

Tendenze recenti del cambiamento. La banca dati Uso e Copertura del Suolo di Regione Toscana (2007/2010/2013)

Christian Ciampi (*), Lorenzo Bottai (**), Manuela Corongiu (**), Bruno Giusti (*),
Fabio Lucchesi (*), Umberto Sassoli (***)

(*) Laboratorio di Cartografia, Dipartimento di Architettura, Università di Firenze
via Micheli 2, FIRENZE, fabio.lucchesi@unifi.it

(**) LaMMA, Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica Ambientale per lo sviluppo sostenibile

(***) Regione Toscana, Sistema Informativo Territoriale e Ambientale, via di Novoli, FIRENZE

Riassunto

Il contributo intende presentare i risultati di alcune valutazioni sulle transizioni degli usi del suolo intervenute nel territorio toscano nel periodo 2007/2013, con particolare attenzione alla progressiva sottrazione di suolo agricolo per l'espansione delle aree artificiali. Tali valutazioni sono rese possibili dal programma di aggiornamento triennale della banca dati sulla copertura del suolo in scala nominale 1/10.000 promossa da Regione Toscana dal 2007.

L'analisi delle diverse categorie di transizione (Land Cover Flows, EEA) non è realizzata esclusivamente con criteri quantitativi; l'indagine, infatti, misura anche la diversa distribuzione spaziale dei fenomeni descritti mettendola in relazione con diverse articolazioni del territorio regionale identificate attraverso classificazioni paesaggistiche, storiche, amministrative.

Abstract

This paper presents the results of some evaluations on the land use transitions that occurred in the territory of Tuscany between 2007 and 2013, with particular attention to the gradual removal of agricultural land for the expansion of artificial areas. This work is made possible by the three-year renovation program of the land cover database, scale 1/10.000, promoted by the Tuscany Region since 2007.

The analysis of the different transition categories (Land Cover Flows, EEA) is not made exclusively by quantitative criteria; this work also measures the different spatial distribution of the phenomena by relating different characteristics of regional landscape identified through scenic, historical and administrative classifications.

Aspetti caratterizzanti della banca dati

Nel corso degli ultimi anni la Regione Toscana si è dotata di un programma di acquisizione e di aggiornamento del tematismo Uso e Copertura del Suolo (UCS), realizzato per tutto il territorio a partire dall'analisi delle foto aeree digitali acquisite con intervallo temporale triennale¹. Al momento la Banca dati è stata realizzata e aggiornata con le riprese aeree del 2007, 2010 e 2013.

La realizzazione di questo archivio tematico ha visto anche la predisposizione di un documento che descrive non solo le caratteristiche fisiche del dato ma anche la metodologia di realizzazione². In

¹L. Bottai (Dottore Forestale) ha coordinato la fase di fotointerpretazione; il gruppo dei fotointerpreti è stato composto da L. Arcidiaco (Dottore Forestale), B. Zanchi (Dottore Forestale), A. Del Piccolo (Geologo), L. Angeli (Ingegnere ambientale), L. Innocenti (Geologo), R. Magno (Agronomo), D. Pellegrini (Geologo). L'elaborazione GIS è stata curata da N. Sabatini (Informatico).

² Il materiale descrittivo della banca dati e delle modalità della sua produzione è accessibile da <http://www.regione.toscana.it/-/cartografia-specifiche-tecniche>.

particolare la legenda delle classi adottate viene ampiamente descritta riportando all'interno di un atlante l'illustrazione delle categorie di uso del suolo, e le modalità di "cattura" degli oggetti. In particolare il catalogo delle classi fa riferimento per le voci di legenda di III livello al sistema europeo di mappatura dell'uso e copertura del suolo del progetto CORINE Land Cover (CLC) [CLC2006, 2006] sistema gerarchico a disaggregazione crescente, integrato da un IV livello regionale. I contenuti sono orientati alla formalizzazione della legenda relativa alla cartografia tematica dell'UCS con scala di dettaglio 1:10.000 (CTR 10K), attraverso la realizzazione di una copertura su base poligonale che nella fase di elaborazione si è avvalsa delle primitive geometriche presenti nella Carta Tecnica Regionale (scala 1:10.000) per estrarne i contorni significativi per ciascuna classe di UCS. Nelle fasi successive la fonte di aggiornamento principale è stata la fotointerpretazione dalle ortofoto alla scala nominale 1:10.000 della copertura AGEA (2007-2010-2013). Eventuali fonti informative aggiuntive (come la toponomastica) rappresentano strumenti secondari ed ausiliari o di orientamento qualitativo dell'acquisizione³.

La misura dell'impegno di suolo per fini insediativi 2007/2013

Le misure della distribuzione della superficie regionale nelle classi di uso e copertura del suolo sono un indicatore chiaro della struttura e dell'identità paesaggistica della regione.

Come immaginiamo la Toscana? Una regione con spazi naturali ampi, con una agricoltura fiorente, non eccessivamente urbanizzata, con una ridotta estensione delle acque superficiali. Le misure della rilevazione UCS 2013 danno evidenza quantitativa a questa immagine (Tabella 1).

Classe Land Cover	Area (ha) 2013	Classe LC / ST*100
1xx	197.398	8.6
2xx	876.482	38.1
3xx	1.203.036	52.3
4xx	4.773	0.2
5xx	17.178	0.7

Tabella 1 - Ripartizione della superficie territoriale toscana secondo il primo livello della classificazione CLC; 1xx, superfici artificiali; 2xx, superfici agricole, 3xx, superfici naturali e seminaturali, 4xx, aree umide, 5xx, corpi idrici.

È evidente la particolare importanza del valore che misura la percentuale del territorio regionale occupata da superfici artificializzate (8.6%). Possiamo definire questo valore come un *indice di impegno di suolo per fini insediativi*; la precisione del rilievo UCS rende questa misura particolarmente attendibile.

Tipo di Paesaggio	%ST	%ST	%ST	%ST
	Classi 1xx	Classi 2xx	Classi 3xx	Classi 4xx+5xx
Appennino	5.3	19.1	75.3	0.3
Colline Plioceniche	7.5	68.0	23.9	0.6
Pianura Alluvionale	33.9	57.4	5.6	3.0

Tabella 2 - Ripartizione della superficie territoriale di diversi tipi di paesaggio secondo il primo livello della classificazione CLC.

D'altra parte la geografia della Toscana, particolarmente articolata, permette di individuare alcune subregioni, caratterizzate da una qualche omogeneità fisiografica, che, semplificando, potremmo associare alla manifestazione di una peculiare identità paesaggistica (le regioni dei rilievi montani, le morbide colline, le pianure della costa, e così via). La natura spaziale della banca dati UCS ci consente di verificare la capacità delle proporzioni tra le diverse classi di copertura del suolo di

³ L'archivio è disponibile per essere utilizzato in navigazione web all'indirizzo <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/usocoperturasuolo.html> e per il download all'indirizzo <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html>.

rendere conto delle identità territoriali locali. Utilizziamo come esempio un'articolazione dei paesaggi toscani fondata sulla caratterizzazione geomorfologica, idrografica, climatica e vegetazionale definita da Aldo Sestini (Rossi, Vinci, Merendi, 1994) (Figura 3). Questa articolazione propone per la toscana nove sistemi di paesaggi, ulteriormente articolati in sottosistemi; nella Tabella 2 proponiamo un confronto che appare particolarmente significativo.

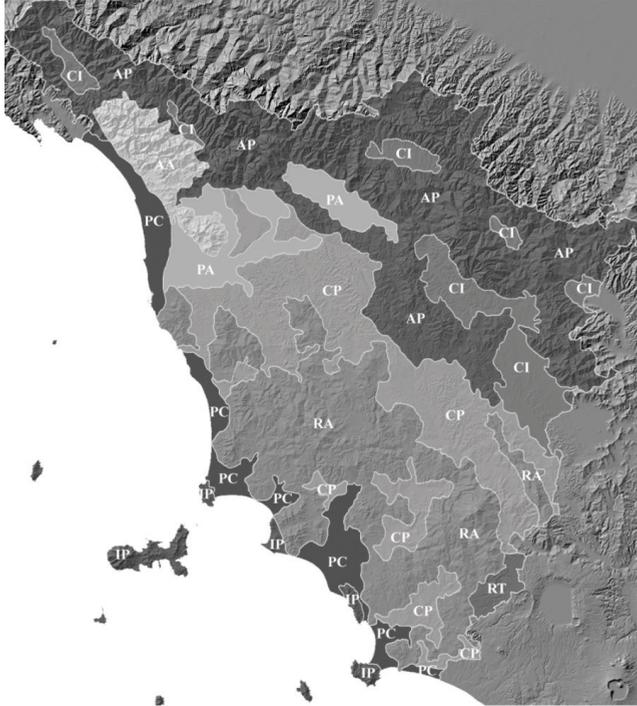


Figura 3 - I nove sistemi di paesaggio toscani: Alpi Apuane (AA), Appennino (AP), Conche Intermontane (CI), Colline Plioceniche (CP), Isole e Promontori (IP), Pianura Alluvionale (PA), Pianura Costiera (PC), Rilievi dell'Antiappennino (RA), Ripiani Tufacei (RT).

Il confronto rende evidenti i diversi caratteri delle regioni geografiche considerate: la prevalenza delle superfici agricole nelle colline plioceniche (68,0%); quella del bosco nell'Appennino (75,3%); il bilanciamento tra superfici a agricole (57,4%) e le aree artificiali (33,9%) nelle pianure alluvionali della toscana centrosettentrionale.

Il confronto rende evidente una seconda conclusione: quello che abbiamo definito *indice di impegno di suolo per fini insediativi* (IP: la percentuale di suolo occupata da superfici artificializzate) è utilizzabile come misura della sostenibilità della pressione insediativa solo se riferito a una regione geografica omogenea dal punto di vista fisiografico. Quanta parte del suolo toscano è impegnato per finalità insediative? È evidente che la risposta a questa domanda che usasse la misura aggregata del valore regionale (8,6%) non avrebbe la significatività di una risposta che usasse i valori delle aree effettivamente soggette a pressione insediativa (naturalmente: le aree pianeggianti, interne e costiere, assai più dei rilievi collinari e appenninici).

Misure del cambiamento: dinamica delle classi LC 2007/2013

La stratificazione temporale della banca dati UCS costituisce evidentemente un elemento di eccezionale interesse. Di seguito proponiamo alcune valutazioni delle misure dei cambiamenti intervenuti nella distribuzione degli usi del suolo nell'intervallo temporale 2007/2013 (grafico 4).

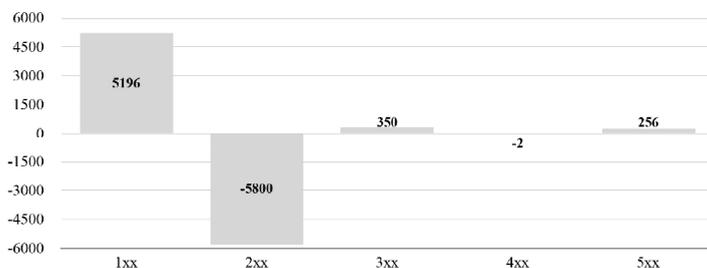


Grafico 4 - Variazioni positive e negative delle diverse classi LC, 2007/2013; le quantità sono espresse in ettari e riguardano l'intera Toscana.

Il confronto dei valori aggregati per tutta la regione al primo livello della classificazione CorInE mostra che le direzioni più significative del mutamento riguardano l'aumento delle superfici artificializzate e, in una misura quasi equivalente, la diminuzione delle aree utilizzate da attività agricole, vale a dire la forma canonica del fenomeno che siamo abituati a definire consumo di suolo. Da questo punto di vista converrà riferire che la banca dati misura una crescita delle aree artificializzate, nell'intervallo considerato, di 5.196 ettari (vale a dire: 866 ettari all'anno, 2,37 ettari al giorno). Valori leggermente superiori, invertiti di segno, descrivono la perdita di suoli agricoli. Valorizzando la natura spaziale della banca dati, è possibile verificare se queste direzioni del cambiamento, e queste proporzioni, riguardano tutti i "sistemi di paesaggio" in cui abbiamo riconosciuto essere suddivisa la Toscana. Anche questo livello di disaggregazione conferma la tendenza rilevata a livello regionale; con l'eccezione di due regioni molto caratterizzate dall'asprezza dei rilievi (Alpi Apuane e Isole e Promontori) il valore assoluto più grande è sempre quello che descrive la perdita dei suoli agricoli. La transizione è legata sempre a un aumento delle superfici artificiali; nel caso delle regioni dominate dai rilievi collinari (Colline Plioceniche, Rilievi dell'Antiappennino) è possibile evidenziare che questo coinvolge anche una crescita del bosco. L'insieme di queste considerazioni consiglia di valutare l'intensità del consumo di suolo nell'intervallo 2007/2013 mettendo in relazione la crescita dei suoli artificializzati in ciascun contesto fisiografico rispetto alla quantità di suoli artificializzati presenti nel 2007. Si definisce così la nostra proposta per un *indice di consumo di suolo (CS)*: $(\text{superfici artificializzate 2013} - \text{superfici artificializzate 2007}) / (\text{superfici artificializzate 2007}) * 100$.

Il modello LCF in relazione all'indice di consumo di suolo

La banca dati UCS può essere utilmente esplorata attraverso l'uso del modello LCF (Land Cover Flows); il modello classifica, sulla base di specifiche significatività, ciascuna delle combinazioni possibili nelle transizioni tra una classe delle 44 previste dal terzo livello della legenda CLC a un'altra. Le 1892 possibilità aritmetiche sono ridotte a 50 classi che esprimono direzioni di cambiamento specifiche. Per esempio: la transizione da qualsiasi classe di superfici non artificiali alla classe 112 (aree residenziali a bassa densità) è raccolta in un'unica voce LCF, denominata "lcf 22: *Urban diffuse residential sprawl*"; oppure: la transizione da qualsiasi classe di superfici non artificiali alla classe 121 (aree produttive e commerciali) è raccolta in un'unica voce LCF, denominata "lcf 31: *Sprawl of industrial & commercial sites*". La classificazione è organizzata ad albero, dunque secondo livelli, in modo analogo alla classificazione CLC. Al primo livello le 50 classi LCF si riducono a 9.

La Tabella 5 riporta i valori LCF per tutta la Toscana nel periodo 2007/2013 e segnala che in sei anni 47.848 ettari (il 2,1% del suolo toscano) hanno cambiato classe *land cover*. L'articolazione tra le diverse classi LCF mostra l'assoluta prevalenza della classe lcf 4 (transizioni interne alle classi agricole). In realtà, l'osservazione al terzo livello LCF mostra come questa quantità sia l'esito di una sorta di partita di giro: i valori lcf 4 sono infatti l'esito della somma dei valori lcf 444 (transizione da vigneti a seminativi) e lcf 451 (transizione da seminativi a vigneti). Queste dinamiche hanno evidentemente a che fare con le specificità economiche e agronomiche di questo tipo di produzione, e meriterebbero una attenzione (e una competenza tecnica) che va oltre i limiti di questo scritto (e delle capacità dei suoi autori).

<i>Classe Land Cover Flows (primo livello)</i>	<i>Area (ha)</i>
lcf 1 Urban land management	3.425
lcf 2 Urban residential sprawl	1.633
lcf 3 Sprawl of economic sites and infrastructures	5.529
lcf 4 Agriculture internal conversions	25.187
lcf 5 Conversion from other land cover to agriculture	3.149
lcf 6 Withdrawal of farming	2.531
lcf 7 Forests creation and management	3.339
lcf 8 Water bodies creation and management	166
lcf 9 Changes of Land Cover due to natural and multiple causes	2.889
NC No Change	2.248.961

Tabella 5 - Quantità dei cambiamenti nella copertura del suolo toscano secondo il primo livello della classificazione Land Cover Flows (2007/2013).

Cercheremo invece di interpretare con una attenzione particolare i valori di lcf 2 (espansione degli insediamenti per finalità residenziali) e lcf 3 (espansione degli insediamenti per realizzazione di aree produttive, aree commerciali, e infrastrutture); questi valori sono infatti particolarmente efficaci per la misura del fenomeno che siamo abituati a definire consumo di suolo, vale a dire la progressiva sottrazione di aree agricole e naturali per effetto della crescita degli insediamenti.

I valori aggregati per tutta la Toscana, e disaggregati al terzo livello LCF, mostrano la prevalenza della classe lcf 37 (*Construction: Extension over non-urbanland of areas under construction during the period*). Nell'intervallo 2007/2013 dunque, malgrado la crisi economica, 2.268 ettari sono stati destinati a nuova edificazione, per lo più in funzione di aree produttive e per infrastrutture; e tuttavia, probabilmente a causa della crisi economica, queste aree non sono ancora uscite dalla loro condizione di cantiere. Oltre a questa voce, devono essere segnalati i valori delle categorie lcf 22 (*Urban diffuse residential sprawl*) e lcf 31 (*Sprawl of industrial & commercial sites*), che, senza sorprenderci, sono le classi più rappresentate, e, quello che probabilmente è più rilevante, sono rappresentate in proporzioni che avvantaggiano, pur di poco, le aree produttive e commerciali. La pressione alla progressiva sottrazione di suolo per l'espansione degli insediamenti dunque sembra ancora intensa nel periodo 2007/2013.

Per valutare se questa pressione è costante in tutte le parti del territorio regionale utilizziamo come indice l'incidenza delle voci lcf 2 e lcf 3, aggregate, sul totale della superficie territoriale (Tabella 6). La tabella riporta il peso assoluto, in ettari, del contributo di ciascuna regione geografica, in cui abbiamo deciso di ripartire la Toscana, alla somma delle quantità (lcf 2+lcf 3); riporta inoltre il valore dell'*indice di consumo di suolo* così come l'abbiamo definito poco sopra.

	<i>RA</i>	<i>RT</i>	<i>AP</i>	<i>CP</i>	<i>AA</i>	<i>IP</i>	<i>CI</i>	<i>PC</i>	<i>PA</i>	<i>TOS</i>
lcf 2+lcf 3	256	19	955	1.503	180	81	1.200	888	1.444	7.162
indice CS	0,05	0,09	0,13	0,35	0,21	0,17	0,78	0,63	1,24	0,31

Tabella 6 - Intensità assoluta (classi lcf 2, lcf 3) e indice del consumo di suolo (indice CS): valori aggregati per la Toscana (TOS) e per i nove tipi di paesaggio.

Il grafico che visualizza i rapporti tra i valori dell'indice è rappresentato di seguito insieme a quello che misura l'indice di impegno di suolo, vale a dire la crescente incidenza delle superfici artificializzate rispetto alla superficie territoriale (grafico 7). Il confronto tra le due tendenze mostra come non ci sia un rapporto di diretta proporzionalità tra impegno e consumo di suolo: le superfici artificializzate, ambito fisiografico per ambito fisiografico, crescono in quantità commisurate all'estensione delle superfici artificiali esistenti all'inizio del periodo (come farebbe il capitale finanziario). Sono ancora le pianure alluvionali (Piana Fiorentina, Medio Valdarno e Valdarno Inferiore, Valdarnievole, Piana di Lucca) a conoscere le maggiori intensità di consumo di suolo; ma insieme il grafico mostra che il periodo 2007/2013 ha presentato la tendenza di altre aree a crescere oltre le misure definite dalla propria dotazione iniziale: le conche intermontane (essenzialmente: Mugello, Valdarno Superiore) le colline plioceniche (essenzialmente: Val di Pesa, Valdelsa, Valdera).

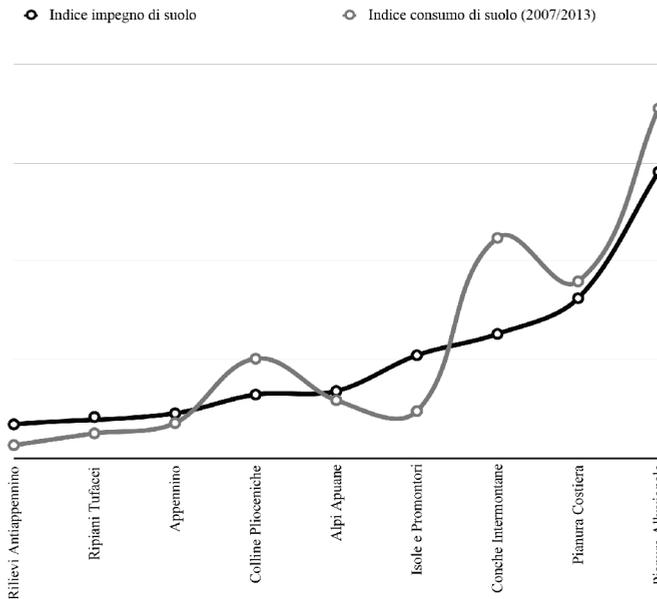


Grafico 7 - Per ciascun sistema di paesaggio, i cerchi neri segnano i valori dell'indice di impegno di suolo (superfici artificializzate/superficie territoriale); i cerchi grigi rappresentano i valori di consumo di suolo nell'intervallo 2007/2010 (valori $lcf_2 + lcf_3$ / superficie territoriale).

L'indice di pressione insediativa. L'esempio della costa toscana

Ma come possiamo effettivamente valutare l'incidenza che il fenomeno del consumo di suolo ha su un territorio? A tal proposito è utile introdurre un nuovo indicatore, l'indice di pressione insediativa (IP), dato dal rapporto tra superfici artificializzate dal 2007 al 2013 e superfici artificiali al 2007. Abbiamo testato questo indice con i dati relativi ai comuni della costa toscana (Figura 8). Le riflessioni più fertili si hanno confrontando i tre indici. Soprattutto è possibile evidenziare come un indice di consumo di suolo anche molto basso possa corrispondere a fenomeni di artificializzazione potenzialmente rilevanti a scala comunale. In questi casi l'indice di pressione riesce a rilevare la dimensione di questi processi valutandola non più in maniera assoluta (in ettari) ma mettendola in relazione alla capacità specifica di ciascun comune di impegnare nuovo suolo. Nella Tabella 9 si riportano i dati relativi agli indici di alcuni comuni della costa toscana. Si noti in particolare come i comuni di Castagneto Carducci e Magliano in Toscana, pur presentando indici di consumo di suolo tra i più bassi della costa, facciano registrare degli indici di pressione molto alti. Oppure come Forte dei Marmi, a fronte di un indice di impegno di suolo significativo, riporti un indice di pressione che

risulta essere uno dei più bassi della costa. Questi esempi ci raccontano due caratteristici casi relativi ai processi di artificializzazione in atto in questo contesto. Da un lato una crescente domanda immobiliare in ambiti turistici non ancora saturi (Castagneto Carducci, Magliano in Toscana) porta ad un'artificializzazione che si può ritenere sproporzionata rispetto a quanto costruito fino al 2007, dall'altro un comune (Forte dei Marmi), il cui territorio risulta ormai quasi completamente urbanizzato, che non può prevedere processi significativi di nuova artificializzazione.

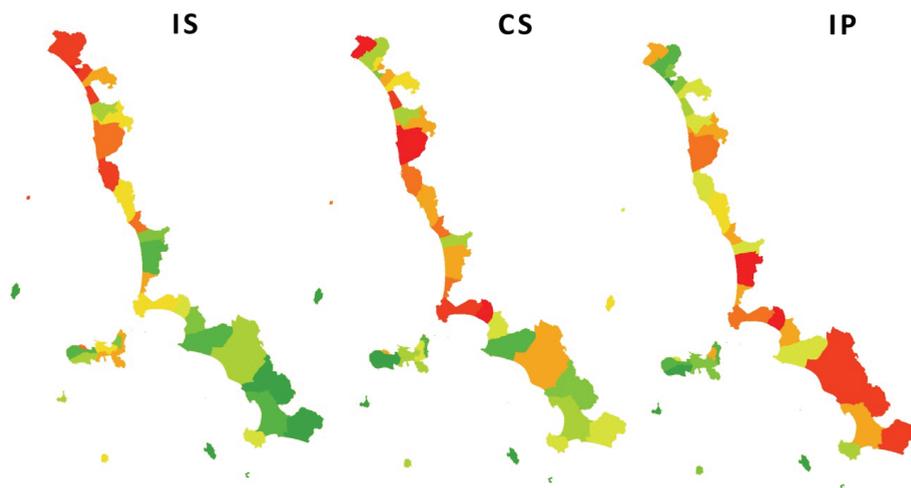


Figura 8- Confronto tra i tre indici IS (impegno di suolo), CS (consumo di suolo) e IP (pressione insediativa) per i comuni della costa toscana. Scala di colori dal giallo (valori più bassi) al rosso (valori più alti).

	<i>indice pressione</i>	<i>indice impegno suolo</i>	<i>indice consumo suolo</i>
Follonica	0,0747	0,1393	0,0101
Castagneto Carducci	0,0705	0,0752	0,0050
Magliano in Toscana	0,0581	0,0328	0,0018
Capalbio	0,0566	0,0475	0,0026
Grosseto	0,0565	0,0981	0,0053
Livorno	0,0219	0,3220	0,0069
Massa	0,0064	0,3098	0,0020
Forte dei Marmi	0,0019	0,8372	0,0016

Tabella 9 - Indici di impegno di suolo, consumo di suolo e pressione insediativa di alcuni comuni della costa toscana.

Conclusioni e prospettive di ricerca

Considerazioni di tipo quantitativo sull'artificializzazione dei suoli, attraverso l'interpretazione di specifici indici come quelli utilizzati in questo contesto, sono senza dubbio un utile strumento per localizzare e valutare fenomeni, più o meno evidenti, di consumo di suolo. Queste valutazioni aprono nuovi scenari sulla comprensione delle dinamiche in atto nei nostri territori soprattutto alla luce di quelle che sono le politiche di gestione dei processi di pianificazione alla scala regionale, ma anche comunale.

In quest'ottica portiamo ad esempio, come possibile tema di approfondimento, lo studio delle diverse "forme" del consumo del suolo.

Le prime riflessioni che vogliamo condividere sono relative a due indicatori di forma MPS (*Mean Patch Size*) e MedPS (*Median Patch Size*), applicati sempre nel contesto della costa toscana per i comuni di Magliano in Toscana e Pisa, che valutano le aree artificializzate in base alla loro dimensione media e mediana (Tabella 10).

	MPS (ha)	MedPS (ha)
Magliano in Toscana	2.096	859
Pisa	15.847	6.389

Tabella 10 - Indici di dimensione MPS e MedPS.

La lettura dei dati riferiti alla dimensione media delle aree di artificializzazione, ma soprattutto il dato della mediana delle superfici che rappresenta la soglia dimensionale del 50% delle aree artificializzate per ciascun comune, può evidenziare nei due territori una diversa gestione dei processi di pianificazione urbana e territoriale. Nel caso di Magliano in Toscana, infatti, interventi dalle dimensioni contenute sono tipicamente riferibili dall'utilizzo dell'istituto dell'intervento diretto, mentre le grandi dimensioni relative alle aree di trasformazione di Pisa sono il tipico esempio di processi di pianificazione attuativa (Figura 11).

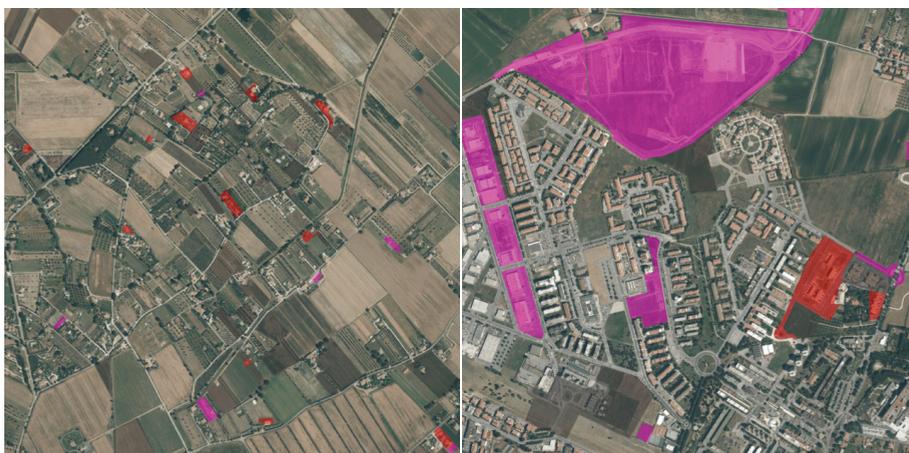


Figura 11 - A sinistra un esempio di pianificazione attraverso intervento diretto (Castiglione della Pescaia), a destra attraverso pianificazione attuativa (Grosseto).

Bibliografia

Bossard M, Feranec J, Otahel J. (2000), *CORINE Land Cover Technical Guidelines – Addendum 2000*, European Environment Agency
 Commissione Europea (2007), *Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)*
 EEA (2006), *CORINE Land Cover, Technical Guideline*, European Environment Agency
 EEA (2001), *Changes Classification: Land Cover Flows*, European Environment Agency
 Rossi R, Merendi G.A, Vinci A. (1994), *Sistemi di Paesaggio della Toscana*, Giunta Regionale della Toscana, Firenze.
 Sestini A. (1963), “Il Paesaggio”, *Conosci l'Italia*, 7, Touring Club Italiano, Milano