricoli dell'Unione Europea possa portare a un aumento del 35% del carbonio "eroso" nel periodo 2016-2100 (Romano, 2020).
- la *diminuzione di materia organica*, legata a pratiche agricole non sostenibili, deforestazioni, erosione della parte superficiale del suolo in cui la materia organica è concentrata.
- la *contaminazione locale* (siti contaminati), causata da fonti inquinanti puntuali e la contaminazione diffusa dovuta a molteplici punti di emissione.

- l'*impermeabilizzazione* (sealing), ovvero la copertura permanente di parte del terreno e del relativo suolo con materiale artificiale non permeabile, è un processo di modifica del suolo che perde le caratteristiche di permeabilità indispensabili a garantire lo svolgimento delle sue funzioni naturali. Può essere dovuto a diverse cause, non solo antropiche, ma, in ambito urbano, è di particolare interesse lo studio del fenomeno dell'impermeabilizzazione del suolo legato alla progressiva urbanizzazione del territorio e, nello specifico, alla copertura permanente della superficie del suolo con materiali impermeabili. "Negli ultimi 40 anni, la popolazione europea è cresciuta del 20%, mentre la popolazione urbana è cresciuta praticamente del doppio (40%); inoltre, negli ultimi 20 anni, l'estensione delle aree urbanizzate a livello europeo è aumentata del 20%, contro un aumento della popolazione del 6%" (Barberis, 2005). Attualmente, benché la crescita di popolazione in molte aree urbane si sia stabilizzata, continua lo sviluppo attorno alle periferie dei maggiori centri urbani, portando ad una decentralizzazione dell'uso del territorio urbano. L'aumento del trasporto su strada ha stimolato lo sviluppo di nuove infrastrutture di trasporto e, in particolare, ha incrementato la richiesta di territorio da utilizzare per queste nuove infrastrutture (EEA, 2002, 2003).
- la *compattazione*, causata da eccessive pressioni meccaniche, conseguenti all'utilizzo di macchinari pesanti o al sovrapascolamento. "La compattazione influenza negativamente sia la crescita sia la fisiologia della pianta, con effetto più intenso nei suoli argillosi rispetto a quelli sabbiosi. Dal punto di vista morfologico, significativo risulta essere l'effetto sulla lunghezza della radice principale, sulla crescita in altezza e sulla biomassa. Relativamente alla fisiologia, la compattazione riduce significativamente la fotosintesi netta e il potenziale idrico, mentre non influisce sul contenuto di azoto nelle foglie" (Cambi et al., 2018).
- la *salinizzazione*, ovvero l'accumulo naturale (salinizzazione primaria) o antropicamente indotto (salinizzazione secondaria) nel suolo di sali solubili.
- le *frane*, "Si intende qualsiasi movimento di una massa di roccia o terreno lungo un pendio, sotto l'azione della gravità" (Clerici, 2013).
- le *alluvioni*, ovvero l'inondazione dovuta allo straripamento di corsi d'acqua.
- la *perdita della biodiversità*, indotta dalle altre minacce, che determina lo scadimento di tutte le proprietà del suolo.
- la *desertificazione*, intesa come ultima fase del degrado del suolo.

La risorsa suolo deve essere, quindi, protetta e utilizzata nel modo idoneo, in relazione alle sue proprietà, affinché possa continuare a svolgere la propria funzione sul pianeta (ISPRA, 2016).

2. CAPITOLO 2. Consumo di suolo

2.1. Definizioni del consumo di suolo

“Terreni e suoli sono risorse fragili e limitate, soggette alla pressione di una sempre crescente ricerca di spazio: l'espansione urbana e l'impermeabilizzazione del suolo consumano la natura e trasformano preziosi ecosistemi in deserti di cemento” (Commissione Europea, 2021).

Il consumo di suolo “è un processo associato alla perdita di una risorsa ambientale fondamentale, limitata e non rinnovabile, dovuta all'occupazione di una superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale (suolo non consumato) con una copertura artificiale (suolo consumato). È un fenomeno legato alle dinamiche insediative e infrastrutturali ed è prevalentemente dovuto alla costruzione di nuovi edifici, fabbricati e insediamenti, all'espansione delle città, alla densificazione o alla conversione di terreno entro un'area urbana, all'infrastrutturazione del territorio” (ISPRA, 2023).

Prendendo a riferimento la legislazione locale, si rende nota la definizione proposta dalla legge regionale lombarda, dove il consumo di suolo risulta essere “la trasformazione, per la prima volta, di una superficie agricola da parte di uno strumento di governo del territorio, non connessa con l'attività agro-silvo-pastorale, esclusa la realizzazione di parchi urbani territoriali e inclusa la realizzazione di infrastrutture sovra comunali” (L.R. n. 31/2014).

La copertura del suolo (Land Cover) è la copertura biofisica della superficie terrestre, che comprende le superfici artificiali, le zone agricole, i boschi e le foreste, le aree seminaturali, le zone umide, i corpi idrici, come definita dalla direttiva 2007/2/CE. “Land take can be defined as the increase in artificial areas over time” (EEA, 2021), dove per copertura artificiale si intende “tutte le superfici dove il paesaggio è stato modificato o è influenzato da attività di costruzione sostituendo le superfici naturali con strutture artificiali abiotiche 2D/3D o con materiali artificiali. Le aree verdi in ambiente urbano non sono considerate superfici artificiali” (EEA, 2019). Secondo questa definizione, solo una parte dell'area di insediamento è davvero artificiale, poiché giardini, parchi urbani e altri spazi verdi non devono essere considerati. Rientrano, invece, tra le superfici artificiali anche quelle presenti nelle zone agricole e naturali (Commissione Europea, 2013). La copertura artificiale può essere di tipo permanente (edifici, fabbricati, infrastrutture pavimentate o ferrate, altre aree pavimentate o dove sia avvenuta un'impermeabilizzazione permanente del suolo) o di tipo reversibile (aree non pavimentate con rimozione della vegetazione e asportazione o compattazione del terreno dovuta alla presenza di infrastrutture, cantieri, piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi o depositi permanenti di materiale; impianti fotovoltaici a terra; aree estrattive non “rinaturalizzate”; altre coperture

artificiali non connesse alle attività agricole in cui la rimozione della copertura ripristini le condizioni naturali del suolo).

L'impermeabilizzazione del suolo, ovvero la copertura permanente di parte del terreno e del relativo suolo con materiali artificiali per la costruzione costituisce la forma più evidente e più diffusa di copertura artificiale. Altre forme di consumo di suolo vanno dalla perdita totale della risorsa suolo attraverso la rimozione per escavazione (comprese le attività estrattive a cielo aperto), alla perdita parziale, più o meno rimediabile, della funzionalità della risorsa a causa di fenomeni quali, ad esempio, la compattazione in aree non asfaltate adibite a parcheggio. L'impermeabilizzazione può avvenire sia su aree non consumate, sia su aree già consumate ma non ancora impermeabilizzate. Essa comporta un rischio accresciuto di inondazioni, contribuisce ai cambiamenti climatici, minaccia la biodiversità, provoca la perdita di terreni agricoli fertili e aree naturali e seminaturali, contribuisce insieme alla diffusione urbana alla progressiva e sistematica distruzione del paesaggio, soprattutto rurale e alla perdita delle capacità di regolazione dei cicli naturali e di mitigazione degli effetti termici locali (Commissione Europea, 2012). La copertura con materiali impermeabili è probabilmente l'uso più impattante che si può fare della risorsa suolo poiché ne determina la perdita totale o una compromissione permanente della sua funzionalità tale da limitare/inibire il suo insostituibile ruolo nel ciclo degli elementi nutritivi. L'impermeabilizzazione deve essere, per tali ragioni, intesa come un costo ambientale, risultato di una diffusione indiscriminata delle tipologie artificiali di uso del suolo che porta al degrado delle funzioni ecosistemiche e all'alterazione dell'equilibrio ecologico (ISPRA, 2022).

Come già sottolineato precedentemente, tra le forme di degrado che affliggono il suolo europeo, quella legata alla perdita di suolo dovuta a cambiamenti d'uso, a favore di infrastrutture, edifici, discariche, cave o altri interventi che comportano la rimozione del suolo e della sua vegetazione, rappresenta la forma più aggressiva e forma meno reversibile. Per quanto riguarda il territorio italiano si tratta certamente di una minaccia prioritaria, che ha già causato una perdita di territorio quantificata dall'ISPRA pari al 7,6% della superficie nazionale: una regione estesa quanto la Toscana. Sebbene altri Paesi europei come Olanda, Belgio, Germania, abbiano livelli di consumo di suolo paragonabili o addirittura superiori, il dato del nostro Paese è allarmante in relazione all'orografia: il consumo di suolo, infatti, è concentrato nelle zone di pianura, nel Nord e nelle fasce costiere, che in una regione dalla morfologia accidentata come l'Italia rappresenta una risorsa regionale scarsa e preziosa. Inoltre, il consumo di suolo è in diretto conflitto con l'uso produttivo, portando alla perdita, soprattutto, di terreni agricoli. L'incremento registrato fino ad oggi è significativo: a partire dagli anni Cinquanta la superficie totale di suolo urbanizzato è triplicata, con una crescita che non si riflette nella demografia, ma è più legata alla crescita impetuosa delle infrastrutture stradali e, associata a questa, alla crescente dispersione insediativa, iniziata come "sprawl" abitativo (crescita degli insediamenti diffusi, delle periferie, delle città satellite, dell'abusivismo edilizio) e consolidata

dal più recente decentramento degli insediamenti industriali, commerciali e del terziario (<https://soil4life.eu/en/il-consumo-del-suolo/>). Per quanto riguarda l'intero territorio europeo, la copertura del territorio europeo è rimasta relativamente stabile dal 2000. Dal grafico in *Figura 2* è possibile analizzare la suddivisione della copertura del suolo a livello territoriale europeo.

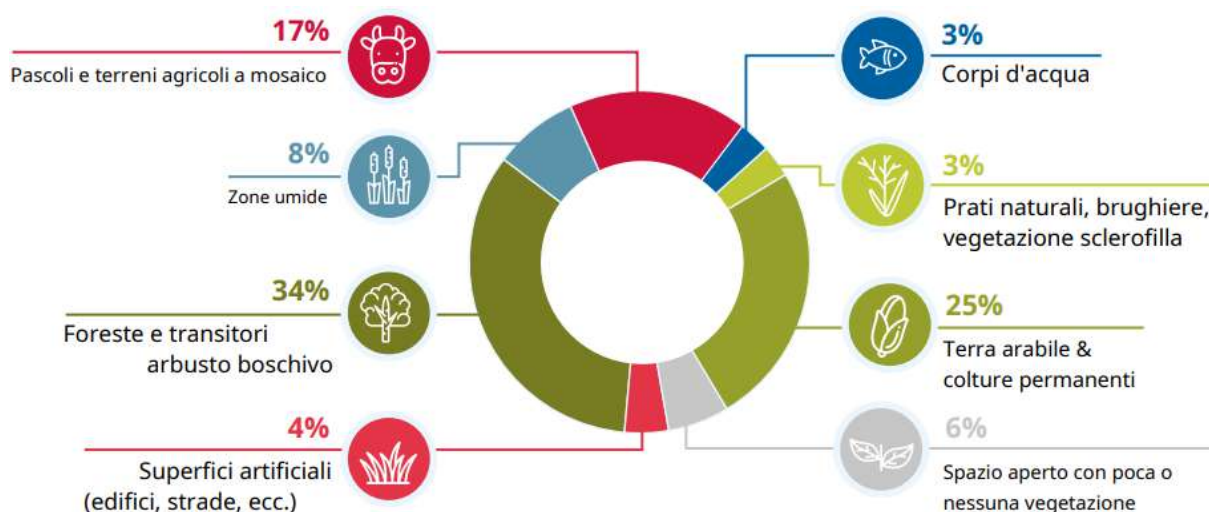


FIGURA 2, COPERTURA DEL SUOLO IN EUROPA, fonte: EEA, 2019

Ne emerge che circa il 25% della superficie di suolo è coperto da terreni arabili e colture permanenti, il 17% da pascoli e il 34% da foreste. Sebbene le superfici artificiali coprano meno del 5 % dell'intero territorio europeo, dall'anno 2000 un'area considerevole è stata comunque sigillata (coperta da cemento o asfalto) a discapito della superficie totale utilizzata per l'agricoltura. La notizia confortante, però, è che il tasso di aumento delle superfici artificiali è rallentato negli ultimi anni (EEA, 2019).

L'uso del suolo (Land Use), trasformazione territoriale che si intreccia, ma deve essere distinta dall'analisi del consumo di suolo, è inteso come un riflesso delle interazioni tra l'uomo e la copertura del suolo e costituisce quindi una descrizione relativa alla modalità di impiego del suolo nelle attività antropiche. La direttiva 2007/2/CE lo definisce come una classificazione del territorio in base alla dimensione funzionale o alla destinazione socioeconomica presenti e programmate per il futuro (ad esempio: residenziale, industriale, commerciale, agricolo, silvicolo, ricreativo). Un cambio di uso del suolo (e ancora meno un cambio di destinazione d'uso del suolo previsto da uno strumento urbanistico) potrebbe non avere alcun effetto sullo stato reale del suolo, che potrebbe mantenere intatte le sue funzioni e le sue capacità di fornire servizi ecosistemici, e quindi non rappresentare un reale consumo di suolo. Al contrario, forme significative di consumo di suolo potrebbero essere rilevate anche in aree a destinazione agricola. La necessità di rilevare separatamente le classi di copertura e di uso del suolo è riconosciuta anche nell'ambito dello European Land Use Land Cover (LULC) monitoring and reporting obligations a cura dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (ISPRA, 2016).

La rappresentazione del consumo di suolo è, quindi, data dal crescente insieme di aree a copertura artificiale (impermeabilizzate o non impermeabilizzate) e, in particolare, da edifici, fabbricati, infrastrutture e altre costruzioni, aree estrattive, discariche, cantieri, aree pavimentate, in terra battuta, ricoperte da materiali artificiali, pannelli fotovoltaici, non necessariamente in aree urbane. Tale definizione si estende, pertanto, anche in ambiti rurali e naturali ed esclude, invece, le aree aperte, naturali e seminaturali, in ambito urbano, che, indipendentemente dalla loro destinazione d'uso, non rappresentano forme di consumo di suolo ma in cui, al contrario, dovrebbero essere evitate nuove coperture artificiali. Anche la densificazione urbana, se intesa come una nuova copertura artificiale del suolo all'interno di un'area urbana, rappresenta una forma di consumo di suolo. Nella *Figura 3* è riportato un esempio di consumo di suolo.

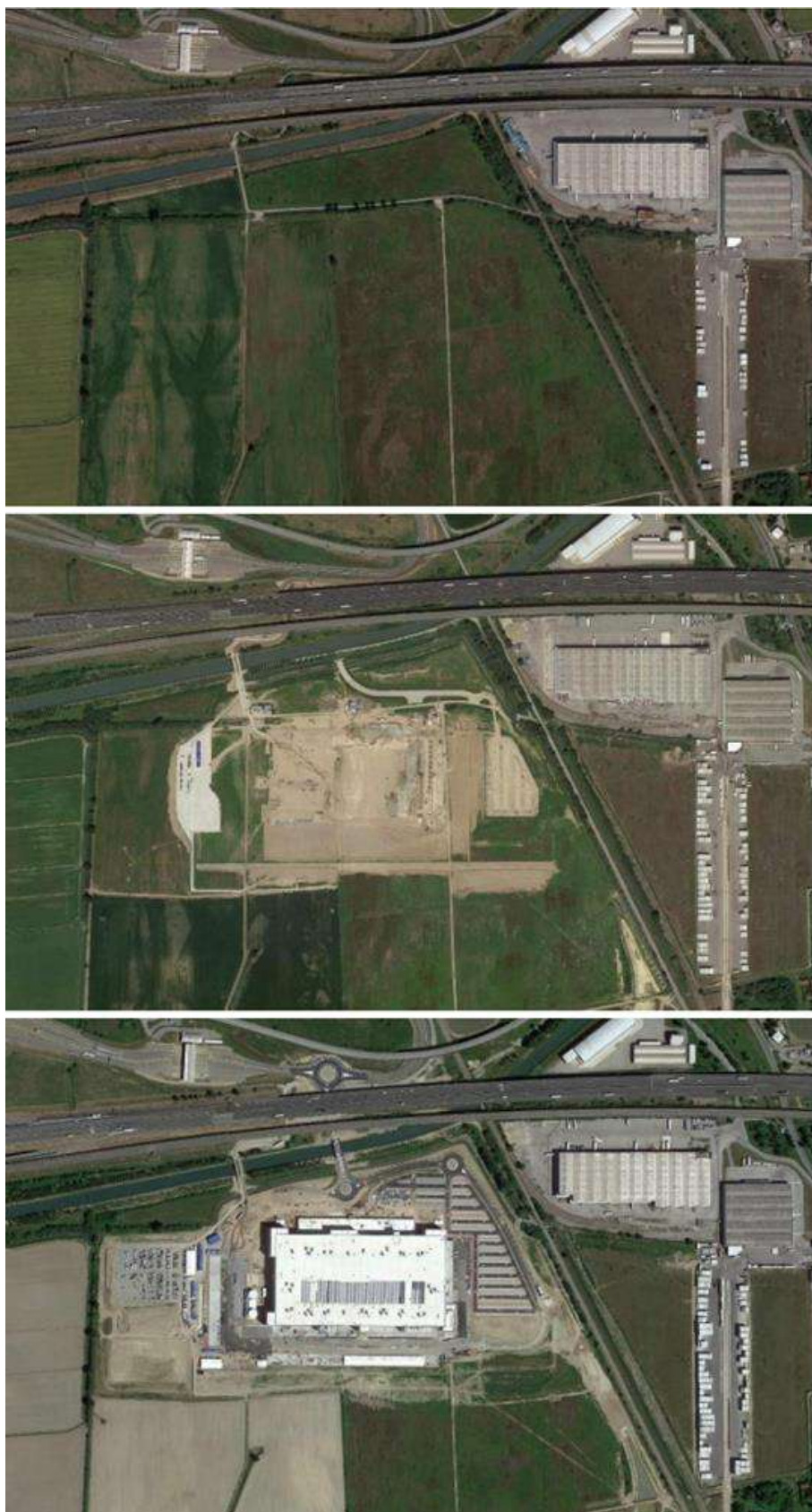


FIGURA 3, UN ESEMPIO DI CONSUMO DI SUOLO A NOVARA PER LA REALIZZAZIONE DI UN POLO LOGISTICO DI 23 ETTARI TRA L'AREA DI CANTIERE E QUELLA EDIFICATA. DALL'ALTO AL BASSO LE IMMAGINI SATELLITARI DELL'AREA NEGLI ANNI 2020, 2021, 2022, fonte: ISPRA, 2022

Il consumo di suolo netto viene valutato attraverso il bilancio tra il consumo di suolo e l'aumento di superfici agricole, naturali e seminaturali dovuto a interventi di recupero, demolizione, de-impermeabilizzazione, rinaturalizzazione o altro (Commissione Europea, 2012). La Commissione ha chiarito che "azzeramento del consumo di suolo netto" significa evitare l'impermeabilizzazione di aree agricole e di aree aperte, anche in ambito urbano, e, per la componente residua non evitabile, compensarla attraverso la rinaturalizzazione di un'area di estensione uguale o superiore, che possa essere in grado di tornare a fornire i servizi ecosistemici forniti da suoli naturali (Commissione Europea, 2016). Va specificato che il solo obiettivo del consumo di suolo netto zero, rischia di non intervenire sulla qualità degli interventi ma solo sul bilancio complessivo, pertanto è necessario accompagnarlo con misure per impedire consumi inutili e limitarli alla componente non evitabile. Inoltre, va sempre rafforzata la considerazione del suolo in quanto risorsa unica, rara e non riproducibile nella definizione dell'eventuale compensazione, anche perché, ad esempio, se un terreno agricolo impermeabilizzato venisse "neutralizzato statisticamente" per una zona verde in città, si avrebbe comunque un effetto di degradazione del suolo netta (ISPRA, 2022).

Pianificare, programmare, realizzare reti connesse di aree naturali, ma anche seminaturali (aree per esempio agricole o periurbane) è fondamentale per assicurare, mantenere e sviluppare una serie di servizi ecosistemici. Il concetto di servizi ecosistemici, intesi come i benefici che il capitale naturale offre all'uomo, è stato oggetto di un crescente interesse per le sue applicazioni sia a livello globale, regionale e negli ultimi anni anche alla scala della pianificazione locale. Lo studio dei servizi ecosistemici del suolo è utile per valutare gli effetti prodotti dal consumo di suolo e, per questo, dal 2016 viene proposto sperimentalmente da ISPRA a scala nazionale per favorire la considerazione del valore del suolo come risorsa non rinnovabile e scarsa, che costituisce la piattaforma della vita e che non è sostituibile da tecnologia o innovazione, e che costituisce in ultima analisi un bene comune, da tutelare nell'interesse collettivo (<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/suolo/il-consumo-di-suolo/i-servizi-ecosistemici-del-suolo>).

Questi servizi, forniti dal suolo in condizioni naturali e illustrati nella *Figura 4*, sono di vari tipi: di *approvvigionamento* (cibo, acqua, legname ecc.), di *regolazione* (del clima, del ciclo delle acque, delle precipitazioni ecc.), di *supporto* (la fotosintesi, la formazione del suolo, la depurazione dell'aria e delle acque ecc.), di *benessere* (di attività culturali, educative, ricreative ecc.).

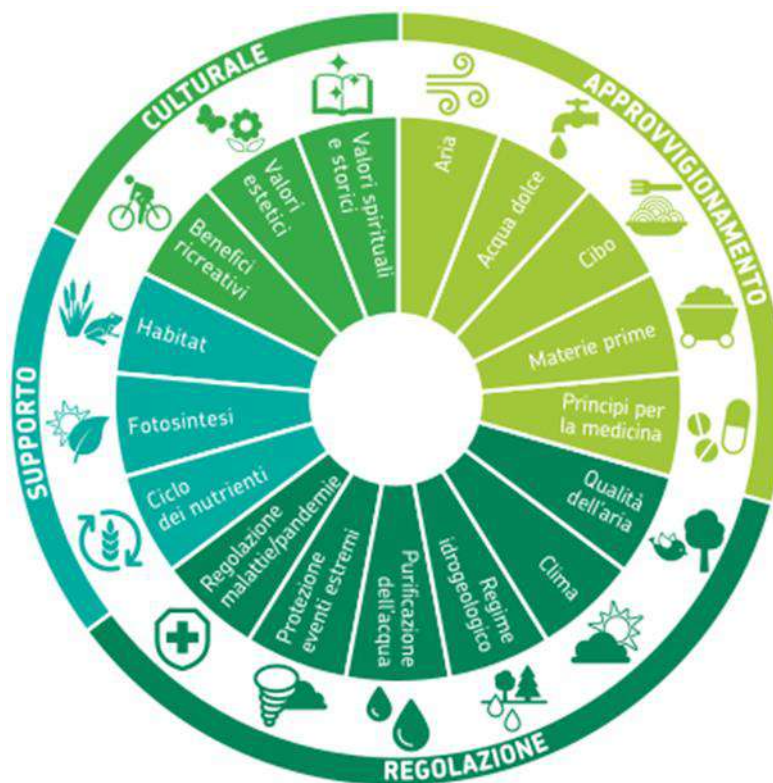


FIGURA 4, I SERVIZI ECOSISTEMICI, fonte: ARPA-ANNUARIO DEI DATI AMBIENTALI, 2020

Il benessere di qualunque popolazione umana del pianeta dipende fondamentalmente e direttamente dai servizi ecosistemici, che sono utilizzati nella convinzione che la loro disponibilità sia illimitata e sono considerati alla stregua di prodotti gratuiti, il cui vero valore non è apprezzato fino in fondo. In realtà, inquinamento, prelievi, consumo di suolo stanno intaccando e riducendo i servizi ecosistemici, depauperando la biodiversità, compromettendo la resilienza del territorio. La realizzazione di infrastrutture verdi concorre a mantenere e a valorizzare i servizi ecosistemici e fermarne il degrado.

Secondo il Common International Classification of Ecosystem Services, i servizi ecosistemici possono essere classificati secondo tre livelli (Corona Verde, 2020):

- *servizi di approvvigionamento*, sono quelli che forniscono al genere umano prodotti e risorse provenienti dagli ecosistemi quali: alimentazione: prodotti agricoli, acqua potabile; materiali: materiali e fibre vegetali, legno; energia: da fonti vegetali come i combustibili legnosi e le colture energetiche (bioetanolo dalla canna da zucchero), energia idroelettrica, energia eolica.
- *servizi di regolazione e mantenimento*, forniscono benefici al genere umano attraverso la regolazione degli ecosistemi stessi, comprendendo lo smaltimento di rifiuti/tossine/altri fenomeni di alterazione, la regolazione dei flussi (di materia, liquidi e gassosi) e il mantenimento in uno stato di funzionalità delle condizioni fisiche, chimiche e biologiche degli ecosistemi stessi.

- *servizi di benessere*, sono i benefici non materiali che gli esseri umani ricevono dagli ecosistemi. Sono suddivisi in: uso degli ecosistemi per il tempo libero, per camminare o praticare sport, o per scopi didattici; fruizione estetica, quindi il godere di un determinato paesaggio o panorama e dei suoi aspetti caratteristici; fruizione spirituale e simbolica, derivante dal piacere offerto dall'esistenza di specie animali e vegetali e di paesaggi emblematici.

2.2. Cause ed effetti del consumo di suolo

La distorta percezione sociale riguardo all'importanza del suolo per l'equilibrio ambientale, ne determina frequentemente il suo uso o abuso, della sua sostanziale non rinnovabilità e degli impatti derivanti dalla perdita delle sue funzioni. Le scorrette pratiche agricole, la diffusione insediativa, delle attività economiche e delle infrastrutture possono originare gravi processi degradativi che limitano o inibiscono totalmente la funzionalità del suolo, tali da renderne estremamente oneroso ed economicamente poco vantaggioso il possibile ripristino.

Al fine di rappresentare sinteticamente il complesso dei principali processi, cause ed effetti, si utilizza il modello DPSIR (Determinanti, Pressioni, Stato, Impatti, Risposte) concepito dall'Agenzia Europea per l'Ambiente e adattato al caso specifico del consumo di suolo (Figura 5).

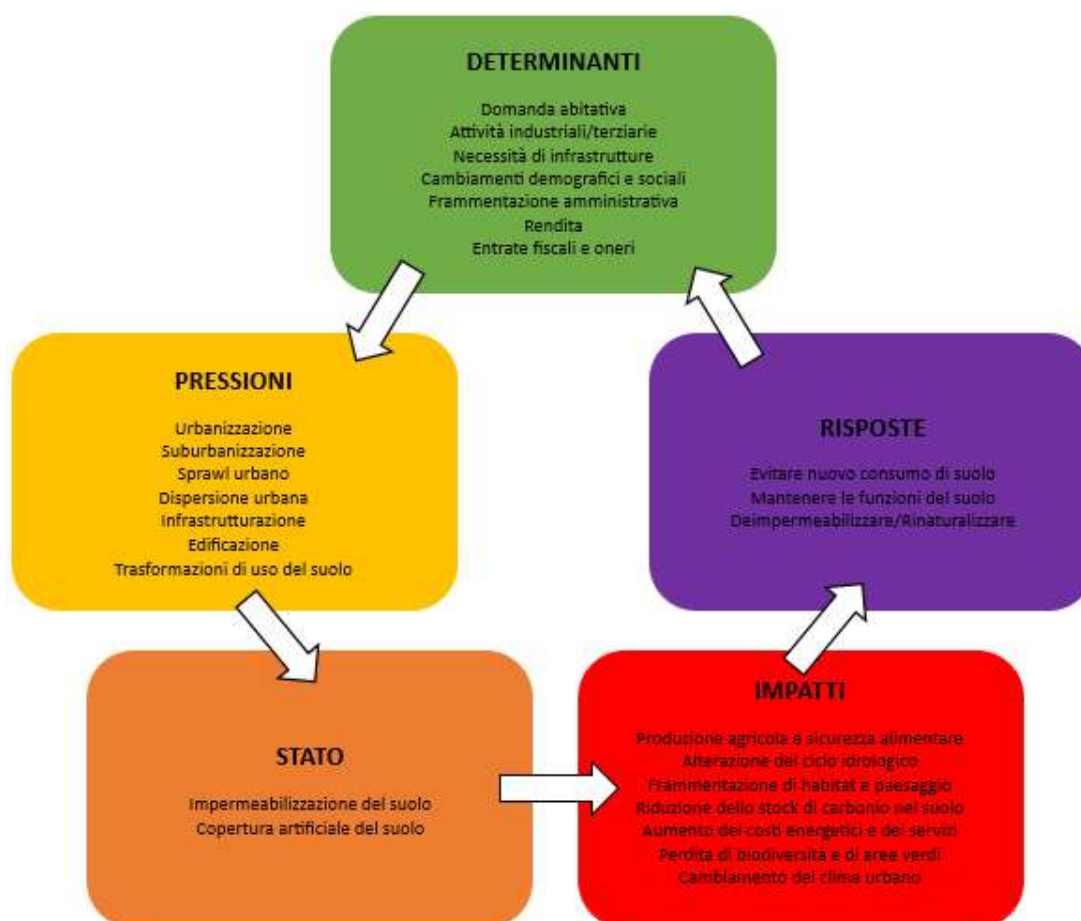


FIGURA 5, MODELLO DPSIR (DETERMINANTI, PRESSIONI, STATO, IMPATTI, RISPOSTE) APPLICATO AL CONSUMO DI SUOLO, fonte: ISPRA 2016

Le cause che portano al consumo di suolo sono molteplici. In particolare, facendo riferimento alla *Figura 5*, le principali *cause* determinanti del consumo di suolo si possono identificare nella domanda abitativa, nella necessità di nuovi insediamenti per attività industriali o attività terziarie, nella richiesta di infrastrutture per il trasporto e la mobilità e nelle altre attività antropiche che portano a cambiamenti nell'uso del suolo. Le diverse attività sociali ed economiche, infatti, dipendono dalla realizzazione e dalla disponibilità di aree artificiali. Hanno, però, un ruolo importante anche la rendita fondiaria e immobiliare, la possibilità di utilizzare le entrate fiscali e gli oneri di urbanizzazione per assicurare entrate finanziarie e per fornire servizi, l'elevata frammentazione amministrativa, la poco diffusa conoscenza e la scarsa consapevolezza delle funzioni del suolo e della loro importanza per il nostro benessere e per l'economia, le norme assenti o poco efficaci, le previsioni di espansione non sempre ben dimensionate degli strumenti urbanistici.

Fattori quali l'invecchiamento della popolazione, il numero sempre minore di residenti nei centri storici o i processi intensi di suburbanizzazione incidono significativamente nel generare *pressioni* sulla matrice considerata. Tuttavia, l'Agenzia Europea dell'Ambiente evidenzia che l'espansione delle città riflette più il cambiamento di stili di vita e di modelli di consumo, che la crescita demografica. Inoltre, i nuovi modelli sociali ed economici hanno ormai fortemente alterato il rapporto tra una città compatta e densa e un tessuto esterno prevalentemente agricolo e naturale. I piani urbanistici e territoriali hanno molte volte assecondato questo orientamento, con previsioni di espansioni eccessive, anche perché le nuove edificazioni consentono di acquisire importanti risorse economiche con gli oneri di urbanizzazione e con la tassazione degli immobili.

L'effetto è, quindi, che soprattutto ai margini delle aree urbane esistenti e in corrispondenza di aree a bassa densità, si generano pressioni elevate sulle aree agricole, naturali e semi naturali, caratterizzate da uno *stato* di incremento di superfici con copertura artificiale e di aree impermeabilizzate.

In queste aree, come rappresentato in *Figura 6*, gli *impatti* sono significativi e portano alla riduzione o alla perdita delle funzioni del suolo, a impatti negativi sui servizi ecosistemici e sulla biodiversità, alla frammentazione del paesaggio, al possibile peggioramento della qualità della vita nelle città. In particolare, l'incremento della copertura artificiale a scapito di superficie agricola, naturale o seminaturale, causa una profonda alterazione biofisica del suolo, che nella gran parte dei casi risulta irreversibile. Questo rende critica la condizione di disponibilità di questa risorsa naturale che è, inoltre, sostanzialmente non rinnovabile, a causa dei tempi estremamente lunghi di formazione e di ripristino del suolo. Un altro aspetto da considerare è che il deterioramento del suolo ha ripercussioni dirette sulla qualità delle acque e dell'aria, sui cambiamenti climatici, sulla sicurezza dei prodotti destinati all'alimentazione umana e animale e impatta direttamente sulla salute dei cittadini.

Possibili *risposte*, come sintetizzato in *Figura 6*, riguardano la limitazione o l'azzeramento del consumo e dell'impermeabilizzazione del suolo, il mantenimento di alcune funzioni del suolo anche in caso di nuove costruzioni, oppure l'implementazione di misure di deimpermeabilizzazione e di rinaturalizzazione di aree artificiali. La miglior risposta sarebbe quella di orientare lo sviluppo urbano verso il riutilizzo di aree già costruite, compresi i siti industriali dismessi, privilegiando, al contempo, tecniche costruttive che consumano meno suolo salvaguardando soprattutto la permeabilità (ISPRA, 2016).



FIGURA 6, SINTESI GRAFICA DEGLI IMPATTI E DELLE RISPOSTE, fonte: EEA, 2019

2.3. Strategie per una risposta efficace al fenomeno del consumo di suolo

Data l'importanza vitale del suolo, molte iniziative politiche globali e dell'UE affrontano direttamente e indirettamente il territorio e il suolo. Quindi, partendo da un livello molto più generale (Agenda 2030), rispetto alla dinamica delle risposte al consumo di suolo, e giungendo alle iniziative effettive che sono state pensate a livello mondiale, europeo e nazionale, in questo paragrafo si riassumono le principali azioni messe in atto sulla tematica del consumo di suolo.

L'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile, adottata da tutti gli Stati membri delle Nazioni Unite nell'anno 2015 a New York, fornisce un progetto condiviso per la pace e la prosperità per le persone e il pianeta, nel presente e nel futuro. Al centro ci sono i 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG) (Figura 7), che rappresentano un appello urgente all'azione da parte di tutti i paesi (sviluppati e in via di sviluppo) in una partnership globale.



FIGURA 7, RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEI 17 OBIETTIVI DI SVILUPPO SOSTENIBILE (SDG): SCONFIGGERE LA POVERTÀ, SCONFIGGERE LA FAME, SALUTE E BENESSERE, ISTRUZIONE DI QUALITÀ, PARITÀ DI GENERE, ACQUA PULITA E SERVIZI IGIENICO-SANITARI, ENERGIA PULITA E ACCESSIBILE, LAVORO DIGNITOSO E CRESCITA ECONOMICA, IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE, RIDURRE LE DISUGUAGLIANZE, CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI, CONSUMO E PRODUZIONE RESPONSABILI, LOTTA CONTRO IL CAMBIAMENTO CLIMATICO, VITA SOTT'ACQUA, VITA SULLA TERRA, PACE, GIUSTIZIA E ISTITUZIONI SOLIDE, PARTNERSHIP PER GLI OBIETTIVI, fonte: ISTAT, 2023

Tali obiettivi, riconoscono che porre fine alla povertà e ad altre privazioni deve andare di pari passo con strategie che migliorino la salute e l'istruzione, riducano le disuguaglianze e stimolino la crescita economica, il tutto affrontando il cambiamento climatico e lavorando per preservare gli oceani e le foreste. L'attuazione dell'Agenda 2030 richiede un forte coinvolgimento di tutte le componenti della società, dalle

imprese private al settore pubblico, dalla società civile agli operatori dell'informazione e cultura (<https://unric.org/it/agenda-2030/>).

E' importante sottolineare che molti di questi SGD non possono essere raggiunti senza la presenza di suoli sani e un uso sostenibile del territorio. Di seguito, in *Figura 8*, viene riportata una panoramica degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile caratterizzati da forti legami con il suolo.



FIGURA 8, RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEGLI OBIETTIVI DI SVILUPPO SOSTENIBILE CHE SONO CARATTERIZZATI DA FORTI LEGAMI CON IL SUOLO, fonte: EEA , 2019

In particolare, come riportato in *Figura 8*, gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile caratterizzati da forti legami con il suolo sono:

- **Obiettivo 2: Sconfiggere la fame.** Per poter raggiungere tale obiettivo è necessario migliorare la qualità della terra e del suolo per porre fine alla fame, raggiungere la sicurezza alimentare e promuovere un'agricoltura sostenibile;
- **Obiettivo 3: Salute e benessere.** Per poter raggiungere tale obiettivo è necessario procedere prevenendo che sostanze chimiche pericolose e inquinamento dell'aria e dell'acqua contaminino il suolo. Inoltre, la riduzione del degrado del suolo può aiutare ad aumentare la produzione di cibo;

- *Obiettivo 6: Acqua pulita e servizi igienico-sanitari.* Per poter raggiungere tale obiettivo è necessario preservare la qualità del suolo per il ruolo che svolge nel contribuire a fornire acqua pulita per uso potabile e per l'agricoltura;
- *Obiettivo 11: Città e comunità sostenibili.* Per poter raggiungere tale obiettivo è necessario garantire la protezione del territorio e del suolo mentre salvaguardano il patrimonio culturale e naturale;
- *Obiettivo 12: Consumo e produzione responsabili.* Per poter raggiungere tale obiettivo è necessario assicurarsi che le sostanze chimiche e i rifiuti non si diffondano nell'aria, nell'acqua e nel suolo, cosa che può avere effetti negativi sulla salute dell'essere umano e sull'ambiente. Ecco perché è importante gestire in modo sostenibile e utilizzare in modo efficiente le risorse del suolo;
- *Obiettivo 13: Lotta contro il cambiamento climatico.* Per poter raggiungere tale obiettivo è necessario adottare misure urgenti per combattere gli impatti dovuti al cambiamento climatico. Il suolo può svolgere un ruolo positivo riducendo gli impatti del cambiamento climatico, sequestrando la CO₂, gestendo in modo sostenibile le risorse e ripristinando i suoli degradati;
- *Obiettivo 15: Vita sulla terra.* Per poter raggiungere tale obiettivo è necessario garantire disponibilità e gestione sostenibile di acqua e servizi igienico-sanitari per tutti, preservando la qualità del suolo per il ruolo che svolge nel contribuire a fornire acqua pulita per uso potabile e per l'agricoltura (EEA, 2019).

Al momento della definizione degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG) sono stati indicati alcuni target di particolare interesse per il territorio e per il suolo, da integrare nei programmi nazionali a breve e medio termine e da raggiungere entro il 2030, ossia:

- assicurare che il consumo di suolo non superi la crescita demografica (Indicatore SDG 11.3.1);
- assicurare l'accesso universale a spazi verdi e spazi pubblici sicuri, inclusivi e accessibili;
- raggiungere un land degradation neutral world, quale elemento essenziale per mantenere le funzioni e i servizi ecosistemici (Indicatore SDG 15.3.1).

Con la sottoscrizione dell'Agenda, tutti i paesi, compresa l'Italia hanno accettato di partecipare ad un processo di monitoraggio di questi obiettivi gestito dalla Commissione Statistica delle Nazioni Unite, attraverso un sistema di indicatori, tra cui alcuni specifici sul consumo di suolo, sull'uso del suolo e sulla percentuale del territorio soggetto a fenomeni di degrado (ISPRA, 2023).

A livello europeo, vengono proposti dei provvedimenti che mirano a proteggere e ripristinare i suoli e a garantire che siano utilizzati in modo sostenibile. Le politiche dell'UE legate al suolo includono:

- *EU's biodiversity strategy for 2030*, è un piano a lungo termine per proteggere la natura e invertire il degrado degli ecosistemi. La strategia per il suolo è un elemento cruciale in questo senso.

- *EU soil strategy for 2030*, fornisce il quadro e le misure concrete per proteggere e ripristinare i suoli e garantire che siano utilizzati in modo sostenibile.
- come risultato della strategia per il suolo, nel luglio 2023 la Commissione europea ha proposto una nuova *Legge sul Monitoraggio del Suolo (Soil Monitoring Law)* per proteggere e ripristinare i suoli e garantire che siano utilizzati in modo sostenibile.

Alcune di queste politiche non riescono a fissare obiettivi e impegni. Ciò è particolarmente vero quando si tratta di proteggere le condizioni del suolo. Invece, in altri settori in cui esistono obiettivi, compresi quelli legati alla protezione della natura e della biodiversità, l'UE non sta raggiungendo gli obiettivi politici prefissati (<https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/soil>).

Infine, a livello nazionale è stato istituito il Piano per la Transizione Ecologica (PTE) che ha fissato l'obiettivo di arrivare a un consumo di suolo netto pari a zero entro il 2030, anticipando di vent'anni l'obiettivo europeo fissato nel 2050, e allineandosi alla data fissata dall'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile. L'azzeramento del consumo di suolo, secondo il PTE, deve avvenire sia minimizzando gli interventi di artificializzazione, sia aumentando il ripristino naturale delle aree più compromesse, quali gli ambiti urbani e le coste, ed è considerato una misura chiave anche per l'adattamento ai cambiamenti climatici (ISPRA, 2023).

2.4. Monitoraggio del consumo di suolo in UE e in Italia

In questo paragrafo si analizzano sinteticamente le attività di monitoraggio del territorio in termini di uso, copertura e consumo di suolo. Prendendo a riferimento il territorio italiano, tali attività sono assicurate dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) come previsto dalla L.132/2016 e permettono di avere un quadro aggiornato annualmente dell'evoluzione dei fenomeni di consumo di suolo, delle dinamiche di trasformazione del territorio e della crescita urbana, in particolare, attraverso la produzione di cartografia tematica e l'elaborazione di indicatori specifici.

La L.132/2016 prevede che il SNPA assicuri il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo attraverso la redazione di cartografia tematica e l'utilizzo di reti di monitoraggio puntuali o di tecniche di Earth Observation per la classificazione della copertura del suolo. Il SNPA si è, quindi, organizzato per assicurare le attività di monitoraggio, costituendo un'apposita "rete tematica" per il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo, coordinata dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), a cui partecipano le 21 Agenzie per la protezione dell'ambiente delle Regioni e delle Province Autonome (ARPA-APPA).

Il monitoraggio avviene attraverso la realizzazione di una cartografia nazionale del consumo di suolo su base raster (griglia regolare) di 10x10m, prodotto secondo un sistema di classificazione il cui primo livello suddivide l'intero territorio in suolo consumato e suolo non consumato. Le elaborazioni annuali seguono una metodologia omogenea e prevedono un processo con le seguenti fasi:

- acquisizione dei dati di input (Sentinel 1 e 2, altre immagini satellitari disponibili, dati ancillari);
- preprocessamento dei dati;
- classificazione semi-automatica della serie temporale completa dell'anno in corso e dell'anno precedente di Sentinel 1 e 2;
- produzione di una cartografia preliminare;
- fotointerpretazione multitemporale completa dell'intero territorio ed editing a scala di dettaglio;
- revisione della serie storica;
- rasterizzazione;
- validazione;
- mosaicatura nazionale e riproiezione in un sistema equivalente;
- elaborazione e restituzione di dati e indicatori.

La risoluzione geometrica dei dati è allineata ai dati disponibili in ambito Copernicus e, in particolare, alla missione Sentinel-2, che fornisce dati multispettrali con una risoluzione di 10 metri, adatti quindi sia per processi di fotointerpretazione, sia di classificazione semiautomatica.

Il sistema di classificazione prevede che il consumo di suolo sia suddiviso in due categorie principali, permanente (edifici, fabbricati, aeroporti, porti, discariche, strade pavimentate, sedi ferroviarie, serre permanenti pavimentate e altre aree impermeabili/pavimentate non edificate) e reversibile (strade non pavimentate, cantieri e altre aree in terra battuta, aree estrattive non rinaturalizzate, cave in falda, impianti fotovoltaici a terra e altre coperture connesse alle attività agricole la cui rimozione ripristini le condizioni iniziali del suolo), che costituiscono il secondo livello di classificazione, e in un terzo livello di dettaglio. Sono inoltre classificate alcune classi di copertura che sono state escluse dal computo del consumo di suolo. Va sottolineato, però, che anche il consumo reversibile inibisce servizi ecosistemici cruciali, e che va sempre considerata la perdita di funzioni per tutto il periodo che intercorre prima dell'effettivo e completo recupero.

Le superfici artificiali vengono rilevate solo se di estensione tale da coprire più del 50% della cella di 10x10m. Sono, quindi, esclusi molti elementi lineari di spessore limitato, come le infrastrutture minori in contesto agricolo o naturale. Il nuovo sistema di classificazione, inoltre, non considera più come consumo le serre permanenti, escluse quelle pavimentate (dove rilevabili) e, in generale, gli interventi connessi con la conduzione dell'attività agricola in cui siano assicurate le condizioni di naturalità del suolo. Sono inoltre esclusi i corpi idrici artificiali (ma non le cave in falda), i ponti (se il suolo sottostante è mantenuto in condizioni di naturalità, dove rilevabile) e le gallerie.

Le attività di monitoraggio sfruttano ampiamente le potenzialità del programma Europeo di osservazione della Terra Copernicus, che è un insieme complesso di sistemi che raccoglie informazioni da molteplici fonti, ossia satelliti e sensori di terra, di mare ed aviotrasportati. Tale programma si divide in due principali strutture: i servizi e la componente spazio. I servizi si articolano in aree tematiche (Core Services): il monitoraggio del territorio, del mare e degli oceani, dell'atmosfera, dei cambiamenti climatici, la gestione delle emergenze, la sicurezza e l'insitu. La componente spazio, costituita dai satelliti, le associate infrastrutture di terra e dall'acquisizione dei dati da fornitori terzi, è gestita e sviluppata da ESA con il concorso dell'Organizzazione Europea per l'utilizzazione dei Satelliti in Meteorologia (Eumetsat).

Nell'ambito del programma Copernicus sono resi disponibili tutti i dati dei servizi e le immagini acquisite dalla costellazione di satelliti Sentinel. Tali satelliti forniscono immagini radar e ottiche ad alta risoluzione del nostro pianeta, permettendo il monitoraggio del territorio (copertura vegetale, suolo ed acqua, etc.), del mare (temperatura, andamento della superficie marina, etc.) e dell'atmosfera.

Ai fini del monitoraggio del territorio a cura di SNPA, vengono oggi ampiamente utilizzate le immagini multispettrali Sentinel-2 e le immagini radar delle missioni Sentinel-1. Entrambe, con un opportuno preprocessamento, rendono possibile lo sviluppo di procedure di classificazione automatica e

semiautomatica alla base delle successive fotointerpretazione, elaborazione e restituzione cartografica (ISPRA, 2022).

2.5. Misura del consumo di suolo: dati e indicatori

La conoscenza del territorio costituisce la base per poter affrontare in modo efficace la questione della sostenibilità e della resilienza urbana. In particolare, l'urbanizzazione diffusa, con i processi di dispersione insediativa e di frammentazione del territorio ad essa legati, produce consumo di suolo e causa l'alterazione delle sue funzioni ecosistemiche (siano queste produttive, ricreative o di tutela della biodiversità). Infatti, tali processi vanno a produrre un effetto di "città diffusa" con conseguente perdita di limiti tra territorio urbano e rurale. Il consumo di risorse e la sottrazione di qualità al territorio si presenta attraverso la creazione di centri urbani di dimensione medio-piccola all'esterno dei principali poli metropolitani, la crescita di zone di margine con insediamenti dispersi intorno ai centri, la saldatura di zone di insediamento a bassa densità in un continuo che annulla i limiti tra territorio urbano e rurale, la frammentazione del paesaggio e la mancanza di identità dei nuclei urbanizzati sparsi e senza coesione. Gli effetti ambientali e sociali dei fenomeni di espansione delle città a bassa densità e dello sprawl urbano, quindi, sono rilevanti in termini di qualità ambientale, di integrità del paesaggio e di consumo di risorse naturali. La frammentazione produce, infine, una forte riduzione della qualità della biodiversità complessiva nelle aree interessate, sia in termini di capacità residua di connessione degli ecosistemi sia di disponibilità dei servizi ecosistemici nelle unità territoriali. L'entità di tali effetti dipende fortemente dalla modalità con la quale si realizza la trasformazione. In definitiva, le forme di urbanizzazione sono uno dei fattori determinanti della sostenibilità ambientale e della resilienza urbana, poiché determinano le forme con le quali si organizzano le funzionalità delle città stesse, in termini di accessibilità dei servizi urbani e di capacità di trasformazione e adattamento alle diverse domande sociali e ai cambiamenti ambientali prodotti dai cambiamenti climatici (ISPRA, 2014, 2015).

La necessità di giungere ad una misura del consumo di suolo, l'analisi delle forme di urbanizzazione e delle tipologie insediative ha portato l'ISPRA all'identificazione, e pubblicazione, di alcuni parametri ed indicatori per la rappresentazione dei fenomeni di trasformazione territoriale, monitorati a scala comunale. E' necessario sottolineare che certi indici si riferiscono solo ad alcune regioni di territorio (ad esempio, il consumo di suolo per aree costiere), altri, invece, sono applicabili in qualsiasi dominio. È il caso degli indici e dei parametri, presi in esame nell'elaborato in questione, raccolti da ISPRA. Gli indicatori sono sviluppati a partire dall'elaborazione dei dati satellitari ad alta risoluzione con riferimento anche attraverso differenti set di metriche per rappresentare la densità del costruito all'interno delle aree urbane consolidate, nei margini urbani e nelle aree disperse. Questo tipo di analisi assume un'importanza aggiuntiva alla luce della tendenza delle dinamiche di urbanizzazione a disaccoppiarsi dalle dinamiche demografiche. Negli ultimi decenni, infatti, il legame tra demografia e processi di urbanizzazione non è più univoco e le città sono cresciute anche in presenza di stabilizzazione, in alcuni casi di decrescita, della popolazione residente (ISPRA, 2015).

In questa sezione vengono presentate la descrizione e le modalità di lettura dei parametri proposti da ISPRA e considerati nella trattazione in oggetto. Le definizioni di tali parametri, salvo diversa indicazione, sono tratte dal rapporto annuale ISPRA relativo all'anno 2023. Per quanto riguarda il presente lavoro di tesi, vengono riportati risultati ed elaborazioni ottenuti attraverso l'utilizzo di due (o più) parametri ed indicatori riportati in seguito (ISPRA, 2023):

Popolazione [ab]: Popolazione residente all'anno di riferimento da rilevamento intercensuario ISTAT. Per popolazione residente si intende “le persone aventi dimora abituale nel comune, anche se alla data considerata sono assenti perché temporaneamente presenti in altro comune o all'estero” (ISTAT, 2012).

Densità [ab/ha]: Abitanti per ettaro, rispetto all'area totale del comune. La densità della popolazione residente è una misura della concentrazione di individui in un determinato contesto territoriale. Inoltre, a differenza del semplice dato sul numero dei residenti, tale parametro, essendo normalizzato rispetto alla superficie amministrativa, permette confronti tra comuni differenti.

Superficie di suolo consumato [ha]: Superficie di suolo, del comune considerato, che ha subito una variazione da una copertura non artificiale (suolo non consumato) a una copertura artificiale del suolo (suolo consumato).

Percentuale di suolo consumato sulla superficie amministrativa [%]: Rapporto tra la superficie di suolo consumato e la superficie totale del comune, espresso in termini percentuali. Più il valore di tale indicatore è alto, più il consumo di suolo risulta maggiore, e viceversa. In particolare, se il valore tende al 100%, il consumo di suolo tende al massimo, al contrario, se il valore tende a 0%, il consumo di suolo tende ad essere nullo, e quindi, minimo. Rispetto al semplice dato del consumo di suolo, tale indicatore, essendo rapportato alla superficie amministrativa, permette confronti diretti tra i diversi comuni.

Superficie di suolo consumato per abitante [mq/ab]: Rapporto tra la superficie di suolo consumato e la popolazione residente in un dato comune. Questo indicatore serve per esprimere la quantità di suolo che un individuo “ha consumato” in un dato comune. Più il valore di tale indicatore è alto, più il consumo di suolo per individuo risulta maggiore, e viceversa. Anche in questo caso, essendo normalizzato rispetto alla popolazione residente nel dato comune, permette di eseguire dei confronti.

Incremento di suolo consumato rispetto al periodo precedente [ha]: Suolo consumato nel periodo compreso tra due osservazioni, calcolato tramite la differenza tra il suolo consumato all'anno corrispondente al termine del periodo preso in esame e il suolo consumato all'anno corrispondente all'inizio del periodo.

Largest Class Patch Index (LCPI) [%]: Percentuale occupata dalla patch di dimensione più grande rispetto alla superficie di suolo consumato all'interno del limite amministrativo considerato. È un indicatore che esprime la compattezza. Esso assume valori maggiori nei comuni caratterizzati da un centro urbano di dimensioni

elevate, mentre valori inferiori si associano ad aree con un maggiore grado di diffusione dell'urbanizzato. Inoltre, l'indicatore LCPI risente molto dei piccoli cambiamenti nella dimensione e nella forma dei poligoni costruiti. L'analisi della compattezza del costruito tramite l'indicatore LCPI è fondamentale nello studio delle forme dell'urbanizzato, però, presenta la problematica di non tenere conto delle diverse patch di dimensione minore a quella massima, con conseguente sottostima della compattezza.

Residual Mean Patch Size (RMPS) [ha]: Dimensione media dei poligoni di suolo consumato nel comune considerato, con l'esclusione della patch di dimensione maggiore. Fornisce la dimensione della diffusione del costruito attorno al nucleo centrale. Questo indicatore risente notevolmente della scala di studio. Valori elevati di RMPS corrispondono a condizioni di bassa diffusione, ad esempio, perché caratterizzate da policentricità; valori bassi di RMPS caratterizzano aree urbane più diffuse. Risulta importante precisare, che la valutazione deve essere necessariamente fatta caso per caso, distinguendo tra i fattori che determinano situazioni decisamente differenti dovute, ad esempio, alla morfologia del territorio o della costa.

L'analisi congiunta di LCPI e RMPS mostra risultati variabili. Infatti, si possono verificare casi in cui si ha un aumento di LCPI e una riduzione di RMPS, attribuibile a fenomeni di densificazione e diffusione del nucleo urbano principale; mentre altre situazioni in cui l'aumento di dimensione del nucleo urbano principale è marginale. Al contrario, si possono verificare casi in cui l'espansione del costruito evidenzia una tendenza alla dispersione e diffusione nelle aree suburbane e rurali.

Edge Density, densità dei margini urbani (EDclass) [m/ha]: Lunghezza totale dei margini delle classi consumate sulla somma totale della superficie della stessa classe, ossia il rapporto tra la somma totale dei perimetri dei poligoni delle aree urbanizzate e la loro superficie. Tale indicatore è importante per l'analisi della dispersione del territorio perché è strettamente legato alle caratteristiche morfologiche dei confini urbani. Esso descrive la frammentazione del paesaggio in termini di densità dei margini del costruito e, passando da aree urbane con forma compatta o con confini regolari ad altre con confini più frastagliati, assume valori sempre maggiori. I grandi centri urbani, essendo caratterizzati da una compatta e maggiore superficie edificata, hanno valori di ED più bassi. Tuttavia questo dato non può essere letto in assoluto come indice dell'assenza di dispersione.

Dispersion Index, indice di dispersione urbana (ID) [%]: Rapporto tra l'estensione delle aree costruite a bassa densità di urbanizzazione (suburbane) e il totale delle aree ad alta e bassa densità di urbanizzazione (urbane e suburbane). L'indicatore ID prende in considerazione la densità del costruito per descrivere la dispersione attraverso la variazione di densità di urbanizzazione. L'indicatore in questione ha carattere opposto alla compattezza, con valori alti in presenza di tessuti a bassa densità e valori bassi nelle aree più raccolte e compatte, e può rappresentare la dispersione territoriale.

Perdita di servizi ecosistemici [€]: Perdita di servizi ecosistemici dal punto di vista economico utilizzando sia i valori *minimi* sia i valori *massimi* di ogni servizio. E' di fondamentale importanza precisare che vengono considerati solo le variazioni di flussi, perciò il significato corrisponde ad una perdita in un periodo di tempo considerato. Questo indicatore, caratterizzato dalla conversione della perdita di servizi ecosistemici in termini economici, è stato volutamente creato per rendere ancora più comprensibile (e confrontabile) l'importanza dei servizi ecosistemici offerti dal suolo. Infatti, l'auspicio è che tali stime possano supportare una migliore comprensione del ruolo essenziale dei suoli non artificiali, per la tutela del territorio e del paesaggio, anche in ambito urbano (ISPRA, 2022).

Perdita di servizi ecosistemici per abitante [€]: Rapporto tra la perdita di servizi ecosistemici utilizzando sia i valori minimi sia i valori massimi di ogni servizio e la popolazione media del comune considerato nel periodo preso in esame. Tale rapporto permette di stimare e conoscere, dal punto di vista economico, il costo che idealmente ogni individuo dovrebbe sostenere a causa della perdita dei servizi ecosistemici. Questo indicatore oltre a fornire le indicazioni necessarie per la direzione da intraprendere nella pianificazione dello sviluppo urbanistico, ha la funzione di far comprendere, dal punto di vista economico, il costo che provoca il consumo di suolo, con conseguente perdita di servizi ecosistemici, al singolo cittadino (ISPRA, 2022).

Rapporto suolo consumato-popolazione [%]: Rapporto tra il tasso di variazione del suolo consumato nel periodo compreso tra due osservazioni (1) e il tasso di variazione della popolazione nello stesso periodo considerato in precedenza (2). Dove, per quanto riguarda il tasso di variazione del consumo di suolo r_c :

$$r_c = \frac{S_f - S_0}{S_0 \cdot t} \quad (1)$$

con:

S_f : consumo di suolo all'anno considerato;

S_0 : consumo di suolo al generico anno precedente;

t : anni compresi nel periodo.

Invece, per quanto riguarda il tasso di variazione della popolazione r_p :

$$r_p = \frac{P_f - P_0}{P_0 \cdot t} \quad (2)$$

con:

P_f : popolazione all'anno considerato;

P_0 : popolazione al generico anno precedente;

t : anni compresi nel periodo.

In generale, analizzando tale indicatore tramite un confronto tra r_c e r_p , possono presentarsi quattro diverse situazioni:

- Rapporto suolo consumato-popolazione negativo ($< 0\%$), con r_c positivo (+) e r_p negativo (-). Se si presenta questa condizione, il giudizio è sicuramente pessimo. Infatti, quando ad una crescita di suolo consumato, corrisponde una decrescita della popolazione, è possibile affermare che l'incremento del consumo di suolo è molto probabilmente ingiustificato;
- Rapporto suolo consumato-popolazione positivo ($> 0\%$), con r_c positivo (+) e r_p positivo (+). In generale, questa condizione porta ad un giudizio che può essere più o meno discreto, in base a due ulteriori sotto-categorie: se r_c è maggiore di r_p il giudizio è meno buono perché il suolo consumato è aumentato di più rispetto a quanto è aumentata la popolazione e quindi significa che l'incremento di suolo consumato segue meno l'incremento della popolazione; invece, se r_c è minore di r_p il giudizio è migliore rispetto al caso precedente, perché l'incremento di suolo consumato è ben seguito dall'aumento della popolazione e quindi significa che l'aumento del consumo di suolo è giustificato;
- Rapporto suolo consumato-popolazione positivo ($> 0\%$), con r_c negativo (-) e r_p negativo (-). In generale, questa condizione porta ad un giudizio che può essere buono oppure molto buono, in base a due ulteriori sotto-categorie: se $|r_c|$ è minore di $|r_p|$ il giudizio si ferma a buono, perché una diminuzione della superficie il suolo consumato è sempre una buona situazione, ma in questo caso la diminuzione della popolazione prevale rispetto a quella del suolo consumato; invece, se $|r_c|$ è maggiore di $|r_p|$ il giudizio è molto buono, perché anche in questo caso abbiamo un decremento della superficie di suolo consumato e, inoltre, la diminuzione del suolo consumato prevale rispetto a quella della popolazione;
- Rapporto suolo consumato-popolazione negativo ($< 0\%$), con r_c negativo (-) e r_p positivo (+). Questa condizione è sicuramente la migliore, ma allo stesso tempo è poco probabile che possa capitare. Infatti, essa prevede una diminuzione della superficie di suolo consumato, accompagnata da un aumento della popolazione.

Superficie di suolo consumato in aree tutelate [ha]: Suolo consumato all'interno delle aree sottoposte a tutela paesaggistica ai sensi del D.Lgs. 42/2004 (art. 136, art. 142 c.1 a, b, c, d, l).

Superficie di suolo consumato in aree a bassa pericolosità idraulica [ha]: Superficie di suolo consumato in aree a pericolosità idraulica bassa (P1) con tempi di ritorno compresi tra 200 anni e 500 anni (alluvioni rare di estrema intensità), redatte dalle Autorità di Bacino, Regioni e Province Autonome ai sensi del D.lgs. 49/2010 (recepimento della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE).

Superficie di suolo consumato in aree a media pericolosità idraulica [ha]: Superficie di suolo consumato in aree a pericolosità idraulica media (P2) con tempi di ritorno compresi tra 100 anni e 200 anni (alluvioni poco

frequenti), redatte dalle Autorità di Bacino, Regioni e Province Autonome ai sensi del D.lgs. 49/2010 (recepimento della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE).

Superficie di suolo consumato in aree a alta pericolosità idraulica [ha]: Superficie di suolo consumato in aree a pericolosità idraulica alta (P3) con tempi di ritorno tra 20 anni e 50 anni (alluvioni frequenti), redatte dalle Autorità di Bacino, Regioni e Province Autonome ai sensi del D.lgs. 49/2010 (recepimento della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE).

La trattazione e l'analisi dell'indicatore relativo al consumo del suolo in aree a differente pericolosità idraulica, riesce a far da ausilio alla valutazione dell'indicatore relativo i costi legati alla perdita dei servizi ecosistemici, i quali sono anche condizionati dai costi derivanti l'impermeabilizzazione e le conseguenti problematiche idrauliche ed idrologiche che si vengono a formare.

I due indicatori presentati in seguito, riguardano il degrado del suolo, ossia, una riduzione o perdita della capacità produttiva biologica ed economica della risorsa del suolo, legato alla perdita di biodiversità e agli impatti dei cambiamenti climatici. Quando la terra viene degradata, il carbonio del suolo e il protossido di azoto vengono rilasciati nell'atmosfera, rendendo il degrado della terra uno dei principali fattori che contribuiscono al cambiamento climatico. La comunità internazionale sta lavorando per arrestare e invertire il degrado del suolo, ripristinare gli ecosistemi degradati e gestire in modo sostenibile le nostre risorse attraverso un impegno per la neutralità del degrado del suolo. Il Segretariato della Convenzione delle Nazioni Unite ha promosso progetti per la lotta alla desertificazione e un programma per raggiungere il target 15.3 degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG), ovvero "Proteggere, ripristinare e favorire un uso sostenibile dell'ecosistema terrestre", proponendo un indicatore specifico per monitorare il consumo di suolo. E' necessario precisare che tale indicatore, a causa della mancanza di disponibilità dei dati, non verrà trattato all'interno delle elaborazioni proposte successivamente (ISPRA, 2023).

Percentuale di territorio degradato sull'area totale secondo l'indicatore SDG 15.3.1 [%]: Rapporto tra la superficie di suolo degradato secondo l'indicatore 15.3.1 e l'area totale del comune considerato. L'indicatore SDG 15.3.1 esprime il progresso verso gli obiettivi di neutralità del degrado del territorio attraverso l'utilizzo combinato di tre sub-indicatori: produttività del suolo, carbonio organico nel suolo e cambiamenti di copertura del suolo.

L'UNCCD, a causa della complessità nella stima del suolo degradato, suggerisce comunque la possibilità di integrare con altri sub-indicatori specifici a livello di singolo Paese. A tal fine, viene proposto un indicatore che prende in considerazione una serie di sub-indicatori, sicuramente ancora parziale e che non tiene conto di altri importanti fenomeni di degrado del suolo quali la salinizzazione, la contaminazione (diffusa e/o puntuale) o la compattazione, ma che contribuisce a costruire un quadro valutativo sul degrado (ISPRA, 2023).

Degrado del suolo nel periodo 2019-2022 considerando tutti i sub-indicatori [ha]: Superficie di suolo degradato nel comune preso in esame nel periodo compreso tra il 2019 e il 2022 considerando tutti i sub-indicatori: cambiamenti di copertura del suolo, perdita di produttività, perdita di carbonio organico, perdita di qualità degli habitat, erosione del suolo e altri fattori legati alla copertura artificiale e alla presenza di aree percorse dal fuoco.

In conclusione, è necessario sottolineare che non esiste un indicatore unico che riesca a dare un giudizio complessivo sull'urbanizzazione, ma è soltanto attraverso un'analisi multifattoriale e dettagliata (ben lungi da quella affrontata in questo elaborato) con l'utilizzo del complesso degli indicatori che si può ottenere una più corretta valutazione sul fenomeno del consumo di suolo.

3. CAPITOLO 3. Il caso di Pianura Sostenibile

La tesi, come anticipato in precedenza, tratta una particolare casistica concreta, ossia il progetto “Pianura Sostenibile”, ideato da Fondazione Cogeme ETS in collaborazione con UNIBS. A questo progetto aderiscono diversi comuni della Provincia di Brescia e in questa sezione, oltre a fornire le nozioni teoriche riguardanti il progetto in esame, si vogliono presentare la metodologia delle analisi effettuate e la loro rappresentazione sottoforma di tabelle, mappe e grafici per una lettura semplificata dei risultati ottenuti. Infine, saranno esposte delle considerazioni che riescano a fotografare e sintetizzare l’andamento del fenomeno del consumo di suolo per i diversi comuni di “Pianura Sostenibile”.

3.1. Il progetto Pianura Sostenibile

Nel corso del 2008, Fondazione Cogeme ETS ha avviato il progetto “Pianura Sostenibile”, in collaborazione con le diverse amministrazioni comunali collocate a sud-ovest all’interno della Provincia di Brescia, per rispondere all’esigenza espressa dagli Enti locali di declinare le tematiche ambientali nel proprio comune in un’ottica di governance territoriale, approfondendo i temi urbanistici, energetici ed ambientali; tale esigenza è nata in seguito all’applicazione della Legge per il governo del territorio di Regione Lombardia 12/2005. L’approfondimento dei temi di governance territoriale è avvenuto, negli anni, tramite un percorso integrato e partecipato con i sindaci e i portatori di interesse presenti del territorio, attraverso il coordinamento scientifico dell’Università degli Studi di Brescia e una forte sinergia con Regione Lombardia, Provincia di Brescia e gli altri enti di riferimento.



FIGURA 9, LOGO DEL PROGETTO “PIANURA SOSTENIBILE”, fonte: PIANURA SOSTENIBILE, 2023

Il progetto, del quale è stato riportato il logo in *Figura 9*, consiste in un percorso sulla qualità della vita condiviso dalle amministrazioni comunali della Bassa Pianura e ricalca il percorso iniziato nel 2007 in Franciacorta (www.franciacortasostenibile.eu). Dal 2008 ad oggi, Fondazione Cogeme ETS ha eseguito molteplici attività di studio e monitoraggio, svolto approfondimenti importanti, analisi (acque irrigue, micro

filiera energetica, patto dei sindaci, ...), relazioni certificate, proposte concrete. L'attività del progetto ha permesso di sensibilizzare le Amministrazioni e la popolazione sulle tematiche ambientali, fornendo spunti notevoli a servizio delle politiche di salvaguardia del territorio e degli obiettivi da attuare nei Piani di Governo del Territorio comunali.

Da gennaio 2016 il progetto "Pianura Sostenibile" è stato declinato come laboratorio territoriale per un'economia circolare, un nuovo modo per caratterizzare la qualità della vita e lo sviluppo sostenibile del territorio. Dopo il primo ciclo 2016-2018, attualmente è in corso il terzo ciclo con il programma 2022-2024. Attraverso i programmi triennali, Fondazione Cogeme ETS prevede di proseguire il progetto cercando di sviluppare una visione più globale del territorio della Pianura Bresciana, coinvolgendo anche i comuni limitrofi, non aderenti in precedenza. (<https://www.pianurasostenibile.eu/>) [consultato il 21/10/2023]

Il programma è caratterizzato dai seguenti obiettivi:

- *Conoscenza del territorio*: consiste nel garantire un monitoraggio costante e sistematico in grado di orientare correttamente le politiche territoriali proseguendo nella costruzione di una base dati locale sullo stato dell'ambiente;
- *Creazione di un'identità territoriale*: consiste nel rinforzare i processi in grado di garantire una vera e propria visione territoriale di "area vasta", nel rispetto delle specificità locali, generando un'identità territoriale;
- *Formazione e sensibilizzazione*: consiste nell'attivare nuovi processi culturali dedicati alla comunità con la possibilità da parte delle Amministrazioni Comunali di avanzare proposte per specifici approfondimenti tematici;
- *Accesso ai finanziamenti*: consiste nell'informare le Amministrazioni Comunali relativamente a possibili finanziamenti (Regionali, Europei, ...);
- *Innovazione*: consiste nell'approfondire nel territorio della pianura alcuni nuovi temi a partire dal tema dell'economia circolare, cambiamenti climatici e Smart Country;
- *Obiettivi Sviluppo Sostenibile (SDG) - Agenda 2030*: consiste nel declinare a livello comunale o di "area vasta" l'Agenda 2030 delle Nazioni Unite che costituisce il quadro di sviluppo sostenibile globale.

I comuni aderenti al progetto "Pianura Sostenibile", sono quelli che vengono analizzati dalla presente tesi per uno studio sul consumo di suolo. Per quanto riguarda l'anno 2023, e in particolare il triennio 2022/2024, i comuni coinvolti sono:



Comune di
Azzano Mella



Comune di
Barbariga



Comune di
Berlingo



Comune di
Borgo S. Giacomo



Comune di
Brandico



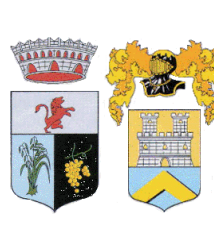
Comune di
Castel Mella



Comune di
Castrezzato



Comune di
Chiari



Comune di
Comezzano-Cizzago



Comune di
Corzano



Comune di
Dello



Comune di
Lograto



Comune di
Longhena



Comune di
Maclodio



Comune di
Orzinuovi



Comune di
Orzivecchi



Comune di
Quinzano d'Oglio



Comune di
Roccafranca



Comune di
Roncadelle



Comune di
Rudiano



Comune di
San Paolo



Comune di
Torbole Casaglia



Comune di
Trenzano



Comune di
Urago d'Oglio



Comune di
Villachiarà

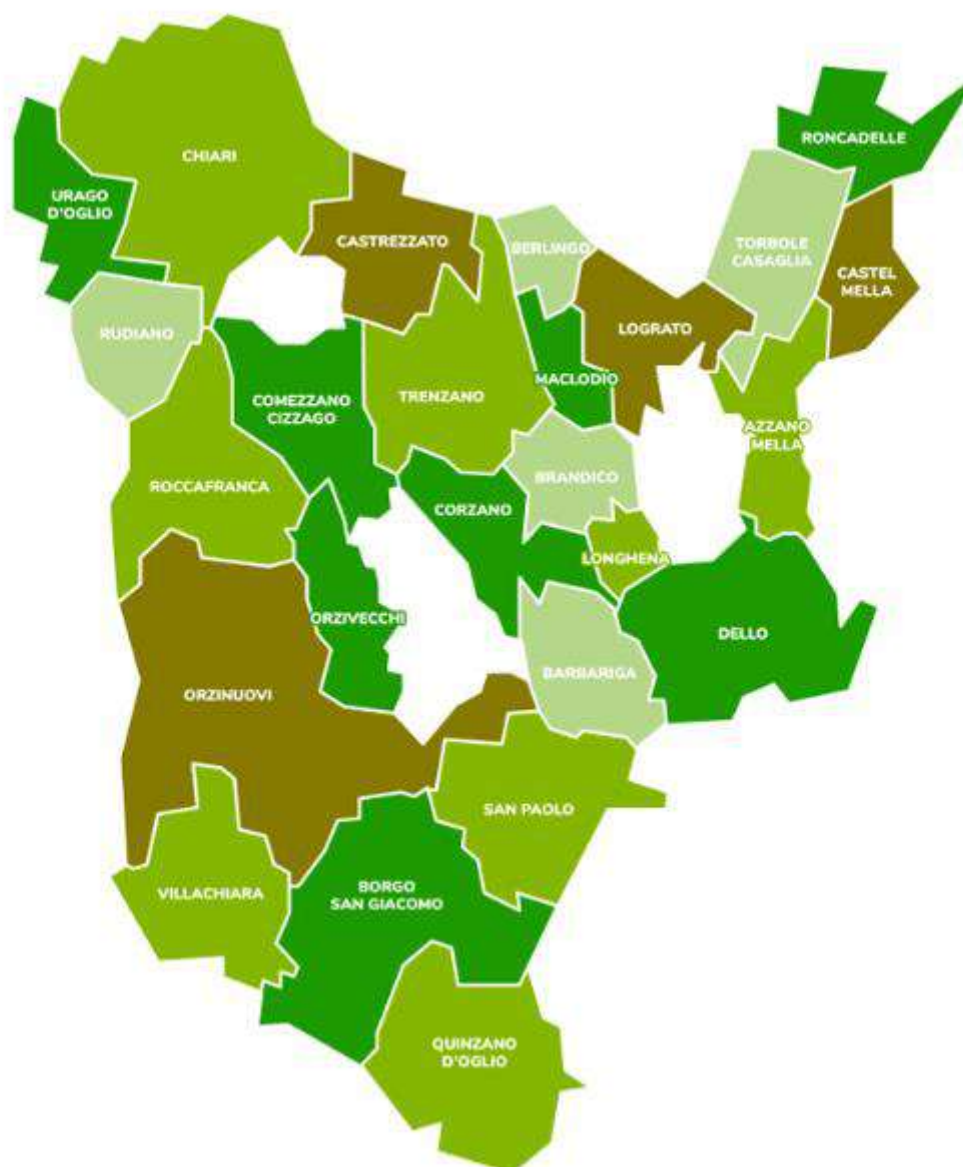


FIGURA 10, RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEI COMUNI CHE ADERISCONO AL PROGETTO AL 2023: Azzano Mella, Barbariga, Berlingo, Borgo San Giacomo, Brandico, Castel Mella, Castrezzato, Chiari, Comezzano-Cizzago, Corzano, Dello, Lograto, Longhena, Macclodio, Orzinuovi, Orzivecchi, Quinzano D'oglio, Roccafranca, Roncadelle, Rudiano, San Paolo, Torbole Casaglia, Trenzano, Urago D'oglio, Villachiera, fonte: PIANURA SOSTENIBILE, 2023

3.2. Dati e indicatori considerati per l'analisi e la loro presentazione

In questa sezione, oltre a riportare brevemente gli indicatori presi in considerazione per l'analisi e definiti in precedenza, viene proposto sinteticamente il processo di elaborazione dei dati che ha condotto alla loro rappresentazione in grafici e mappe tematiche.

I dati sul consumo di suolo, necessari per lo sviluppo del processo di elaborazione, vengono forniti dal database sul consumo di suolo di ISPRA (l'ultimo aggiornamento pubblicato è relativo all'anno 2023 - <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/suolo/il-consumo-di-suolo/i-dati-sul-consumo-di-suolo>). I dati acquisiti, una volta raccolti ed organizzati in un file di calcolo (Excel), sono stati elaborati e rappresentati tramite l'utilizzo di SIT (QGIS), strumento di organizzazione dei dati territoriali, che consente di associare alle basi geografiche di riferimento dati di varia natura. Esso permette di acquisire, rappresentare, visualizzare e condividere informazioni su base cartografica. Tali informazioni godono di coordinate geografiche specifiche.

L'analisi è stata effettuata, salvo diversa indicazione, attraverso i dati forniti dal rapporto sul consumo di suolo 2023, reso pubblico da ISPRA. Per alcuni indicatori, lo studio riguarda la situazione relativa ai tre singoli anni 2016-2019-2022 e la variazione percentuale nel periodo da 2016 a 2022; per altri, a causa della diversa natura degli indicatori, può riguardare la variazione (percentuale e non) del parametro nei due trienni (da 2016 a 2019 e da 2019 a 2022) oppure la variazione del parametro nel periodo 2012-2021.

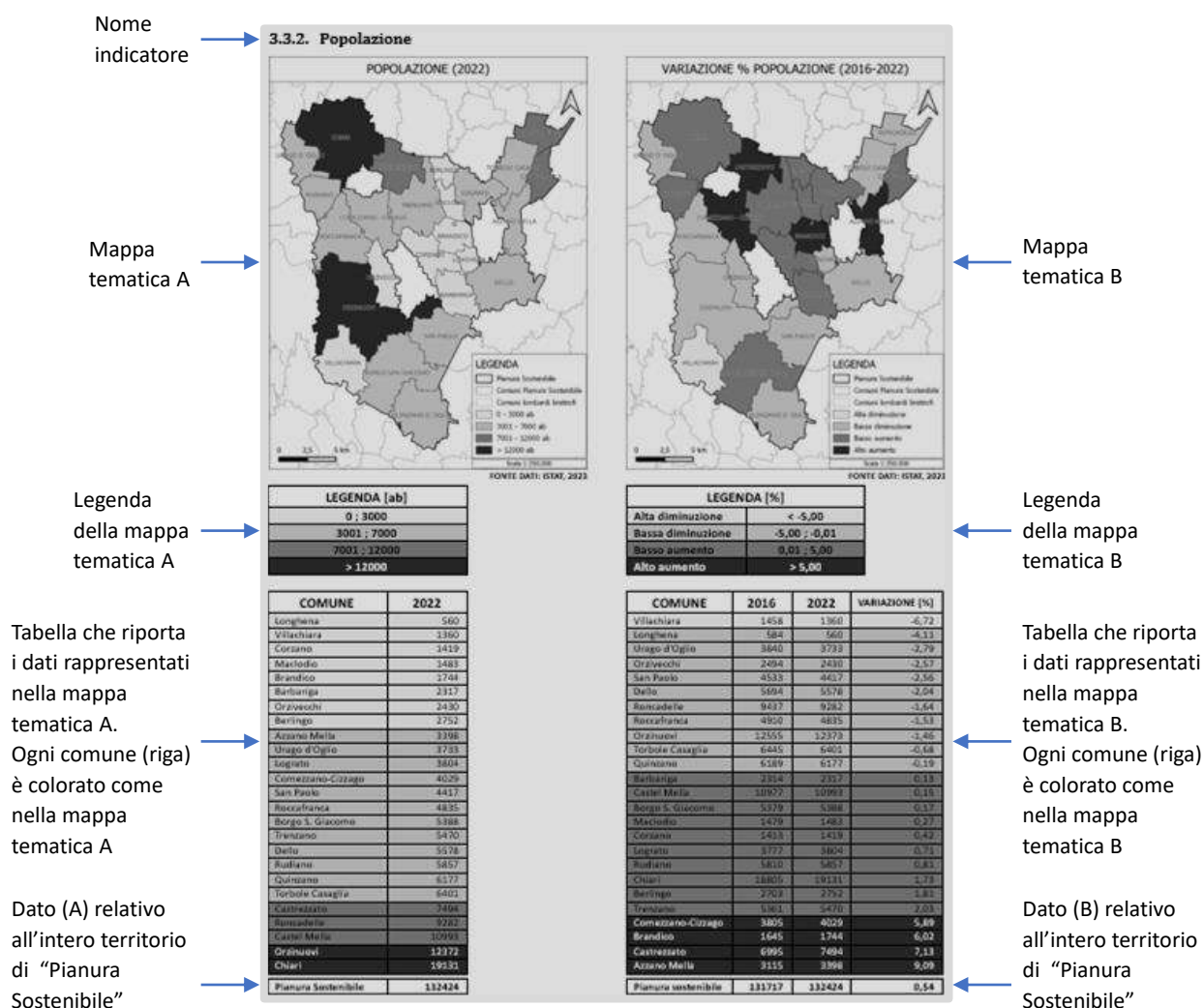
Come già evidenziato, gli indicatori presi in considerazione sono i seguenti:

- *Popolazione* [ab] (2016-2019-2022 e variazione percentuale da 2016 a 2022)
- *Densità* [ab/ha] (2016-2019-2022 e variazione percentuale da 2016 a 2022)
- *Superficie di suolo consumato* [ha] (2016-2019-2022 e variazione percentuale da 2016 a 2022)
- *Percentuale di suolo consumato sulla superficie amministrativa* [%] (2016-2019-2022 e variazione percentuale da 2016 a 2022)
- *Superficie di suolo consumato per abitante* [mq/ab] (2016-2019-2022 e variazione percentuale da 2016 a 2022)
- *Incremento di suolo consumato rispetto al periodo precedente* [ha] (trienni da 2016 a 2019 e da 2019 a 2022 e per i due periodi l'incremento percentuale)
- *Largest Class Patch Index (LCPI)* [%] (2016-2019-2022 e variazione percentuale da 2016 a 2022)
- *Residual Mean Patch Size (RMPS)* [ha] (2016-2019-2022 e variazione percentuale da 2016 a 2022)
- *Edge Density, densità dei margini urbani (EDclass)* [m/ha] (2016-2019-2022 e variazione percentuale da 2016 a 2022)
- *Dispersion Index, indice di dispersione urbana (ID)* [%] (2016-2019-2022 e variazione percentuale da 2016 a 2022)

- *Perdita di servizi ecosistemici [€] (periodo da 2012 a 2021) (ISPRA, 2022)*
- *Perdita di servizi ecosistemici per abitante [€/ab] (periodo da 2012 a 2021) (ISPRA, 2022)*
- *Rapporto suolo consumato-popolazione [%] (trienni da 2016 a 2019 e da 2019 a 2022)*
- *Superficie di suolo consumato in aree tutelate [ha] (2016-2019-2022 e variazione percentuale da 2016 a 2022)*

Per ognuno di questi dati/indicatori sono state realizzate diverse mappe tematiche e tabelle, per una valutazione qualitativa e con la finalità di un'esposizione dei dati ottenuti nella modalità più intuitiva possibile, relativamente al territorio coperto da "Pianura Sostenibile", ossia i comuni precedentemente elencati e partecipanti al progetto. In particolare, nonostante il trattamento distinto dei diversi indicatori a causa della loro differente natura, la generica pagina è disposta su due colonne, ognuna organizzata con una rappresentazione, dall'alto verso il basso, della mappa tematica, della relativa legenda e della tabella dei dati riportati in mappa.

Di seguito è riportato un fac-simile delle modalità di rappresentazione descritte in precedenza e riferite ad ogni specifico indicatore, con indicazioni delle parti che lo compongono.



RAPPRESENTAZIONE 1, FAC-SIMILE RIGUARDANTE LE ELABORAZIONI EFFETTUATE SUI DIVERSI INDICATORI ESAMINATI NELLA TESI.

Dalla *Rappresentazione 1* è possibile trarre che attraverso l'utilizzo di diverse gradazioni di colori in base al dato analizzato, le mappe mettono in risalto i comuni che detengono una maggiore criticità. Infatti, rispetto all'indicatore considerato, questi comuni vengono raffigurati con una sfumatura di colore più scuro; invece, i comuni che mostrano criticità minori, vengono rappresentati con una sfumatura di colore più chiaro.

Come già sottolineato più volte, l'analisi di un solo indicatore non fornisce una visione ed una valutazione complessiva sul fenomeno del consumo di suolo. Quindi, è necessario evidenziare che nel caso in cui un comune presenti una criticità rispetto all'indicatore considerato, non significa che esso abbia una urbanizzazione anomala, ma è tramite l'utilizzo del complesso degli indicatori che si può ottenere una più corretta valutazione. Inoltre, il fenomeno del consumo di suolo è un argomento molto complesso e dovrebbe essere trattato considerando tutte le diverse specificità di ogni singolo comune. La tesi non si sofferma su tali considerazioni, infatti, in essa viene presa in esame l'area di Pianura Sostenibile divisa per i comuni che lo compongono, ma non sono stati eseguiti studi di dettaglio per ogni comune, come per esempio, l'analisi riguardante gli strumenti urbanistici e l'evoluzione che possono avere determinato all'interno del territorio considerato.

Seguono poi quattro approfondimenti che hanno l'obiettivo di arricchire l'analisi e la comprensione della tematica del consumo di suolo all'interno del territorio considerato:

- Analisi riguardante *la superficie di suolo consumato in aree a differente pericolosità idraulica* [ha] attraverso la realizzazione di tre appositi istogrammi. Lo studio ha lo scopo di mettere a confronto la superficie di suolo consumato per le aree a bassa, media e alta pericolosità idraulica considerando l'anno 2022, esaminare la percentuale di suolo consumato rispetto alla superficie dell'area a differente pericolosità idraulica e valutare per ognuna di queste aree della variazione percentuale di suolo consumato per le aree a bassa, media e alta pericolosità idraulica nel periodo compreso tra l'anno 2016 e l'anno 2022.
- Analisi del *degrado del suolo nel periodo 2019-2022 considerando tutti i sub-indicatori* [ha], utilizzando i dati forniti da ISPRA e tramite la realizzazione di due grafici ad istogramma. Le rappresentazioni riportano sia gli ettari [ha] che la percentuale [%] di suolo degradato (prendendo in esame tutti i sub-indicatori) nel comune considerato, nel periodo 2019-2022, per ogni comune partecipante al progetto "Pianura Sostenibile";
- Analisi riguardante *l'evoluzione storica dell'urbanizzazione*, effettuata prendendo in esame un arco temporale molto ampio rispetto a quello esaminato da ISPRA ed eseguita tramite un elaborato cartografico che mette in evidenza l'entità e la velocità di variazione del consumo del suolo nel tempo. I dati utilizzati per la rappresentazione cartografica sono stati reperiti dal Geoportale di Regione Lombardia (<https://www.geoportale.regione.lombardia.it/download-dati>) che fornisce lo

shapefile relativo all'uso e copertura del suolo storico 1954 e gli shapefile delle diverse edizioni della DUSAF (Destinazione d'uso dei Suoli Agricoli e Forestali);

- Analisi relativa ad una possibile *correlazione tra consumo di suolo e popolazione*, all'interno di ogni comune coperto dal progetto "Pianura Sostenibile", utilizzando i dati forniti da ISPRA. In particolare, essa avviene attraverso la determinazione della variazione percentuale del consumo di suolo e della popolazione valutate tra due anni consecutivi e la successiva realizzazione di grafici che esprimono le relative cumulate percentuali nel periodo 2016-2022. Tale elaborazione ha lo scopo di mostrare qualitativamente quale è il legame tra la variazione della popolazione e la variazione del consumo di suolo.

3.3. Il fenomeno del consumo di suolo nel territorio di Pianura Sostenibile

In questa sezione vengono riportate le diverse elaborazioni, presentate e descritte in precedenza, riguardanti i vari indicatori. Successivamente vengono esposti anche i tre approfondimenti riguardanti le aree con degrado in aumento SDG e le aree con degrado in aumento totale, l'evoluzione storica dell'urbanizzazione in un arco temporale molto ampio (1954-2021) e la possibile correlazione tra il consumo di suolo e la popolazione.

3.3.1. Inquadramento territoriale dei comuni del progetto Pianura Sostenibile

Come già sottolineato, le realtà amministrative che hanno aderito al progetto "Pianura Sostenibile", coordinato dalla Fondazione Cogeme ETS, per il triennio 2022-2024, sono in totale 25. Essi sono collocate all'interno di un'area posta a sud-ovest della provincia di Brescia, al confine con la provincia di Cremona a sud/sud-est e con la provincia di Bergamo a est.

Il territorio considerato è caratterizzato da dislivelli altimetrici minimi e con la conseguenza di una conformazione morfologica prevalentemente pianeggiante. L'estensione del territorio coperto dal programma "Pianura Sostenibile" è di 393,37 km². All'interno dell'area considerata, relativamente al periodo preso in esame (2016-2022), si è assistito ad una variazione positiva del numero di abitanti residenti, ossia ad un aumento della popolazione pari a 707 individui (+0,54%), passando da 131.717 abitanti nel 2016 a 132.424 nel 2022 (fonte dei dati: ISPRA, proveniente dal database di ISTAT).

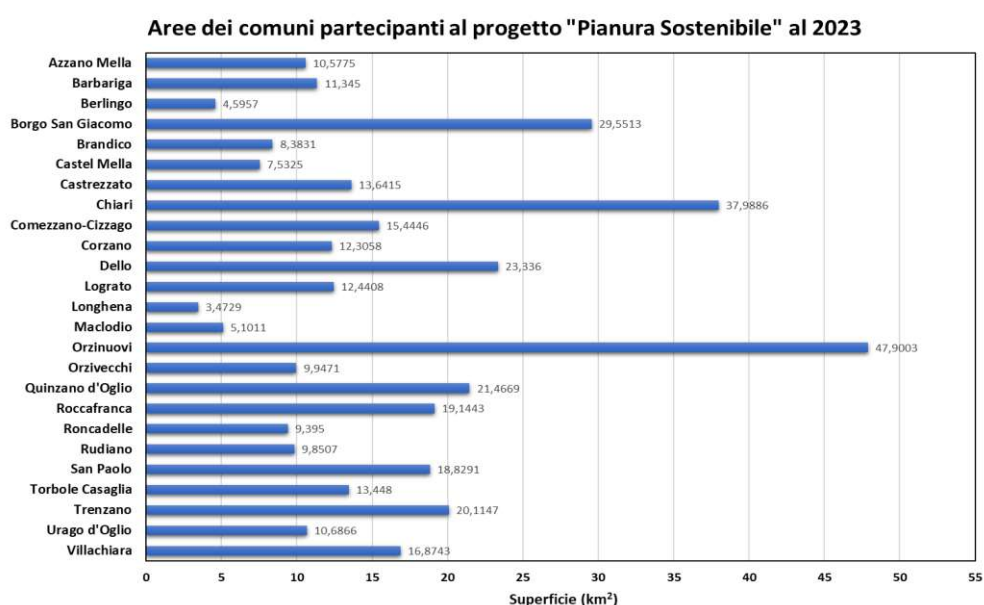


FIGURA 11, SUPERFICI AMMINISTRATIVE DEI COMUNI CHE ADERISCONO AL PROGETTO "PIANURA SOSTENIBILE" AL 2023, fonte: ISPRA, 2023

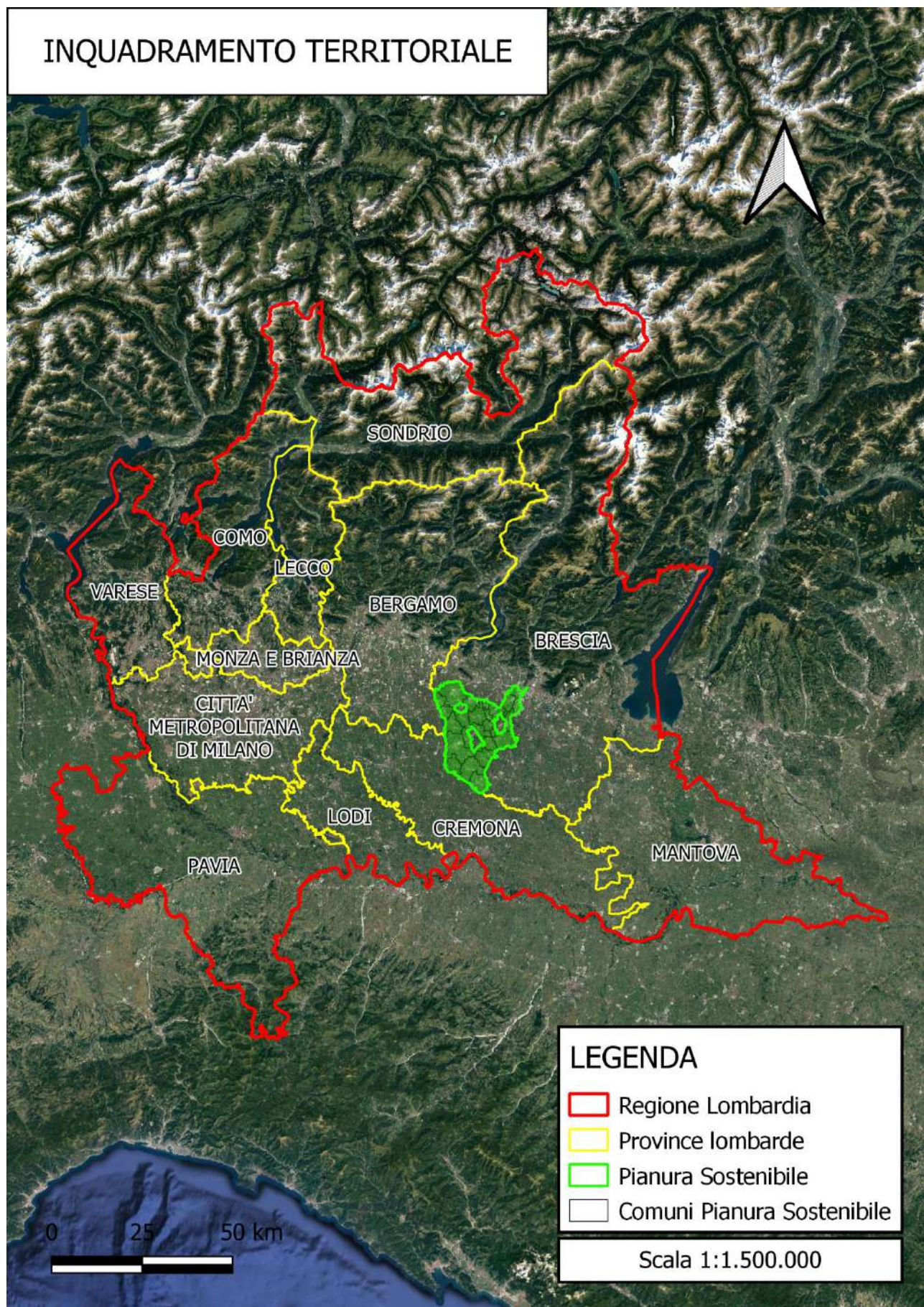


FIGURA 12, INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA OGGETTO DI STUDIO, fonte dati: GEOPORTALE REGIONE LOMBARDIA, 2023

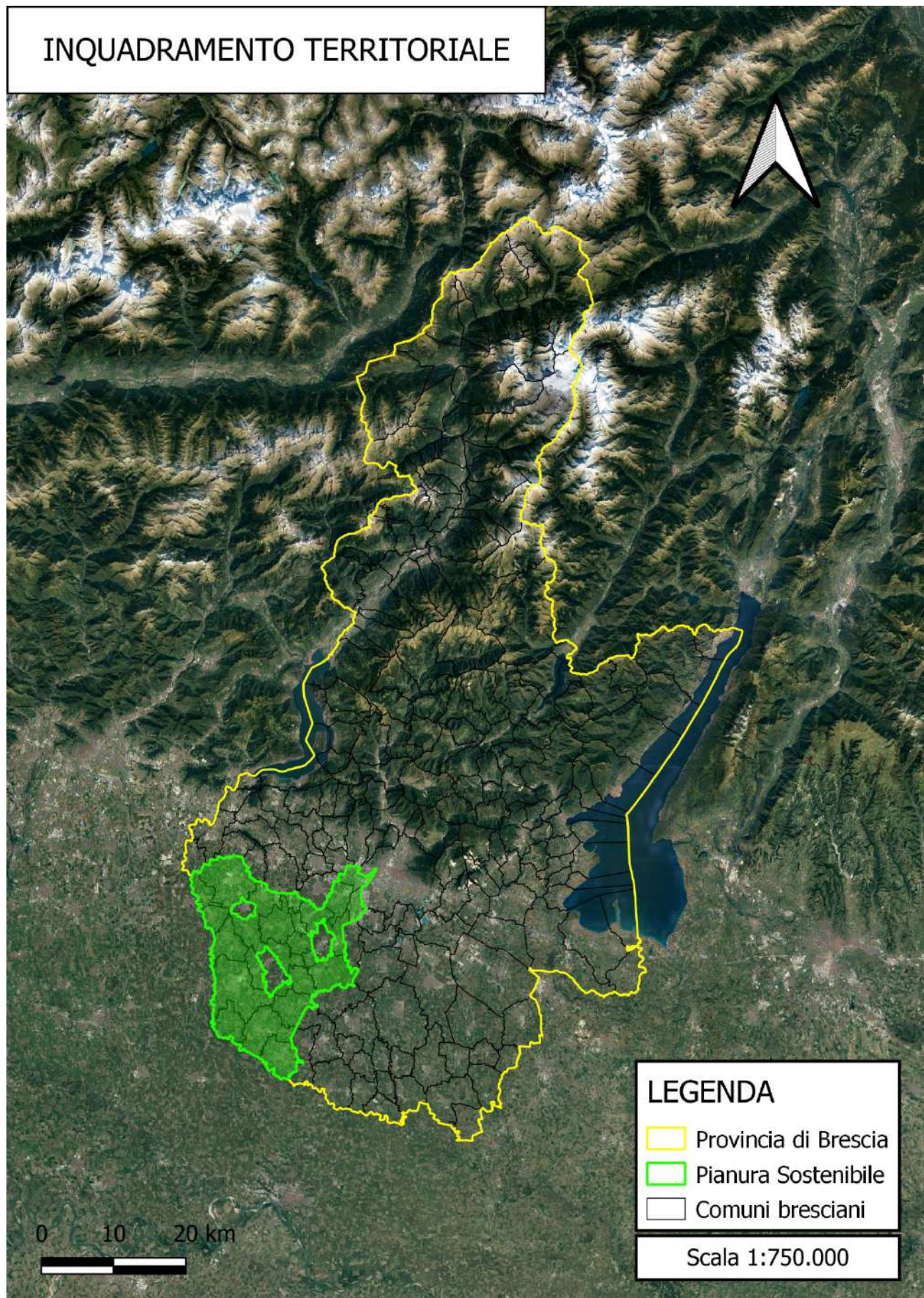


FIGURA 13, INQUADRAMENTO TERRITORIALE IN PROVINCIA DI BRESCIA, fonte dati: GEOPORTALE REGIONE LOMBARDIA, 2023

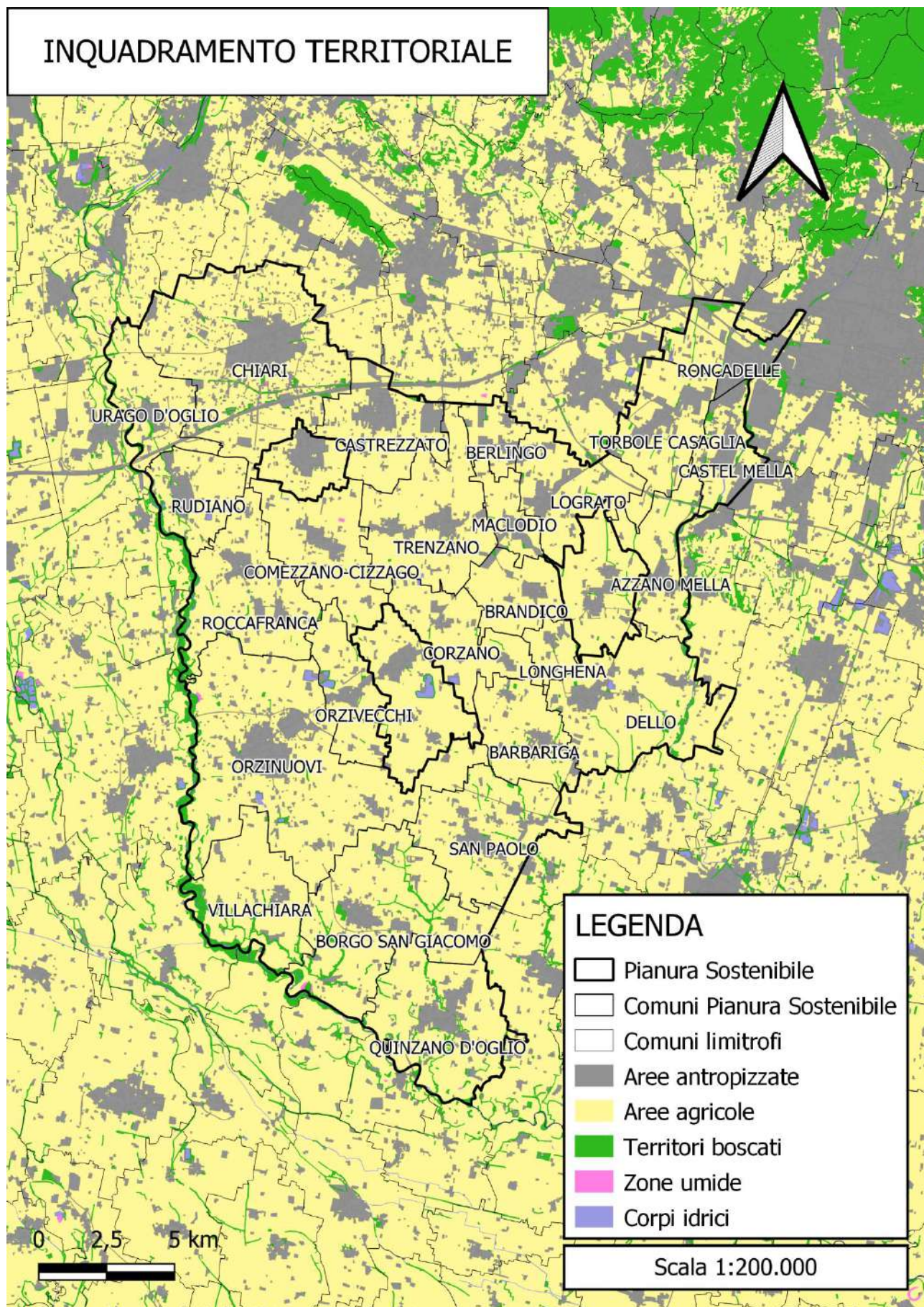


FIGURA 14, INQUADRAMENTO TERRITORIALE, fonte dati: GEOPORTALE REGIONE LOMBARDIA, 2023

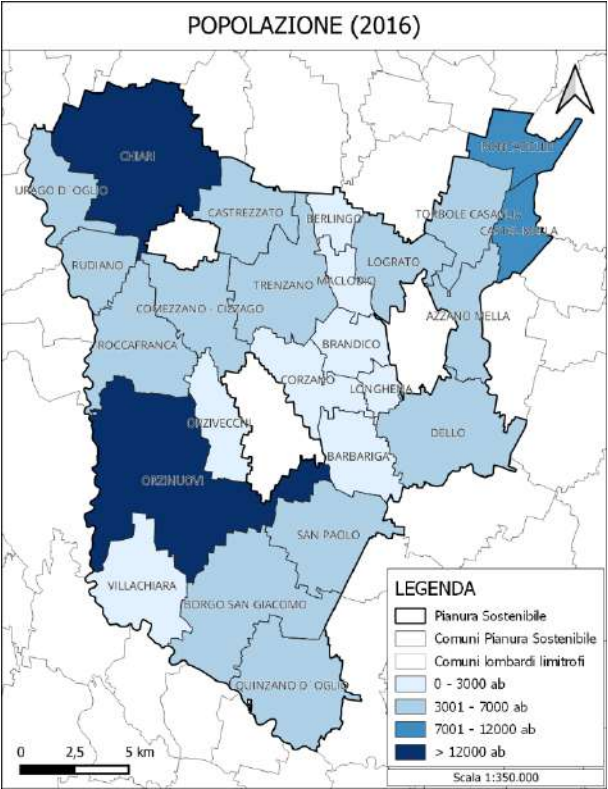
3.3.2. Popolazione

In questo paragrafo viene analizzata la popolazione residente nei comuni appartenenti al territorio coperto da Pianura Sostenibile negli anni 2016, 2019 e 2022, e la variazione percentuale di quest'ultima nel periodo compreso tra il 2016 e il 2022. In particolare, le prime tre mappe, e le relative tabelle, rappresentano la popolazione residente in ogni comune rispettivamente agli anni 2016, 2019 e 2022; invece, la quarta mappa, e la relativa tabella, rappresenta la variazione percentuale della stessa quantità all'interno dell'intervallo temporale 2016-2022.

Ponendo l'attenzione ai dati riguardanti l'anno 2022, è facile trarre che, con 19131 abitanti e 12372 abitanti rispettivamente, Chiari e Orzinuovi sono i comuni caratterizzati dalla popolosità più elevata. Al contrario, i comuni meno popolosi, collocati per lo più al centro del territorio di Pianura Sostenibile, sono guidati dal comune di Longhena che enumera 560 abitanti, seguito dai comuni di Villachiara con 1360 abitanti, Corzano con 1419 abitanti e Macclodio con 1483 abitanti.

Per quanto riguarda la variazione percentuale della popolazione residente nei diversi comuni tra l'anno 2016 e l'anno 2022, la situazione varia notevolmente da comune a comune. Con l'aiuto della rappresentazione cartografica è comunque possibile notare che i comuni caratterizzati da un forte aumento della popolazione sono situati a Nord del territorio di Pianura Sostenibile, vicino alla città di Brescia, infatti, spiccano comuni come Azzano Mella, Castrezzato, Brandico e Comezzano-Cizzago. Al contrario, i comuni posti a Sud, salvo qualche eccezione, mostrano un decremento della popolazione e l'esempio più eclatante è rappresentato dal comune di Villachiara.

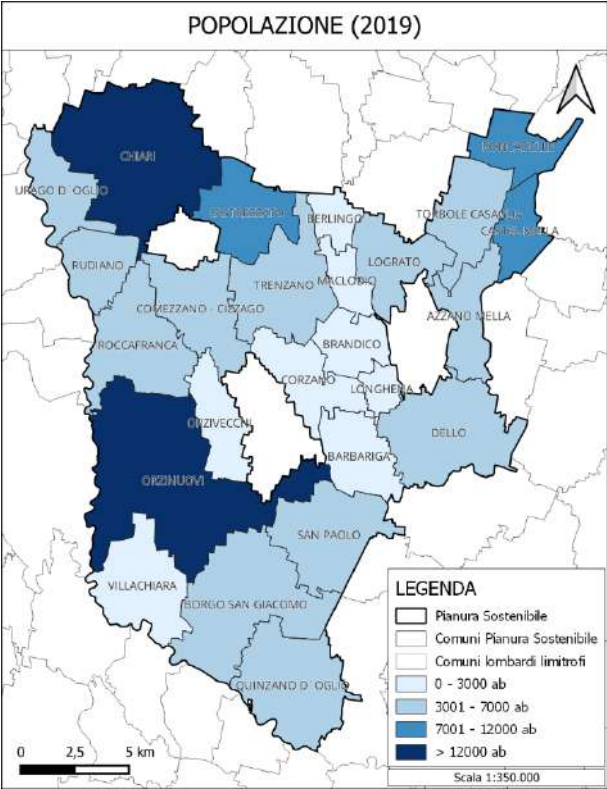
Analizzando l'intero territorio di Pianura Sostenibile, la popolazione residente all'anno 2022 è pari a 132424 abitanti e rappresenta il 10,57 % degli abitanti residenti nella Provincia di Brescia. Per quanto riguarda la variazione della popolazione nel periodo compreso tra il 2016 e il 2022, l'area di Pianura Sostenibile ha conosciuto un aumento di 0,54 %, al contrario, l'intera Provincia di Brescia ha mostrato una leggera diminuzione pari a 0,06 %.



FONTE DATI: ISTAT, 2023

LEGENDA [ab]	
0 ; 3000	
3001 ; 7000	
7001 ; 12000	
> 12000	

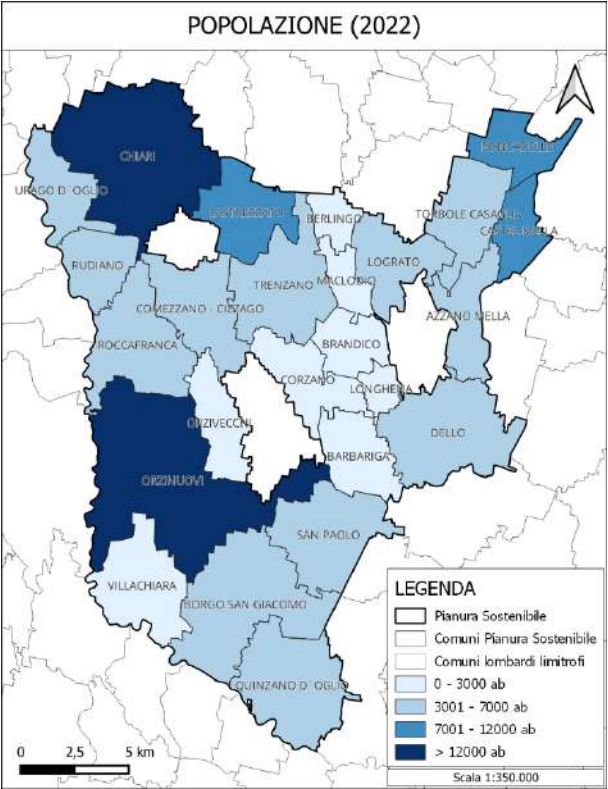
COMUNE	2016
Longhena	584
Corzano	1413
Villachiera	1458
Macclodio	1479
Brandico	1645
Barbariga	2314
Orzivecchi	2494
Berlingo	2703
Azzano Mella	3115
Lograto	3777
Comezano-Cizzago	3805
Urago d'Oglio	3840
San Paolo	4533
Roccafranca	4910
Trenzano	5361
Borgo S. Giacomo	5379
Dello	5694
Rudiano	5810
Quinzano d'Oglio	6189
Torbole Casaglia	6445
Castrezzato	6995
Roncadelle	9437
Castel Mella	10977
Orzinuovi	12555
Chiari	18805
Pianura Sostenibile	131717



FONTE DATI: ISTAT, 2023

LEGENDA [ab]	
0 ; 3000	
3001 ; 7000	
7001 ; 12000	
> 12000	

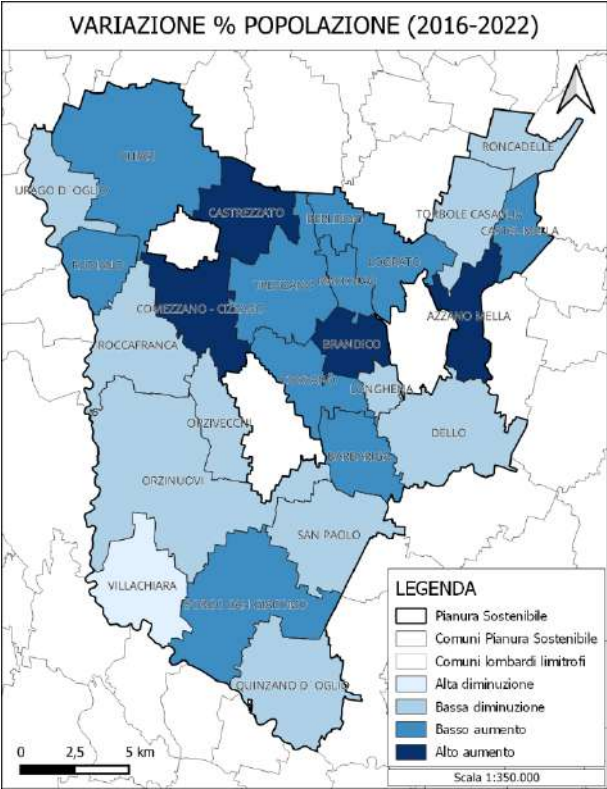
COMUNE	2019
Longhena	573
Villachiera	1410
Corzano	1411
Macclodio	1460
Brandico	1678
Barbariga	2287
Orzivecchi	2442
Berlingo	2754
Azzano Mella	3360
Urago d'Oglio	3713
Lograto	3743
Comezano-Cizzago	3993
San Paolo	4456
Roccafranca	4756
Borgo S. Giacomo	5329
Trenzano	5411
Dello	5562
Rudiano	5773
Quinzano d'Oglio	6226
Torbole Casaglia	6453
Castrezzato	7316
Roncadelle	9337
Castel Mella	10873
Orzinuovi	12378
Chiari	19056
Pianura Sostenibile	131750



FONTE DATI: ISTAT, 2023

LEGENDA [ab]	
0 ; 3000	
3001 ; 7000	
7001 ; 12000	
> 12000	

COMUNE	2022
Longhena	560
Villachiera	1360
Corzano	1419
Macclodio	1483
Brandico	1744
Barbariga	2317
Orzivecchi	2430
Berlingo	2752
Azzano Mella	3398
Urago d'Oglio	3733
Lograto	3804
Comezzano-Cizzago	4029
San Paolo	4417
Roccafranca	4835
Borgo S. Giacomo	5388
Trenzano	5470
Dello	5578
Rudiano	5857
Quinzano d'Oglio	6177
Torbole Casaglia	6401
Castrezzato	7494
Roncadelle	9282
Castel Mella	10993
Orzinuovi	12372
Chiari	19131
Pianura Sostenibile	132424



FONTE DATI: ISTAT, 2023

LEGENDA [%]	
Alta diminuzione	< -5,00
Bassa diminuzione	-5,00 ; -0,01
Basso aumento	0,01 ; 5,00
Alto aumento	> 5,00

COMUNE	2016	2022	VARIAZIONE [%]
Villachiera	1458	1360	-6,72
Longhena	584	560	-4,11
Urago d'Oglio	3840	3733	-2,79
Orzivecchi	2494	2430	-2,57
San Paolo	4533	4417	-2,56
Dello	5694	5578	-2,04
Roncadelle	9437	9282	-1,64
Roccafranca	4910	4835	-1,53
Orzinuovi	12555	12373	-1,46
Torbole Casaglia	6445	6401	-0,68
Quinzano d'Oglio	6189	6177	-0,19
Barbariga	2314	2317	0,13
Castel Mella	10977	10993	0,15
Borgo S. Giacomo	5379	5388	0,17
Macclodio	1479	1483	0,27
Corzano	1413	1419	0,42
Lograto	3777	3804	0,71
Rudiano	5810	5857	0,81
Chiari	18805	19131	1,73
Berlingo	2703	2752	1,81
Trenzano	5361	5470	2,03
Comezzano-Cizzago	3805	4029	5,89
Brandico	1645	1744	6,02
Castrezzato	6995	7494	7,13
Azzano Mella	3115	3398	9,09
Pianura Sostenibile	131717	132424	0,54

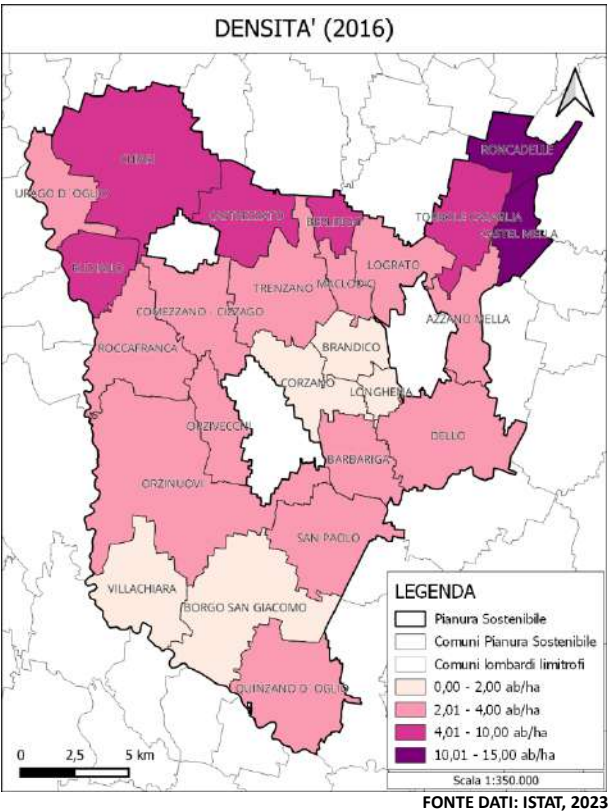
3.3.3. Densità

La densità di popolazione è il risultato del rapporto tra la popolazione residente nel comune preso in esame nell'anno di interesse e la superficie amministrativa considerata. Tale indicatore è l'emblema della difficoltà di una "buona" o "pessima" classificazione dell'urbanizzato; infatti, è possibile intuitivamente pensare che per quanto riguarda il consumo di suolo, una densità di popolazione maggiore potrebbe portare ad una migliore urbanizzazione dal punto di vista della disposizione e delle funzionalità del suolo consumato con una potenziale riduzione della frammentazione dell'urbanizzato. Al contrario, dal punto di vista sociale, una densità di popolazione maggiore potrebbe portare ad una minore qualità di vita e soprattutto sfociare in degrado. Dunque, è chiaro il fatto che lo studio redatto prende in esame solo una minima parte degli argomenti effettivamente esistenti con la conseguenza di una risposta poco esaustiva relativamente ad un'analisi completa dell'urbanizzato.

Focalizzando l'attenzione all'anno 2022, si può riscontrare, anche in questo caso, come visto nella trattazione della popolazione, che la densità di popolazione maggiore è situata nei comuni posti più a Nord del territorio di Pianura Sostenibile, vicino alla città di Brescia, dove spicca per distacco il comune di Castel Mella che si assesta su un valore di densità pari a 14,59 ab/ha, seguito dal comune di Roncadelle con 9,88 ab/ha. Al contrario, i comuni caratterizzati da una densità di popolazione minore sono collocati a Sud e tra i tanti si può notare il comune di Villachiara, con una densità, espressa in ab/ha, addirittura inferiore all'unità. La restante parte dei comuni presenti nell'area coperta da Pianura Sostenibile si assesta principalmente tra i due e i sei abitanti per ettaro, valori complessivamente piuttosto bassi, frutto della conformazione del territorio Padano che privilegia un uso del suolo principalmente agricolo.

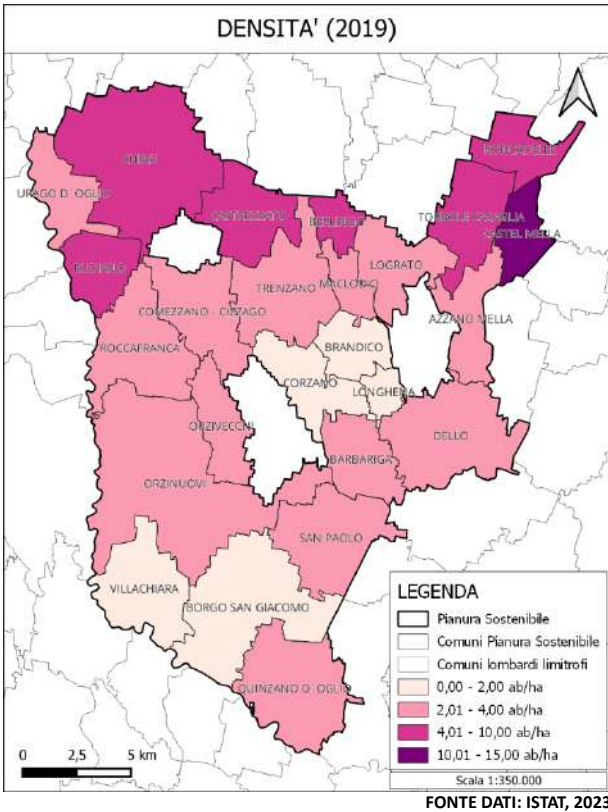
La variazione percentuale di densità di popolazione nel periodo compreso tra l'anno 2016 e l'anno 2022, a causa della natura di calcolo di tale variazione, risulta del tutto uguale alla variazione della popolazione residente nello stesso periodo. Quindi, come già visto, i comuni caratterizzati da un forte aumento della densità di popolazione sono situati principalmente a Nord del territorio di Pianura Sostenibile, vicino alla città di Brescia, infatti, spiccano comuni come Azzano Mella, Castrezzato, Brandico e Comezzano-Cizzago con un aumento percentuale di oltre 5 %. Al contrario, i comuni posti a Sud, salvo qualche eccezione, mostrano in generale un decremento della densità di popolazione e l'esempio più eclatante è rappresentato dal comune di Villachiara con una diminuzione pari a 6,72 %.

Per quanto riguarda l'intero territorio di Pianura Sostenibile, la densità di popolazione residente all'anno 2022 è pari a 3,37 ab/ha e risulta essere superiore al valore di 2,62 ab/ha registrato nella Provincia di Brescia. Inoltre, come già visto tramite l'indicatore precedente, la variazione della densità di popolazione, nel periodo compreso tra il 2016 e il 2022, nell'area di Pianura Sostenibile ha conosciuto un aumento di 0,54 %, al contrario, nell'intera Provincia di Brescia ha mostrato una leggera diminuzione pari a 0,06 %.



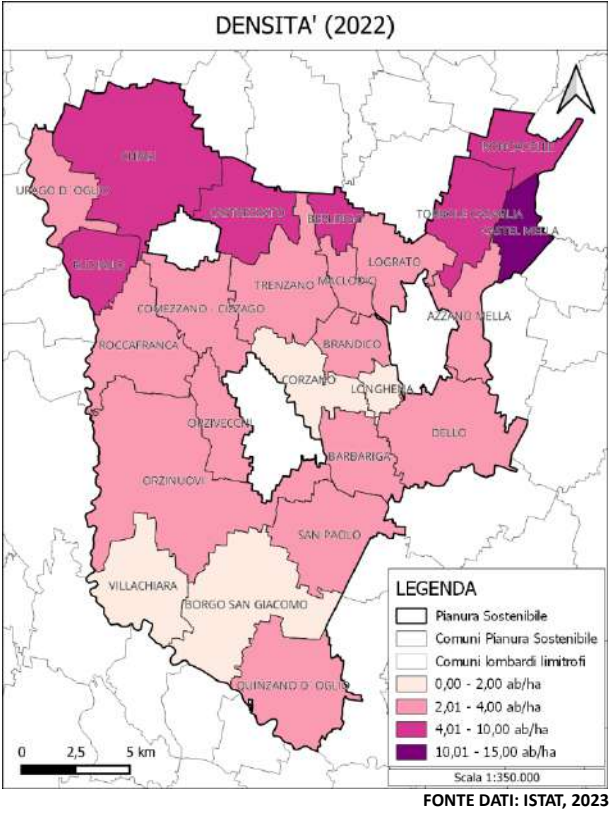
LEGENDA [ab/ha]	
0,00 ; 2,00	
2,01 ; 4,00	
4,01 ; 10,00	
10,01 ; 15,00	

COMUNE	2016
Villachiarà	0,86
Corzano	1,15
Longhena	1,68
Borgo S. Giacomo	1,82
Brandico	1,96
Barbariga	2,04
San Paolo	2,41
Dello	2,44
Comezzano-Cizzago	2,46
Orzivecchi	2,51
Roccafranca	2,56
Orzinuovi	2,62
Trenzano	2,67
Quinzano d'Oglio	2,88
Maclodio	2,90
Azzano Mella	2,94
Lograto	3,04
Urago d'Oglio	3,59
Torbole Casaglia	4,79
Chiari	4,95
Castrezzato	5,13
Berlingo	5,88
Rudiano	5,90
Roncadelle	10,04
Castel Mella	14,57
Pianura Sostentabile	3,35



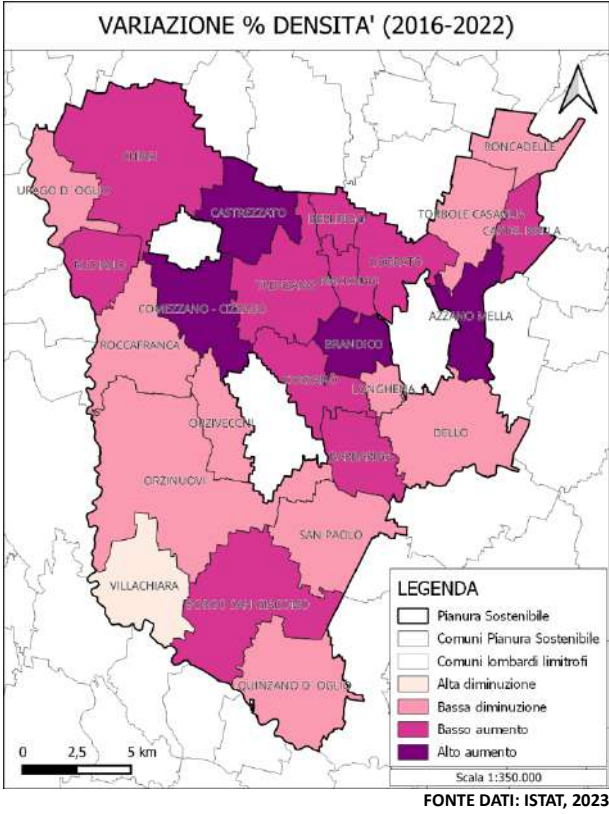
LEGENDA [ab/ha]	
0,00 ; 2,00	
2,01 ; 4,00	
4,01 ; 10,00	
10,01 ; 15,00	

COMUNE	2019
Villachiarà	0,84
Corzano	1,15
Longhena	1,65
Borgo S. Giacomo	1,80
Brandico	2,00
Barbariga	2,02
San Paolo	2,37
Dello	2,38
Orzivecchi	2,45
Roccafranca	2,48
Orzinuovi	2,58
Comezzano-Cizzago	2,59
Trenzano	2,69
Maclodio	2,86
Quinzano d'Oglio	2,90
Lograto	3,01
Azzano Mella	3,18
Urago d'Oglio	3,47
Torbole Casaglia	4,80
Chiari	5,02
Castrezzato	5,36
Rudiano	5,86
Berlingo	5,99
Roncadelle	9,94
Castel Mella	14,43
Pianura Sostentabile	3,35



LEGENDA [ab/ha]	
0,00 ; 2,00	
2,01 ; 4,00	
4,01 ; 10,00	
10,01 ; 15,00	

COMUNE	2022
Villachiarà	0,81
Corzano	1,15
Longhena	1,61
Borgo S. Giacomo	1,82
Barbariga	2,04
Brandico	2,08
San Paolo	2,35
Dello	2,39
Orzivecchi	2,44
Roccafranca	2,53
Orzinuovi	2,58
Comezzano-Cizzago	2,61
Trenzano	2,72
Quinzano d'Oglio	2,88
Macclodio	2,91
Lograto	3,06
Azzano Mella	3,21
Urago d'Oglio	3,49
Torbole Casaglia	4,76
Chiari	5,04
Castrezzato	5,49
Rudiano	5,95
Berlingo	5,99
Roncadelle	9,88
Castel Mella	14,59
Pianura Sostentabile	3,37



LEGENDA [%]	
Alta diminuzione	< -5,00
Bassa diminuzione	-5,00 ; -0,01
Basso aumento	0,01 ; 5,00
Alto aumento	> 5,00

COMUNE	2016	2022	VARIAZIONE [%]
Villachiarà	0,864	0,806	-6,72
Longhena	1,682	1,612	-4,11
Urago d'Oglio	3,593	3,493	-2,79
Orzivecchi	2,507	2,443	-2,57
San Paolo	2,407	2,346	-2,56
Dello	2,440	2,390	-2,04
Roncadelle	10,045	9,880	-1,64
Roccafranca	2,565	2,526	-1,53
Orzinuovi	2,621	2,583	-1,46
Torbole Casaglia	4,793	4,760	-0,68
Quinzano d'Oglio	2,883	2,877	-0,19
Barbariga	2,040	2,042	0,13
Castel Mella	14,573	14,594	0,15
Borgo S. Giacomo	1,820	1,823	0,17
Macclodio	2,899	2,907	0,27
Corzano	1,148	1,153	0,42
Lograto	3,036	3,058	0,71
Rudiano	5,898	5,946	0,81
Chiari	4,950	5,036	1,73
Berlingo	5,882	5,988	1,81
Trenzano	2,665	2,719	2,03
Comezzano-Cizzago	2,464	2,609	5,89
Brandico	1,962	2,080	6,02
Castrezzato	5,128	5,494	7,13
Azzano Mella	2,945	3,212	9,09
Pianura Sostentabile	3,348	3,366	0,54

3.3.4. Superficie di suolo consumato

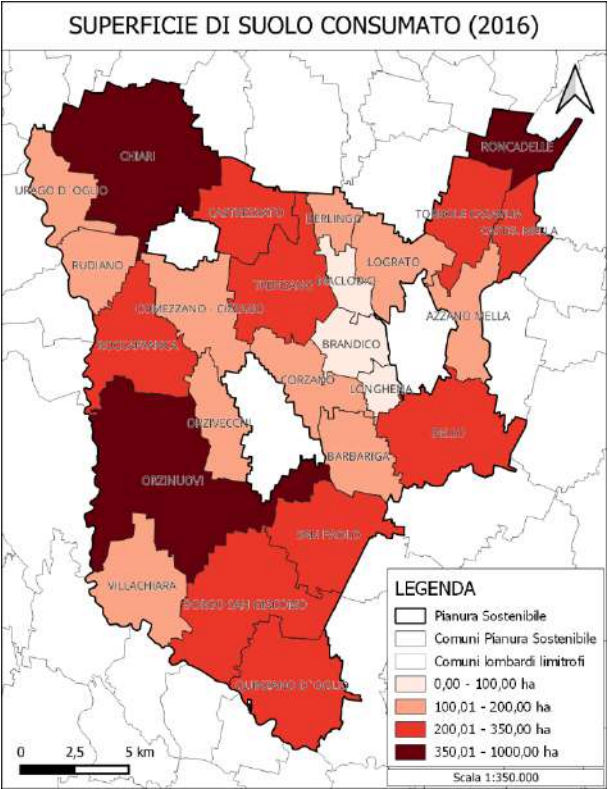
In questo paragrafo viene analizzata la superficie di suolo consumato nei diversi comuni appartenenti al territorio di Pianura Sostenibile negli anni 2016, 2019 e 2022, e la variazione percentuale del consumo di suolo nel periodo compreso tra il 2016 e il 2022. In particolare, le prime tre mappe, e le relative tabelle, rappresentano la superficie di suolo consumato, misurata in ettari, in ogni comune rispettivamente agli anni 2016, 2019 e 2022; invece, la quarta mappa, e la relativa tabella, rappresenta la variazione percentuale della stessa quantità all'interno dell'intervallo temporale 2016-2022.

Ovviamente, per effettuare dei ragionamenti, tale indicatore deve essere accompagnato dalla superficie di ogni comune in quanto esso indica un valore assoluto. A tal proposito, si segnala che i comuni che presentano l'estensione superficiale più ampia, all'interno del territorio di Pianura Sostenibile, sono il comune di Chiari e il comune di Orzinuovi; e di conseguenza, essi presentano una superficie di suolo consumata ben oltre i 500 ha e molto maggiore agli altri comuni appartenenti al progetto. La possibile correlazione tra l'estensione superficiale di un comune e la superficie di suolo consumato, trova applicazione soltanto in territori per lo più pianeggianti, infatti esistono comuni molto estesi, come alcuni comuni situati in alta quota che riportano valori di consumo di suolo molto bassi. Invece, per quanto riguarda i comuni con una superficie di suolo consumato minore, essi sono rappresentati dai comuni di Longhena e Brandico, posti al centro del territorio di Pianura Sostenibile, con valori addirittura al di sotto dei 100 ha di consumo di suolo.

A livello di variazione percentuale tra l'anno 2016 e l'anno 2022, l'analisi acquista ancora più importanza, grazie alla possibilità del confronto diretto fornito dalla natura dell'indicatore, mostrando che i comuni caratterizzati da un maggior incremento del consumo di suolo, di oltre 5 %, sono quelli di Castrezzato e Corzano, rispettivamente con aumento del 10,83 % e del 5,62 %. Mentre i comuni che hanno registrato un minor aumento di consumo di suolo, sono rappresentati dai comuni di Quinzano d'Oglio, Longhena, Roncadelle e Macclodio, tutti al di sotto di 0,50 % di incremento. L'unico comune che registra una, seppur debole, diminuzione della superficie di suolo consumato è il comune di Dello, con un decremento pari a 0,19 %.

Analizzando l'intero territorio di Pianura Sostenibile, il consumo di suolo all'anno 2022 è pari a 6129,16 ha. Esso rappresenta il 15,58 % dell'area totale di Pianura Sostenibile e il 12,22 % del suolo consumato nella Provincia di Brescia, che corrisponde a 50142,22 ha. Per quanto riguarda la variazione percentuale della superficie di suolo consumato nel periodo compreso tra il 2016 e il 2022, l'area di Pianura Sostenibile ha conosciuto un aumento pari a 2,29 %, leggermente superiore a quello registrato per l'intera Provincia di Brescia, che si attesta attorno al 2 %. Di certo, è molto interessante notare come il suolo

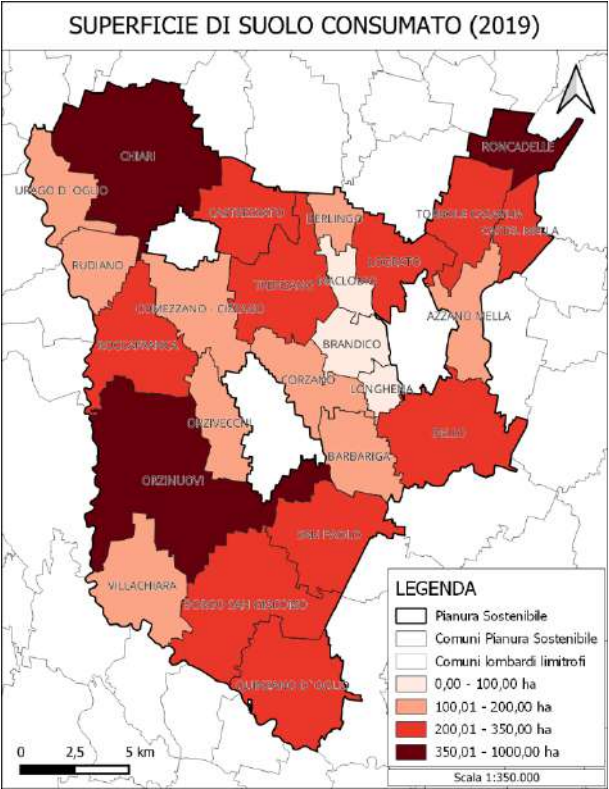
consumato è principalmente un valore in incremento e ciò deriva anche dal fatto che, come specificato meglio in precedenza, il recupero di suolo consumato risulta difficile se non, in alcuni casi, impossibile.



FONTE DATI: ISPRA, 2023

LEGENDA [ha]	
0,00 ; 100,00	
100,01 ; 200,00	
200,01 ; 350,00	
350,01 ; 1000,00	

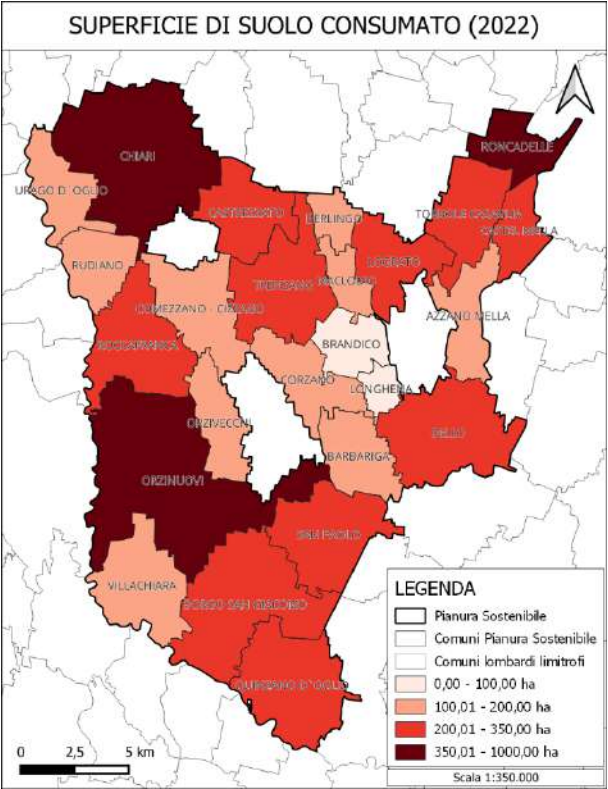
COMUNE	2016
Longhena	42,03
Brandico	90,90
Macclodio	99,58
Berlingo	108,91
Corzano	109,67
Villachiera	111,94
Barbariga	130,85
Azzano Mella	150,66
Comezzano-Cizzago	152,04
Orzivecchi	155,33
Urago d'Oglio	156,20
Rudiano	181,48
Lograto	196,84
Trenzano	226,77
Roccafranca	231,33
Castel Mella	249,88
Castrezzato	255,21
Torbole Casaglia	261,28
San Paolo	262,83
Quinzano d'Oglio	283,68
Dello	312,47
Borgo S. Giacomo	331,15
Roncadelle	358,60
Orzinuovi	682,41
Chiari	850,17
Pianura Sostentabile	5992,21



FONTE DATI: ISPRA, 2023

LEGENDA [ha]	
0,00 ; 100,00	
100,01 ; 200,00	
200,01 ; 350,00	
350,01 ; 1000,00	

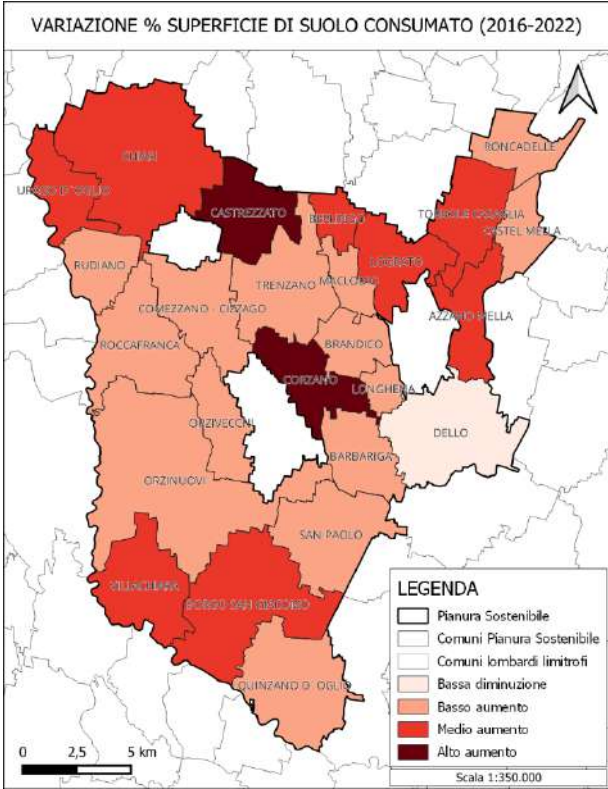
COMUNE	2019
Longhena	42,04
Brandico	91,49
Macclodio	99,86
Corzano	111,08
Villachiera	112,83
Berlingo	112,99
Barbariga	131,89
Azzano Mella	152,76
Comezzano-Cizzago	153,25
Orzivecchi	155,72
Urago d'Oglio	159,37
Rudiano	182,48
Lograto	200,35
Trenzano	227,00
Roccafranca	231,60
Castel Mella	251,15
Castrezzato	262,12
Torbole Casaglia	262,68
San Paolo	264,59
Quinzano d'Oglio	283,95
Dello	309,99
Borgo S. Giacomo	333,72
Roncadelle	359,77
Orzinuovi	687,04
Chiari	864,08
Pianura Sostentabile	6043,80



FONTE DATI: ISPRA, 2023

LEGENDA [ha]	
0,00 ; 100,00	
100,01 ; 200,00	
200,01 ; 350,00	
350,01 ; 1000,00	

COMUNE	2022
Longhena	42,13
Brandico	92,00
Macloadio	100,02
Berlingo	113,23
Villachiarà	114,93
Corzano	115,83
Barbariga	132,76
Comezano-Cizzago	153,69
Azzano Mella	153,88
Orzivecchi	156,09
Urago d'Oglio	159,44
Rudiano	182,90
Lograto	203,76
Trenzano	228,58
Roccafranca	235,36
Castel Mella	253,68
Torbole Casaglia	267,14
San Paolo	267,16
Castrezzato	282,85
Quinzano d'Oglio	284,18
Dello	311,89
Borgo S. Giacomo	342,30
Roncadelle	359,76
Orzinuovi	690,69
Chiari	884,91
Pianura Sostentabile	6129,16



FONTE DATI: ISPRA, 2023

LEGENDA [%]	
Bassa diminuzione	-2,00 ; -0,01
Basso aumento	0,01 ; 2,00
Medio aumento	2,01 ; 5,00
Alto aumento	> 5,00

COMUNE	2016	2022	VARIAZIONE [%]
Dello	312,47	311,89	-0,19
Quinzano d'Oglio	283,68	284,18	0,18
Longhena	42,03	42,13	0,24
Roncadelle	358,60	359,76	0,32
Macloadio	99,58	100,02	0,44
Orzivecchi	155,33	156,09	0,49
Rudiano	181,48	182,90	0,78
Trenzano	226,77	228,58	0,80
Comezano-Cizzago	152,04	153,69	1,09
Brandico	90,90	92,00	1,21
Orzinuovi	682,41	690,69	1,21
Barbariga	130,85	132,76	1,46
Castel Mella	249,88	253,68	1,52
San Paolo	262,83	267,16	1,65
Roccafranca	231,33	235,36	1,74
Urago d'Oglio	156,20	159,44	2,07
Azzano Mella	150,66	153,88	2,14
Torbole Casaglia	261,28	267,14	2,24
Villachiarà	111,94	114,93	2,67
Borgo S. Giacomo	331,15	342,30	3,37
Lograto	196,84	203,76	3,52
Berlingo	108,91	113,23	3,97
Chiari	850,17	884,91	4,09
Corzano	109,67	115,83	5,62
Castrezzato	255,21	282,85	10,83
Pianura Sostentabile	5992,21	6129,16	2,29

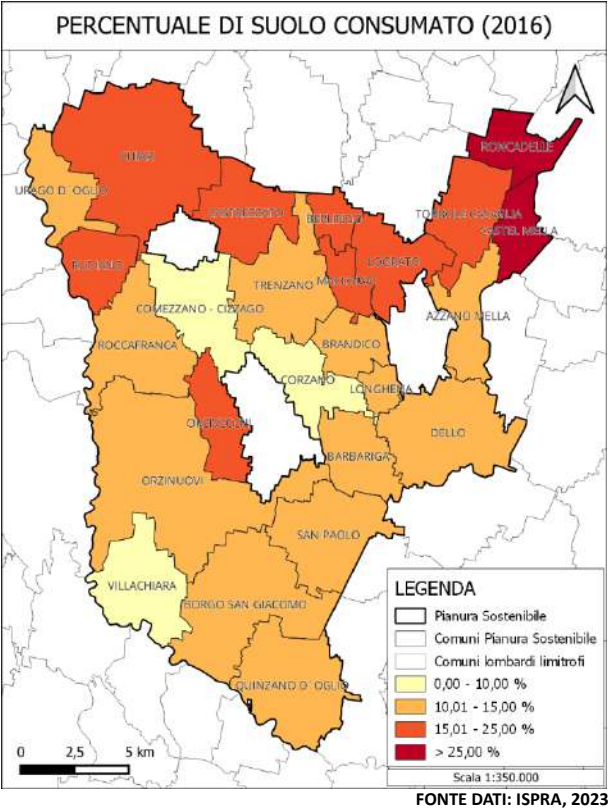
3.3.5. Percentuale di suolo consumato sulla superficie amministrativa

L'indicatore considerato, ossia la percentuale di suolo consumato rispetto alla superficie amministrativa, fornisce la conoscenza della frazione di territorio già utilizzata in ogni comune e, da tutti i punti di vista, persa per le future generazioni. Tale indicatore, per merito della sua costruzione, è molto utile per poter mettere a confronto direttamente i diversi comuni di Pianura Sostenibile. In questo caso, la tipologia dell'indicatore si presta molto bene al metodo di analisi condotta tramite la realizzazione di mappe tematiche, cioè quello di permettere un confronto diretto mediante le diverse colorazioni applicate ai comuni di pianura Sostenibile.

I comuni che sono caratterizzati da una frazione maggiore di suolo consumato rispetto alla superficie amministrativa sono situati anche in questo caso a Nord del territorio di Pianura Sostenibile, più prossimi al Capoluogo e sono guidati dai comuni di Roncadelle e di Castel Mella che registrano addirittura valori oltre il 30 % di suolo consumato sull'intera superficie comunale; al contrario, comuni posti nella zone al Centro e al Sud, salvo qualche eccezione, sono caratterizzati da valori percentuali minori, come i comuni di Villachiera, Corzano e Comezzano-Cizzago che non raggiungono nemmeno il 10 % di superficie consumata all'interno dell'area comunale. Tale valore risulta essere leggermente inferiore a quello registrato nel territorio provinciale.

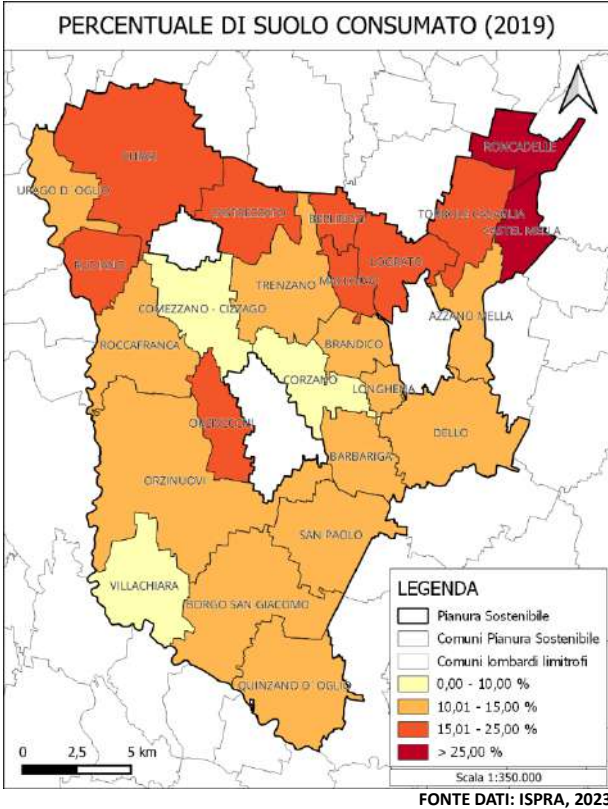
La variazione percentuale della percentuale di suolo consumato sulla superficie amministrativa, nel periodo compreso tra l'anno 2016 e l'anno 2022, a causa della natura di calcolo di tale variazione, risulta del tutto uguale alla variazione della superficie di suolo consumato nello stesso periodo. Quindi, come già visto, i comuni caratterizzati da un maggior incremento percentuale, di oltre 5 %, sono quelli di Castrezzato e Corzano, rispettivamente con aumento del 10,83 % e del 5,62 %. Mentre i comuni che hanno registrato un minore aumento, sono rappresentati dai comuni di Quinzano d'Oglio, Longhena, Roncadelle e Macclodio, tutti al di sotto di 0,50 % di incremento. L'unico comune che registra una, seppur debole, diminuzione è il comune di Dello, con un decremento pari a 0,19 %.

Per quanto riguarda l'intero territorio di Pianura Sostenibile, la percentuale di suolo consumato sulla superficie totale all'anno 2022 è pari a 15,58 % e risulta essere superiore al valore di 10,47 % registrato nella Provincia di Brescia, questo perché il territorio montano posto a Nord della Provincia di Brescia decurta fortemente tale valore, essendo caratterizzato da un minore consumo di suolo rispetto ai territori principalmente pianeggianti.



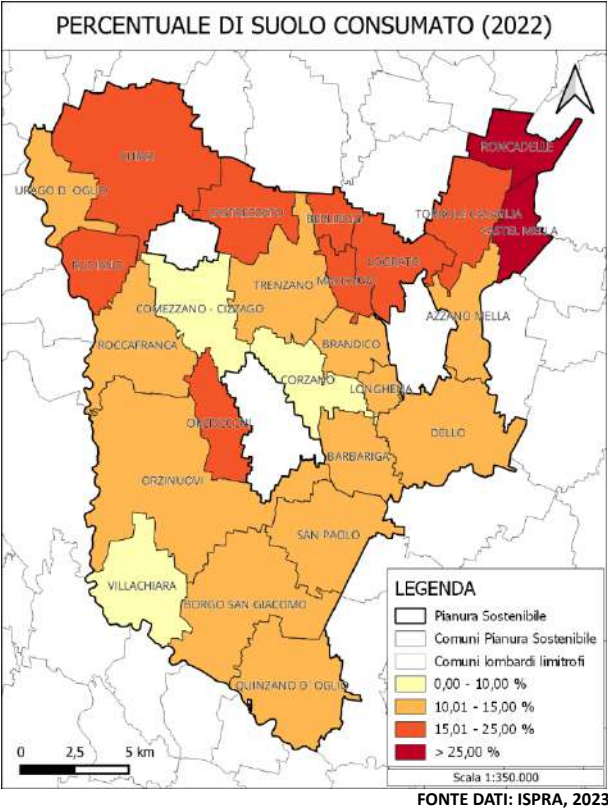
LEGENDA [%]	
0,00 ; 10,00	
10,01 ; 15,00	
15,01 ; 25,00	
> 25,00	

COMUNE	2016
Villachiarà	6,63
Corzano	8,91
Comezzano-Cizzago	9,84
Brandico	10,84
Borgo S. Giacomo	11,21
Trenzano	11,27
Barbariga	11,53
Roccafranca	12,08
Longhena	12,10
Quinzano d'Oglio	13,21
Dello	13,39
San Paolo	13,96
Azzano Mella	14,24
Orzinuovi	14,25
Urago d'Oglio	14,62
Orzivecchi	15,62
Lograto	15,82
Rudiano	18,42
Castrezzato	18,71
Torbole Casaglia	19,43
Maclodio	19,52
Chiari	22,38
Berlingo	23,70
Castel Mella	33,17
Roncadelle	38,17
Pianura Sostentabile	15,23



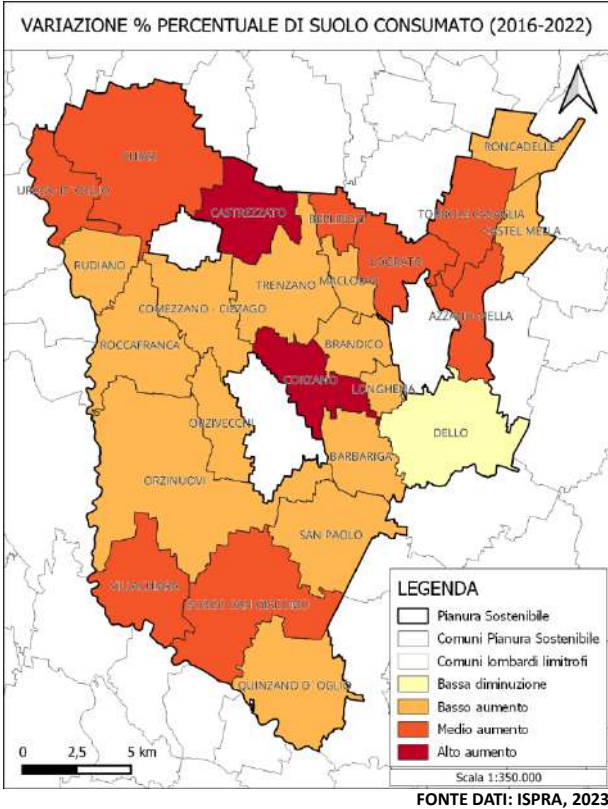
LEGENDA [%]	
0,00 ; 10,00	
10,01 ; 15,00	
15,01 ; 25,00	
> 25,00	

COMUNE	2019
Villachiarà	6,69
Corzano	9,03
Comezzano-Cizzago	9,92
Brandico	10,91
Trenzano	11,29
Borgo S. Giacomo	11,29
Barbariga	11,63
Roccafranca	12,10
Longhena	12,11
Quinzano d'Oglio	13,23
Dello	13,28
San Paolo	14,05
Azzano Mella	14,44
Orzinuovi	14,34
Urago d'Oglio	14,91
Orzivecchi	15,65
Lograto	16,10
Rudiano	18,52
Castrezzato	19,21
Torbole Casaglia	19,53
Maclodio	19,58
Chiari	22,75
Berlingo	24,59
Castel Mella	33,34
Roncadelle	38,29
Pianura Sostentabile	15,36



LEGENDA [%]	
0,00 ; 10,00	
10,01 ; 15,00	
15,01 ; 25,00	
> 25,00	

COMUNE	2022
Villachiarà	6,81
Corzano	9,41
Comezzano-Cizzago	9,95
Brandico	10,97
Trenzano	11,36
Borgo S. Giacomo	11,58
Barbariga	11,70
Longhena	12,13
Roccafranca	12,29
Quinzano d'Oglio	13,24
Dello	13,37
San Paolo	14,19
Orzinuovi	14,42
Azzano Mella	14,55
Urago d'Oglio	14,92
Orzivecchi	15,69
Lograto	16,38
Rudiano	18,57
Macclodio	19,61
Torbole Casaglia	19,86
Castrezzato	20,73
Chiari	23,29
Berlingo	24,64
Castel Mella	33,68
Roncadelle	38,29
Pianura Sostentabile	15,58



LEGENDA [%]	
Bassa diminuzione	-2,00 ; -0,01
Basso aumento	0,01 ; 2,00
Medio aumento	2,01 ; 5,00
Alto aumento	> 5,00

COMUNE	2016	2022	VARIAZIONE [%]
Dello	13,39	13,37	-0,19
Quinzano d'Oglio	13,21	13,24	0,18
Longhena	12,10	12,13	0,24
Roncadelle	38,17	38,29	0,32
Macclodio	19,52	19,61	0,44
Orzivecchi	15,62	15,69	0,49
Rudiano	18,42	18,57	0,78
Trenzano	11,27	11,36	0,80
Comezzano-Cizzago	9,84	9,95	1,09
Brandico	10,84	10,97	1,21
Orzinuovi	14,25	14,42	1,21
Barbariga	11,53	11,70	1,46
Castel Mella	33,17	33,68	1,52
San Paolo	13,96	14,19	1,65
Roccafranca	12,08	12,29	1,74
Urago d'Oglio	14,62	14,92	2,07
Azzano Mella	14,24	14,55	2,14
Torbole Casaglia	19,43	19,86	2,24
Villachiarà	6,63	6,81	2,67
Borgo S. Giacomo	11,21	11,58	3,37
Lograto	15,82	16,38	3,52
Berlingo	23,70	24,64	3,97
Chiari	22,38	23,29	4,09
Corzano	8,91	9,41	5,62
Castrezzato	18,71	20,73	10,83
Pianura Sostentabile	15,23	15,58	2,29

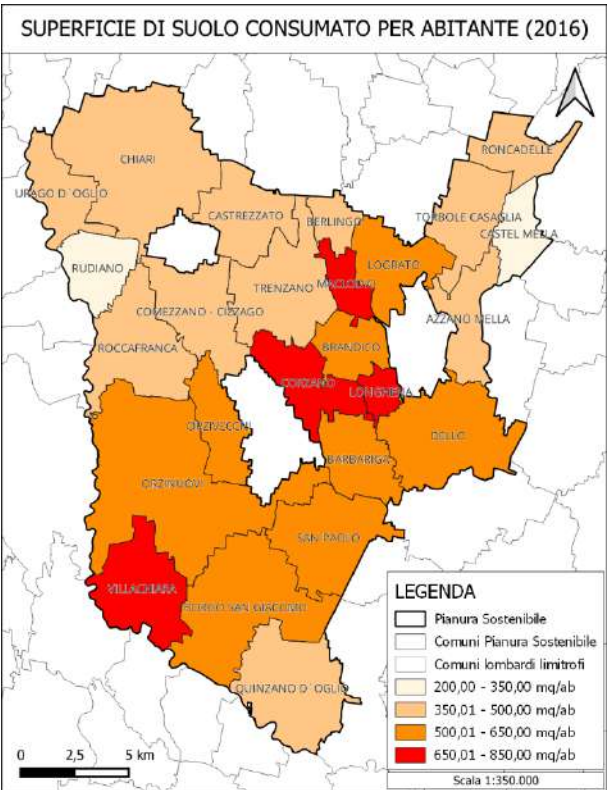
3.3.6. Superficie di suolo consumato per abitante

La superficie di suolo consumato per abitante è certamente uno degli indicatori di riferimento e di maggior peso per quanto riguarda l'analisi del fenomeno del consumo di suolo, il comportamento dell'urbanizzazione e per poter ipotizzare lo sviluppo futuro dell'ambiente urbano. Esso, infatti, ci permette di distribuire uniformemente, all'interno del comune analizzato, la superficie di suolo consumato per ogni abitante. Purtroppo, lo studio della variazione percentuale di tale valore considera un periodo piuttosto limitato e quindi, per poter rendersi conto dell'andamento complessivo dell'urbanizzato è necessaria un'analisi su un intervallo temporale molto più lungo.

Ponendo l'attenzione all'anno 2022, è possibile notare che i comuni posti al Centro e al Sud del territorio di Pianura Sostenibile, ad eccezione del comune di Quinzano d'Oglio, presentano valori piuttosto elevati di suolo consumato pro-capite, spiccano soprattutto i comuni di Villachiera, Corzano, Longhena e Macclodio dove si superano abbondantemente i 650 mq/ab. Al contrario, i comuni più virtuosi, dal punto di vista dell'indicatore in questione e principalmente posti a Nord, sono quelli di Castel Mella e Rudiano che presentano valori al di sotto di 350 mq/ab.

Per quanto riguarda la variazione percentuale di suolo consumato per abitante, tra l'anno 2016 e l'anno 2022, si può vedere che i comuni caratterizzati da un incremento maggiore, oltre il 5 %, sono quelli di Villachiera e Corzano, rispettivamente con aumento di 10,07 % e di 5,17 %. Entrambi i comuni, oltre a registrare i valori più alti riguardo al consumo di suolo per abitante, riportano anche il maggior incremento percentuale, e per questo motivo, rispetto a tale indicatore i due comuni citati si ritrovano in una pessima situazione. Al contrario, i comuni che hanno registrato un maggiore decremento, sono rappresentati dai comuni di Azzano Mella, Brandico e Comezzano-Cizzago, rispettivamente con una diminuzione di 6,37 %, di 4,54 % e di 4,53 %.

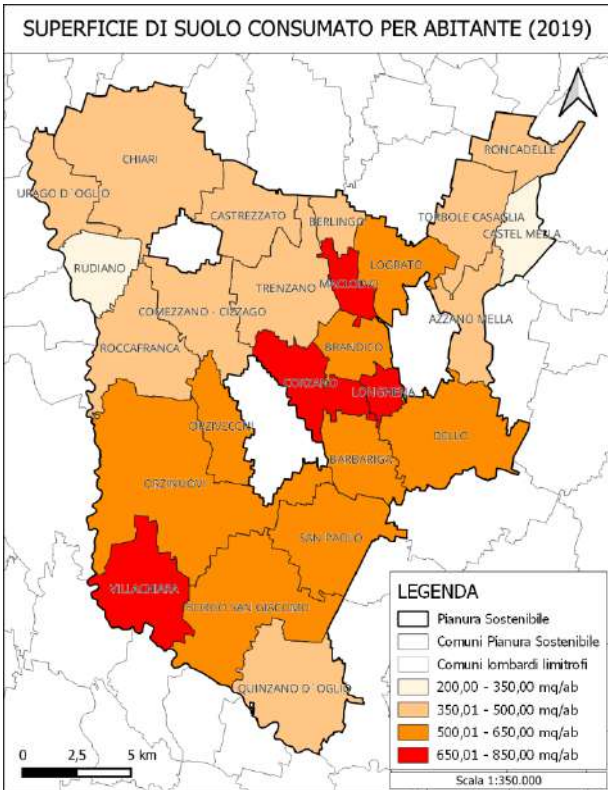
Passando all'intero territorio di Pianura Sostenibile, la superficie di suolo consumato per abitante all'anno 2022 è pari a 462,84 mq/ab e risulta essere superiore al valore di 400,13 mq/ab registrato nella Provincia di Brescia. In questo caso, incide molto l'influenza della città di Brescia che globalmente riduce di una buona percentuale il valore provinciale. Inoltre, la variazione percentuale della superficie di suolo consumato per abitante, nel periodo compreso tra il 2016 e il 2022, nell'area di Pianura Sostenibile ha conosciuto un aumento pari a 1,74 %, comunque minore di quello registrato nella Provincia di Brescia, dove si registra un incremento di 2,15 %.



FONTE DATI: ISPRA, 2023; ISTAT, 2023

LEGENDA [mq/ab]	
200,00 ; 350,00	
350,01 ; 500,00	
500,01 ; 650,00	
650,01 ; 850,00	

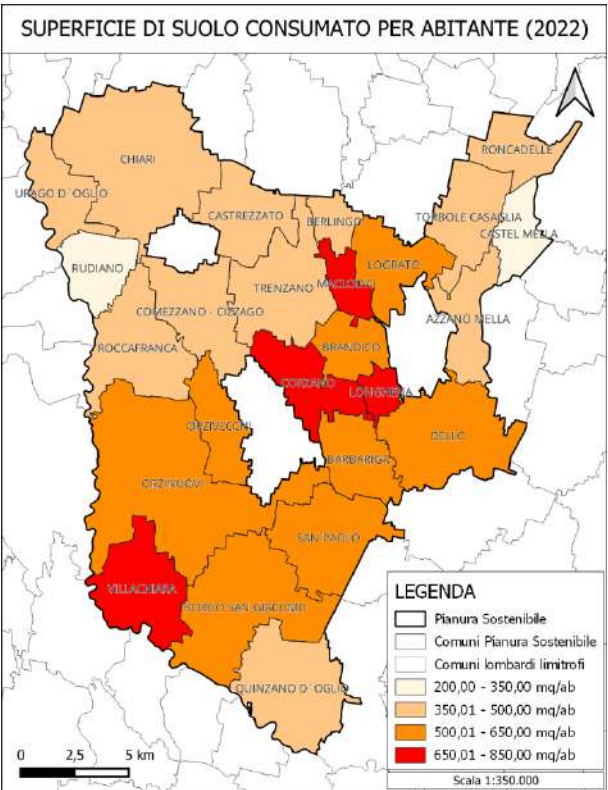
COMUNE	2016
Castel Mella	227,64
Rudiano	312,36
Castrezzato	364,85
Roncadelle	379,99
Comezzano-Cizzago	399,58
Berlingo	402,92
Torbole Casaglia	405,40
Urago d'Oglio	406,77
Trenzano	423,00
Chiari	452,10
Quinzano d'Oglio	458,36
Roccafranca	471,14
Azzano Mella	483,66
Lograto	521,15
Orzinuovi	543,54
Dello	548,77
Brandico	552,58
Barbariga	565,47
San Paolo	579,81
Borgo S. Giacomo	615,63
Orzivecchi	622,81
Macclodio	673,29
Longhena	719,69
Villachiera	767,76
Corzano	776,15
Pianura Sostenibile	454,93



FONTE DATI: ISPRA, 2023; ISTAT, 2023

LEGENDA [mq/ab]	
200,00 ; 350,00	
350,01 ; 500,00	
500,01 ; 650,00	
650,01 ; 850,00	

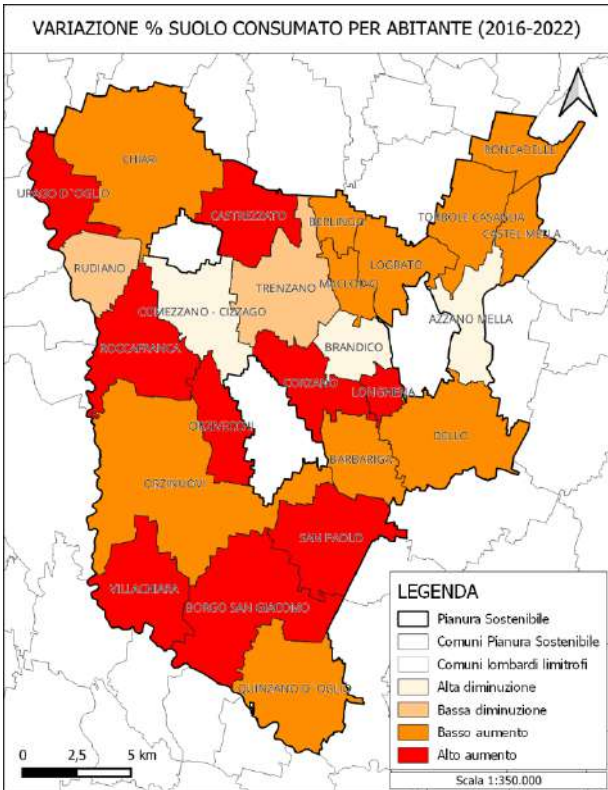
COMUNE	2019
Castel Mella	230,99
Rudiano	316,09
Castrezzato	358,28
Comezzano-Cizzago	383,80
Roncadelle	385,32
Torbole Casaglia	407,07
Berlingo	410,28
Trenzano	419,52
Urago d'Oglio	429,22
Chiari	453,44
Azzano Mella	454,64
Quinzano d'Oglio	456,07
Roccafranca	486,96
Lograto	535,27
Brandico	545,23
Orzinuovi	555,05
Dello	557,34
Barbariga	576,69
San Paolo	593,78
Borgo S. Giacomo	626,23
Orzivecchi	637,67
Macclodio	683,97
Longhena	733,68
Corzano	787,24
Villachiera	800,21
Pianura Sostenibile	458,73



FONTE DATI: ISPRA, 2023; ISTAT, 2023

LEGENDA [mq/ab]	
200,00 ; 350,00	
350,01 ; 500,00	
500,01 ; 650,00	
650,01 ; 850,00	

COMUNE	2022
Castel Mella	230,77
Rudiano	312,28
Castrezzato	377,44
Comezzano-Cizzago	381,46
Roncadelle	387,59
Berlingo	411,45
Torbole Casaglia	417,34
Trenzano	417,88
Urago d'Oglio	427,11
Azzano Mella	452,85
Quinzano d'Oglio	460,06
Chiari	462,55
Roccafranca	486,78
Brandico	527,52
Lograto	535,65
Orzinuovi	558,27
Dello	559,14
Barbariga	572,98
San Paolo	604,84
Borgo S. Giacomo	635,30
Orzivecchi	642,35
Maclodio	674,44
Longhena	752,32
Corzano	816,28
Villachiara	845,07
Pianura Sostenibile	462,84



FONTE DATI: ISPRA, 2023; ISTAT, 2023

LEGENDA [%]	
Alta diminuzione	< -3,00
Bassa diminuzione	-3,00 ; -0,01
Basso aumento	0,01 ; 3,00
Alto aumento	> 3,00

COMUNE	2016	2022	VARIAZIONE [%]
Azzano Mella	483,66	452,85	-6,37
Brandico	552,58	527,52	-4,54
Comezzano-Cizzago	399,58	381,46	-4,53
Trenzano	423,00	417,88	-1,21
Rudiano	312,36	312,28	-0,03
Maclodio	673,29	674,44	0,17
Quinzano d'Oglio	458,36	460,06	0,37
Barbariga	565,47	572,98	1,33
Castel Mella	227,64	230,77	1,37
Dello	548,77	559,14	1,89
Roncadelle	379,99	387,59	2,00
Berlingo	402,92	411,45	2,12
Chiari	452,10	462,55	2,31
Orzinuovi	543,54	558,27	2,71
Lograto	521,15	535,65	2,78
Torbole Casaglia	405,40	417,34	2,95
Orzivecchi	622,81	642,35	3,14
Borgo S. Giacomo	615,63	635,30	3,19
Roccafranca	471,14	486,78	3,32
Castrezzato	364,85	377,44	3,45
San Paolo	579,81	604,84	4,32
Longhena	719,69	752,32	4,53
Urago d'Oglio	406,77	427,11	5,00
Corzano	776,15	816,28	5,17
Villachiara	767,76	845,07	10,07
Pianura Sostenibile	454,93	462,84	1,74

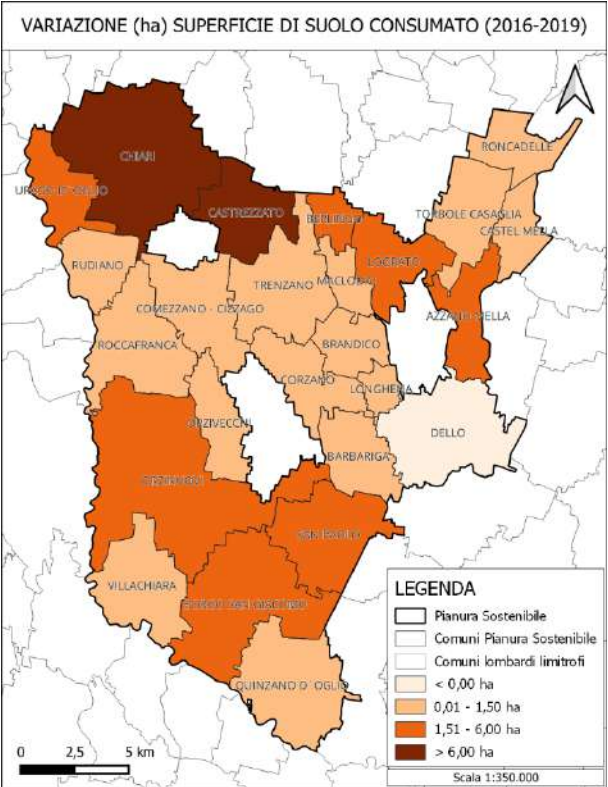
3.3.7. Incremento di suolo consumato rispetto al periodo precedente

Tramite l'indicatore in questione, questa sezione ha l'obiettivo di approfondire il tema della variazione, percentuale e non, del consumo di suolo all'interno del territorio di Pianura Sostenibile considerando due intervalli di tempo differenti, ossia il periodo compreso tra l'anno 2016 e l'anno 2019 e il periodo compreso tra l'anno 2019 e l'anno 2022. In particolare, la prima e la terza mappa, e le relative tabelle, rappresentano la variazione in ettari della superficie di suolo consumato nei due diversi periodi, invece, la seconda e la quarta mappa, e le relative tabelle, rappresentano la variazione percentuale della stessa quantità nei due diversi periodi.

Ponendo l'attenzione sulla variazione in ettari del consumo di suolo nei due diversi periodi, è possibile notare che in entrambi i periodi considerati il comune di Chiari e il comune di Castrezzato presentano aumenti rilevanti, rispettivamente di 13,91 ha e 6,91 ha per il primo periodo e di 20,83 ha e 20,73 ha per il secondo periodo. La maggior parte dei comuni rimanenti presenta fino ad un massimo di 5 ha di aumento in entrambi i periodi, invece, il comune di Dello nel primo periodo e, in modo minore, il comune di Roncadelle nel secondo periodo, presentano una diminuzione della superficie di suolo consumato. Allargando lo sguardo sull'intero territorio di Pianura Sostenibile, il suolo consumato dall'anno 2016 all'anno 2019 è pari a 51,59 ha e rappresenta il 14,25 % del suolo consumato nella Provincia di Brescia nello stesso periodo, che corrisponde a 362,11 ha. Invece, il suolo consumato nel territorio di Pianura Sostenibile, dall'anno 2019 all'anno 2022, è superiore a quello registrato nel periodo precedente ed è pari a 85,36 ha, ma al contrario del primo intervallo, rappresenta soltanto il 12,84 % del suolo consumato nella Provincia di Brescia nello stesso periodo, che corrisponde a 664,65 ha.

A livello di variazione percentuale del consumo di suolo, l'analisi acquista ancora più importanza, grazie alla possibilità del confronto diretto fornito dalla natura dell'indicatore. E' possibile notare che nel primo periodo, i comuni caratterizzati da un maggior incremento, oltre 2,50 %, sono quelli di Berlingo e Castrezzato; invece, per il secondo periodo sono i comuni di Castrezzato, Corzano e Borgo S. Giacomo. Nella maggior parte dei comuni rimanenti si registra, in entrambi i periodi, un aumento di suolo consumato inferiore al 2,50 %; ma è presente sia nel primo periodo con il comune di Dello, che nel secondo periodo, anche se in maniera molto meno rilevante, con il comune di Roncadelle, una diminuzione percentuale di suolo consumato. Tornando ad analizzare l'intero territorio di Pianura Sostenibile, la variazione percentuale di suolo consumato nel primo periodo è pari ad un aumento di 0,86 % e risulta essere superiore al valore di 0,74 % registrato nella Provincia di Brescia; invece, per quanto riguarda il secondo periodo è pari ad un aumento di 1,41 % che anche in questo caso risulta essere superiore al valore di 1,34 % registrato nella Provincia di Brescia.

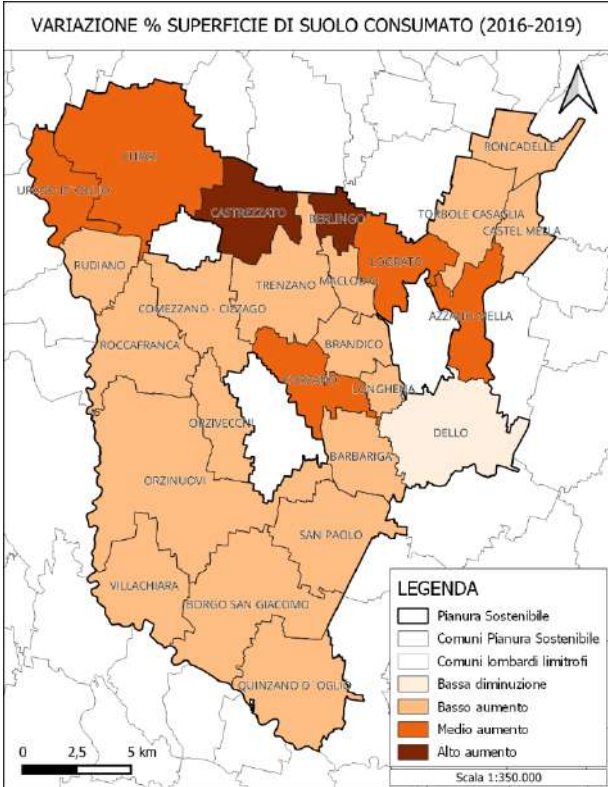
In conclusione, è evidente l'aumento del fenomeno del consumo di suolo, sia all'interno del territorio di Pianura Sostenibile sia per l'intera Provincia di Brescia, passando dal primo periodo (2016-2019) al secondo periodo (2019-2022).



FONTE DATI: ISPRA, 2023

LEGENDA [ha]
< 0,00
0,01 ; 1,50
1,51 ; 6,00
> 6,00

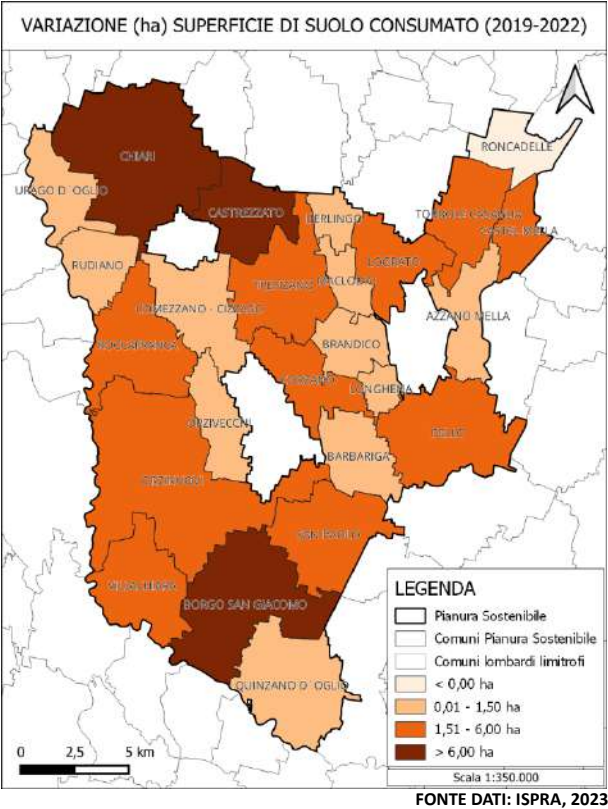
COMUNE	2016	2019	VARIAZIONE [ha]
Dello	312,47	309,99	-2,48
Longhena	42,03	42,04	0,01
Trenzano	226,77	227,00	0,23
Quinzano d'Oglio	283,68	283,95	0,27
Roccafranca	231,33	231,60	0,27
Macloadio	99,58	99,86	0,28
Orzivecchi	155,33	155,72	0,39
Brandico	90,90	91,49	0,59
Villachiera	111,94	112,83	0,89
Rudiano	181,48	182,48	1,00
Barbariga	130,85	131,89	1,04
Roncadelle	358,60	359,77	1,17
Comezzano-Cizzago	152,04	153,25	1,21
Castel Mella	249,88	251,15	1,27
Torbole Casaglia	261,28	262,68	1,40
Corzano	109,67	111,08	1,41
San Paolo	262,83	264,59	1,76
Azzano Mella	150,66	152,76	2,10
Borgo S. Giacomo	331,15	333,72	2,57
Urago d'Oglio	156,20	159,37	3,17
Lograto	196,84	200,35	3,51
Berlingo	108,91	112,99	4,08
Orzinuovi	682,41	687,04	4,63
Castrezzato	255,21	262,12	6,91
Chiari	850,17	864,08	13,91
Pianura Sostentabile	5992,21	6043,80	51,59



FONTE DATI: ISPRA, 2023

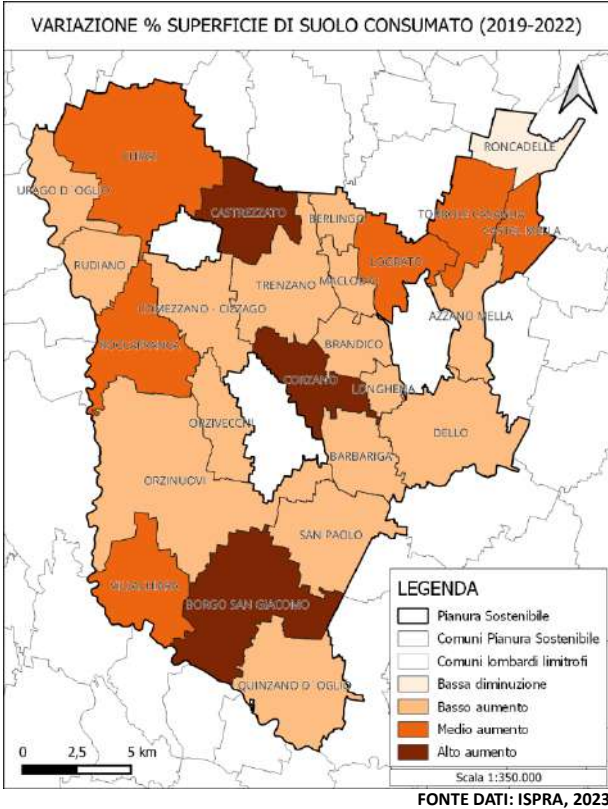
LEGENDA [%]	
Bassa diminuzione	-1,00 ; -0,001
Basso aumento	0,001 ; 1,00
Medio aumento	1,01 ; 2,50
Alto aumento	> 2,50

COMUNE	2016	2019	VARIAZIONE [%]
Dello	312,47	309,99	-0,79
Longhena	42,03	42,04	0,02
Quinzano d'Oglio	283,68	283,95	0,10
Trenzano	226,77	227,00	0,10
Roccafranca	231,33	231,60	0,12
Orzivecchi	155,33	155,72	0,25
Macloadio	99,58	99,86	0,28
Roncadelle	358,60	359,77	0,33
Castel Mella	249,88	251,15	0,51
Torbole Casaglia	261,28	262,68	0,54
Rudiano	181,48	182,48	0,55
Brandico	90,90	91,49	0,65
San Paolo	262,83	264,59	0,67
Orzinuovi	682,41	687,04	0,68
Borgo S. Giacomo	331,15	333,72	0,78
Barbariga	130,85	131,89	0,79
Villachiera	111,94	112,83	0,80
Comezzano-Cizzago	152,04	153,25	0,80
Corzano	109,67	111,08	1,29
Azzano Mella	150,66	152,76	1,39
Chiari	850,17	864,08	1,64
Lograto	196,84	200,35	1,78
Urago d'Oglio	156,20	159,37	2,03
Castrezzato	255,21	262,12	2,71
Berlingo	108,91	112,99	3,75
Pianura Sostentabile	5992,21	6043,80	0,86



LEGENDA [ha]
< 0,00
0,01 ; 1,50
1,51 ; 6,00
> 6,00

COMUNE	2019	2022	VARIAZIONE [ha]
Roncadelle	359,77	359,76	-0,01
Urago d'Oglio	159,37	159,44	0,07
Longhena	42,04	42,13	0,09
Macclodio	99,86	100,02	0,16
Quinzano d'Oglio	283,95	284,18	0,23
Berlingo	112,99	113,23	0,24
Orzivecchi	155,72	156,09	0,37
Rudiano	182,48	182,90	0,42
Comezzano-Cizzago	153,25	153,69	0,44
Brandico	91,49	92,00	0,51
Barbariga	131,89	132,76	0,87
Azzano Mella	152,76	153,88	1,12
Trenzano	227,00	228,58	1,58
Dello	309,99	311,89	1,90
Villachiera	112,83	114,93	2,10
Castel Mella	251,15	253,68	2,53
San Paolo	264,59	267,16	2,57
Lograto	200,35	203,76	3,41
Orzinuovi	687,04	690,69	3,65
Roccafranca	231,60	235,36	3,76
Torbole Casaglia	262,68	267,14	4,46
Corzano	111,08	115,83	4,75
Borgo S. Giacomo	333,72	342,30	8,58
Castrezzato	262,12	282,85	20,73
Chiari	864,08	884,91	20,83
Pianura Sostenibile	6043,80	6129,16	85,36



LEGENDA [%]	
Bassa diminuzione	-1,00 ; -0,001
Basso aumento	0,001 ; 1,00
Medio aumento	1,01 ; 2,50
Alto aumento	> 2,50

COMUNE	2019	2022	VARIAZIONE [%]
Roncadelle	359,77	359,76	-0,003
Urago d'Oglio	159,37	159,44	0,04
Quinzano d'Oglio	283,95	284,18	0,08
Macclodio	99,86	100,02	0,16
Berlingo	112,99	113,23	0,21
Longhena	42,04	42,13	0,21
Rudiano	182,48	182,90	0,23
Orzivecchi	155,72	156,09	0,24
Comezzano-Cizzago	153,25	153,69	0,29
Orzinuovi	687,04	690,69	0,53
Brandico	91,49	92,00	0,56
Dello	309,99	311,89	0,61
Barbariga	131,89	132,76	0,66
Trenzano	227,00	228,58	0,70
Azzano Mella	152,76	153,88	0,73
San Paolo	264,59	267,16	0,97
Castel Mella	251,15	253,68	1,01
Roccafranca	231,60	235,36	1,62
Torbole Casaglia	262,68	267,14	1,70
Lograto	200,35	203,76	1,70
Villachiera	112,83	114,93	1,86
Chiari	864,08	884,91	2,41
Borgo S. Giacomo	333,72	342,30	2,57
Corzano	111,08	115,83	4,28
Castrezzato	262,12	282,85	7,91
Pianura Sostenibile	6043,80	6129,16	1,41

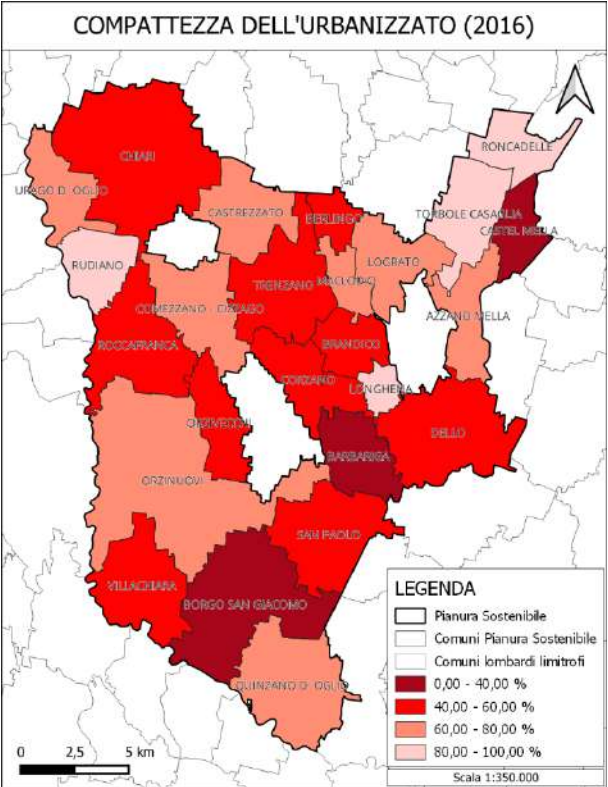
3.3.8. LCPI (Compattezza dell'urbanizzato)

LCPI (Largest Class Patch Index) è un indice che esprime la compattezza dell'urbanizzato tramite la percentuale occupata dalla patch di dimensione maggiore rispetto alla superficie di suolo consumato all'interno del limite amministrativo considerato. Come già evidenziato in precedenza, l'analisi della compattezza del costruito tramite l'indicatore LCPI è fondamentale nello studio delle forme dell'urbanizzato, però, presenta la problematica di non tenere conto delle diverse patch di dimensione minore a quella massima, con conseguente sottostima della compattezza. Inoltre, è utile sottolineare che l'indicatore LCPI risente molto dei piccoli cambiamenti nella dimensione e nella forma dei poligoni del costruito. (ISPRA, 2023)

Una maggiore compattezza dell'urbanizzato è ritenuta una condizione favorevole al contenimento del consumo di suolo, perché evita quelle situazioni di sprawl urbano, cioè un'espansione disordinata e incontrollata verso zone periferiche, che richiede costi superiori relativamente al funzionamento dei diversi servizi. L'indicatore in questione, assume valori maggiori nei comuni caratterizzati da un centro urbano di dimensioni elevate, mentre valori inferiori si associano ad aree con un maggiore grado di frammentazione dell'urbanizzato.

Focalizzando l'attenzione all'anno 2022, i comuni che presentano una compattezza maggiore, con un valore di LCPI di oltre 80%, sono situati a Nord del territorio di Pianura Sostenibile e sono i comuni di Roncadelle, Longhena, Rudiano e Torbole Casaglia; mentre, quelli che presentano una compattezza minore sono i comuni di Barbariga, Borgo S. Giacomo e Castel Mella.

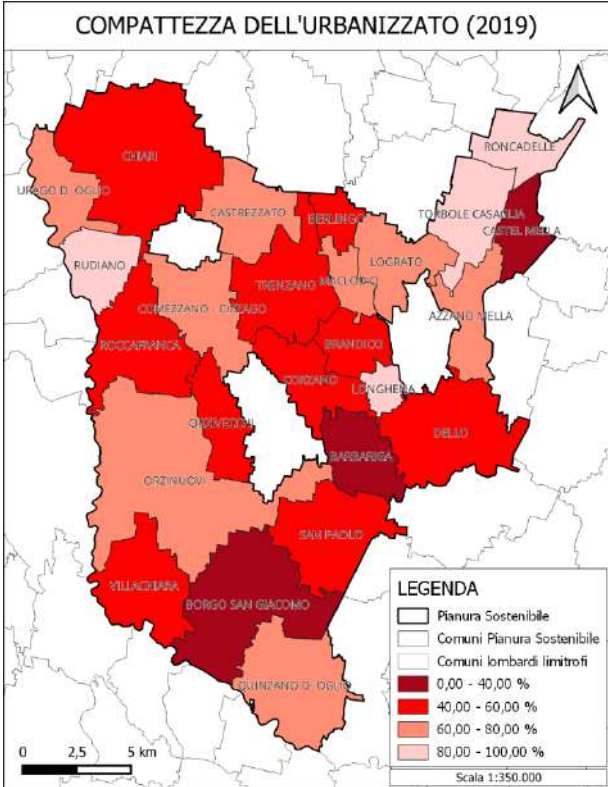
Per quanto riguarda la variazione percentuale del parametro LCPI, nel periodo compreso tra l'anno 2016 e l'anno 2022, è possibile notare che soltanto pochi comuni all'interno di Pianura Sostenibile hanno la tendenza di un aumento di compattezza dell'area urbana; è il caso dei comuni di Macclodio, Castel Mella, Lograto, Dello, Quinzano d'Oglio, e soprattutto, del comune di Corzano, caratterizzato da un aumento di compattezza di oltre 8%. Al contrario, nella maggior parte dei comuni del territorio di Pianura Sostenibile, come ad esempio, i comuni di Borgo S. Giacomo, Chiari, Berlingo, Urago d'Oglio, e principalmente, il comune di Castrezzato, che va oltre il 10% di diminuzione della propria compattezza, si riscontra uno sviluppo frammentato, lontano dal centro urbano principale.



FONTE DATI: ISPRA, 2023

LEGENDA [%]	
0,0000	40,0000
40,0001	60,0000
60,0001	80,0000
80,0001	100,0000

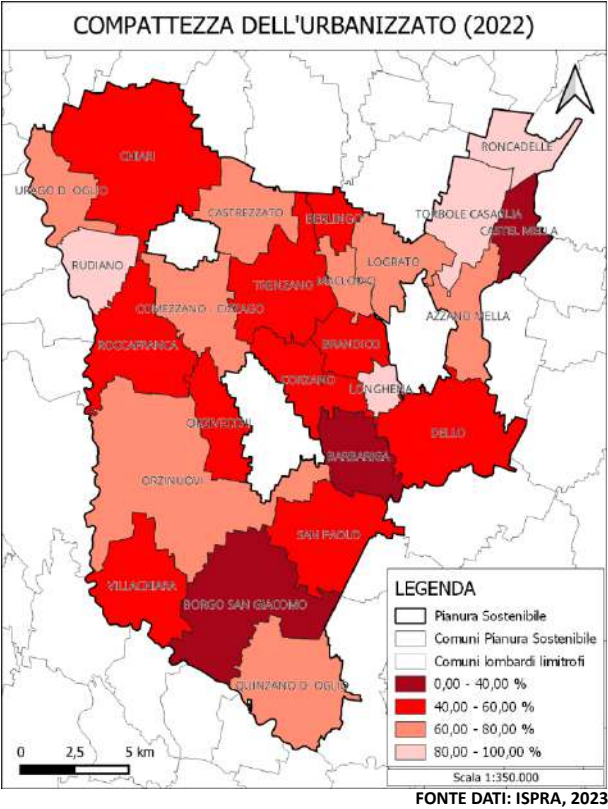
COMUNE	2016
Barbariga	36,5940
Castel Mella	38,1482
Borgo S. Giacomo	39,7440
Villachiara	41,5584
Corzano	41,9694
Roccafranca	42,2365
Dello	43,8778
Trenzano	48,5951
Berlingo	51,4244
San Paolo	54,3004
Brandico	54,6687
Orzivecchi	56,6909
Chiari	59,9233
Lograto	60,9065
Urago d'Oglio	62,5077
Orzinuovi	64,4178
Comezzano-Cizzago	74,8115
Maclodio	75,9546
Castrezzato	76,9332
Quinzano d'Oglio	76,9437
Azzano Mella	77,9150
Torbole Casaglia	82,0359
Rudiano	83,4263
Longhena	84,8444
Roncadelle	91,5088



FONTE DATI: ISPRA, 2023

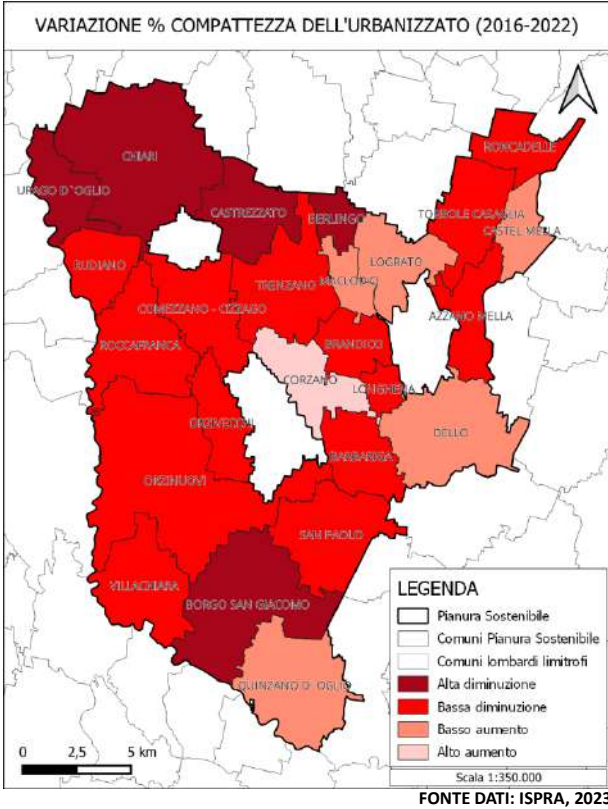
LEGENDA [%]	
0,0000	40,0000
40,0001	60,0000
60,0001	80,0000
80,0001	100,0000

COMUNE	2019
Barbariga	36,3309
Castel Mella	38,1037
Borgo S. Giacomo	39,3992
Villachiara	41,0977
Roccafranca	42,1828
Corzano	42,5432
Dello	44,4867
Trenzano	48,5578
Berlingo	49,9155
San Paolo	53,8361
Brandico	54,6415
Orzivecchi	56,5284
Chiari	59,1794
Urago d'Oglio	60,6027
Lograto	62,0421
Orzinuovi	64,0504
Comezzano-Cizzago	74,4363
Castrezzato	75,1224
Maclodio	76,0410
Azzano Mella	77,0033
Quinzano d'Oglio	77,7924
Torbole Casaglia	81,9257
Rudiano	82,9380
Longhena	84,8444
Roncadelle	91,3581



LEGENDA [%]	
0,0000 ; 40,0000	
40,0001 ; 60,0000	
60,0001 ; 80,0000	
80,0001 ; 100,0000	

COMUNE	2022
Barbariga	36,1905
Borgo S. Giacomo	37,9132
Castel Mella	38,2473
Villachiara	40,9325
Roccafranca	41,4361
Dello	44,2115
Corzano	45,6040
Trenzano	48,3256
Berlingo	49,8500
San Paolo	53,2735
Brandico	54,5601
Orzivecchi	56,3923
Chiari	57,6494
Urago d'Oglio	60,6259
Lograto	61,1749
Orzinuovi	63,2335
Castrezzato	69,1688
Comezzano-Cizzago	74,4662
Macclodio	76,0537
Azzano Mella	76,9024
Quinzano d'Oglio	77,7980
Torbole Casaglia	80,7694
Rudiano	82,9600
Longhena	84,6611
Roncadelle	91,4486



LEGENDA [%]	
Alta diminuzione	< -3,00
Bassa diminuzione	-3,00 ; -0,01
Basso aumento	0,01 ; 3,00
Alto aumento	> 3,00

COMUNE	2016	2022	VARIAZIONE [%]
Castrezzato	76,9332	69,1688	-10,09
Borgo S. Giacomo	39,7440	37,9132	-4,61
Chiari	59,9233	57,6494	-3,79
Berlingo	51,4244	49,8500	-3,06
Urago d'Oglio	62,5077	60,6259	-3,01
Roccafranca	42,2365	41,4361	-1,90
San Paolo	54,3004	53,2735	-1,89
Orzinuovi	64,4178	63,2335	-1,84
Torbole Casaglia	82,0359	80,7694	-1,54
Villachiara	41,5584	40,9325	-1,51
Azzano Mella	77,9150	76,9024	-1,30
Barbariga	36,5940	36,1905	-1,10
Rudiano	83,4263	82,9600	-0,56
Trenzano	48,5951	48,3256	-0,55
Orzivecchi	56,6909	56,3923	-0,53
Comezzano-Cizzago	74,8115	74,4662	-0,46
Longhena	84,8444	84,6611	-0,22
Brandico	54,6687	54,5601	-0,20
Roncadelle	91,5088	91,4486	-0,07
Macclodio	75,9546	76,0537	0,13
Castel Mella	38,1482	38,2473	0,26
Lograto	60,9065	61,1749	0,44
Dello	43,8778	44,2115	0,76
Quinzano d'Oglio	76,9437	77,7980	1,11
Corzano	41,9694	45,6040	8,66

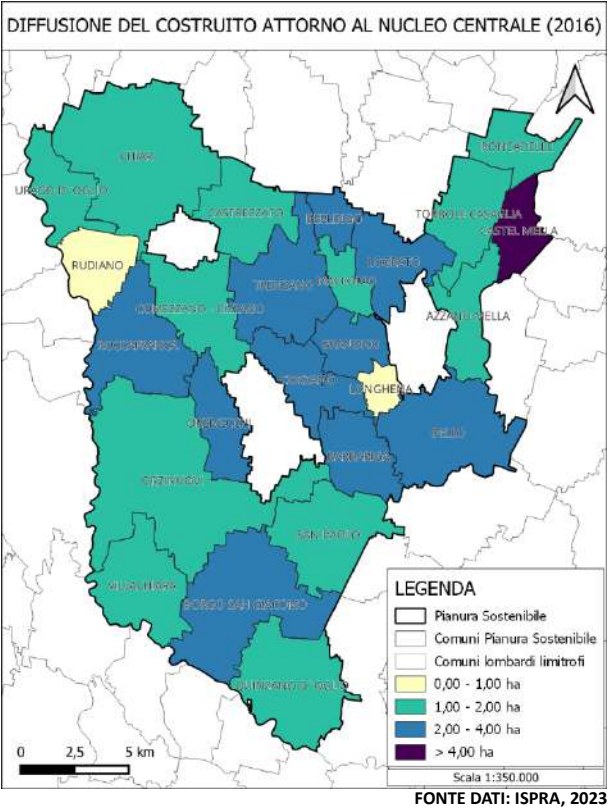
3.3.9. RMPS (Diffusione del costruito attorno al nucleo centrale)

RMPS (Residual Mean Patch Size) è un indice che è definito come dimensione media dei poligoni di suolo consumato nel comune considerato, con l'esclusione della patch di dimensione maggiore e fornisce la dimensione della diffusione del costruito attorno al nucleo centrale, infatti, può essere inteso anche come un indicatore della diffusione. In generale, valori elevati di RMPS corrispondono a condizioni di bassa diffusione, al contrario, bassi valori di RMPS caratterizzano aree urbane più diffuse. E' necessario precisare che questo parametro risente notevolmente della scala di studio. (ISPRA, 2023)

Come già sottolineato in precedenza, questo indicatore è molto difficile da analizzare perché, maggiore è la dimensione del poligono diverso da quello più grande, maggiore sarà il valore del parametro e quindi la conseguenza è l'inevitabile lo sviluppo di policentricità. Questo effetto, dal punto di vista urbanistico è sicuramente da evitare perché porta alla formazione della "città diffusa", però in alcuni casi, non è detto che tale policentricità sia del tutto negativa in termini di consumo di suolo, in quanto un comune può essere caratterizzato da più centri ma, allo stesso tempo, essere piuttosto compatto analizzando ogni singolo centro. E' quindi importante precisare, che la valutazione deve essere necessariamente fatta caso per caso, distinguendo tra i fattori che determinano situazioni decisamente differenti dovute, ad esempio, alla morfologia del territorio.

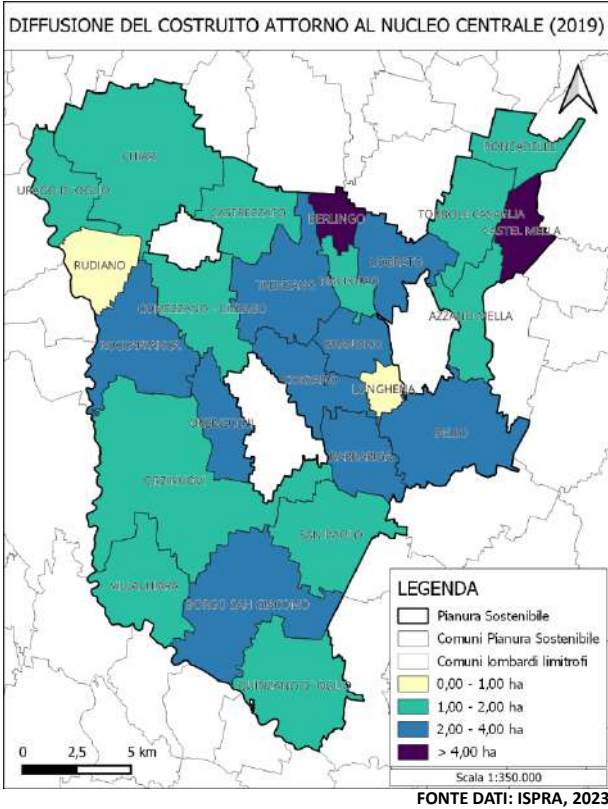
Relativamente all'anno 2022, le realtà comunali che presentano valori elevati di RMPS, e quindi una bassa diffusione attorno al nucleo centrale che porta alla presenza di policentricità, sono quelli di Berlingo e soprattutto di Castel Mella, che supera abbondantemente il valore di 10 ha. Infatti, come mostrato successivamente, nella sezione relativa alla progressione dell'urbanizzato (3.3.20. Evoluzione storica dell'urbanizzazione), nel comune di Castel Mella è possibile notare delle policentricità, caratterizzate da più di due centri urbani di dimensioni notevoli all'interno dell'area amministrativa. Invece, i comuni che presentano una situazione ideale, con valori inferiori di RMPS, e quindi un'alta diffusione attorno al nucleo centrale, sono quelli di Rudiano e Longhena.

Per quanto riguarda la variazione percentuale dell'indice RMPS, tra l'anno 2016 e l'anno 2022, è possibile notare una diminuzione di tale valore principalmente nei comuni di Brandico, Dello, Roncadelle e Villachiara, mentre i comuni che hanno registrato un maggiore aumento del valore sono quelli di Chiari e soprattutto Castrezzato, che registra un incremento di oltre il 50 %. Infine, Maclodio è l'unico comune che non presenta nessuna variazione percentuale.



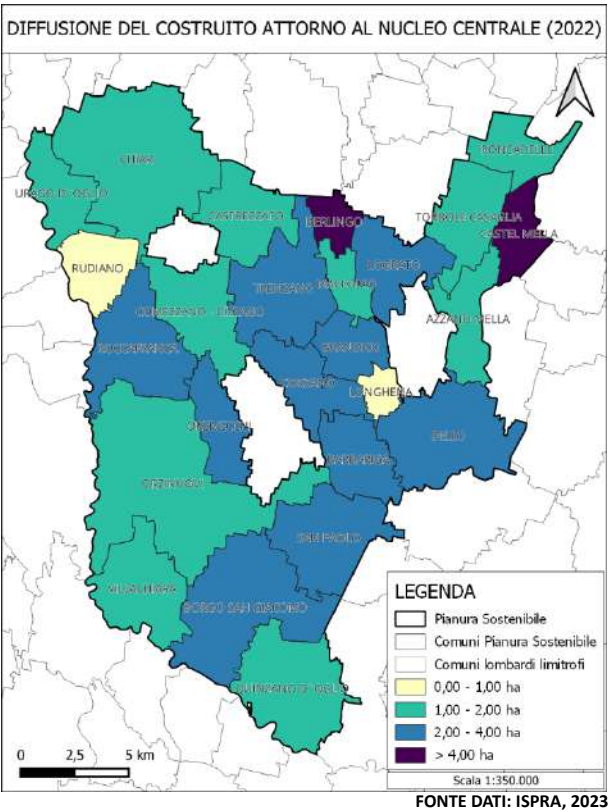
LEGENDA [ha]	
0,0000 ; 1,0000	
1,0001 ; 2,0000	
2,0001 ; 4,0000	
> 4,0000	

COMUNE	2016
Rudiano	0,8356
Longhena	0,9333
Quinzano d'Oglio	1,0612
Roncadelle	1,0679
Castrezzato	1,1680
Comezzano-Cizzago	1,2171
Urago d'Oglio	1,2217
Chiari	1,2526
Torbole Casaglia	1,2971
Azzano Mella	1,3145
Orzinuovi	1,4547
Macclodio	1,5113
Villachiera	1,5268
San Paolo	1,9840
Lograto	2,0203
Corzano	2,0320
Trenzano	2,1370
Borgo S. Giacomo	2,1993
Brandico	2,2788
Roccafranca	2,4198
Barbariga	2,5404
Dello	2,7226
Orzivecchi	3,2778
Berlingo	3,7908
Castel Mella	12,9208



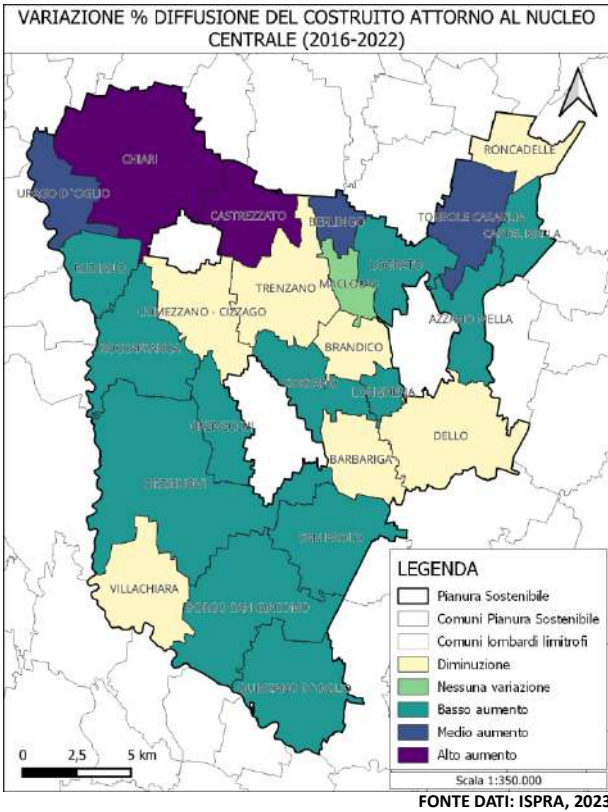
LEGENDA [ha]	
0,0000 ; 1,0000	
1,0001 ; 2,0000	
2,0001 ; 4,0000	
> 4,0000	

COMUNE	2019
Rudiano	0,8653
Longhena	0,9333
Roncadelle	1,0534
Quinzano d'Oglio	1,0676
Comezzano-Cizzago	1,2041
Chiari	1,3093
Castrezzato	1,3096
Torbole Casaglia	1,3124
Azzano Mella	1,3229
Urago d'Oglio	1,3260
Orzinuovi	1,4851
Macclodio	1,5113
Villachiera	1,5561
San Paolo	1,9794
Corzano	2,0496
Lograto	2,0819
Trenzano	2,0956
Brandico	2,1471
Borgo S. Giacomo	2,2013
Roccafranca	2,3724
Dello	2,6041
Barbariga	2,6876
Orzivecchi	3,3017
Berlingo	4,1015
Castel Mella	13,0075



LEGENDA [ha]	
0,0000 ; 1,0000	
1,0001 ; 2,0000	
2,0001 ; 4,0000	
> 4,0000	

COMUNE	2022
Rudiano	0,8653
Longhena	0,9467
Roncadelle	1,0414
Quinzano d'Oglio	1,0915
Comezzano-Cizzago	1,2041
Urago d'Oglio	1,3266
Azzano Mella	1,3471
Torbole Casaglia	1,3840
Chiari	1,3975
Villachiarà	1,4907
Orzinuovi	1,5079
Maclodio	1,5113
Castrezzato	1,7771
San Paolo	2,0267
Corzano	2,0516
Lograto	2,1009
Trenzano	2,1217
Brandico	2,1571
Borgo S. Giacomo	2,3086
Roccafranca	2,4522
Barbariga	2,5063
Dello	2,6353
Orzivecchi	3,3200
Berlingo	4,1146
Castel Mella	13,1183



LEGENDA [%]	
Diminuzione	< 0,00
Nessuna variazione	0,00
Basso aumento	0,01 ; 5,00
Medio aumento	5,01 ; 10,00
Alto aumento	> 10,00

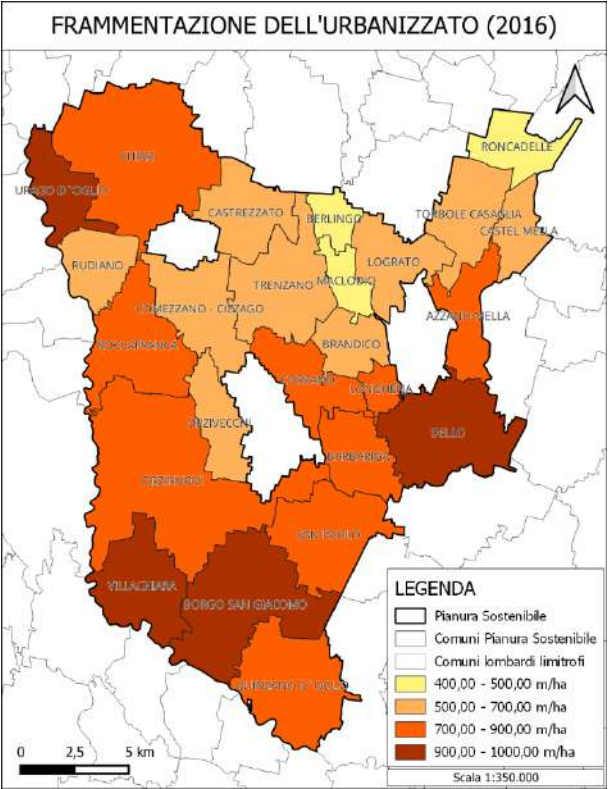
COMUNE	2016	2022	VARIAZIONE [%]
Brandico	2,2788	2,1571	-5,34
Dello	2,7226	2,6353	-3,21
Roncadelle	1,0679	1,0414	-2,48
Villachiarà	1,5268	1,4907	-2,37
Barbariga	2,5404	2,5063	-1,34
Comezzano-Cizzago	1,2171	1,2041	-1,07
Trenzano	2,1370	2,1217	-0,72
Maclodio	1,5113	1,5113	0,00
Corzano	2,0320	2,0516	0,96
Orzivecchi	3,2778	3,3200	1,29
Roccafranca	2,4198	2,4522	1,34
Longhena	0,9333	0,9467	1,43
Castel Mella	12,9208	13,1183	1,53
San Paolo	1,9840	2,0267	2,15
Azzano Mella	1,3145	1,3471	2,48
Quinzano d'Oglio	1,0612	1,0915	2,85
Rudiano	0,8356	0,8653	3,55
Orzinuovi	1,4547	1,5079	3,66
Lograto	2,0203	2,1009	3,99
Borgo S. Giacomo	2,1993	2,3086	4,97
Torbole Casaglia	1,2971	1,3840	6,70
Berlingo	3,7908	4,1146	8,54
Urago d'Oglio	1,2217	1,3266	8,58
Chiari	1,2526	1,3975	11,57
Castrezzato	1,1680	1,7771	52,15

3.3.10. Edge Density (Frammentazione dell'urbanizzato)

ED (Edge Density o densità dei margini urbani) è un indice che esprime la frammentazione dell'urbanizzato tramite il rapporto tra la somma totale dei perimetri dei poligoni delle aree urbanizzate e la loro superficie. Come già visto in precedenza, descrive la frammentazione del paesaggio in termini di densità dei margini del costruito e, passando da aree urbane con forma compatta o con confini regolari ad altre con confini più frastagliati, assume valori sempre maggiori. Quindi, valori elevati di ED corrispondono alle condizioni più infelici, caratterizzate da un alto grado di frammentazione, al contrario, bassi valori di ED caratterizzano aree urbane più compatte. Inoltre, questo indicatore è fondamentale per l'analisi della dispersione del territorio perché è strettamente legato alle caratteristiche morfologiche dei confini urbani. (ISPRA, 2023)

Analizzando i dati relativi al territorio di Pianura Sostenibile all'anno 2022, è possibile notare che valori bassi, minori di 500 m/ha, corrispondenti ad un basso grado di frammentazione dell'urbanizzato, si registrano a Nord del territorio di Pianura Sostenibile, nei comuni di Roncadelle, Berlingo e Macclodio; al contrario, valori altri, maggiori di 900 m/ha, corrispondenti ad un alto grado di frammentazione dell'urbanizzato, si verificano nei comuni di Villachiera, Dello e Urago d'Oglio.

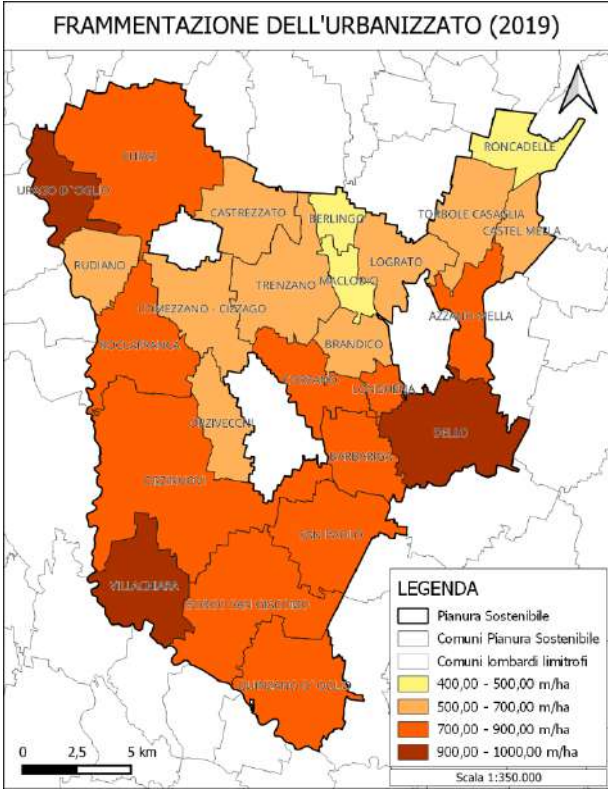
Per quanto riguarda la variazione percentuale del paramento ED, nel periodo compreso tra l'anno 2016 e l'anno 2022, soltanto i comuni di Dello, già caratterizzato da un valore di ED piuttosto alto, e Brandico presentano un aumento, seppur minimo, della frammentazione dell'urbanizzato. Invece, i restanti comuni, come ad esempio Chiari, Corzano e soprattutto Castrezzato, con un decremento di circa 8%, presentano dati confortanti, cioè la diminuzione del grado di frammentazione dell'urbanizzato.



FONTE DATI: ISPRA, 2023

LEGENDA [m/ha]	
400,0000 ; 500,0000	
500,0001 ; 700,0000	
700,0001 ; 900,0000	
900,0001 ; 1000,0000	

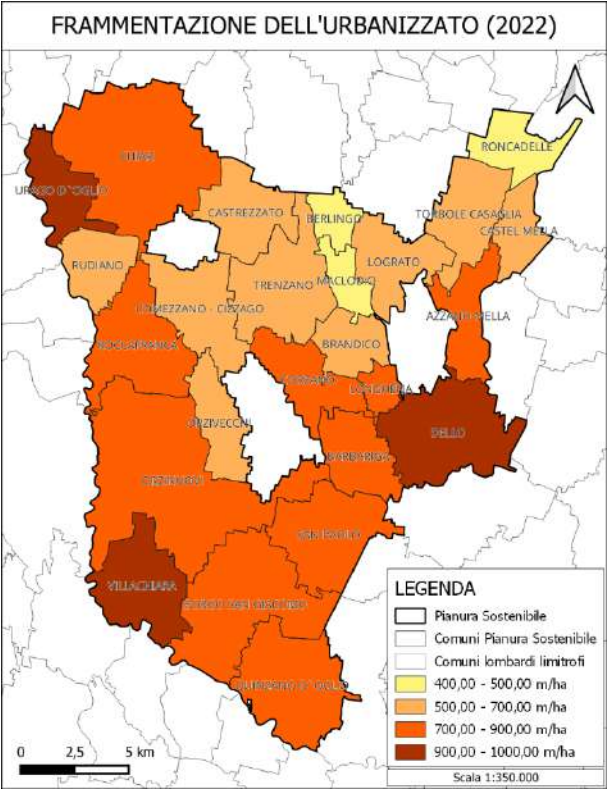
COMUNE	2016
Roncadelle	434,3437
Berlingo	472,1330
Maclodio	499,2469
Castel Mella	585,3444
Torbole Casaglia	600,8114
Castrezzato	633,3359
Comezzano-Cizzago	653,9954
Brandico	674,5133
Rudiano	686,0638
Trenzano	689,4788
Orzivecchi	690,1436
Lograto	699,3853
Longhena	706,6381
Corzano	733,1753
Orzinuovi	762,5328
Roccafranca	784,2476
Chiari	815,1450
San Paolo	827,9877
Barbariga	836,2886
Azzano Mella	881,1894
Quinzano d'Oglio	883,8521
Borgo S. Giacomo	902,2770
Dello	919,1628
Urago d'Oglio	929,1339
Villachiera	958,8135



FONTE DATI: ISPRA, 2023

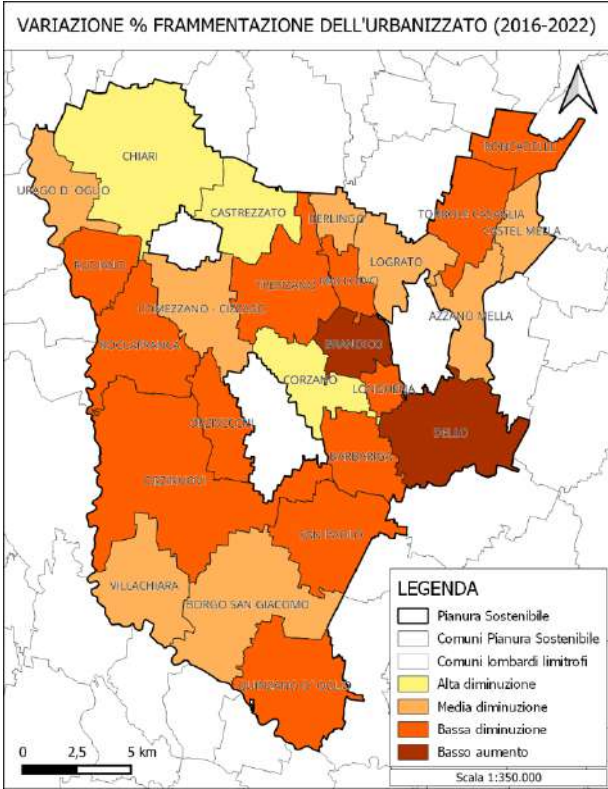
LEGENDA [m/ha]	
400,0000 ; 500,0000	
500,0001 ; 700,0000	
700,0001 ; 900,0000	
900,0001 ; 1000,0000	

COMUNE	2019
Roncadelle	433,7651
Berlingo	459,5097
Maclodio	497,8472
Castel Mella	582,1454
Torbole Casaglia	600,4264
Castrezzato	619,6925
Comezzano-Cizzago	650,7895
Brandico	675,1913
Rudiano	685,1537
Lograto	688,6293
Orzivecchi	688,6720
Trenzano	689,9256
Longhena	706,9458
Corzano	729,0898
Orzinuovi	758,4129
Roccafranca	784,1969
Chiari	801,9072
San Paolo	825,5036
Barbariga	831,8168
Azzano Mella	874,7054
Quinzano d'Oglio	882,0961
Borgo S. Giacomo	897,7256
Urago d'Oglio	914,2929
Dello	927,4839
Villachiera	956,3907



LEGENDA [m/ha]	
400,0000 ; 500,0000	
500,0001 ; 700,0000	
700,0001 ; 900,0000	
900,0001 ; 1000,0000	

COMUNE	2022
Roncadelle	433,6660
Berlingo	462,2450
Macloadio	495,8512
Castel Mella	578,3892
Castrezzato	583,0446
Torbole Casaglia	597,2898
Comezzano-Cizzago	647,3650
Brandico	678,8393
Rudiano	684,0177
Orzivecchi	687,6802
Trenzano	688,4816
Lograto	690,0613
Corzano	704,8869
Longhena	706,3850
Orzinuovi	757,9377
Roccafranca	779,0619
Chiari	789,2917
San Paolo	821,5302
Barbariga	831,4878
Azzano Mella	868,5989
Borgo S. Giacomo	880,5983
Quinzano d'Oglio	881,6637
Urago d'Oglio	914,5187
Dello	925,6172
Villachiera	947,7898



LEGENDA [%]	
Alta diminuzione	< -3,00
Media diminuzione	-3,00 ; -1,01
Bassa diminuzione	-1,00 ; -0,01
Basso aumento	0,01 ; 1,00

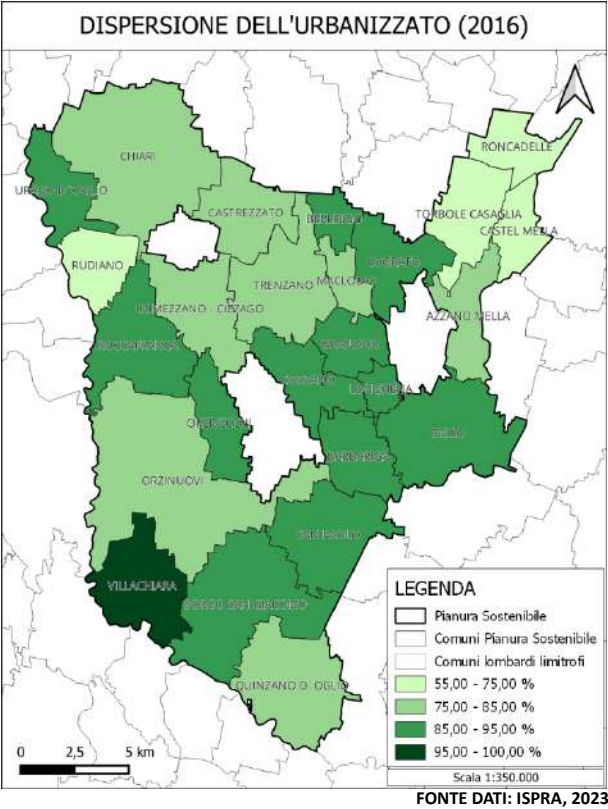
COMUNE	2016	2022	VARIAZIONE [%]
Castrezzato	633,3359	583,0446	-7,94
Corzano	733,1753	704,8869	-3,86
Chiari	815,1450	789,2917	-3,17
Borgo S. Giacomo	902,2770	880,5983	-2,40
Berlingo	472,1330	462,2450	-2,09
Urago d'Oglio	929,1339	914,5187	-1,57
Azzano Mella	881,1894	868,5989	-1,43
Lograto	699,3853	690,0613	-1,33
Castel Mella	585,3444	578,3892	-1,19
Villachiera	958,8135	947,7898	-1,15
Comezzano-Cizzago	653,9954	647,3650	-1,01
San Paolo	827,9877	821,5302	-0,78
Macloadio	499,2469	495,8512	-0,68
Roccafranca	784,2476	779,0619	-0,66
Orzinuovi	762,5328	757,9377	-0,60
Torbole Casaglia	600,8114	597,2898	-0,59
Barbariga	836,2886	831,4878	-0,57
Orzivecchi	690,1436	687,6802	-0,36
Rudiano	686,0638	684,0177	-0,30
Quinzano d'Oglio	883,8521	881,6637	-0,25
Roncadelle	434,3437	433,6660	-0,16
Trenzano	689,4788	688,4816	-0,14
Longhena	706,6381	706,3850	-0,04
Brandico	674,5133	678,8393	0,64
Dello	919,1628	925,6172	0,70

3.3.11. Dispersion Index (Dispersione dell'urbanizzato)

ID (Dispersion Index o indice di dispersione urbana) è un indice che esprime la dispersione dell'urbanizzato tramite il rapporto tra l'estensione delle aree costruite a bassa densità di urbanizzazione (aree suburbane) e il totale delle aree ad alta e bassa densità di urbanizzazione (aree urbane e aree suburbane). L'indicatore in questione ha carattere opposto alla compattezza, con valori alti in presenza di tessuti a bassa densità e valori bassi nelle aree più raccolte e compatte, e può rappresentare la dispersione territoriale. (ISPRA, 2023)

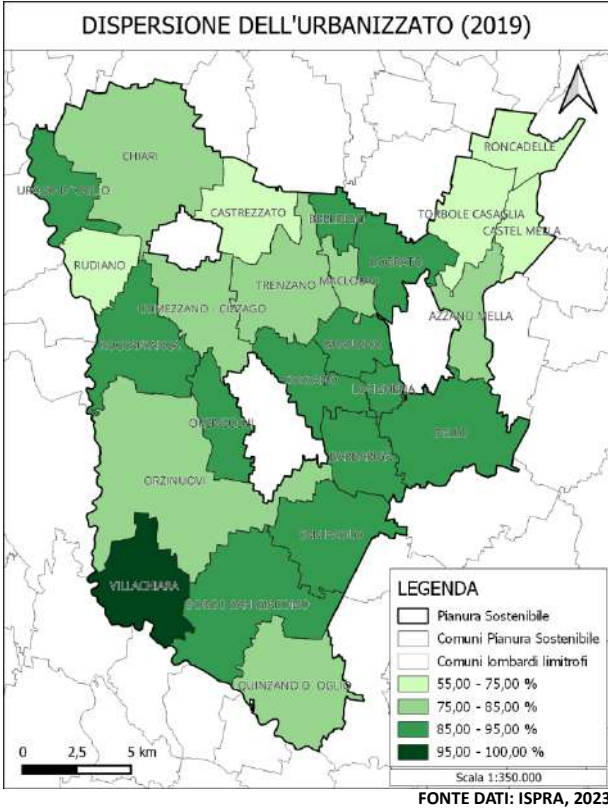
Per quanto riguarda l'anno 2022, i comuni che presentano una dispersione minore dell'urbanizzato, con valori di ID inferiori al 75 %, sono situati a Nord del territorio di Pianura Sostenibile e sono i comuni di Roncadelle, Castel Mella, Torbole Casaglia, Rudiano e Castrezzato; mentre, quello che presenta una dispersione maggiore dell'urbanizzato è il comune di Villachiara, situato a Sud-Ovest della regione considerata e caratterizzato da un valore superiore al 95%.

Osservando la variazione percentuale del parametro ID, nel periodo compreso tra l'anno 2016 e l'anno 2022, è possibile notare che soltanto pochi comuni all'interno del territorio di Pianura Sostenibile, cioè Castrezzato, Corzano e Berlingo, hanno la tendenza di un'elevata diminuzione percentuale della dispersione dell'urbanizzato. In senso opposto, tale fatto è riscontrabile nel solo comune di Torbole Casaglia, caratterizzato da un elevato aumento percentuale della dispersione dell'urbanizzato. Le realtà comunali restanti, invece, sono contraddistinte da aumenti/diminuzioni percentuali della dispersione dell'urbanizzato inferiori al valore di 1 %.



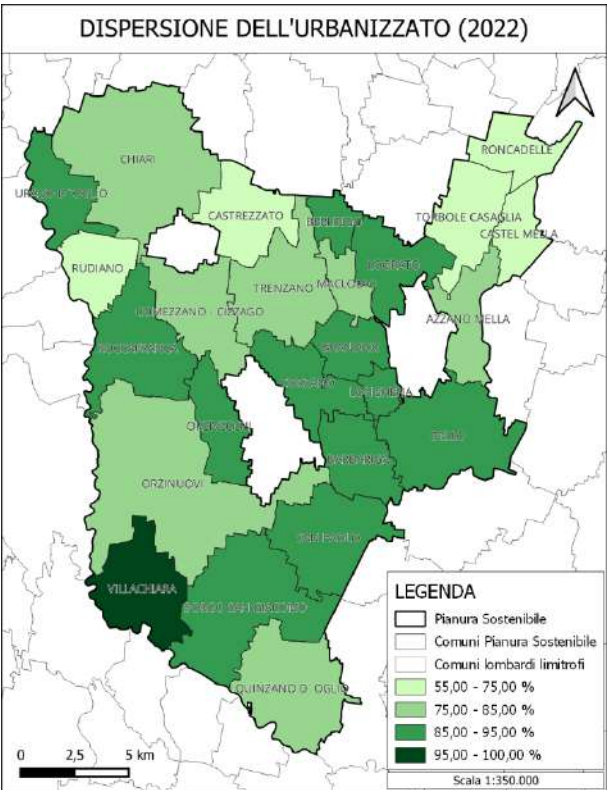
LEGENDA [%]	
55,0000 ; 75,0000	
75,0001 ; 85,0000	
85,0001 ; 95,0000	
95,0001 ; 100,0000	

COMUNE	2016
Roncadelle	56,7642
Castel Mella	65,7952
Torbole Casaglia	71,6491
Rudiano	72,3652
Castrezzato	75,9594
Maclodio	78,5525
Comezzano-Cizzago	78,9605
Azzano Mella	81,0811
Orzinuovi	81,6534
Trenzano	81,6986
Quinzano d'Oglio	83,4654
Chiari	84,8134
Orzivecchi	86,0419
Roccafranca	86,3544
Dello	86,4534
Brandico	86,4792
Lograto	86,5144
Berlingo	87,0452
San Paolo	88,4418
Borgo S. Giacomo	88,7983
Urago d'Oglio	89,5022
Corzano	93,8521
Longhena	94,1850
Barbariga	94,5484
Villachiera	95,1275



LEGENDA [%]	
55,0000 ; 75,0000	
75,0001 ; 85,0000	
85,0001 ; 95,0000	
95,0001 ; 100,0000	

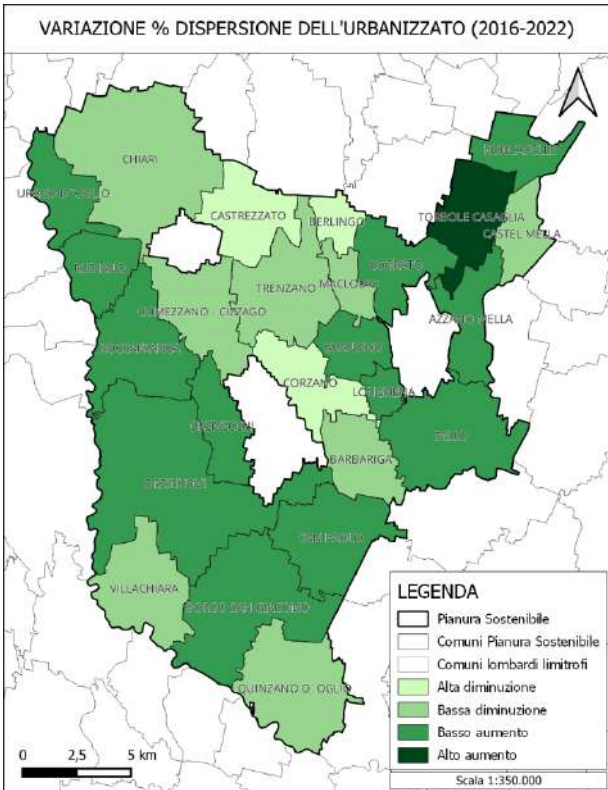
COMUNE	2019
Roncadelle	56,8869
Castel Mella	65,5692
Torbole Casaglia	71,4413
Rudiano	72,8733
Castrezzato	74,3289
Maclodio	78,4679
Comezzano-Cizzago	79,0084
Azzano Mella	81,1784
Orzinuovi	81,5913
Trenzano	81,7817
Quinzano d'Oglio	83,3048
Chiari	84,6497
Orzivecchi	85,6663
Roccafranca	86,4187
Brandico	86,4792
Dello	86,5274
San Paolo	88,6242
Borgo S. Giacomo	89,0765
Urago d'Oglio	89,5653
Corzano	93,6566
Longhena	94,1855
Barbariga	94,3173
Villachiera	95,1575



FONTE DATI: ISPRA, 2023

LEGENDA [%]	
55,0000 ; 75,0000	
75,0001 ; 85,0000	
85,0001 ; 95,0000	
95,0001 ; 100,0000	

COMUNE	2022
Roncadelle	56,7864
Castel Mella	65,4060
Torbole Casaglia	72,6036
Rudiano	72,7509
Castrezzato	73,8487
Macclodio	78,3654
Comezzano-Cizzago	78,7429
Azzano Mella	81,0898
Trenzano	81,6498
Orzinuovi	81,7530
Quinzano d'Oglio	83,3180
Chiari	84,0115
Berlingo	85,6837
Orzivecchi	86,1041
Brandico	86,5062
Lograto	86,5439
Roccafranca	86,6792
Dello	86,6922
San Paolo	88,8373
Borgo S. Giacomo	88,8445
Urago d'Oglio	89,5486
Corzano	92,0951
Barbariga	94,1599
Longhena	94,1874
Villachiera	95,0965



FONTE DATI: ISPRA, 2023

LEGENDA [%]	
Alta diminuzione	< -1,00
Bassa diminuzione	-1,00 ; -0,001
Basso aumento	0,001 ; 1,00
Alto aumento	> 1,00

COMUNE	2016	2022	VARIAZIONE [%]
Castrezzato	75,9594	73,8487	-2,78
Corzano	93,8521	92,0951	-1,87
Berlingo	87,0452	85,6837	-1,56
Chiari	84,8134	84,0115	-0,95
Castel Mella	65,7952	65,4060	-0,59
Barbariga	94,5484	94,1599	-0,41
Comezzano-Cizzago	78,9605	78,7429	-0,28
Macclodio	78,5525	78,3654	-0,24
Quinzano d'Oglio	83,4654	83,3180	-0,18
Trenzano	81,6986	81,6498	-0,06
Villachiera	95,1275	95,0965	-0,03
Longhena	94,1850	94,1874	0,002
Azzano Mella	81,0811	81,0898	0,01
Brandico	86,4792	86,5062	0,03
Lograto	86,5144	86,5439	0,03
Roncadelle	56,7642	56,7864	0,04
Urago d'Oglio	89,5022	89,5486	0,05
Borgo S. Giacomo	88,7983	88,8445	0,05
Orzivecchi	86,0419	86,1041	0,07
Orzinuovi	81,6534	81,7530	0,12
Dello	86,4534	86,6922	0,28
Roccafranca	86,3544	86,6792	0,38
San Paolo	88,4418	88,8373	0,45
Rudiano	72,3652	72,7509	0,53
Torbole Casaglia	71,6491	72,6036	1,33

3.3.12. Perdita di servizi ecosistemici

In questa sezione si riporta l'analisi relativa ai costi dovuti alla perdita di servizi ecosistemici prendendo in considerazione sia i valori *minimi* che i valori *massimi* di ogni servizio nel periodo compreso tra l'anno 2012 e l'anno 2021. Come già sottolineato in precedenza, questo indicatore, caratterizzato dalla conversione della perdita di servizi ecosistemici in termini economici, è stato volutamente creato per rendere ancora più comprensibile (e confrontabile) l'importanza dei servizi ecosistemici offerti dal suolo. Infatti, l'auspicio è che tali stime possano supportare una migliore comprensione del ruolo essenziale dei suoli non artificiali, per la tutela del territorio e del paesaggio, anche in ambito urbano. (ISPRA, 2022)

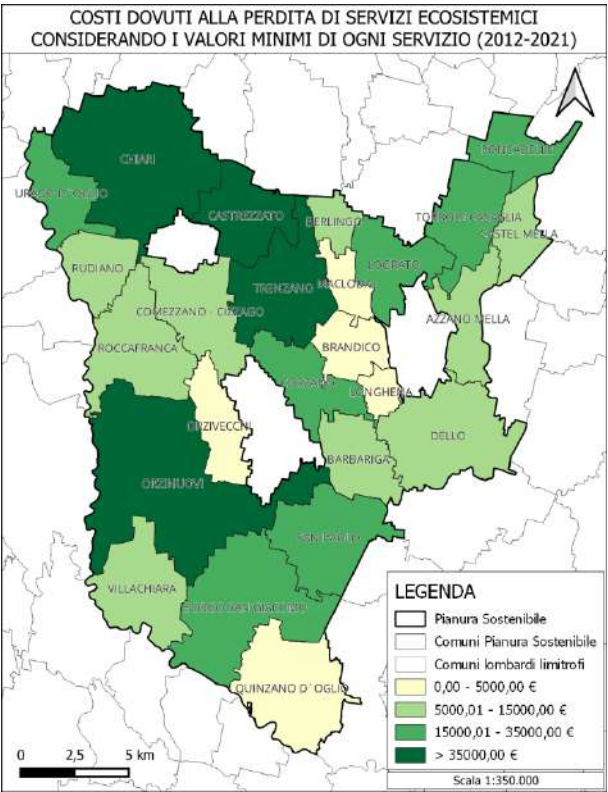
In particolare, a sinistra viene riportata la mappa tematica relativa ai costi dovuti alla perdita di servizi ecosistemici utilizzando i valori minimi di ogni servizio nel periodo 2012-2021, invece, a destra viene riportata quella che prende in considerazione i valori massimi di ogni servizio nello stesso periodo. E' possibile notare che per ogni comune, il costo calcolato utilizzando la quotazione massima di ogni servizio, corrisponde a circa al doppio del costo ricavato prendendo in considerazione il valore minimo di ogni servizio. Inoltre, dalle grosse cifre riportate nelle tabelle, appare evidente il fatto che il consumo di suolo porta diversi svantaggi dal punto di vista ambientale, paesaggistico e urbanistico.

Per quanto riguarda la mappa a sinistra, i comuni che presentano le cifre maggiori, oltre i 35.000 €, sono collocati a Nord-Est del territorio di Pianura Sostenibile e sono quelli di Trenzano, Orzinuovi, Castrezzato, e soprattutto, il comune di Chiari che sfiora il valore di 80.000 €. Quest'ultimo, è anche uno dei comuni che ha una maggior superficie di suolo consumato in valore assoluto e quindi una cifra alta è una logica conseguenza. Al contrario, sempre mantenendo l'attenzione sulla mappa a sinistra, i comuni che riportano le cifre minori, al di sotto dei 5.000 €, sono i comuni di Longhena, Maclodio, Quinzano d'Oglio, Orzivecchi e Brandico.

Invece, guardando la mappa a destra, le realtà comunali che appartengono alla fascia più alta, cioè oltre i 70.000 €, a differenza della mappa precedente, sono soltanto quelle di Orzinuovi, Castrezzato, e Chiari; quest'ultimo, si avvicina addirittura alla modica cifra di 200.000 €. Al contrario, restando sulla mappa a destra, i comuni che ricadono all'interno della fascia inferiore, al di sotto dei 10.000 €, sono sempre i comuni di Longhena, Maclodio, Quinzano d'Oglio, Brandico e Orzivecchi.

Analizzando l'intero territorio di Pianura Sostenibile, l'ammontare complessivo dei costi dovuti alla perdita di servizi ecosistemici utilizzando i valori minimi di ogni servizio nel periodo 2012-2021, corrisponde al valore di 484.424,24 € e rappresenta il 13,83% del costo registrato nella Provincia di Brescia, il quale corrisponde a 3.503.689,42 €. Invece, per quanto riguarda la cifra complessiva dovuta alla perdita di servizi ecosistemici utilizzando i valori massimi di ogni servizio nello stesso periodo, corrisponde al valore di

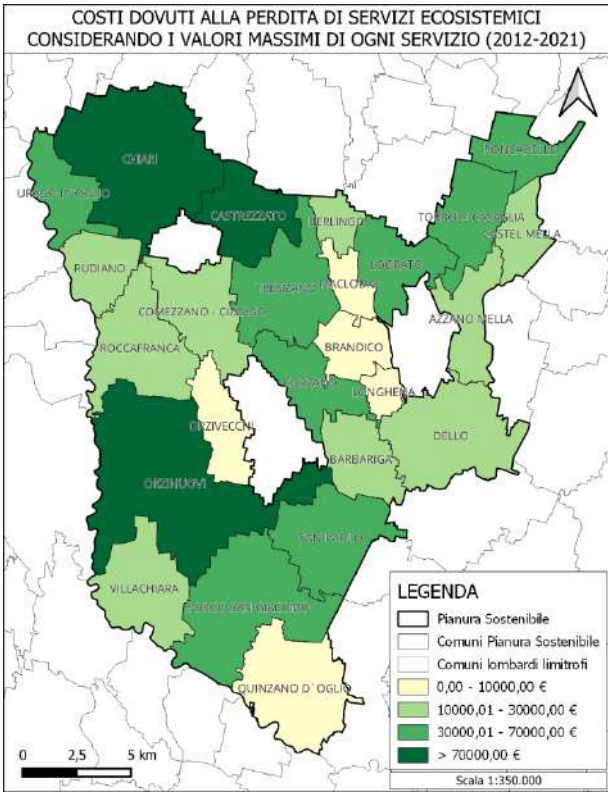
994.938,19 € e rappresenta una percentuale più alta rispetto alla precedente, ovvero, il 14,44% del costo registrato nella Provincia di Brescia, il quale corrisponde a 6.891.209,49 €.



FONTE DATI: ISPRA, 2022

LEGENDA [€]	
0,00 ; 5000,00	
5000,01 ; 15000,00	
15000,01 ; 35000,00	
> 35000,00	

COMUNE	Costi MIN (2012-2021)
Longhena	727,01
Macclodio	1805,08
Quinzano d'Oglio	2178,27
Orzivecchi	2882,26
Brandico	4497,93
Castel Mella	5728,33
Rudiano	6040,50
Azzano Mella	6501,76
Comezzano-Cizzago	7072,07
Barbariga	7963,46
Villachiara	10933,35
Berlingo	12533,24
Dello	13296,34
Roccafranca	13466,87
San Paolo	16638,67
Corzano	17116,90
Lograto	19372,62
Urago d'Oglio	20767,47
Roncadelle	30169,93
Torbole Casaglia	30220,31
Borgo S. Giacomo	30494,57
Trenzano	35250,84
Orzinuovi	41386,99
Castrezzato	69480,87
Chiari	77898,60
Pianura Sostentabile	484424,24



FONTE DATI: ISPRA, 2022

LEGENDA [€]	
0,00 ; 10000,00	
10000,01 ; 30000,00	
30000,01 ; 70000,00	
> 70000,00	

COMUNE	Costi MAX (2012-2021)
Longhena	1497,41
Macclodio	2801,45
Quinzano d'Oglio	5174,87
Brandico	5774,33
Orzivecchi	5964,91
Rudiano	10918,83
Castel Mella	12246,98
Comezzano-Cizzago	12630,76
Barbariga	14594,70
Azzano Mella	15549,28
Villachiara	21611,40
Berlingo	22859,69
Dello	25748,82
Roccafranca	28649,24
San Paolo	33426,24
Corzano	35314,33
Lograto	38946,03
Torbole Casaglia	41012,07
Urago d'Oglio	45919,43
Roncadelle	59750,44
Trenzano	60264,77
Borgo S. Giacomo	60894,42
Orzinuovi	87291,46
Castrezzato	153510,50
Chiari	192585,85
Pianura Sostentabile	994938,19

3.3.13. Perdita di servizi ecosistemici per abitante

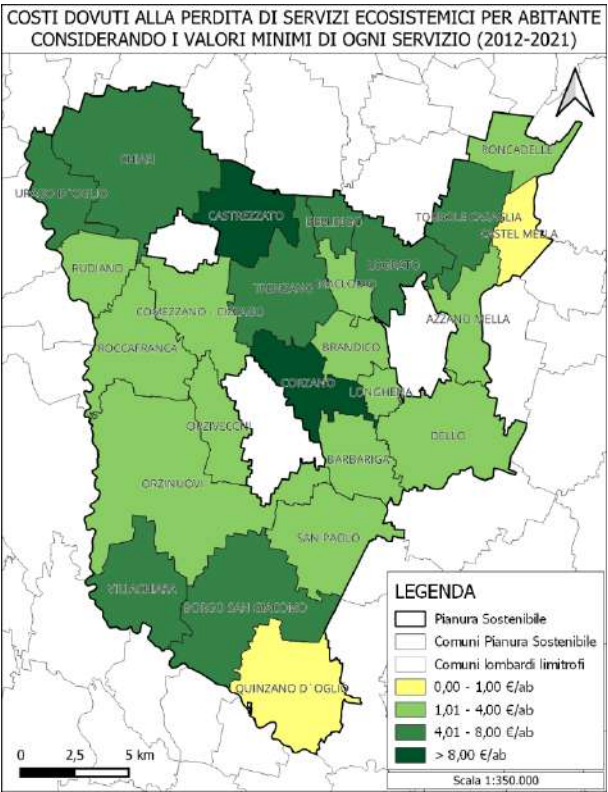
In questa parte viene affrontata l'analisi relativa ai costi dovuti alla perdita di servizi ecosistemici per abitante prendendo in considerazione sia i valori *minimi* che i valori *massimi* di ogni servizio nel periodo compreso tra l'anno 2012 e l'anno 2021. Tale indicatore è ricavato mediante il rapporto tra la perdita di servizi ecosistemici utilizzando rispettivamente i valori minimi e i valori massimi di ogni servizio e la popolazione media del comune considerato nel periodo preso in esame. Questo rapporto è molto importante perché permette di stimare e conoscere, dal punto di vista economico, il costo che ogni individuo dovrebbe potenzialmente sostenere a causa della perdita dei servizi ecosistemici. Inoltre, l'indicatore considerato, oltre a fornire le indicazioni necessarie per la direzione da intraprendere nella pianificazione dello sviluppo urbanistico, ha la funzione di far comprendere, dal punto di vista economico, il costo che provoca il consumo di suolo al singolo cittadino. (ISPRA, 2022)

In particolare, a sinistra viene riportata la mappa tematica relativa ai costi dovuti alla perdita di servizi ecosistemici per abitante utilizzando i valori minimi di ogni servizio nel periodo 2012-2021, invece, a destra viene riportata quella che prende in considerazione i valori massimi di ogni servizio nello stesso periodo. Anche in questo caso, è possibile notare che per ogni comune, il costo pro capite calcolato utilizzando la quotazione massima di ogni servizio, corrisponde a circa al doppio del costo ricavato prendendo in considerazione il valore minimo di ogni servizio.

Per quanto riguarda la mappa a sinistra, i comuni che presentano le cifre maggiori, oltre 8 €/ab, sono quelli di Corzano e Castrezzato. Al contrario, sempre mantenendo l'attenzione sulla mappa a sinistra, i comuni che riportano le cifre minori, al di sotto di 1 €/ab, sono i comuni di Quinzano d'Oglio e Castel Mella.

Invece, guardando la mappa a destra, le realtà comunali che appartengono alla fascia più alta, cioè oltre i 16 €/ab, sono sempre quelle di Corzano e Castrezzato. Al contrario, restando sulla mappa a destra, i comuni che ricadono all'interno della fascia inferiore, al di sotto di 2 €/ab, a differenza della mappa precedente, i comuni salgono a quattro e corrispondono a Quinzano d'Oglio, Castel Mella, Rudiano e Maclodio.

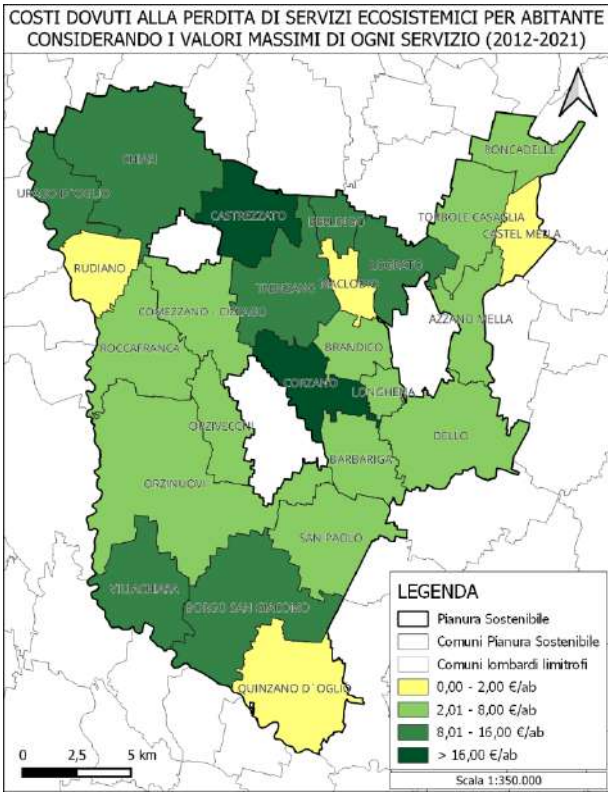
Passando ad analizzare l'intero territorio di Pianura Sostenibile, i costi dovuti alla perdita di servizi ecosistemici per abitante utilizzando i valori minimi di ogni servizio nel periodo 2012-2021, corrispondono al valore di 3,68 €/ab che risulta essere superiore al valore di 2,80 €/ab registrato nella Provincia di Brescia. Invece, per quanto riguarda la cifra dovuta alla perdita di servizi ecosistemici per abitante utilizzando i valori massimi di ogni servizio nello stesso periodo, corrisponde al valore di 7,55 €/ab e anche in questo caso, risulta essere superiore al valore registrato nella Provincia di Brescia pari a 5,50 €/ab.



FONTE DATI: ISPRA, 2022; ISTAT, 2022

LEGENDA [€/ab]	
0,00 ; 1,00	
1,01 ; 4,00	
4,01 ; 8,00	
> 8,00	

COMUNE	Costi per abitante MIN (2012-2021)
Quinzano d'Oglio	0,35
Castel Mella	0,52
Rudiano	1,04
Orzivecchi	1,17
Macclodio	1,23
Longhena	1,25
Comezzano-Cizzago	1,82
Azzano Mella	2,02
Dello	2,38
Brandico	2,70
Roccafranca	2,79
Roncadelle	3,21
Orzinuovi	3,33
Barbariga	3,42
San Paolo	3,70
Chiari	4,12
Berlingo	4,62
Torbole Casaglia	4,69
Lograto	5,13
Urago d'Oglio	5,48
Borgo S. Giacomo	5,65
Trenzano	6,54
Villachiera	7,71
Castrezzato	9,70
Corzano	12,13
Pianura Sostenibile	3,68



FONTE DATI: ISPRA, 2022; ISTAT, 2022

LEGENDA [€/ab]	
0,00 ; 2,00	
2,01 ; 8,00	
8,01 ; 16,00	
> 16,00	

COMUNE	Costi per abitante MAX (2012-2021)
Quinzano d'Oglio	0,83
Castel Mella	1,12
Rudiano	1,89
Macclodio	1,90
Orzivecchi	2,41
Longhena	2,58
Comezzano-Cizzago	3,25
Brandico	3,46
Dello	4,61
Azzano Mella	4,83
Roccafranca	5,94
Barbariga	6,28
Torbole Casaglia	6,36
Roncadelle	6,37
Orzinuovi	7,02
San Paolo	7,44
Berlingo	8,43
Chiari	10,19
Lograto	10,30
Trenzano	11,17
Borgo S. Giacomo	11,28
Urago d'Oglio	12,11
Villachiera	15,23
Castrezzato	21,42
Corzano	25,02
Pianura Sostenibile	7,55

3.3.14. Rapporto suolo consumato – popolazione

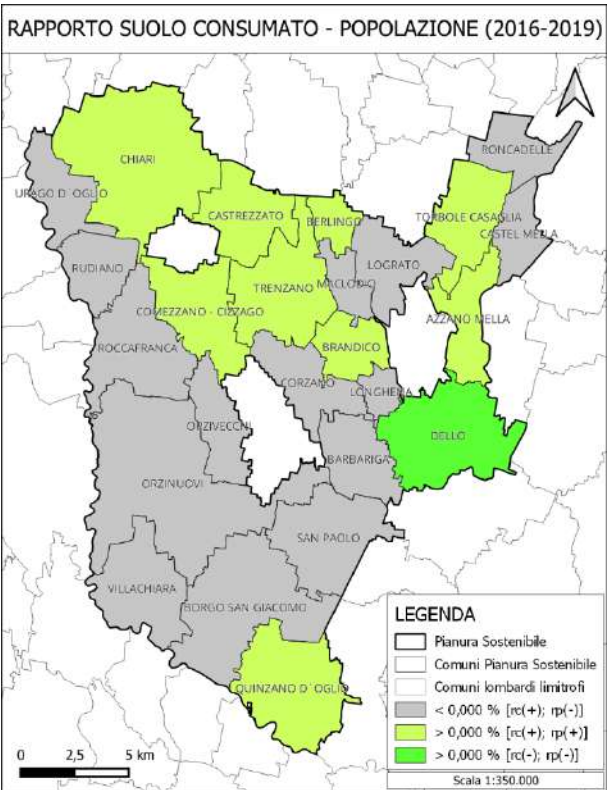
Considerando due intervalli di tempo differenti, ossia il periodo compreso tra l'anno 2016 e l'anno 2019 e il periodo compreso tra l'anno 2019 e l'anno 2022, l'obiettivo di questo paragrafo è analizzare l'indicatore rapporto suolo consumato-popolazione. Come già visto in precedenza nella sezione riguardante l'introduzione dei diversi indicatori (2.5. Misura del consumo di suolo: dati e indicatori), tale parametro corrisponde al rapporto tra il tasso di variazione del suolo consumato r_c nel periodo compreso tra due osservazioni e il tasso di variazione della popolazione r_p nello stesso periodo considerato in precedenza. In particolare, nel caso in esame possono presentarsi soltanto tre diverse situazioni:

- Rapporto suolo consumato-popolazione negativo ($< 0\%$), con r_c positivo (+) e r_p negativo (-). Se si presenta questa condizione, il giudizio è sicuramente pessimo. Infatti, quando ad una crescita di suolo consumato, corrisponde una decrescita della popolazione, è possibile affermare che l'incremento del consumo di suolo è ingiustificato. Per quanto riguarda il periodo 2016-2019, questo è il caso della maggior parte dei comuni del territorio di Pianura Sostenibile, soprattutto per quelli collocati a Sud, ad eccezione di Quinzano d'Oglio. Invece, per quanto riguarda il periodo 2019-2022, il gruppo di comuni è molto meno folto del precedente e questo fatto può indicare un miglioramento rispetto al periodo 2016-2019;
- Rapporto suolo consumato-popolazione positivo ($> 0\%$), con r_c positivo (+) e r_p positivo (+). In generale, questa condizione porta ad un giudizio che può essere più o meno discreto, in base a due ulteriori sotto-categorie: se r_c è maggiore di r_p il giudizio è meno buono perché il suolo consumato è aumentato di più rispetto a quanto è aumentata la popolazione e quindi significa che l'incremento di suolo consumato segue meno l'incremento della popolazione. Per quanto riguarda il periodo 2016-2019, questo è il caso dei comuni di Torbole Casaglia, Berlingo e Chiari; mentre, per il periodo 2019-2022, i comuni che presentano questo dato sono Corzano, Chiari, Castrezzato, Borgo S. Giacomo, Dello e Lograto. Invece, se r_c è minore di r_p il giudizio è migliore rispetto al caso precedente, perché l'incremento di suolo consumato è ben seguito dall'aumento della popolazione e quindi significa che l'aumento del consumo di suolo è maggiormente giustificato. Per quanto riguarda il periodo 2016-2019, questo è il caso dei comuni di Castrezzato, Brandico, Azzano Mella, Comezzano-Cizzago, Quinzano d'Oglio e Trenzano; mentre, per il periodo 2019-2022, i comuni che presentano questo dato sono Roccafranca, Castel Mella, Azzano Mella, Trenzano, Barbariga, Comezzano-Cizzago, Rudiano, Brandico, Maclodio e Urago d'Oglio.
- Rapporto suolo consumato-popolazione positivo ($> 0\%$), con r_c negativo (-) e r_p negativo (-). Questa condizione porta ad un buon giudizio. Infatti, se $|r_c|$ è minore di $|r_p|$ si ha una diminuzione della superficie di suolo consumato che è sempre da ritenere una buona situazione, ma si ottiene anche una diminuzione della popolazione che prevale rispetto a quella del suolo consumato. Per quanto

riguarda il periodo 2016-2019, questo è il caso del comune di Dello, invece, nel periodo 2019-2022, è il comune di Roncadelle a presentare questo specifico dato.

Analizzando il territorio di Pianura Sostenibile, è possibile notare che entrambi i periodi (2016-2019 e 2019-2022) ricadono nella situazione in cui il rapporto suolo consumato-popolazione è positivo ($> 0\%$), con r_c positivo (+) e r_p positivo (+) e con r_c è maggiore di r_p . In particolare, nel primo periodo il rapporto è pari a 34,36 % e risulta essere molto maggiore rispetto al valore di 2,76 % registrato nel secondo periodo. Questo è dato dal fatto che nel triennio 2016-2019, r_c è molto maggiore di r_p , quindi la crescita del suolo consumato è molto poco seguita dalla crescita della popolazione. Invece, nel triennio 2019-2022, la situazione presenta un netto miglioramento, perché r_c è comunque maggiore di r_p ma in modo ridotto rispetto al precedente, questo significa che nonostante prevalga ancora l'aumento del consumo di suolo rispetto all'incremento della popolazione, tale divario diminuisce molto passando da un periodo all'altro.

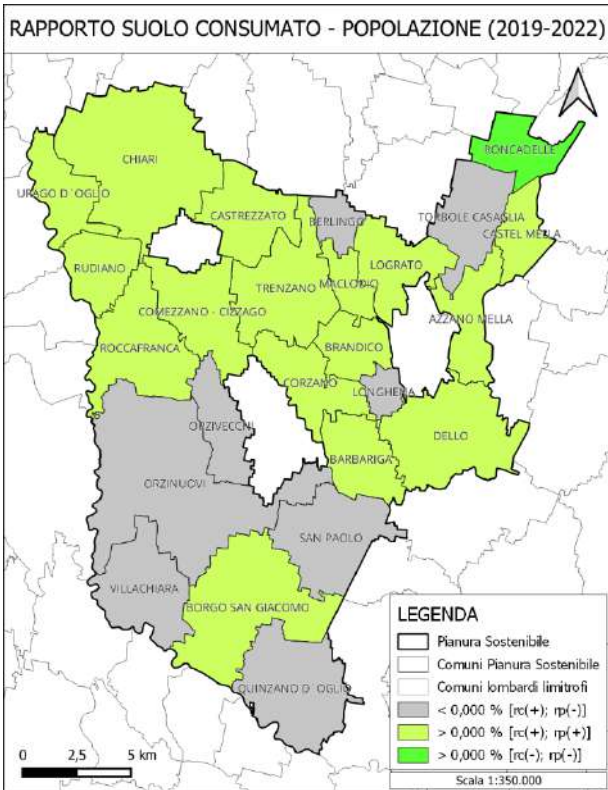
Infine, può risultare molto interessante mettere a confronto il dato di Pianura Sostenibile con il dato della Provincia di Brescia. Infatti, se nel primo periodo, il dato di Pianura Sostenibile (34,36 %) risulta essere peggiore a quello registrato nella Provincia di Brescia (16,30 %), nel secondo periodo, si assiste ad un'inversione di marcia, rispettivamente data dai valori di 2,76 % e di -13,35 %, che porta ad attribuire a Pianura Sostenibile un giudizio di gran lunga migliore rispetto a quello provinciale. Come già evidenziato, passando dal valore di 34,36 % (2016-2019) al valore di 2,76 % (2019-2022) e rimanendo nella stessa classe (rapporto suolo consumato-popolazione è positivo ($> 0\%$), con r_c positivo (+) e r_p positivo (+) e con r_c è maggiore di r_p), la situazione risulta essere migliorata all'interno del territorio di Pianura Sostenibile. Al contrario, passando dal valore di 16,30 % (rapporto suolo consumato-popolazione è positivo ($> 0\%$), con r_c positivo (+) e r_p positivo (+) e con r_c è maggiore di r_p) al valore di -13,35 % (rapporto suolo consumato-popolazione negativo ($< 0\%$), con r_c positivo (+) e r_p negativo (-)), tramite l'elenco puntato riportato in precedenza, è possibile notare un passaggio dal secondo al primo punto, che si traduce in un peggioramento della situazione provinciale. In effetti, su suolo provinciale, nel secondo periodo si assiste alla condizione maggiormente sfavorevole, cioè ad una crescita ingiustificata di suolo consumato, a causa del fatto che è seguita da una contemporanea decrescita della popolazione.



FONTE DATI: ISPRA, 2023; ISTAT, 2023

LEGENDA [%]	
< 0,000	[rc(+); rp(-)]
> 0,000	[rc(+); rp(+)]
> 0,000	[rc(-); rp(-)]

COMUNE	rc	rp	2016-2019
Corzano	0,00429	-0,00047	-9,08
Lograto	0,00594	-0,00300	-1,98
Rudiano	0,00184	-0,00212	-0,87
Borgo S. Giacomo	0,00259	-0,00310	-0,83
Barbariga	0,00265	-0,00389	-0,68
Urago d'Oglio	0,00676	-0,01102	-0,61
Castel Mella	0,00169	-0,00316	-0,54
Orzinuovi	0,00226	-0,00470	-0,48
San Paolo	0,00223	-0,00566	-0,39
Roncadelle	0,00109	-0,00353	-0,31
Villachiarà	0,00265	-0,01097	-0,24
Macclodio	0,00094	-0,00428	-0,22
Orzivecchi	0,00084	-0,00695	-0,12
Roccafranca	0,00039	-0,01045	-0,04
Longhena	0,00008	-0,00628	-0,01
Trenzano	0,00034	0,00311	0,11
Quinzano d'Oglio	0,00032	0,00199	0,16
Comezzano-Cizzago	0,00265	0,01647	0,16
Azzano Mella	0,00465	0,02622	0,18
Brandico	0,00216	0,00669	0,32
Castrezzato	0,00903	0,01530	0,59
Chiari	0,00545	0,00445	1,23
Berlingo	0,01249	0,00629	1,99
Torbole Casaglia	0,00179	0,00041	4,32
Dello	-0,00265	-0,00773	0,34
Pianura Sostentabile	0,00287	0,00008	34,36



FONTE DATI: ISPRA, 2023; ISTAT, 2023

LEGENDA [%]	
< 0,000	[rc(+); rp(-)]
> 0,000	[rc(+); rp(+)]
> 0,000	[rc(-); rp(-)]

COMUNE	rc	rp	2019-2022
Orzinuovi	0,00177	-0,00016	-10,96
Berlingo	0,00071	-0,00024	-2,92
Torbole Casaglia	0,00566	-0,00269	-2,11
San Paolo	0,00324	-0,00292	-1,11
Villachiarà	0,00620	-0,01182	-0,52
Orzivecchi	0,00079	-0,00164	-0,48
Quinzano d'Oglio	0,00027	-0,00262	-0,10
Longhena	0,00071	-0,00756	-0,09
Urago d'Oglio	0,00015	0,00180	0,08
Macclodio	0,00053	0,00525	0,10
Brandico	0,00186	0,01311	0,14
Rudiano	0,00077	0,00485	0,16
Comezzano-Cizzago	0,00096	0,00301	0,32
Barbariga	0,00220	0,00437	0,50
Trenzano	0,00232	0,00363	0,64
Azzano Mella	0,00244	0,00377	0,65
Castel Mella	0,00336	0,00368	0,91
Roccafranca	0,00541	0,00554	0,98
Lograto	0,00567	0,00543	1,04
Dello	0,00204	0,00096	2,13
Borgo S. Giacomo	0,00857	0,00369	2,32
Castrezzato	0,02636	0,00811	3,25
Chiari	0,00804	0,00131	6,12
Corzano	0,01425	0,00189	7,54
Roncadelle	-0,00001	-0,00196	0,005
Pianura Sostentabile	0,00471	0,00171	2,76

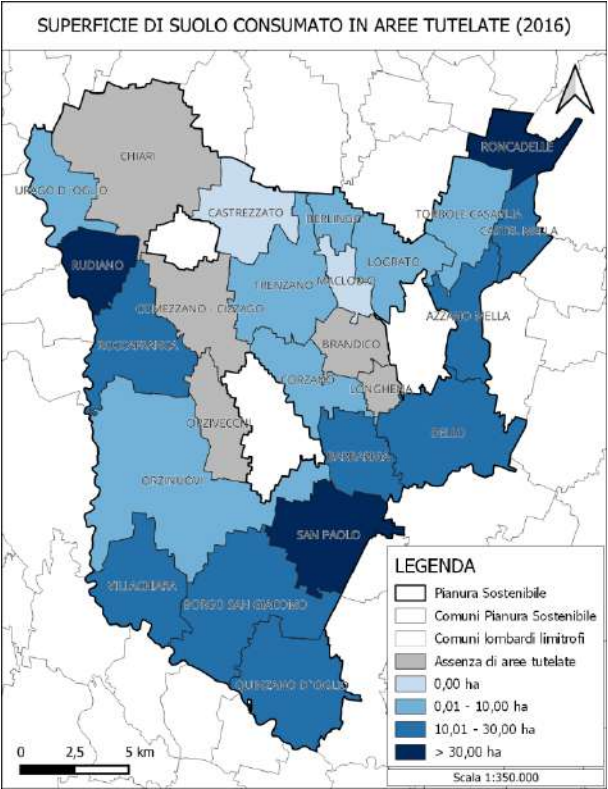
3.3.15. Superficie di suolo consumato in aree tutelate

In questo paragrafo viene analizzata la superficie di suolo consumato all'interno delle aree sottoposte a tutela paesaggistica, ai sensi del D.Lgs. 42/2004 (art. 136, art. 142 c.1 a, b, c, d, l) (ISPRA, 2023), nei diversi comuni appartenenti al territorio di Pianura Sostenibile negli anni 2016, 2019 e 2022, e la variazione percentuale del consumo di suolo in aree tutelate nel periodo compreso tra il 2016 e il 2022. In particolare, le prime tre mappe, e le relative tabelle, rappresentano la superficie di suolo consumato in aree tutelate, misurata in ettari, in ogni comune rispettivamente agli anni 2016, 2019 e 2022; invece, la quarta mappa, e la relativa tabella, rappresenta la variazione percentuale della stessa quantità all'interno dell'intervallo temporale 2016-2022.

Innanzitutto, da una prima analisi, appare subito chiaro il fatto che nei comuni di Brandico, Chiari, Comezzano-Cizzago, Longhena e Orzivecchi non sono presenti aree sottoposte a tutela paesaggistica. Inoltre, è possibile notare che Castrezzato e Macclodio sono gli unici due comuni che, nonostante la presenza di aree sottoposte a tutela paesaggistica, fanno registrare un consumo di suolo nullo in tali aree. Ponendo l'attenzione all'anno 2022, i comuni che presentano una superficie maggiore di suolo consumato in aree tutelate, oltre 30 ha, sono Rudiano, Roncadelle e San Paolo. Al contrario, per quanto riguarda i comuni con una superficie minore di suolo consumato in aree tutelate, essi sono rappresentati dai comuni di Torbole Casaglia e Corzano, con valori ben al di sotto di 1 ha.

A livello di variazione percentuale tra l'anno 2016 e l'anno 2022, l'analisi acquista ancora più importanza e mostra il fatto che diversi comuni, principalmente localizzati a Nord del territorio di Pianura Sostenibile, sono caratterizzati da una variazione percentuale di suolo consumato in aree tutelate nulla. Per quanto riguarda, invece, il maggior incremento del consumo di suolo in aree sottoposte a tutela paesaggistica, di oltre 5 %, esso si registra nei comuni di Azzano Mella e Dello, rispettivamente con aumenti del 7,65 % e del 5,39 %.

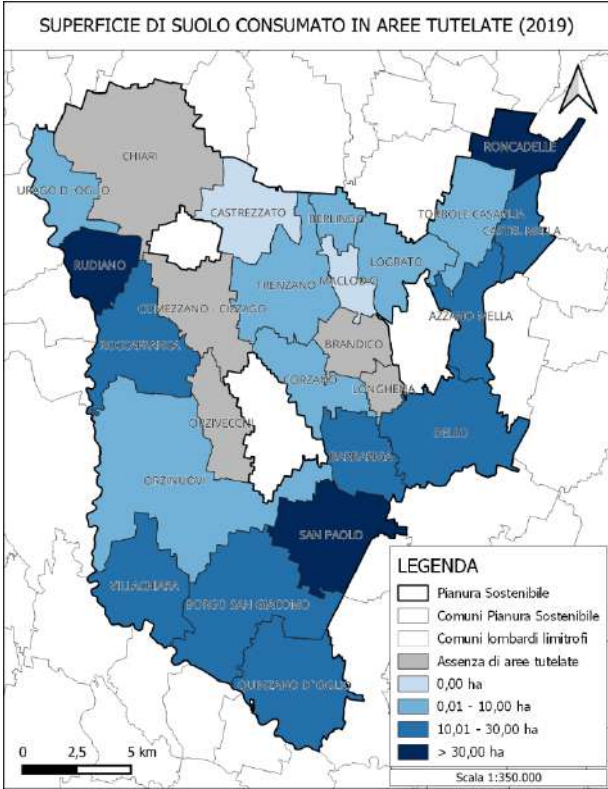
Analizzando l'intero territorio di Pianura Sostenibile, il consumo di suolo in aree tutelate all'anno 2022 è pari a 316,03 ha e rappresenta soltanto il 3,05 % del suolo consumato in aree tutelate nella Provincia di Brescia, che corrisponde a 10363,62 ha. Per quanto riguarda, invece, la variazione percentuale della superficie di suolo consumato in aree tutelate nel periodo compreso tra il 2016 e il 2022, l'area di Pianura Sostenibile mostra un aumento pari a 1,42 %, leggermente superiore a quello registrato per l'intera Provincia di Brescia, che corrisponde al valore di 1,01 %.



FONTE DATI: ISPRA, 2023

LEGENDA [ha]	
Assenza di aree tutelate	-
0,00	
0,01 ; 10,00	
10,01 ; 30,00	
> 30,00	

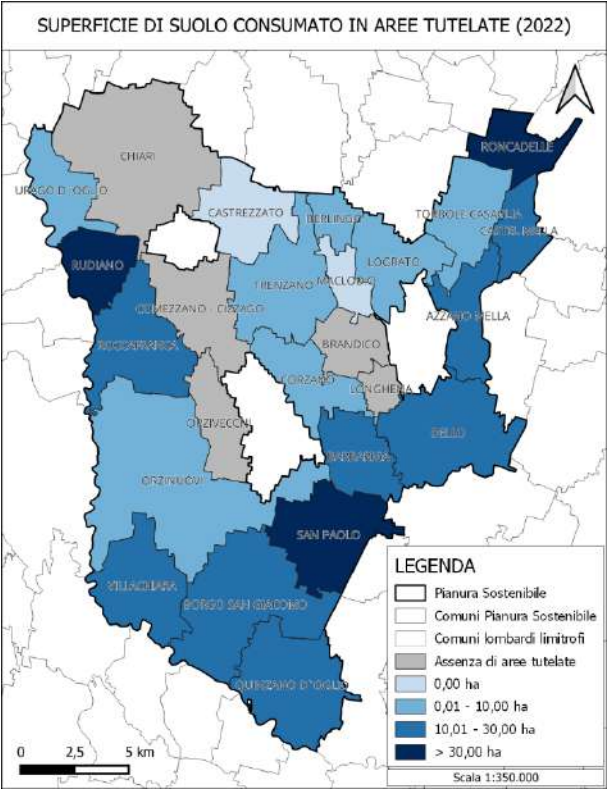
COMUNE	2016
Brandico	-
Chiari	-
Comezzano-Cizzago	-
Longhena	-
Orzivecchi	-
Castrezzato	0,00
Macclodio	0,00
Torbole Casaglia	0,08
Corzano	0,37
Trenzano	3,26
Berlingo	5,95
Urago d'Oglio	6,18
Orzinuovi	7,22
Lograto	8,04
Azzano Mella	10,59
Dello	10,76
Villachiera	10,78
Borgo S. Giacomo	11,85
Barbariga	14,00
Roccafranca	19,07
Castel Mella	26,98
Quinzano d'Oglio	29,85
San Paolo	35,69
Roncadelle	49,03
Rudiano	61,89
Pianura Sostentabile	311,59



FONTE DATI: ISPRA, 2023

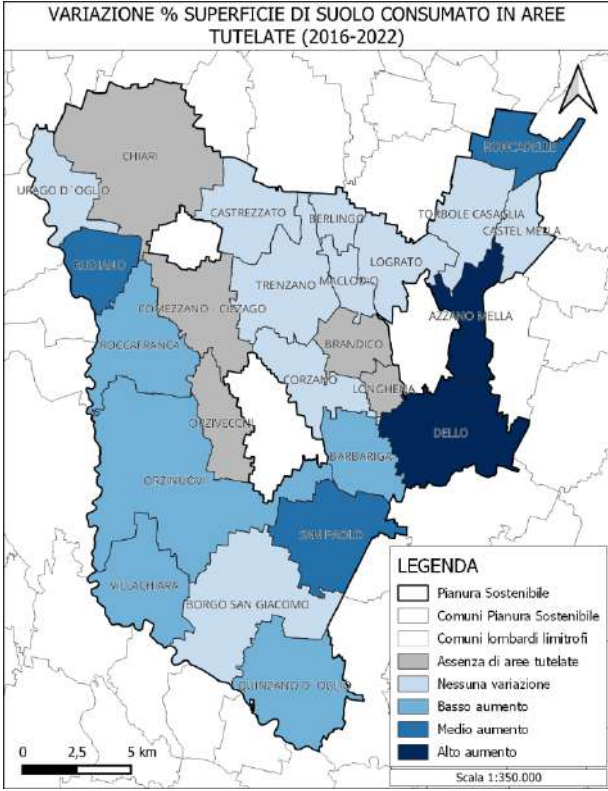
LEGENDA [ha]	
Assenza di aree tutelate	-
0,00	
0,01 ; 10,00	
10,01 ; 30,00	
> 30,00	

COMUNE	2019
Brandico	-
Chiari	-
Comezzano-Cizzago	-
Longhena	-
Orzivecchi	-
Castrezzato	0,00
Macclodio	0,00
Torbole Casaglia	0,08
Corzano	0,37
Trenzano	3,26
Berlingo	5,95
Urago d'Oglio	6,18
Orzinuovi	7,23
Lograto	8,04
Dello	10,76
Villachiera	10,83
Azzano Mella	11,40
Borgo S. Giacomo	11,85
Barbariga	14,00
Roccafranca	19,11
Castel Mella	26,98
Quinzano d'Oglio	29,88
San Paolo	35,69
Roncadelle	49,37
Rudiano	62,89
Pianura Sostentabile	313,87



LEGENDA [ha]	
Assenza di aree tutelate	-
0,00	
0,01 ; 10,00	
10,01 ; 30,00	
> 30,00	

COMUNE	2022
Brandico	-
Chiari	-
Comezzano-Cizzago	-
Longhena	-
Orzivecchi	-
Castrezzato	0,00
Macclodio	0,00
Torbole Casaglia	0,08
Corzano	0,37
Trenzano	3,26
Berlingo	5,95
Urago d'Oglio	6,18
Orzinuovi	7,23
Lograto	8,04
Villachiera	10,83
Dello	11,34
Azzano Mella	11,40
Borgo S. Giacomo	11,85
Barbariga	14,02
Roccafranca	19,11
Castel Mella	26,98
Quinzano d'Oglio	29,88
San Paolo	37,15
Roncadelle	49,45
Rudiano	62,91
Pianura Sostentabile	316,03



LEGENDA [%]	
Assenza di aree tutelate	-
Nessuna variazione	0,00
Basso aumento	0,01 ; 0,50
Medio aumento	0,51 ; 5,00
Alto aumento	> 5,00

COMUNE	2016	2022	VARIAZIONE [%]
Brandico	-	-	-
Chiari	-	-	-
Comezzano-Cizzago	-	-	-
Longhena	-	-	-
Orzivecchi	-	-	-
Castrezzato	0,00	0,00	0,00
Macclodio	0,00	0,00	0,00
Berlingo	5,95	5,95	0,00
Borgo S. Giacomo	11,85	11,85	0,00
Castel Mella	26,98	26,98	0,00
Corzano	0,37	0,37	0,00
Lograto	8,04	8,04	0,00
Torbole Casaglia	0,08	0,08	0,00
Trenzano	3,26	3,26	0,00
Urago d'Oglio	6,18	6,18	0,00
Quinzano d'Oglio	29,85	29,88	0,10
Orzinuovi	7,22	7,23	0,14
Barbariga	14,00	14,02	0,14
Roccafranca	19,07	19,11	0,21
Villachiera	10,78	10,83	0,46
Roncadelle	49,03	49,45	0,86
Rudiano	61,89	62,91	1,65
San Paolo	35,69	37,15	4,09
Dello	10,76	11,34	5,39
Azzano Mella	10,59	11,40	7,65
Pianura Sostentabile	311,59	316,03	1,42

3.3.16. Superficie di suolo consumato in aree a differente pericolosità idraulica

In questa sezione viene analizzata la superficie di suolo consumato in aree a differente pericolosità idraulica (bassa, media e alta), nei comuni appartenenti al territorio di Pianura Sostenibile, come definito nella sezione riguardante la descrizione dei diversi indicatori (2.5. Misura del consumo di suolo: dati e indicatori). Tale studio è condotto tramite la realizzazione di tre diversi istogrammi riguardanti: il primo è relativo alla situazione fotografata all'anno 2022 (*Figura 15*), il secondo alla percentuale di suolo consumato rispetto alla superficie totale in aree a differente pericolosità idraulica sempre all'anno 2022 (*Figura 16*) e il terzo alla variazione percentuale del consumo di suolo in aree a differente pericolosità idraulica nel periodo 2016-2022 (*Figura 17*).

E' possibile notare che all'interno dei tre diversi istogrammi non sono rappresentati tutti i comuni del progetto Pianura Sostenibile, perché nove comuni presentano valori nulli relativamente a questo indicatore, pertanto quest'ultimi non sono stati inseriti all'interno dei grafici.

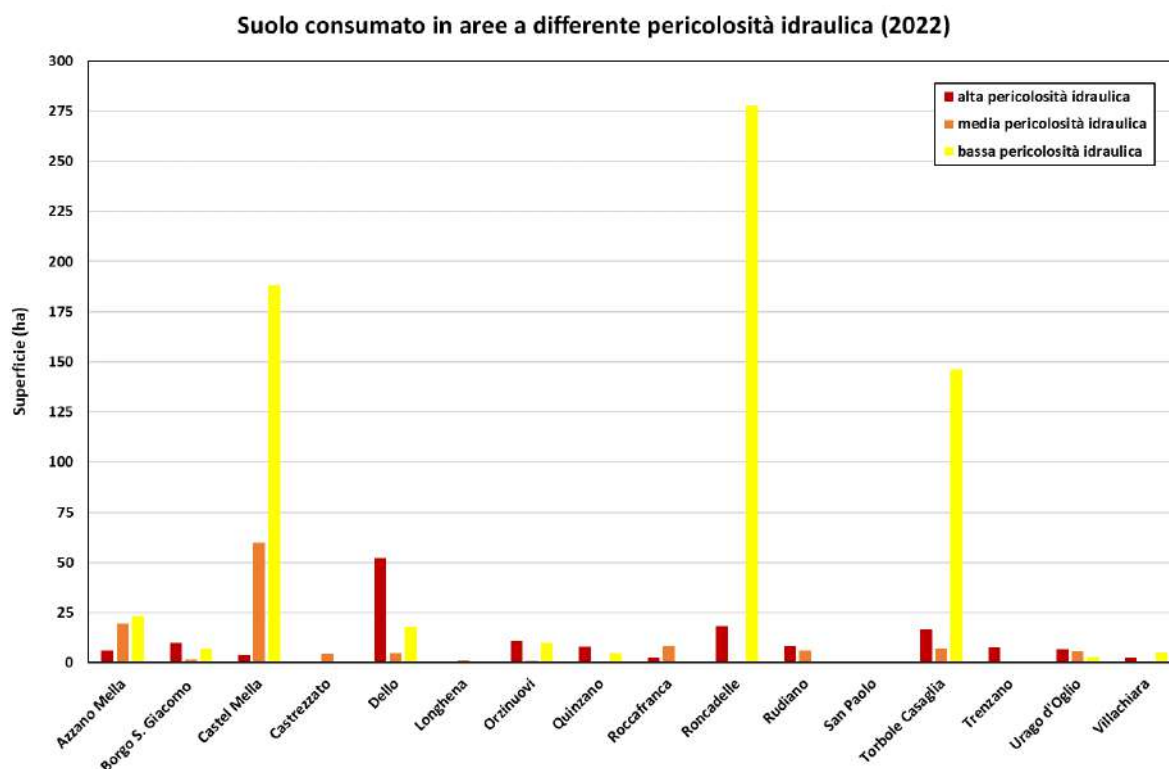


FIGURA 15, SUPERFICIE DI SUOLO CONSUMATO PER LE AREE A BASSA, MEDIA E ALTA PERICOLOSITÀ IDRAULICA CONSIDERANDO L'ANNO 2022, fonte: ISPRA, 2023

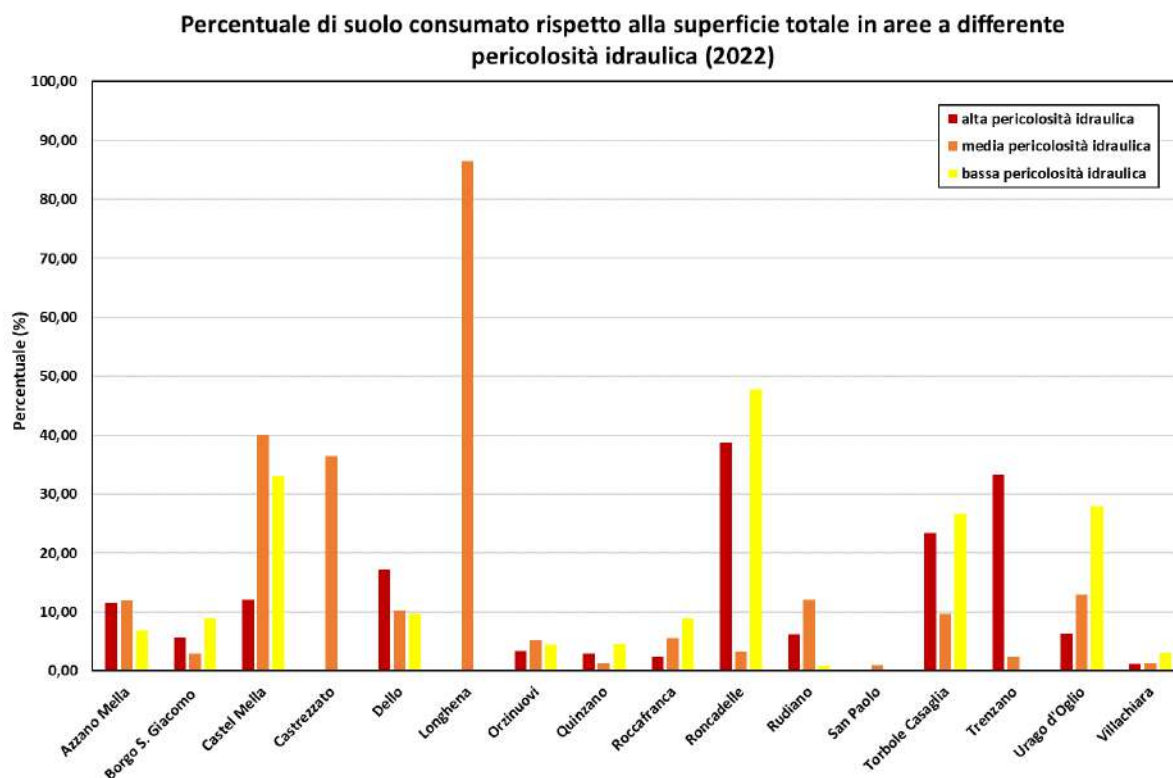


FIGURA 16, PERCENTUALE DI SUOLO CONSUMATO RISPETTO ALLA SUPERFICIE TOTALE IN AREE A DIFFERENTE PERICOLOSITÀ IDRAULICA, fonte: ISPRA, 2023

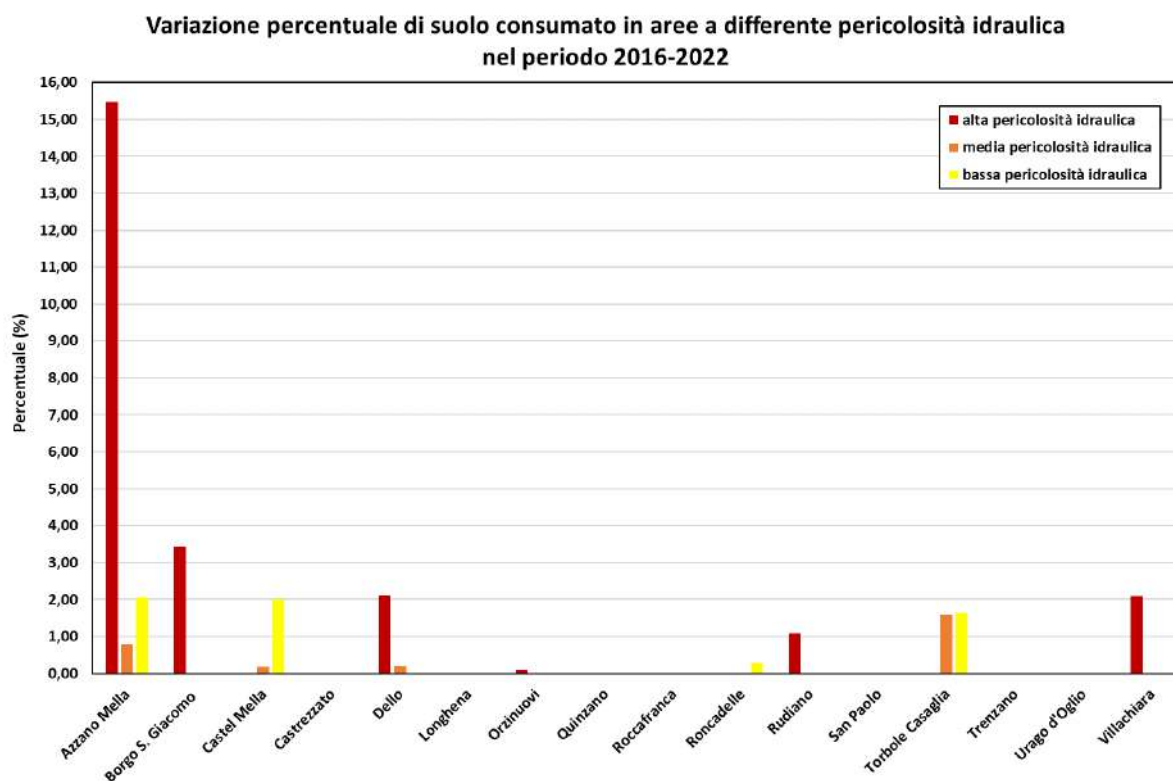


FIGURA 17, VARIAZIONE PERCENTUALE DI SUOLO CONSUMATO PER LE AREE A BASSA, MEDIA E ALTA PERICOLOSITÀ IDRAULICA NEL PERIODO COMPRESO TRA L'ANNO 2016 E L'ANNO 2022, fonte: ISPRA, 2023

3.3.17. Superficie (e percentuale) di suolo degradato nel periodo 2019-2022 considerando tutti i sub-indicatori degli SDGs raccolti da ISPRA

In questo paragrafo viene analizzato il degrado del suolo nel periodo 2019-2022. Per tale scopo, viene proposto un indicatore, sicuramente ancora parziale e che non tiene conto di altri importanti fenomeni di degrado del suolo quali la salinizzazione, la contaminazione (diffusa e/o puntuale) o la compattazione, ma che contribuisce a costruire un quadro qualitativo relativamente alla superficie di suolo degradato. Tale indicatore fornisce la superficie (e percentuale) di suolo degradato nel periodo 2019-2022, calcolata considerando l'effetto della totalità dei sub-indicatori degli SDGs raccolti da ISPRA: cambiamenti di copertura del suolo, perdita di produttività, perdita di carbonio organico, perdita di qualità degli habitat, erosione del suolo e altri fattori legati alla copertura artificiale e alla presenza di aree percorse dal fuoco. (ISPRA, 2023)

L'analisi consiste in due istogrammi che riportano rispettivamente la superficie di suolo degradato nel periodo 2019-2022 (*Figura 18*) e la percentuale di suolo degradato sull'area totale nel periodo 2019-2022 (*Figura 19*), entrambi considerando tutti i sub-indicatori raccolti da ISPRA, accompagnati da una tabella che mostra i dati numerici rappresentati.

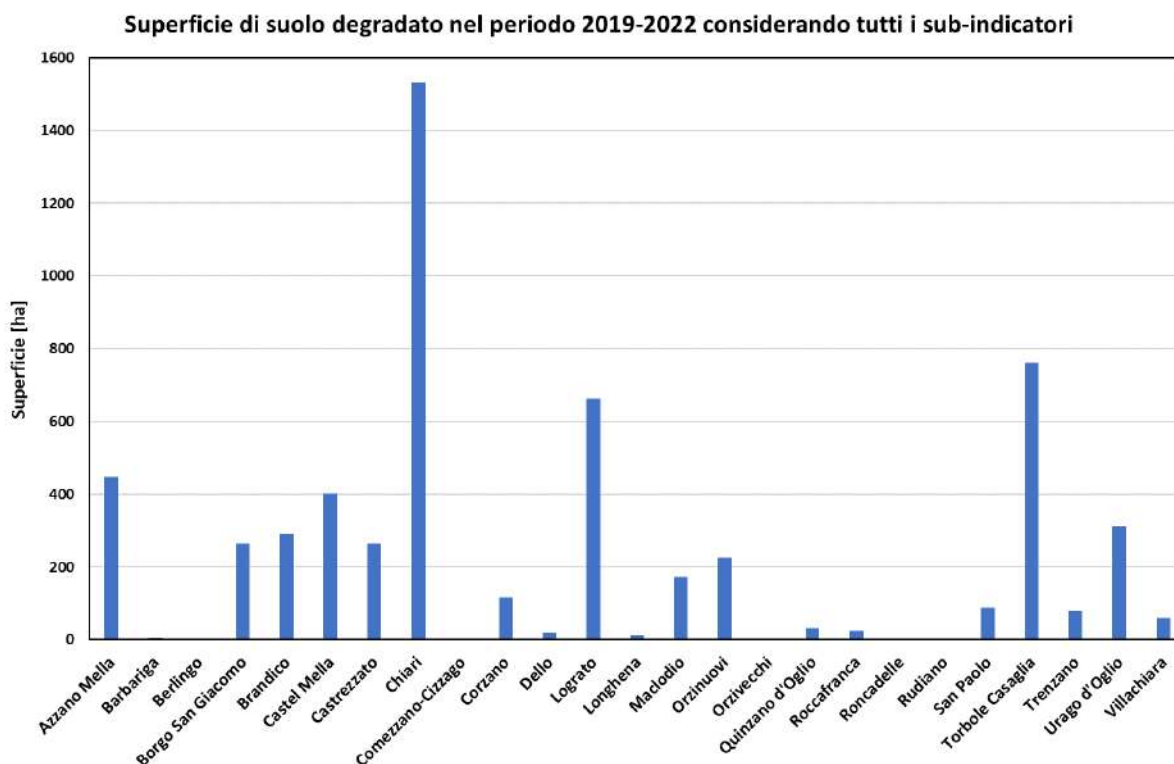


FIGURA 18, SUPERFICIE DI SUOLO DEGRADATO NEL PERIODO 2019-2022 CONSIDERANDO TUTTI I SUB-INDICATORI (SDGs), fonte: ISPRA, 2023

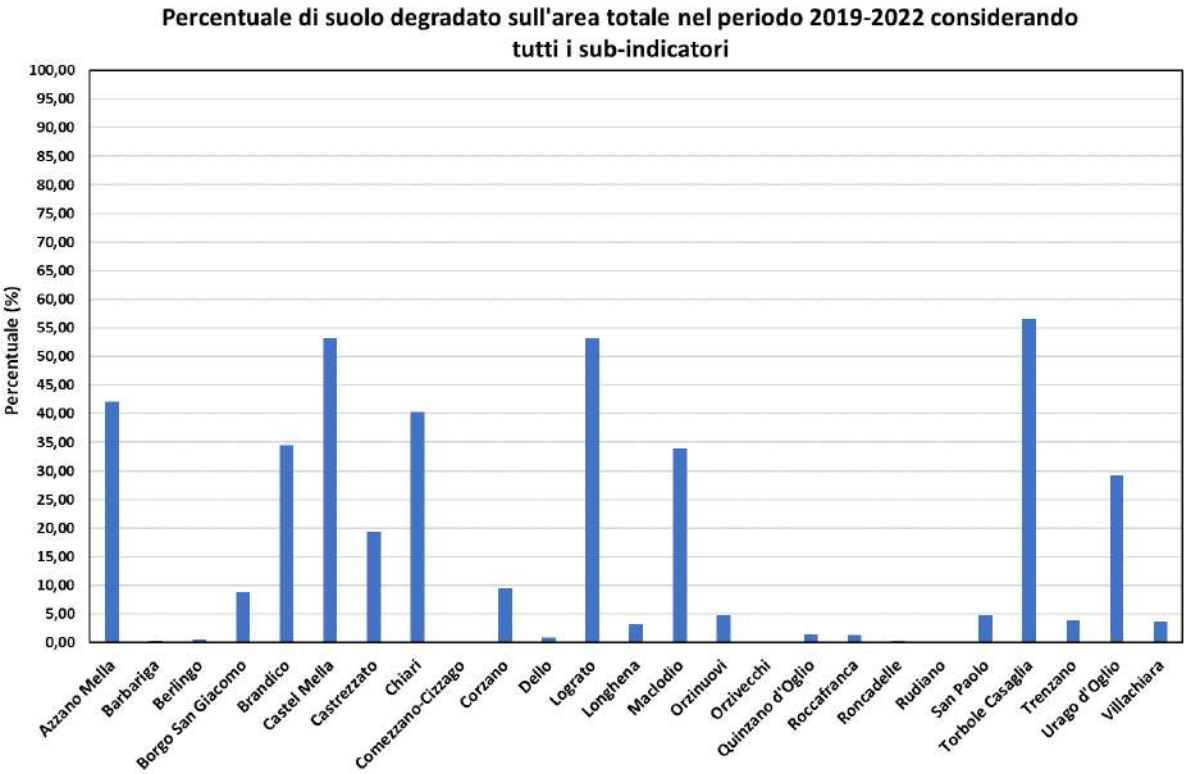


FIGURA 19, PERCENTUALE DI SUOLO DEGRADATO SULL'AREA TOTALE NEL PERIODO 2019-2022 CONSIDERANDO TUTTI I SUB-INDICATORI (SDGs),
fonte: ISPRA, 2023

COMUNE	Superficie di suolo degradato nel periodo 2019-2022 [ha]	Percentuale di suolo degradato sull'area totale nel periodo 2019-2022 [%]
Azzano Mella	446,2	42,18
Barbariga	3,61	0,32
Berlingo	2,42	0,53
Borgo San Giacomo	263,92	8,93
Brandico	289,19	34,50
Castel Mella	400,53	53,17
Castrezzato	264,85	19,42
Chiari	1531,99	40,33
Comezzano-Cizzago	0,22	0,01
Corzano	115,89	9,42
Dello	18,7	0,80
Lograto	661,93	53,21
Longhena	11,26	3,24
Maclodio	173,18	33,95
Orzinuovi	223,8	4,67
Orzivecchi	1,97	0,20
Quinzano d'Oglio	31,54	1,47
Roccafranca	24,73	1,29
Roncadelle	3,21	0,34
Rudiano	1,03	0,10
San Paolo	88,09	4,68
Torbole Casaglia	759,61	56,48
Trenzano	78,85	3,92
Urago d'Oglio	312,08	29,20
Villachiera	60,15	3,56
Pianura Sostenibile	5768,95	14,67

FIGURA 20, TABELLA RELATIVA ALLA SUPERFICIE DI SUOLO DEGRADATO E ALLA PERCENTUALE DI SUOLO DEGRADATO SULL'AREA COMUNALE TRA L'ANNO 2019 E L'ANNO 2022, fonte: ISPRA, 2023

Osservando le elaborazioni, è chiaro il fatto che il comune di Chiari gioca un ruolo molto importante, infatti, esso rappresenta circa il 30 % del suolo degradato nel territorio di Pianura Sostenibile, nel triennio 2019-2022, considerando tutti i sub-indicatori. A livello di percentuale di suolo degradato sull'area totale, invece, spiccano i comuni di Castel Mella, Lograto e Torbole Casaglia, tutti oltre il valore di 50 %.

Per quanto riguarda l'intero territorio di Pianura Sostenibile, la superficie interessata dal fenomeno di degrado di suolo nel periodo 2019-2022, considerando tutti i sub-indicatori, è pari a 5768,95 ha e corrisponde al 14,67 % della totalità del territorio.

3.3.18. Evoluzione storica dell'urbanizzazione

In questa sezione viene proposta una rappresentazione relativa all'evoluzione storica dell'urbanizzato riguardante i comuni del territorio di Pianura Sostenibile.

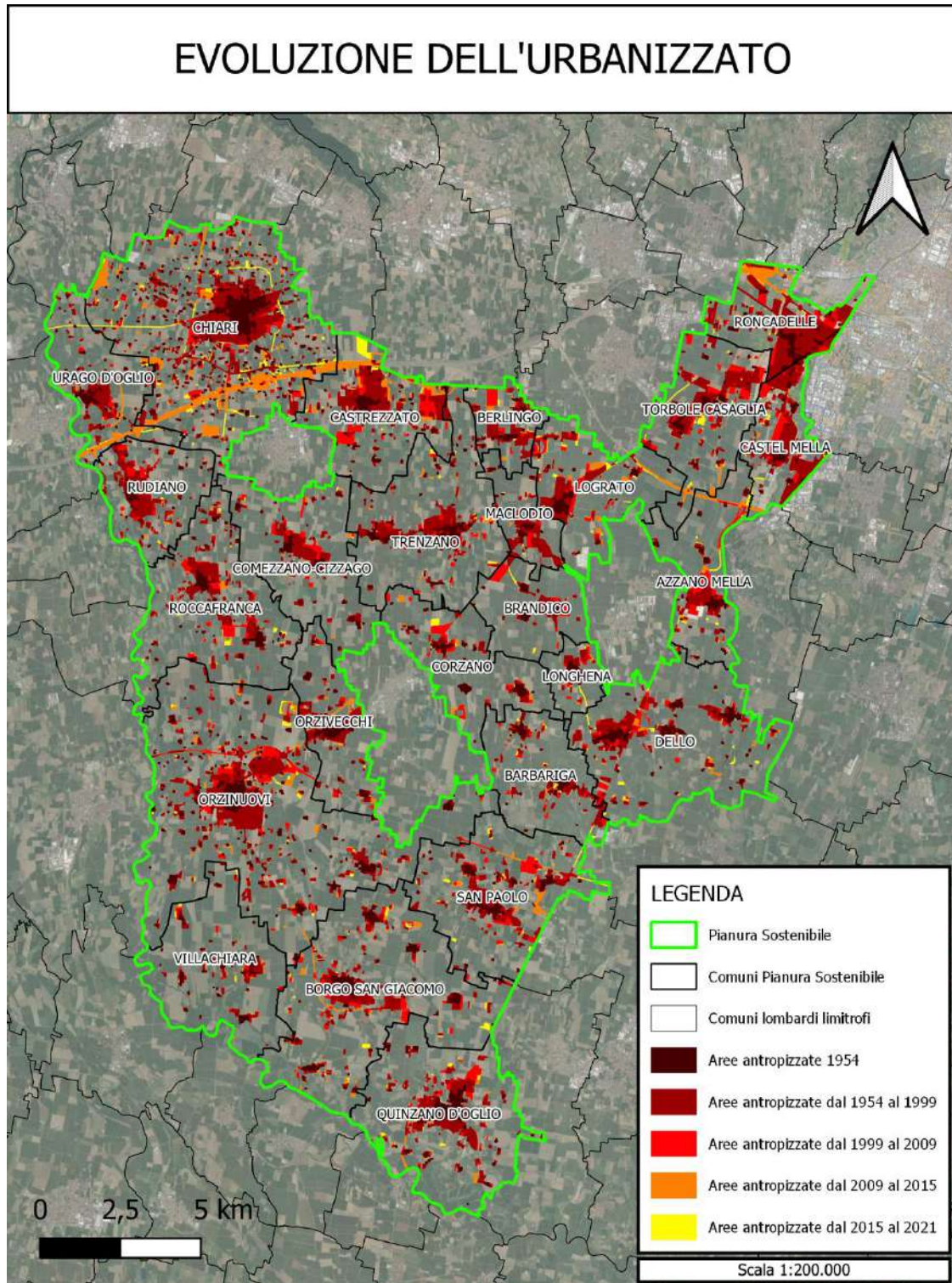


FIGURA 21, EVOLUZIONE DELL'URBANIZZATO PER I COMUNI DI PIANURA SOSTENIBILE. Fonte dati: GEOPORTALE REGIONE LOMBARDIA (SHAPEFILE: USO E COPERTURA DEL SUOLO STORICO 1954, USO E COPERTURA DEL SUOLO 1999 (DUSAF 1.1), 2009 (DUSAF 3.0), 2015 (DUSAF 5.0) E 2021 (DUSAF 7.0))

L'obiettivo di tale mappa (*Figura 21*) è quello di mostrare graficamente come si sia evoluto il costruito nel tempo e soprattutto quello di fornire una fotografia della morfologia urbana. I dati utilizzati per la costruzione della mappa tramite Gis, provengono dal Geoportale della Regione Lombardia (*Figura 22*).

Anno	Shapefile (shp)	Nome	Codice campo
1954	Uso e copertura del suolo storico 1954	Uso e copertura del suolo storico	1 - Urbanizzato
1999	DUSAF 1.1	Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali	1 - Urbanizzato
2009	DUSAF 3.0	Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali	1 - Urbanizzato
2015	DUSAF 5.0	Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali	1 - Urbanizzato
2021	DUSAF 7.0	Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali	1 - Urbanizzato

FIGURA 22, DATI UTILIZZATI PER LO STUDIO DELL'EVOLUZIONE DELL'URBANIZZATO, fonte: GEOPORTALE REGIONE LOMBARDIA

I dati riportati in tabella sono caratterizzati da 5 elementi differenti: aree urbanizzate (1), aree agricole (2), territori boscati (3), aree umide (4) e corpi idrici (5). Come chiaramente espresso nell'ultima colonna della tabella (*Figura 22*), il campo di interesse è il numero 1. Quindi, lo studio riguardante l'evoluzione dell'urbanizzato è stato realizzato tramite lo strumento Gis, attraverso la realizzazione di un'opportuna e differente vestizione grafica per ogni shapefile, applicata sul campo numero 1, accompagnata dalla successiva sovrapposizione temporale dei layer.

In particolare, tramite una scala di colori, vengono rappresentate le diverse superfici di suolo consumato alle differenti soglie temporali, infatti, sono stati indicati con i colori più scuri le aree di urbanizzazione più antica fino ad andare via via a colori più chiari per le zone in cui il consumo di suolo è più recente. Osservando la mappa, è chiaro il fatto che, escludendo i comuni confinanti con la città di Brescia, lo sviluppo dell'ambiente urbano è avvenuto attorno ai nuclei storici, tramite l'inglobamento di quest'ultimi all'interno dell'urbanizzato di nuova realizzazione.

Infine, è possibile notare, sempre dalla *Figura 21*, che il periodo di maggior espansione dell'urbanizzato è quello riguardante la seconda metà del XX secolo, soprattutto per i comuni situati in prossimità del comune di Brescia, a causa dall'espansione della città e il conseguente trasferimento della popolazione nei paesi limitrofi. Inoltre, risulta evidente che le espansioni dopo il 2015 sono poco significative, e invece, tra il 2009 e il 2015 spicca la presenza dell'infrastrutture BreBeMi e SP19.

3.3.19. Correlazione tra consumo di suolo e popolazione

In questa sezione vengono riportati diversi grafici che hanno l'obiettivo di mostrare qualitativamente il legame presente tra consumo di suolo e popolazione all'interno di ogni comune aderente al progetto "Pianura Sostenibile", utilizzando i dati forniti da ISPRA. In particolare, il primo grafico mostra la tendenza per l'intera area interessata dal progetto, mentre gli altri grafici analizzano singolarmente ogni comune aderente al progetto.

L'analisi è effettuata ponendo ipoteticamente pari al valore 100 sia il dato riguardante la superficie di suolo consumato all'anno 2016 sia il dato relativo alla popolazione residente all'anno 2016, calcolando poi proporzionalmente i dati successivi. Normalizzate attraverso la modalità descritta, è quindi possibile paragonare tra loro due grandezze che inizialmente non possono essere messe a confronto.

Tale elaborazione permette di stimare qualitativamente se l'evoluzione dell'urbanizzazione segue approssimativamente l'andamento della popolazione, o al contrario, se il consumo di suolo non sia effettivamente correlato ad un comportamento di crescita o decrescita della popolazione.

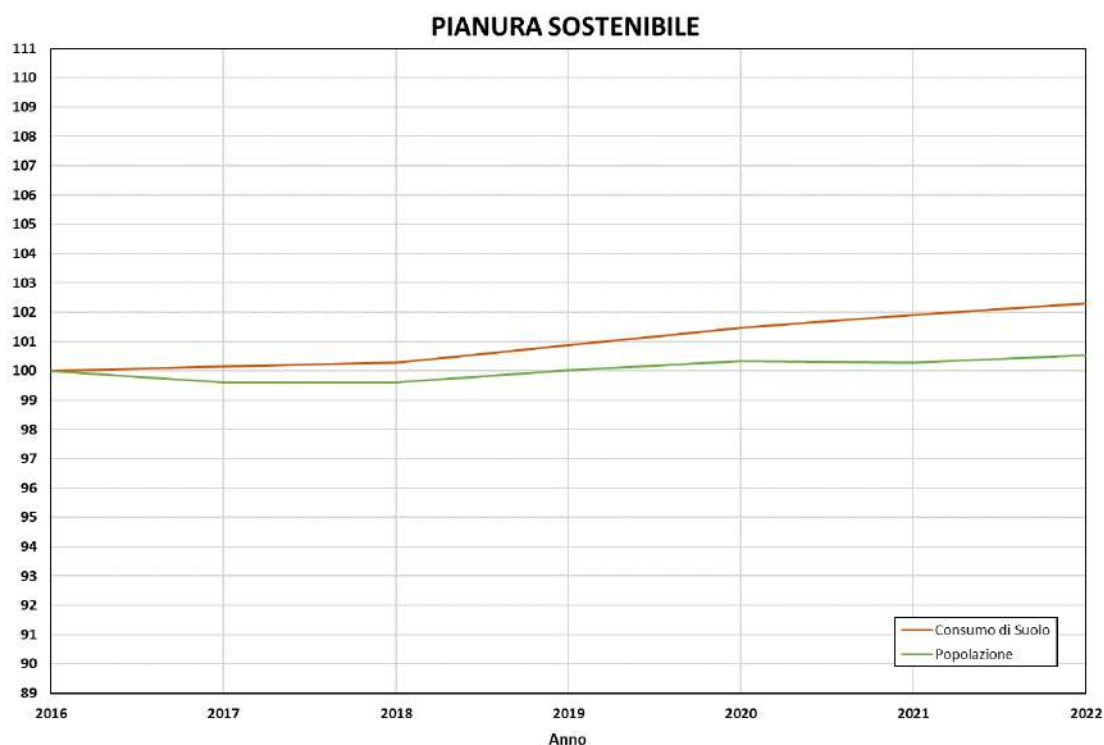


FIGURA 23, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER L'INTERO TERRITORIO DI "PIANURA SOSTENIBILE" TRA L'ANNO 2016 E L'ANNO 2022, fonte: ISPRA, 2023

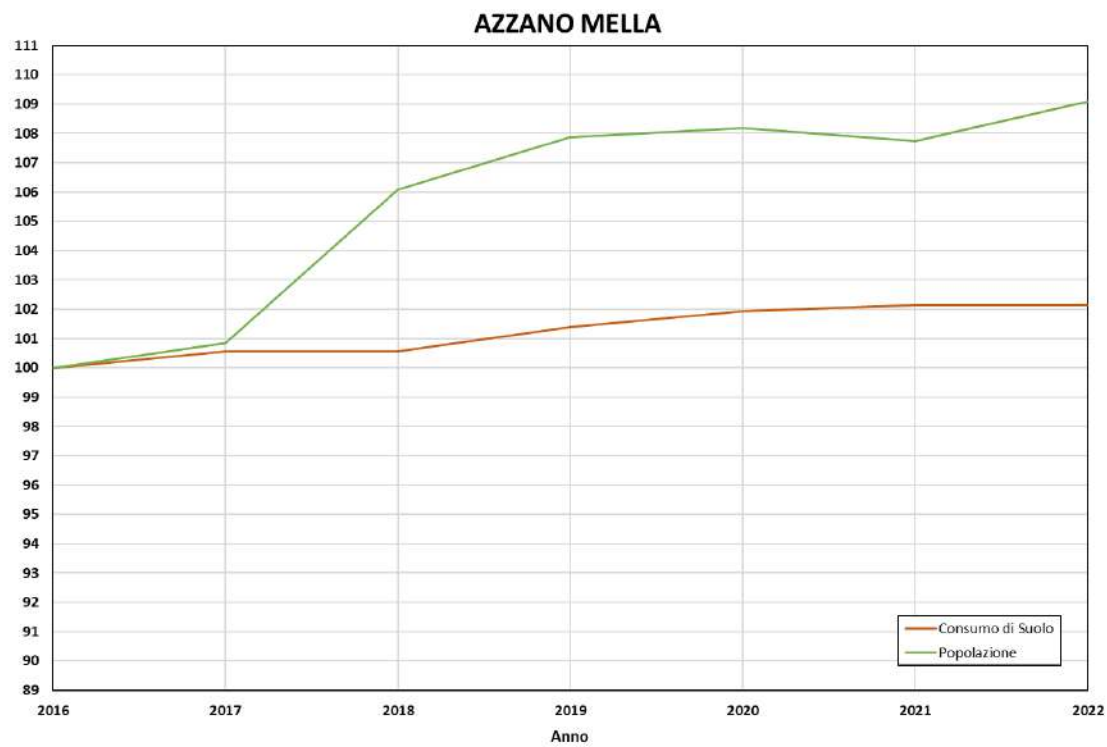


FIGURA 24, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI AZZANO MELLA TRA L'ANNO 2016 E L'ANNO 2022, fonte: ISPRA, 2023

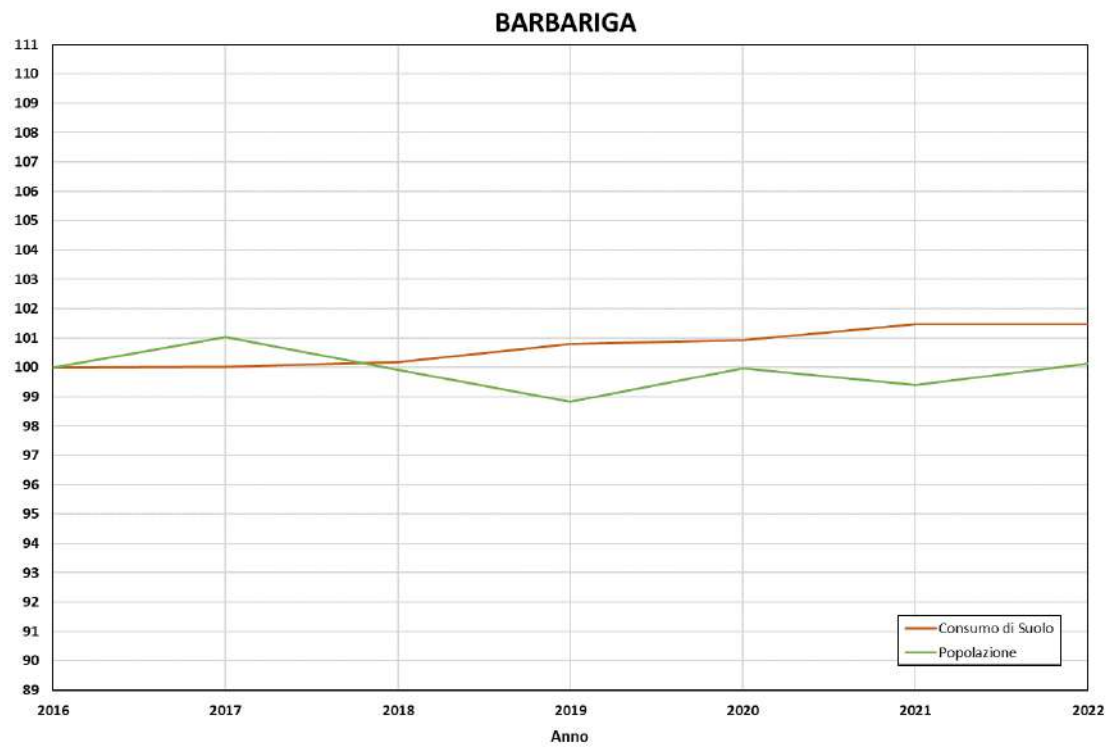


FIGURA 25, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI BARBARIGA TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

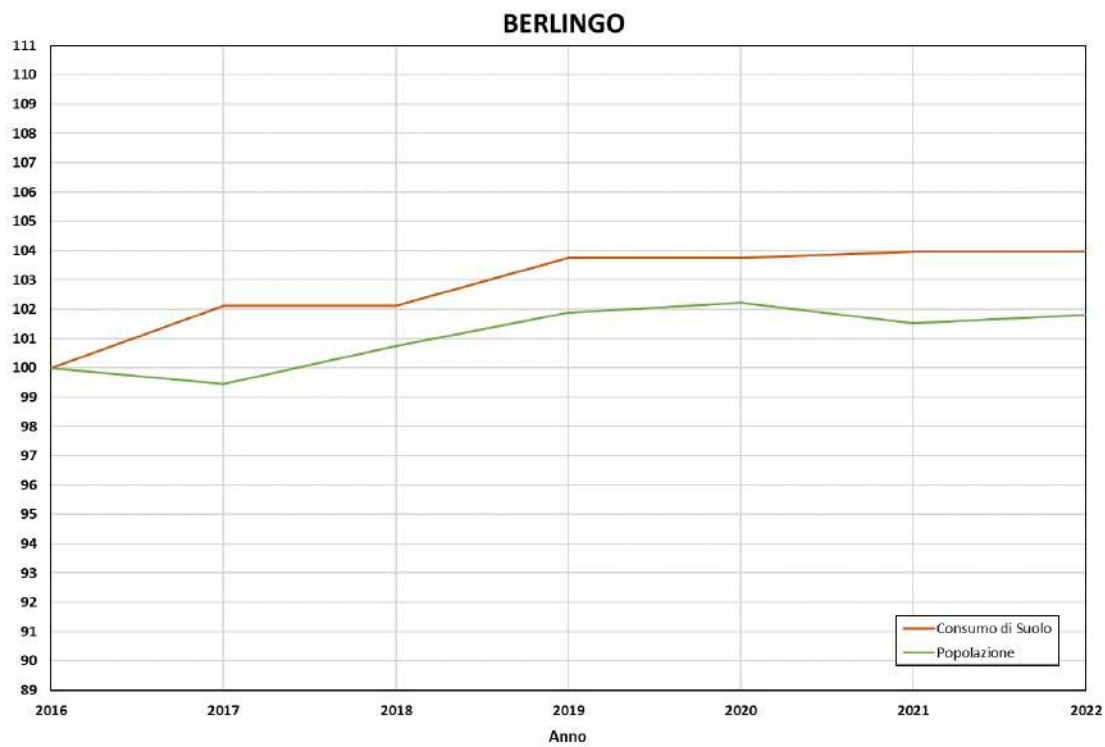


FIGURA 26, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI BERLINGO TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

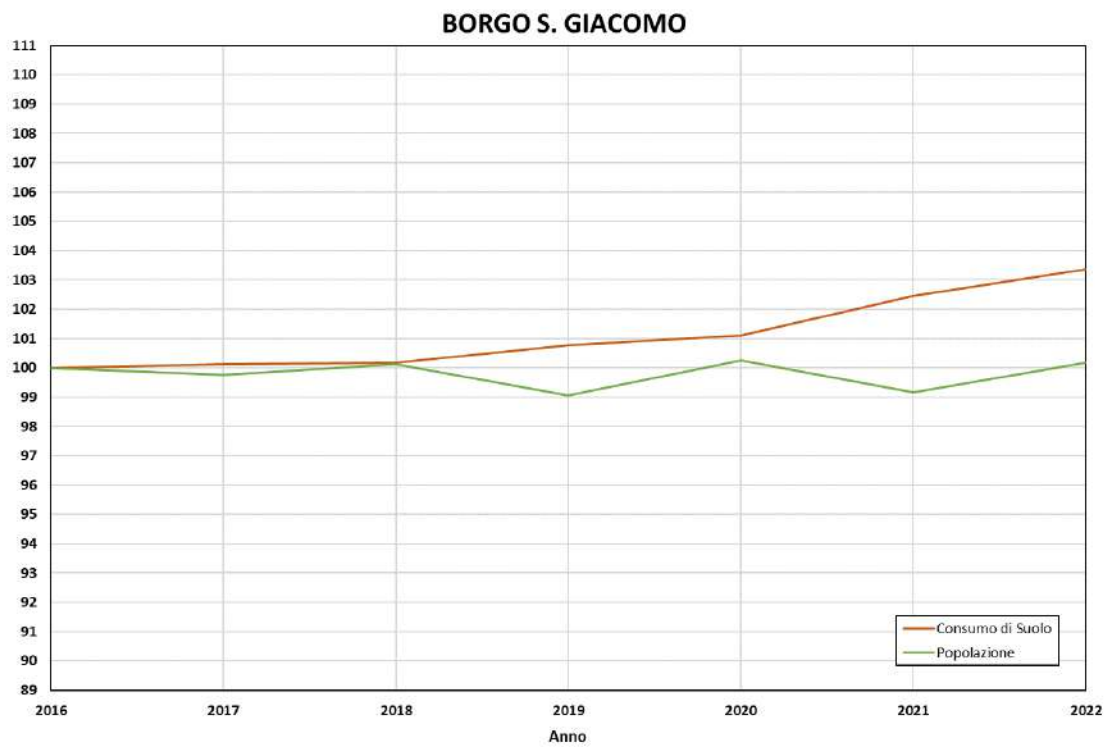


FIGURA 27, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI BORGO S. GIACOMO TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

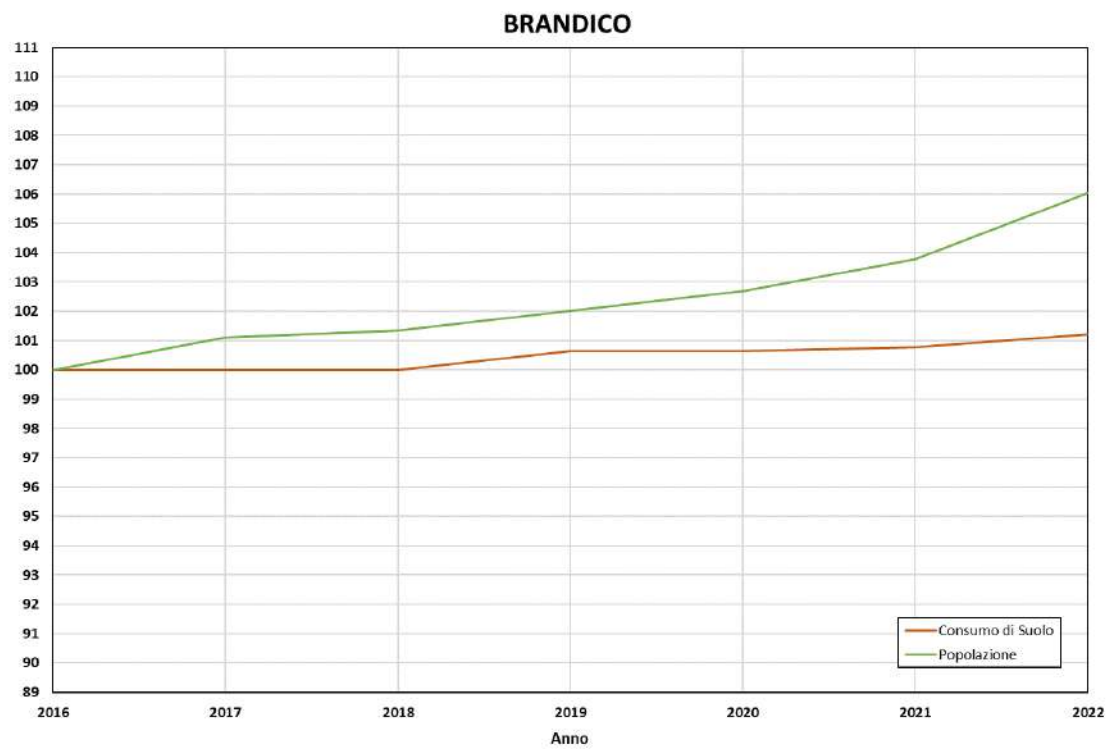


FIGURA 28, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI BRANDICO TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

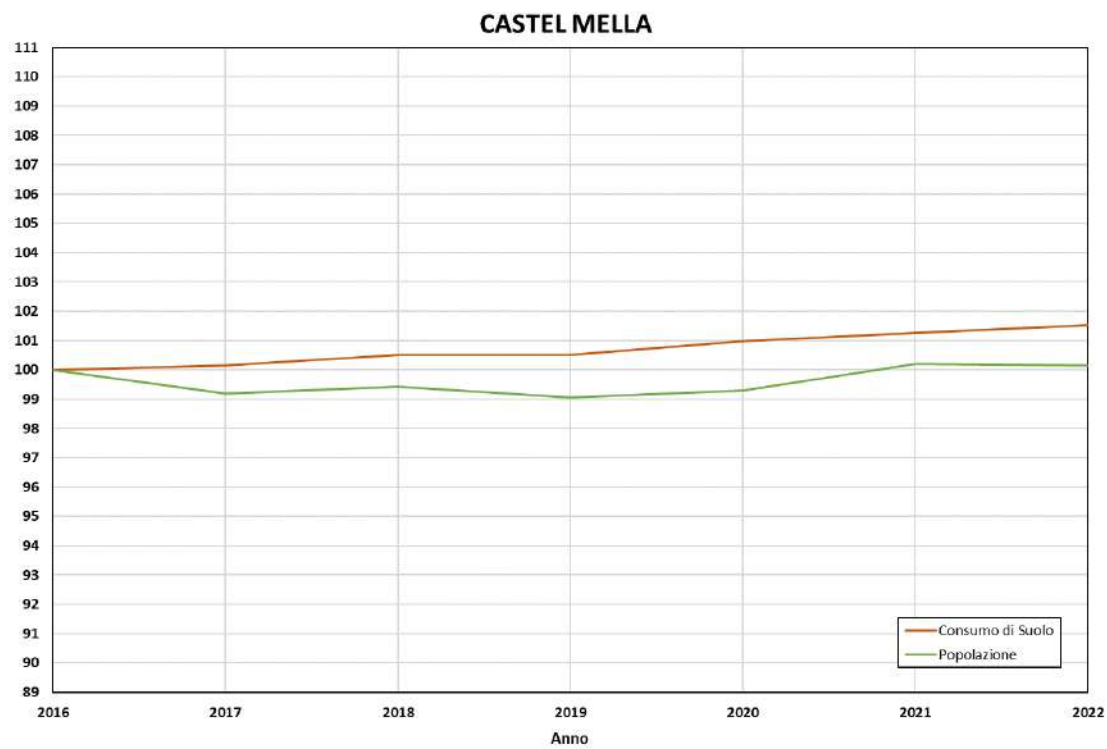


FIGURA 29, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI CASTEL MELLA TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

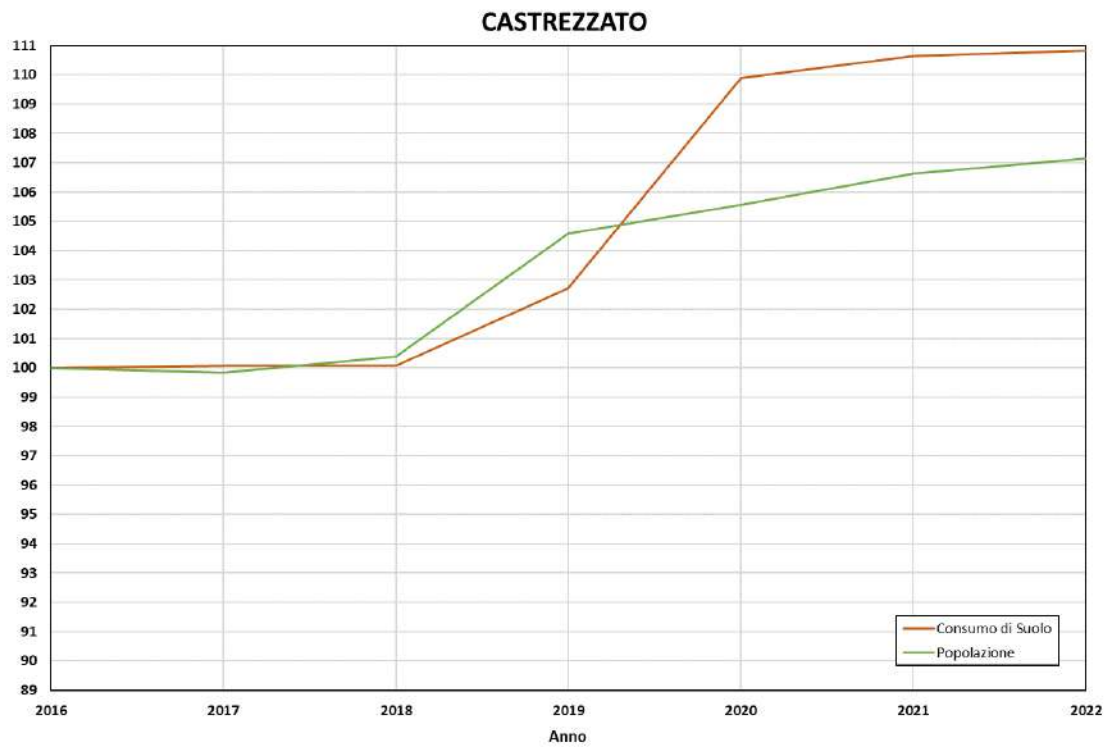


FIGURA 30, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI CASTREZZATO TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

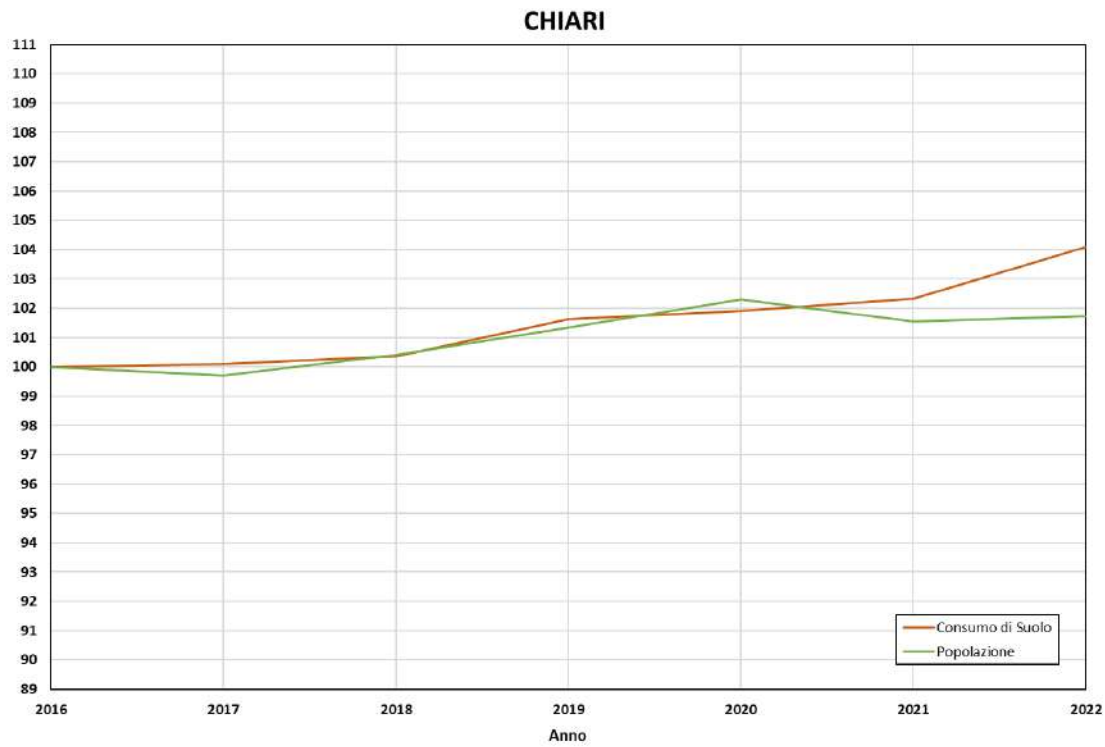


FIGURA 31, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI CHIARI TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

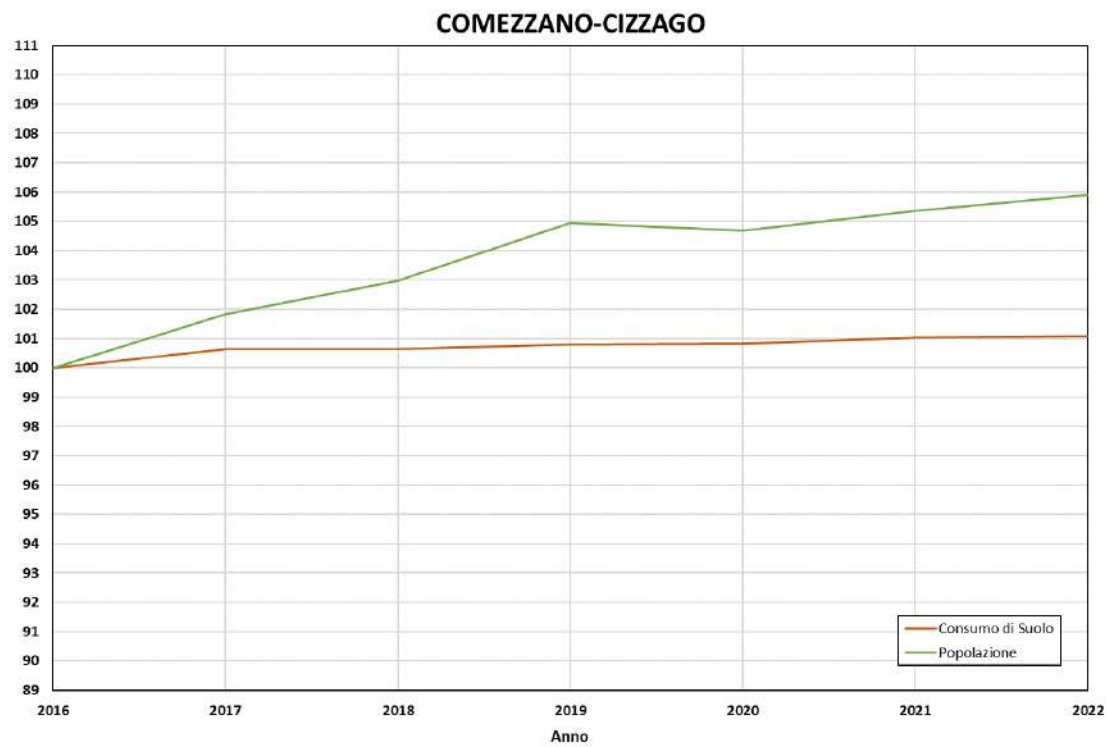


FIGURA 32, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI COMEZZANO-CIZZAGO TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

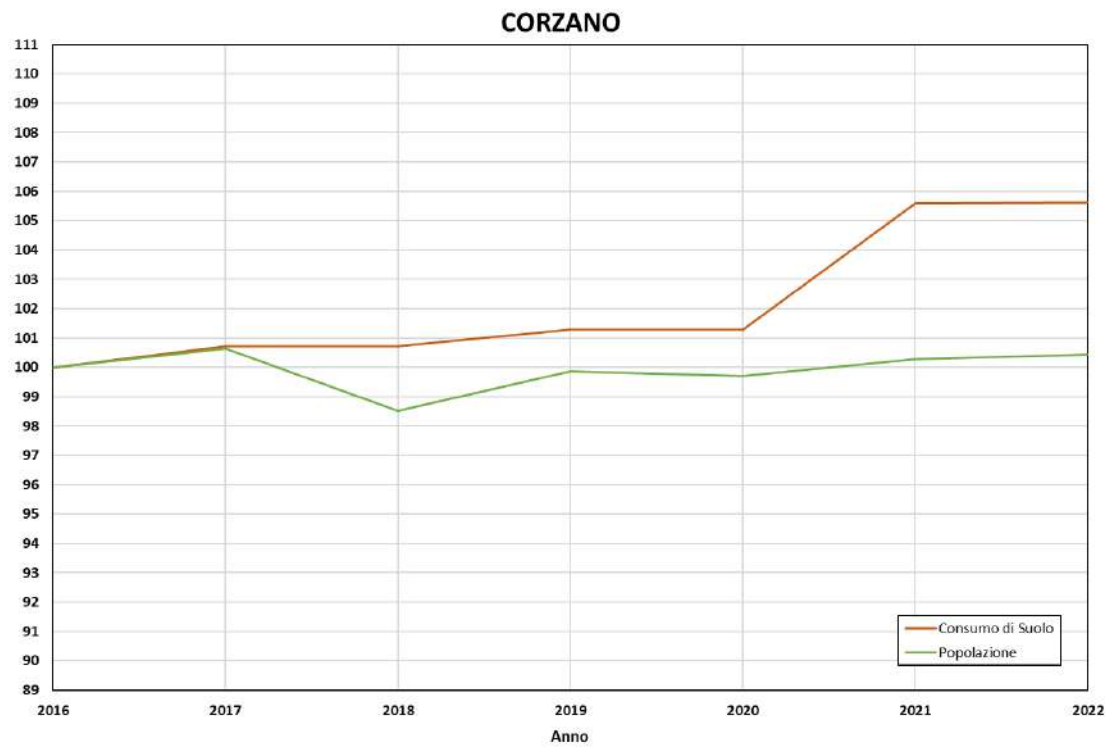


FIGURA 33, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI CORZANO TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

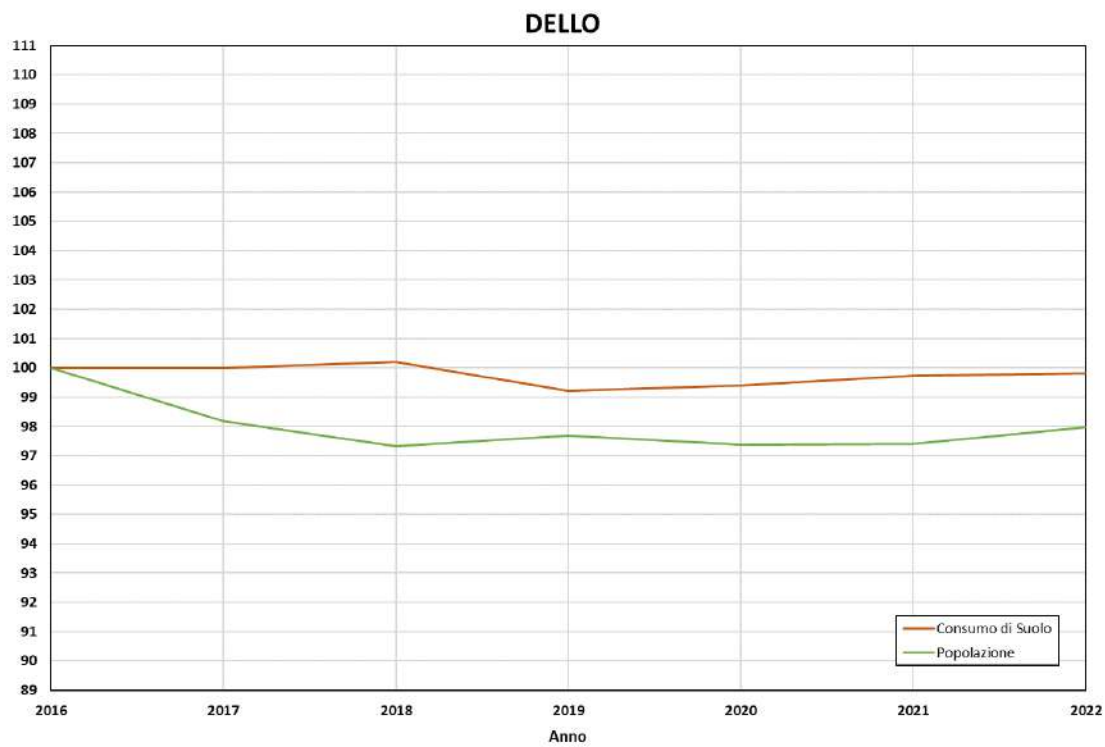


FIGURA 34, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI DELLO TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

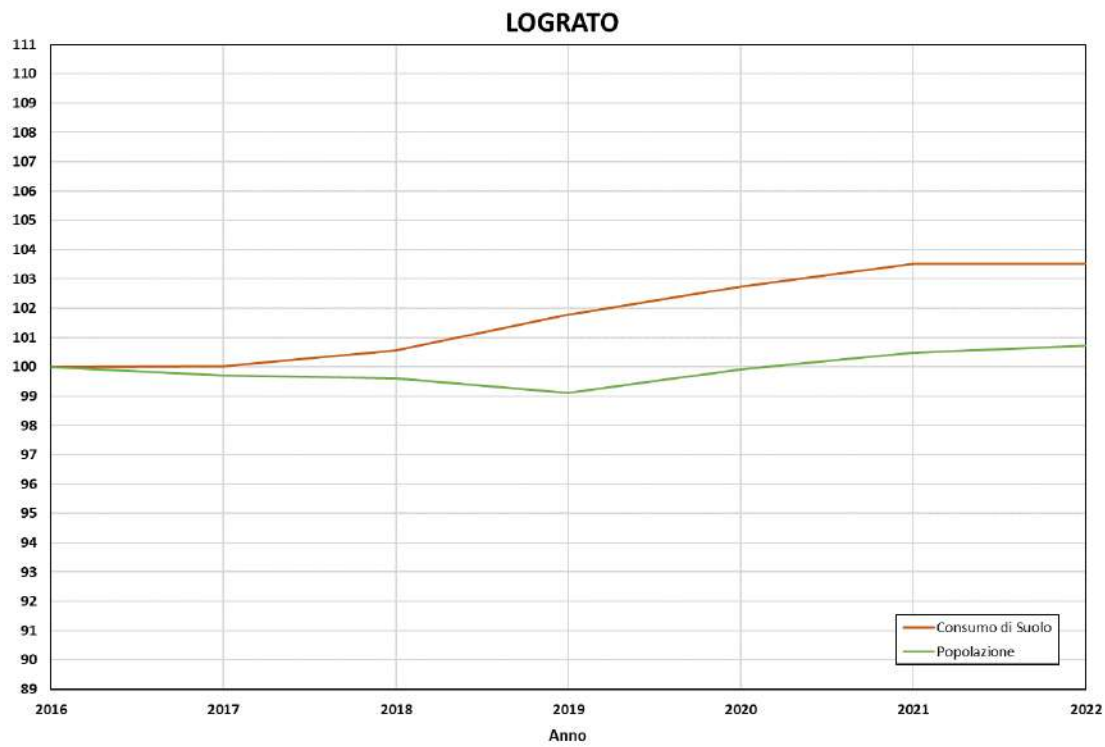


FIGURA 35, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI LOGRATO TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

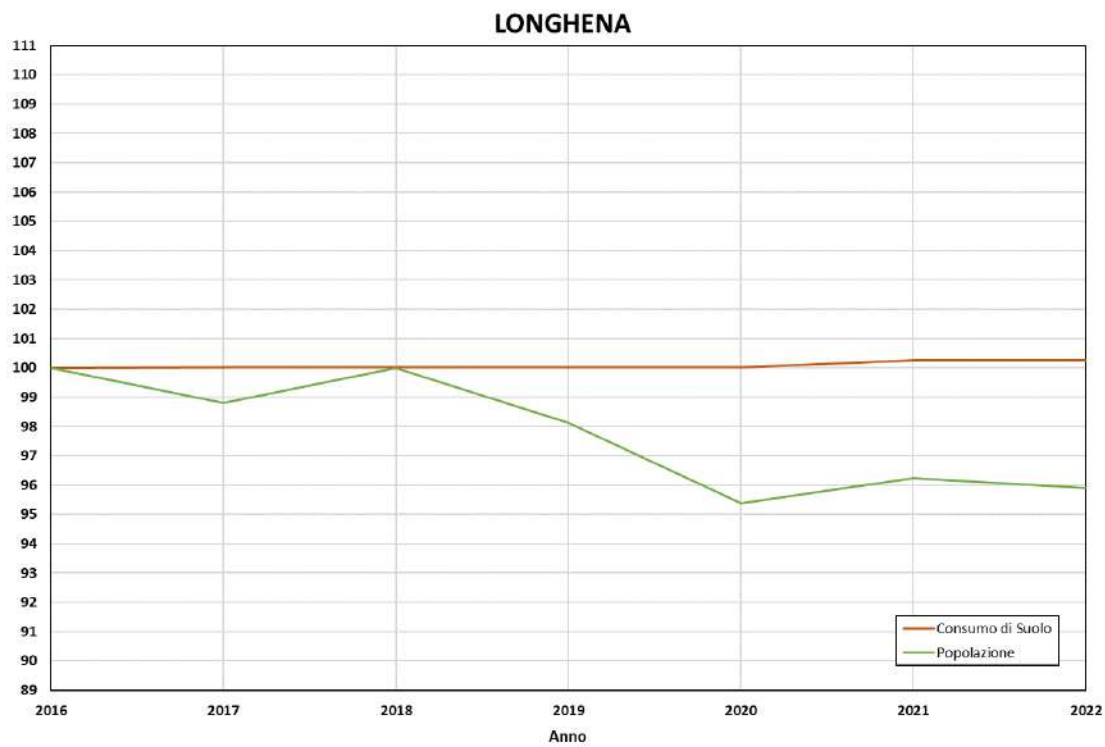


FIGURA 36, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI LONGHENA TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

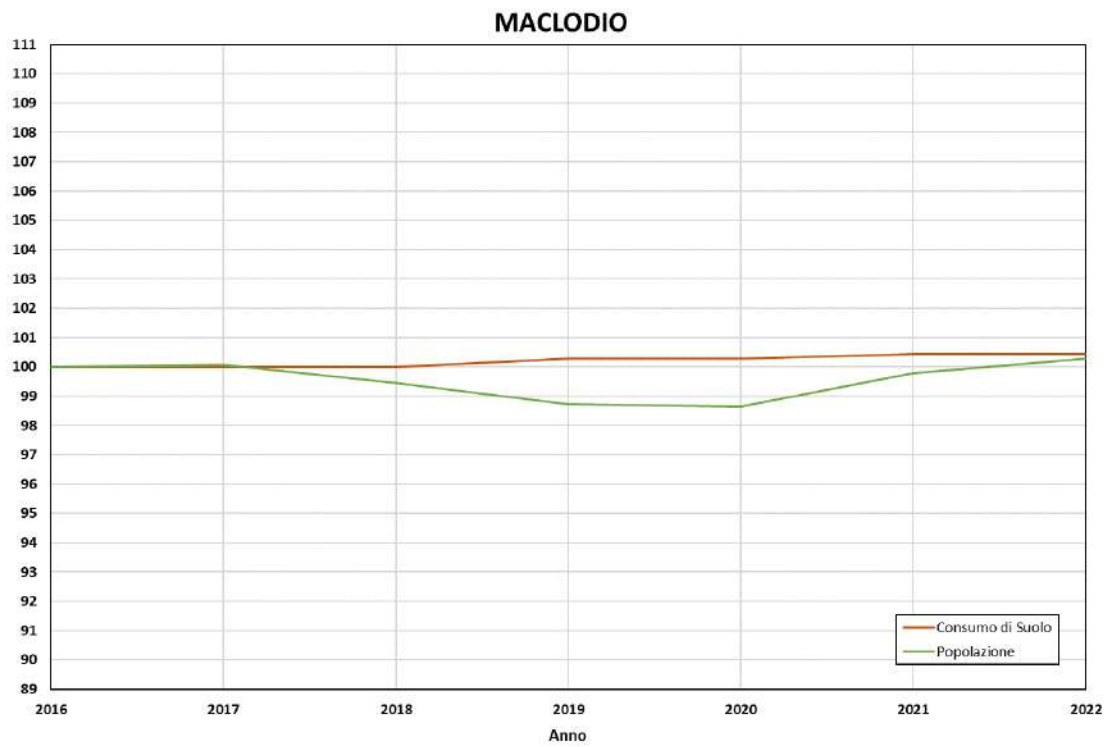


FIGURA 37, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI MACLODIO TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

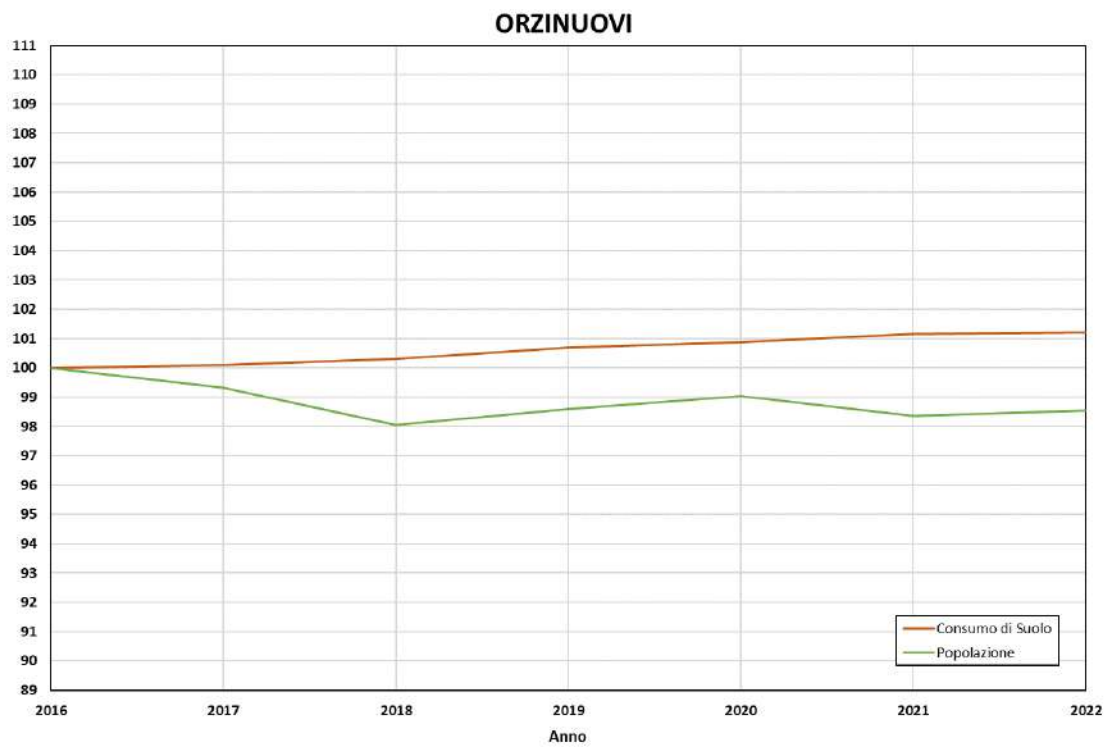


FIGURA 38, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI ORZINUOVI TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

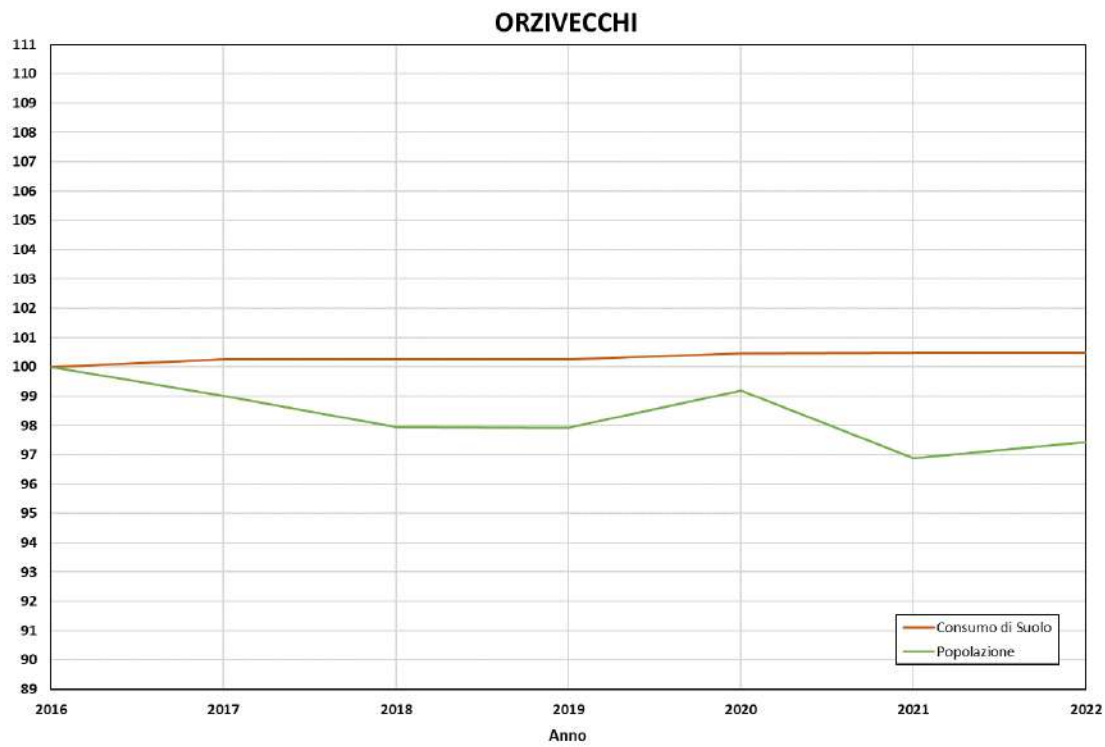


FIGURA 39, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI ORZIVECCHI TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

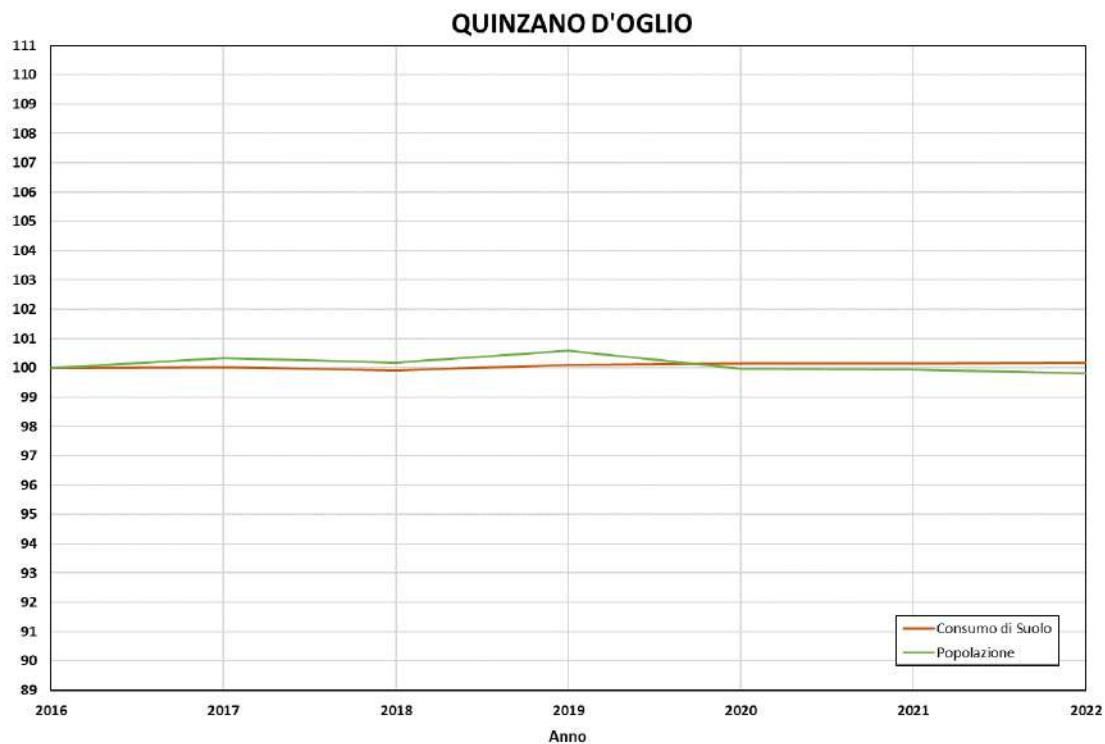


FIGURA 40, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI QUINZANO D'OGGIO TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

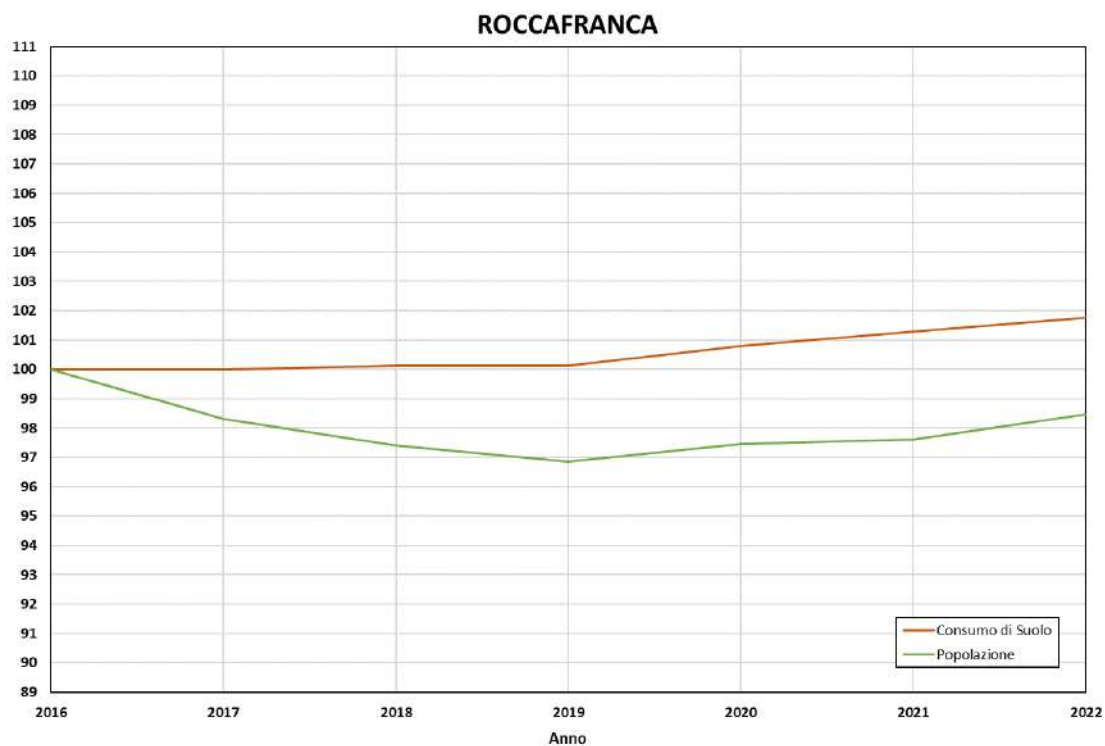


FIGURA 41, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI ROCCAFRANCA TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

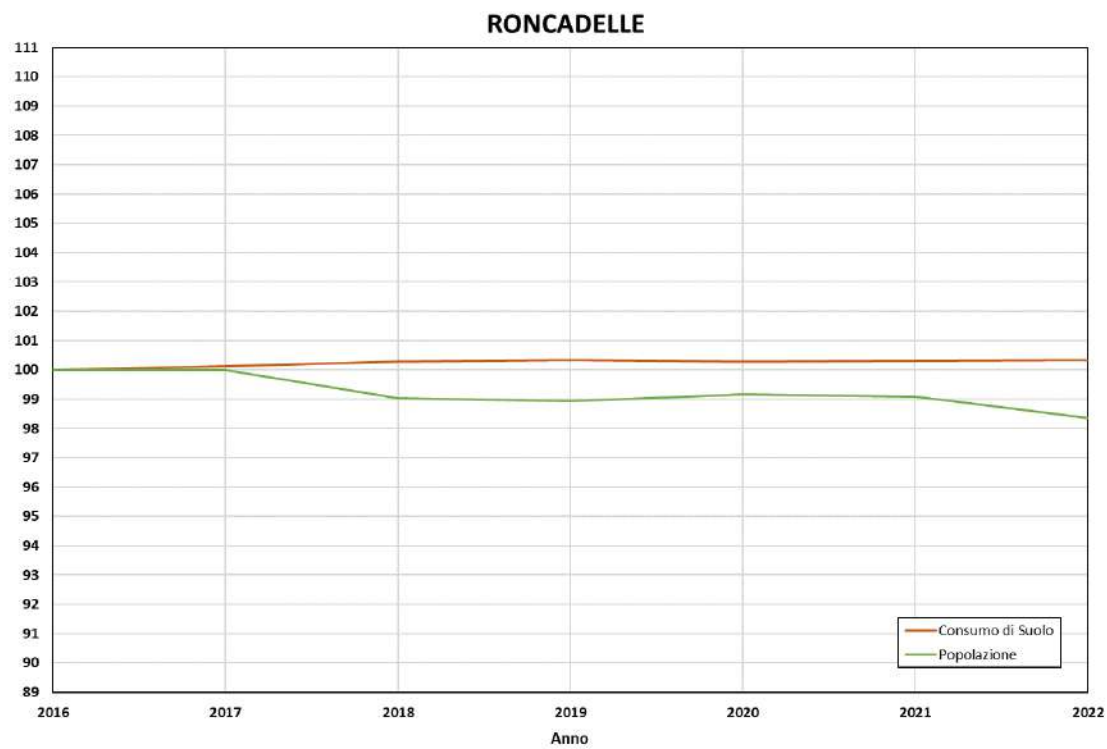


FIGURA 42, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI RONCADELLE TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

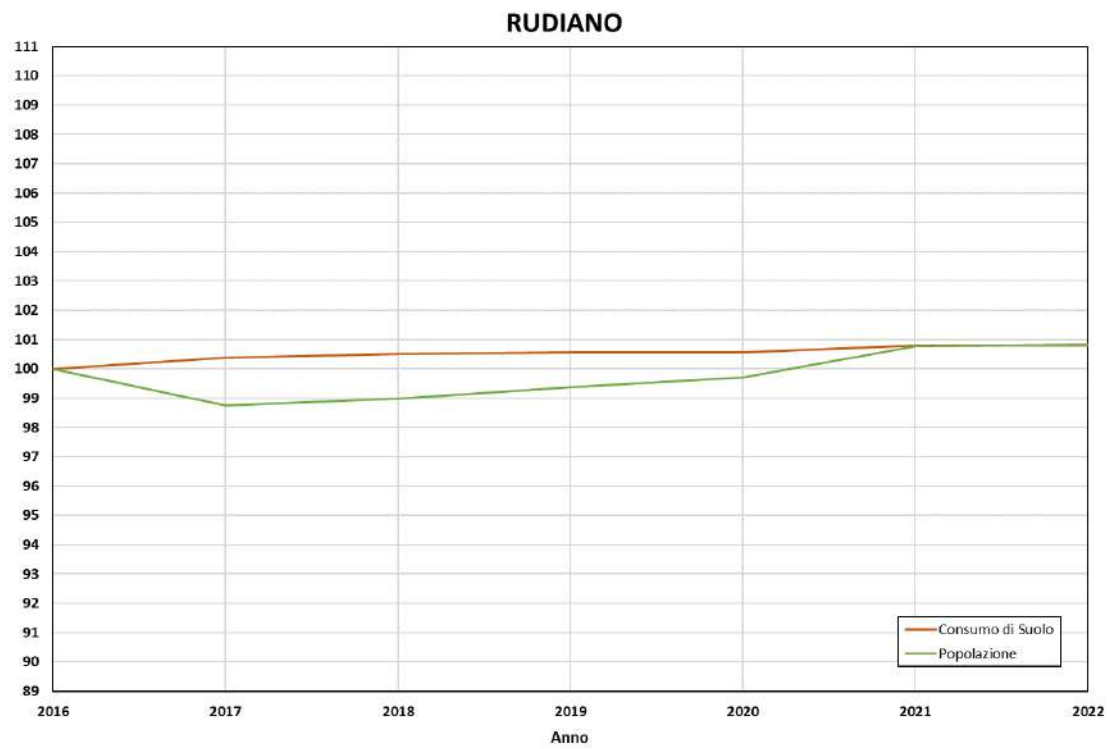


FIGURA 43, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI RUDIANO TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

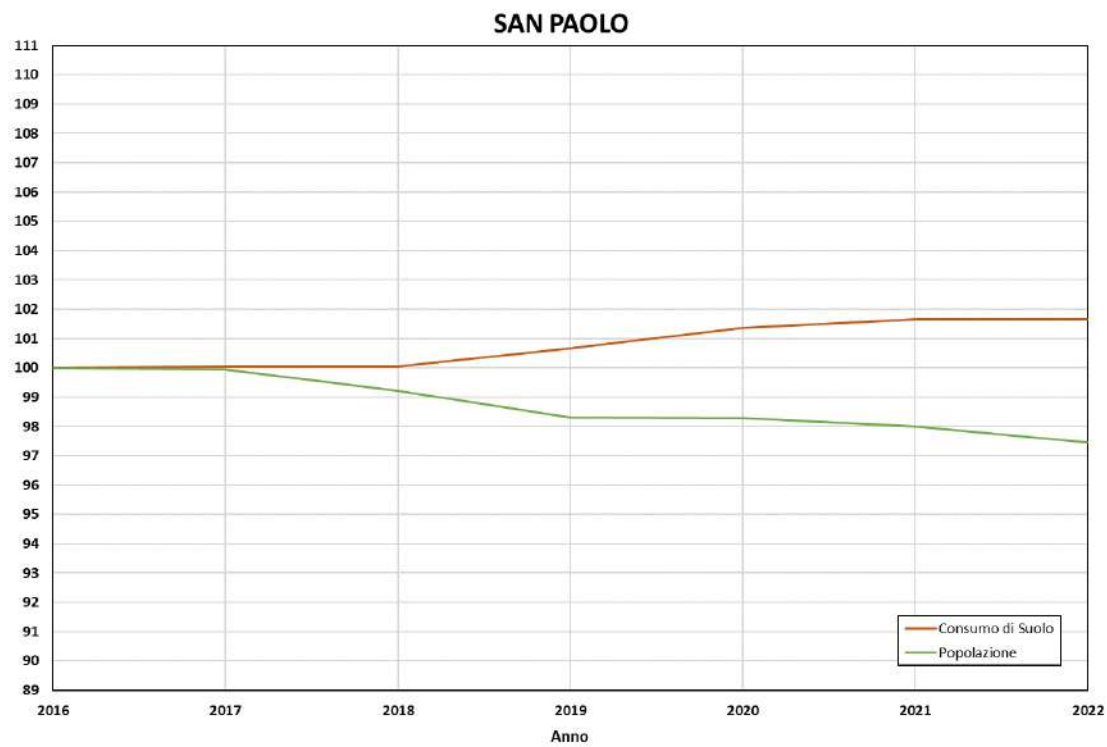


FIGURA 44, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI SAN PAOLO TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

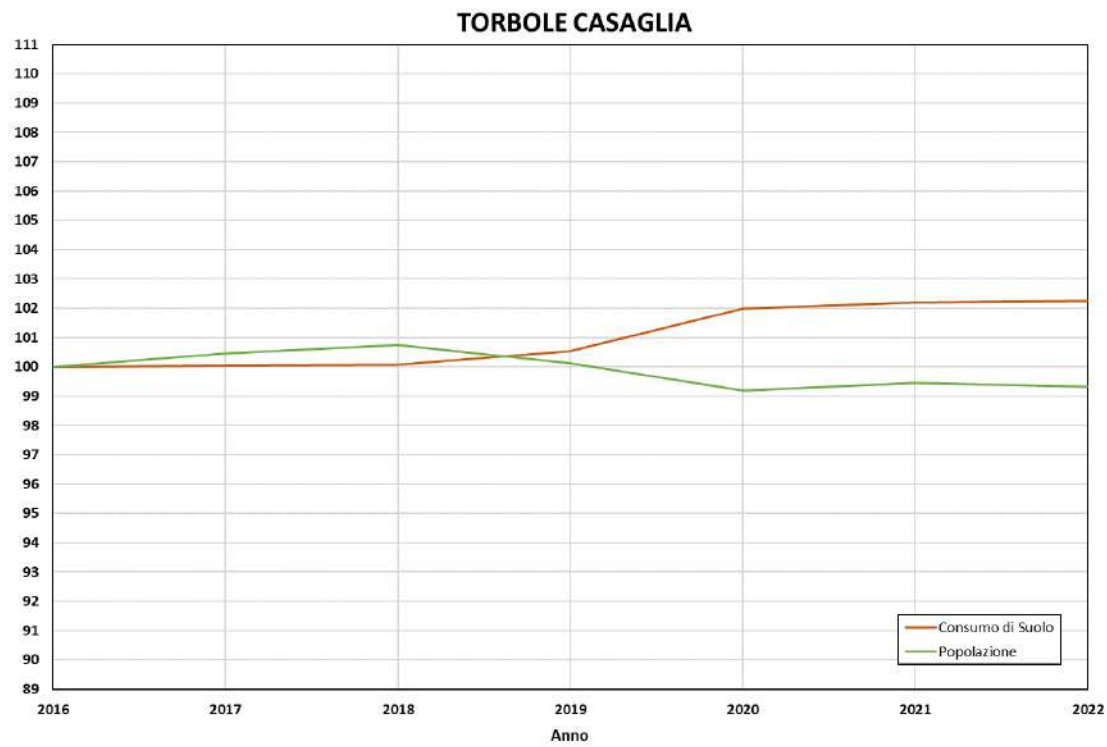


FIGURA 45, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI TORBOLE CASAGLIA TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

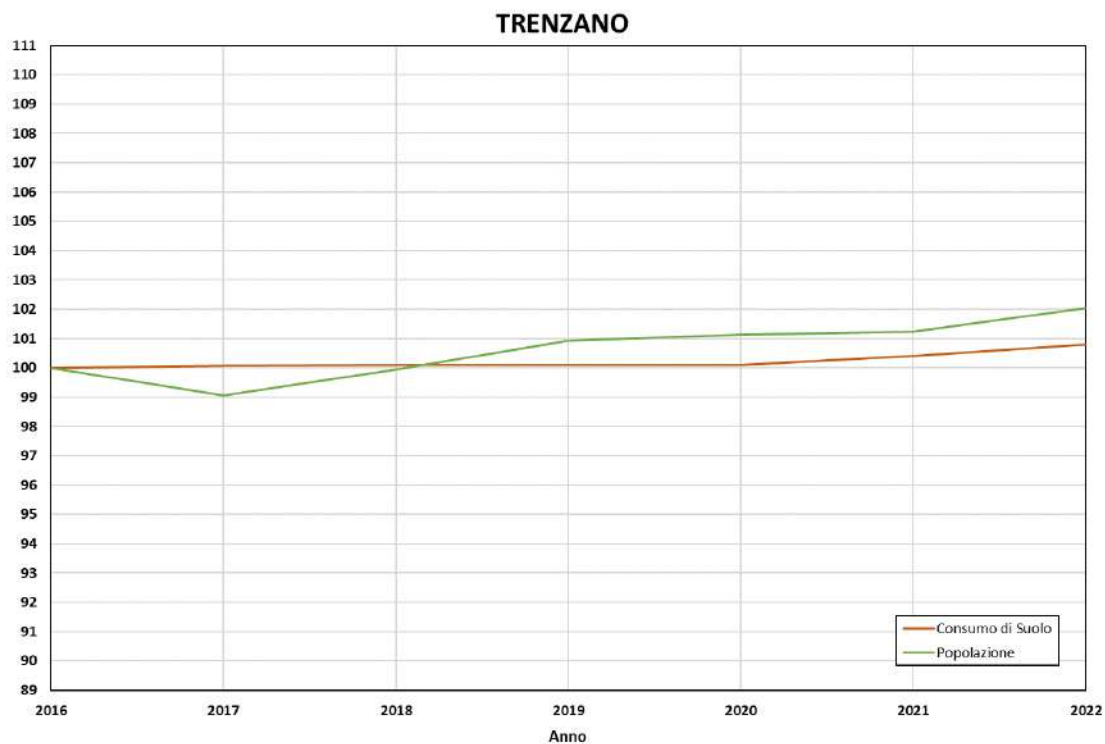


FIGURA 46, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI TRENZANO TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

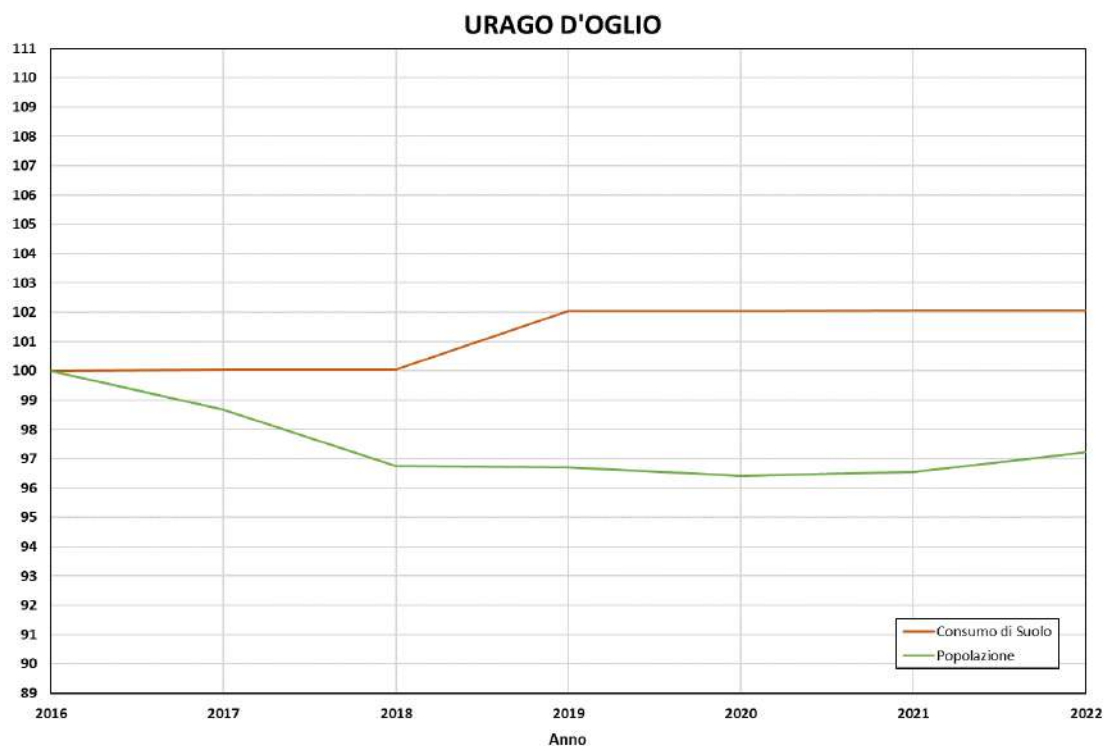


FIGURA 47, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI URAGO D'OGGIO TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

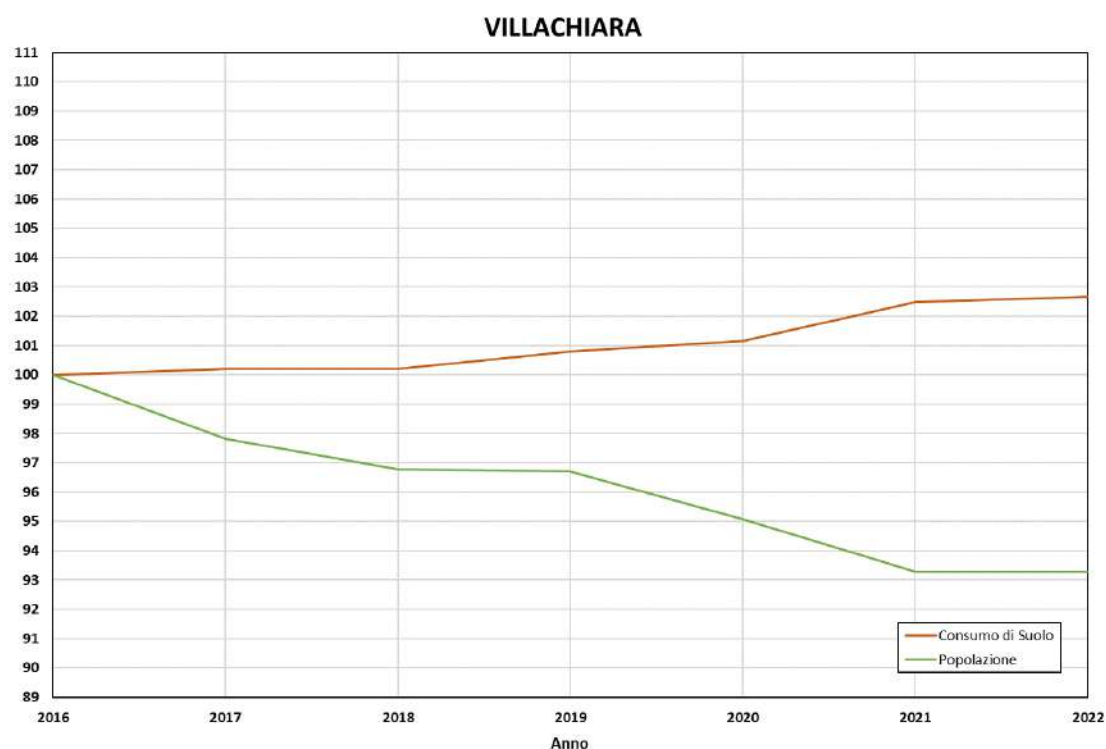


FIGURA 48, CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL COMUNE DI VILLACHIARA TRA IL 2016 E IL 2022, fonte: ISPRA, 2023

Osservando tutti i grafici presentati in successione, è possibile notare che le variazioni temporali degli abitanti residenti e del consumo di suolo si discostano parecchio tra un comune e l'altro all'interno del territorio di Pianura Sostenibile.

Come già affermato, sono presenti diverse soluzioni, ad esempio, esistono casi in cui, ad un forte aumento del consumo di suolo ha avuto seguito una progressiva diminuzione della popolazione nel tempo, è il caso dei comuni di Orzinuovi, Roccafranca, San Paolo, Urago d'Oglio e soprattutto Villachiera. Questa condizione rappresenta la situazione peggiore perché è caratterizzata da un aumento del consumo di suolo ingiustificato, e quindi, non corrisposto da un incremento della popolazione. La motivazione di questo andamento può essere attribuibile a previsioni insediative che hanno come base il sovradimensionamento dell'appetibilità di mercato degli edifici costruiti all'interno del territorio. Risulta, però, necessario precisare che in questi casi, non bisogna ricorrere a giudizi ed affermazioni troppo frettolose ed azzardate, in quanto il consumo di suolo può essere avvenuto per cause differenti dall'urbanizzazione di tipo residenziale; infatti, tale suolo può essere stato consumato per diverse altre tipologie di urbanizzazione (produttiva, servizi, mobilità, commerciale, ecc.).

Possono, invece, presentarsi altri casi in cui il consumo di suolo e la popolazione hanno avuto pressoché lo stesso andamento nel tempo, dimostrando pertanto che il suolo consumato pro capite è rimasto approssimativamente lo stesso in tutto il periodo analizzato. Questo fatto è possibile ritrovarlo per i comuni di Chiari, Maclodio, Quinzano d'Oglio, Rudiano e Trenzano.

Altre situazioni, invece, possono presentare un maggiore incremento di popolazione rispetto all'incremento dovuto al consumo di suolo, questa condizione è presente per i comuni di Azzano Mella, Brandico, Comezzano-Cizzago e Trenzano. Questa caratteristica sta ad indicare che l'edificato presente all'interno del comune, costruito precedentemente con l'obiettivo di un aumento della capacità insediativa, abbia portato ad un conseguente insediamento di nuova popolazione. Tale fenomeno è inevitabilmente scaturito dalla presenza di molteplici caratteristiche attrattive fornite dal comune stesso.

Inoltre, esistono dei grafici che mostrano una correlazione tra consumo di suolo e popolazione piuttosto variabile, è il caso dei comuni di Barbariga, Castrezzato e Torbole Casaglia. In questi comuni, infatti, è possibile notare come la curva che rappresenta l'andamento della popolazione sia, per un certo tratto posta superiormente alla curva che riguarda la variazione del consumo di suolo, ma successivamente, esse si intersecano, invertendo di conseguenza il loro posizionamento relativo.

Infine, esistono poi dei casi eclatanti in cui la forbice tra la variazione temporale della popolazione e la variazione temporale del consumo di suolo è molto ampia e le due curve hanno un andamento completamente differente. Questo è il caso dei comuni di Corzano, Longhena, Urago d'Oglio e Villachiera, i quali fanno emergere il fatto che in diverse situazioni, la correlazione tra popolazione residente e consumo di suolo possa essere ridotta se non addirittura del tutto assente.

Considerazioni finali

Come già sottolineato nel primo capitolo, il suolo è una risorsa fondamentale per la sopravvivenza della specie umana e per un'adeguata gestione dell'ambiente che circonda l'uomo. Pertanto, assume enorme rilevanza la necessità di poter analizzare e monitorare le modalità del suo consumo, con l'obiettivo di intervenire sugli elementi che presentano maggiori criticità. Purtroppo, però, la velocità con cui si consuma suolo non è seguita a pari passo dalla rigenerazione naturale e dalla riqualificazione di zone abbandonate che potrebbero tornare, seppur in maniera limitata, a svolgere funzioni eco-sistemiche.

Con l'obiettivo di esplicitare e mostrare come si può realizzare un'analisi territoriale relativamente al fenomeno del consumo di suolo, la tesi in questione, si occupa di ricerca applicata al territorio composto dai comuni aderenti al progetto di Pianura Sostenibile. Tale progetto, punta a realizzare una visione di area vasta che sfugge ad un'analisi a livello comunale, ma al contempo, più di dettaglio rispetto ad un'analisi a livello provinciale. Le visioni d'area vasta sono molto utili quando ci si occupa di temi ambientali che per definizione non si rifanno necessariamente ai confini amministrativi.

Attraverso l'utilizzo di dati ed indicatori forniti da ISPRA nel 2023, riportanti la modalità con cui si è sviluppato il consumo di suolo all'interno di ogni comune, le forme che ha assunto l'urbanizzato e la variazione di tali parametri nel tempo, è stato possibile realizzare delle mappe tematiche dotate di un'immediata comprensione del parametro analizzato e in seguito rappresentato. Inoltre, ancora tramite l'ausilio di dati ed indicatori forniti da ISPRA, sono stati presentati anche quattro diversi approfondimenti, sempre riguardanti il tema del consumo di suolo: superficie di suolo consumato in aree a differente pericolosità idraulica, superficie (e percentuale) di suolo degradato considerando tutti i sub-indicatori (SDGs), evoluzione storica dell'urbanizzato e correlazione tra consumo di suolo e popolazione.

Analizzando i dati sul consumo di suolo e le successive elaborazioni realizzate nelle modalità descritte in precedenza, ne emerge una situazione molto articolata e di conseguenza complessa, sia a livello comunale, sia per quanto riguarda il consumo di suolo in generale.

Dati sul consumo di suolo per l'area vasta di Pianura Sostenibile

Facendo riferimento al fenomeno del consumo di suolo, relativamente all'anno 2022, il territorio di Pianura Sostenibile, presenta una superficie di suolo impermeabilizzato pari a 61,29 Km², con un incremento, nel periodo 2016-2022, di 1,37 km², che corrisponde percentualmente a circa il 2,29 %, passando da un valore di 59,92 km² registrato nel 2016, ad un valore di 61,29 km² registrato nel 2022.

All'interno delle tre tabelle presentate in seguito, vengono riportati i diversi dati ed indicatori relativi all'area vasta di Pianura Sostenibile, riferiti all'anno 2016, all'anno 2019, all'anno 2022, la variazione percentuale nel periodo 2016-2022. Invece, a causa della diversa natura degli indicatori considerati, nella seconda e nella terza tabella vengono mostrati i dati che si riferiscono al periodo 2016-2019, il periodo 2019-2022 e il periodo 2012-2021. Inoltre, viene proposta una tabella riassuntiva di tutti i dati presi in considerazione per ogni parametro trattato rispetto ad ogni specifico comune, attraverso l'attribuzione di scale di colore già viste in precedenza (3.3. Il fenomeno del consumo di suolo nel territorio di "Pianura Sostenibile").

Pianura Sostenibile	Unità di misura	2016	2019	2022	Variazione 2016-2022 [%]
Superficie	ha	-	-	39337,34	-
Popolazione	ab	131717	131750	132424	0,54
Densità	ab/ha	3,35	3,35	3,37	0,54
Superficie di suolo consumato	ha	5992,21	6043,80	6129,16	2,29
Percentuale di suolo consumato rispetto alla superficie totale	%	15,23	15,36	15,58	2,29
Superficie di suolo consumato per abitante	mq/ab	454,93	458,73	462,84	1,74
Superficie di suolo consumato in aree tutelate	ha	311,59	313,87	316,03	1,42

FIGURA 49, TABELLA (I) - PARAMETRI ANALIZZATI PER IL CONSUMO DI SUOLO DELL'AREA VASTA DI PIANURA SOSTENIBILE, fonte: ISPRA, 2023

Pianura Sostenibile	Unità di misura	2016-2019	2019-2022
Incremento di suolo consumato rispetto al periodo precedente	%	0,86	1,41
Rapporto suolo consumato-popolazione	%	34,36	2,76

FIGURA 50, TABELLA (II) - PARAMETRI ANALIZZATI PER IL CONSUMO DI SUOLO DELL'AREA VASTA DI PIANURA SOSTENIBILE, fonte: ISPRA, 2023

Pianura Sostenibile	Unità di misura	Costi MIN (2012-2021)	Costi MAX (2012-2021)
Perdita di servizi ecosistemici	€	484424,24	994938,19
Perdita di servizi ecosistemici per abitante	€/ab	3,68	7,55

FIGURA 51, TABELLA (III) - PARAMETRI ANALIZZATI PER IL CONSUMO DI SUOLO DELL'AREA VASTA DI PIANURA SOSTENIBILE, fonte: ISPRA, 2022

Comuni	Popolazione [ab]		Densità [ab/ha]		Superficie di suolo consumato [ha]		Percentuale di suolo consumato [%]		Superficie di suolo consumato per abitante [mq/ab]		Incremento di suolo consumato rispetto al periodo precedente [%]		Superficie di suolo consumato in aree tutelate [ha]	
	2022	Variazione 2016-2022 [%]	2022	Variazione 2016-2022 [%]	2022	Variazione 2016-2022 [%]	2022	Variazione 2016-2022 [%]	2022	Variazione 2016-2022 [%]	2016-2019	2019-2022	2022	Variazione 2016-2022 [%]
Azzano Mella	3398	9,09	3.212	9,09	153,88	2,14	14,55	2,14	452,85	-6,37	1,39	0,73	11,40	7,65
Barbärige	2317	0,13	2,042	0,13	132,76	1,46	11,70	1,46	572,98	1,33	0,79	0,66	14,02	0,14
Berlingo	2752	1,81	5,988	1,81	113,23	3,97	24,64	3,97	411,45	2,12	3,75	0,21	5,95	0,00
Borgo S. Giacomo	5388	0,17	1,923	0,17	342,30	3,37	11,58	3,37	635,30	3,19	0,78	2,57	11,95	0,00
Brandico	1744	6,02	2,080	6,02	92,00	1,21	10,97	1,21	527,52	-4,54	0,65	0,56	-	-
Castel Mella	10993	0,15	14,594	0,15	253,68	1,52	33,68	1,52	230,77	1,37	0,51	1,01	26,98	0,00
Castrezzato	7494	7,13	5,494	7,13	282,85	10,83	20,73	10,83	377,44	3,45	2,71	7,91	0,00	0,00
Chiari	19131	1,73	5,035	1,73	884,91	4,09	23,29	4,09	462,55	2,31	1,64	2,41	-	-
Comenzano-Cizzago	4029	5,89	2,609	5,89	153,69	1,09	9,95	1,09	381,46	-4,53	0,80	0,29	-	-
Corzano	1419	0,42	1,153	0,42	115,83	5,62	9,41	5,62	816,28	5,17	1,29	4,28	0,37	0,00
Dello	5578	-2,04	2,390	-2,04	311,89	-0,19	13,37	-0,19	559,14	1,89	-0,79	0,61	11,34	5,39
Lograto	3804	0,71	3,058	0,71	203,76	3,52	16,38	3,52	535,65	2,78	1,78	1,70	8,04	0,00
Longhena	1483	-4,11	1,612	-4,11	42,13	0,24	12,13	0,24	752,32	4,53	0,02	0,21	-	-
Macclodio	560	0,27	2,907	0,27	100,02	0,44	19,61	0,44	674,41	0,17	0,28	0,16	0,00	0,00
Orzinuovi	12372	-1,46	2,583	-1,46	690,69	1,21	14,42	1,21	558,27	2,71	0,68	0,53	7,23	0,14
Orzinuovi	2430	-2,57	2,443	-2,57	156,09	0,49	15,69	0,49	642,35	3,14	0,25	0,24	-	-
Quinzano d'Oglio	6177	-0,19	2,877	-0,19	284,18	0,18	13,24	0,18	460,06	0,37	0,10	0,08	29,88	0,10
Roccafianca	4835	-1,53	2,526	-1,53	235,36	1,74	12,29	1,74	486,78	3,32	0,12	1,62	19,11	0,21
Roncadelle	9282	-1,64	9,880	-1,64	359,76	0,32	38,29	0,32	387,59	2,00	0,33	-0,03	49,45	0,86
Rudiano	5857	0,81	5,946	0,81	182,90	0,78	18,57	0,78	312,28	-0,03	0,55	0,23	62,91	1,65
San Paolo	4417	-2,56	4,417	-2,56	267,16	1,65	14,19	1,65	604,84	4,32	0,67	0,97	37,15	4,09
Torbole Casaglia	6401	-0,68	4,760	-0,68	267,14	2,24	19,86	2,24	417,34	2,95	0,54	1,70	0,08	0,00
Trenzano	5470	2,03	2,719	2,03	228,58	0,80	11,36	0,80	417,88	-1,21	0,10	0,70	3,26	0,00
Urago d'Oglio	3733	-2,79	3,493	-2,79	159,44	2,07	14,92	2,07	427,11	5,00	2,03	0,04	6,18	0,00
Villachiera	1360	-6,72	0,806	-6,72	114,93	2,67	6,81	2,67	845,07	10,07	0,80	1,86	10,83	0,46

Comuni	LCPI [%]		RMPS [ha]		ED [m/ha]		ID [%]		Perdita di servizi ecosistemici per abitante [€/ab]		Perdita di servizi ecosistemici per consumato-popolazione [%]	
	2022	Variazione 2016-2022 [%]	2022	Variazione 2016-2022 [%]	2022	Variazione 2016-2022 [%]	2022	Variazione 2016-2022 [%]	2022	Costi MAX (2012-2021)	Costi MIN (2012-2021)	Costi MAX (2012-2021)
Azzano Mella	76,9024	-1,30	1,3471	2,48	860,5989	-1,43	81,0898	0,01	1549,28	2,02	4,83	0,18
Barbärige	36,1905	-1,10	2,5083	-1,34	831,4878	-0,57	94,1599	-0,41	14594,70	3,42	6,28	-0,68
Berlingo	49,8500	-3,06	4,1146	8,54	462,2450	-2,09	85,6837	-1,56	22859,69	4,62	8,43	1,99
Borgo S. Giacomo	37,9132	-4,61	2,3085	4,97	880,5983	-2,40	88,9445	0,05	60894,42	5,65	11,38	-0,83
Brandico	34,5601	-0,20	2,1571	-5,34	678,8393	0,64	86,5062	0,03	5774,33	2,70	3,46	0,32
Castel Mella	38,2473	0,26	13,1183	1,53	578,3892	-1,19	65,4060	-0,59	12246,98	0,52	1,12	-0,54
Castrezzato	69,1688	-10,09	1,7771	52,15	583,0446	-7,94	73,9487	-2,78	153510,50	9,70	21,42	0,59
Chiari	57,6494	-3,79	1,3975	11,37	789,2917	-3,17	84,0115	-0,95	192585,85	4,12	10,19	1,23
Comenzano-Cizzago	74,4662	-0,46	1,2041	-1,07	647,3650	-1,01	78,7429	-0,28	12630,76	1,82	3,25	0,16
Dello	44,2115	0,76	2,6353	-3,21	935,6172	0,70	86,6932	0,28	13296,34	2,38	4,61	0,34
Lograto	61,1749	0,44	2,1009	3,99	690,0613	-1,33	86,5439	0,03	39372,62	5,13	10,30	-1,98
Longhena	84,6611	-0,22	0,9467	1,43	705,3850	-0,04	94,1874	0,002	1497,41	1,25	2,58	-0,09
Macclodio	76,0537	0,13	1,5113	0,00	495,8512	-0,68	78,3654	-0,24	1805,08	1,23	1,90	0,22
Orzinuovi	63,2335	-1,84	1,5079	3,66	757,9377	-0,60	81,7530	0,12	41366,98	3,33	7,02	-0,48
Orzinuovi	56,5923	-0,53	3,3200	1,29	687,6802	-0,36	85,1041	0,07	5864,91	1,17	2,41	-0,12
Quinzano d'Oglio	77,7980	1,11	1,0915	2,85	881,6637	-0,25	83,3180	-0,18	2178,27	0,35	0,83	-0,10
Roccafianca	41,4361	-1,90	2,4522	1,34	779,0619	-0,66	86,6792	0,38	28649,24	2,79	5,94	0,98
Roncadelle	91,4486	-0,07	1,0414	-2,48	434,6660	-0,16	56,7864	0,04	59750,44	3,21	6,37	-0,31
Rudiano	82,9600	-0,56	0,8653	3,55	684,0177	-0,30	72,7509	0,53	10918,83	1,04	1,89	-0,87
San Paolo	53,2735	-1,89	2,0267	2,15	821,5302	-0,78	88,8373	0,45	16638,67	3,70	7,44	-1,11
Torbole Casaglia	80,7694	-1,54	1,3840	6,70	597,2898	-0,59	72,6036	1,33	4012,07	4,69	6,36	4,32
Trenzano	48,2356	-0,55	2,1317	-0,72	688,4816	-0,14	81,6498	-0,06	60264,77	5,54	11,17	0,64
Urago d'Oglio	60,6259	-3,01	1,3266	8,58	914,5187	-1,57	89,5486	0,05	45919,43	5,48	12,11	-0,61
Villachiera	40,9325	-1,51	1,4907	-2,37	947,7898	-1,15	95,0965	-0,03	21611,40	7,71	15,23	-0,24

FIGURA 52, TABELLA RIASSUNTIVA DEI VALORI SPECIFICI DI OGNI PARAMENTO/INDICATORE ANALIZZATO PER OGNI COMUNE DI PIANURA SOSTENIBILE, fonte: ISPRA, 2022; ISPRA, 2023

Infine, si riportano due grafici che riguardano la correlazione suolo consumato-popolazione (*Figura 53*) e la densità rispetto all'area antropizzata (*Figura 54*), entrambi per il territorio di Pianura Sostenibile, per la Provincia di Brescia e per la Regione Lombardia. Per concludere, viene proposta una tabella che riassume i dati del consumo di suolo e della popolazione (*Figura 55*), sempre per quanto riguarda il territorio di Pianura Sostenibile, per la Provincia di Brescia e per la Regione Lombardia.

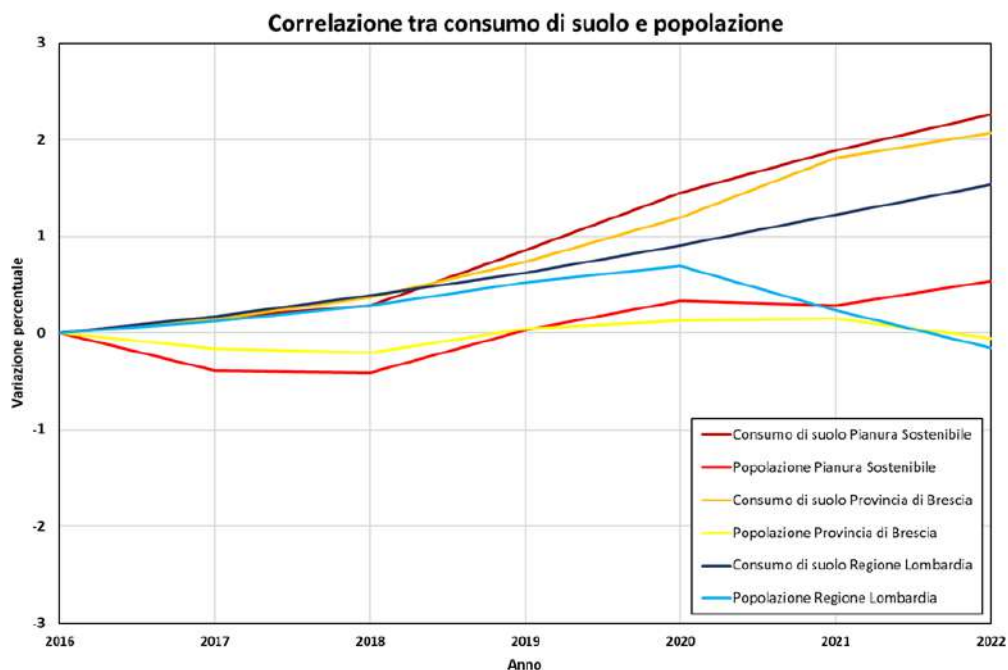


FIGURA 53, GRAFICO A LINEE CHE METTE IN EVIDENZA LA CORRELAZIONE TRA CONSUMO DI SUOLO E POPOLAZIONE PER IL TERRITORIO DI PIANURA SOSTENIBILE, PER LA PROVINCIA DI BRESCIA E PER LA REGIONE LOMBARDIA, fonte: ISPRA, 2023

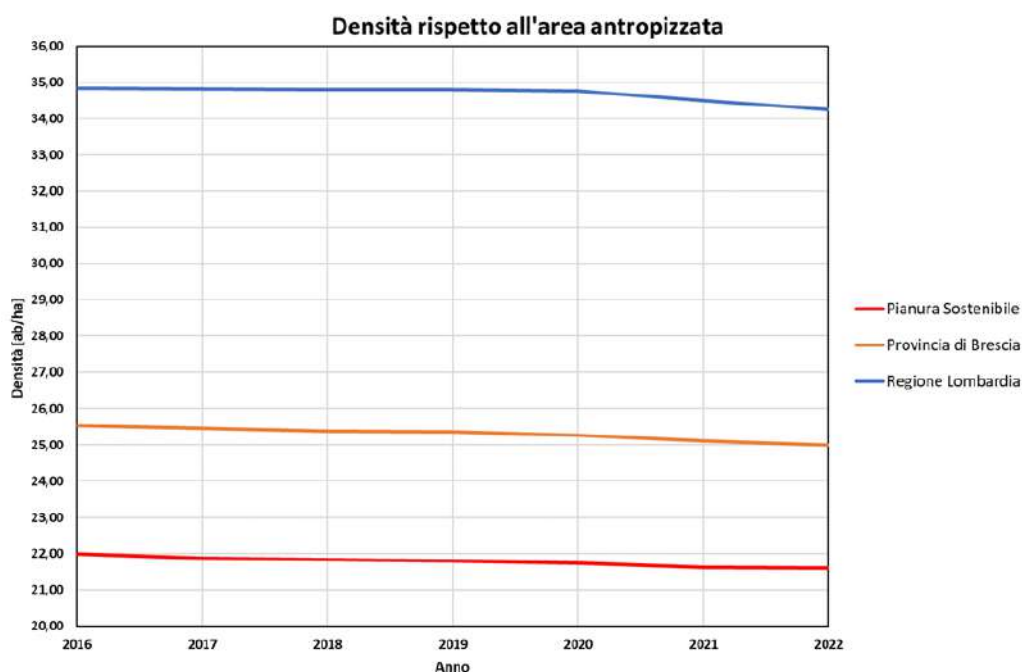


FIGURA 54, GRAFICO A LINEE CHE METTE IN EVIDENZA LA DENSITA' DI POPOLAZIONE CALCOLATA RISPETTO ALL'AREA ANTROPIZZATA PER IL TERRITORIO DI PIANURA SOSTENIBILE, PER LA PROVINCIA DI BRESCIA E PER LA REGIONE LOMBARDIA, fonte: ISPRA, 2023

	Anno	Pianura Sostenibile	Provincia di Brescia	Regione Lombardia
Superficie di suolo consumato [ha]	2016	5.992,21	49.115,46	285.857,06
	2017	6.001,71	49.187,07	286.351,21
	2018	6.009,34	49.295,64	286.967,51
	2019	6.043,80	49.477,57	287.651,21
	2020	6.079,46	49.704,83	288.446,22
	2021	6.106,24	50.011,70	289.370,49
	2022	6.129,16	50.142,22	290.278,33
Popolazione [ab]	2016	131.717	1.253.852	9.958.447
	2017	131.209	1.251.873	9.970.419
	2018	131.181	1.251.306	9.986.962
	2019	131.750	1.254.419	10.010.833
	2020	132.157	1.255.437	10.027.602
	2021	132.090	1.255.709	9.981.554
	2022	132.424	1.253.157	9.943.004

FIGURA 55, TABELLA CHE RIASSUME I DATI RELATIVI ALLA SUPERFICIE DI SUOLO CONSUMATO E ALLA POPOLAZIONE PER IL TERRITORIO DI PIANURA SOSTENIBILE, PER LA PROVINCIA DI BRESCIA E PER LA REGIONE LOMBARDIA, fonte: ISPRA, 2023

Ponendo l'attenzione sulle ultime tre elaborazioni, è possibile osservare il fatto che il territorio di Pianura Sostenibile, rispetto alla Provincia di Brescia e alla Regione Lombardia, presenta, per gli indicatori presi in esame (superficie di suolo consumato, popolazione residente e densità di popolazione calcolata rispetto all'area antropizzata), un'andamento piuttosto differente dal punto di vista del consumo di suolo e della popolazione residente. Questo fatto è ben rappresentato da entrambi i grafici riportati in precedenza (*Figura 53* e *Figura 54*) ed è frutto delle diverse situazioni di densità edificatoria, in certi casi, con valori molto maggiori rispetto a quelli registrati nell'area di Pianura Sostenibile.

In particolare, osservando la *Figura 53*, risulta evidente il fatto che in un primo periodo, più precisamente dall'anno 2016 all'anno 2020, Regione Lombardia, è caratterizzata da un'andamento molto simile delle due curve (suolo consumato e popolazione), al contrario, sia per la Provincia di Brescia che per il territorio di Pianura Sostenibile, sono presenti coppie di curve che si discostano molto l'una dall'altra, in questo caso, la correlazione tra popolazione residente e consumo di suolo è da ritenere piuttosto ridotta. Invece, procedendo fino all'anno 2022, è possibile notare che anche l'intero territorio lombardo è caratterizzato da una progressiva separazione delle due curve.

Infine, facendo riferimento alla *Figura 54*, è chiaro il fatto che i tre andamenti sono pressoché paralleli e soprattutto decrescenti con il tempo, ma caratterizzati da valori ben differenti tra loro. Infatti, se per il territorio di Pianura Sostenibile si registra un valore di densità rispetto all'area antropizzata poco inferiore a 22 ab/ha, per la Provincia di Brescia e soprattutto per la Regione Lombardia si registrano valori superiori, rispettivamente, circa 26 ab/ha e 35 ab/ha.

In conclusione, è utile evidenziare le nobili funzioni che svolge il progetto di Pianura Sostenibile nel porre l'attenzione, nell'informare la popolazione residente e nell'interagire con le diverse amministrazioni relativamente al fenomeno del consumo di suolo.

Criticità rilevate e possibili ricerche future

Lo studio riportato nel lavoro di tesi è realizzato prendendo in considerazione i diversi indicatori presentati da ISPRA, ha fatto emergere alcune informazioni relativamente l'urbanizzazione in ogni comune aderente al progetto di Pianura Sostenibile. Tale analisi ha sicuramente un'importanza rilevante perché ha la peculiarità di fornire la conoscenza necessaria alle diverse figure professionali che si occupano delle tematiche riguardanti il consumo di suolo all'interno del territorio preso in analisi, alle amministrazioni comunali e alla popolazione residente, parte attiva nei processi decisionali. Però, è necessario sottolineare che lo studio redatto è limitato, infatti, l'analisi riportata nel lavoro di tesi è caratterizzata dall'obiettivo di porre le basi per i possibili approfondimenti futuri riguardanti tutte le tematiche inerenti il consumo di suolo.

Più in dettaglio, l'assenza di un indicatore che riesca a raggruppare tutti i dati forniti da ISPRA nega la capacità di offrire un'informazione sintetica relativamente alle caratteristiche complessive riguardanti il fenomeno del consumo di suolo. Una possibile soluzione che può essere adottata in presenza di questo problema è l'adozione di una pesatura specifica da applicare ad ogni singolo indicatore in modo da giungere ad un indicatore globale pesato che va a descrivere la situazione complessiva sul consumo di suolo all'interno del territorio preso in considerazione.

Inoltre, essendoci serviti della prima pubblicazione del rapporto ISPRA 2023 sul consumo di suolo, un importante aspetto che ha contraddistinto e fortemente limitato le elaborazioni riportate nella tesi è quello legato alla mancanza di dati riguardanti alcuni indicatori che avrebbero potuto fornire, attraverso la realizzazione di molteplici confronti, un quadro più completo relativamente al fenomeno del consumo di suolo. Attraverso una consultazione futura dei successivi aggiornamenti dell'edizione 2023 del rapporto sul consumo di suolo, risulterà possibile completare tali lacune.

Infine, risulta necessario sottolineare che il risultato è caratterizzato da deduzioni solo parziali in quanto il periodo di tempo preso in considerazione dall'analisi risulta essere ampiamente insufficiente per uno studio a lungo termine sul consumo di suolo, a causa del fatto che tale fenomeno è principalmente concentrato in epoche meno recenti di quella analizzata.

BIBLIOGRAFIA

Barberis, R. (2005). Consumo di suolo e qualità dei suoli urbani. *Rapporto Arpa Piemonte*, 704.

Cambi, M., Hoshika, Y., Marchi, E., Mariotti, B., Marra, E., e Paoletti, E. (2018). Il bosco: Bene indispensabile per un presente vivibile e un futuro possibile. Lavoro presentato al IV Congresso Nazionale di Selvicoltura, 5-9 Novembre, Torino, Italia.

Cavalli, C. (2014). *Nuovo ecologia e geologia*. Milano: Hoepli.

Celi, L. (2003). La sostanza organica del suolo. *Environnement*, 25 (6).

Clerici, A. (2013). *Geologia applicata*. Brescia: Snoopy.

Commissione Europea (2006). Strategia tematica per la protezione del suolo, COM (2006) 231. 22 Settembre, Bruxelles, Belgio.

Commissione Europea (2021). Comunicazione della commissione al parlamento europeo, al consiglio, al comitato economico e sociale europeo e al comitato delle regioni, COM (2021) 699. 17 Novembre, Bruxelles, Belgio.

European Environment Agency (EEA) (2002). Environmental Signals 2002: Benchmarking the millennium, Environmental Assessment Report No 9/2002.

European Environment Agency (EEA) (2003). Europe's environment: The third assessment, Environmental Assessment Report No 10/2003.

European Environment Agency (EEA) (2019). Land and soil in Europe: Why we need to use these vital and finite resources sustainably, EEA Signals 2019, Copenhagen.

ISPRA (2014). *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Ed. 2014, ISPRA, Roma.

ISPRA (2015). *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Ed. 2015, ISPRA, Roma.

ISPRA (2016). *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Ed. 2016, ISPRA, Roma.

ISPRA (2022). *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Ed. 2022, ISPRA, Roma.

ISPRA (2023). *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Ed. 2023, ISPRA, Roma.

ISPRA (2018). *Qualità dell'ambiente urbano*. Ed. 2018, ISPRA, Roma.

Locci, R. (2019). *Il consumo di suolo in Italia e il ruolo dell'associazionismo nella tutela del suolo*. Tesi di laurea, Facoltà di Architettura - Politecnico di Torino, Torino, Italia.

Pileri, P. (2015). *Che cosa c'è sotto: il suolo, i suoi segreti, le ragioni per difenderlo*. Milano: Altraeconomia.

Press, F., e Siever, R. (a cura di Palmieri, L. E., e Parotto, M.). (1985). *Introduzione alle scienze della Terra*. Bologna: Zanichelli.

SITOGRAFIA

ARPA (2020), Annuario dei dati ambientali: https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/educazione_alla_sostenibilita/azioni-educative/leggere-i-dati-e-farne-buon-uso/acqua-1/servizi_ecosistemici_acqua [consultato il 17/9/2023].

Corona Verde (2020), *I servizi ecosistemici*, in: <https://www.coronaverde.it/wp/linfrastruttura-verde/#> [consultato il 20/9/2023].

Geoportale di Regione Lombardia <https://www.geoportale.regione.lombardia.it/download-dati> [consultato il 23/11/2023].

Regione Lombardia (2014), Legge Regionale 28 novembre 2014 , n. 31: <https://normelombardia.consiglio.regione.lombardia.it/normelombardia/accessibile/main.aspx?view=showdoc&iddoc=lr002014112800031> [consultato il 16/9/2023].

Romano, A. (2020), *Erosione del suolo, quando ci togliamo il terreno sotto i piedi*, in: <https://www.scienzainrete.it/articolo/erosione-del-suolo-quando-ci-togliamo-terreno-sotto-piedi/anna-romano/2020-11-04> [consultato il 12/9/2023].

https://www.sos4life.it/wp-content/uploads/SOS4Life-Linee-guida-per-la-rimozione-gestione-e-riapplicazione-del-topsoil_B.2.4-1.pdf [consultato il 10/9/2023].

<https://soil4life.eu/en/il-consumo-del-suolo/> [consultato il 16/9/2023].

<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/suolo/il-consumo-di-suolo/i-servizi-ecosistemici-del-suolo> [consultato il 17/9/2023].

<https://www.istat.it/> [consultato il 22/11/2023].

<https://unric.org/it/agenda-2030/> [consultato il 22/11/2023].

<https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/soil> [consultato il 22/11/2023].

<https://www.pianurasostenibile.eu/> [consultato il 21/10/2023].

RINGRAZIAMENTI

A conclusione di questo elaborato, desidero menzionare tutte le persone che hanno contribuito alla realizzazione della mia tesi di laurea e che sono state al mio fianco durante il mio percorso universitario.

Vorrei ringraziare la professoressa Anna Richiedei per avermi fornito il supporto e gli elementi necessari per la realizzazione e la stesura del lavoro di tesi.

Ringrazio tutta la mia famiglia per essere stata presenza fondamentale nel raggiungimento di questo importante traguardo.