



Unione europea  
Fondo sociale europeo



MINISTERO DEL LAVORO  
E DELLE POLITICHE SOCIALI  
Direzione Generale per le Politiche  
Attive e Passive del Lavoro



Programma Operativo Nazionale "Governance e Azioni di Sistema"  
FSE 2007-2013

Linee guida in materia di Sviluppo Sostenibile

# I CAMBIAMENTI CLIMATICI TRA MITIGAZIONE E ADATTAMENTO

## Politiche e scenari per lo sviluppo sostenibile dei territori delle Regioni Obiettivo Convergenza 2007-2013



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

**PON Governance e Azioni di Sistema 2007-2013**



AZIONI ORIZZONTALI  
PER L'INTEGRAZIONE AMBIENTALE



Unione europea  
Fondo sociale europeo



MINISTERO DEL LAVORO  
E DELLE POLITICHE SOCIALI

Direzione Generale per le Politiche  
Attive e Passive del Lavoro



Programma Operativo Nazionale "Governance e Azioni di Sistema"  
FSE 2007-2013

Linee guida in materia di sviluppo sostenibile

I CAMBIAMENTI CLIMATICI  
TRA MITIGAZIONE E ADATTAMENTO  
Politiche e scenari per lo sviluppo sostenibile  
dei territori delle Regioni  
Obiettivo Convergenza 2007-2013

Ottobre 2012



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

PON Governance e Azioni di Sistema 2007-2013



AZIONI ORIZZONTALI  
PER L'INTEGRAZIONE AMBIENTALE

Programma Operativo Nazionale "Governance e Azioni di Sistema"  
FSE 2007-2013

Linee guida in materia di sviluppo sostenibile

I CAMBIAMENTI CLIMATICI TRA MITIGAZIONE E ADATTAMENTO

Politiche e scenari per lo sviluppo sostenibile dei territori delle Regioni Obiettivo Convergenza 2007-2013

Giovanni Brunelli

*Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare  
Responsabile di Progetto*

Francesco Buoncompagni

*Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare  
Coordinamento scientifico, redazione testi e curatela editoriale*

Gruppo di Lavoro Sogesid SpA

*Redazione testi, supporto scientifico e alla curatela editoriale*

<b>Prefazione</b>	5
M. Grillo	
<b>Introduzione</b>	7
<b>1. Il clima che cambia</b>	
L. Mercalli	11
<b>2. La conoscenza dello stato dell'ambiente come supporto al governo dei cambiamenti</b>	
M. Ioannilli	21
<b>3. I cambiamenti climatici nelle politiche per lo sviluppo territoriale</b>	
P. Fighera – E. Manti	35
<b>4. Il ruolo degli Enti locali nella lotta al cambiamento climatico</b>	
A. Lumericisi	49
G. Galotti	51
<b>5. Alcuni settori chiave per lo sviluppo sostenibile nelle Regioni obiettivo Convergenza</b>	
<i>Sviluppo sostenibile e attività produttive</i>	
M. Cellura	59
P. Gurisatti	62
A. Valitutti	67
<i>Sviluppo sostenibile nelle città</i>	
D. Bazzini	73
F. Fazio	77
G. Di Salvo	85
A. Fidanza	89
A. Lumericisi – V. Ruaro	93
P. Pileri	99
A. Valitutti	108
<i>Uso sostenibile delle risorse idriche</i>	
A. de Carli	113
<i>Sviluppo sostenibile e mobilità</i>	
C. Carminucci	119
F. Petracchini	123
<b>6. Considerazioni conclusive</b>	127

## CAPITOLO 2

### 2. La conoscenza dello stato dell'ambiente come supporto al governo dei cambiamenti

*In questo capitolo, attraverso il contributo di Maria Ioannilli, si affronta il tema della conoscenza dello stato dell'ambiente per la gestione sostenibile del territorio, o meglio del sistema territoriale, finalizzata ad un corretto governo dei cambiamenti.*

#### **Maria Ioannilli**

*Dipartimento di Ingegneria Civile e Ingegneria Informatica  
Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"*

#### **Premessa**

Per poter affrontare il tema della conoscenza a supporto della gestione sostenibile del sistema territoriale è necessario chiarire, anche se in forma molto sintetica e per alcuni versi approssimata, alcuni concetti che concorrono a determinare i requisiti che devono essere assicurati per garantire l'efficacia dei processi conoscitivi rispetto all'obiettivo. Ci si riferisce, in particolare, al concetto di territorio, al concetto di sistema e a quello di governo dei cambiamenti. Essi sembrano avere un contenuto del tutto intuitivo ma, se analizzati in chiave direttamente riferibile al problema della conoscenza, possono fornire utili spunti di riflessione in grado, forse, di definire nuovi approcci allo studio del territorio.

#### **Concetti di riferimento**

##### **Il concetto di territorio**

Il concetto di territorio è determinato all'interno delle diverse discipline che lo assumono come campo di studio. In biologia è lo spazio (il luogo) le cui caratteristiche fisiche o abiotiche, possono permettere ad una data specie di vivere e svilupparsi. E essenzialmente l'ambiente che può circondare una popolazione di una specie (habitat).

In politica un territorio è una porzione di spazio (un luogo) che ricade nella giurisdizione di un'autorità governativa.

In economia è uno spazio (un luogo) all'interno del quale si manifestano le relazioni tra persone, imprese, enti ed altri operatori economici che agiscono svolgendo quattro funzioni fondamentali: produzione, consumo, accumulazione e distribuzione del reddito e della ricchezza (quale è il territorio economico italiano in una economia globalizzata?).

Nella geografia umana o antropica il territorio è un "artefatto sociale derivato dai processi umani di territorializzazione" [Raffestin, 1981]. In questa definizione, che per brevità di spazio non è possibile argomentare, si postula una significativa differenza tra il concetto di spazio e quello di territorio [Turco, 1998].

- *Spazio: indica un'estensione della superficie terrestre dotata di attributi fisici.*
- *Territorio: uno spazio sul quale si è esercitato un lavoro umano finalizzato ad un controllo pratico dello spazio esterno al sistema sociale di riferimento.*
- *Territorializzazione: il processo attraverso cui lo spazio è trasformato in territorio. Questo processo è considerato come esito dell'agire collettivo, quindi socialmente mediato e normato. Inoltre, poiché esso rappresenta una condizione riproduttiva del sistema sociale di cui fa parte, possiederà le caratteristiche fondamentali della logica sociale in cui è incorporato.*

Da queste definizioni discendono due conseguenze molto rilevanti.

La prima è che, essendo i processi di territorializzazione direttamente discendenti dalle caratteristiche (culturali, economiche, tecnologiche) del sistema sociale che li attua, non è possibile parlare di territorio in maniera astratta, assumendone cioè caratteristiche di esistenza e di evoluzione definite a priori. In termini molto concreti questo significa che quando noi affrontiamo il problema del governo del territorio dobbiamo riferirci in maniera molto stringente ai modelli (normativi e comportamentali) che il nostro specifico sistema sociale

adotta per regolare i propri rapporti con il sistema ambientale. È evidente che questo assunto pone dei problemi non irrilevanti rispetto alla questione dello studio e della valutazione dei processi di trasformazione del territorio, dovendosi preliminarmente determinare il sistema dei valori che rende significative le metriche che si intende adottare. Per chiarire questo concetto si pensi, ad esempio, al problema della valutazione della sostenibilità dello sviluppo; nel mondo occidentale una misura comunemente adottata in questa prospettiva è quella relativa alla diminuzione dei consumi energetici; potremmo adottare la stessa metrica nei confronti dei paesi in via di sviluppo?

La seconda è che il territorio non è mai un contemporaneo dei processi che regolano le relazioni tra uomo e ambiente, ma piuttosto esso è l'esito di processi che si sono svolti in un tempo precedente. In altre parole ciò indica che le modalità con cui le società regolano le proprie relazioni con l'ambiente nel momento presente condizionano il "territorio" del tempo futuro<sup>3</sup>.

Assumere questa prospettiva produce rilevanti esiti rispetto all'approccio conoscitivo che noi dobbiamo adottare per governare i cambiamenti in una prospettiva di sostenibilità, poiché sposta l'attenzione dallo studio dell'oggi all'analisi degli effetti futuri di ciò che oggi regola il nostro rapporto con il territorio.

## Il territorio come sistema

Usualmente, ed erroneamente, il termine "insieme" ed il termine "sistema" vengono utilizzati in modo intercambiabile. J.W. Forrester, uno dei padri fondatori della moderna disciplina di "analisi dei sistemi", fornisce la seguente definizione [Forrester, 1971]: *"il sistema è un insieme organizzato di parti cooperanti per uno scopo comune"*.

In questa definizione si evidenzia una sostanziale differenza tra il concetto di insieme ed il concetto di sistema; tale differenza risiede nel fatto che in un sistema (a differenza degli insiemi) esiste una struttura che organizza le parti, e l'organizzazione è ciò che permette alle parti stesse di cooperare affinché il sistema evolva (i musicisti sono un insieme; un'orchestra è un sistema). L'organizzazione rappresenta il principio essenziale di un sistema, ed essa permette al sistema di esistere come elemento unitario nel tempo.

Questo significa che il tutto (il sistema) è diverso dalla somma delle parti che lo compongono (l'insieme). In un sistema il comportamento di una componente influenza / può influenzare sia il comportamento di altre componenti ad essa fisicamente o funzionalmente connesse, che il comportamento del sistema nel suo complesso. D'altro canto, specifiche configurazioni assunte dal sistema in un dato tempo hanno la capacità di condizionare il comportamento di alcune delle componenti in esso presenti.

Sono quindi le interazioni tra le componenti a determinare il comportamento collettivo del sistema.

Per poter analizzare un sistema è necessario che esso sia determinato in termini di componenti, di relazioni tra le componenti e di leggi che regolano tali relazioni.

Assumendo un approccio sistemico il problema della conoscenza si sposta dallo studio della singola componente (che pure deve essere analizzata) allo studio delle modalità con cui quella componente interagisce con altre componenti del sistema per determinarne la configurazione complessiva.

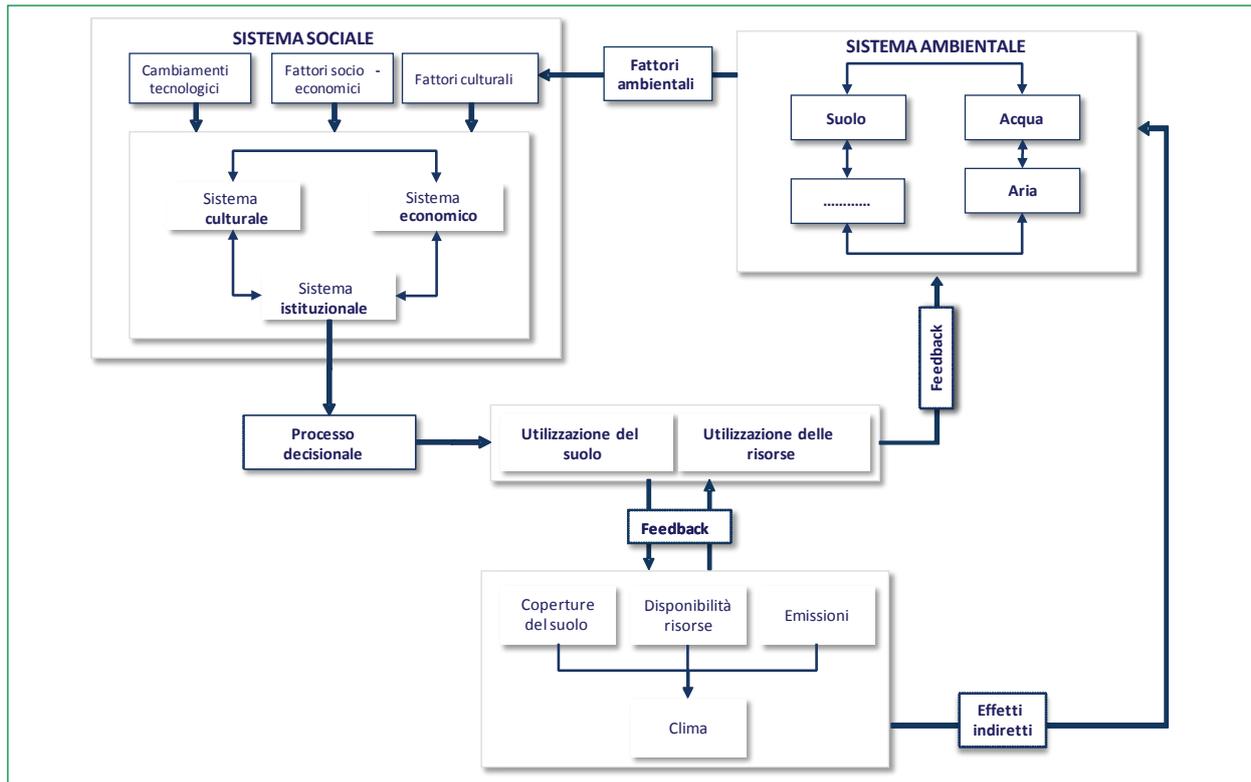
Volendo definire secondo un approccio sistemico il concetto di territorio, potremmo qualificarlo nel seguente modo: complesso delle componenti (umane e ambientali) che interagiscono all'interno di uno spazio fisico stabilendo delle relazioni orizzontali (funzionali) e verticali (fisiche) per permettere al sistema territoriale di evolvere.

Le componenti del sistema territoriale (umana e ambientale) possono a loro volta essere viste come sistemi di sistemi all'interno dei quali interagiscono, secondo regole variabili nel tempo, specifiche componenti.

In un piuttosto recente approccio di tipo ecologico [Cashdan, 1983], la componente umana (il sistema sociale) è descritta mediante la sua articolazione in componenti raggruppate all'interno di quattro sottosistemi fortemente interrelati tra loro e che, complessivamente, determinano il comportamento del Sistema Sociale nel suo complesso. Tali sottosistemi sono quelli: culturale, economico, istituzionale e tecnologico. Ciascuno di essi si manifesta a sua volta come sistema complesso, costituito cioè da una molteplicità di componenti variamente relazionate.

Analogamente, il Sistema Ambientale è definibile come sistema di componenti analizzabili, a loro volta, come (sotto)sistemi; anche in questo caso ciascun sottosistema è costituito da una molteplicità di componenti interagenti tra loro, ed anche in questo caso possiamo parlare di relazioni orizzontali che legano le diverse componenti ed influenzano la configurazione complessiva del Sistema Ambientale.

3 La geografia antropica pone il "l'uomo" al centro di ogni rappresentazione territoriale e, allo stesso modo, considera il territorio solo ed esclusivamente in relazione all'individuo; questo approccio "antropocentrico" è stato ampiamente superato a partire dagli anni ottanta, a favore di una "geografia culturale" che ha ri-mappato gli assunti della geografia antropica in una prospettiva più ampia e comprensiva. Il concetto di territorialità, tuttavia, conserva il suo valore proprio per l'esplicitazione del carattere diacronico che caratterizza i processi di uso del territorio rispetto alla configurazione del territorio stesso.



**Figura 1** - Il funzionamento del Sistema Territoriale

Le interazioni tra questi due sistemi sono costituite, in generale, dai processi di utilizzazione, da parte dell'uomo, delle risorse che costituiscono il Sistema Ambientale. La manifestazione più evidente di tali processi di interazione è quella che si manifesta in relazione alle "utilizzazioni dei suoli".

È però evidente che i processi di feedback provenienti dal Sistema Ambientale (che viene trasformato dall'intervento umano ma anche da fattori propri) possono fornire delle indicazioni al Sistema Sociale che, in conseguenza della rilevanza che ai singoli fattori viene riconosciuta, li utilizza per influenzare le proprie modalità di relazionamento con il Sistema Ambientale stesso.

Le leggi che regolano le interazioni tra il Sistema Sociale ed il Sistema Ambientale sono normalmente definite all'interno di riferimenti (ordinamentali o regolamentari) che trovano il loro fondamento nella legislazione; essi sono fortemente dipendenti dalle caratteristiche del Sistema Sociale che li origina e possono quindi variare nel tempo.

Gli strumenti operativi mediante cui si esprimono le relazioni tra il Sistema Sociale ed il Sistema Ambientale assumono di norma (nel nostro contesto specifico) la forma di Piani o di Programmi. Tali strumenti contengono e documentano le decisioni pubbliche che complessivamente realizzano quello che comunemente chiamiamo processo di gestione del territorio.

## I processi di gestione del territorio

Per gestione del territorio intendiamo, normalmente, una attività istituzionale (politica ed amministrativa) volta a regolare la tutela, l'uso, la trasformazione e la valorizzazione del territorio e dei beni (ambientali, culturali e sociali) in esso contenuti. Tale attività non deve essere intesa come un'implementazione istantanea di una decisione pubblica, assunta a seguito dell'iscrizione nell'agenda politica di un problema riconosciuto come rilevante per la collettività. Essa, al contrario, si attua mediante modalità complesse che la qualificano in termini di processo e cioè come "complesso di attività", tra loro correlate, finalizzate alla realizzazione di un risultato definito e misurabile. I processi sono di norma orientati da obiettivi, sono strutturati in sottoprocessi e sono messi in atto da una pluralità di soggetti che a diverso titolo (con diverse competenze) intervengono nei processi stessi.

Le attività che articolano un processo di gestione del territorio sono, in linea di principio, le seguenti:

- attività conoscitiva
- predisposizione di indirizzi
- apposizione di vincoli

- pianificazione
- valutazione ex-ante
- programmazione
- attuazione
- monitoraggio & valutazione ex-post.

Ciò implica che l'assunzione e l'implementazione di una qualsiasi decisione che concerne la trasformazione, la tutela o la valorizzazione del territorio è di norma attuata attraverso molte fasi (e tempi) distinte che, come vedremo tra poco, possono essere operate anche da soggetti diversi. Ciascuna di queste attività necessita, per essere implementata, di un proprio supporto conoscitivo, fortemente connesso allo specifico obiettivo assunto nel generale processo di gestione.

### Complessità del processo decisionale pubblico. Interdipendenza dei processi

Un processo decisionale pubblico, ed in particolare i processi che concernono la gestione del territorio, sono connotati da una intrinseca complessità dovuta ad un insieme di fattori concorrenti. Il primo di tali fattori risiede nella disarticolazione delle competenze, in gran parte connesse all'architettura istituzionale che caratterizza il nostro Paese, che produce una compartecipazione di soggetti ed enti diversi ad un singolo processo decisionale.

Tale disarticolazione è stata in qualche modo accentuata nel corso del 2001, anno in cui è stato modificato il Titolo V della Parte Seconda della Costituzione Italiana (ossia la parte dedicata a Comuni, Province e Regioni) attraverso la riscrittura di molti articoli e l'introduzione di nuove norme che hanno determinato un sostanziale ampliamento dei compiti e delle funzioni attribuite a questi soggetti.

Un esempio utile a documentare la disarticolazione delle competenze a processi orientati al perseguimento di obiettivi di tutela del territorio è costituito dal Decreto Legislativo 03/04/2006 n. 152 (Testo Unico Ambientale). Analizzando questo testo, infatti, si può rilevare la molteplicità dei soggetti chiamati, a qualsiasi titolo, ad intervenire in una delle materie regolate dal Testo stesso (acque, suoli, rifiuti, ecc.) e come le competenze attribuite a ciascuno di essi siano, in alcuni casi, addirittura sovrapposte.

Lo schema di Figura 2 dà conto (parziale) di tali intersezioni di compiti in riferimento alla sola Parte Terza del Testo, concernente le "Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche".



**Figura 2** - Distribuzione delle competenze all'interno di un processo decisionale pubblico

La disarticolazione delle competenze produce una forte interdipendenza dei processi decisionali pubblici, ed in particolare di quelli connessi alla gestione del territorio.

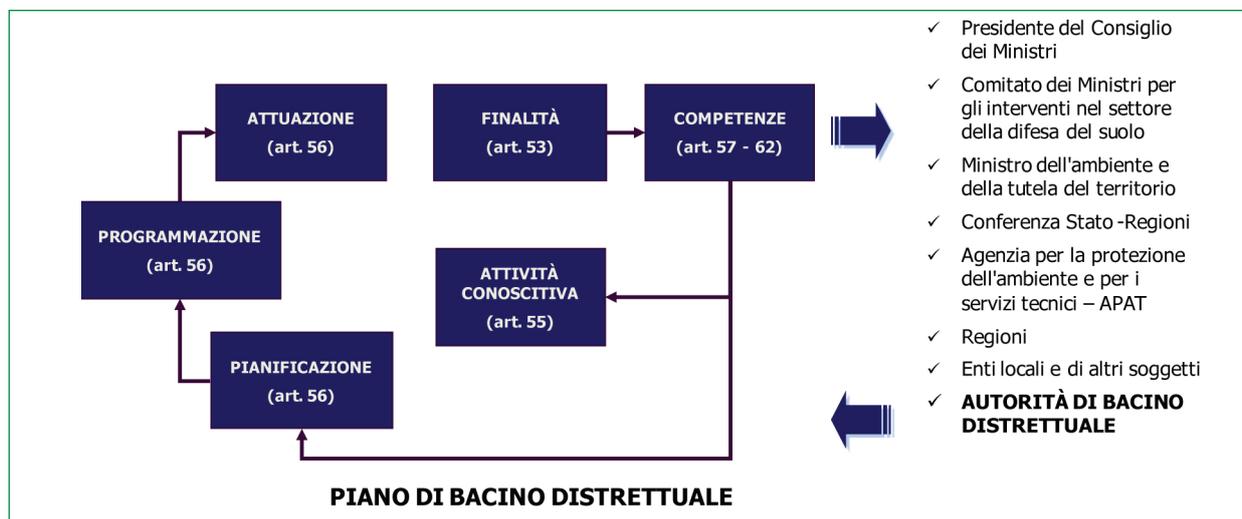
Sempre citando il Testo Unico Ambientale, è possibile illustrare il concetto di interdipendenza riferendoci ancora alla difesa del suolo. Nella norma, a questo proposito, si cita (Art. 53 – Finalità).

*"1. Le disposizioni di cui alla presente sezione sono volte ad assicurare la tutela ed il risanamento del suolo e del sottosuolo, il risanamento idrogeologico del territorio tramite la prevenzione dei fenomeni di dissesto, la messa in sicurezza delle situazioni a rischio e la lotta alla desertificazione"*

Se si legge l'articolato della Parte Terza del Testo, si identifica un unico soggetto a cui sembra essere attribuita la competenza di pianificazione, programmazione ed attuazione degli interventi necessari a perseguire

gli obiettivi di cui all'Art. 53 comma 1. Tale soggetto è l'Autorità di Bacino Distrettuale che, per perseguire i suoi compiti, redige il Piano di Bacino Distrettuale (Art. 65 - Valore, finalità e contenuti del piano di bacino distrettuale).

"1. Il Piano di bacino distrettuale, di seguito Piano di bacino, ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ed alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato."



**Figura 3** - DL 152/ 2006 Parte III: le competenze delle Autorità di Bacino

Se però si torna a leggere l'Art. 53 (comma 3), e gli articoli dal 57 al 62, si scopre che i soggetti chiamati a concorrere all'interno dei processi di pianificazione, programmazione ed attuazione degli interventi sono molteplici, con competenze molto distribuite.

"3. Alla realizzazione delle attività previste al comma 1 concorrono, secondo le rispettive competenze, lo Stato, le regioni a statuto speciale ed ordinario, le province autonome di Trento e di Bolzano, le province, i comuni e le comunità montane e i consorzi di bonifica e di irrigazione."

Ne consegue un quadro di competenze, rispetto all'obiettivo generale di tutela e risanamento del suolo enunciato all'art. 53, molto più complesso di quello che sembrava emergere alla lettura dei compiti affidati all'Autorità di Bacino Distrettuale.

Inoltre, adottando l'approccio sistemico prima descritto, ci si accorge che altri soggetti (ad esempio gli Assessorati Regionali competenti in materie rilevanti ai fini della tutela del suolo) intervengono nel garantire o rendere critico il perseguimento dell'obiettivo generale, pur non essendo menzionati nella norma generale. La successiva Figura 4 cerca di illustrare, in maniera molto schematica, il quadro delle competenze risultanti dalla lettura del Testo Unico, avendo peraltro aggiunto ad esso le competenze regionali rilevanti (rappresentate in rosso nella figura).

Da quanto descritto emerge come la funzione di regolazione del territorio, lontana dall'essere determinata in maniera unitaria, risulti invece distribuita:

- orizzontalmente (diversi soggetti che allo stesso livello territoriale governano diverse componenti del sistema);
- verticalmente (diversi soggetti che a livelli territoriali diversi intervengono sulla stessa parte di territorio e, a volte, sulle stesse componenti).

La connotazione di interdipendenza dei processi di gestione del territorio richiede che la conoscenza e gli strumenti di supporto siano sempre più in grado di corrispondere ai modelli organizzativi e di processo che gli Enti adottano. Essi devono cioè essere in grado di "adattarsi" ai contesti decisionali per i quali sono realizzati, tenendo conto che tali contesti sono in generale:

- caratterizzati da forte autonomia;
- orientati da specifici obiettivi;
- dotati di requisiti operativi specifici.

In altre parole, i sistemi di supporto alle decisioni devono sostenere, oltre che singoli processi di gestione, anche la strutturazione sistemica di insiemi di processi mediante:

- il miglioramento dei flussi informativi tra processi;
- l'integrazione di specifiche componenti modellistiche e/o operative dei singoli processi all'interno di frameworks complessi di analisi.

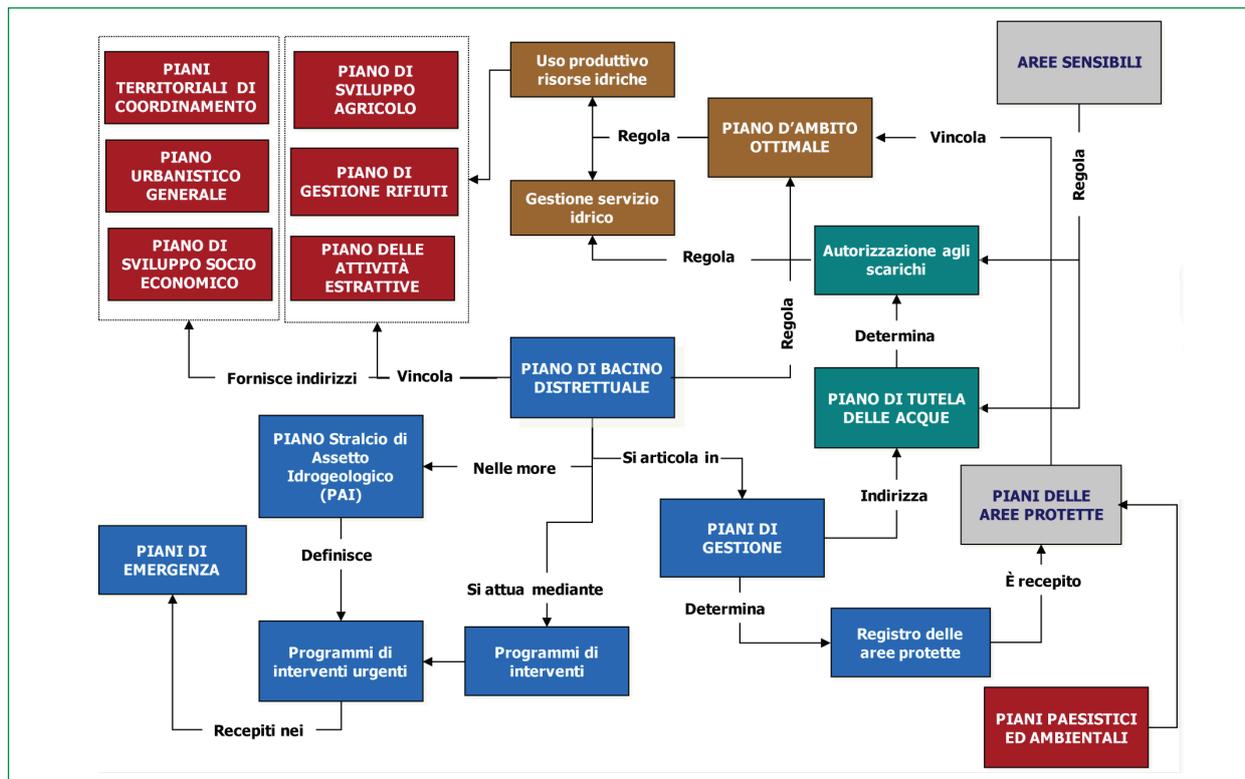


Figura 4 - La distribuzione delle competenze in materia di tutela e risanamento del suolo

### Complessità dimensionale e funzionale dei fenomeni gestiti

Un aspetto di complessità dei processi di gestione del territorio che comunque non va trascurato è quello legato alla caratterizzazione dimensionale dei fenomeni.

La maggior parte dei fenomeni territoriali di interesse si manifesta infatti all'interno di aree urbane che tendono sempre più a trasformarsi in megalopoli, o in territori che tendono ad urbanizzarsi senza soluzioni di continuità. La caratteristica dimensionale dei fenomeni territoriali ed urbani limita la possibilità di misurare in maniera diretta e puntuale tali fenomeni, e quindi di descriverli tanto nella loro configurazione che nei loro processi di modificazione.

Per sopperire a tale difficoltà si è quindi costretti ad utilizzare metriche ed indicatori applicati a fonti di dati indirette; questo implica però che, preliminarmente alla conduzione degli studi venga effettuata una valutazione della significatività (rispetto al fenomeno analizzato) delle fonti informative disponibili.

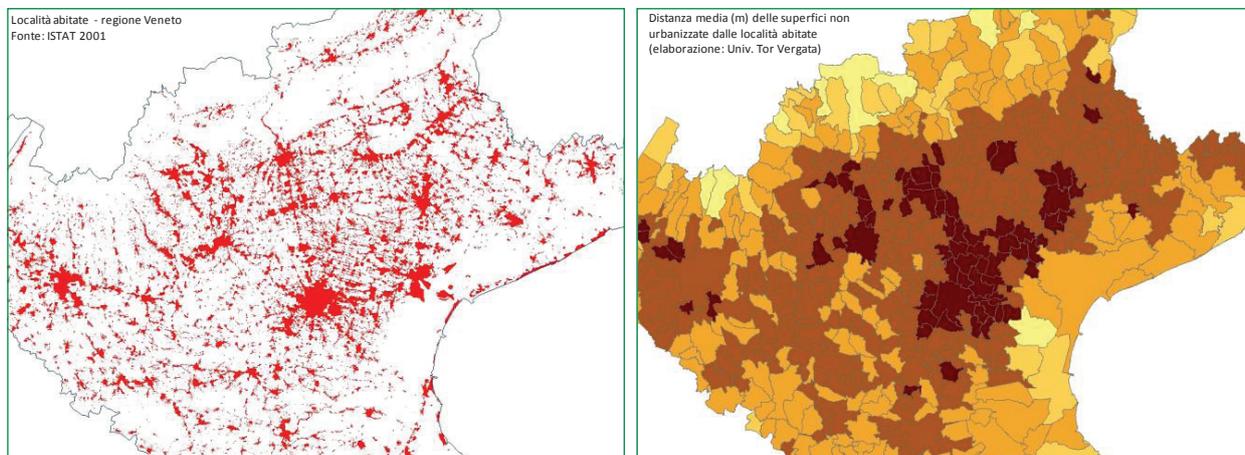


Figura 5 - Il fenomeno dell'urbanizzazione in Veneto

## Approccio Settoriale vs Approccio Sistemico

Tradizionalmente i processi di gestione del territorio sono stati caratterizzati (ed in parte ancora lo sono) da approcci di tipo "Settoriale".

L'approccio settoriale implica che le diverse componenti del sistema territoriale a cui si applicano i processi di gestione vengono trattate come sottoinsiemi chiusi del sistema.

In questo approccio, l'oggetto di interesse del processo di gestione è costituito dall'insieme degli elementi direttamente riferibili alla componente di interesse (ad esempio i fattori causali di un fenomeno).

La cognizione del territorio come elemento unitario e irripetibile ha modificato (o sta modificando) radicalmente l'approccio alla gestione, spostandolo sempre di più verso una visione "sistemica". Adottare un approccio sistemico implica il riconoscimento che:

- la modificazione di una delle componenti del sistema territoriale induce o può indurre dei cambiamenti anche sulle componenti ad essa relazionate (fisicamente o funzionalmente),
- la capacità di interagire delle componenti del sistema territoriale può amplificare gli effetti di una singola modificazione o può modificare (in maniera non attesa) la configurazione del sistema nel suo complesso.

Adottare un approccio sistemico alla gestione del territorio significa quindi pensare a processi che includano, tra gli elementi di loro interesse, tanto le componenti caratterizzanti il fenomeno che il processo stesso tende a regolare, sia quelle fisicamente o funzionalmente legate ad esse, in quanto in grado di condizionare o di essere condizionate dalla modificazione oggetto della gestione.

Per chiarire questo concetto utilizzeremo il caso delle zone marine protette.

Nel documento "10 messages for 2010 Coastal ecosystems" della EEA si legge:

*"Multiple pressures affect coastal ecosystems .... destruction and degradation of coastal habitats, pollution .... Climate change and invasive species, overexploitation of key fish stocks, erosion"*

Nella cognizione comune, i fattori di pressione dipendono:

- da come viene gestita l'area di interfaccia mare - terra (utilizzazione turistica delle coste, realizzazione di infrastrutture, ecc.);
- da come viene gestita la risorsa marina (pesca, utilizzazione turistica, utilizzazione commerciale, ecc.).

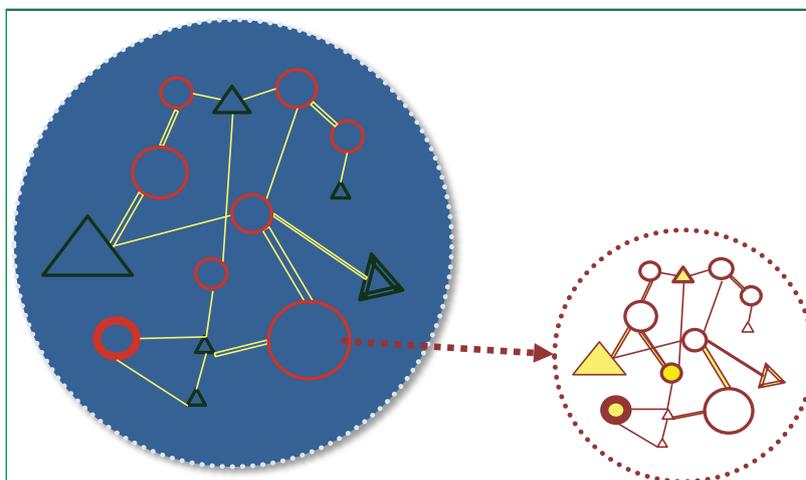
Ed infatti, i Piani di Gestione Integrata delle Zone Costiere (GIZC) limitano la loro area di intervento agli ambiti territoriali litoranei. Quelli riportati di seguito sono gli ambiti di intervento su cui, nella maggior parte dei Piani di Gestione sino ad oggi formulati, si concentra l'attenzione:

- Geologia, idrogeologia ed ingressione salina
- Problemi e Rischi di portualità, trasporto marittimo e navigazione
- Tutela ed allargamento degli habitat naturali (parchi costieri) e della biodiversità
- Turismo sostenibile
- Pesca ed acquacoltura
- Agricoltura sostenibile
- Urbanizzazione costiera e trasporto

In verità, le pressioni che si manifestano nelle aree costiere sono determinate, in misura molto consistente, da come viene utilizzata l'area dei bacini idrografici collocati a monte delle zone stesse.

Infatti:

- la presenza di invasi e sbarramenti idraulici modifica l'apporto solido dei corsi d'acqua, provocando i fenomeni erosivi;
- la contaminazione dei corpi idrici e dei suoli nei bacini idrografici contribuisce in maniera molto consistente ai fenomeni di inquinamento delle aree marine;
- la modificazione dei livelli di permeabilità dei suoli nei bacini idrografici modifica il regime degli afflussi alla foce dei fiumi.



**Figura 6** - L'approccio settoriale al governo del territorio

Dal punto di vista conoscitivo, adottare un approccio sistemico alla gestione del territorio implica l'introduzione di elevati livelli di complessità nell'analisi. L'aspetto più critico, in questa prospettiva, risiede sicuramente nel riuscire a descrivere in termini sistemici il fenomeno che si intende gestire, poiché questo richiede una stretta interconnessione disciplinare che, allo stato attuale, sembra essere molto debole. L'analisi sistemica dei fenomeni territoriali, infatti, necessita che si tenga conto tanto delle grandezze utili ad illustrare lo stato delle singole componenti territoriali che compongono il sistema che, e soprattutto, delle modalità con cui esse interagiscono producendo specifiche configurazioni del sistema territoriale nel complesso. Questo secondo aspetto è ciò che postula il bisogno di integrazione delle competenze.

A questo proposito si può citare, a titolo di esempio, l'impatto sulla popolazione del fenomeno dell'inquinamento urbano, analizzato con lo scopo di determinare azioni sia di prevenzione che di mitigazione. Adottando un approccio sistemico, lo stato dell'inquinamento atmosferico dovrebbe essere descritto come risultato di un processo che comprende tutti i fenomeni a cui prendono parte le sostanze inquinanti, a partire dalla loro generazione fino all'espletamento della loro azione negativa sull'ecosistema.

Tale processo può essere schematicamente articolato in sub-processi:

- la formazione,
- l'emissione,
- la dispersione e
- l'azione delle sostanze inquinanti.

È evidente che per descrivere in maniera esaustiva il sistema, ed in particolare per illustrarne la dinamica di funzionamento (come si formano le sostanze inquinanti, chi le emette, come esse si disperdono nell'aria, come agiscono le sostanze inquinanti sul benessere della popolazione) sarebbe necessario chiamare a raccolta molte competenze diverse, ma soprattutto sarebbe necessario che ogni disciplina fosse in grado di adattare la propria specificità alla finalità comune dell'analisi.

### **La conoscenza e gli strumenti a supporto del governo dei cambiamenti**

Proviamo ora a portare a sintesi tutte le considerazioni sin qui svolte, cercando di coniugarle in termini di strumenti e conoscenza idonea a supportare i processi di gestione sostenibile del territorio e, quindi, di detrarne le principali (ma non esaustive) conseguenze.

#### **Modellazione**

Abbiamo visto come le trasformazioni dei sistemi territoriali siano il risultato di un sistema molto complesso di interazioni tra Sistema Sociale e Sistema Ambientale, differenziato nello spazio e nel tempo.

La gestione (l'analisi, la previsione, il controllo) delle trasformazioni non può essere (nella pratica) condotta senza effettuare delle semplificazioni di questa complessità, in modo da renderla comprensibile.

Per rispondere a questo bisogno (la riduzione della complessità del sistema territoriale che si intende controllare), abbiamo a disposizione strumenti di "rappresentazione" della complessità territoriale che vanno sotto il nome di "modelli" i quali, adottando una definizione molto generale, possono essere visti come formulazioni semplificate e generalizzate di quelle che sembrano essere le caratteristiche principali di una situazione reale. Un modello è dunque una astrazione della realtà usata per raggiungere la massima chiarezza concettuale, per ridurre cioè la varietà e complessità del mondo reale a un livello che la renda operabile dal punto di vista conoscitivo.

Il valore di un modello consiste nel fatto che esso può essere usato per migliorare la conoscenza dei modi secondo i quali si comporta un sistema quando non è possibile, per motivi tecnici, economici, politici o morali, costruire o sperimentare agendo direttamente sulla realtà.

Un modello consente l'esame delle possibili conseguenze di decisioni alternative e successivamente la scelta di quelle che sembrano procurare i maggiori benefici.

Dal punto di vista del processo di gestione delle trasformazioni territoriali, quindi, i modelli possono essere utilizzati per descrivere le relazioni (geografiche e temporali) tra una causa di trasformazione e l'effetto che essa induce sul sistema territoriale. I modelli, inoltre possono essere utilizzati per interpretare alcuni comportamenti di diverse componenti del sistema territoriale, osservati empiricamente.

Un esempio di come i modelli possano essere utilizzati per supportare il governo di fenomeni complessi è quello relativo alla gestione dei rifiuti, campo in cui si misura l'efficienza ambientale di un processo di gestione territoriale.

È infatti di cognizione comune che il riciclo dei rifiuti produce benefici sia in termini di risparmi energetici che di mancate emissioni climalteranti.

Sotto l'aspetto energetico, infatti, il riciclo svolge un ruolo quantitativamente significativo, dimensionabile numericamente, perché:

- la produzione a base di materie seconde determina una forte riduzione dei consumi di energia primaria;
- il recupero di rifiuti può essere una fonte energetica rinnovabile o, se contiene prodotti di sintesi, una fonte energetica alternativa e sostitutiva di fonti più inquinanti.



Ad ogni componente di sistema corrispondono infatti dei costi unitari (economici ed ambientali) analiticamente descrivibili. In relazione al modello illustrato in Figura 7, le voci di costo sono così riassunte [Ioannilli, 2012].

0	Impianto del servizio
1	Raccolta, che comprende
	• Kilometraggio
	• Turni
	• Manutenzioni
	• Pulizia
2	Trasporto
3	Prima selezione e riduzione volumetrica
4	Selezione
5	TMB
6	Produzione CDR
7	Compostaggio
8	Discarica
9	Termovalorizzazione
10	Incenerimento SRE
11	Riciclo

Si tenga conto che, variando la configurazione di una singola grandezza, si generano specifiche caratterizzazioni delle variabili che concorrono a determinare il funzionamento del sistema complessivo. Ad esempio, se si raccolgono le frazioni differenziate come multi-materiale, sarà necessario (per renderle riciclabili) sottoporle preliminarmente ad un processo di selezione il quale produrrà una certa quantità di scarti, variabile in funzione della modalità di raccolta adottata, in parte termovalorizzabili ed in parte da inviare a discarica. Utilizzando il modello proposto è dunque possibile comparare ipotesi decisionali alternative, valutandole rispetto al ciclo complessivo di gestione che ne discende ed utilizzando metriche monetarie od ambientali.

Costi (economici ed ambientali)		Raccolta PaP plastica	
		mono	multi
C1	costo di raccolta	✓	✓
C2	costo di trasferimento a piattaforma per la selezione e la riduzione volumetrica	✓	✓
C4	costo di selezione	✓	✓
C2	costo di trasporto degli scarti alla termovalorizzazione		✓
C9	costo di termovalorizzazione	✓	✓
C2	costo di trasporto delle frazioni non termovalorizzabili a discarica	✓	✓
C8	costo di discarica	✓	✓
C2	costo di trasporto verso impianti di stoccaggio	✓	✓
C2	costo di trasporto verso i riciclatori	✓	✓

**Figura 8** - Ipotesi alternative di raccolta dei rifiuti plastici con la modalità Porta a Porta (PaP)

Valutato in termini energetici, il bilancio complessivo risulta secondo la formulazione seguente, la quale utilizza come metrica il consumo energetico (espresso in termini di tep, ma esprimibile anche in termini di CO<sub>2</sub> emessa) associato a ciascuna componente di processo:

$$\mathbf{BPG} = - [\mathbf{CRC} + \mathbf{CTP} + \mathbf{CTMB} + \mathbf{CCOM} + \mathbf{CDIS} + \mathbf{CTER}] + [\mathbf{RDIS} + \mathbf{RTER}] + [\mathbf{RMAT}]$$

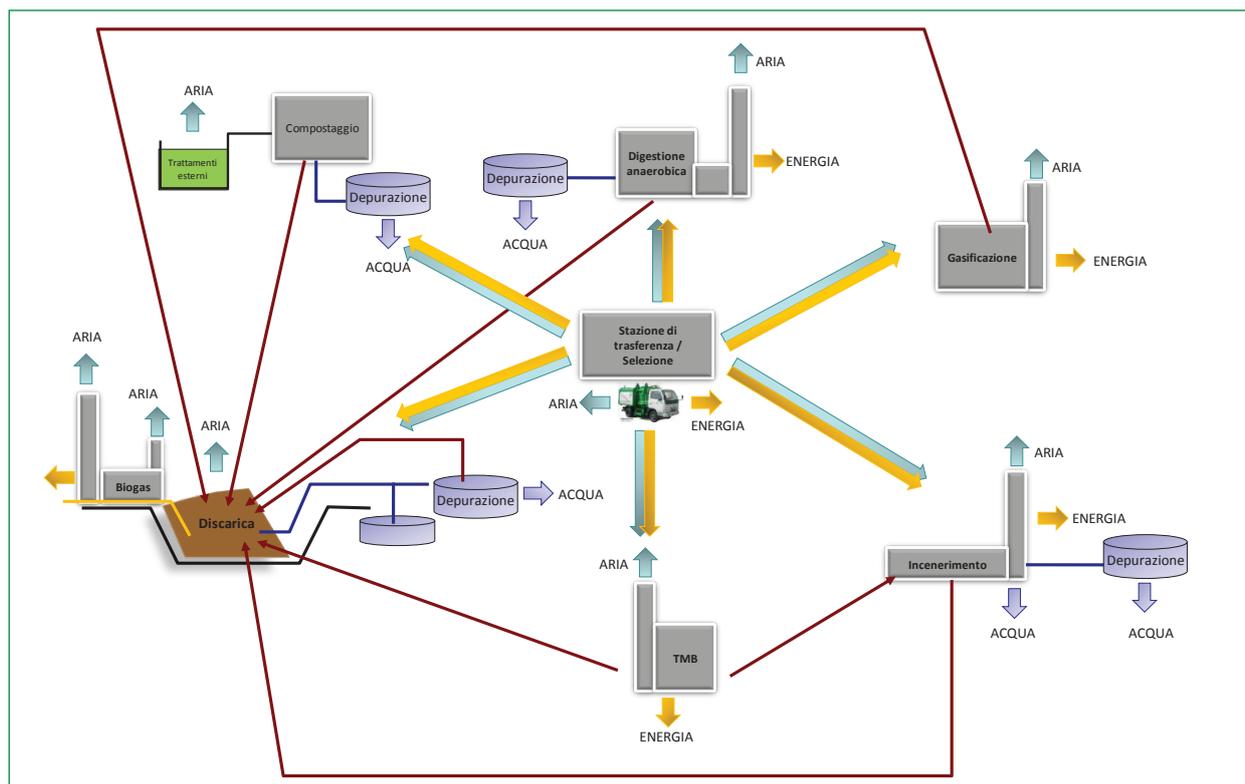
In cui:

BPG	bilancio del processo di gestione
CRC	consumo energetico associato alla raccolta del RU
CTP	consumo energetico associato al trasporto del RU e dei materiali a valle della raccolta
CTMB	consumo energetico associato ai trattamenti meccanico - biologici
CCOM	consumo energetico associato al compostaggio delle frazioni organiche del RU
CDIS	consumo energetico associato alla discarica
CTER	consumo energetico associato alla termovalorizzazione
RDIS	resa energetica derivata dalla discarica
RTER	resa energetica derivata dalla termovalorizzazione
RMAT	risparmio energetico connesso al recupero dei materiali

Nella formulazione del bilancio è ovviamente preso in considerazione il risparmio energetico connesso al recupero dei materiali, anch'esso fortemente dipendente dalla scelta decisionale adottata.

È del tutto evidente che, proprio per garantire un profilo di generalizzabilità che renda il modello applicabile a contesti operativi diversi, esso presenta (come del resto tutti i modelli di fenomeni complessi) profili di approssimazione che per alcuni aspetti potrebbero non risultare del tutto soddisfacenti. Tuttavia, nonostante eventuali elementi di criticità rintracciabili nei meccanismi di parametrizzazione, la disponibilità di un modello di valutazione di questo tipo permette di:

- rendere esplicito il carattere sistemico di un servizio di gestione dei rifiuti urbani, evidenziando analiticamente tutte le conseguenze operative che da esso discendono ed associando a ciascuna di esse una voce di costo o di ricavo;
- spostare il focus della valutazione economico ambientale dalla sola raccolta dei rifiuti all'intero processo che consegue alla raccolta stessa.



**Figura 9** - Costi ambientali connessi ad un ciclo di gestione dei rifiuti

## Le nuove fonti di dati e gli strumenti di elaborazione

Abbiamo parlato di complessità dimensionale dei fenomeni gestiti ed abbiamo visto come proprio questa caratteristica rappresenti un limite strutturale alla possibilità di misurare i fenomeni stessi.

Per superare questo limite, sempre più frequentemente occorre far ricorso all'utilizzazione di fonti indirette di dati da cui, per mezzo dello sviluppo ed implementazione di processi di elaborazione più o meno articolati, è possibile produrre nuovi elementi conoscitivi utilizzabili per descrivere (in tutto o in parte) i fenomeni di interesse.

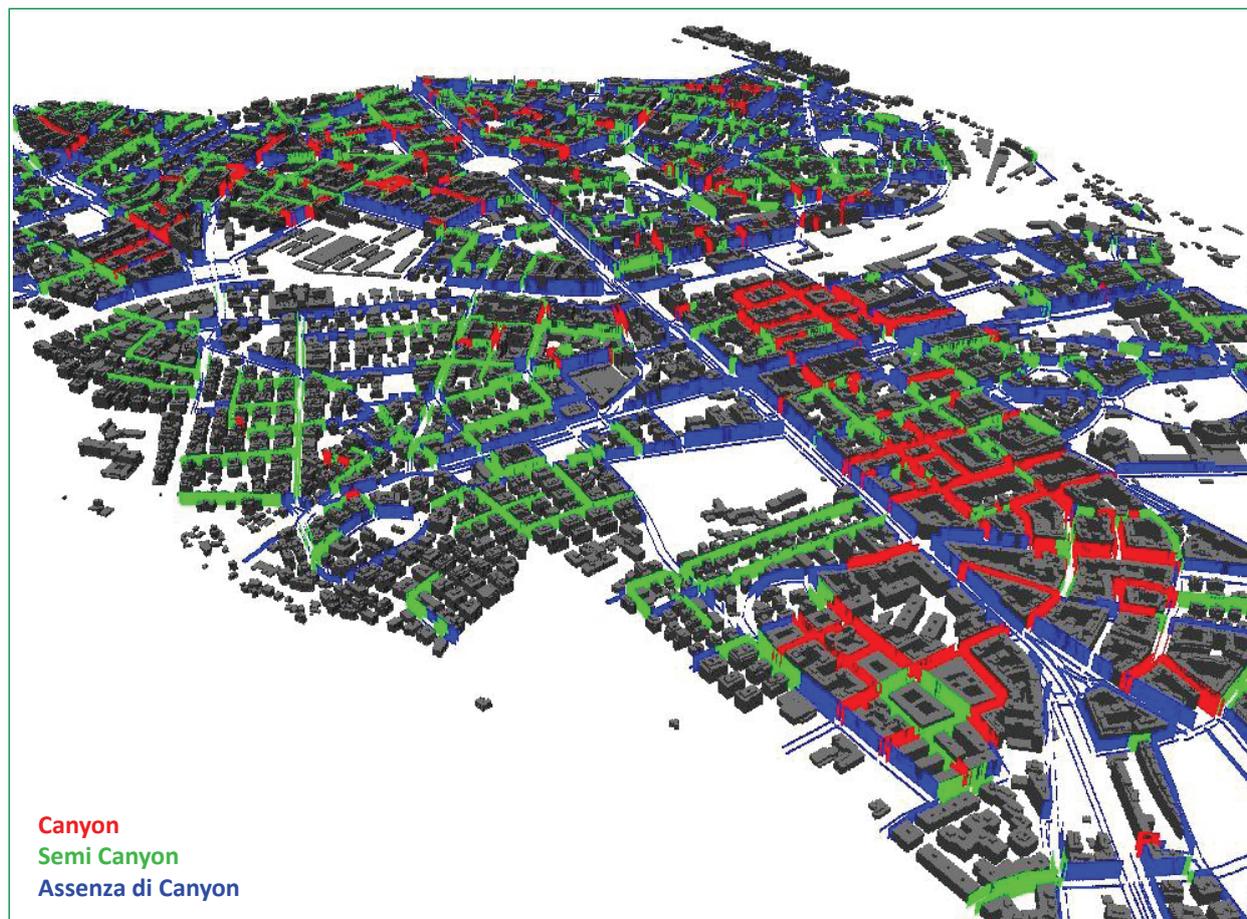
Per illustrare questo concetto consideriamo le indicazioni contenute nel Libro Bianco della Comunità Europea, in materia di strategie per combattere i cambiamenti climatici, ed assumiamo come fenomeno di riferimento quello relativo all'inquinamento atmosferico in area urbana. Cosa significa, nella pratica, "Base di Conoscenza" a supporto di processi di adattamento/ mitigazione?

Gli effetti sulla salute dell'inquinamento atmosferico nelle città sono noti; esiste una stretta interconnessione, ad esempio, tra patologie e smog prodotto dalle automobili. Il trasporto, la dispersione o l'accumularsi degli inquinanti e le loro reazioni chimico-fisiche con i costituenti dell'atmosfera dipendono dagli elementi climatici (venti, la temperatura al suolo, il gradiente termico verticale, ecc.). Nelle aree urbane gli elementi climatici sono fortemente condizionati dalla morfologia fisica della città (tipologia e rapporti topologici tra edifici). Alcune configurazioni urbane, in particolare, ostacolano la dispersione degli inquinanti; esse ven-

gono comunemente denominate "canyons" urbani. La presenza di tali configurazioni diversifica il livello di vulnerabilità all'inquinamento atmosferico di alcune parti di città rispetto ad altre.

È evidente che se, all'interno di un contesto urbano di grandi dimensioni, si volessero implementare processi di monitoraggio delle condizioni di esposizione della popolazione finalizzati alla determinazione di misure di "adattamento" o di "mitigazione", la conoscenza delle dinamiche locali dei processi di concentrazione/dispersione degli inquinanti potrebbe costituire uno strumento operativo per rendere fattibili i processi stessi. È però altrettanto evidente che non è ipotizzabile, proprio per la caratteristica dimensionale del fenomeno, implementare processi di rilevazione diretta della presenza di *canyons* urbani.

Allo stato attuale abbiamo sufficienti dati per realizzare questo tipo di conoscenze (ad esempio le banche dati geografiche relative alle carte tecniche regionali alla grande scala) e, anche, le cognizioni tecniche e gli strumenti informatici (in particolare gli strumenti GIS) per rendere questa conoscenza fruibile nella gestione del fenomeno.



**Figura 10** - Configurazione delle condizioni di *canyon* urbano nella città di Roma [Ioannilli, Zingaretti, 2006]

Occorre tuttavia registrare, in particolare nel nostro Paese, un ritardo nell'utilizzazione di questo tipo di supporti informativi e ciò è principalmente legato ad un ritardo nella formazione tecnica dei soggetti chiamati a governare il territorio.

## Conclusioni

Per essere efficaci nel perseguire strategie di contrasto al fenomeno dei cambiamenti climatici, è necessario che tanto la sfera politico-amministrativa che quella tecnica intraprendano nuove strade di approccio allo studio ed alla gestione di fenomeni complessi che del cambiamento climatico costituiscono i *drivers*. Il percorso, tuttavia, sembra ancora molto lungo da percorrere e non sembra neppure di facile attuazione. Ciò che sembra maggiormente limitare la possibilità di adottare nuovi approcci allo studio della complessità risiede nel fatto che è ancora troppo diffusa, ed adottata nei percorsi formativi correnti, una concezione della conoscenza fondata su una tradizione puramente analitica, che si propone di interpretare i sistemi complessi dividendoli nelle loro componenti e studiandone separatamente le proprietà. Utilizzando le parole del filosofo Morin [Morin, 2001]: "Giganteschi progressi nelle conoscenze sono stati attuati nell'ambito delle specializzazioni disciplinari durante il XX secolo. Ma questi progressi delle conoscenze hanno prodotto una regressione della conoscenza, proprio a causa della specializzazione che spesso frammenta i contesti, le globalità, la complessità". Ancora più esplicitamente, citando un lontano scritto del fisico Lichnerowicz, ancora però molto valido [Lichnerowicz, 1972]: "La nostra attuale Università forma in tutto il mondo una proporzione troppo grande di specialisti di discipline predeterminate, dunque artificialmente circoscritte, mentre una gran parte delle attività sociali, come lo stesso sviluppo della scienza, richiede uomini capaci di un angolo visuale molto più largo e nello stesso tempo di una messa a fuoco in profondità dei problemi, e richiede nuovi progressi che superino i confini storici delle discipline". Ancora oggi, infatti, nelle scuole tecniche e nelle università si continuano a coltivare saperi sempre più disgiunti e suddivisi in discipline, mentre le realtà che si è chiamati a governare sono sempre più poli-disciplinari. Una misura di questo pervicace approccio riduzionistico al sapere la si può rintracciare nel tentativo non riuscito di istituire un percorso formativo idoneo intitolato allo studio del territorio, nelle scuole di Ingegneria. A parere di chi scrive, la strada da percorrere è ancora lunga.

## Bibliografia

- Bianchi D. (2008), "Il riciclo ecoefficiente. Performance e scenari economici, ambientali ed energetici", Edizioni Ambiente, Milano.
- Cashdan E. (1983), "Territoriality among Human Foragers: Ecological Models and an Application to Four Bushman Groups", *Current Anthropology*, 24 (1), p. 47.
- EEA (2010), "10 messages for 2010 Coastal ecosystems".
- Forrester J.W. (1971) "Principles of Systems", Norwalk, CT: Productivity Press.
- Ioannilli M. (2012), "Definizione di un metodo di massima di valutazione del bilancio energetico della raccolta differenziata", Università Roma Tor Vergata.
- Ioannilli M. (2009), "Rifiuti: da problema a risorsa. Note per la fondazione di una prospettiva economica nella gestione dei rifiuti", I Forum Internazionale sulla Economia dei rifiuti, Ischia.
- Ioannilli M., Zingaretti L. (2008), "Three-dimensional modeling and analysis of urban context for mesoscale dispersion modeling applications", in Proceedings of 25<sup>TH</sup> Urban Data Management Symposium, Denmark.
- Lichnerowicz, A. (1972), "Mathématique et Transdisciplinarité", in CERI, L'Interdisciplinarité. Problèmes d'Enseignement et de Recherche dans les universités".
- Morin E. (2001), "I sette saperi necessari all'educazione del futuro", Cortina Raffaello.
- Raffestin C. (1981), "Per una geografia del potere", Milano, Unicopli.
- Turco A. (1988), "Verso una teoria geografica della complessità", Edizioni Unicopli, Milano.