



Mitigazione dei Rischi Naturali per la Sicurezza
e la Mobilità nelle Aree Montane del Mezzogiorno

PNR 2015-2020

Area di Specializzazione *Smart, Secure and Inclusive Communities*



Obiettivo Realizzativo n. 8

Dinamiche e partecipazione sociali

ANALISI DELL'EVOLUZIONE DEL SISTEMA INSEDIATIVO E DELL'ESPANSIONE DEI CENTRI URBANI

Prof. Piergiuseppe Pontrandolfi (Responsabile Scientifico dell'OR8), Prof. Beniamino Murgante (Responsabile Scientifico del Laboratorio di ingegneria dei sistemi urbani e territoriali), Prof. Francesco Scorza, Dott. Rosa Maria Piro, Ing. Lucia Saganeiti, Ing. Angela Pilogallo, dott. Valentina Santarsiero, Ing. Luigi Santopietro, Arch. Priscilla Sofia Dastoli.

**Università degli Studi della Basilicata - Scuola di Ingegneria - Laboratorio di
Ingegneria dei Sistemi Urbani e Territoriali – LISUT**

31/01/2021



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



© 2022 Università degli Studi della Basilicata

Editrice Universosud – Potenza

ISBN 9788899432898



Questa pubblicazione è stata realizzata con il cofinanziamento dell'Unione Europea – FESR, PON Ricerca e Innovazione 2014-2020.

www.ponricerca.gov.it



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Ministero dell'Università
e della Ricerca



PON
RICERCA
E INNOVAZIONE
2014 - 2020

Mitigazione dei Rischi Naturali
per la Sicurezza e la Mobilità nelle
Aree Montane del Mezzogiorno



INDICE

Sommario	2
1. Il Consumo di suolo ed il fenomeno dell’Urban Sprinkling	2
2. Indicatori spaziali per la stima del consumo di suolo con particolare riferimento al fenomeno dell’urban sprinkling	4
3. Indice SPX e grado di frammentazione	9
4. Frammentazione il ruolo delle infrastrutture stradali	22
Conclusioni	24
Bibliografia	24



ANALISI DELL'EVOLUZIONE DEL SISTEMA INSEDIATIVO E DELL'ESPANSIONE DEI CENTRI URBANI.

Piergiuseppe Pontrandolfi, Beniamino Murgante, Francesco Scorza, Rosa Maria Piro, Lucia Saganeiti, Angela Pilogallo, Valentina Santarsiero, Luigi Santopietro, Priscilla Sofia Dastoli.

SOMMARIO

L'analisi delle tendenze in atto sul territorio riguardanti l'uso artificiale del suolo rappresentano un indicatore efficace della qualità del processo insediativo fornendo importanti informazioni sull'efficacia delle politiche di protezione e sfruttamento nelle aree naturali e rurali.

In questo rapporto viene presentata una procedura analitica, mediante l'analisi serie storiche, finalizzata all'indagine dello sviluppo insediativo urbano a scala regionale con lo scopo di verificare il nesso tra crescita urbana e trend demografici connessi al fenomeno del consumo di suolo. In Italia, dal 1950, il fenomeno del consumo di suolo è conseguenza di diversi fattori: l'urbanizzazione, la realizzazione delle infrastrutture di trasporto e il potenziamento dei sistemi industriali e produttivi. Abbiamo analizzato tutte queste trasformazioni territoriali che creano suoli impermeabili e, più in generale, una transizione dagli usi naturali e semi-naturali verso l'uso artificiale del suolo.

Nel secondo dopoguerra, la crescita demografica e la conseguente domanda abitativa hanno generato un forte processo di urbanizzazione nei principali poli delle aree di sviluppo economico. Dai primi anni 2000 la situazione è completamente cambiata e il fenomeno del consumo di suolo non è più principalmente basato sulla reale esigenza di nuove aree di espansione urbana basate su efficaci strumenti urbanistici, ma è fortemente correlato ad una domanda dispersa di nuove abitazioni in territori con un debole sistema di pianificazione territoriale non in grado di guidare uno sviluppo urbano efficace che minimizzi le iniziative immobiliari speculative.

Questa occupazione incontrollata del suolo ha generato una frammentazione del paesaggio denominata urban sprinkling, diversa dall'urban sprawl, che è un fenomeno più ampio caratterizzato da una crescita urbana disordinata. Il presente documento si propone di valutare come l'espansione incontrollata in aree caratterizzate da bassa densità insediativa possa generare frammentazione. Per comprendere se il territorio è interessato dal fenomeno dell'urban sprinkling, vengono analizzate due serie temporali di cinquanta anni relative all'espansione urbana degli edifici e all'andamento demografico calcolando gli indici di popolazione, la densità edilizia e le loro variazioni negli anni. L'indice di sprinkling permette di analizzare la variazione del grado di frammentazione a due diverse scale (regionale e comunale). Si è studiato, inoltre, il contesto in cui si è sviluppato questo fenomeno, analizzando gli edifici ubicati nelle zone a rischio idrogeologico e nelle aree protette, e la correlazione tra l'evoluzione demografica e il grado di variazione della frammentazione territoriale.

1. Il Consumo di suolo ed il fenomeno dell'Urban Sprinkling

I fenomeni di espansione urbana determinano effetti ambientali e sociali la cui rilevanza in termini di qualità ambientale, di integrità del paesaggio e di consumo di risorse naturali dipende fortemente dalla modalità con la quale si realizza la trasformazione.

La crescita di zone di margine con insediamenti dispersi intorno ai centri, l'annullamento dei limiti tra territorio urbano e rurale, la frammentazione del paesaggio e la mancanza di identità dei nuclei sparsi e senza coesione sono espressioni dei processi di diffusione e frammentazione che descrivono la tendenza in atto dagli anni '90, e tutt'ora presente, a consumare risorse e a sottrarre qualità al territorio.

Al fine di definire misure efficaci per la limitazione del consumo di suolo e per frenare la distruzione del paesaggio, diventa necessaria la conoscenza delle diverse forme di urbanizzazione, diffusa (sprawl) e



dispersa (sprinkling). Il fenomeno dello sprawl urbano, da tempo noto negli Stati Uniti dove si è manifestato già dal dopoguerra in poi, e più ancora negli anni 60', rappresenta una delle manifestazioni insediative più tipiche del processo di riorganizzazione territoriale che la città dei paesi avanzati ha intrapreso, a partire da un certo momento storico.

Esistono numerose definizioni di cosa rappresenti lo sprawl ed è per questo che diventa difficile riportarne una che risulti chiara e sintetica.

Secondo Ewing (1994, 1997) è possibile indentificare lo sprawl nei seguenti caratteri:

- sviluppo insediativo discontinuo e sparso, caratterizzato da vuoti interni alle aree costruite;
- sviluppo di aree residenziali a bassa densità, con un modello di uso del suolo estensivo tipico delle case unifamiliari con cortili e giardini privati e dunque assenza di spazi pubblici aperti;
- sviluppo a nastro lungo le principali vie di trasporto degli insediamenti commerciali;
- specializzazione (segregazione) funzionale degli spazi, con separazione tra aree residenziali e altri usi del suolo per cui le funzioni si escludono a vicenda;
- bassa accessibilità e debole rete dei trasporti che rende dipendenti dall'uso del mezzo privato, principalmente per effetto della segregazione spazio-funzionale.

La definizione originale della geografia francese associa lo sprawl ad un tipo di spazio con debole e rarefatta densità del costruito e prevalenza di spazi verdi ed usi del suolo agricoli e semi-naturali, nei quali progressivamente si mescolano vari oggetti urbani: centri commerciali, stabilimenti industriali, abitazioni unifamiliari e plurifamiliari, assi stradali, che danno la sensazione della disomogeneità e della transizione. Per quel che riguarda l'aspetto abitativo, la peculiarità sta nella disseminazione di residenze unifamiliari, nuove lottizzazioni e nuclei mescolati alle case rurali e alle attività agricole preesistenti (Bauer e Roux, 1976; Beaujeu-Garnier, 1983; Berger et al., 1980; Buller, 1991; Brunet, 1995; Claval, 1983).

Pur rappresentando un contributo notevole al consumo di suolo, un aspetto positivo dell'urbanizzazione a bassa densità è che è comunque caratterizzata dalla compresenza di costruzioni e di aree verdi, che garantiscono una parziale persistenza delle caratteristiche naturali dei suoli interessati, almeno per le porzioni sulle quali non insistono direttamente i manufatti edificati. Queste capacità residuali non sono sufficienti tuttavia a evitare la compromissione delle aree di frangia periurbana. Mentre gli impatti su queste aree dovuti agli ampliamenti urbani "compatti" sono relativamente contenuti, nel caso dello sprawl una parte consistente delle superfici del margine urbano viene sottratta di fatto all'originaria destinazione d'uso, a causa della frammentazione e trasformazione degli spazi, di cui risulta compromessa tanto la produttività e la valenza agricola quanto le caratteristiche naturali.

A questi fenomeni di espansione si associano comunque costi pubblici e privati associati alla mobilità e alla fornitura e alla gestione delle opere di urbanizzazione primaria e secondaria, che sono maggiori per gli insediamenti diffusi.

La mobilità degli abitanti dello sprawl si regge sostanzialmente sull'utilizzo dell'automobile privata, utilizzata costantemente per raggiungere le aree limitrofe, con tutte le relative problematiche sulla sostenibilità ambientale. Essendo caratterizzato da insediamenti a bassa densità abitativa lo sprawl non consente di pianificare e gestire un sistema di trasporto pubblico, che risulterebbe particolarmente costoso.

Il fenomeno dello sprawl urbano si è poco presentato poco nel contesto italiano, principalmente a causa della morfologia e delle dimensioni geografiche, nonché al costume sociale e alle tecniche costruttive degli edifici. È per questo che Italia si individua un'altra forma di urbanizzazione definita con il termine sprinkling (Romano et al. 2017). Una definizione di sprinkling è disponibile su Wikipedia: il modello urban sprinkling definisce una nuova configurazione dell'insediamento urbano, diverso dallo standard mondiale dello sprawl più consolidato nella cultura scientifica per le sue caratteristiche e le conseguenze sugli equilibri ambientali, economici, sociali e territoriali.

Se lo sprawl indica "una diffusione degli sviluppi urbani (come case e centri commerciali) su terreni non sviluppati prossimi a una città" lo sprinkling esprime "una piccola quantità che cade in gocce o particelle sparse". La configurazione dello sprinkling è quella di un insediamento disperso e polverizzato. Gli



aggregati, dimensionalmente molto variabili (dal singolo edificio alla piccola conurbazione), sono distribuiti nella matrice agricola favorendo un'alta commistione di funzioni rurali, residenziali, industriali, terziarie.

Lo sprinkling procura alla matrice ambientale e alle comunità residenti patologie molto più gravi e irreversibili di quanto non faccia, notoriamente, lo sprawl.

Lo sprinkling, nella condizione in cui si manifesta oggi, sia nella sua fisionomia estesa che lineare, è probabilmente una conformazione non compattabile, unicamente frenabile, forse recuperabile con il disegno di alcune sezioni urbane densificate che possano fare da elementi di coagulo per i servizi principali, migliorando le condizioni di "massa critica" per questi necessarie. In tali settori, che comunque richiedono una pianificazione accurata, dovrebbe essere possibile anche ospitare le eventuali espansioni di costruito derivanti dalle normali esigenze incrementali, però nell'ambito di tessuti a loro volta "disegnati" nei quali sia privilegiata/incentivata la rioccupazione di sezioni di territorio già usate in precedenza. In altre parole, quando il riutilizzo di sedimi pre-urbanizzati dovesse risultare molto difficile da attuare, che almeno si persegua un obiettivo minimo dove le nuove parti di suolo impegnato lo siano in forma aggregata e progettata (Falqui et alii, 2014).

Mentre lo sprawl si configura con un impianto urbano marginato e compatto, con tessuto omogeneo per uso, progettato mediante dispositivi di lottizzazione, lo sprinkling presenta un insediamento a sviluppo parzialmente spontaneo o comunque a basso tenore di controllo, in cui gli aggregati urbani sono disomogenei per dimensione e uso, con fisionomie lineari o distribuite. Lo sprawl non è dovuto ad una debilitazione della pianificazione, anzi è generalmente governato da regole e parametri piuttosto robusti e quindi è collegabile a precise valutazioni di fabbisogno residenziale. Queste ultime potrebbero naturalmente essere soddisfatte con tipologie di varia natura, ma in molti Paesi la domanda abitativa prevalente è indirizzata verso la bassa densità. Molto spesso, tra l'altro, la realizzazione dei comparti residenziali è svolta da imprese immobiliari, che gestiscono l'intera filiera fino alla vendita delle proprietà.

Nel caso dello sprinkling, invece, le componenti di spontaneismo e di deroga, anche legale, alle regole di pianificazione, sono molto comuni ed è più difficile gestirlo in un'ottica, seppur minimamente rigorosa, di fabbisogni calcolati. Il suo sviluppo negli anni è spesso frutto di processi comportamentali aleatori delle comunità residenti. Gli interventi sfuggono ad ogni forma di controllo, sono basati spesso sull'autocostruzione degli immobili e su una autovalutazione di esigenze volumetriche e distributive. In assenza di riferimenti architettonici questo si traduce nell'esito caotico che contraddistingue spesso il paesaggio insediato italiano.

2. Indicatori spaziali per la stima del consumo di suolo con particolare riferimento al fenomeno dell'urban sprinkling

Il sistema insediativo è stato analizzato prendendo in considerazione le seguenti fonti dati:

la banca dati geo-topografica regionale (Regional Spatial Data Infrastructure (RSDI) Regione Basilicata, <http://rsdi.regione.basilicata.it/>), ortofoto del geo-portale nazionale del Ministero dell'Ambiente e la cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM).

Per quanto riguarda la dimensione temporale dell'analisi, le fonti selezionate ci hanno permesso di identificare cinque fasi temporali: 1950–1989–1998–2006–2013. Questo specifico intervallo temporale è stato scelto in base alla disponibilità delle banche dati cartografiche per l'area oggetto di studio. L'analisi è stata sviluppata a partire dagli anni 50: periodo di maggiore crescita economica e demografica per il territorio italiano.

La cartografia regionale (scala 1:5000) della Basilicata, aggiornata nel 2013, è stata utilizzata come base di partenza per l'analisi spaziale. Questo database spaziale rappresenta la fonte di dati più aggiornata e accurata dell'ambiente edificato della Basilicata.

Partendo da questa rappresentazione, si è proceduto a ritroso, confrontando queste informazioni con la cartografia e le ortofoto precedenti. Tale confronto con le ortofoto, disponibili come Web Map Service (wms) sul Geo-portale Nazionale del Ministero dell'ambiente (<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/>), ci ha permesso di costruire un'analisi di serie temporali spaziali basate sui seguenti rilievi aereo-



fotogrammetrici: 2006, 1998/2000, e 1988/1989. Per analizzare la crescita urbana avvenuta dopo la seconda guerra mondiale, periodo corrispondente al trend di crescita più alto in Italia, abbiamo confrontato i nostri dati spaziali con le cartografie in scala 1:25.000 prodotte dall'IGM negli anni Cinquanta. Il confronto di diverse cartografie ha fornito informazioni sulla distribuzione degli edifici nel tempo rappresentante, appunto un metodo per quantificare l'aumento dell'ambiente costruito nel tempo. Pur non avendo lo stesso livello di dettaglio che si ritrova nella cartografia regionale, queste carte forniscono la più antica e affidabile rappresentazione tecnica degli edifici e degli spazi urbani della Basilicata.

La carta tecnica regionale, fornita da RSDI, rappresenta l'ambiente edificato al 2013 per l'intera regione. Partendo da questo livello, abbiamo ottenuto la stima dell'area (superficie coperta) e del volume di ogni edificio. Il confronto tra la rappresentazione delle geometrie degli edifici, le ortofoto del geoportale nazionale e le carte IGM ha permesso di creare cinque set di dati che rappresentano l'ambiente costruito in date diverse:

1. Unità volumetriche al 2013 ricavate dalla carta tecnica regionale della Basilicata.
2. Unità volumetriche al 2006 ricavate dalle ortofoto digitali a colori del territorio italiano con risoluzione 1:10,000 e visualizzabili solo a scale superiori a 1: 100,000 in servizio wms.
3. Unità volumetriche al 2000 ricavate dalle ortofoto digitali a colori del territorio italiano con risoluzione 1:10,000 in servizio wms. I voli fotogrammetrici sono stati effettuati dal 1998 al 2000 in base all'area.
4. Unità volumetriche al 1989 ricavate da ortofoto in bianco e nero del territorio italiano con risoluzione 1:10,000 e visualizzabile solo in scala superiore a 1:100,000 in servizio wms. Voli fotogrammetrici avvenuti tra il 1988 e il 2000 a seconda dell'area.
5. Unità volumetriche al 1950 ricavate dalla carta topografica dell'Italia in scala di 1:25,000 (IGM).

L'analisi dell'evoluzione storica insediativa è stata effettuata sull'intero territorio regionale, ottenendo risultati per tutti i comuni. Tra i limiti di un dataset ottenuto secondo le modalità appena descritte si possono annoverare: la perdita di dati riguardanti aumenti di volumetrie, l'errore dovuto alla differenza di basi cartografiche, della loro differenza di scala, epoca di riproduzione e quindi tecnica di rilievo differente. Nonostante questi limiti è stato scelto di procedere alla comparazione visiva dei riferimenti cartografici selezionati e non utilizzando tecniche di telerilevamento che avrebbe comportato errori rispetto alla scarsa accuratezza nell'identificazione di piccoli edifici sparsi nel paesaggio rurale lucano.

Questo grosso sforzo di classificazione del patrimonio abitativo ha consentito di fare delle analisi di fondamentale importanza sulla struttura e la distribuzione spaziale degli insediamenti. La classificazione degli edifici in base agli usi ha permesso di restituire il numero degli edifici di ciascuna categoria presenti sul territorio ad ogni istante temporale.

Questa classificazione degli edifici in base all'uso ci ha permesso di considerare solamente quelli ad uso residenziale per i quali si è calcolata la densità edilizia. Per ogni comune sono stati calcolati due indici: densità di popolazione D_p (Equazione 1) e il numero di edifici residenziali per ettaro (Densità residenziale) D_b , (Equazione 2). Gli indici sono stati calcolati per le cinque fasi temporali, mentre la loro variazione è stata calcolata tra il 1950 e il 2013.

$$D_p = \frac{\text{Abitanti}}{\text{Area}} \left[\frac{\text{numero}}{\text{Ha}} \right] \quad (1)$$

$$D_b = \frac{\text{Edifici Residenziali}}{\text{Area}} \left[\frac{\text{numero}}{\text{Ha}} \right] \quad (2)$$

Le analisi statistiche demografiche si basano sulle banche dati dell'Istituto nazionale di statistica (ISTAT). Questi dati sono stati successivamente confrontati con la distribuzione degli edifici in diverse date in modo

da identificare la correlazione tra l'andamento della popolazione residente e la crescita urbana. Sono stati considerati i seguenti censimenti:

- 1951: confrontato con la fase dell'evoluzione insediativa del 1950;
- 1991 confrontato con la fase dell'evoluzione insediativa del 1988-89;
- 2001 confrontato con la fase dell'evoluzione insediativa del 1998;
- 2011 confrontato con la fase dell'evoluzione insediativa del 2013;

Per quanto riguarda, invece, il confronto con la fase dell'evoluzione storica insediativa del 2006, il dato della popolazione residente in ciascun Comune è stato stimato tenendo conto dei dati relativi al 2001 e 2011.

Una prima importante considerazione è possibile analizzando il numero di edifici residenziali con la popolazione residente. Si nota immediatamente che ad una diminuzione della popolazione residente corrisponde un netto incremento nel numero di edifici.

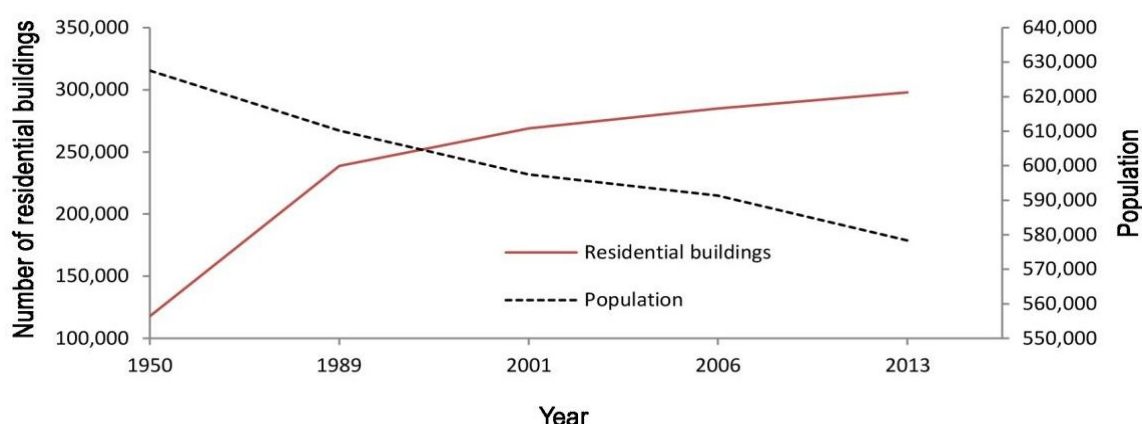


Figura 1: Confronto tra evoluzione dell'insediamento riguardante edifici residenziali ed evoluzione della popolazione dal 1950 al 2013.

Anni	Pop (Abit.)	Edifici residenziali [E _R] (n)	Impatto ER sul totale (%)	E _R /Abit	D _p Pop densità (Pop/h)	D _b densità (E _R /h)
1950	627.586	117.687	78,02	0,19	0,63	0,12
1989	610186	238.603	67,41	0,39	0,61	0,24
1998	597.468	269.019	65,67	0,45	0,60	0,27
2006	591.338	285.072	63,47	0,48	0,59	0,28
2013	578.391	297.810	62,58	0,51	0,58	0,30

Tabella 1: Variazione della popolazione e degli edifici nella Basilicata nel tempo.

Il dato più interessante è che al 2013 ogni persona ha a disposizione mezzo edificio.

Per valutare la consistenza dell'edificato in aree a rischio idrogeologico e zone protette, sono stati utilizzati i seguenti datasets (disponibili presso RSDI):

1. Piano dell'Autorità di Bacino (PAI): perimetri delle aree soggette a rischio frana sulla base del Piano Strutturale Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Basilicata;

2. siti della rete NATURA2000 e lista ufficiale delle aree protette (EUAP): il perimetro dei siti di importanza comunitaria (SIC), delle zone speciali di conservazione (ZSC) e delle zone di protezione speciale (ZPS), che sono aree naturali protette inserite nell'elenco ufficiale del Ministero dell'ambiente.

Si è provveduto ad analizzare il numero di edifici in aree a rischio ai sensi del Piano di Assetto Idrogeologico. Nonostante la Basilicata sia una regione caratterizzata da una bassa densità insediativa, una percentuale di edifici intorno all'8% è localizzata in queste aree. Il dato non piacevole è che il numero di edifici in aree a rischio, nonostante norme più restrittive, è cresciuto tra il 2006 ed il 2013.

Anni	Edifici residenziali (totale) (n)	Edifici residenziali in R3 (n)	Edifici residenziali in R4 (n)	Edifici residenziali in R3+R4 (n)	Edifici residenziali in R3+R4 (%)
2006	285.072	10.816	13.079	23.895	8,38
2013	297.810	11.012	13.266	24.278	8,15

Tabella 2: Numero di edifici residenziali nelle aree a rischio R3 e R4.

Uso	1950	1988-89	1998	2006	2013
Agricolo	243244	94932	116522	133873	148231
Amministrativo -Pubblico	1893	5667	6102	6681	6841
Commerciale	24	127	125	189	224
Industriale	554	4937	7133	9412	10372
Luogo di Culto	5326	8376	9275	9932	10578
Residenziale	117687	238603	269019	284872	297810
Altro	1025	1334	1453	1519	1620

Tabella 3: Numero di edifici classificati in base agli usi, per ciascun istante temporale considerato.

La Tabella 3 mostra come in ciascuna delle categorie, ci sia un aumento del numero degli edifici.

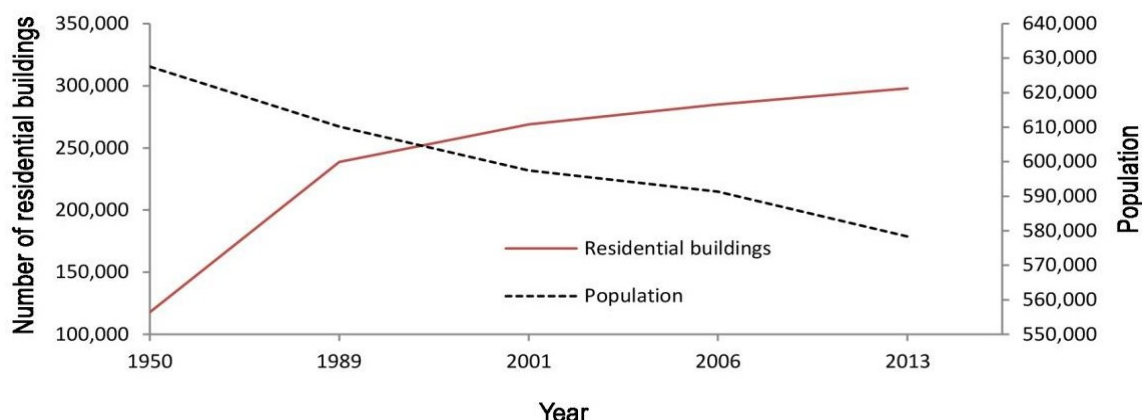


Figura 2. Confronto tra edifici residenziali e altri usi nelle cinque fasi temporali considerate.

Il grafico precedente confronta gli edifici residenziali con quelli adibiti ad altro uso per ciascuno degli anni analizzati. Emerge chiaramente come il trend di crescita della prima fase analizzata corrispondente al boom economico, sia maggiore rispetto a quello degli altri periodi.

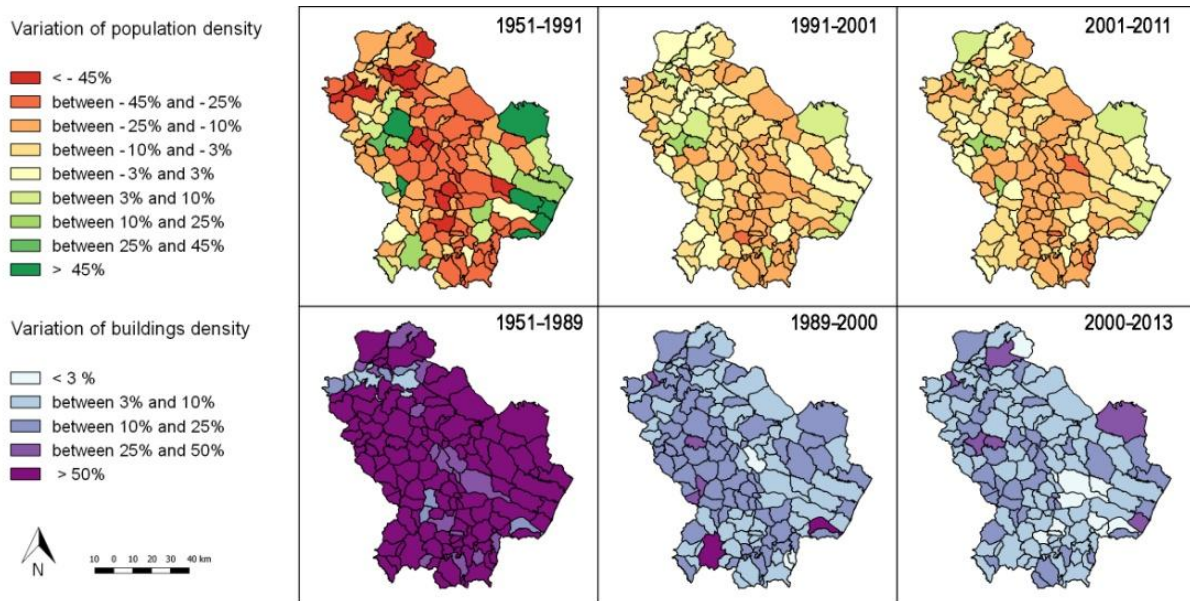


Figura 3. Confronto tra la variazione della densità della popolazione e la densità dell'edificio per ciascun comune della Basilicata in tre periodi di tempo.

La figura precedente mostra un confronto della variazione degli indici di densità di popolazione D_p di Densità residenziale D_b , il primo basato sui dati censiti nel 1951-1991-1991-2001-2001-2011, e il secondo considera le fasi dell'evoluzione storica degli insediamenti nel 1951-1989-2000-2013. I dati ottenuti mostrano che tra il 1950 e il 2013, in 108 dei 131 comuni, una variazione demografica negativa non è stata accompagnata da una riduzione dell'espansione urbana, che, al contrario, ha avuto un andamento positivo (Figura 3). Nella maggior parte dei comuni, l'espansione dell'edilizia abitativa è stata del tutto sproporzionata rispetto al cambiamento demografico, evidenziando che lo sviluppo degli insediamenti non è stato determinato da un reale bisogno abitativo.

3. Indice SPX e grado di frammentazione

La figura seguente mostra la schema della metodologia utilizzata nella ricerca. L'evoluzione storica dell'edificato e i trend demografici sono stati analizzati parallelamente e la comparazione dei rispettivi risultati ha consentito di identificare il fenomeno dell'urban sprinkling distinguendolo da quello dello sprawl, non oggetto della presente trattazione.

I due fenomeni sono descritti da specifici indicatori presenti in letteratura: densità di popolazione (D_p) e densità residenziale (D_b). L'urban sprawl è caratterizzato da valori di D_b compresi tra 6 e 12 edifici residenziali per ettaro e valori di D_p compresi tra 20 e 150 abitanti per ettaro. L'urban sprinkling invece presenta densità molto minori rispetto al precedente e nello specifico: D_b tra 0,1 e 0,8 edifici residenziali per ettaro e D_p tra 0,2 e 2 abitanti per ettaro.

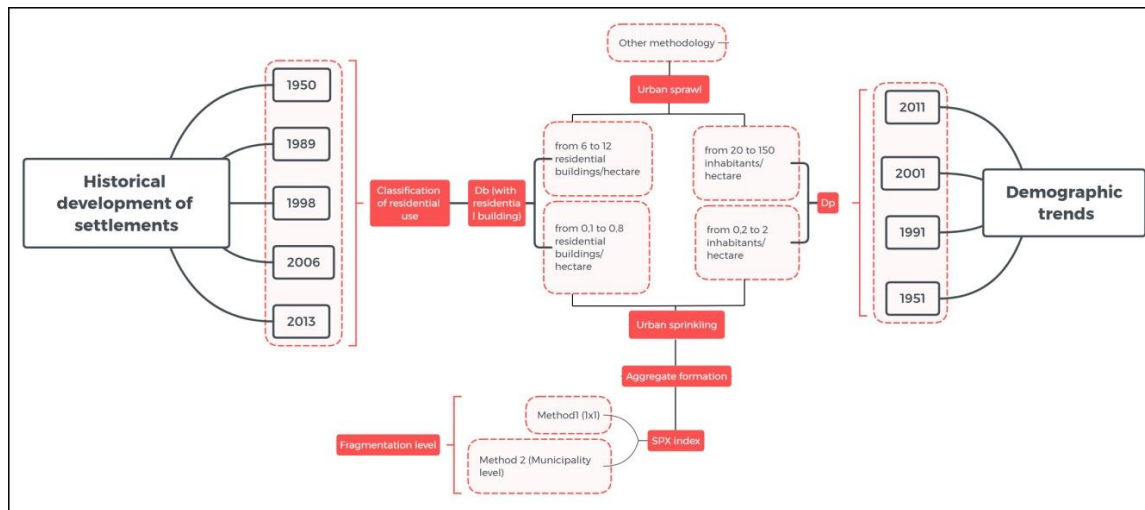


Figura 4. Schema della metodologia.

Questi indici sono stati calcolati per ogni comune e per tutte le fasi storiche analizzate. Essendo l'urban sprinkling caratteristico di tutti i comuni della Regione si è proceduto con l'aggregazione degli edifici e il calcolo del SPX index in modo da definire il grado di frammentazione del territorio. Di seguito viene specificata la metodologia utilizzata per la costruzione degli aggregati. Per comprendere meglio le dinamiche di evoluzione degli insediamenti urbani si è proceduto con l'aggregazione degli edifici. Le sagome dei singoli edifici sono state trasformate in poligoni più complessi, includendo più edifici in una fascia di distanza fissa. Questa fase ci ha aiutato a capire come si è verificata l'espansione urbana intorno ai nuclei preesistenti.

È importante notare che un aumento del numero di edifici non sempre corrisponde ad un maggior numero di aggregati. Infatti, in un modello di crescita urbana razionale si prevede solo un aumento dell'area degli aggregati. Due o più edifici possono essere considerati un aggregato quando le distanze tra i poligoni degli edifici sono inferiori ad una soglia prestabilita. Tra i vari aggregati ottenuti con distanze fissate a 50, 100 e 200 metri è stata scelta l'aggregazione di 50 metri che ha permesso la perimetrazione degli aggregati urbani per ogni fase temporale.

La Figura 5 rappresenta l'evoluzione dell'ambiente costruito considerando l'aggregazione degli edifici tra il 1950 e il 1989.

Bisogna specificare che gli aggregati urbani, non coincidono con i perimetri dei centri edificati. Infatti, il centro edificato è delimitato, per ciascun nucleo abitato o centro abitato, dal perimetro continuo che comprende tutte le aree edificate con continuità ed i lotti interclusi. In questo contesto si fa semplicemente riferimento ad una nuova strategia rappresentativa di gruppi di edifici accorpati all'interno di un'area urbanizzata.

Sono disponibili molti indici in letteratura per calcolare la frammentazione urbana: densità di patch, densità dei bordi, media della distanza euclidea del vicino più prossimo, indice di forma pesata per area e indice di aggregazione. Questa ricerca ha adottato l'indice di sprinkling (SPX) (media della distanza euclidea del vicino più prossimo), che analizza la frammentazione di un insediamento urbano attraverso una valutazione puramente geometrica.

L'indice spaziale, definito SPX, ha come scopo quello di poter quantificare, attraverso una valutazione puramente geometrica, la frammentazione di un insediamento urbano; solamente grazie ad una capacità di comprensione dello "spezzettamento" di un'urbanizzazione è possibile fare delle valutazioni qualitative dei possibili fenomeni di sprinkling. Questo indice è stato calcolato utilizzando due approcci, utilizzando una maglia quadrata di 1 km x 1km ed i confini comunali.

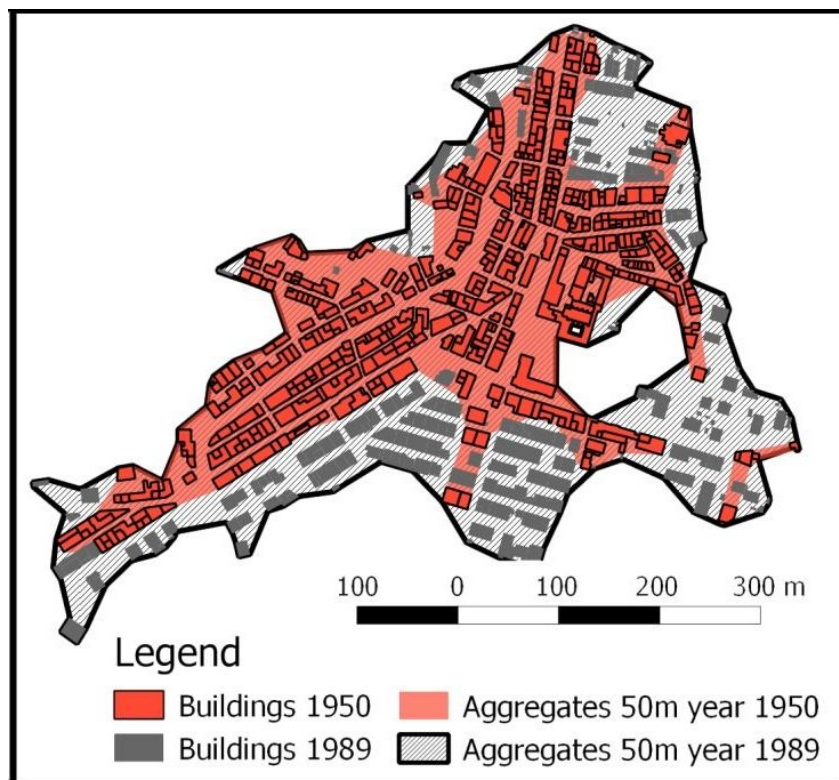


Figura 5. Aggregazione di edifici in due diverse fasi temporali:1950 and 1989.

Assumendo la forma circolare come la più compatta possibile, l'indice si fonda, essenzialmente, sul calcolo delle distanze tra le diverse aree urbanizzate ed è espresso con la seguente formula:

$$SPX = \frac{\sum \sqrt{(x_i - x^*)^2 + (y_i - y^*)^2}}{R} \quad (3)$$

Dove:

- x_i e y_i sono le coordinate dei centroidi di ciascun poligono delle aree urbanizzate (ciascun poligono delle aree urbanizzate presente in una cella di 1 km x 1 km);
- x^* e y^* sono le coordinate del centroide del nucleo maggiore (il nucleo maggiore presente in ciascuna cella);
- R è il raggio dell'area circolare di dimensioni analoghe a quelle della somma delle aree urbanizzate presenti (si fa sempre riferimento alla singola cella).

SPX ha un range di valori ammissibili che spazia da 0 a $+\infty$, cresce con una frammentazione sempre maggiore (e quindi con un aumento del numeratore della formula); il valore nullo rappresenta una situazione limite, difficilmente riscontrabile in realtà, ovvero un cerchio perfetto e compatto. Di seguito si riportano i risultati ottenuti dal calcolo dell'indice di frammentazione SPX adottando prima il metodo della maglia quadrata di 1 km x 1km e, successivamente, quello basato sui confini comunali.

METODO 1

L'indice di frammentazione SPX è stato applicato all'intero territorio regionale. Pertanto, la Basilicata è stata suddivisa in celle di 1 km X 1 km, mediante un reticolo posizionato, in maniera casuale, rispetto al perimetro del territorio regionale. Il calcolo dell'indice ha restituito per ogni singola cella un valore della frammentazione territoriale riportata nella tabella seguente.

Comune	Superficie comunale [ha]	SPX 1950	SPX 1988-89	SPX 1998	SPX 2006	SPX 2013
Abriola	9656,63	30,51	39,49	40,70	41,22	41,51
Albano di Lucania	5506,07	33,71	46,57	49,54	50,56	52,63
Anzi	7678,07	41,05	45,74	42,34	38,59	39,05
Avigliano	8434,20	28,42	32,03	32,32	31,20	30,29
Brindisi di Montagna	5971,15	26,46	32,27	32,58	31,28	30,41
Calciano	4868,20	35,35	38,63	38,74	37,72	38,37
Campomaggiore	1222,80	40,01	55,38	56,93	54,53	54,38
Ferrandina	21546,85	37,80	43,03	42,15	39,87	39,46
Garaguso	3857,40	27,63	37,63	33,43	33,18	32,52
Grassano	4110,76	36,72	55,88	51,82	49,77	50,16
Grottole	11581,54	30,93	42,98	42,17	42,24	41,51
Irsina	26199,01	34,72	37,63	36,69	36,31	36,31
Matera	38757,00	30,65	33,34	33,32	31,81	36,75
Miglionico	8886,54	45,93	48,17	48,04	47,39	46,54
Oliveto Lucano	3145,18	37,43	44,84	45,38	51,00	48,47
Pietragalla	6560,25	37,74	51,44	51,80	52,02	49,63
Pietrapertosa	6719,45	34,71	43,60	44,35	43,92	45,03
Pignola	5548,97	38,77	36,04	33,10	32,89	31,39
Pomarico	12846,33	41,85	45,34	46,74	43,94	43,45
Potenza	17383,69	36,05	30,59	27,74	26,88	27,07
San Mauro Forte	8664,87	26,89	33,81	33,55	32,41	32,25
Tricarico	16469,80	37,09	44,93	43,65	42,68	42,78
Vaglio di Basilicata	4292,15	30,73	37,69	38,97	35,98	38,47

Tabella 4. Valore dell'Indice SPX per Comune.



Comune	Superficie comunale [ha]	1989- 1950	1998-1989	2006- 1998	2013-2006	2018-2013
Abriola	9656,63	8,97	1,21	0,52	0,29	-1,96
Albano di Lucania	5506,07	12,86	2,97	1,03	2,07	0,10
Anzi	7678,07	4,69	-3,40	-3,75	0,47	-0,12
Avigliano	8434,20	3,61	0,29	-1,12	-0,91	-0,99
Brindisi di Montagna	5971,15	5,82	0,31	-1,31	-0,87	-0,29
Calciano	4868,20	3,28	0,11	-1,02	0,64	0,00
Campomaggiore	1222,80	15,38	1,54	-2,40	-0,16	0,00
Ferrandina	21546,85	5,23	-0,88	-2,28	-0,41	-0,01
Garaguso	3857,40	10,01	-4,20	-0,25	-0,66	0,00
Grassano	4110,76	19,16	-4,06	-2,04	0,39	0,00
Grottole	11581,54	12,05	-0,81	0,07	-0,73	-0,18
Irsina	26199,01	2,91	-0,94	-0,38	0,00	-0,37
Matera	38757,00	2,69	-0,02	-1,51	4,94	-0,55
Miglionico	8886,54	2,24	-0,13	-0,65	-0,86	-0,66
Oliveto Lucano	3145,18	7,41	0,54	5,63	-2,54	0,00
Pietragalla	6560,25	13,70	0,35	0,22	-2,39	-1,71
Pietrapertosa	6719,45	8,89	0,75	-0,43	1,12	-0,04
Pignola	5548,97	-2,72	-2,95	-0,21	-1,50	-0,74
Pomarico	12846,33	3,49	1,40	-2,80	-0,49	-0,50
Potenza	17383,69	-5,46	-2,86	-0,86	0,19	-1,22
San Mauro Forte	8664,87	6,92	-0,27	-1,14	-0,16	0,00
Tricarico	16469,80	7,84	-1,28	-0,97	0,10	-0,51
Vaglio di Basilicata	4292,15	6,96	1,29	-2,99	2,49	1,37

Tabella 5. Variazione dell'Indice SPX per Comune.

Per rappresentare graficamente, e quindi favorire una facile interpretazione dei risultati ottenuti, la frammentazione è stata classificata in sei categorie:



Grado di Frammentazione	SPX ¹
Non frammentato	SPX = 0
Bassa frammentazione	0 < SPX < 50
Medio - bassa frammentazione	50 ≤ SPX < 100
Media frammentazione	100 ≤ SPX < 150
Medio - alta frammentazione	150 ≤ SPX < 200
Alta frammentazione	SPX ≥ 200

¹Tutti i valori dell'indice SPX sono stati divisi per 1000.

Tabella 6. Grado di frammentazione urbana in base al valore dell'indice Sprinkling (SPX) determinato utilizzando il Metodo 1.

Questa classificazione, con valori che si attestano tra 0: (frammentazione nulla) e circa 300,000 (frammentazione alta), ha permesso di individuare il grado di frammentazione territoriale.

Si è poi provveduto ad elaborare i seguenti grafici che hanno consentito di conoscere, nei vari intervalli temporali, la quantità di superficie territoriale, espressa in km², interessata da sprinkling rispetto al totale dell'estensione regionale.

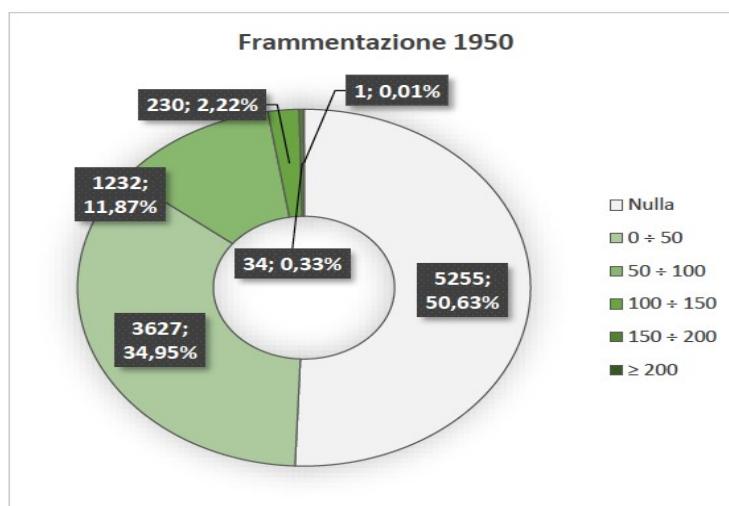


Figura 6. Quantità di superficie territoriale interessata da sprinkling al 1950.

Ogni parte dell'anello indica la quantità di superficie in km² per ogni categoria di frammentazione e la relativa percentuale rispetto al totale della superficie regionale. Dal confronto tra i grafici si evince che la superficie priva di frammentazione ("nulla") diminuisce nel corso degli anni. Ciò si traduce in un aumento del consumo di suolo.

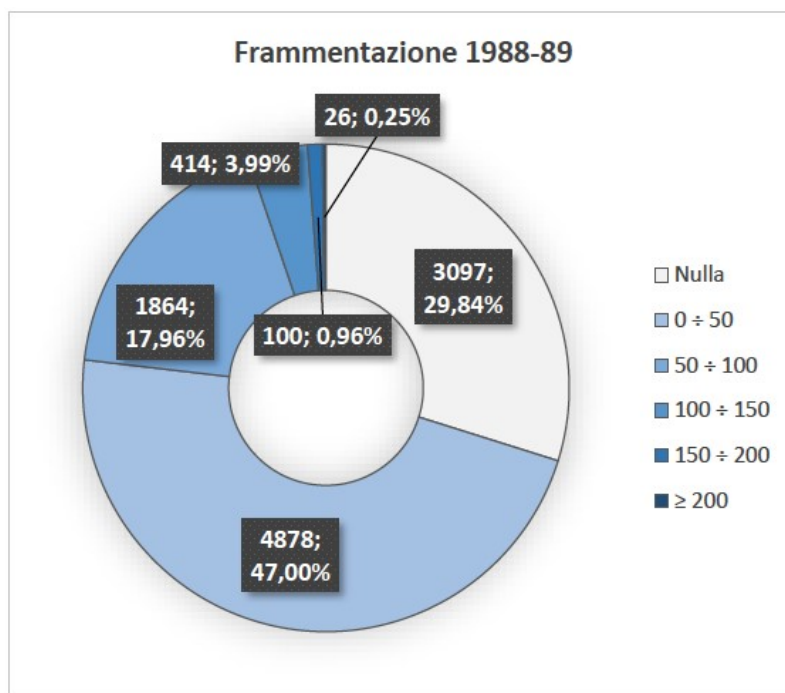


Figura 7. Quantità di superficie territoriale interessata da sprinkling 1988-89.

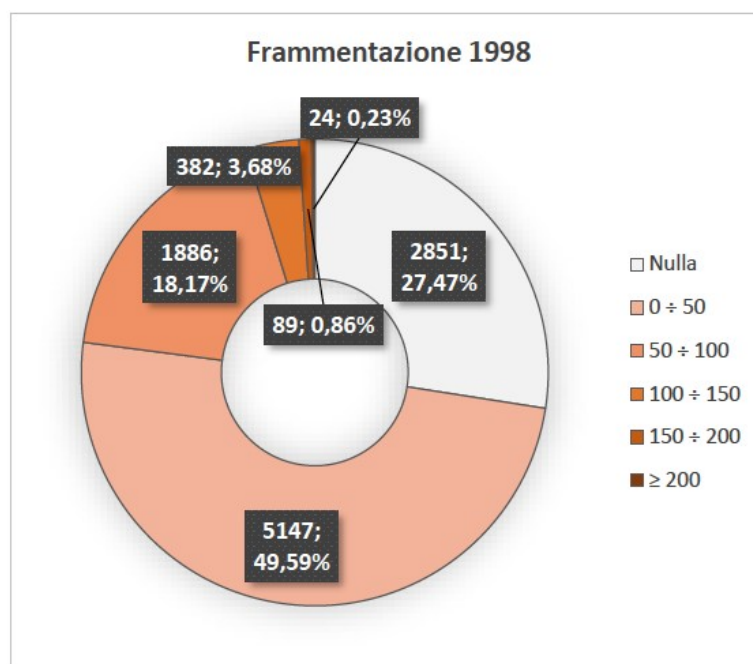


Figura 8. Quantità di superficie territoriale interessata da sprinkling 1998.

La variazione maggiore si verifica tra il 1950 e il 1988-89 quando si passa dal 50,63% al 29,84% di superficie non frammentata e, di conseguenza “non consumata”. Tale variazione può essere motivata se si tiene conto che il boom economico del secondo dopoguerra e la conseguente domanda insediativa hanno favorito una forte espansione quantitativa degli insediamenti.

Se non si tiene conto della “fetta” dell’anello relativa alla frammentazione nulla, una caratteristica comune a tutti i grafici è che la percentuale maggiore è quella corrispondente ad un valore dell’indice SPX compreso

tra 0 e 50. In altre parole, in ogni istante temporale il territorio regionale è caratterizzato, in maggior misura, da una frammentazione bassa.

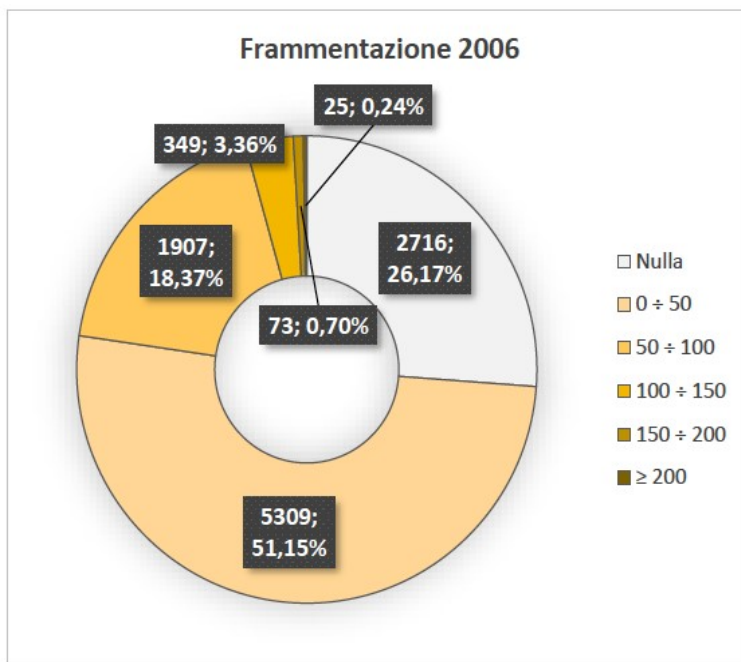


Figura 9. Quantità di superficie territoriale interessata da sprinkling 2006.

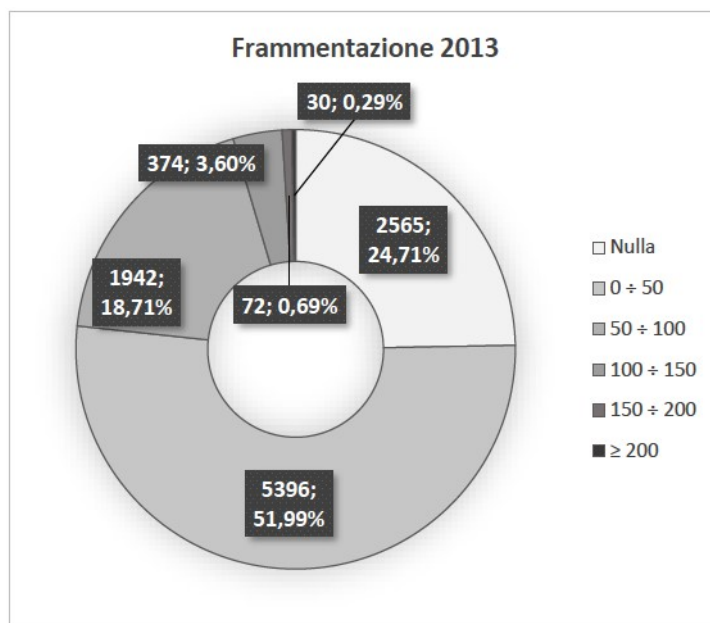


Figura 10. Quantità di superficie territoriale interessata da sprinkling 2013.

I grafici nelle figure precedenti mostrano la percentuale di area regionale interessata dal fenomeno di sprinkling in diversi intervalli temporali. Poiché l'elaborazione è stata effettuata su una griglia di 1 km², la stessa percentuale è un'espressione dei km² effettivi della superficie interessata dalla frammentazione. Un confronto tra i grafici ottenuti ha rivelato che le aree non interessate dalla frammentazione sono diminuite nel corso degli anni, ovviamente a svantaggio dell'area frammentata. Ciò comporta un aumento del

consumo di suolo. La più grande variazione si è verificata tra il 1950 e il 1989, quando le superfici non frammentate sono diminuite dal 50,63% al 29,84%. Questa variazione è stata giustificata dal boom economico del secondo dopoguerra con un conseguente aumento della domanda di insediamenti. In alcuni casi, le celle della griglia interessate da bassa frammentazione al tempo t_0 diventano celle ad alta frammentazione nell'intervallo successivo o viceversa. Ciò significa, nel primo caso, che l'edificazione nella cella è avvenuta seguendo le dinamiche di sprinkling, mentre nel secondo caso (da frammentazione alta a bassa) le nuove trasformazioni avvengono vicino alla celle precedente interessate dal fenomeno, compattando aggregati già esistenti e diminuendo il grado di frammentazione.

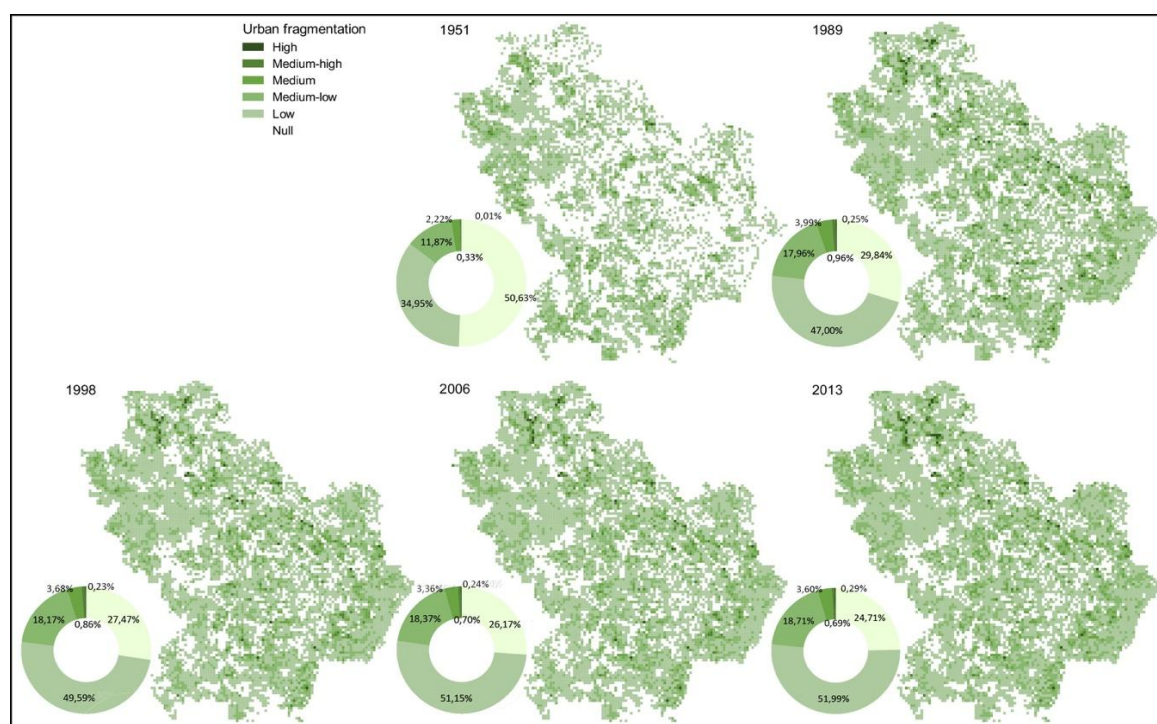


Figura 11. Grado di frammentazione urbana con il metodo 1.

METODO 2

Il secondo approccio, nel quale l'indice di sprinkling SPX viene calcolato rispetto ai confini comunali per ogni arco temporale considerato, ha prodotto i risultati riportati nella tabella seguente:

Comune	Superficie comunale [ha]	SPX 1950	SPX 1988-89	SPX 1998	SPX 2006	SPX 2013
ABRIOLA	9656,63	139,90	2,54	2,81	2,96	2,98
ALBANO DI LUCANIA	5506,07	129,06	2,05	2,10	2,29	2,34
ANZI	7678,07	212,59	2,96	2,82	2,75	2,77
AVIGLIANO	8434,20	115,24	3,10	3,31	3,24	3,13
BRINDISI DI MONTAGNA	5971,15	127,69	2,17	2,23	2,28	2,28
CALCIANO	4868,20	85,26	1,35	1,30	1,16	1,25
CAMPOMAGGIORE	1222,80	39,22	0,67	0,72	0,71	0,66
CANCELLARA	4209,52	104,42	1,50	1,48	1,43	1,39
FERRANDINA	21546,85	277,92	7,74	7,50	7,20	7,12
GARAGUSO	3857,40	100,33	1,50	1,46	1,48	1,44

GRASSANO	4110,76	89,20	2,30	2,30	2,24	2,24
GROTTOLE	11581,54	145,17	4,18	4,18	4,10	4,10
IRSINA	26199,01	308,33	8,66	8,42	8,36	8,29
MATERA	38757,00	270,21	7,49	7,70	7,44	9,17
MIGLIONICO	8886,54	332,80	4,43	4,32	4,27	4,23
OLIVETO LUCANO	3145,18	100,08	1,12	1,12	1,07	1,10
PIETRAGALLA	6560,25	137,73	2,76	2,72	2,65	2,56
PIETRAPERTOSA	6719,45	143,41	3,36	3,56	3,59	3,65
PIGNOLA	5548,97	176,20	2,33	2,27	2,12	1,93
POMARICO	12846,33	260,44	5,74	5,51	5,22	5,32
POTENZA	17383,69	262,24	4,38	4,43	4,27	4,21
SAN MAURO FORTE	8664,87	147,13	3,08	3,21	3,26	3,27
TRICARICO	16469,80	287,86	8,15	7,74	7,62	7,54
VAGLIO BASILICATA	4292,15	97,32	1,93	2,05	1,85	1,86

Tabella 7. Valore dell'Indice SPX per Comune.

Il Comune che presenta il più alto valore dell'indice SPX nel 1950 è Lauria (476) mentre per i successivi intervalli temporali è risultato essere sempre Pisticci, che è terzo in termini di superficie comunale. Ginestra è, invece, il comune a cui corrisponde, nell'arco temporale considerato (1950-2013), il più basso valore dell'indice. Per garantire una visione d'insieme, per tutti i Comuni sono stati individuati dei valori soglia, ottenuti dal calcolo dell'indice di sprinkling dividendo per 1000, dell'indice che hanno permesso di classificare la frammentazione in cinque categorie:

Grado di Frammentazione	SPX ¹
Bassa frammentazione	SPX < 1
Medio - bassa frammentazione	1 ≤ SPX < 3.5
Media frammentazione	3.5 ≤ SPX < 6
Medio - alta frammentazione	6 ≤ SPX < 8.5
Alta frammentazione	SPX ≥ 8.5

¹Tutti i valori dell'indice SPX sono stati divisi per 1000.

Tabella 8. Grado di frammentazione urbana in base al valore dell'indice SPX calcolato utilizzando il Metodo 2.

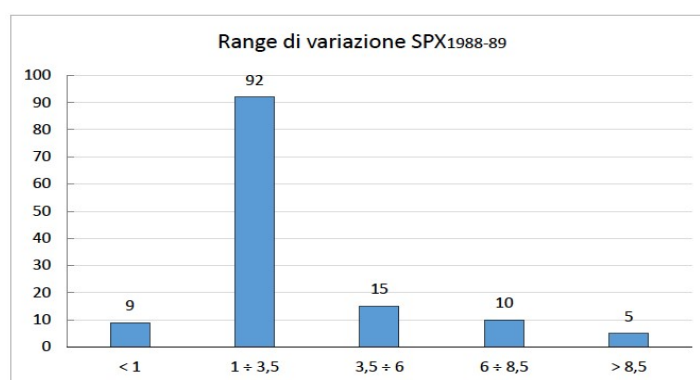


Figura 12. Classificazione Comuni in base al valore dell'indice SPX 1988-89.

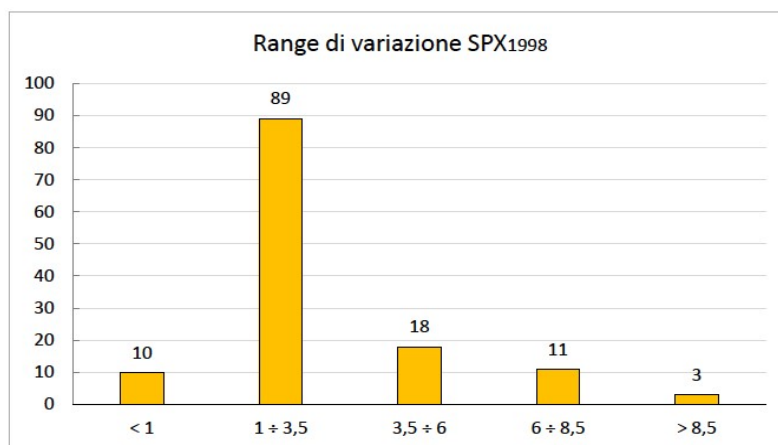


Figura 13. Classificazione Comuni in base al valore dell'indice SPX 1998.

Gli istogrammi non mostrano sostanziali differenze tra loro nei valori intesi in senso assoluto, mentre ci sono sicuramente transazioni di comuni da una classe all'altra. La classe con maggior numero di Comuni è quella relativa ad una frammentazione medio-bassa. Le differenze riguardano la traslazione di alcuni Comuni da una classe ad un'altra. Ad esempio, tra il 1988-89 e il 1998 diminuiscono i Comuni con frammentazione medio-bassa (da 92 a 89) mentre aumentano della stessa quantità quelli contraddistinti da frammentazione media. Tra il 1998 e il 2013 la situazione rimane quasi invariata. Il dato positivo è che tra il 1988-89 e il 2013, il numero dei Comuni caratterizzati da frammentazione alta diminuisce (da 5 a 3), indicando l'inclinazione di questi alla compattazione urbana.

L'analisi del fenomeno risulta più chiara esaminando le mappe dello sprinkling a livello comunale.

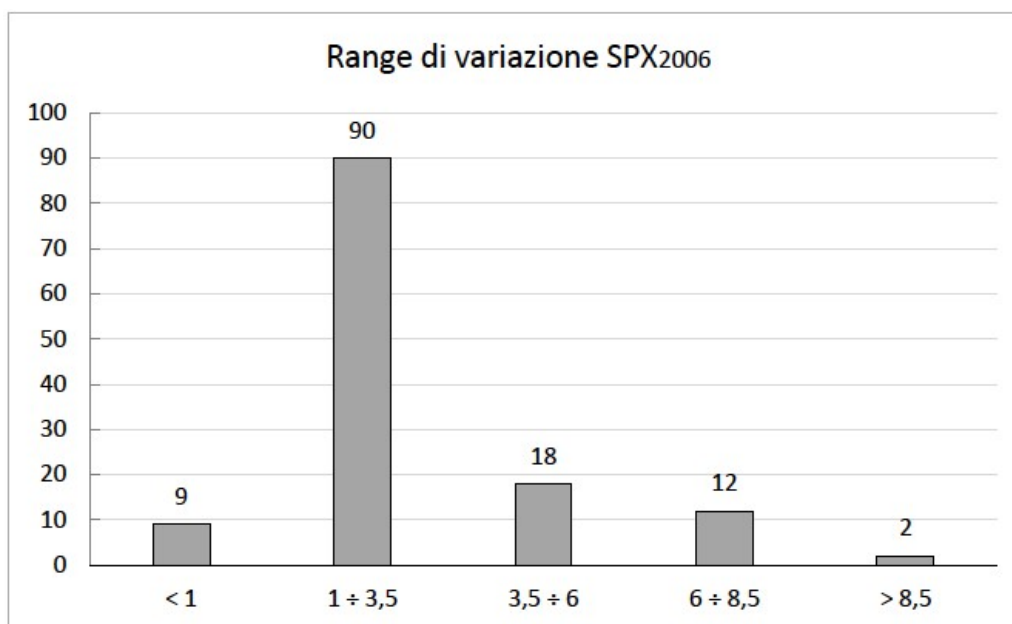


Figura 14. Classificazione Comuni in base al valore dell'indice SPX 2006.

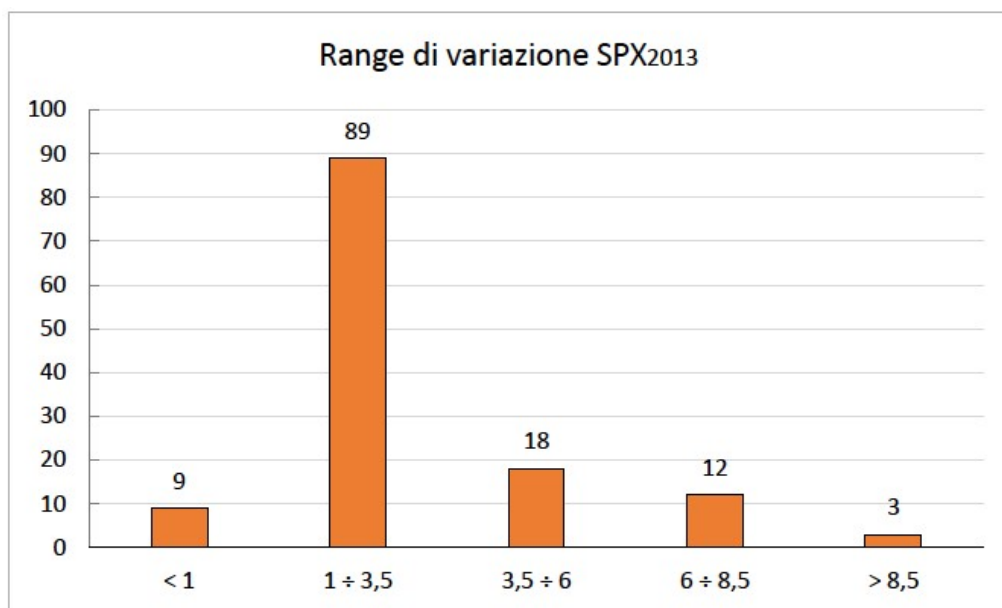


Figura 15. Classificazione Comuni in base al valore dell'indice SPX 2013.

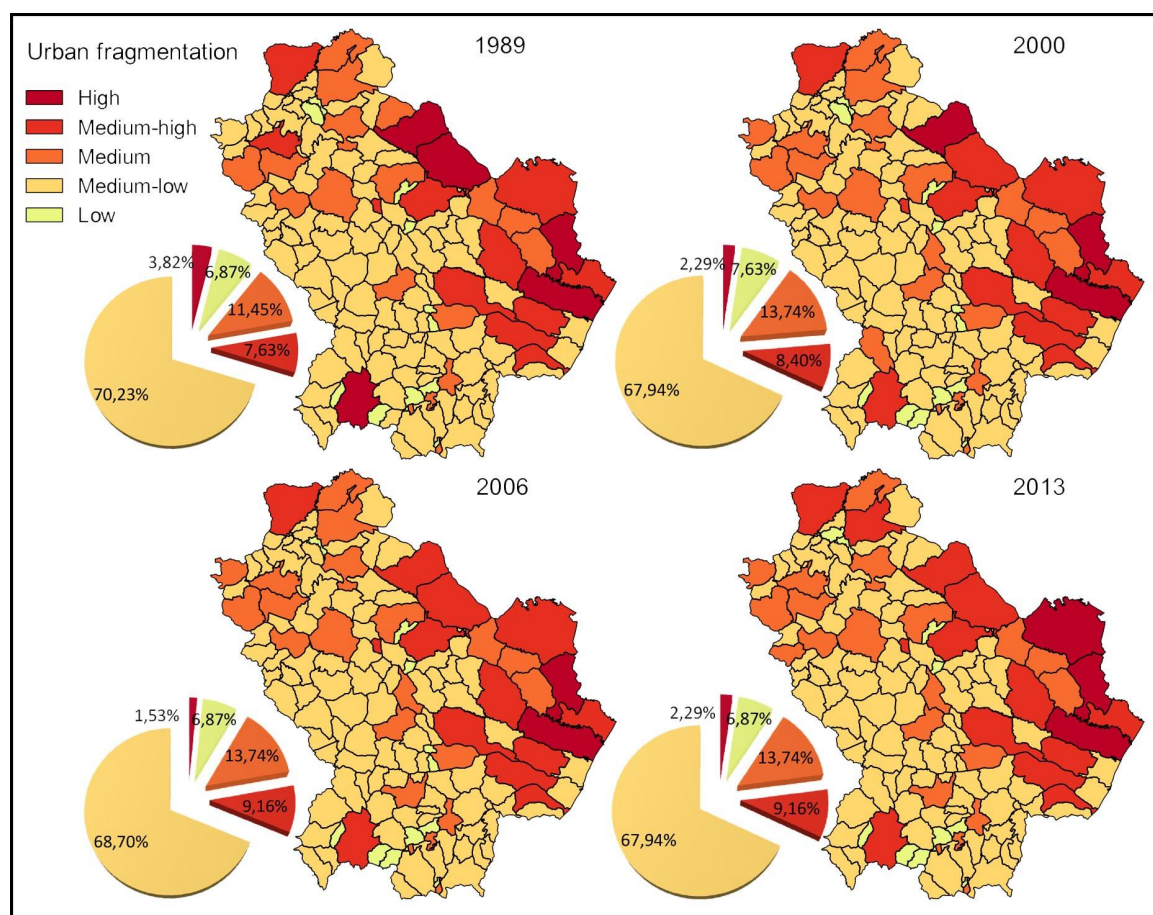


Figura 16. Grado di frammentazione urbana con il metodo 2.

Le principali differenze tra le varie fasi temporali riguardano il trasferimento di alcuni comuni da una classe all'altra.

Nella figura seguente si è utilizzato un grafico a dispersione che permette di comprendere con più facilità la relazione tra la variazione dell'indice SPX e la variazione del numero di abitanti. I comuni sono distribuiti in quattro quadranti a seconda della loro dinamica evolutiva. Ciascun quadrante del Grafico X permette di raggruppare i Comuni in base alle rispettive variazioni percentuali:

1° quadrante: sia l'indice SPX che la popolazione sono aumentati;

2° quadrante: la popolazione è aumentata ma l'indice SPX è diminuito;

3° quadrante: sia l'indice SPX che la popolazione sono diminuiti;

4° quadrante: si è verificato un calo demografico, ma l'indice è aumentato.

La situazione "peggiore" è quella rappresentata nel quarto quadrante perché nonostante la popolazione abbia subito una diminuzione dal 1988-89 al 2013, la frammentazione urbana non si è arrestata. Seppure in assenza di una reale domanda abitativa si è continuato a costruire favorendo il consumo di suolo.

Il secondo quadrante, che rappresenta la migliore situazione, contiene un piccolo numero di comuni (circa il 10%). Una variazione demografica positiva corrisponde a una variazione negativa dell'indice di frammentazione. In altre parole, questi comuni hanno attuato, nel corso degli anni, politiche a favore di una compattazione del nucleo urbano esistente.

Il secondo quadrante, che rappresenta la migliore situazione, contiene un piccolo numero di comuni (circa il 10%). Una variazione demografica positiva corrisponde a una variazione negativa dell'indice di frammentazione. In altre parole, questi comuni hanno attuato, nel corso degli anni, politiche a favore di una compattazione del nucleo urbano esistente.

Osservando i due grafici in figura si può vedere come si siano verificate alcuni spostamenti di comuni da un quadrante all'altro. Ad esempio, il comune di Tito è migliorato muovendosi dal 1° al 2° quadrante; il comune di Bella, invece, ha peggiorato il suo trend spostandosi dal 3° al 4° quadrante.

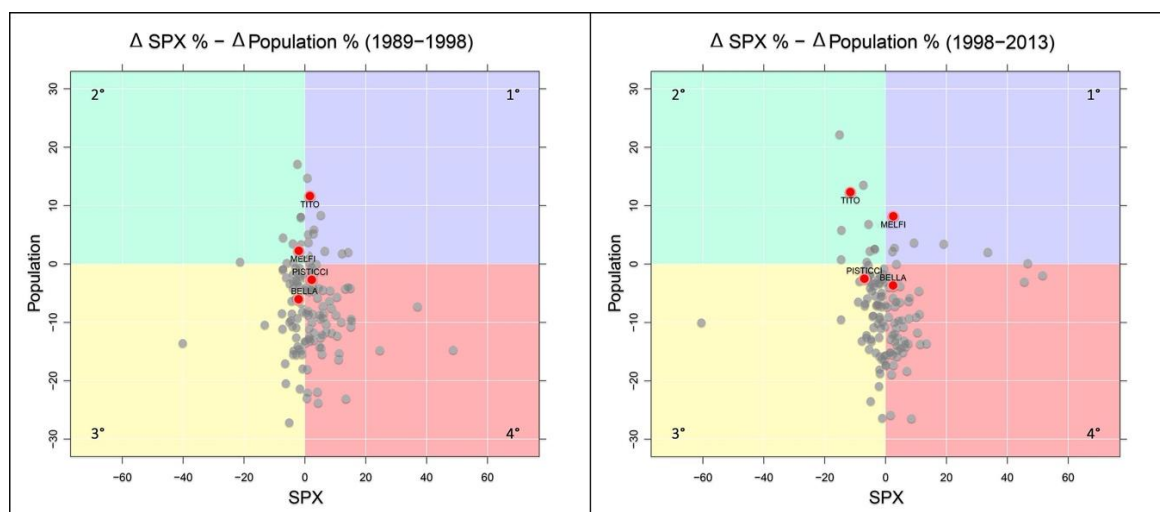


Figura 17. Confronto tra la variazione percentuale di SPX e la variazione percentuale della popolazione tra il 1989 e il 1998 e il 1998 e il 2013.

Tra le molteplici cause dell'aumento del grado di frammentazione va evidenziata l'espansione urbana incontrollata per mancanza di efficaci strumenti urbanistici. Tale fenomeno, inoltre, ha portato alla diffusione di nuovi tessuti urbani in aree territoriali non idonee a queste localizzazioni, come zone a rischio

idrogeologico e siti protetti NATURA 2000. In Basilicata ci sono cinquantotto siti NATURA2000 con un'estensione di circa 200.000 ettari, corrispondenti a circa il 20% dell'area territoriale classificata, come evidenziato nella figura seguente:

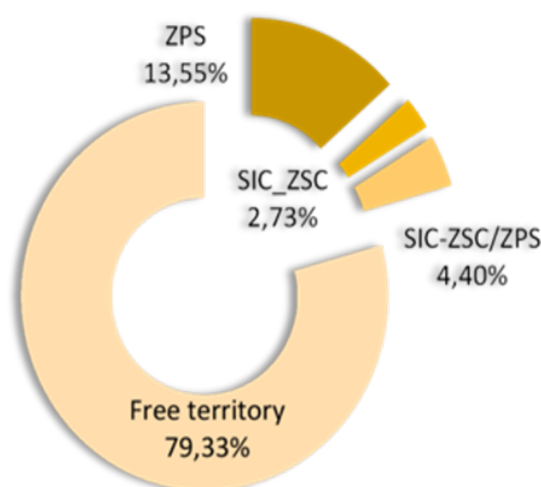


Figura 18. Percentuale di aree in siti NATURA 2000 rispetto all'intero territorio regionale.

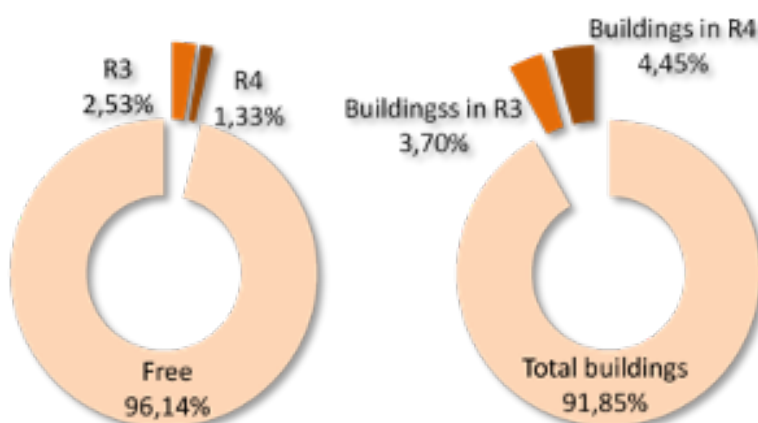


Figura 18. Percentuale di aree R3 ed R4 (alto grado di pericolosità R3 e molto alto grado di pericolosità R4) rispetto al territorio regionale. Percentuale di edifici localizzati in aree R3 ed R4.

Il dissesto idrogeologico è uno dei problemi ambientali più importanti. Tali fenomeni si verificano in quasi tutte le aree adiacenti e comprese nei centri urbani posti lungo i rilievi principali e secondari dell'Appennino Lucano. Questa vulnerabilità dipende da molti fattori: condizioni naturali suscettibili, come caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche; e fattori antropici, tra i quali rivestono particolare importanza l'uso del suolo e la sua evoluzione nel tempo. Altri aspetti da considerare sono le enormi operazioni di deforestazione e lavorazione del terreno che hanno colpito nel tempo montagne e pendii, generando processi di erosione e disgregazione. L'intersezione tra edifici residenziali e zone a rischio idrogeologico ad alto rischio idrogeologico ed elevato grado di pericolosità (R3) e zone ad altissimo rischio idrogeologico ed altissimo grado di pericolosità (R4) del perimetro franoso del Piano di Assetto Idrogeologico PAI ha permesso di determinare la quantità di edifici ad uso abitativo realizzati in aree a

rischio frana. Tale elaborazione è relativa agli anni 2006 e 2013. Si segnala che il PAI della Regione Basilicata è stato sviluppato ai sensi dell'art. 65 del D.Lgs. 152/2006.

Years	Residential buildings (total) (n)	Residential buildings in R3 (n)	Residential buildings in R4 (n)	Residential buildings in R3+R4 (n)	Residential buildings in R3+R4 (%)
2006	285.072	10.816	13.079	23.895	8,38
2013	297.810	11.012	13.266	24.278	8,15 (+1,60%)

Tabella 9. Numero di edifici residenziali nelle aree a rischio R3 e R4.

La tabella 9 evidenzia come, nei sette anni analizzati, il numero di edifici ubicati nelle aree a rischio R3 e R4 è aumentato dell'1,6%. Nonostante l'elevato rischio per l'incolumità umana, in queste aree è proseguita l'attività edilizia. Secondo il rapporto ISPRA del 2018 sul rischio idrogeologico la percentuale di edifici a rischio in zone pericolose (R3 e R4) da PAI è pari al 7,5% del totale.

4. Frammentazione il ruolo delle infrastrutture stradali

Lo strato delle infrastrutture stradali è stato costruito per 4 fasi temporali dal 1989 al 2018 utilizzando la CTR del 2013 come dataset di partenza e procedendo per sottrazione andando a ritroso nel tempo e confrontando quanto presente con le ortofoto storiche. Allo stesso modo, si è provveduto ad integrare il vettoriale tramite sovrapposizione con l'ortofoto al 2018 e successiva digitalizzazione delle infrastrutture di nuova realizzazione. Alla fine sono state individuate le 4 fasi temporali del 1989, 2006, 2013 e 2018.

L'evoluzione della rete delle infrastrutture di trasporto ed il suo impatto a livello territoriale è stata valutata mediante l'indice IFI che restituisce un valore significativo del grado di frammentazione delle infrastrutture.

L'IFI si calcola mediante la formula:

$$IFI = \frac{\sum_i^n (l_i \times o_i)}{A_u}$$

dove l_i è la lunghezza del singolo tratto di infrastruttura (escluse le discontinuità come viadotti, ponti e gallerie) in metri, o_i rappresentano il coefficiente di occlusione ecosistemica che dipende dal tipo di infrastruttura stradale e A_u è la superficie dell'unità territoriale di riferimento in kmq.

I valori del coefficiente di occlusione sono stati definiti sulla base di una valutazione comparativa per le diverse tipologie di infrastrutture partendo da quelli stabiliti da (Romano and Zullo, 2014). Assumendo che il coefficiente o_i abbia un range di valori compreso tra 0 e 1, sono stati assegnati valori più alti ai tipi di strada con il maggior grado di occlusione (come le autostrade) e valori più bassi alle altre tipologie. Escludendo le strade in galleria e su ponti/viadotti/sovrappassi in quanto non occlusive per gli habitat naturali, sono stati assegnati i seguenti valori ai coefficienti di occlusione:

- 1 per autostrade, ferrovie e strade extraurbane principali che presentano un'occlusione generalmente totale derivante dalla presenza di barriere perimetrali;
- 0.7 per strade extraurbane secondarie con un'occlusione generalmente non fisica ma causata dal rumore e dalle vibrazioni dovute al movimento permanente;

- 0,5 per la rete stradale secondaria, strade locali, strade urbane di quartiere, strade di scorrimento con un livello medio di occlusione caratterizzato dall'assenza di barriere fisiche ma dovuto a condizioni di disturbo e presenza fisica di infrastrutture;
- 0,3 per la rete stradale secondaria che comprende anche le strade sterrate.

La variazione dell'indice IFI può essere solo positiva poiché la costruzione di nuove infrastrutture stradali lineari può solo aumentare il grado di frammentazione delle patch in una data area di riferimento. Il valore dell'indice costituisce dunque una misura dell'intensità con cui è avvenuta la frammentazione degli habitat ad opera della rete stradale.

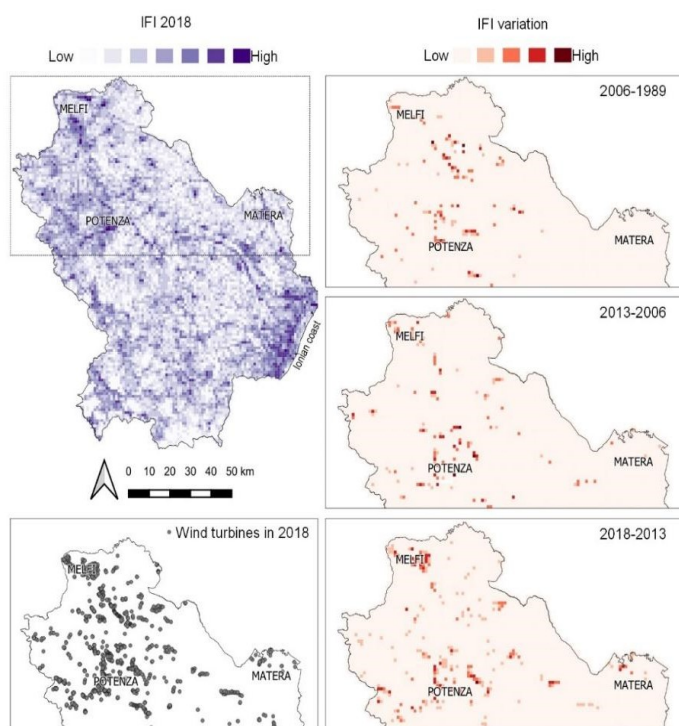


Figura 18. Mappa rappresentativa dell'indice IFI all'anno 2018. I tre zoom-box descrivono la variazione dell'indice nei periodi 1989-2006, 2006-2013 e 2013-2018. Per agevolare il confronto si riporta anche la mappa di distribuzione delle turbine eoliche nell'anno 2018.

Si può notare che le aree più frammentate corrispondono a: l'area intorno alle città di Matera e Potenza, i due capoluoghi di provincia; il comune di Melfi, importante dal punto di vista industriale e che anche negli ultimi anni ha visto sottrarre gran parte dei suoi terreni agricoli per la costruzione di nuove infrastrutture stradali a servizio dei sistemi FER; la costa ionica che ha subito dal 1989 grandi trasformazioni in seguito allo sviluppo del settore terziario riguardante l'agricoltura e il turismo.

Sulla destra della figura sono riportate, per semplicità di lettura, tre mappe di variazione dell'indice IFI relative alla sola parte settentrionale della regione Basilicata in cui si sono verificati i maggiori cambiamenti. Tra il 1989 e il 2006 si registra la minore variazione della frammentazione infrastrutturale: l'1,81% delle celle totali vede aumentare il proprio indice IFI a causa della costruzione di nuove infrastrutture stradali. Confrontando queste celle che hanno subito un aumento dell'indice IFI con la variazione dell'edificato, emerge che tra il 1989 e il 2006 la frammentazione da infrastrutture non è legata a nuove edificazioni ma a componenti antropiche che hanno interessato aree non urbanizzate, prevalentemente ad uso agricolo.

Nelle due fasi successive, dal 2006 al 2018, l'IFI varia rispettivamente del 2,33% e del 4,48% tra il 2006-2013 e il 2013-2018. L'anno 2006 è indicativo del periodo in cui è iniziata l'installazione di impianti per la produzione dell'energia rinnovabile. Al fine di agevolare la lettura delle dinamiche di antropizzazione, si riporta anche una mappa delle turbine eoliche al 2018. È evidente che l'installazione di tali impianti costituisca il driver principale della frammentazione da infrastrutture tra il 2006 e il 2018.

5. Conclusioni

La frammentazione ambientale in Basilicata è prevalentemente dovuta al debole quadro delle politiche che regolano le trasformazioni urbane e territoriali. Nonostante la principale legge nazionale in Italia (n. 1150/1942) in materia di urbanistica sia datata 1942, anche in Basilicata l'ordinamento normativo regionale è piuttosto antiquato. Si sono verificati notevoli ritardi nell'attuazione di un sistema di pianificazione strutturato multiscala. La regione ha approvato la sua prima legge di governo territoriale solo nel 1999 e da allora questa legge non è stata pienamente attuata a livello regionale e comunale. Ciò significa che nel periodo di maggiore espansione solo pochi comuni hanno gestito adeguatamente questo fenomeno di crescita urbana. L'elevata frammentazione generata dall'espansione urbana avvenuta tra il 1950 e il 1989, infatti, non è stata gestita da adeguati strumenti di pianificazione ed è stata generalmente considerata come volano di crescita economica. In quel periodo non erano all'ordine del giorno gli obiettivi di sostenibilità in materia di tutela del paesaggio e dell'uso naturale del suolo.

In questo rapporto sono stati evidenziati anche diversi aspetti molto utili ad altri OR. Il fenomeno dello Sprinkling oltre a rappresentare una minaccia ambientale rappresenta anche un problema per l'incolumità dei cittadini. La maggior parte di questi micro insediamenti, realizzata senza una adeguata pianificazione, spesso interpretando in maniera generosa le poche norme urbanistiche che disciplinano le aree, sono stati realizzati in aree ad alto rischio idrogeologico. Altro aspetto importante è la connessione tra questi insediamenti e le infrastrutture stradali che a sua volta sono realizzate in aree poco stabili producendo dissesti ed ulteriore frammentazione ambientale.

Bibliografia

- K. C. C. Martin Herold, Helen Couclelis, "The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change," *Comput. Environ. Urban Syst.*, vol. 29, no. 4, pp. 369–399, Jul. 2005.
- G. Galster, R. Hanson, M. R. Ratcliffe, H. Wolman, S. Coleman, and J. Freihage, "Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and measuring an elusive concept," *Hous. Policy Debate*, vol. 12, no. 4, pp. 681–717, Jan. 2001.
- J. E. Hasse and R. G. Lathrop, "Land resource impact indicators of urban sprawl," *Appl. Geogr.*, vol. 23, no. 2–3, pp. 159–175, Apr. 2003.
- J. A. G. Jaeger, "Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation," *Landsc. Ecol.*, vol. 15, no. 2, pp. 115–130, 2000.
- "Urban Sprawl | Definition of Urban Sprawl by Merriam-Webster." [Online]. Available: [https://www.merriam-webster.com/dictionary/urban sprawl](https://www.merriam-webster.com/dictionary/urban%20sprawl). [Accessed: 04-Jul-2018].
- B. Romano and F. Zullo, "The urban transformation of Italy's Adriatic coastal strip: Fifty years of unsustainability," *Land use policy*, vol. 38, pp. 26–36, May 2014.
- B. Romano, F. Zullo, S. Ciabò, L. Fiorini, and A. Marucci, "Geografie e modelli di 50 anni di consumo di suolo in Italia," vol. 5, pp. 17–28, 2015.



B. Romano, F. Zullo, L. Fiorini, S. Ciabò, and A. Marucci, "Sprinkling: An Approach to Describe Urbanization Dynamics in Italy," *Sustainability*, vol. 9, no. 1, p. 97, Jan. 2017.

B. Romano, F. Zullo, L. Fiorini, A. Marucci, and S. Ciabò, "Land transformation of Italy due to half a century of urbanization," *Land use policy*, vol. 67, pp. 387–400, Sep. 2017.

A. De Montis, B. Martín, E. Ortega, A. Ledda, and V. Serra, "Landscape fragmentation in Mediterranean Europe: A comparative approach," *Land use policy*, vol. 64, pp. 83–94, 2017.

H. You, You, and Heyuan, "Quantifying Urban Fragmentation under Economic Transition in Shanghai City, China," *Sustainability*, vol. 8, no. 1, p. 21, Dec. 2015.

"Istat.it." [Online]. Available: <https://www.istat.it/>. [Accessed: 05-Apr-2018].

ISTAT, *Forme, livelli e dinamiche dell'urbanizzazione in Italia*. 2011.

ISPRA, "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2018," 2018.

"RSDI – Geoportale Basilicata." [Online]. Available: <https://rsdi.regione.basilicata.it/>. [Accessed: 06-Mar-2018].

"Home - Geoportale Nazionale." [Online]. Available: <http://www.pcn.minambiente.it/mattm/>. [Accessed: 10-Feb-2018].

B. Romano and F. Zullo, "Valutazione della pressione insediativa - Indicatori e sperimentazioni di soglie," in *Biodiversità, disturbi, minacce*, Universita., no. December, U. Udinese, Ed. Udine, 2015, pp. 170–177.

G. Corridore and B. Romano, "L'interferenza ecosistemica dell'insediamento. tecniche di analisi e valutazione," no. December, pp. 1–20, 2004.

D. A. Garcia, D. Bruschi, F. Cinquepalmi, and F. Cumo, "An Estimation of Urban Fragmentation of Natural Habitats: Case Studies of the 24 Italian National Parks," *Icheap-11 11th Int. Conf. Chem. Process Eng. Pts 1-4*, vol. 32, no. February 2014, pp. 49–54, 2013.

A. De Montis, A. Ledda, E. Ortega, B. Martín, and V. Serra, "Landscape planning and defragmentation measures: an assessment of costs and critical issues," *Land use policy*, vol. 72, no. November 2017, pp. 313–324, 2018.

B. Romano, L. Fiorini, F. Zullo, and A. Marucci, "Urban Growth Control DSS Techniques for De-Sprinkling Process in Italy," *Sustainability*, vol. 9, no. 10, p. 1852, Oct. 2017.

G. MESSINA and M. SOTTILE, "Analisi spaziali e valutazioni economiche dei fenomeni di sprawl e sprinkling sulla base della frammentazione urbana nella Provincia di Lodi."

Saganeiti, L.; Favale, A.; Pilogallo, A.; Scorza, F.; Murgante, B. (2018) Assessing Urban Fragmentation at Regional Scale Using Sprinkling Indexes. *Sustainability* 2018, 10, 3274.





www.mitigoinbasilicata.it

Obiettivo Realizzativo n. 8 Dinamiche e partecipazione sociali

Questa pubblicazione è stata realizzata con il cofinanziamento dell'Unione Europea - FESR, PON Ricerca e Innovazione 2014-2020".

www.ponricerca.gov.it

Responsabile della pubblicazione:
Università degli Studi della Basilicata
Scuola di Ingegneria
Via dell'Ateneo Lucano 10
85100 Potenza



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Mitigazione dei Rischi Naturali
per la Sicurezza e la Mobilità nelle
Aree Montane del Mezzogiorno

