

UNIVERSITÀ DI NAPOLI PARTHENOPE

Facoltà di Scienze e Tecnologie
Corso di Laurea in Scienze Ambientali

Dispense di

ANALISI E VALUTAZIONE AMBIENTALE

Prof. Giuseppe Mazzeo

DISPENSA 1

INTRODUZIONE AL CORSO E APPROCCIO SISTEMICO

A.A. 2005-2006

CAPITOLO 1

INTRODUZIONE AL CORSO

Nel corso degli ultimi anni gli aspetti ambientali hanno assunto un grande peso in molti settori connessi all'uso e alla gestione del territorio. La necessità di questa attenzione non è in discussione in quanto i problemi derivanti da un uso distorto delle risorse ambientali sono sotto gli occhi di tutti. È opportuno però affrontare le tematiche ambientali con uno spirito che potremmo definire "laico". Nelle discussioni sull'argomento "ambiente" prevalgono spesso posizioni integraliste e radicali che non contribuiscono alla risoluzione dei problemi. Da una parte vi sono gli "oltranzisti dello sviluppo" per i quali tutto va per il meglio¹ e meno lacci alle attività presuppongono più prosperità nel prossimo futuro.² Dall'altra parte vi sono gli "oltranzisti dell'ambiente", secondo i quali l'umanità è sull'orlo della catastrofe ambientale ed anche un chilometro di autostrada sarebbe fatale.³ Entrambe le posizioni sono da condannare in quanto dannose in sé e dannose alla comprensione dei problemi.

Gli attacchi contro l'ambiente sono stati e sono molteplici, ma un atteggiamento di rigida chiusura è semplicemente inaccettabile sia perché riduce la capacità competitiva delle diverse realtà territoriali nei settori di punta della ricerca tecnologica, sia perché impedisce la possibilità di sperimentare tecniche e procedure aventi impatti più ridotti che nel passato, sia perché riduce l'efficienza delle infrastrutture e, quindi, un loro uso più moderno e più valido.

Inoltre, e questo è un risultato non secondario, favorisce involontariamente tutti quei settori della società che non vedono di buon occhio la tutela ambientale e preferirebbero una generalizzata mano libera o una significativa riduzione degli ambiti di tutela.⁴

¹ Si possono citare le posizioni di Ronald Bailey (2000), *Earth Report 2000*, McGraw-Hill o di Bjorn Lomborg (2003), *L'ambientalista scettico - Non è vero che la Terra è in pericolo*, Mondadori, Milano.

² Si può citare, ad esempio, l'economista Paul Romer come uno dei fondatori della "New Growth Theory". Questa teoria mette in evidenza che lo sviluppo economico non si realizza aggiungendo più lavoro a più capitale, ma con idee nuove e migliori e con lo sviluppo tecnologico. Ciò trasforma l'economia da una "scienza della depressione" che descrive un mondo di scarsità e materie prime in diminuzione in una disciplina che analizza modelli indirizzati ad una crescita potenziale costante ed illimitata.

³ A riguardo si vedano le posizioni di Earth First! (www.earthfirst.org). Anche certe posizioni animaliste possono considerarsi fondamentaliste; ad esempio il filosofo australiano Peter Singer teorizza la disobbedienza e l'illegalità (*Democracy and Disobedience*, Clarendon Press, 1973; *Practical Ethics*, 1979). Parlando dei metodi di lotta che i gruppi ambientalisti ed animalisti possono adottare, Singer sostiene che la decisione di agire illegalmente dipende dalla grandezza del male e dalle conseguenze dell'azione. In ambito globalizzazione anche i Black Block possono considerarsi fondamentalisti. In una posizione meno radicale ma comunque "spinta" è possibile inserire l'opera di Lester R. Brown e dell'Earth Policy Institute (www.earth-policy.org).

⁴ In questa categoria rientrano i gruppi più vari: da chi costruisce abusivamente, a chi occupa proprietà demaniali, a chi riduce *ope legis* gli obblighi ambientali, a chi ripерimetra le zone protette, ecc. È sintomatico che, a seguito del black out del 28 settembre 2003, non si sia discusso del perché

Un corso di Valutazione di Impatto Ambientale racchiude al suo interno argomenti e sollecitazioni che derivano da campi diversi tra di loro. Si cercherà nel seguito di evidenziare alcuni spunti con l'obiettivo di inquadrare i contenuti e gli scopi del corso.

Il primo elemento da analizzare è relativo al termine **valutazione**. L'attività di valutazione è una attività estesa ad un numero larghissimo di settori, ciascuno dei quali presenta esigenze valutative diverse e spesso in conflitto. Si può valutare l'efficacia economica di un processo produttivo, l'efficacia dei risultati di una politica settoriale, l'efficacia in termini temporali di un nuovo percorso stradale, i risultati di un corso universitario, l'impatto di un settore della ricerca applicata, i risultati di una campagna pubblicitaria, e così via.

La **valutazione** si può definire come una *attività di analisi applicata ad un progetto o ad un piano o ad un programma con lo scopo di confrontare i risultati ipotizzati e quelli reali rispetto agli obiettivi prefissati*.⁵

Nella definizione si citano altri elementi fondamentali dell'attività di valutazione. Ad esempio si cita il **sistema di strumenti decisionali** che è sottoposto a valutazione (piani, programmi, progetti), la cui estensione dimensionale e il cui contenuto operativo è estremamente variabile. Si cita, inoltre, la applicabilità di uno strumento di valutazione a **momenti diversi** nel processo di attuazione di uno strumento decisionale: *ex-ante* per i risultati ipotizzati, *in itinere* nel corso della realizzazione del processo decisionale ed *ex-post* per quelli effettivi, lasciando quindi intendere che esistono basi diverse sulle quali si fonda l'attività di valutazione (basi ipotetiche e basi reali).

Tra le tante attività di valutazione lo scopo del corso si incentra su quelle connesse alla valutazione ambientale di piani, progetti e programmi, con lo scopo generale di favorire una utilizzazione sostenibile del territorio.

Si può quindi dire che la **valutazione ambientale** è *l'applicazione di metodi di valutazione su strumenti decisionali inerenti aspetti ambientali definiti*.

Qui entra in gioco il significato di ambiente e la grande estensione che questo termine possiede. Facciamo tre casi per cercare di comprendere quanto detto:

Caso 1 - *Valutazione della efficienza di un nuovo motore elettrico applicato alla macinazione del caffè*. È evidente che l'attività di valutazione è ristretta ad un oggetto (il motore elettrico), analizzato sulla base di criteri definibili con certezza (la potenza del motore, il consumo di elettricità, la quantità di caffè macinato prodotto nell'unità di tempo) e messo in relazione con altri motori elettrici simili.

le centrali elettriche italiane fossero spente (prevalenza del fattore economico sul fattore sicurezza), bensì della necessità di costruire nuove centrali.

⁵ "Punto cruciale del problema di ricerca [valutativa] è la misurazione del livello di risultato raggiunto, tramite lo svolgimento di specifiche attività, in rapporto ad uno scopo prefissato, risultato che è espresso in termini di cambiamento rispetto ad una situazione precedente l'inizio delle attività." Anna Maria Boileau, "Ricerca valutativa", in, Franco Demarchi, Aldo Ellena, Bernardo Cattarinussi (eds.), *Nuovo dizionario di sociologia*, Ed. Paoline, Milano 1987, p. 1771.

Caso 2 – *Valutazione dell'impatto ambientale di un'autostrada che connette il centro A con il centro B.* A questo scopo potremmo utilizzare una serie di procedure sviluppate a livello nazionale ed internazionale le quali, utilizzando una serie di algoritmi e di indicatori, possono darci alcune risposte sull'impatto del nuovo manufatto in relazione ad una serie di componenti ambientali (suolo, acqua, aria, rumore, ...) anche se con un livello di approssimazione superiore rispetto al primo caso.

Caso 3 – *Valutazione dell'impatto ambientale di un programma di sviluppo economico finanziato con fondi comunitari relativo all'intera regione Campania.* In questo caso si ha a che fare con un territorio di grande estensione sul quale le dinamiche ambientali sono molto complesse e rispetto alle quali l'impatto del programma sulle componenti ambientali può essere stimato (più che valutato) con un livello di approssimazione ancora superiore rispetto al caso 2.

Il passaggio dal primo al terzo caso mette in evidenza che la complessità è sempre crescente al crescere della dimensione del sistema ambientale (che comprende tutti i fenomeni che agiscono all'interno di un territorio, tra cui il funzionamento della macchina per macinare il caffè). Inoltre, maggiore è l'estensione territoriale coinvolta, più ampia è la portata del sistema decisionale necessario, maggiore è la complessità dei fenomeni e delle loro interconnessioni, più difficile diventa la comprensione dei meccanismi in gioco.

Da ciò deriva, inoltre, che all'aumentare della complessità del sistema analizzato diminuisce la precisione dei risultati ottenuti, aumenta la loro genericità e comprensività ottenendo, in definitiva, la trasformazione dei risultati da "tattici" in "strategici".⁶

Il corso si occuperà della valutazione ambientale analizzando le due grandi famiglie che la compongono:

- la **valutazione ambientale strategica (VAS)**, applicata a piani e programmi;
- la **valutazione di impatto ambientale (VIA)**, applicata a progetti ed interventi singoli.

Se volessimo ritornare agli esempi precedenti potremmo dire che la valutazione di impatto ambientale si applica ai casi 1 e 2, mentre la valutazione ambientale strategica si applica al terzo caso.

È opportuno sottolineare, inoltre, che entrambe le valutazioni sono di tipo multicriterio, ossia vengono realizzate coinvolgendo più caratteristiche ed indicatori, il che è comprensibile se si ricorda che la valutazione ambientale ha a che fare con componenti diverse tra di loro, ciascuna misurata in una propria scala e in una propria unità di misura. Inoltre, alcune componenti ambientali possono essere misurate su scale qualitative, ossia non numeriche.

⁶ "Strategia" come "arte del generale" (dal greco), quindi come capacità di arrivare ad una visione d'insieme che permette le decisioni più corrette, "tattica" come percorso per arrivare a realizzare una strategia, quindi una sua conseguenza diretta. Si può pensare ad una dimensione strategica quando si mette in campo un sistema di attività che interessano uno spazio (politico, territoriale, ecc.) grande e complesso. La dimensione tattica definisce le modalità per realizzare al meglio la singola azione.

Uno degli obiettivi primari del corso è affrontare ed approfondire alcune delle tecniche maggiormente impiegate nel settore della valutazione ambientale, cercando di comprenderne i meccanismi di uso, le potenzialità e i rischi insiti in un utilizzo non corretto o di routine.

Si ritiene opportuno affrontare la materia considerando come primarie le connessioni che essa ha con le tematiche urbanistiche e territoriali. Queste ultime, e gli strumenti di pianificazione e gestione del territorio ad esse connesse, si evolvono e si sviluppano all'interno di uno spazio fisico più ampio che può essere definito come "ambiente".⁷

Ciò vuol dire accentuare sempre più gli aspetti valutativi della pianificazione territoriale ed urbanistica e ridurre, nel contempo, i margini di azione degli strumenti di valutazione dei singoli progetti; vuol dire incrementare il ruolo di quella che viene definita "valutazione strategica" ad integrazione sostanziale di una valutazione di impatto ambientale che, applicata a singoli progetti, ha una più ridotta visuale delle dinamiche di trasformazione.

La trasformazione dell'ambiente e del territorio si attua attraverso un sistema di azioni da realizzare su di esso. Se correttamente pianificate, tali azioni consentono un razionale svolgimento delle attività sociali ed economiche (cfr. Figura 1.1). Per realizzare correttamente queste trasformazioni si utilizzano piani di tipo territoriale ed urbanistico e progetti di tipo infrastrutturale ed architettonico i quali devono conseguire obiettivi predefiniti attraverso la modificazione dello stato e dei caratteri del territorio.

Ad esempio, se l'obiettivo è incrementare la qualità del sistema scolastico e della formazione, il piano individuerà la più razionale organizzazione funzionale delle strutture sul territorio mentre il progetto definirà la forma effettiva e la reale collocazione delle nuove strutture per la formazione.

Per realizzare gli strumenti della pianificazione si utilizzano metodologie di analisi diversificate in funzione delle caratteristiche del territorio; vi sono, infatti, territori nei quali vi è una elevata concentrazione di attività e di insediamenti umani e territori nei quali tale presenza è ridotta. Già da questa differenziazione (che può essere approfondita fino ad individuare classi molto più specialistiche di territori) salta fuori l'enorme difficoltà insita nella fase di conoscenza e la unicità di ogni atto di pianificazione.

⁷ Relativamente alla determinazione dei compiti e dei limiti della disciplina è necessario ricordare che essa si inserisce, all'interno dei raggruppamenti universitari, nell'area dell'ingegneria civile e dell'architettura (Area 08) e, specificamente, nelle materie appartenenti al settore scientifico-disciplinare denominato "Tecnica e pianificazione urbanistica" (ICAR/20). Questo settore ha l'obiettivo di approfondire "l'analisi e la valutazione dei sistemi urbani e territoriali, esaminati nel loro contesto ambientale e nel quadro dei rischi naturali ed antropici cui sono soggetti e delle variabili dalle quali sono influenzati; i modelli e i metodi per l'identificazione dei caratteri qualificanti le diverse politiche di gestione e programmazione degli interventi, nonché l'esplicitazione dei processi decisionali che ne governano gli effetti sull'evoluzione dei sistemi in oggetto; le tecniche per gli strumenti di pianificazione a tutte le scale". D.M. 4/10/2000, "Settori scientifico-disciplinari"; D.M. 28/11/2000, "Determinazione delle classi specialistiche".

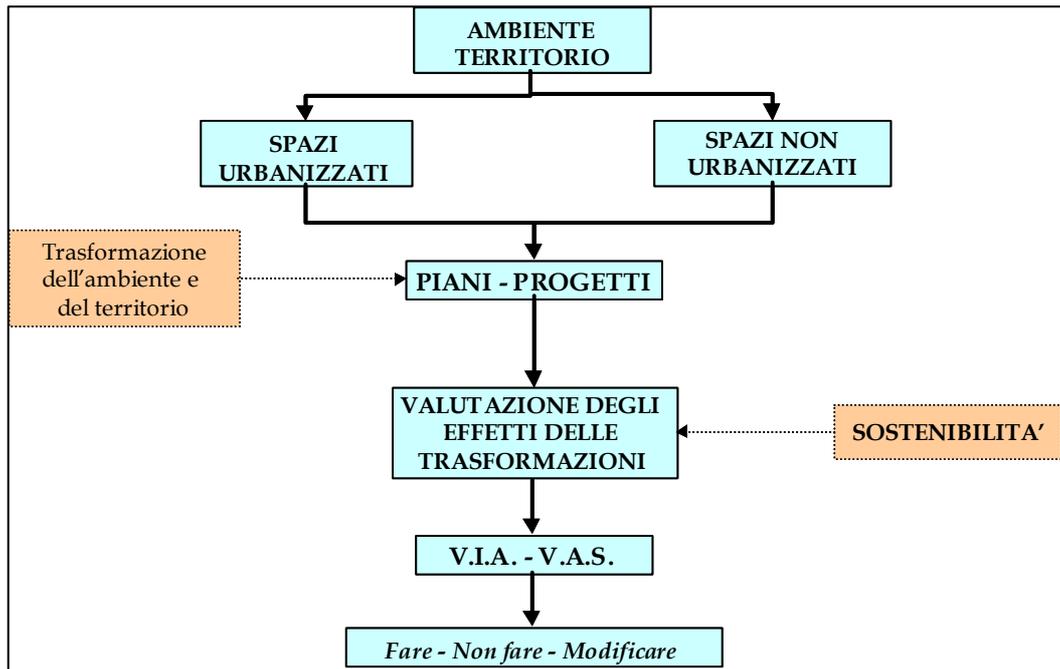


Figura 1.1 - Schema generale di approccio alla valutazione

L'attività per eccellenza che si svolge sul territorio è quella connessa allo svolgimento da parte dell'uomo della sua vita relazionale. Nello specifico disciplinare, l'attenzione verrà rivolta a tutte quelle attività che hanno una valenza territoriale e la cui attuazione ha conseguenze sulle forme di organizzazione degli spazi producendo un impatto più o meno duraturo su di essi.

Il concetto di urbanistica ha conosciuto negli ultimi tempi un allargamento dei significati propri e del suo campo di interesse e di applicazione. Le tendenze più recenti tendono a riconoscere a questo settore significati più estesi, sia in relazione ai campi di interesse (territorio, città, ambiente, beni culturali, ...) che in relazione agli strumenti utilizzabili (analisi, misurazione, modellizzazione, interpretazione, costruzione del piano, gestione).⁸

Si rende quindi necessario riconsiderare le caratteristiche degli strumenti di pianificazione e delle metodologie utilizzate nella redazione dei piani, al fine di pervenire ad un inserimento nel corpus di nuovi approcci, tra i quali

⁸ "(...) la materia urbanistica concerne tutti gli aspetti dell'uso del territorio. (...) non appare corretto (...) limitare la materia urbanistica al solo aspetto normativo della disciplina dell'uso del territorio, e cioè all'esercizio della potestà amministrativa di pianificazione territoriale mediante la realizzazione delle scelte urbanistiche (può essere utile ricordare che l'art. 80 del Dpr n. 616 del 1977, ai fini del riparto di competenze tra Stato e regioni, dopo aver definito l'urbanistica come "la disciplina dell'uso del territorio", considera congiuntamente, tra gli aspetti del menzionato uso, quelli "conoscitivi, normativi e gestionali", così equiparando il momento conoscitivo dell'indagine, quello normativo del governo del territorio mediante procedimenti pianificatori, e quello della gestione dell'uso del territorio mediante l'attuazione degli strumenti pianificatori)". Corte di Cassazione - Sezioni Unite civili - Sentenza 14 luglio 2000, n. 494.

fondamentale è quello ambientale, e alla ridefinizione di un sistema di pianificazione semplice ed efficace.

La stessa Corte Costituzionale – interpretando la norma contenuta nel D.Lgs. n. 80 del 31/3/1998, art. 34 – da molto tempo ha iniziato a ridisegnare una nozione di urbanistica sempre più ampia, abbandonando il concetto che la identifica esclusivamente in una attività semplicemente regolatoria, che si concreta nell'adozione degli strumenti di carattere pianificatorio, e orientandosi piuttosto verso l'estensione della nozione all'intero utilizzo del territorio in senso lato. Si fa riferimento alle considerazioni per le quali in materia urbanistica rientrano *“tutti gli aspetti conoscitivi, normativi e gestionali riguardanti le operazioni di salvaguardia e di trasformazione del suolo, nonché la protezione dell'ambiente”* (Corte costituzionale, sentenza n. 382 del 7 ottobre 1999), e di protezione dei valori paesistici e ambientale (Corte Costituzionale, sentenza n. 378 del 27 luglio 2000) che include espressamente nella materia urbanistica anche la disciplina dei vincoli ambientali e di quelli paesistici e di tutela del patrimonio storico e artistico.

In particolare la Corte riconduce alla materia anche la fase di attuazione e gestione del piano. L'urbanistica, quindi, assume una valenza di *“materia-ombrello”* che copre tutti gli aspetti collegati alla gestione del territorio da parte dell'amministrazione e al suo utilizzo (come del resto era stato indicato a livello normativo già dall'articolo 80 del Dpr 616 del 1977 che regolava una prima attribuzione di competenze alle regioni), superando il concetto accademico e includendo materie più tradizionalmente legate alla tutela di valori ulteriori rispetto a quello della semplice organizzazione razionale delle aree, quali l'ambiente (anch'esso inteso in senso lato, e quindi comprendente i più diversi aspetti della tutela della salute del cittadino), il patrimonio storico, artistico, archeologico e paesistico che, comunque, insistono sul territorio.

CAPITOLO 2

LA TEORIA DEI SISTEMI APPLICATA ALLE ORGANIZZAZIONI TERRITORIALI

Il modello sistemico di approccio al territorio

Le tecniche sono un settore specifico nello studio dei problemi territoriali. Esse sono composte dall'insieme delle formulazioni (principalmente matematiche) che permettono di conoscere, analizzare, pianificare, organizzare e gestire una determinata realtà territoriale. Le tecniche derivano dalla costruzione di uno schema mentale della realtà e sono gli strumenti che consentono di descriverne il funzionamento mediante formulazioni comunque schematiche.

Tra gli schemi mentali che possono essere utilizzati nello studio del territorio e dell'ambiente quello maggiormente funzionale agli scopi va sotto il nome di **approccio sistemico**, con il quale si ipotizza lo studio di una data realtà sulla base di una analisi degli elementi che la compongono e delle relazioni che si instaurano tra di essi.

A monte è opportuno definire una serie di concetti. In particolare:

- **insieme**: gruppo di elementi il cui fattore principale è la presenza di caratteristiche simili, tali da rendere individuabile l'aggregato. Un insieme al suo interno non presenta alcun legame se non quello rappresentato dalla caratteristica utilizzata per definirli;
- **sistema**: gruppo di elementi il cui fattore principale è la presenza di relazioni di interdipendenza. Al contrario dell'insieme il sistema presenta forti legami al suo interno. Inoltre, un sistema può articolarsi (e non suddividersi) in sottosistemi autoconsistenti ed ogni sistema è parte di un altro sistema;
- **relazione**: connessione che si instaura tra gli elementi appartenenti ad un sistema in un rapporto biunivoco;
- **struttura**: sistema delle relazioni presenti all'interno del sistema;
- **organizzazione di un sistema**: complesso delle relazioni e dei comportamenti che caratterizzano il sistema in considerazione.

A partire da questi concetti base è possibile costruire strumenti che connettano la realtà di uno spazio fisico con il modello teorico che l'uomo costruisce per cercare di prevederne e governarne l'evoluzione.⁹

Per fare ciò è necessario chiedersi innanzitutto che cosa è uno spazio e quali sono i suoi aspetti caratterizzanti. Gli spazi, ed, in particolare, gli spazi nei quali

⁹ Il modello teorico di una determinata realtà si costruisce sulla conoscenza della realtà. Senza di essa non è possibile determinare l'insieme di riferimenti concettuali necessari a impostare un modello credibile ed efficace.

l'uomo vive (la città, la campagna, il territorio, ...) sono luoghi nei quali si svolgono scambi di informazioni, di beni materiali, anche di modi di essere; le città, in particolare, sono nate come luoghi di scambio, ed è questa l'attività principale che le caratterizza e le fa progredire.

Quello della città è un aspetto specifico del problema territoriale.

Per quanto riguarda l'economia complessiva del corso interessano maggiormente altre specificità delle realtà territoriali. A questo scopo suddividiamo gli elementi primari di un generico **sistema territoriale** in quattro sotto-sistemi:

- il sotto-sistema degli **attori**; essi formano le organizzazioni urbane e territoriali, e non viceversa, e sono rappresentati dall'insieme degli abitanti e, più in generale, degli utenti;
- il sotto-sistema degli **spazi attrezzati** chiusi ed aperti (edifici, strutture, strade, piazze, canali, ...) che costituiscono l'insieme delle trasformazioni fisiche che si svolgono all'interno di un territorio;
- il sotto-sistema delle **attività**, intese come insieme delle azioni di trasformazione (il fare) che vi si svolge;
- il sotto-sistema degli **spazi**, quale supporto fisico che permette di individuare le macro-strutture del territorio.

La denominazione sistemica che può essere assegnata a questi quattro sotto-sistemi è la seguente (cfr. Tabella 2.1):

- attori: **sistema antropico**;
- attività: **sistema funzionale**;
- spazi attrezzati: **sistema fisico**;
- spazi: **sistema geomorfologico**.

Ciascuno di essi può essere interpretato come un differente piano di lettura avente una unica base territoriale di riferimento.

ELEMENTI	GRUPPI	SOTTO-SISTEMI
ABITANTI	ATTORI	S.-S. ANTROPICO
AZIONI	ATTIVITÀ	S.-S. FUNZIONALE
EDIFICI, STRADE, ...	SPAZI ATTREZZATI	S.-S. FISICO
STRUTTURA FISICA	SPAZI	S.-S. GEOMORFOLOGICO

Tabella 2.1 - Sintesi dello studio sistemico della città e del territorio

Il territorio come sistema dinamico e complesso

Ambiente e territorio si possono analizzare come sistemi per cui in essi è possibile individuare elementi e relazioni.

I sistemi sono funzione dello spazio:

$$S = f(s).$$

Ciò rappresenta un primo importante postulato relativo al rapporto tra le organizzazioni territoriali e lo spazio, intendendo per spazio l'elemento tridimensionale che contiene il volume nel quale le persone agiscono.

La funzione matematica dello spazio che definisce il sistema è però una funzione difficilmente classificabile in quanto a caratteristiche di linearità o a relazioni con altri sistemi.

Associata una posizione spaziale a ciascuno dei punti presenti all'interno di un sistema è possibile caratterizzarla mediante uno o più indicatori che definiscono specificamente le sue caratteristiche. Ad esempio, in uno spazio urbanizzato si può utilizzare un indicatore quale la densità volumetrica (volume rapportato a superficie: $DV = V/S$) il cui valore è diverso da quello presente in un altro spazio urbanizzato. In uno spazio non urbanizzato si possono considerare altri indicatori quali, ad esempio, la percentuale di superficie boscata sulla superficie totale o la concentrazione di sostanze inquinanti nei corsi d'acqua.

Qualunque siano le condizioni spaziali, la funzione che definisce un sistema a carattere territoriale presenta le seguenti caratteristiche:

- 1) **non è una funzione lineare** per cui le infinite variabili che compongono la città non consentono di descrivere la città mediante una funzione lineare;
- 2) **è un sistema in continua evoluzione**, ossia è una funzione irreversibile del tempo:

$$S = f(t).$$

- 3) **non è un sistema elastico**, ossia non raggiunge mai uno stadio definito e non ripercorre uno degli infiniti stadi che ha percorso in precedenza;

L'obiettivo principale degli studi e dei piani che si occupano di territorio e di ambiente è quello di conoscere quali sono le caratteristiche essenziali di tali sistemi in modo da individuare i possibili correttivi che indirizzino il sistema lungo traiettorie predeterminate.

Nel caso in esame (studio del territorio e dell'ambiente) si utilizza il paradigma¹⁰ sistemico.

Un termine di paragone capace di far comprendere le caratteristiche del paradigma sistemico è quello deterministico il quale, nato con il razionalismo, nella seconda metà del Settecento, fa riferimento alle grandi leggi della chimica e della fisica (legge della gravitazione universale, tavole degli elementi della chimica, ecc.) e si basa sulla convinzione che tali principi possono condurre alla conoscenza completa ed alla comprensione totale dei principi che muovono il mondo.

Da questa "presunzione" concettuale nasce e si sviluppa la scienza moderna, che ha avuto il suo momento di massimo sviluppo nella prima metà del XX

¹⁰ Un modello di approccio allo studio delle organizzazioni territoriali rappresenta un insieme di modalità con le quali poter leggere il territorio attraverso i suoi quattro sottosistemi. Nella letteratura scientifica si parla di paradigma quando si ha a che fare con strumenti che sono qualcosa di più di un modello di approccio ma molto meno di una teoria. Le teorie, infatti, sono strumenti validi a livello scientifico e per contraddirle sono necessarie altre teorie scientifiche. Nel caso del paradigma siamo di fronte ad una articolazione di postulati riconosciuti che definiscono un percorso senza che per esso vi sia una certezza scientifica.

secolo. Il prodotto classico del determinismo è la macchina, ossia un sistema integrato di elementi basato sui principi classici della meccanica e della termodinamica, ossia:

- la **linearità**: l'andamento dei fenomeni può essere riportato su un diagramma bidimensionale e può essere assimilato ad una retta;
- la **reversibilità**: i fenomeni che presentano un andamento lineare possono procedere in una direzione e nella direzione ad essa opposta. Si pensi ai fenomeni di elasticità (un elastico teso) o al rapporto tra pressione e temperatura;
- la **staticità**: i fenomeni possono essere definiti univocamente. Il motore a scoppio di una automobile una volta progettato, costruito e collaudato rimane sempre lo stesso; si può intervenire per migliorarne le prestazioni, ma a quel punto non siamo più di fronte allo stesso sistema, bensì ad un nuovo sistema elaborato con caratteristiche differenti. Si tratta sostanzialmente di un sistema statico, nel senso che non presenta modificazioni rispetto al suo assetto iniziale.

Il paradigma deterministico non può essere applicato ad uno spazio (territorio o ambiente che sia) in quanto nessuna delle tre caratteristiche elencate in precedenza è valida per tali ambiti di studio. A questi si applicano altre caratteristiche, ossia:

- **non linearità**: l'evoluzione della popolazione nel tempo, ad esempio, non può essere assimilata ad un fenomeno lineare. Consideriamo un sistema di assi che riporti sulle ordinate la popolazione e sulle ascisse il tempo. Cerchiamo ora di capire come varia la popolazione al variare del tempo. Per graficizzare lo sviluppo del fenomeno è necessario definire un periodo temporale di riferimento rispetto al quale determinare il numero di abitanti residenti in un centro urbano. Dal grafico si deduce che questo fenomeno non è lineare, nel senso che ben difficilmente il fenomeno è graficizzabile mediante una retta;
- **irreversibilità**: i fenomeni territoriali non possono percorrere a ritroso tragitti evolutivi. Mentre una macchina ha un funzionamento ciclico, territorio ed ambiente non ritornano mai sui loro passi in quanto i fenomeni sono complessi ed assolutamente irreversibili;¹¹
- **dinamicità**: i fenomeni territoriali sono dinamici, ossia evolvono, per cui un elemento che ne fa parte, considerato negli istanti iniziale e terminale di un periodo temporale, si è evoluto o modificato. Nello stesso periodo di tempo un motore, invece, è sempre uguale: ha sviluppato energia consumando materie prime ma sostanzialmente la sua essenza, la sua forma e la sua struttura è identica.

Non linearità, irreversibilità e dinamicità sono le tre caratteristiche della città, del territorio, dell'ambiente e di molti altri sistemi evolutivi, ossia sistemi che si modificano nel tempo lungo una traiettoria.

¹¹ Sistema complesso per eccellenza è il corpo umano. A partire dal suo studio si è introdotto un nuovo tipo di paradigma, quello "organico". Il corpo umano è un sistema irreversibile a cui non si può imporre di tornare indietro.

Il nostro corpo, ad esempio, è in grado di costruire sistemi di difesa immunitaria, oppure è capace di sviluppare i muscoli in contemporanea (relazione) al sistema osseo o ad altri sistemi. La possibilità di evoluzione nel tempo interessa il territorio ed il corpo umano, ma non le macchine. Non si può, quindi, applicare il paradigma deterministico al territorio e non si possono compiere azioni nel territorio pensando che esso sia una macchina.

Territorio ed ambiente non sono una macchina ma sistemi complessi.

Fino agli inizi degli anni '90, il termine **complesso** era di esclusivo uso del mondo scientifico. Successivamente è divenuto un termine di grande successo ed è stato spesso confuso con il termine complicato.

Dal punto di vista scientifico c'è una grande differenza tra un fenomeno complesso ed un fenomeno complicato. Un fenomeno si definisce complesso quando il numero e la natura delle sue relazioni interne è talmente elevato da non poter essere compreso e conosciuto. Un fenomeno è complicato quando, per quanto possa essere alto il numero delle relazioni e per quanto possa essere incomprensibile la natura di queste relazioni, esse sono comunque tutte conoscibili; sarà solo un problema di pazienza, di risorse e di tempo.

Un sistema complesso non può essere conosciuto in maniera esaustiva con le tecniche ed i procedimenti della ricerca scientifica tradizionale. Anche mettendo all'opera un numero elevatissimo di ricercatori, non riusciremo mai a conoscere tutti gli elementi e le relazioni presenti in uno spazio; al massimo potremmo conoscere in un certo istante quale è il sistema delle relazioni presenti all'interno della città, ma nell'istante successivo ci troveremo di fronte a nuove relazioni poiché il sistema urbano evolve continuamente nel tempo (ad esempio, la gente nasce, muore, cambia modo di pensare e di essere, cambia le proprie aspirazioni e bisogni).¹² La città è un sistema costituito da elementi e relazioni di cui non siamo in grado di comprendere né il numero, né le caratteristiche. Per superare questa difficoltà dobbiamo usare nuovi strumenti analitici, differenti da quelli usati per la meccanica.

Sistemi semplici e sistemi complessi

La teoria generale dei sistemi cominciò ad essere formalizzata nel corso della Seconda Guerra Mondiale, rappresentando un altro esempio di avanzamento scientifico derivante da esigenze belliche o militari. Dalla richiesta di una più efficace organizzazione delle attività produttive destinate alla guerra vennero fuori i principi della ricerca operativa, con l'obiettivo di risolvere i problemi

¹² Ciò richiama il Principio di Indeterminazione. Nel 1927 il fisico tedesco Werner Heisenberg scoprì che la natura probabilistica delle leggi della meccanica quantistica poneva grossi limiti al nostro grado di conoscenza di un sistema atomico. Normalmente ci si aspetta che lo stato di una microparticella in movimento (consideriamo ad esempio un elettrone in rotazione attorno al nucleo) sia caratterizzato completamente ricorrendo a due parametri : velocità e posizione. Heisenberg postulò invece, che a un certo livello queste quantità sarebbero dovute rimanere sempre indefinite. Tale limitazione prese il nome di Principio di Indeterminazione. Questo principio afferma che maggiore è l'accuratezza nel determinare la posizione di un particella, minore è la precisione con la quale si può accertarne la velocità e viceversa

organizzativi sulla base della ricerca della funzione che ne ottimizza la risoluzione, e la connessa teoria generale dei sistemi che, successivamente, ebbe un notevole impulso con l'inserimento di principi di complessità al suo interno.

Un terzo settore che ebbe un notevole impulso nel periodo bellico fu quello statistico, materia fondamentale per lo studio del territorio. Essa può essere ritenuta una evoluzione delle teorie analitiche applicate ai grandi fenomeni, in quanto non considera i fenomeni connessi ai singoli oggetti bensì alle categorie di appartenenza.

Queste tre discipline danno alla pianificazione i principali strumenti necessari ad affrontare la lettura di un territorio (sistema non lineare, irreversibile e dinamico) e ad analizzare dall'interno i problemi secondo il paradigma della complessità.

I sistemi sono divisibili in due categorie: i **sistemi semplici e lineari**, a cui fa riferimento ad esempio la meccanica, ed i **sistemi complessi e non lineari**, a cui bisogna applicare modalità di conoscenza che sono proprie della teoria generale dei sistemi.

La differenza tra i due sistemi è data dalle seguenti caratteristiche:

- 1.1 i sistemi semplici sono **statici**; se un sistema è un insieme di elementi connessi tra loro da relazioni, nel caso di un sistema statico le relazioni rimangono inalterate e, una volta definite, sono univocamente individuate;
- 1.2 i sistemi semplici sono **lineari**;
- 1.3 i sistemi semplici sono **reversibili**, cioè possono riassumere gli stati già occupati in precedenza.

- 2.1 I sistemi complessi sono **dinamici** nel senso che le relazioni tra gli elementi evolvono;
- 2.2 I sistemi complessi sono **non lineari** in quanto nella lettura di uno o più fenomeni connessi all'esistenza di questi sistemi non si riconoscono elementi di linearità;
- 2.3 I sistemi complessi sono **irreversibili**;
- 2.4 I sistemi complessi sono **caotici**. I sistemi caotici sono spiegabili sulla base del secondo principio della termodinamica e del concetto di entropia.

Per spiegare il fenomeno della reversibilità e della irreversibilità si pensi, ad esempio, ad un tondino di acciaio in una struttura di cemento armato. Questo tondino ha una fase di lavoro reversibile che corrisponde alla fase elastica, durante la quale si allunga; annullato il carico esso ritorna nelle condizioni iniziali. Una volta superata la fase di resistenza elastica, il tondino entra nella fase plastica durante la quale non riesce più a tornare nella sua configurazione iniziale. Il sistema tondino quindi ha una crisi connessa al fatto che non può andare al di là di certi sforzi. Il tondino è quindi un sistema che da semplice diventa complesso, da lineare diventa non lineare e caotico. Nella prima fase possiamo analizzare questo sistema utilizzando criteri di carattere deterministico-meccanico, nella seconda fase dobbiamo utilizzare criteri diversi.

Un sistema territoriale è un sistema dinamico e complesso e per la sua conoscenza, pianificazione, gestione e governo si utilizzano gli strumenti propri dei sistemi complessi.¹³

Gli approcci utilizzati per la conoscenza, la lettura e l'approfondimento dei sistemi semplici e complessi sono ovviamente diversi.

Nei **sistemi semplici** l'approccio è basato sulla **separazione** e sulla **semplificazione**: i sistemi semplici vengono analizzati separando le parti che li compongono, osservando tali parti singolarmente e non tenendo conto delle relazioni tra le parti.

Nei **sistemi complessi** l'approccio è basato sull'**unione** e sulla **complessificazione**.

Il carattere di **unione** deriva dal fatto che i sistemi complessi vanno guardati nel loro insieme con tecniche olistiche. Il termine "olismo" deriva dal greco "holon" che significa "tutto", nel senso di "intero" e vuole rappresentare un approccio teorico fondato sul presupposto che un sistema viene trattato come un organismo intero e non come un insieme di parti separate. Come le cellule hanno un senso ed una funzionalità solo all'interno dell'organismo di cui fanno parte, così le diverse parti di un territorio hanno senso se viste esclusivamente come parti di un sistema unitario. Questo in quanto le logiche perseguite dal "tutto" possono non essere quelle perseguite dalle singole parti.

Per quanto concerne il concetto di **complessificazione** è da ricordare che il fattore centrale dei sistemi complessi sono le relazioni tra gli elementi. Tale assunzione rappresenta un passo in avanti nella conoscenza perché consente di approfondire l'organizzazione e il funzionamento dell'intero sistema.¹⁴

Il territorio non è un sistema semplice composto da quattro sotto-sistemi (antropico, fisico, funzionale, geomorfologico);¹⁵ esso è un sistema complesso articolato in quattro sotto-sistemi, a loro volta complessi, i cui elementi fondanti sono le relazioni che legano tra loro i sotto-sistemi.

I quattro sotto-sistemi possono essere assimilati a quattro layer di un disegno, ciascuno dei quali rappresenta un sotto-sistema del sistema urbano. Il singolo layer da solo è oggetto di studio di altre discipline: il sistema antropico è studiato dalla demografia, dalla politica e dalle scienze che riguardano l'uomo e le sue forme di organizzazione; il sistema funzionale è studiato dall'economia; il

¹³ Si consideri, quale esempio, quello dei parcheggi: l'approccio intuitivo di derivazione deterministica porta a credere che per limitare la congestione nelle aree centrali di una città basta costruirvi nuovi parcheggi in modo da spostare le auto parcheggiate per strada e da consentire di massimizzare l'uso del canale. Questo approccio deterministico presuppone un comportamento lineare della città; ma, poiché la città non si comporta in modo lineare, non è detto che la costruzione di parcheggi centrali abbia come risultato la riduzione della congestione.

¹⁴ Pur in considerazione del fatto che "... la distanza tra modello e realtà è tanto maggiore quanto più il sistema che ci si propone di descrivere è dinamico, sfaccettato, per non dire sfumato, e conflittuale." C.S. Bertuglia, F. Vaio, (2003), *Non linearità, caos, complessità. Le dinamiche dei sistemi naturali e sociali*, Bollati Boringhieri, Torino, p. 30.

¹⁵ L'articolazione nei quattro sottosistemi è una delle possibili articolazioni del sistema generale il quale potrebbe essere letto attraverso una pluralità di altri sottosistemi che evidenziano aspetti diversi da quelli considerati.

sistema fisico è studiato dall'ingegneria; il sistema geomorfologico è studiato dalla geologia, dalla fisica, dalla botanica, ecc.

Dire che si utilizzano, quali strumenti di conoscenza del territorio, le caratteristiche di unione e di complessificazione significa dire che non guardiamo ad esso come ad un insieme di elementi e sottosistemi disgiunti, bensì come ad un sistema complesso che, per comodità di conoscenza, articoliamo in quattro sottosistemi dei quali interessa conoscere, in particolare, le relazioni trasversali tra di essi.

Si può pensare alle relazioni tra i sottosistemi come ad una enorme rete di fili. Di ciascun filo è necessario sapere come è fatto, quanto è robusto, da dove parte, dove arriva e quali sono le conseguenze del movimento di uno dei due elementi terminali del filo stesso; soprattutto, è necessario sapere numero e tipo di fili, ossia quanti e quali sono le relazioni presenti.

Uno degli scopi primari delle analisi è, quindi, la conoscenza delle relazioni, del loro numero, delle loro caratteristiche e delle loro modalità di funzionamento. Un sistema complesso non è conoscibile nella sua interezza e, per comprenderne le caratteristiche, è necessario compiere alcune semplificazioni. In questa direzione sono di aiuto discipline come la statistica e la ricerca operativa.

L'articolazione proposta del sistema, sebbene efficace per la comprensione dei sistemi territoriali, non mette però in evidenza un aspetto fondamentale: il movimento. È necessario dunque affiancare ad essa una nuova qualificazione che evidenzia gli aspetti del movimento (cfr. Tabella 2.2):

- il sistema antropico, formato da coloro che agiscono all'interno della città, ha valore sia rispetto alla caratteristica di staticità che rispetto a quella di dinamicità;
- il sistema funzionale presenta attività localizzate nello spazio (attività), quindi statiche, ed attività che si sviluppano attraverso lo spazio (comunicazioni), quindi dinamiche.
- nel sistema fisico si hanno gli spazi, che hanno la caratteristica della staticità, e i canali, quali supporti fisici su cui si verifica una qualunque comunicazione (ad esempio, una strada, una fognatura, un acquedotto, una rete di fibre ottiche, i binari, un elettrodotto);
- anche nel sistema geomorfologico è possibile individuare, accanto all'elemento statico (il suolo e il sottosuolo), elementi dinamici classificabili come reti. Ad esempio il reticolo idrografico rappresenta un elemento di dinamicità del territorio, così come il reticolo dei percorsi naturalmente utilizzati dalle diverse specie animali.

SOTTO-SISTEMI	CARATTERI STATICI	CARATTERI DINAMICI
S.-S. ANTROPICO	ATTORI	UTENTI
S.-S. FUNZIONALE	ATTIVITÀ	COMUNICAZIONI
S.-S. FISICO	SPAZI ATTREZZATI	CANALI
S.-S. GEOMORFOLOGICO	SPAZI	RETICOLI - BACINI

Tabella 2.2 - Caratteristiche di staticità e dinamicità dei sottosistemi

I quattro grandi sottosistemi in cui articoliamo territorio e città possono quindi essere riarticolati in due grandi sottosistemi: quello statico, definito da attori, spazi, spazi adattati e attività, e quello dinamico, definito da attori, comunicazioni, canali e reticoli.

Gli urbanisti tendono a pensare al territorio sia come prodotto fisico della storia e della cultura, sia come il luogo in cui si svolgono attività, intendendo per esse il fare dell'uomo sul territorio. Tale definizione generica comporta una indeterminatezza del concetto di territorio; il solo fatto che esistano le persone comporta che ci siano delle attività; il punto fondamentale è coglierne l'articolazione e la numerosità, anche perché le attività possono essere, a loro volta, composte da più sottoattività a loro volta composite.

Il problema è in definitiva quello di individuare quelle attività che hanno incidenza sulla vita collettiva, cioè quelle che presentano caratteristiche di durata, frequenza, specializzazione e valenza territoriale. In particolare:

- la **durata** esprime il fatto che una attività prolungata nel tempo incide maggiormente di una più breve o una tantum;
- la **frequenza** indica che la ripetizione in un arco temporale prestabilito di una attività rispetto ad un'altra comporta la maggiore incidenza in ambito urbano della prima;
- la **specializzazione** è una caratteristica che esprime l'unicità di una attività; essa, grazie alla sua specializzazione, diviene una attività autoreferenziale che vale in sé e quindi incide di più (ad esempio, una struttura universitaria o un sistema di trasporti pubblici su rotaia);
- la **valenza territoriale** esprime la capacità di una attività di trasformare il territorio e quindi la conseguente maggiore incidenza rispetto ad altre attività meno specializzate.

In base alle quattro caratteristiche che determinano l'incidenza o meno di una attività sul territorio è possibile però scegliere quali di esse analizzare, ponendo attenzione dunque a quelle attività che si presentano per un maggior numero di ore, a quelle che si presentano più volte in una giornata, a quelle che hanno un carattere di unicità (la cui presenza connota l'essenza stessa della città in quanto ne costituisce elemento distintivo) e a quelle che per potersi esplicare hanno bisogno di una forte trasformazione territoriale.

È necessario però tenere conto anche di tutte quelle attività non rispondenti ai quattro criteri di scelta ma che si presentano con una frequenza elevata.

È possibile raggruppare le attività che di per sé non sarebbero interessanti in una macroattività che risponda alle quattro caratteristiche: tale macroattività è rappresentata da quella residenziale che, per le sue caratteristiche intrinseche, ha una forte incidenza urbana.

Il sistema può essere dunque articolato attraverso due grandi categorie di fenomeni, il sotto-sistema delle **attività** e quello delle **comunicazioni**.

Le comunicazioni sono strettamente collegate alle attività localizzate nello spazio e non è possibile esaminare i due sotto-sistemi se non attraverso le relazioni esistenti tra loro.

Se in passato erano le comunicazioni ad organizzarsi in rapporto alle attività localizzate nello spazio, oggi sono le attività che si organizzano in relazione alle comunicazioni. Il movimento rappresenta sempre più una necessità per cui sempre più la presenza di attrezzature di comunicazione tende ad influenzare la localizzazione di attività che hanno nella comunicazione la loro principale ragione d'essere.

Le comunicazioni sono quindi un elemento determinante per l'organizzazione di una città o di un territorio. Basti pensare all'influenza di una linea metropolitana sulla localizzazione di nuove residenze.

I problemi di congestione che oggi caratterizzano la città sono l'effetto di una domanda di spostamento talmente grande che il sistema dei canali disponibili non è in grado di sopportarla. Gli elementi appartenenti al sistema dello "stare" e quelli appartenenti al sistema del "muoversi", tipiche queste ultime della città, sono talmente interrelati che, come detto, le une senza le altre non avrebbero la stessa organizzazione.

Alla fine del '700 la società occidentale ha vissuto un periodo di sviluppo legato all'approfondimento delle conoscenze scientifiche e alla loro applicazione alla produzione e alla vita quotidiana, trasformando in modo epocale la nostra società. Una delle invenzioni che ha contribuito a questa enorme evoluzione è stata la macchina a vapore e l'applicazione che se ne è fatta in molti campi. Una delle conseguenze è da ritrovarsi nelle forme di organizzazione del lavoro, che hanno subito una evoluzione rapidissima proprio a causa di questa scoperta.

Anche le città hanno iniziato a trasformarsi in maniera radicale solo nei primi anni dell'Ottocento, a seguito dell'espansione produttiva verso la campagna, avvenuta nel momento in cui si è stati in grado, da un punto di vista tecnologico, costruire reti (strade e canali) che fossero in grado di trasferire prodotti ed energia dal punto di produzione ai punti di consumo. La possibilità di rendere facili tali trasferimenti ha reso sempre più ininfluente la localizzazione della fabbrica rispetto al mercato di vendita del prodotto e sempre più esteso il territorio sottoposto alle trasformazioni dell'uomo.

Altre caratteristiche dei sistemi

Il primo passo per analizzare un sistema è individuare le principali **relazioni causali** che hanno luogo tra le sue parti.

Possiamo dire, ad esempio, che:

- *le nascite causano un aumento della popolazione.*

Queste relazioni non vanno lette in senso assoluto o esclusivo, nel senso che l'aumento della popolazione non dipende esclusivamente dalle nascite ma da una serie molto più estesa di fattori (ad esempio, la diminuzione della mortalità, ecc). Da ciò discende che le relazioni di causalità possono essere più correttamente lette sostituendo il termine **influenzare** al termine **causare**.

Quindi:

- *le nascite influenzano l'aumento della popolazione.*

Una relazione di causalità può essere determinata sulla base di relazioni di tipo statistico. Anche in questo caso è necessario considerare che il meccanismo

reale comprende molti altri fattori e che il concetto di causalità va usato con grande attenzione.

Un modello è una semplificazione delle realtà.¹⁶ Quando si costruisce un modello è fondamentale la risoluzione del seguente problema: che cosa si include nel sistema e che cosa si lascia fuori, ossia quale è il **confine del sistema**?

Se si fa un esperimento utilizzando un fenomeno qualsiasi ci si rende subito conto che i fattori che possono avere una influenza sul sistema sono moltissimi (al limite infiniti) e che in qualche modo tutto ha una influenza su tutto.

La ragion d'essere di un modello è quella di essere una semplificazione, comunque rappresentativa della realtà. Questo comporta che è necessario includere nel modello solo quelle variabili che hanno una maggiore influenza rispetto al problema che ci interessa e lasciare da parte quelle che portano ad un aumento della complessità senza dare un grande contributo al comportamento del modello.

Gli elementi da includere nel modello discendono da una scelta che si muove tra due limiti: un modello troppo semplificato rischia di non rappresentare la realtà, uno troppo complicato può divenire inutile e incomprensibile.

È necessario, alla base di tutto, definire bene l'**obiettivo** dell'analisi. In base ad essi è possibile individuare la parte della realtà che interessa rappresentare per risolvere, ad esempio, un determinato problema.

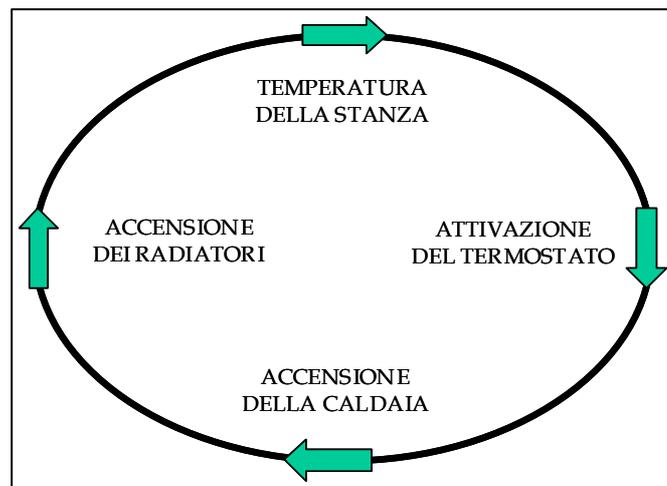


Figura 2.1 - Esempio di circuito di retroazione

La definizione dei **confini** può quindi seguire le seguenti regole:

- il confine deve comprendere ciò che fa sì che il sistema si comporti nel suo modo tipico;

¹⁶ "Costruendo un modello, dobbiamo necessariamente trascurare alcuni aspetti che riteniamo secondari e concentrarci su una parte di un grande quadro, su un insieme di caratteristiche del sistema che vogliamo descrivere. I modelli, tutti e necessariamente, sono astrazioni della realtà". C.S. Bertuglia, F. Vaio, (2003), cit., p. 25.

- il sistema così strutturato può interagire con l'esterno, ma le influenze che riceve dall'esterno devono avere un carattere accidentale e non devono essere la causa del comportamento tipico del sistema;
- il problema alla base della costruzione del sistema deve essere generato dalla dinamica interna del sistema-modello, e non essere imposto dall'esterno.

È evidente che in un sistema anche minimamente complesso non è possibile limitarsi solo a semplici legami causa-effetto, in quanto in un qualsiasi sistema vi sono molti di questi legami ed essi sono correlati tra loro formando lunghe catene.

Una particolare conformazione dei sistemi è quella connessa con i **circuiti di retroazione** (cfr. Figura 2.1), ossia con quella particolare catena causale che si richiude su se stessa: in questo caso la causa diventa anche effetto e viceversa.

Se si considera il problema della regolazione della temperatura in una stanza si notano una serie di legami causali. Alcuni di questi legami riguardano direttamente l'elemento centrale del problema, ossia la temperatura della stanza, altri la riguardano in maniera indiretta. Le relazioni, poste in un unico diagramma rendono il sistema più chiaro (cfr. Figura 2.2).

Ai fini del controllo della temperatura, sono solo quattro le relazioni importanti: quelle che formano il circuito di retroazione (anche se ve ne sono altre che potrebbero entrare in gioco).

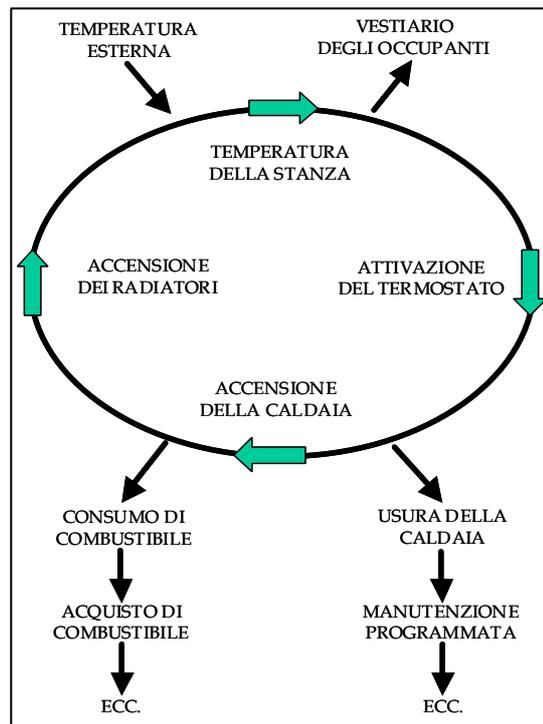


Figura 2.2 - Legami diretti ed indiretti in un circuito di retroazione

La ricerca dei circuiti di retroazione è un momento chiave nell'analisi dinamica dei sistemi. Infatti l'individuazione dei circuiti permette di scegliere più

facilmente i confini del sistema individuando i fattori chiave; inoltre un circuito è quasi sempre un sistema di controllo, capace di imporre un determinato comportamento al sistema.

Il circuito di retroazione è un percorso chiuso su sé stesso.

Possono esserci **circuiti di retroazione negativa** (strutture che gravitano intorno ad una situazione di equilibrio stabile, che si oppongono alle perturbazioni e forniscono stabilità al sistema) e **circuiti di retroazione positiva** (sono configurazioni instabili che creano crescita o declino esponenziale e forniscono cambiamento al sistema).

Nella realtà tutti i sistemi sono formati da molti circuiti diversi, sia positivi che negativi, causa prima della complessità dei sistemi reali.

Ad esempio, il sistema formato da popolazione, nascite e morti è composto da due circuiti; quello positivo è il sottosistema nascite - popolazione (non stabile), quello negativo è il sistema popolazione - morti (stabile). L'andamento generale della popolazione dipenderà da quale dei due circuiti sarà **dominante** rispetto all'altro in un dato momento.

