



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

INU

Istituto Nazionale
di Urbanistica

Ambiente, Paesaggio e Infrastrutture

Volume II



MANUALI E LINEE GUIDA



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

INU
Istituto Nazionale
di Urbanistica

Ambiente, Paesaggio e Infrastrutture

Volume II

Informazioni legali

L'istituto Superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA) e le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo manuale.

ISPRA - Istituto Superiore per la protezione e la ricerca ambientale Via Vitaliano Brancati,
48 – 00144 Roma
www.isprambiente.it

ISBN 978-88-448-0526-5

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

ISPRA - Servizio Comunicazione
Grafica: Alessia Marinelli, Elena Porrazzo
Foto di copertina: Paolo Orlandi

Coordinamento Tipografico

Daria Mazzella ISPRA - Settore Editoria

Amministrazione:

Olimpia Di Girolamo ISPRA - Settore Editoria

Distribuzione:

Michelina Porcarelli ISPRA - Settore Editoria

Il presente volume è stato curato dal Dipartimento Difesa della Natura - Servizio Aree Protette e Pianificazione Territoriale.

Dipartimenti ISPRA coinvolti

Dipartimento Difesa della Natura (NAT)

Coordinatore del Progetto

Luciano Bonci NAT - Servizio Aree Protette e Pianificazione Territoriale

Coordinamento tecnico - scientifico:

Comitato di Coordinamento ISPRA

Maria Belvisi AMB - Servizio Progetto Speciale Osservatorio Ambientale

Luciano Bonci NAT - Servizio Aree Protette e Pianificazione Territoriale

Mario Cirillo AMB - Servizio Valutazioni Ambientali

Matteo Guccione NAT - Servizio Aree Protette e Pianificazione Territoriale

Rappresentanti Associazioni CATAP

Giuliano Sauli AIPIN (Associazione Italiana per l'Ingegneria naturalistica)

Paolo Cornelini AIPIN (Associazione Italiana per l'Ingegneria naturalistica)

Giuseppe Gisotti SIGEA (Società Italiana di Geologia Ambientale)

Fabio Garbin SIGEA (Società Italiana di Geologia Ambientale)

Massimo Paolanti AIP (Associazione Italiana Pedologi)

Federico Castellani AIP (Associazione Italiana Pedologi)

Sergio Malcevschi AAA (Associazione Analisti Ambientali)

Alessandro Segale AAA (Associazione Analisti Ambientali)

Gianfranco Franchi AIAPP (Associazione Italiana di Architettura del Paesaggio)

Barbara Invernizzi AIAPP (Associazione Italiana di Architettura del Paesaggio)

Maria Loreta Bernabei AIN (Associazione Italiana Naturalisti)

Gianna Mazzoni AIN (Associazione Italiana Naturalisti)

Gioia Gibelli SIEP-IALE (Società Italiana di Ecologia del Paesaggio)

Riccardo Santolini SIEP-IALE (Società Italiana di Ecologia del Paesaggio)

1) Frammentazione del territorio da infrastrutture lineari - Indirizzi e buone pratiche per la prevenzione e la mitigazione degli impatti

Curatori

Valter Fabietti INU

Michela Gori ISPRA, NAT – Servizio Aree Protette e Pianificazione Territoriale

Matteo Guccione ISPRA, NAT – Servizio Aree Protette e Pianificazione Territoriale

Maria Cristina Musacchio INU

Luisa Nazzini ISPRA, NAT – Servizio Aree Protette e Pianificazione Territoriale

Gabriella Rago ISPRA, NAT – Servizio Aree Protette e Pianificazione Territoriale

Autori

Corrado Battisti, Provincia di Roma

Antonio Caffarelli, SNAM Rete Gas Spa

Marco Dinetti, LIPU

Maria Elena Menconi, Università degli Studi di Perugia - DUTAGR

Chiara Pietraggi, TERNA Spa

Bernardino Romano, Università degli Studi dell'Aquila

Riccardo Santolini, SIEP Società Italiana Ecologia del Paesaggio

Contributi

Maurizio Bacci, IRIS s.a.s. Strategie per l'Ambiente

Barbara Banchini, ANAS Spa

Anna Rita Baruzzi, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Ginevra Beretta, ANAS

Mario Bergamo, Autostrade per l'Italia Spa

Federico Boccalaro, AIPIN

Romano Bocognani, Ministero delle Infrastrutture

Maurizio Brunelli, Università degli Studi di Perugia - DUTAGR

Natalia Caputo, Regione Puglia

Walter Catalani, RFI Spa-Rete Ferroviaria Italiana

Claudio Celada, LIPU

Serena Ciabò, Università degli Studi dell'Aquila

Paolo Cornolini, AIPIN

Paolo Debernardi, ARPA Piemonte

Rossella Degni, Autostrade per l'Italia Spa

Roberto Ferrazza, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Franco Ferroni, WWF Italia

Andrea Fiduccia, Università La Sapienza-Progetto HELIOS GIS

Elena Fila Mauro, ARPA Piemonte

Cecilia Frasca, ARPA Piemonte

Gioia Gibelli, Società Italiana di Ecologia del Paesaggio

Matteo Guccione, ISPRA
Maura Lopez, Autostrade per l'Italia Spa
Paola Martini, IRIS s.a.s. Strategie per l'Ambiente
Giovanni Mattias, WWF Italia
Vincenzo Mennella, Università degli Studi di Perugia - DUTAGR
Adel Motawi, TERNA Spa
Moreno Neri, Università degli Studi di Perugia - DUTAGR
Ettore Pacini, Università di Siena
Beti Piotta, ISPRA Dipartimento Difesa della Natura
Enrico Rivella, ARPA Piemonte
Giuliano Sauli, AIPIN
Roberto Sbruazzo, ARPA Friuli Venezia Giulia
Carlo Scoccianti, WWF Italia
Raffaele Sirolli, RFI Spa
Giuliano Tallone, LIPU
Corrado Teofili, WWF Italia
Davide Vietti, ARPA Piemonte
Carlo Vivani, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Marco Vizzari, Università degli Studi di Perugia - DUTAGR
Francesco Zullo, Università degli Studi dell'Aquila

PREMESSA

La “Carta di Siracusa”, sottoscritta dai Ministri dell’Ambiente del G8 nell’aprile 2009, riconosce le relazioni esistenti tra lo sviluppo economico, la conservazione della biodiversità e degli ecosistemi naturali e i servizi ecosistemici (per esempio la purificazione dell’acqua e dell’aria, la conservazione del suolo, un’efficace difesa nei confronti dei disastri naturali quali inondazioni, frane, siccità e tempeste) che essi ci forniscono e che sono indispensabili per la sopravvivenza dell’uomo. La Carta, nella sezione “**Biodiversità, economia e business**” impegna i governi, tra le altre cose, ad “*evitare o ridurre qualsiasi impatto negativo sulla biodiversità derivante, tra l’altro, dall’attuazione di programmi di sviluppo delle infrastrutture*”. La Strategia nazionale per la conservazione della Biodiversità, predisposta dal Ministero dell’Ambiente, del Territorio e del Mare con il contributo di moltissimi rappresentanti del mondo istituzionale, scientifico, economico e sociale ed approvata dalla Conferenza Stato – Regioni nell’ottobre 2010, rappresenta lo strumento generale per raggiungere l’obiettivo, previsto dalla Convenzione sulla Diversità Biologica ratificata dall’Italia con legge 124/1994, di fermare la perdita di biodiversità “*attraverso l’integrazione delle esigenze della biodiversità con lo sviluppo e l’attuazione delle politiche settoriali nazionali, riconoscendo la necessità di mantenerne e rafforzarne la conservazione e l’uso sostenibile in quanto elemento essenziale per il benessere umano*”. Il settore delle infrastrutture riveste un ruolo strategico e fondamentale per lo sviluppo economico nazionale ma è altresì uno dei settori che sicuramente esercita le più forti pressioni sulle risorse ambientali e naturali, capace di modificare totalmente interi ambiti territoriali con effetti sul consumo di suolo, sulla frammentazione del territorio e sull’intero contesto ambientale e paesaggistico. La Strategia nazionale per la conservazione della Biodiversità ha individuato le seguenti principali minacce per la biodiversità derivanti dal settore delle infrastrutture: “*pressioni sugli habitat naturali e sulle popolazioni animali; consumo di aree naturali necessarie per ospitare le infrastrutture; frammentazione degli ecosistemi e interruzione dei corridoi ecologici naturali; disturbo del paesaggio; inquinamento atmosferico, acustico, luminoso; incremento delle determinanti dei cambiamenti climatici*”.

Per contrastare tali minacce la Strategia definisce tra le aree d’intervento ritenute prioritarie per neutralizzare o minimizzare gli effetti sulla biodiversità cioè: “*la riqualificazione degli habitat naturali a margine delle infrastrutture lineari e puntuali; l’integrazione delle infrastrutture nella rete ecologica; il recupero paesaggistico/naturalistico degli ambiti urbani e periurbani interessati da fenomeni di degrado a margine delle infrastrutture viarie/ferroviarie; l’implementazione dell’adozione di tecniche di naturalizzazione e ingegneria naturalistica nell’inserimento ambientale delle infrastrutture; l’individuazione e divulgazione delle migliori esperienze a livello nazionale e locale per soluzioni di mitigazione e/o di compensazione degli impatti dovuti alla realizzazione e all’esercizio delle opere; l’implementazione e aggiornamento delle competenze in materia ambientale (con particolare riguardo alla conservazione della biodiversità) delle risorse umane coinvolte nella filiera delle infrastrutture e trasporti*”.

Il progetto “Linee guida dell’Ambiente e Paesaggio nei settori infrastrutturali”, nasce dalla collaborazione tra ISPRA e CATAP¹ ed è stato presentato per la prima volta durante il Convegno svoltosi a Roma nei giorni 1 e 2 ottobre 2009 presso l’Auditorium ISPRA. Esso s’inserisce perfettamente nell’ambito del mandato istituzionale dell’ISPRA che prevede, tra l’altro, lo sviluppo di metodologie e strumenti di progettazione coerenti con obiettivi di ecocompatibilità e rispetto dei valori paesaggistici del territorio. Una progettazione attenta sia ai bisogni dell’uomo che a quelli delle altre componenti biotiche e abiotiche, quale premessa indispensabile per coniugare lo sviluppo sostenibile e la conservazione delle risorse naturali. Per la realizzazione del progetto ISPRA ha ritenuto necessario costituire formalmente uno specifico Gruppo di Lavoro interdipartimentale composto da professionalità interne all’Istituto che avessero una specifica competenza nelle materie di pertinenza delle linee guida. Tale Gruppo è stato integrato con professionalità esterne afferenti sia

¹ CATAP – Coordinamento delle Associazioni Tecnico – Scientifiche per l’Ambiente e il Paesaggio, è l’organismo aggregativo delle principali Associazioni di rappresentanza delle varie categorie culturali e professionali che operano nei diversi campi dell’ambiente e del paesaggio.

al CATAP che ad altri soggetti (Università ed Enti di ricerca) che posseggono specifiche competenze sulle tematiche trattate. All'interno del Gruppo di Lavoro interdipartimentale è stato costituito, a sua volta, un Comitato di Coordinamento con funzioni di cabina di regia e di collegamento con i soggetti esterni, oltre che con la funzione di programmare le attività attribuite all'Istituto e di organizzare il coordinamento dei Gruppi di Lavoro specifici per le singole linee guida assicurando così l'armonizzazione delle attività. Scopo del progetto è realizzare una serie di linee guida tecniche contenenti indicazioni operative utili per il supporto alla progettazione di infrastrutture, oltre che alla redazione di studi e rapporti ambientali e/o per la loro analisi e per fornire, con riferimento agli aspetti relativi all'ecologia (habitat, flora e fauna e paesaggio), uno strumento utile al conseguimento degli obiettivi contenuti nella Strategia nazionale per la biodiversità, che consenta la realizzazione delle infrastrutture, nel rispetto delle normative applicabili, riducendo al minimo gli effetti negativi sull'uomo e sull'ambiente. Tale strumento, organizzato per argomenti specifici, fornirà indicazioni per la caratterizzazione ecologica del territorio e per la preventiva mitigazione degli impatti sull'ambiente naturale già durante la fase di progettazione delle infrastrutture.

Il presente volume è il risultato della revisione del rapporto ISPRA 87/2008 *Tutela della connettività ecologica del territorio e infrastrutture lineari* che ISPRA ha coordinato, in collaborazione con l'Istituto nazionale di Urbanistica INU, attraverso la sintesi di alcune tematiche trattate nel testo del 2008, il rimando, segnalato, a contributi specialistici contenuti nel suddetto Rapporto e l'aggiornamento delle parti normative e delle migliori pratiche ("best practices") messe in campo negli ultimi anni. Sebbene le infrastrutture stradali rappresentino una delle principali cause della frammentazione della continuità ecologica, come già evidenziato anche nel Volume I, il presente lavoro ha per oggetto di studio (anche quando non esplicitamente dichiarato) l'insieme delle infrastrutture lineari (reti stradali, ferroviarie ed elettriche, acquedotti, gasdotti, ecc.) e l'impatto che tali infrastrutture possono avere sulle reti ecologiche, che rappresentano il principale strumento di gestione del territorio atto a contrastare la frammentazione ecosistemica ossia una delle principali minacce per la conservazione della biodiversità.

Le linee guida successivamente prodotte verranno inquadrare rispetto all'insieme di quelle già esistenti nel campo dell'analisi e della valutazione ambientale, a livello nazionale ed internazionale, e progressivamente raccolte nel sito www.e-savia.org/files_online/SAVIA_GL.htm Il percorso prevede poi anche la messa a punto di un glossario comune, a completamento di quanto già prodotto nel presente volume. Si procederà ad una raccolta di definizioni consolidate (in campo normativo) ed in via di consolidamento (nel campo tecnico-scientifico), e ad una loro condivisione attraverso processi partecipati tra ISPRA, CATAP e altri eventuali soggetti interessati del mondo tecnico-scientifico.

PRESENTAZIONE

1. Perché le Linee Guida?

In Italia la questione infrastrutturale viene vista da più parti come uno dei motori dello sviluppo nazionale. Contemporaneamente assistiamo ad un lento, ma inesorabile processo di degrado dell'ambiente e del paesaggio², in buona parte dovuto a piani e progetti concentrati sull'opera e non sufficientemente attenti ai suoi rapporti con il contesto e alle trasformazioni in esso indotte, immediate e dilazionate nel tempo. Il progetto di un'opera avulsa dal contesto e il progetto di un'opera che con il paesaggio dialoga fino a diventare un elemento integrato ad esso sono due cose sostanzialmente diverse, a partire dall'approccio iniziale. Si tratta di un tema già ampiamente affrontato in diversi paesi europei, ma non ancora in Italia. Siamo quindi in ritardo. Molte nuove opere sono programmate. Quasi tutte costituiscono una minaccia per gli ambienti e i paesaggi che le ospiteranno, per il loro valore e per le risorse in esse contenute. La perdita di qualità degli ecosistemi e del paesaggio si traduce in una riduzione del loro valore anche economico. Un buon progetto è portatore di nuove ricchezze in diverse forme: se un paesaggio viene impoverito, il progetto va cambiato. La sfida è quindi quella di individuare le modalità di progetto delle infrastrutture in grado di restituire, ad opera finita, un paesaggio con un valore potenzialmente maggiore rispetto a quello di partenza.

A cosa servono

Le linee guida nascono per fornire uno strumento di riferimento nella definizione di criteri il più possibile efficaci ai fini del mantenimento e/o della costruzione di nuovi equilibri ambientali, in grado di sostenere nuovi paesaggi di qualità all'interno dei quali le opere di trasformazione, e specificatamente quelle legate alle infrastrutture, si pongano come potenziali occasioni di ri-qualificazione del sistema paesistico ambientale e non come inevitabili cause di degrado da minimizzare.

A chi servono

Le linee guida possono costituire un utile riferimento per i progettisti, per gli enti di governo del territorio e per le verifiche di compatibilità all'interno delle procedure di valutazione di Piani e Progetti (V.I.A., V.A.S., VIncA, Autorizzazioni paesaggistiche).

Cosa sono

I documenti tecnici che qui si propongono sono finalizzati, attraverso il **processo in corso di sviluppo e integrazione** che porterà alla predisposizione di un "pacchetto" completo di linee guida tra loro integrate, a porsi come risposta concreta alle istanze di confronto con la complessità dei sistemi. Aspetto necessario soprattutto in un paese come il nostro in cui lo spazio è prezioso, il suolo è una risorsa non rinnovabile assai limitata e limitante la funzionalità degli ecosistemi, la biodiversità in tutte le sue manifestazioni è altissima, così come la ricchezza artistica e architettonica che, insieme, hanno permesso l'evoluzione di paesaggi straordinariamente diversificati, demandati a conservare le risorse primarie, non rinnovabili del nostro territorio. È utile sottolineare che, stante la complessità e la diversità dei paesaggi italiani, in molti casi si potranno proporre solo indirizzi metodologici e criteri progettuali, in quanto le soluzioni vanno ricercate caso per caso a seconda della natura dei luoghi interessati. Anche le buone pratiche proposte sono da intendere come esempi da tradurre e personalizzare rispetto ai diversi contesti e alle peculiarità locali.

² *In questo contesto consideriamo il paesaggio secondo la Convenzione Europea del Paesaggio (CEP v. nota 3). Le questioni ambientali sono quindi considerate parte integrante del Paesaggio. Tale concetto non è universalmente riconosciuto in Italia dove il paesaggio, in genere, ha un'accezione prevalente di tipo estetico culturale, al contrario di molti paesi europei in cui l'accezione ambientale è dominante. In questo testo si userà frequentemente il termine paesistico-ambientale (che secondo quanto scritto contiene una ripetizione e non è usato in nessun altro paese europeo) con lo scopo di facilitare la lettura e la comprensione.*

2. Grandi temi e principi integratori

Il percorso di costruzione dei presenti documenti assume come riferimento primario alcuni grandi temi e principi integratori, riassumibili nei seguenti strumenti concettuali:

- paesaggio;
- biodiversità;
- sviluppo sostenibile;
- servizi ecosistemici.

Tali elementi costituiscono aspetti essenziali dello sviluppo territoriale, e come tali diventano riferimenti essenziali nelle valutazioni a supporto dei processi decisionali: VAS a livello di piani e programmi, VIA a livello di progetti, Valutazioni di Incidenza ove possano prodursi interferenze critiche con la Rete Natura 2000.

Sviluppo sostenibile significa, in generale, incontro ottimale tra ambiente, economia e società, ma dal punto di vista spaziale lo sviluppo sostenibile presuppone un incontro ottimale tra paesaggio, ecosistema e territorio (luogo delle decisioni di governo). Quanto sviluppato con il presente programma di linee guida acquista quindi rilevanza significativa nel perseguimento di sistemi ecoterritoriali di nuova generazione, che pongano anche il riequilibrio delle criticità ambientali indotte dalle attività umane come una delle colonne di un nuovo modello di sviluppo. Si propongono di seguito alcune specificazioni sui termini precedenti.

Paesaggio

La Convenzione Europea del Paesaggio (CEP)³, definendo il paesaggio come *“una determinata parte di territorio, così come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni”* amplia di fatto il concetto di paesaggio a tutto ciò che ci circonda, andando oltre l'eccezionalità del singolo elemento/componente e sottolineando l'importanza di curare le trasformazioni in ogni luogo. Segnala inoltre l'importanza di *“integrare il paesaggio nelle politiche di pianificazione del territorio, urbanistiche e in quelle a carattere culturale, ambientale, agricolo, sociale ed economico, e nelle altre politiche che possono avere un'incidenza diretta o indiretta sul paesaggio”*, evidenziando la necessità di considerare il paradigma del Paesaggio in ogni politica e processo progettuale e quindi anche in quelle legate alle politiche per la mobilità e ai processi progettuali infrastrutturali e degli spazi ad essi connessi. Come detto, secondo la CEP il *paesaggio* è da intendersi come la risultante dei processi naturali e delle attività antropiche. Tale concetto integra di fatto tutti gli aspetti che tradizionalmente sono denominati come “paesaggistici” (riferibili alle componenti percettive e culturali), “ecologici” (riferibili ai processi ecosistemici), ambientali (riferibili allo stato delle singole componenti quali acqua, aria, suolo, ecc).

Per fare ciò, è necessario un approccio olistico teso a considerare tutte le istanze e le componenti in un solo momento per giungere a soluzioni integrate, impostato sin dalle primissime fasi di lavoro, ovvero dai primi studi sulla necessità e fattibilità dell'infrastruttura.

Biodiversità

La **Strategia Nazionale della Biodiversità**, così come prevista dalla Convenzione sulla Diversità Biologica, rappresenta uno strumento di grande importanza per garantire, a partire dal 2010 e per gli anni a venire, la reale integrazione e il coordinamento tra gli obiettivi di sviluppo del paese e la tutela del suo inestimabile patrimonio di biodiversità. La Strategia Nazionale considera la Biodiversità come la varietà degli organismi viventi, la loro variabilità genetica ed i complessi ecologici di cui fanno parte, assicurando la salvaguardia e il ripristino dei servizi ecosistemici al fine di garantirne il ruolo

³ La CEP è stata aperta per la sottoscrizione da parte degli Stati membri della UE a partire dal 10 Ottobre 2000. E' stata sottoscritta dall'Italia, il 20 ottobre 2000, a Firenze. È stata ratificata nel 2006 dallo Stato italiano con la legge n. 14-2006. La CEP non costituisce direttiva e non gode di alcun potere legale: i paesi, su base volontaria, firmano e ratificano la convenzione. Nonostante questo, in ambito europeo l'importanza della convenzione è largamente riconosciuta anche da parte di quei paesi che non l'hanno ancora ratificata.

chiave per la vita sulla Terra e per il benessere umano. L'alterazione della biodiversità (determinata da fattori diretti ed indiretti ed indotta anche dalle trasformazioni del paesaggio) causa cambiamenti nella stabilità ecosistemica, riducendo la funzionalità di habitat ed ecosistemi fino a indurne la possibile scomparsa. L'alterazione degli ecosistemi determina una modificazione della loro funzionalità, cioè una progressiva distrofia (perdita di funzioni). Ad esempio, una zona umida che tra le altre funzioni svolge anche quella di depurazione delle acque, se alterata, ridotta o limitata, perde progressivamente questa capacità e con essa la biodiversità.

Di conseguenza, l'approccio sviluppato in queste linee guida considera la biodiversità sia come obiettivo da mantenere ed incrementare, che come strumento per controllare il livello di distrofia che l'infrastruttura potrebbe provocare negli ecosistemi.

Sviluppo sostenibile

La Qualità Paesistica è il risultato della salvaguardia delle funzioni e dei processi completi dell'ambiente e del Paesaggio nella loro interazione con le azioni di pianificazione e sviluppo. Questa generazione deve essere certa di lasciare alla prossima uno *stock di capitale* non inferiore a quello che possiede ora ("trasferimento di lasciti di capitale"), intendendo come capitale i beni ed i servizi dai quali dipende il genere umano per raggiungere un benessere di base garantito. Di fatto, il livello di risorse e di capacità produttiva di un ambito territoriale può essere il medesimo per ogni generazione, ma il benessere di ognuna può essere diverso riguardo al tipo di uso del proprio stock di risorse e ogni generazione dovrebbe lasciare alle altre *una quantità di risorse sufficiente e di buona qualità*. Tuttavia, l'interpretazione dello stock di risorse ha indotto l'elaborazione di diversi modelli di sviluppo sostenibile, i più rappresentativi dei quali sono quello cosiddetto debole (SSD) e quello denominato forte (SSF). Per il primo, il Capitale Naturale è equiparato alle altre forme di capitale. Ad esempio una sorgente può essere eliminata, a patto che sia monetizzata, senza considerarne le funzioni non sostituibili per la qualità della vita, assumendo pertanto che ogni tipo di capitale presenti una sostituibilità perfetta. Al contrario, la sostenibilità di tipo forte assume che gli elementi dello stock di capitale naturale non possono essere sostituiti dal capitale costruito dall'uomo. Infatti, alcune delle funzioni e dei servizi degli ecosistemi sono quantitativamente e spazialmente essenziali per la sopravvivenza del genere umano in quanto elementi determinanti la sopravvivenza della vita stessa: questa porzione di capitale viene definito **Capitale Naturale critico non sostituibile** e perciò bisognoso di varie forme di tutela (*Sviluppo durevole*⁴).

L'obiettivo quindi, di fronte ad ogni trasformazione, è quello di valutare il limite di alterazione del Capitale Naturale, al fine di conservare quello critico fondamentale per mantenere il livello di qualità della vita e delle sue risorse.

Servizi ecosistemici

I servizi ecosistemici vengono intesi come la capacità degli ecosistemi di fornire beni e servizi (qualità dell'acqua, qualità dell'aria, assorbimento di CO₂, protezione del suolo, materie prime, servizi ricreativi e culturali ecc.) che soddisfino direttamente o indirettamente i bisogni umani (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Avere una buona dotazione di servizi ecosistemici significa avere una maggior "ricchezza" procapite in termini di Capitale Naturale, ma anche una maggiore salute e resilienza dei territori (sistemi socio-ecologici). Per questi motivi, l'analisi della biodiversità a proposito della valutazione di alcune funzioni ecologiche chiave, condotta a tutti i livelli di scala, può essere uno strumento di enorme utilità per sviluppare:

- a. la conoscenza dell'ambiente di studio (censimenti e monitoraggio della vegetazione, della fauna e degli ecosistemi);
- b. la valutazione della funzionalità delle risorse del territorio (analisi quali-quantitative dei beni e dei servizi ecosistemici);
- c. il riconoscimento e la tutela del Capitale Naturale e delle attività compatibili in una nuova ottica di Economia Ecologica attraverso misure appropriate di valore per ciascuna funzione ecosistemica;

⁴ *In tal senso si sottolinea come la traduzione del termine francese *Développement durable* ben rappresenta il concetto di mantenimento nel tempo della qualità e della quantità del patrimonio e delle risorse naturali con l'obiettivo di mantenere uno sviluppo economico che consideri la risorsa ambientale come Capitale Naturale determinando l'equità sociale in regime di equilibrio ambientale.*

- d. la costruzione di scenari opportuni a diversa sostenibilità ambientale in relazione alle funzioni compromesse dalle azioni di progetto;
- e. gli strumenti di supporto (Reti Ecologiche) ad una pianificazione ed una progettazione territoriale orientata alla sostenibilità ambientale, sociale ed economica durevole; in una prospettiva di coscienza etica ed economica del Capitale Naturale.

Questo approccio, caratterizzato da tutte le sue fasi di analisi, elaborazione e rappresentazione cartografica, può offrire gli strumenti per un controllo delle trasformazioni territoriali sviluppando una valutazione delle azioni sostenibili ed evidenziarne anche cartograficamente le criticità a supporto dei decisori.

3. Il ruolo delle infrastrutture viarie

Nel rapporto tra governo del territorio e tutela della biodiversità e della qualità paesaggistica, le infrastrutture (da intendere come spazio infrastrutturale complesso e dinamico nel tempo e nello spazio) possono svolgere un importante ruolo, sia positivo sia negativo. Le infrastrutture viarie si collocano, infatti, tra le opere che determinano le trasformazioni più ingenti nel territorio e, di conseguenza, nel paesaggio. Le tipologie più frequenti di impatti prodotti dalle infrastrutture sono così sintetizzabili:

- naturalistici (eliminazione/riduzione di habitat, frammentazione e interferenze con dinamiche faunistiche, interruzione e impoverimento in genere di ecosistemi e di reti ecologiche);
- fisico-territoriali (scavi, riporti, rimodellamento morfologico, consumo di suolo in genere, interruzione della continuità territoriale, trasformazioni indotte dilazionate nel tempo);
- salute pubblica (inquinamento acustico, dell'atmosfera, delle acque superficiali e sotterranee e dei suoli);
- interferenze funzionali urbanistiche, socio economiche, ecc., anche protratte nel tempo;
- interferenze paesaggistiche quale sommatoria dei precedenti impatti unitamente all'impatto visivo dell'opera. A questi vanno aggiunti gli impatti, in genere temporanei, sulle aree utilizzate per cantieri.

Tutti questi aspetti devono essere tenuti presenti nella programmazione e nella progettazione delle infrastrutture.

Riferimenti per il progetto

La progettazione delle infrastrutture e del loro intorno è una questione delicata e complessa, che interessa ambiti anche molto vasti per un tempo che inizia dal momento della decisione politica e **continua per tutta la vita dell'infrastruttura fino al momento della sua potenziale dismissione**. Trasformazioni che avvengono in tempi e spazi diversi: **trasformazioni immediate**, relativamente ai sedimenti e alle aree direttamente interessate, e **trasformazioni dilatate nel tempo e nello spazio**, relativamente agli effetti indotti che vanno dall'alterazione delle componenti ambientali, alla modificazione della percezione e degli usi del territorio, alle dinamiche territoriali capaci di stravolgere radicalmente un sistema di paesaggio. La cultura progettuale prevalente, rivolta alla monofunzionalità e all'efficienza dell'opera nei confronti del traffico veicolare e con poca attenzione agli effetti spesso devastanti prodotti nel paesaggio attraversato deriva dalla considerazione generale dell'infrastruttura stradale come un fatto tecnico concluso, la cui unica funzione è quella di convogliare traffico il più velocemente possibile: *un'immagine idraulica "banale"* (Secchi B., 1989).

La prevalenza delle questioni tecniche, derivata dalle finalità esclusive di soluzione dei problemi di traffico, di mobilità e di velocità, ha determinato una separazione dei saperi e delle competenze, in conseguenza della quale i processi di costruzione delle strade mostrano un'astrazione dal contesto e dalle sue dinamiche che, nel migliore dei casi, si tende a mitigare e compensare a posteriori con risultati insoddisfacenti. Si rileva inoltre un luogo comune, tanto comune quanto sbagliato, secondo il quale realizzare un'infrastruttura paesaggisticamente valida sia più costoso: questo non è quasi mai vero se il progetto è costruito dal paesaggio e con il paesaggio mentre è quasi sempre vero se il progetto ingegneristico, non tenendo conto del contesto, deve essere mitigato e compensato a posteriori. Sono due approcci opposti, che portano a risultati affatto diversi sia nell'economia che nelle prestazioni complessive. In questa chiave, risulta fondamentale l'adozione di tecniche e modelli di riferimento per gli interventi infrastrutturali, ma anche di quelli ad essi connessi (di trasformazione urbana, agronomica e di difesa del suolo) che interagiscono con le componenti ambientali e con il paesaggio e che ad esso vanno coordinati in funzione dei **caratteri, delle diversità**

e del grado di sensibilità⁵ del sistema paesistico ambientale stesso.

In particolare è indispensabile verificare fin dall'inizio la ricaduta sul sistema paesistico-ambientale di **diverse alternative di tracciato**. Infatti la stessa opera, diversamente posizionata, incide in modo sostanzialmente diverso sulla sensibilità del sistema paesistico-ambientale attraversato. Tale opportunità è peraltro prevista dal regolamento sui lavori pubblici fin dal progetto preliminare (cfr. L. n. 109/1994 e s.m. e i.). Aspetto frequentemente disatteso anche nelle opere di maggior importanza.

Gli obiettivi del progetto

È necessario definire un progetto delle trasformazioni e della loro gestione con l'obiettivo del riequilibrio ecosistemico

Il paesaggio può essere considerato come la “cartina di tornasole” della stratificazione dei processi che avvengono nel territorio a livello di ecosistemi naturali (processi fisico – biologici ed ecologico-ambientali) e antropici (processi culturali comprendenti gli aspetti storico insediativi, architettonici, cognitivi, socio-economici). Partire dal paesaggio significa dunque dover tener conto non solo delle singole componenti e fattori ambientali, ma soprattutto delle loro interazioni e del **ruolo specifico che componenti e fattori detengono ai fini dell'equilibrio e dell'integrità del mosaico** che concorrono a formare. **La sensibilità del paesaggio dipende in larga misura dalla qualità degli ecosistemi** che lo compongono e dalle relazioni che tra questi si intrattengono. Un paesaggio a bassa sensibilità, quindi vitale e in grado di reagire alle alterazioni, è costituito da ecosistemi di qualità, in grado di interagire e da popolazioni che ne riconoscono e apprezzano il valore.

Il paradigma del paesaggio costringe pertanto a effettuare valutazioni di ogni componente interessata da una certa trasformazione, non solo relativamente a se stessa, ma anche rispetto al proprio ruolo specifico nel mantenimento delle funzioni vitali delle altre componenti e in riferimento all'equilibrio complessivo del sistema paesistico-ambientale interessato dall'opera. In quest'ottica, l'alterazione di una componente può originare effetti molto più negativi rispetto a quanto apparirebbe da una valutazione relativa esclusivamente alle valenze intrinseche.

Il paradigma del paesaggio impone quindi di affrontare **metodologie di analisi e valutazione in grado di superare l'ottica settoriale tradizionale** per confrontarsi con la realtà complessa che è propria dei sistemi in cui tutti noi viviamo. Tra gli obiettivi principali perseguiti attraverso l'analisi degli impatti condotta in parallelo con la progettazione di un'opera, emerge la possibilità di evitare o minimizzare gli impatti negativi, valorizzando quelli positivi. A tal fine è necessaria una continua interazione tra analisti degli impatti e progettisti dell'opera, tenendo presente che è meglio prevenire (localizzare, inserire e compensare) che mitigare a posteriori. Il “buon progetto” si basa, in primis, sulla miglior localizzazione possibile dell'infrastruttura, quindi sui criteri di inserimento nel paesaggio

⁵*Per sensibilità paesistica si intende la suscettività del paesaggio a mantenere/perdere i propri caratteri identitari, a fronte di interferenze naturali e/o antropiche. Quando un sistema è prossimo ad un equilibrio più o meno stabile, oscillazioni casuali o alcune alterazioni possono non essere importanti. Invece se un sistema è prossimo ad una soglia critica, anche lievi oscillazioni o modifiche possono avere effetti molto gravi. Gli esempi spaziano dalla sensibilità dei fiumi e dei loro ambiti alluvionali nei confronti dei cambiamenti climatici, alla suscettibilità della flora e della fauna a fronte alla ceduazione e al taglio dei boschi, agli incendi. La sensibilità del paesaggio varia sia nel tempo che nello spazio e può essere misurata attraverso le ricostruzioni storiche e la conoscenza dell'intero paesaggio. Un'attenzione alla suscettibilità propria di ogni paesaggio alle interferenze è vitale per una buona gestione dell'ambiente. La sensibilità paesistica è collegata con la stabilità dei caratteri (nota dell'autore: traduzione dall'inglese di “character” ha un significato complessivo che si avvicina al nostro “caratteri identitari”), con il livello di resistenza e di resilienza di quel carattere. Un paesaggio dotato di alta sensibilità, una volta persi i propri caratteri, difficilmente li recupererà, inoltre va trattato con grande attenzione perché possa sopravvivere. (da Bray C., 2003. Worcestershire County Council. Unpublished paper on a County Wide Assessment of Landscape Sensitivity in Swanwick C., 2004. Techniques and criteria for judging capacity and sensitivity. Topic Paper 6. Countryside Agency and Scottish Natural Heritage. 2-3.)*

che terranno conto anche delle tipologie delle opere (un conto è una strada in rilevato, piuttosto che a raso o in viadotto), dai quali scaturiranno le opere di mitigazione compensazione.

I **criteri localizzativi** derivano dalle esigenze di salvaguardia del sistema paesistico-ambientale in base ai suoi fattori di sensibilità, ed indirizzano il miglioramento del progetto agendo sulla fase di progettazione dell'opera stessa. In questa fase viene indicata, fra le possibili alternative, la migliore posizione dell'opera di trasformazione in rapporto all'esistente.

Le **misure di mitigazione** sono intese a ridurre al minimo o addirittura a sopprimere l'impatto negativo di un piano o progetto durante o dopo la sua realizzazione.

Con *misure di mitigazione* si intendono diverse categorie di interventi:

- le opere di mitigazione, cioè quelle direttamente collegate agli impatti (ad esempio le barriere antirumore);
- le opere di "ottimizzazione" del progetto (ad es. la riduzione del consumo energetico o il suo miglior inserimento paesistico).

Con **misure di compensazione**, s'intendono gli interventi, anche non strettamente collegati con l'opera, che vengono realizzati a titolo di "compensazione" ambientale degli impatti residui non mitigabili (ad esempio la creazione di ambienti umidi o di zone boscate in aree interessate dalla rete ecologica o la bonifica e rivegetazione di siti degradati non legati all'opera in esame). A queste è demandato anche il compito di riqualificare i degradi pregressi del sistema paesistico-ambientale. Le misure di compensazione non riducono solo gli impatti residui attribuibili al progetto, ma provvedono a sostituire una risorsa ambientale che è stata depauperata con una risorsa considerata di importanza almeno equivalente. Tra gli interventi di compensazione si possono annoverare:

- la riqualificazione ambientale e la formazione di neo-ecosistemi;
- il riassetto urbanistico con la realizzazione di aree a verde, zone a parco, rinaturalizzazione degli argini di corsi d'acqua;
- formazione di zone umide;
- impianti di fitodepurazione per il miglioramento qualitativo di acque diverse;
- ripristini di aree degradate in genere;
- sovrappassi/sottopassi di viabilità esistente;
- strutture e attività per la didattica ambientale.

Le opere, di cui sopra, sono parte integrante del progetto e vanno progettate contestualmente ad esso.

Per l'individuazione delle tecniche migliori, si deve prevedere l'impiego della tecnica a minore impatto a parità di risultato tecnico – funzionale e naturalistico. Gli interventi di mitigazione e compensazione, sebbene progettati per minimizzare gli effetti di un progetto principalmente su una componente e/o fattore ambientale, dovrebbero essere efficaci nei confronti di più componenti e/o fattori e, soprattutto, avere una significatività a livello di sistema e non solo di componente. È possibile simulare degli scenari di trasformazione del sistema paesistico-ambientale, evidenziarne alcune criticità e individuare alcune mitigazioni dei progetti programmati. Oppure è possibile effettuare un vero e proprio bilancio ambientale, che indichi e quantifichi le reali entità degli effetti delle trasformazioni sul sistema paesistico-ambientale per poi indicare delle compensazioni veramente mirate. Alcune compensazioni sono localizzate in aree immediatamente vicine all'intervento proposto, in altri casi si tratta di attività parallele che cercano di risarcire la perdita, per esempio con opere di rinaturalizzazione/bonifica, ricreazione di punti panoramici o azioni di accrescimento culturale della popolazione.

Multiscalarità e rapporti tra le scale

A fronte delle indicazioni tecniche suggerite nei documenti presentati, si evidenzia che la loro specifica applicazione non può che scaturire da una conoscenza complessiva, integrata e multiscalarità della realtà nella quale si opera, delle criticità e opportunità di sistema che possono essere curate o perseguite attraverso una accorta progettazione delle singole componenti al fine di raggiungere gli obiettivi di ordine superiore in quanto obiettivi di sistema. Ecco che, in questo modo, anche interventi di limitato impegno o dimensioni, possono divenire strategici. Viceversa, senza una conoscenza complessiva è molto probabile che una profusione di risorse economiche non sia in grado di raggiungere obiettivi anche minimi di sostenibilità ambientale. È necessario quindi lavorare

a più scale interrelate, dove la scala maggiore costituisce indirizzo e guida per le scale inferiori e le scale inferiori contengono fattori limitanti, opportunità e processi che nel loro insieme condizionano e costruiscono le strutture a scala superiore.

L'infrastruttura (la linea nera della figura seguente) attraversa una serie di ambiti che sono condizionati dalla loro appartenenza ad un sistema eco-paesistico. Ogni ambito intermedio o Unità di Paesaggio presenta i suoi caratteri identitari, che derivano da:

- i condizionamenti di scala superiore;
- le relazioni orizzontali con gli ambiti intermedi limitrofi;
- i risultati dei processi che avvengono tra gli ambiti di livello inferiore che, nel loro insieme, costruiscono materialmente l'Unità di Paesaggio, compresi anche i significati simbolici e interpretativi forniti dalle popolazioni.

Tali processi avvengono con tempi diversi, correlati al livello spaziale (cfr. Figura seguente). L'infrastruttura interagisce, quindi, direttamente con il livello intermedio (delle Unità di Paesaggio) e con quello inferiore, e, indirettamente, con quello superiore (di sistema eco-paesistico). I diversi documenti si inseriscono nelle varie scale spaziali, secondo l'oggetto che trattano. In genere quasi tutte si collocano a livello intermedio per quanto riguarda le analisi e al livello inferiore per quanto riguarda gli interventi: per esempio il trattamento dei suoli riguarderà esclusivamente gli ambiti di livello inferiore interessati dalle trasformazioni, ma l'analisi dovrà necessariamente riferirsi ad un ambito più esteso (generalmente di livello intermedio). Per quanto riguarda invece alcune tematiche, quali il paesaggio, tutte e tre le scale spaziali sono coinvolte nelle analisi e dovrebbero esserlo anche negli interventi.

Legami tra le scale spatio-temporali in rapporto all'inserimento

