

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA
POLITECNICO DI MILANO - UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA

DOTTORATO DI RICERCA IN “URBANISTICA TECNICA” - XI CICLO

TESI DI DOTTORATO

Pianificazione per la sicurezza nella prospettiva dello sviluppo sostenibile delle città e del territorio

DOTTORANDO:

Ing. Michela TIBONI

Tutor:

Prof. Ing. Roberto BUSI
Dipartimento di Ingegneria civile
Università degli Studi di Brescia

Coordinatore:

Prof. Ing. Francesco Secondo Lucchini
DISET
Politecnico di Milano

Anno Accademico 1998-1999

*Ad Alice, Elena e Silvia
e al loro papà*

*Desidero esprimere il mio più vivo ringraziamento a tutti coloro che hanno
reso possibile questo lavoro,
primo fra tutti il prof. Roberto Busi, che con i suoi insegnamenti ha fatto
nascere in me la passione per l'Urbanistica tecnica e mi ha dato la
possibilità di coltivarla,
il prof. Maurizio Tira, che sempre mi ha incoraggiato ed aiutato
nell'affrontare un tema così affascinante ma forse anche un poco
"pericoloso" per la nostra disciplina
e con lui tutti coloro che si occupano di queste tematiche: i loro lavori
sono stati per me lo spunto e la base su cui tentare di costruire il mio
piccolo contributo,
un grazie al prof. Francesco Secondo Lucchini, e con lui a tutti quelli che
mi hanno accompagnato in questi tre anni di dottorato*

grazie a tutti

INTRODUZIONE

SEZIONE I: IL PERCORSO DELLA PIANIFICAZIONE URBANISTICA VERSO LA CULTURA DELLA MITIGAZIONE DEL RISCHIO

1 L'ATTENZIONE ALLA COMPONENTE FISICO-AMBIENTALE NELLA PIANIFICAZIONE DELLE CITTÀ E DEL TERRITORIO	1
1.1 Introduzione	1
1.2 L'elemento geomorfologico-ambientale nella costruzione della città	1
1.2.1 La nascita delle città	1
1.2.2 Il Medioevo: le città collinari.....	4
1.2.3 Il Rinascimento: la nascita dell'urbanistica come scienza	5
1.2.4 L'Ottocento: l'introduzione dei primi metodi d'indagine.....	6
1.2.5 Il Novecento: la nascita dei primi problemi di difesa del suolo.....	7
1.2.5.1 Anni Venti e Trenta: l'esigenza di un sapere scientifico alla base dell'urbanistica	7
1.2.5.2 Anni Quaranta e Cinquanta: i primi Piani Regolatori Generali.....	8
1.2.5.3 Anni Sessanta: una maggiore attenzione verso la componente fisico-ambientale.....	13
1.2.5.4 Anni Settanta: la pianificazione del territorio extraurbano	15
1.2.5.5 Anni Ottanta e Novanta: dalle indagini sulla componente fisica del territorio nella pianificazione urbana alle prime esperienze di valutazione ambientale strategica	17
2 IL RISCHIO FISICO	28
2.1 Disastri e catastrofi.....	28
2.2 Il concetto di rischio.....	31
2.2.1 Pericolosità.....	33
2.2.2 Vulnerabilità.....	33
2.2.3 Esposizione.....	34
3 PIANIFICAZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO	35
3.1 Le attività post-evento: analisi di alcune catastrofi del passato	35
3.2 Dagli interventi post-evento ad una pianificazione per la riduzione del rischio	38
3.3 Applicabilità della valutazione di impatto ambientale agli strumenti di pianificazione	41
3.3.1 Introduzione.....	41
3.3.2 Possibili scale d'intervento sul territorio.....	42
3.3.3 Valutare progetti e politiche	42
3.3.4 Il ruolo della VIA in un processo di pianificazione	45
3.3.5 VIA e strumenti pianificatori.....	47
3.3.6 Utilizzo di carte tematiche	52
3.3.6.1 Introduzione.....	52
3.3.6.2 Creazione di carte tematiche.....	54
3.3.6.3 Metodo di sovrapposizione delle carte.....	55
3.3.6.4 Metodi reticolari integrati da elaborazioni numeriche	57
3.3.7 Rapporto di compatibilità ambientale	58
3.3.7.1 Introduzione.....	58
3.3.7.2 Valutazione preliminare	60
3.3.7.3 Previsione e valutazione degli impatti	63
3.3.8 Dossier d'impatto ambientale.....	65
3.3.8.1 Introduzione.....	65
3.3.8.2 Modalità per la redazione dello studio d'impatto.....	67
3.3.8.3 Valutazione delle alternative e giustificazione delle scelte.....	67

SEZIONE II: I CINQUE HAZARDS

4 LE FRANE	69
4.1 Definizione ed elementi caratterizzanti le frane	69
4.2 Le cause dei movimenti franosi	72
4.3 Fattori che influenzano i movimenti franosi	75
4.4 Le categorie di rocce	76
4.5 Le opere di difesa dalle frane	77
4.6 Metodi disponibili per valutare la stabilità di un pendio	79
5 LE VALANGHE	82
5.1 Definizione ed elementi caratterizzanti le valanghe	82
5.2 Le cause delle valanghe	83
5.3 Le precipitazioni nevose	84
5.4 L'equilibrio delle valanghe	86
5.5 Le opere di difesa dalle valanghe	87
6 LE ALLUVIONI E LE INONDAZIONI	90
6.1 Definizioni ed elementi caratterizzanti le alluvioni	90
6.2 Cause delle alluvioni	91
6.3 Danni causati	93
6.4 Le opere di difesa dalle alluvioni	95
7 GLI INCENDI BOSCHIVI	98
7.1 Definizione ed elementi caratterizzanti gli incendi boschivi	98
7.2 Le cause degli incendi	100
7.3 Fattori che influenzano il comportamento degli incendi	100
7.4 Intensità dell'incendio	103
7.5 Emissioni degli incendi	103
7.6 La difesa dagli incendi boschivi	104
7.7 Indici di rischio in letteratura	105
8 I TERREMOTI	107
8.1 Le teorie circa le zone sismiche della Terra	107
8.2 Generalità sui terremoti	107
8.3 Origine e cause dei terremoti	109
8.4 Le misurazioni dei terremoti	110
8.5 Fattori che influiscono sulla sismicità locale	112
8.6 Gli effetti dei terremoti	112
8.7 Previsione del terremoto	113
8.8 La prevenzione sismica: esempi di applicazioni	114

SEZIONE III: PIANIFICAZIONE IN AREE A RISCHIO FISICO: PROPOSTA DI UNA METODOLOGIA OPERATIVA PER LA REDAZIONE DI ANALISI DI SUPPORTO ALLA PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO IN AREE A RISCHIO FISICO

9 LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ	119
9.1 Proposta di indici di pericolosità	119
9.1.1 Il rischio di frana	119
9.1.2 Parametrizzazione dell'indice di pericolosità per le aree a rischio di frana	121
9.1.3 Il rischio di valanga	124
9.1.4 Parametrizzazione dell'indice di pericolosità per le aree a rischio di valanga	124

9.1.5 Il rischio di alluvione.....	125
9.1.6 Elaborazione delle curve di possibilità climatica	126
9.1.7 Il metodo SCS Curve Number.....	127
9.1.8 Parametrizzazione dell'indice di pericolosità per le aree a rischio di alluvione.....	133
9.1.9 Il rischio di incendio.....	139
9.1.10 Parametrizzazione dell'indice di pericolosità per le aree a rischio di incendio.....	140
9.1.11 Il rischio sismico.....	142
9.1.12 Parametrizzazione dell'indice di pericolosità per le aree a rischio sismico.....	142
10 LA VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE	144
10.1 Introduzione	144
10.2 Alcuni esempi di valutazione dell'esposizione.....	144
10.3 Proposta di un metodo di valutazione dell'esposizione	145
10.3.1 Insediamenti residenziali e industriali.....	145
10.3.2 Il sistema stradale	148
10.3.3 Area extraurbana	148
11 LA VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ.....	151
11.1 Introduzione	151
11.2 Vulnerabilità rispetto al sisma: alcuni casi di studio.....	152
11.3 Proposta di un metodo di valutazione della vulnerabilità	158
11.3.1 Vulnerabilità degli insediamenti residenziali e industriali.....	158
11.3.2 La vulnerabilità del sistema stradale	158
11.3.3 La vulnerabilità del territorio extraurbano	159
12 LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO.....	160
12.1 Alcuni esempi metodologici.....	160
12.2 Scelta di un metodo per la valutazione del rischio di territori sub regionali	162
12.3 Elaborazione dei risultati e valutazione degli interventi	163
12.4 I centri abitati e il territorio extraurbano.....	163
12.5 Il sistema stradale	165
12.6 Le infrastrutture.....	166
12.7 Le nuove espansioni.....	166
13 UNA METODOLOGIA PER LA ZONIZZAZIONE DEI RISCHI CON L'USO DEI GIS	168
13.1 Cartografia di analisi e di progetto	168
13.2 Applicazione ad un ambito sovracomunale	174
13.2.1 La valutazione della pericolosità.....	181
13.2.2 La valutazione dell'esposizione.....	189
13.2.3 La valutazione della vulnerabilità.....	193
13.2.4 La valutazione del rischio	197
13.3 Applicazione ad un ambito comunale	205
13.3.1 Verifica del rischio fisico	205
13.3.2 Verifica della vulnerabilità ambientale	217

BIBLIOGRAFIA

Introduzione

Città e sicurezza

L'intervento dell'uomo sul territorio induce delle modificazioni, nell'ambiente originario, particolarmente sensibili come conseguenze e macroscopiche come aspetto quando si considerino le variazioni nell'uso del suolo verificatesi passando dall'ecosistema naturale all'habitat umano (Busi, 1993).

Spesso tali trasformazioni portano ad un miglioramento delle condizioni dell'assetto fisico di un'area. Si pensi, per esempio, alla potente opera manifestatasi nel tempo nella Regione Lombardia con la formazione di terrazzamenti sui pendii montani per l'utilizzo agrario degli stessi, andando così a definire un assetto idrogeologico del territorio certo artificiale ma comunque con cospicue caratteristiche di stabilità e di congruenza con l'ambiente originario, oltre che con spinte connotazioni paesistiche. Altre volte, al contrario, è proprio l'intervento dell'uomo sul territorio la causa di fenomeni di degrado e di dissesto.

Negli ultimi decenni, l'euforia delle nuove tecnologie costruttive ha lasciato presumere che si potesse costruire ovunque e che ovunque si potessero espletare gli effetti di grandi concentrazioni umane: l'alluvione del Polesine negli anni Cinquanta, di Firenze nel 1966, ancora della pianura padana nel novembre 1993, dei comuni della costa della Sicilia nel 1994, dimostrano palesemente gli effetti disastrosi di simile presunzione (Campo, 1996).

Terremoti, inondazioni, frane ed altri eventi naturali sono sempre accaduti. Eppure sembra che tali eventi vadano oltre la capacità della società di farvi fronte. In passato si riteneva che gli eventi catastrofici fossero il risultato di un disegno superiore e quindi inevitabili.

Oggi si può a ragione ritenere che la pressione dell'uomo sull'ambiente possa contribuire ad innescare meccanismi di azione-reazione la cui conoscenza può permettere di prevenire, almeno in parte, le ricorrenti catastrofi che colpiscono in particolare regioni che già presentano caratteri di fragilità geomorfologica.

Si deve anche considerare il fatto che le aree a rischio fisico hanno spesso caratteristiche tali che le rendono particolarmente attrattive per un uso economico. Le pianure alluvionali e i suoli vulcanici, particolarmente fertili, sono coltivati in modo intensivo. La maggior parte delle città sono state fondate e si sono sviluppate grazie alla vicinanza a fiumi e corsi d'acqua, che permettevano facili scambi commerciali. Queste stesse aree di pianura, in tempi più recenti, sono state scelte come sedime ottimale per la realizzazione di rapide vie di comunicazione. I vantaggi economici garantiti dalla presenza di un fiume o di un accesso all'autostrada hanno attirato investimenti ingenti in aree a rischio di inondazione (Burby, 1998).

I dissesti naturali, pur dipendendo dai meccanismi automatici della natura, sono in larga misura conseguenza dell'incuria umana, ovvero di una utilizzazione non pianificata e correttamente gestita delle risorse fisiche (Tira, 1997).

La presente ricerca intende, al di là dello specifico evento, capire *se e come* la pianificazione urbana e territoriale, accanto alle discipline specifiche, possa garantire il raggiungimento ed il mantenimento di determinati livelli di sicurezza dell'habitat umano, mitigando gli effetti dannosi degli eventi catastrofici¹.

Si può fare politica di riduzione del rischio solo *conoscendo e introducendo ampie capacità valutative nella pianificazione*; tale idea ne sottende un'altra: che tale politica si

¹ Si considererà un ampio ventaglio delle possibili pericolosità ambientali, limitando tuttavia il campo d'interesse ai fenomeni dovuti alla natura o *fisici* (frane, valanghe, alluvioni e inondazioni, incendi boschivi, terremoti) e tralasciando volutamente i disastri ecologici, tecnologici, industriali.

attua, e diviene operante, non solo se ha risorse adeguate, ma se *fa parte di un'adeguata e diffusa cultura dell'ambiente* (Imbesi, 1997).

Partendo da tali considerazioni, la ricerca mira ad una puntuale conoscenza dei fenomeni calamitosi nella loro accezione più ampia e complessa, come condizione per scegliere, per determinare specifiche e corrette linee di intervento sul territorio.

Inoltre, una politica di mitigazione diviene efficace se la straordinarietà degli eventi si trasforma in ordinarietà nei processi di programmazione e pianificazione.

Per questo motivo, obiettivo principale del lavoro è la messa a punto di *metodi e forme di intervento* di tipo “non strutturale”, atti cioè a prevenire i dissesti, piuttosto che di tipo “strutturale”, quali per esempio opere di natura idraulica e di sostegno (Gisotti, 1998).

Città e sostenibilità

La categoria di pensiero a cui più frequentemente si fa riferimento negli ultimi anni parlando di problemi legati allo sviluppo e alle trasformazioni operate dall'uomo sul territorio è quella di sostenibilità, ovvero la capacità della società di garantire un alto livello di qualità della vita non solo per le generazioni presenti ma anche per quelle future.

Un'evidente rottura della sostenibilità è sicuramente segnata dagli eventi catastrofici che colpiscono le più disparate regioni del nostro pianeta.

Il concetto di sostenibilità è presente nella cultura scientifica e politica degli ultimi venti anni, in particolare grazie al rapporto della Commissione ONU, noto come rapporto Brundtland, che dà la seguente definizione: “Per *sviluppo sostenibile* si intende uno sviluppo che risponda alle necessità del presente, senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare le proprie esigenze”². Complementare a questa è la definizione della World Conservation Union: “Per sviluppo sostenibile si intende il miglioramento della qualità della vita, senza eccedere la capacità di carico degli ecosistemi di base”³.

In Europa una svolta importante nell'etica dell'Unione Europea è stata segnata con il trattato di Maastricht del 1992, che sancisce l'abbandono dell'obiettivo della crescita economica pura e semplice, senza riguardo per le conseguenze ambientali, e introduce la *crescita sostenibile*⁴ tra i principali obiettivi politici, mettendo sullo stesso piano protezione dell'ambiente e questioni economiche⁵.

Un'altra interpretazione dello sviluppo sostenibile, più pragmatica e locale, dell'International Council for Local Environmental Initiatives (1994), è utile per applicare questo concetto alle aree urbane europee: “Per sviluppo sostenibile si intende uno sviluppo che offra servizi ambientali, sociali ed economici di base a tutti i membri di una comunità,

² La Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo (World Commission on Environment and Development - WCDE), presieduta da Gro Harlem Brundtland, ha lavorato come organo indipendente delle Nazioni Unite dal 1983 al 1987. Suo scopo era il riesame della criticità ambientale e dei problemi dello sviluppo nel pianeta e la formulazione di proposte realistiche per far sì che il progresso umano sia sostenibile e avvenga senza ipotecare le risorse delle generazioni future.

³ UN Environment Programme and World Wide Fund for Nature (1991).

⁴ Secondo l'articolo 2 del trattato sull'Unione Europea “la Comunità ha il compito di promuovere [...] una crescita sostenibile, non inflazionistica e che rispetti l'ambiente”.

⁵ Ulteriore conferma del recente cambiamento della politica comunitaria dopo Maastricht in materia di rapporti tra economia e ambiente si ritrova nel libro bianco della Commissione “Crescita, competitività, occupazione”, del 1993, che propone la riforma degli strumenti politici esistenti al fine di “invertire l'attuale correlazione negativa tra le condizioni dell'ambiente e la qualità della vita in generale, da un lato, e la prosperità economica dall'altro”.

senza minacciare l'operabilità dei sistemi naturale, edificato e sociale da cui dipende la fornitura di tali servizi".

E ancora, il trattato di Maastricht prevede per la prima volta misure a livello europeo sulla destinazione dei suoli⁶: ciò a riconoscimento del fatto che i sistemi di pianificazione territoriale svolgono un ruolo importante nel promuovere lo sviluppo sostenibile.

Il concetto di sostenibilità è strettamente correlato con quello di pianificazione di una "città sicura", in quanto tendere verso uno sviluppo sostenibile delle aree urbane, ovvero guardare alle scelte dell'oggi con la preoccupazione per le future generazioni, significa anche introdurre la *vulnerabilità*, intesa quale propensione a subire danni, nei parametri descrittivi della città, per valutare - accanto alle altre variabili -, quelle che con probabilità stimata potranno mutare il divenire dell'insediamento (Tira, 1997).

Pianificazione e valutazione

Nei due paragrafi precedenti si sono introdotti i due concetti di sicurezza e sostenibilità, a cui, negli ultimi anni, si fa sempre più riferimento nella pianificazione territoriale ed urbana.

Tuttavia, mancano precisi riferimenti metodologici e normativi per una traduzione operativa dei principi di sostenibilità nella pianificazione urbana e territoriale.

Affinché si possa arrivare ad una *pianificazione per la sicurezza nella prospettiva dello sviluppo sostenibile delle città e del territorio*, è necessario introdurre un terzo concetto, che ha la funzione di fondere i primi due: la *valutazione degli strumenti di pianificazione*.

Attualmente la direttiva 85/337/CEE, concernente la valutazione dell'impatto ambientale (VIA), si applica esclusivamente a taluni progetti di sviluppo, ma da qualche tempo ormai la Commissione europea esamina la possibilità di estendere il principio della valutazione ambientale all'elaborazione di politiche, piani e programmi⁷, che diventerebbe *valutazione ambientale strategica* (VAS). La proposta di una nuova direttiva, presentata nel dicembre 1996 e modificata poi nel febbraio 1999, si pone come obiettivo il completamento dell'attuale sistema di valutazione di impatto ambientale dei progetti, con misure volte a facilitare la valutazione degli effetti sull'ambiente di determinati piani e programmi in materia di assetto del territorio fin dalla loro concezione⁸.

⁶ Secondo l'articolo 130 S, paragrafo 2: "[...] il Consiglio, deliberando all'unanimità su proposta della Commissione e previa consultazione del Parlamento europeo e del Comitato economico e sociale, adotta: [...] le misure concernenti l'assetto territoriale, la destinazione dei suoli, ad eccezione della gestione dei residui e delle misure di carattere generale, nonché la gestione delle risorse idriche [...]".

⁷ In alcuni paesi è già stata introdotta obbligatoriamente la valutazione ambientale strategica (VAS o Strategic Environmental Assessment, SEA), nella quale l'impatto ambientale delle politiche e dei progetti è valutato già durante la fase di elaborazione. La VAS dovrebbe essere realizzata nella fase iniziale del processo decisionale affinché possa condizionare le scelte e consentire di decidere se il programma o il progetto in questione debba essere perseguito.

In Finlandia, per esempio, nel 1994 è stato introdotto l'obbligo della valutazione di impatto ambientale, non soltanto per i progetti, ma anche per tutti i piani di assetto territoriale, nonché qualsiasi piano, politica o programma atto ad avere un impatto significativo sull'ambiente.

Alcune centinaia di comuni tedeschi hanno elaborato procedure per la VIA e le applicano ad attività che includono la pianificazione strategica, i piani urbanistici, gli appalti e la costruzione di strade e di edifici.

Nel Regno Unito tutti i piani urbanistici devono essere oggetto di valutazione ambientale.

In Italia, la città di Bologna ha elaborato procedure di VIA applicate alla pianificazione strategica e ai progetti a livello urbano. (UE, 1996).

⁸ Secondo la proposta della commissione, che è attualmente dinanzi al Consiglio per una posizione comune, prima dell'adozione o della presentazione di un progetto di piano o di programma nel quadro di un iter

La valutazione diventerebbe quindi il vettore delle informazioni che concorrono a confermare o invalidare i contenuti dei piani.

Gli obiettivi del presente lavoro possono dunque essere così riassunti:

- fare da tramite tra una valutazione specifica e puntuale dei vari dissesti fisici e delle calamità naturali e la sempre più pressante ed irrinunciabile esigenza di pianificazione del territorio;
- porre attenzione all'interazione tra pratiche di valutazione e pratiche di pianificazione, cercando di determinare una metodologia di conoscenza e valutazione dei piani *ex ante*.

legislativo, l'autorità competente dello Stato membro interessato è tenuta ad effettuare una valutazione ambientale ed a redigere, previa consultazione degli organismi responsabili per l'ambiente, una dichiarazione in cui espone dettagliatamente: il tenore del piano o del programma ed i suoi obiettivi principali; le caratteristiche ambientali della zona interessata dal piano o dal programma; tutti i problemi ambientali esistenti e rilevanti per il piano o il programma; gli obiettivi nazionali, comunitari o internazionali di protezione dell'ambiente rilevanti ai fini del piano o del programma; le conseguenze che possono derivare per l'ambiente dall'attuazione del piano o del programma; tutte le prevedibili soluzioni alternative.

Impostazione metodologica

La ricerca è stata articolata in tre sezioni, a loro volta suddivise in grossi capitoli come di seguito riportato:

SEZIONE I: IL PERCORSO DELLA PIANIFICAZIONE URBANISTICA VERSO LA CULTURA DELLA MITIGAZIONE DEL RISCHIO

- 1 L'ATTENZIONE ALLA COMPONENTE FISICO-AMBIENTALE NELLA PIANIFICAZIONE DELLE CITTÀ E DEL TERRITORIO
- 2 IL RISCHIO FISICO
- 3 PIANIFICAZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO

SEZIONE II: I CINQUE HAZARDS

- 4 LE FRANE
- 5 LE VALANGHE
- 6 LE ALLUVIONI E LE INONDAZIONI
- 7 GLI INCENDI BOSCHIVI
- 8 I TERREMOTI

SEZIONE III: PIANIFICAZIONE IN AREE A RISCHIO FISICO: PROPOSTA DI UNA METODOLOGIA OPERATIVA PER LA REDAZIONE DI ANALISI DI SUPPORTO ALLA PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO IN AREE A RISCHIO FISICO

- 9 LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ
- 10 LA VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE
- 11 LA VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ
- 12 LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO
- 13 UNA METODOLOGIA PER LA ZONIZZAZIONE DEI RISCHI CON L'USO DEI GIS

Nella **prima sezione**, si è voluto ricostruire il percorso della pianificazione urbanistica verso la cultura della mitigazione del rischio di catastrofi naturali e antropiche, attraverso l'analisi del ruolo assunto nel corso della storia della pianificazione dalle indagini ambientali, dell'evoluzione del rapporto tra pianificazione e mitigazione del rischio.

Nella **seconda sezione** si è tracciato un quadro dei possibili rischi fisici che tipicamente colpiscono le regioni italiane, fornendo per ciascuno di essi, accanto ad una descrizione del fenomeno che non ha sicuramente la pretesa di essere esaustiva, una analisi dei metodi disponibili per la valutazione dell'entità del rischio stesso, al fine di disporre degli strumenti di base necessari per comprendere le proposte di formulazione dei relativi indici di pericolosità riportate nella metodologia di valutazione della pericolosità illustrata nella sezione III.

Nella **terza sezione** si è descritta una metodologia appositamente predisposta per la redazione di analisi di supporto alla pianificazione del territorio in aree a rischio fisico

Nell'ambito della valutazione del rischio si è fatto riferimento alla trattazione classica che lo definisce come combinazione delle tre variabili *pericolosità*, *esposizione* e *vulnerabilità*. Ciascuna è stata studiata nel dettaglio e nei suoi risvolti operativi per la pianificazione.

Per quanto riguarda la pericolosità, ciascun evento è stato illustrato e studiato prima di tutto nelle sue caratteristiche meccaniche e fisiche; sono stati poi ricercati i metodi

attualmente disponibili per una valutazione della pericolosità locale, ed infine è stato proposto un nuovo indice di pericolosità scelto in funzione delle caratteristiche dell'evento e del suo utilizzo per la valutazione complessiva del rischio.

Nel caso di vulnerabilità ed esposizione si è proceduto ricercando alcuni esempi di valutazione ed analizzandoli nelle loro componenti. Sono stati poi proposti due rispettivi indici di vulnerabilità ed esposizione.

La combinazione delle tre variabili analizzate conduce al calcolo di un indicatore del rischio.

Viene dunque proposto un metodo per la valutazione del rischio, da introdurre nel processo di valutazione ambientale strategica degli strumenti di pianificazione.

Attraverso l'identificazione di metodologie per la pianificazione del territorio a rischio fisico, si vuole trovare uno standard per pianificare uno sviluppo sicuro e sostenibile ed indirizzare indagini mirate e specifiche, in modo tale da ottimizzare l'uso delle risorse umane ed economiche, diminuendo al contempo il rischio.

L'applicazione ha poi interessato due ambiti territoriali a scala diversa: uno sovracomunale, corrispondente ad una porzione del territorio della Comunità Montana di Valle Sabbia, in provincia di Brescia, uno comunale, corrispondente al territorio del Comune di San Remo, in provincia di Imperia.

Nella metodologia proposta, specifica del procedere del piano, non ci si pone l'obiettivo di previsioni temporali sul verificarsi di un disastro, ma della individuazione "statica" di zone predisposte a subire e/o causare gli eventi, in modo tale da pianificare interventi preventivi o, dove ciò non fosse possibile, studiare soluzioni in grado di minimizzare i danni.

In sostanza, non si considera la variabile temporale, ma la si assume nella identificazione di scenario che viene ipotizzato e governato attraverso il piano.

**SEZIONE I: IL PERCORSO DELLA PIANIFICAZIONE URBANISTICA
VERSO LA CULTURA DELLA MITIGAZIONE DEL
RISCHIO**

1 L'ATTENZIONE ALLA COMPONENTE FISICO-AMBIENTALE NELLA PIANIFICAZIONE DELLE CITTÀ E DEL TERRITORIO

1.1 Introduzione

Fin dall'origine dei primi insediamenti l'uomo ha mostrato una particolare attenzione al suo rapporto con l'ambiente in cui andava ad insediarsi. Nell'ultimo secolo il suo atteggiamento è parso notevolmente mutato: la logica economica e la speculazione hanno finito col soppiantare il rispetto, ed il timore per le conseguenze di eventi di natura catastrofica, che l'uomo ha da sempre manifestato nei confronti della natura.

Appare quindi di estremo interesse ripercorrere la storia dell'urbanistica dalle origini ai giorni nostri, per comprendere come e quanto le componenti fisica, morfologica e geologica del territorio abbiano influenzato le scelte di uso e trasformazione del suolo, denotando un'attenzione verso l'ambiente naturale ed i suoi rischi.

I condizionamenti che tali componenti hanno imposto si sono manifestati, inizialmente, nella scelta dei siti per la fondazione delle città, e successivamente, con la nascita dell'urbanistica, nella fase di indagine precedente alla formazione degli strumenti di pianificazione. Infatti, sebbene dapprima non esistesse una vera e propria Scienza della Terra, un "sapere" implicito, più di tipo empirico, inerente i processi geologici, ha sempre caratterizzato la storia dell'uomo. Con l'introduzione di una disciplina specifica sono state successivamente codificate e definite le "indagini fisiche", come strumento di analisi e conoscenza dei caratteri del territorio.

Il diverso grado di approfondimento delle indagini sugli aspetti fisici, geologici, morfologici ed idrogeologici del territorio ha vincolato differenti scelte di uso del territorio, la salvaguardia o il degrado di aree extraurbane, la tutela dell'ambiente, non in senso estetico, ma in quanto dotato di una precisa "forma fisica".

La tendenza attuale mostra la necessità di una "cooperazione" tra saperi diversi per acquisire una conoscenza "globale" del territorio attraverso tutte le sue componenti fisiche.

Si sono quindi analizzati i problemi, le conseguenze e i vantaggi dovuti alla "cooperazione" tra discipline diverse per attuare una adeguata pianificazione del territorio.

Inoltre, attraverso una breve lettura di alcuni eventi calamitosi che nel corso della storia hanno colpito aree diverse del nostro pianeta, si è cercato di capire come storicamente si sia cercato di applicare alcune norme di progettazione urbanistica e di assetto del territorio per prevenire i danni causati dalle calamità naturali.

1.2 L'elemento geomorfologico-ambientale nella costruzione della città

1.2.1 La nascita delle città

Per gli antichi Greci la città costituiva, nel suo insieme, un organismo artificiale inserito in un ambiente naturale e legato ad esso da un rapporto molto delicato; per questo motivo la polis rispettava le linee del paesaggio naturale, lasciato in molti punti intatto, e lo interpretava ed integrava con manufatti architettonici (figura 1.1). Anche con l'espansione che la città ebbe al tempo di Pericle, le strade, le mura e gli edifici monumentali non fecero sparire i salti e le pieghe del terreno; le rocce e i ripiani scabri affioravano in molti luoghi allo stato naturale oppure risultavano tagliati e livellati con rispettosa misura (Figura 1.2). La presenza dell'uomo nella natura era resa palese dalla qualità degli interventi e non dalla quantità (Benevolo, 1993).

Gli Etruschi assimilarono tale cultura e, nelle loro strutture urbane, evidenziarono la presenza di situazioni oroidrografiche, con i perimetri aderenti ai rilievi e alle sinuosità delle colline, creando così una notevole differenziazione tra una città e l'altra. Sembra fosse presente anche una approfondita conoscenza delle strutture geologiche, almeno per quanto riguarda la differenziazione tra una zona e l'altra. Per esempio, la collina di Vulci poggiava su depositi alluvionali antichi, formati da detriti arrotondati e di maggiore solidità rispetto ai terreni circostanti, sempre alluvionali, ma più recenti; Tarquinia presentava un'area urbana perimetrata da una formazione costituita da sabbie, conglomerati vulcanici e argille sabbiose, ben distinte dalle marne e dalle argille grigio-azzurre fossilifere delle adiacenti formazioni (una situazione analoga è riscontrabile anche ad Agrigento) (Coppa, 1990).

Anche il luogo, che sarebbe diventato, nei secoli successivi, sede della potenza romana, era caratterizzato, nell'VIII e VII secolo a.C., da una complessità morfogenetica e da una singolare formazione geologica con accidentate colline tufacee degli antichi vulcani, pendici calcaree dell'Appennino centrale e piattaforme vulcanico-alluvionali della frangia marittima. Tale origine e la successiva fenomenologia orogenetica ebbero una notevole rilevanza sui futuri processi di urbanizzazione (Pallottini, 1993).

Poiché la civiltà romana nacque nell'ambiente originario etrusco, la formazione di Roma risentì sicuramente dell'influenza di questa cultura. Infatti, l'elemento geografico e morfologico, rappresentato da una movimentata configurazione del terreno, portò ad una particolare disposizione del complesso urbano. Il luogo dove sorse Roma, lungo il corso del basso Tevere, nel I secolo, si presentava come un gruppo di colline, per alcuni versanti impervie, con valli strette e profonde, con acque stagnanti, con strade, in fondo a valli o addossate a colli, dai percorsi interrotti da ostacoli naturali, come grandi dislivelli (Lugli, 1943).

Questa situazione morfologica venne sfruttata poiché le cime dei colli, alti al massimo 70 metri, oltre ad essere adatte per l'edificazione, erano facilmente difendibili da attacchi esterni grazie ai fianchi scoscesi e alle paludi circostanti (Sanfilippo, 1993).

Interessanti sono le soluzioni che si adottarono successivamente, durante il periodo della repubblica, per superare i limiti imposti dall'accidentata conformazione del terreno: le pareti dei colli furono spesso affollate da edifici scaglionati a diverse altezze per sfruttare le condizioni ambientali ai fini estetici; in altri casi si verificò un maggior cambiamento della situazione naturale ampliando le sommità dei colli con terrazzamenti o tagliando una parte della collina; un esempio fu il Campidoglio (Castagnoli, 1969).

Le città romane sorte vicino a fiumi, laghi, mare o colline seguivano la configurazione del terreno. Infatti il decumano risultava tracciato parallelamente alle curve di livello, mentre il cardo, ad esso perpendicolare, seguiva le linee di massima pendenza (Morini, 1963). Quindi gli orientamenti delle città furono fortemente condizionati dalla natura dei siti prescelti.

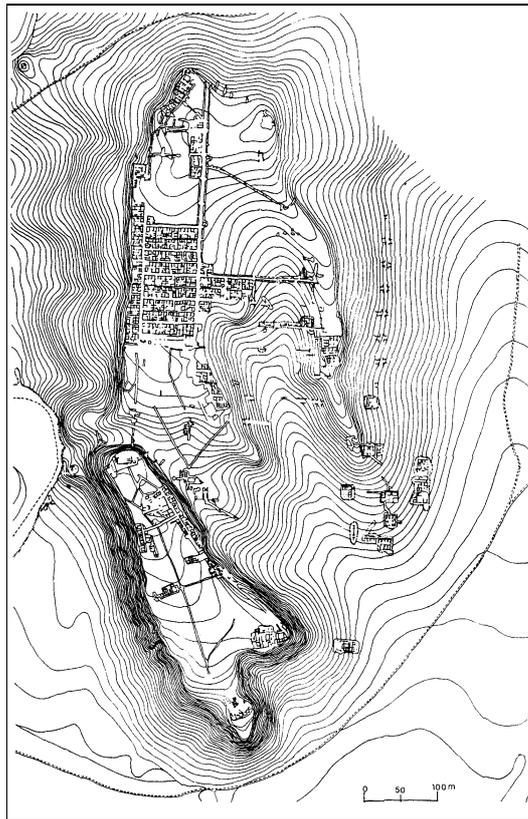


Figura 1.1 Pianta generale degli scavi di Olinto
 Da notare come la morfologia del territorio sia interpretata ed integrata con manufatti architettonici (tratto da L. Benevolo, 1993).

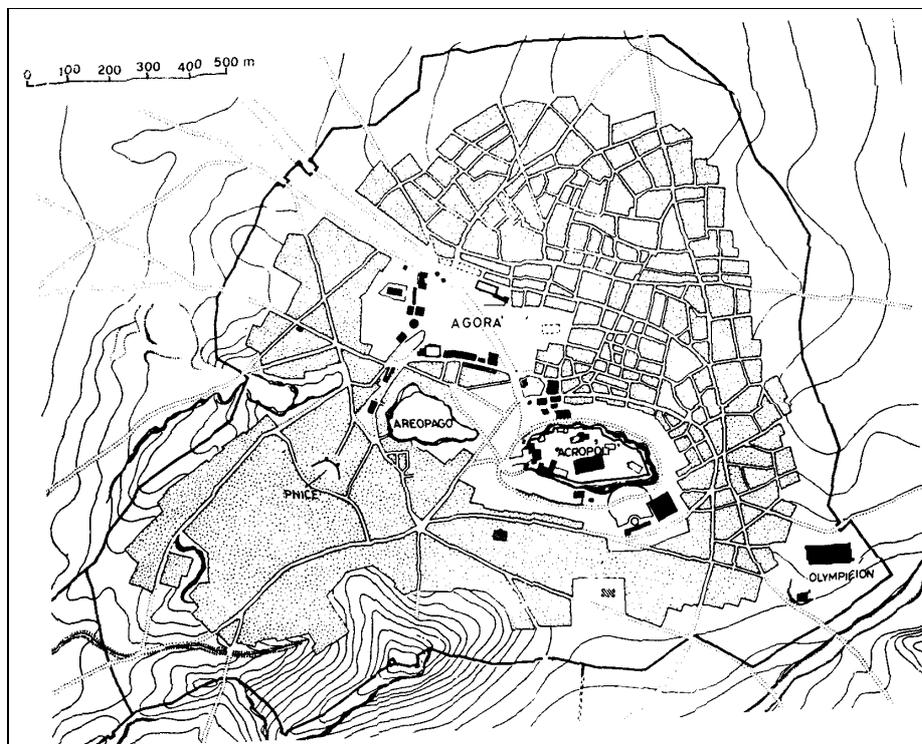


Figura 1.2 Pianta approssimativa di Atene ai tempi di Pericle.
 Da notare come la distribuzione degli edifici si adattasse alla morfologia del territorio (quartieri residenziali a puntini distribuiti intorno ai quartieri pubblici in nero). (tratto da L. Benevolo, 1993)..

1.2.2 Il Medioevo: le città collinari

Nel Medioevo si affermarono delle tipologie urbane che erano il risultato di una vera e propria tecnica urbanistica, specifica e precisa, che, nei diversi casi, componeva l'insieme organico della città adagiata al terreno (Piccinato, 1943).

Ancora una volta gli elementi naturali, come rilievi e crinali collinari, condizionarono e configurarono la forma urbana dei nuovi centri; per esempio, il ruolo che Velia ebbe fu determinato, oltre che da motivazioni di tipo politico, economico e sociale, da specifiche valutazioni geologiche e geomorfologiche, almeno nell'ambito delle conoscenze di quel tempo (Coppa, 1990) ed in funzione di una politica di prevenzione del rischio fisico.

I nuclei sorti su colline a scopo difensivo avevano le strade principali che seguivano le curve di livello ed erano caratterizzati da una forma planimetrica differente, a seconda della posizione del nucleo rispetto alla cima, alla cresta di una collina, o al punto di confluenza di più colli (Morini, 1963) (Figura 1.3; Figura 1.4; Figura 1.5).

Durante il Trecento le caratteristiche proprie di un luogo, come i fattori altimetrici, geologici, pedologici, climatici ed idrologici influenzarono il rapporto tra le funzioni territoriali di una singola città ed il suo immediato ambito gravitazionale. In tal senso non è possibile definire schemi generali poiché ogni luogo risultò singolare; per esempio, a Genova, si seguirono tecniche di tracciamento adeguate alle variazioni orografiche nel definire la conformazione degli isolati (Franchetti Pardo, 1994).

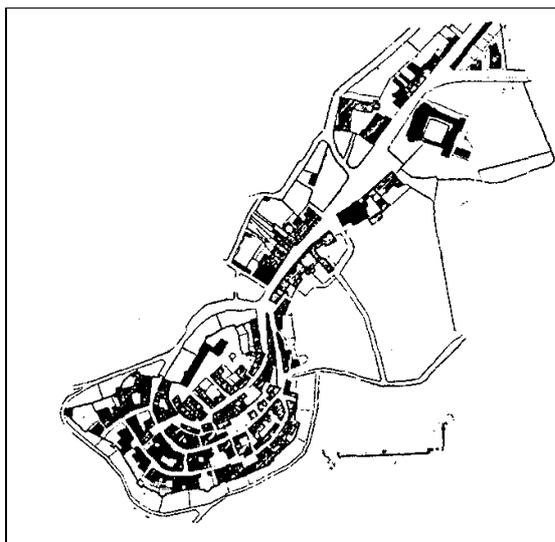


Figura 1.3 Longiano (Cesena). Pianta (scala originale 1:5000). Esempio di sviluppo parziale attorno ad una rocca posta su un alto colle. (tratto da M. Morini, 1963)

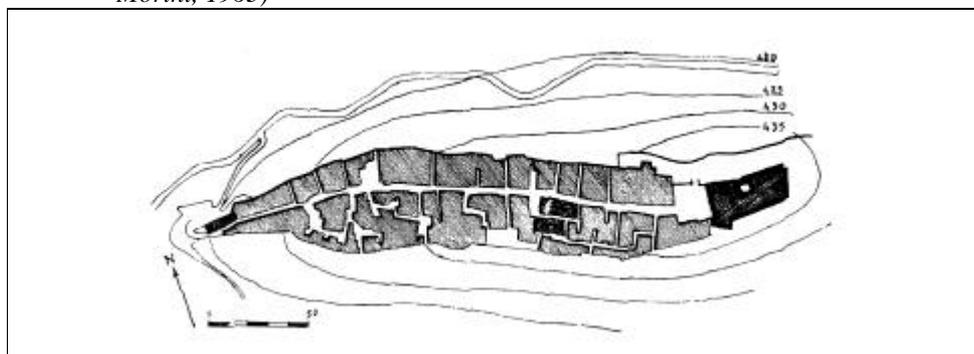


Figura 1.4 Poli (Roma). Planimetria del borgo (scala originale 1:5000). Esempio di centro sviluppato lungo un solo asse, diretto verso il Castello, ubicato nella zona più elevata. (tratto da M. Morini, 1963)

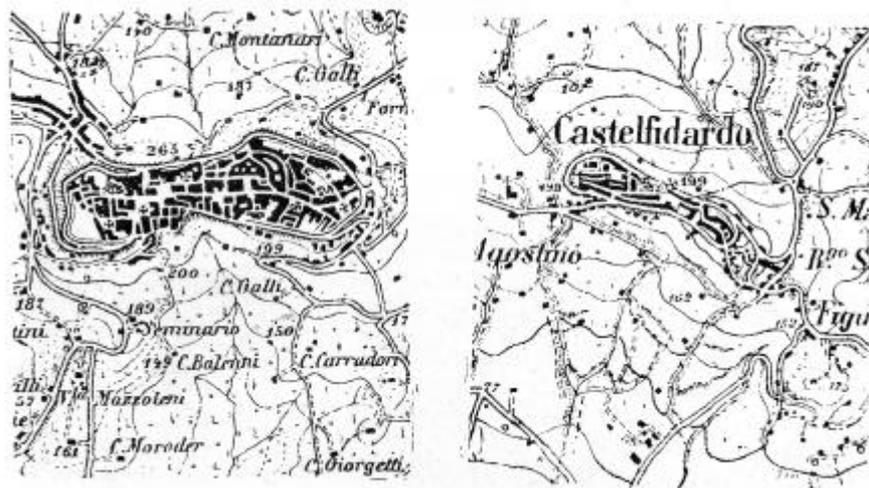


Figura 1.5 *Osimo e Castelfidardo. Planimetrie (scala originale 1:25000), (I.G.M.) Esempi di città costruite su terrazzamenti già fortificati dalla natura e nel Medioevo protetti anche da opere artificiali. La configurazione del terreno permise uno sviluppo allungato, impostato su un sistema non rigido di arterie longitudinali collegate da piazze e vicoli (tratto da M. Morini, 1963)*

1.2.3 Il Rinascimento: la nascita dell'urbanistica come scienza

Nel Rinascimento si definì una nuova teoria geometrica, l'urbanistica, che diventò una scienza delle città anche grazie al contemporaneo sviluppo di altre discipline come la topografia e la cartografia (Giovannoni, 1943).

Si diffusero, in questo periodo, gli studi di trattatisti che ripresero gli schemi ortogonale e radiocentrico, già in atto nel Medioevo, attraverso rigidi principi geometrici: infatti ciò che nel basso Medioevo era stato spontaneo ed episodico diventò norma universale, regola e programma (Morini, 1963).

Francesco di Giorgio Martini, uno dei trattatisti dell'epoca, propose un sistema urbano radiocentrico, secondo uno schema in cui il piano venne generato dalla posizione della piazza centrale, indipendentemente dalle condizioni topografiche, le quali suggerirono soltanto l'introduzione di piazze minori per le grandi città o piazze sussidiarie acentriche in qualche schema di città fortezza o portuale.

Studiò anche il sistema anulare, determinato dai rapporti geometrici tra lo schema della piazza e quello delle mura difensive perimetrali; tale schema si mantenne anche per le città collinari (Figura 1.6a, 1.6b, 1.6c, 1.6d), seguendo un andamento a spirale o a tornanti, pur restando fermo il suo rapporto con le direttrici radiali.

Quindi, sebbene con Francesco di Giorgio Martini la città ideale si innestò in un ambiente di vita che rappresentava la nuova società rinascimentale, in generale, si può affermare che, nel Rinascimento, il concetto di città (per esempio, Sforzinda di Filarete) mantenne una connotazione astratta ed ideale, di difficile, se non impossibile, adattabilità alla reale morfologia del territorio, come dimostra la mancata realizzazione di questi progetti.

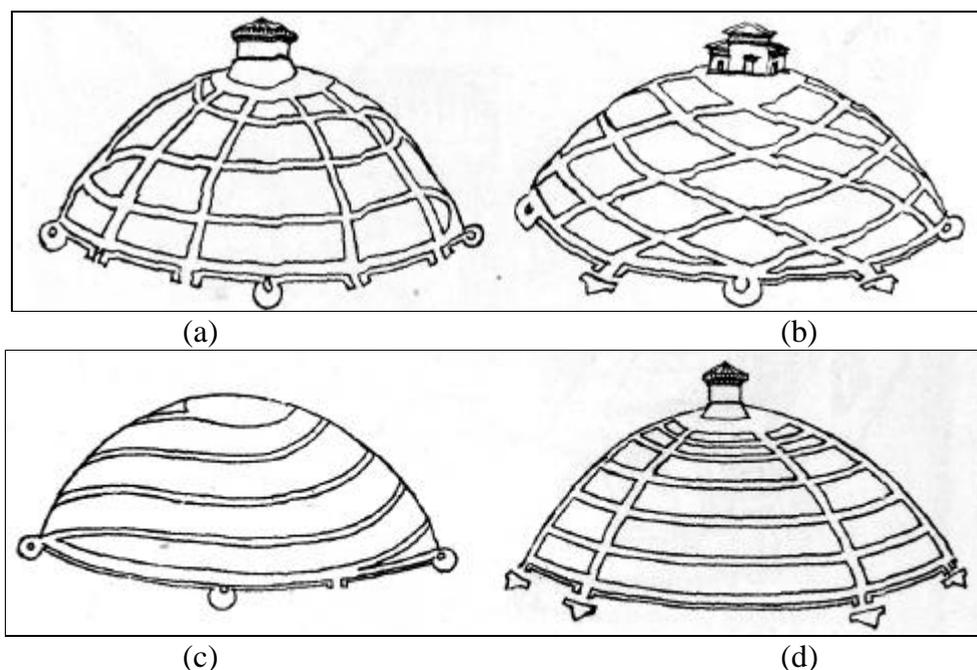


Figura 1.6 Schemi di città collinari (tratto da M. Morini, 1963)

- a) Tipo con strade radiali colleganti direttamente le porte al castello, sito nel punto più elevato del terreno e con strade seguenti le linee di livello.
 b) Tipo con maglia stradale determinata dall'intersezione di più spirali.
 c) Tipo con maglia determinata da sole spirali parallele.
 d) Tipo rigidamente radiocentrico.
 Da notare come le strade abbiano un sviluppo indipendente dalla conformazione del territorio.

1.2.4 L'Ottocento: l'introduzione dei primi metodi d'indagine

I processi di industrializzazione e conseguente inurbamento provocati dalla rivoluzione industriale fecero emergere, avendo prodotto la questione igienica e problemi di sicurezza dovuti al sovraffollamento, la necessità di un piano per organizzare, in modo scientifico, gli elementi che stavano alla base dell'urbanistica; si imposero, così, le pianificazioni generale, di adeguamento e di ampliamento.

Già il XVI secolo fu caratterizzato da una presa di coscienza e conoscenza scientifica dell'ambiente e degli effetti della rivoluzione industriale, che costituirono il primo passo verso una strategia d'intervento. Infatti, a seguito di un vasto incendio che, nel 1666, colpì la città di Londra, si iniziò ad introdurre regole per l'edificazione di una città più sicura¹.

¹ [...] Prima dell'incendio di Londra le vie erano strette, e gli edifici pubblici, non meno di quelli privati, erano più accostati l'uno all'altro, perché poco tempo dopo l'incendio il re proibì con un editto a chicchessia di costruire per un dato lasso di tempo, e cioè non prima che il Parlamento, il quale si sarebbe presto riunito, potesse regolare e dirigere il sistema delle costruzioni, formulando leggi per la sistemazione della proprietà di ciascuno, e per ordinare un debito allargamento delle vie, fissando l'ordine delle costruzioni in vista della bellezza e anche della comodità della città, e della sicurezza, in considerazione di altro eventuale futuro accidente; perché, sebbene io non intenda indagare nel senso di scoprire se la città si sia incendiata per disgrazia o per atto doloso, è tuttavia certissimo che, nelle condizioni in cui prima si trovava, era quanto mai esposta a venir colpita dal disastro che effettivamente la colpì, e pareva che le case fossero state disposte precisamente allo scopo di produrre un solo grandioso falò non appena una banda di malvagi incendiari avesse pensato conveniente di appiccarvi il fuoco.

Non solo le strade erano anguste, e le case tutte costruite in legno, assi e intonaco, tanto che vennero molto a proposito chiamate case di carta, [...]; ma tale era il modo di costruire di allora, a piani sporgenti, che, in certe vie strette, in alto, le case quasi si toccavano, e si sa che durante certi incendi la gente si salvava

In quel periodo nacque l'esigenza di un nuovo rapporto tra la composizione urbana del piano d'insieme e la diversa organizzazione, anche a livello sociologico, della città².

Si distinsero, così, la pianificazione "d'urgenza", intesa come pratica d'ordinaria amministrazione e quella "studiata", considerata come urbanistica elaborata su basi scientifiche (Morini, 1963). Dalla cultura napoleonica fu ripresa l'esigenza cartesiana di un'impostazione "razionale" della città, organizzata secondo uno spirito geometrico e mediante un piano preordinato. Ma anche successivamente, durante la Restaurazione, l'assetto del territorio fu considerato un processo strutturante la presenza dell'uomo nell'ambiente fisico. Infatti, in seguito alla continua crescita delle città si venne alterando il rapporto tra gli insediamenti urbani e la campagna, definendo così differenti relazioni all'interno del territorio ed individuando nuove forme di uso del suolo (Tintori, 1992).

Già nella seconda metà dell'Ottocento, accanto ai contenuti del piano, si iniziò a diffondere la pratica di un sistema di analisi (Carbonara, 1992) che però, alla fine del processo di pianificazione, portò alla redazione di una planimetria con poche norme esplicative (accompagnate anche da un regolamento edilizio sulla salubrità delle costruzioni e da prescrizioni sulla predisposizione di infrastrutture e sul risanamento del sottosuolo).

1.2.5 Il Novecento: la nascita dei primi problemi di difesa del suolo

In seguito all'affermarsi della società industriale si modificò la struttura della città che, dovendo rispondere ad esigenze di nuovi spazi abitativi, provocò l'alterazione di alcuni caratteri ambientali. Nonostante ciò, per tutto il XIX secolo, per quanto riguarda la difesa e la salvaguardia del patrimonio naturalistico, la situazione legislativa fu abbastanza carente: risale infatti al 1906 il primo provvedimento per la tutela di un bene non monumentale, una legge per la conservazione della pineta di Ravenna, per bloccare la privatizzazione di alcune zone autorizzata dal Comune.

Il movimento per la protezione dei beni naturali e paesaggistici si affermò, in Italia, attraverso iniziative isolate e private (Touring Club Italiano, Club Alpino Italiano), senza una reale traduzione in fatti legislativi (Sica, 1984).

All'inizio del Novecento nacque anche il problema della regolamentazione dell'uso dei suoli. Infatti, soprattutto in Basilicata, un'intensa opera di disboscamento, seguita da un'abbondante piovosità, provocò fenomeni di disaggregazione del terreno, con i conseguenti processi di dissesto delle aree montane; i fiumi ed i torrenti, a valle, allargarono i propri letti di deiezione dando origine all'erosione delle terre. Si manifestò, quindi, l'esigenza della difesa del suolo attraverso interventi di rimboschimento, sistemazione idrica e bonifica dei terreni vallivi (Tintori, 1992).

1.2.5.1 Anni Venti e Trenta: l'esigenza di un sapere scientifico alla base dell'urbanistica

Gli anni Venti videro affermarsi la necessità di un orientamento disciplinare specifico (Besati, 1995) per organizzare un sapere che era ancora frammentario e che, solo più tardi, si diede uno statuto autonomo. Si delinearono, infatti, due differenti tendenze che influenzarono il processo di elaborazione del piano:

salendo all'ultimo piano e saltando da un lato all'altro della strada; questo faceva sì che spesso o quasi sempre, se una casa si incendiava, la casa di fronte correva il pericolo di prendere fuoco, a seconda del vento, più delle case attigue [D.De Foe, 1724].

² J.Gwynn [1766], a proposito dell'esigenza di un piano d'insieme per la città di Londra, scrive:

[...] È del tutto impossibile determinare una forma precisa per il piano di una grande città, perché molto dipenderà sempre dalla situazione del terreno e dalla disposizione del fiume, dove ve n'è uno, ciò che in una città commerciale detterà sempre l'assetto delle parti principali; ci dovrebbe però essere sempre una determinata regola, in modo che si possa conseguire ogni vantaggio che la situazione sia capace di offrire per la conservazione della salute e per la comodità degli abitanti.

- l'esigenza di un'istituzionalizzazione disciplinare inserita in ruoli ben precisi che portasse alla costruzione di paradigmi, categorie, strumenti e tecniche in una forma dogmatica, cioè di regole;
- la sperimentazione di tecniche e di strumenti con un ampliamento dei campi di operatività e dei casi di confronto.

Nel 1930 venne fondato l'Istituto Nazionale di Urbanistica (I.N.U.) che, mentre collaborava con il governo per la definizione della legge urbanistica, tentò di dimostrare il fondamento scientifico e la necessità che un apparato tecnico e metodologico, accanto ad uno culturale e concettuale, diventasse base dell'urbanistica. Questa necessità di acquisire uno status "legittimo" nacque forse dal fatto che in Italia non si era mai affermata l'idea del territorio come bene pubblico e che tutte le metodologie d'approccio fossero sempre state subordinate ad altre discipline considerate più rilevanti (politica, economia,...) (Besati, 1995).

Nonostante l'emanazione della legge 1497 del 1939 per la protezione delle bellezze naturali, la strada per arrivare all'odierno significato di risorsa era ancora lontana in quanto passava al di fuori o di lato rispetto al percorso "funzionalistico" dell'urbanistica: non si avvertiva ancora l'interazione coinvolta dalla razionalità del sapere positivo (Tintori, 1992).

In questo clima si affermò la figura dell'urbanista Plinio Marconi che influenzerà la storia della pianificazione degli anni Cinquanta. Sua convinzione fu l'importanza dell'oggettività in un approccio tecnicista che permettesse di dare forma ad un piano ripetibile ed attuabile. Le indagini preliminari assunsero un ruolo prioritario in quanto in grado di fornire una conoscenza "oggettiva", fondata su un sapere scientifico che avrebbe permesso di elaborare un progetto libero dai limiti della arbitrarietà.

Secondo quest'ottica il piano risulta essere il risultato finale di un processo logico-deduttivo in cui la conoscenza basata su un rigore scientifico costituisce il primo passo a cui seguiranno, attraverso un processo di sintesi, la definizione degli obiettivi e l'attuazione in dettaglio del piano stesso (Gabellini, 1993).

In questo senso Fabbri (1983) considera il Piano della Valle d'Aosta, redatto negli anni Trenta, una novità per quel periodo in quanto non diede attenzione all'urbano, ma ad un'entità territoriale, cioè ad una valle, con particolari caratteri fisico-morfologici (oltre che etnico-linguistici), che si configurava come entità autonoma. Successivamente, fino agli anni Sessanta, la storia dell'urbanistica ebbe tale piano come punto di riferimento poiché proponeva un nuovo rapporto tra l'uomo, i suoi manufatti e il paesaggio.

1.2.5.2 Anni Quaranta e Cinquanta: i primi Piani Regolatori Generali

La legge 1150 del 1942 costituisce un riferimento fondamentale per comprendere l'evoluzione che la pianificazione ha avuto a partire dalla fine della seconda guerra mondiale ai nostri giorni.

Tale legge, nata come strumento di indirizzo dello sviluppo urbano a livello strategico per "razionalizzare" la crescita della popolazione in termini quantitativi (Garano, 1992), enunciava un sistema di piani urbanistici gerarchicamente dipendenti fra loro (De Lucia, 1993): il piano territoriale di coordinamento (per indirizzare e coordinare le attività urbanistiche dei livelli inferiori); il piano regolatore generale intercomunale (per comuni confinanti e con precise e simili caratteristiche di sviluppo); il piano regolatore generale comunale (da estendere a tutto il territorio comunale); il piano particolareggiato (destinato a zone circoscritte del territorio comunale per attuare il P.R.G.).

In realtà i principi della legge urbanistica vennero applicati solo parzialmente: infatti si affermò, ma solo successivamente, la pianificazione a livello comunale, generale ed attuativa, poiché nell'immediato dopoguerra la fase di ricostruzione postbellica vide come protagonisti i piani di ricostruzione (provvisori sostituiti dei P.R.G. in base al D.L. 154/1945

e successivamente alla legge 1402/1951), aventi un contenuto analogo a quello dei piani particolareggiati di esecuzione. Tali piani di ricostruzione furono caratterizzati da una grande permissività urbanistica ed edilizia oltre che dalla velocità dei tempi di approvazione e d'attuazione (Oliva, 1993).

Sebbene essi rimasero i più frequenti strumenti di pianificazione comunale fino all'inizio degli anni Sessanta, già durante gli anni Cinquanta, nel tentativo di "razionalizzare" la fortissima crescita urbana verificatasi in Italia, in seguito all'enorme sviluppo economico definito "miracolo italiano", iniziarono a comparire i primi P.R.G. che, spesso, incorporarono i contenuti dei precedenti piani di ricostruzione (Oliva, 1993). In questi primi piani regolatori comunali, ancora strettamente correlati (Macchi Cassia, 1984) alle impostazioni della legge del 1942 nell'organizzare la crescita urbana mediante un piano basato su un disegno razionale dell'uso del suolo, si possono individuare due diverse metodologie disciplinari (Oliva, 1993): la prima, proveniente dalla tradizione Ottocentesca, caratterizzata dall'immediata esecutività del piano; la seconda, invece, basata su un piano generale dotato di piani particolareggiati per la sua attuazione.

Quest'ultima convinzione, che si stava affermando in ambito razionalista, di poter pianificare il territorio "per aree" (Carbonara, 1992) secondo un sistema di precisi piani di attuazione, coordinati da un piano regolatore generale, richiese la necessità di svolgere analisi su ogni fattore in grado di influenzare l'assetto urbano. I campi di indagine si estesero, quindi, a molte discipline, compresa la geologia accanto all'eologia e alla climatologia (oltre alle più tradizionali come gli studi della viabilità, delle tipologie edilizie, della crescita demografica).

In realtà la legge urbanistica del 1942, prescrivendo l'estensione del P.R.G. all'intero territorio comunale, fece sorgere il problema della pianificazione dell'ambiente (Oliva, 1993).

Nonostante ciò, esso venne comunque, in un primo periodo, trascurato poiché il territorio esterno ai confini della città in espansione non fu oggetto di alcuna pianificazione: spesso le zone collinari-agricole adiacenti al tessuto urbano vennero persino comprese nell'ordinario contesto edilizio. Quindi, in questa fase iniziale, molti P.R.G. ebbero la tendenza a non tutelare le zone extraurbane, tranne nel caso di particolari vincoli di tipo paesaggistico, archeologico e monumentale; esse erano considerate come zone da destinare ad una successiva espansione urbana, con una bassa densità di edificazione solo nel caso di aree agricole. Frequentemente le aree di pregio ambientale e paesaggistico (come le colline e i lungofiumi) furono destinate all'edificazione privata di qualità.

In questo atmosfera, nella seconda metà degli anni Cinquanta, si distinsero due casi particolarmente significativi ed isolati in cui, per la prima volta, si propose la salvaguardia del territorio non urbanizzato e delle aree agricole: il P.R.G. di Siena, ad opera di Piccinato (insieme a P. Bottoni e ad A. Luchini), adottato nel 1956 e quello di Assisi, redatto da Astengo e adottato nel 1958.

Gli autori del P.R.G. di Siena sostennero (Bottoni et alii, 1958) che quanto era stato ottenuto, fino a quel momento, per la salvaguardia dell'ambiente urbano e paesistico, si era basato su un'azione di divieto di proposte d'interventi e progetti; inevitabile in mancanza di un vero piano regolatore.

In questo caso, per la prima volta, le aree agricole furono destinate solo ad un'edificazione in funzione di attività produttive e il territorio extraurbano fu sottoposto a prescrizioni differenti, in base agli elementi caratteristici del paesaggio, del sistema vegetazionale e degli insediamenti rurali storici (Oliva, 1993) (Figura 1.7). Infatti furono specificati tre tipi di zone rurali, una di protezione paesistica, una assolutamente inedificabile, ed una terza, agricola normale, destinata ad edificazioni per gli agricoltori e per le loro attività, caratterizzata da una densità abitativa molto ridotta (0.05 mc/mq).

Il P.R.G. di Assisi è ancor più significativo di quello di Siena per gli aspetti innovatori, non solo per quanto riguarda i contenuti, ma anche per la metodologia proposta da Astengo. Il suo obiettivo fu quello di dare un fondamento scientifico e rigoroso al processo di pianificazione, per realizzare un piano che, attraverso scelte fondate su criteri di oggettività, potesse descrivere un mondo urbano sensato in quanto concepito in tutte le sue parti e correlazioni (Mazzoleni, 1991).

Il piano non poteva “più semplicemente essere uno schema di allineamento stradale, ma [...] strumento capace di conoscere, progettare e trasformare una realtà sempre più complessa” (Di Biagi, 1992). Attraverso un rapporto di interdisciplinarietà con altri campi del sapere è possibile costruire un apparato conoscitivo in grado di affrontare la complessità del territorio, sia a livello qualitativo che a livello quantitativo.

In tal senso l'urbanistica diventa una disciplina “analitica”, positiva, che grazie alla propria scientificità è in grado di interessarsi di tutti i fattori e i fenomeni costituenti le dimensioni fisiche e sociali di un determinato contesto territoriale.

All'interno del metodo scientifico di base, costituito da quattro fasi (conoscere, comprendere, giudicare ed intervenire), assumono un ruolo fondamentale i primi due momenti: comprendono la descrizione e la classificazione dei fenomeni, la misurazione e il confronto dei vari fattori e l'esame della loro distribuzione geografica. Tali fenomeni vengono poi classificati in base alle loro caratteristiche, ordinati in sequenza ed associati a pochi valori rappresentativi (come intensità, distribuzione,..) con lo scopo di enunciare leggi generali. Seguono, poi, ulteriori elaborazioni per individuare le mutue relazioni tra i fenomeni e per interpretarli in modo statistico. Secondo questo modello la realtà viene scomposta in fenomeni, di ognuno di essi si esaminano i singoli fattori e le caratteristiche, successivamente classificate e verificate in relazione alle peculiari circostanze.

E' evidente che la filosofia di fondo è fortemente positivista e, come fu la sorte del P.R.G. di Assisi, si scontra con una realtà più sfumata e complessa ed un livello, quello gestionale/politico, che sfugge a qualsiasi carattere deterministico se non talvolta razionale.

Le valutazioni quantitative vengono trasformate in qualitative, scoprendo, così, leggi, relazioni, e cause della distribuzione territoriale dei fenomeni; sono poi indispensabili successive fasi di analisi e sintesi (Mazzoleni, 1991).

La cartografia (Bianchin, 1991) assume, in questo approccio, un ruolo essenziale come strumento di descrizione, di indagine e rappresentazione dello stato di fatto, come mezzo per costruire una sintesi; la carta diventa luogo di ragionamento sistematico e rigoroso, creando ordine, armonia ed integrazione mediante il supporto geometrico che, secondo una precisa logica, rappresenta e definisce simultaneamente tutti gli elementi qualitativi e quantitativi del piano.

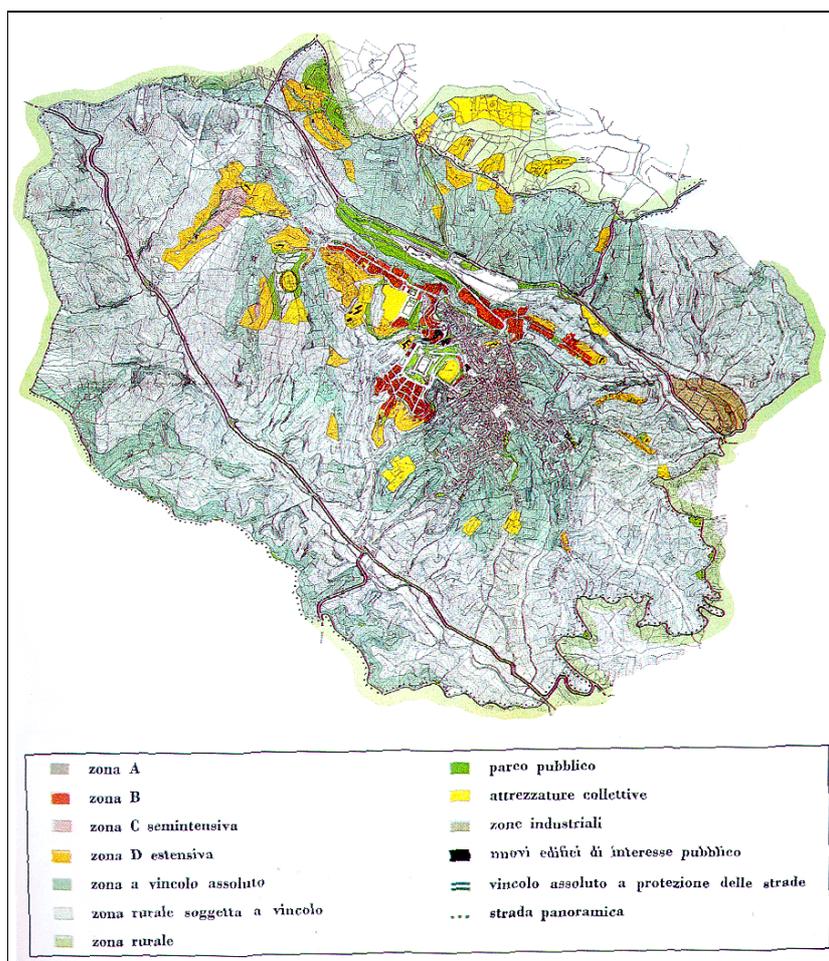


Figura 1.7 *Siena. PRG 1956. Azzonamento generale (tratto da G. Campos Venuti, F. Oliva, 1993)*
 Da notare la differenziazione delle destinazioni d'uso del territorio extraurbano: zona a vincolo assoluto, zona rurale a vincolo e zona rurale.

Il piano di Assisi si fece, dunque, rappresentativo di questi principi poiché basato su una approfondita fase di conoscenza (Dolcetta, 1991) in cui le analisi si rivolsero a tutti, anche i più minuti, fattori fisici e umani del territorio, attribuendo grande importanza agli aspetti più propriamente fisico-ambientali. Il territorio agrario, attraverso il rilevamento delle colture agricole presenti ed un successivo azzonamento, fu accuratamente descritto con l'individuazione di categorie differenti per le caratteristiche produttive (vigneti, oliveti e colture foraggere), ma anche per quelle orografiche e naturalistiche (versanti, montagna e boschi) (Oliva, 1993) (Figura 1.8).

Per quanto riguarda l'analisi dello spazio agricolo l'autore precisò il tipo di tavole a cui le indagini e gli studi avrebbero dovuto pervenire: la carta pedologica ed acidimetrica del terreno (con prelievo di campioni per analisi chimiche), la carta delle acque sotterranee, sorgenti e pozzi. Furono distinte pianura, collina e montagna in base a classi d'altimetria (parametro da leggere su una carta delle isoipse) e al tipo d'interventi da realizzare in base alla presenza o meno di acqua.

Venne precisata anche la scala necessaria per la redazione delle tavole: scala 1:10.000 per la carta delle destinazioni d'uso della città entro le mura, scala 1:10.000 e 1:2.000 per il territorio circostante le mura, rappresentante le zone destinate all'edilizia residenziale di espansione, alle relative attrezzature pubbliche e alle zone di riserva per le espansioni future. Le aree comprese tra le zone edificabili furono destinate a giardini privato o pubblico o a terreno agricolo (Astengo, 1958).

Venne considerata anche la questione del paesaggio (Dolcetta, 1991), proponendo un assetto dello spazio rurale in grado di integrare le categorie di salvaguardia e tutela assoluta, provenienti dalla percezione dei caratteri storici e dall'equilibrio dell'uso produttivo. Si propose un complesso progetto di intervento e valorizzazione del territorio rurale attraverso differenti soluzioni in montagna, collina e pianura; in questo senso il piano di Astengo risultò essere anticipatorio della legge 431/1985 per l'attenzione rivolta alla salvaguardia dei valori paesistici e ambientali (Oliva, 1993). Anche la città venne vista in funzione del paesaggio, infatti la espansione edilizia fu contenuta sulle colline e realizzata con edifici di dimensioni compatibili con l'adattamento all'orografia della zona.

Per definire in dettaglio gli interventi di conservazione e trasformazione dei singoli elementi dell'ambiente urbano esistente e per definire l'espansione al di fuori delle mura furono predisposti anche due piani particolareggiati. Il P.R.G. venne adottato nel 1958, ma le successive fasi amministrative non furono mai portate avanti.

Verso la fine degli anni Cinquanta furono ben poche le città dotate di un piano generale ai sensi della legge 1150/1942, in quanto le amministrazioni comunali favorirono un'espansione urbanistica funzionale solo alle crescenti attività produttive, portando, così, alla compromissione, se non alla distruzione, di zone di grande ed impagabile valore ambientale. Un esempio può essere il P.R.G. di Firenze del 1958, in cui il territorio di pianura venne destinato ad un'edificazione intensiva e quello collinare (sempre ritenuto edificabile) ad una più rada, ma senza attenzione per la tutela dei beni ambientali.

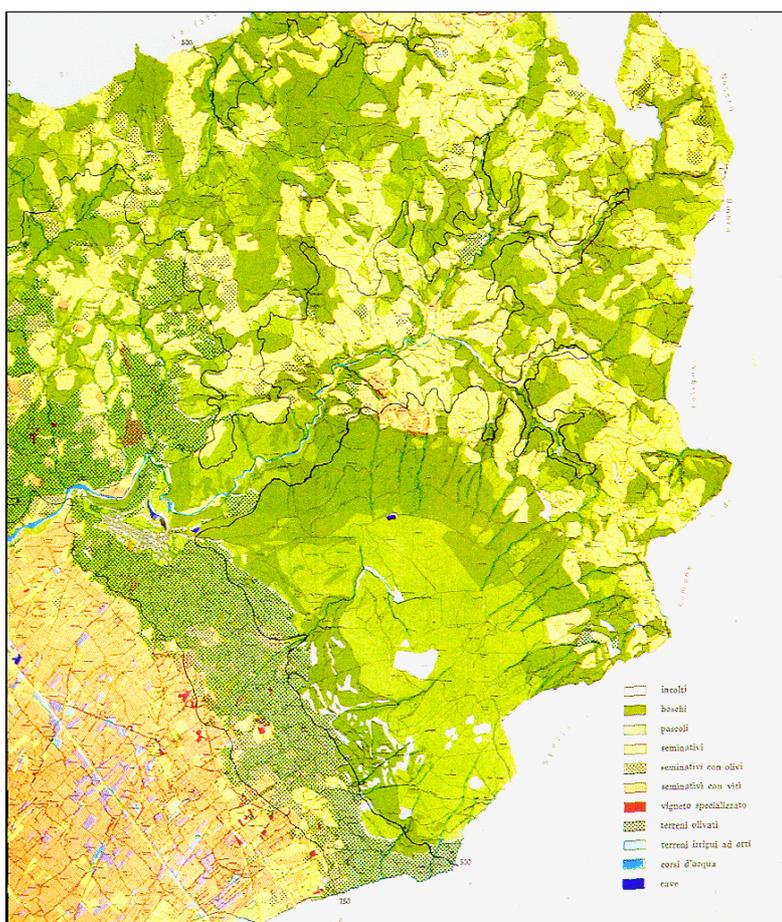


Figura 1.8

Assisi. PRG 1958. Particolare. (tratto da G. Campos Venuti, F. Oliva, 1993)

Da notare la distinzione, nel territorio agrario, di categorie differenti per le caratteristiche produttive (nelle diverse sfumature dei gialli) e per quelle orografiche e naturalistiche (in verde).

1.2.5.3 Anni Sessanta: una maggiore attenzione verso la componente fisico-ambientale

Nel corso degli anni Sessanta, in seguito ad un continuo sviluppo economico la crescita urbanistica non si arrestò, ma divenne più consapevole e sentì la necessità di una pianificazione per essere maggiormente regolamentata; in questo senso la pianificazione diventò non solo una disciplina tecnica, poiché assunse connotazioni politiche, culturali ed etiche (Oliva, 1993).

Queste esigenze furono confermate anche in occasione della frana che il 19 luglio 1966 colpì la città di Agrigento a causa di un sovraccarico edilizio dovuto ad una politica di espansione edilizia contraria a tutte le norme vigenti; si trattò di un caso limite che però testimoniava molto bene la generale situazione italiana (De Lucia, 1992). Come dichiarò la Commissione d'indagine, un processo di tumultuoso sviluppo edilizio, basato sul massimo sfruttamento delle aree, aveva intaccato le falde della rupe, realizzato opere di consolidamento inadeguate senza provvedere alla regolazione del deflusso delle acque superficiali. "Dall'informe accostamento dei volumi [si determinò] il massacro urbanistico più indiscriminato"³.

Analogamente le alluvioni che si verificarono, nello stesso anno, a Firenze e nel Veneto, iniziarono a fare sorgere il problema del dissesto idrogeologico. In particolare, a Firenze, aveva fatto precipitare una situazione di equilibrio precario, mostrando la necessità di una pianificazione in cui gli interventi fossero favoriti dall'orografia del territorio e dalla struttura storica del bacino (Detti, 1966).

In attesa di una nuova legge urbanistica (che si sta ancora aspettando oggi), si emanarono delle norme per arrivare, nel 1967, alla promulgazione della L. 765/1967, la cosiddetta "legge ponte", che cercò di porre fine al disordine generato dall'attività urbanistico-edilizia.

In questo periodo la mutevolezza dei fattori costituenti lo scopo del piano comportò l'esigenza di una continua verifica degli strumenti e degli obiettivi delle scelte portate avanti; sembrò quindi necessario descrivere gli interventi di progetto secondo parametri quantitativi piuttosto che in modo qualitativo (Macchi Cassia, 1984).

Emerse anche la difficoltà di leggere e intendere la complessità del territorio, insieme all'impossibilità di ridurlo secondo rigidi schemi, quali standard, zoning e tipologia edilizia, astratti rispetto alla concretezza degli obiettivi del piano e all'irriducibilità dei processi storici (Carbonara, 1992).

Malusardi (1978) attribuisce all'influenza negativa e all'astrattezza delle teorie neopositiviste degli anni precedenti il ritardo e la mancata individuazione del rapporto tra alcune "patologie territoriali" (come il dissesto idrogeologico) e le loro effettive cause da parte della cultura urbanistica italiana.

Questa concezione era già emersa durante il Congresso di Venezia del 1952, dove sorse il problema dell'interdisciplinarietà (Besati, 1995), secondo la quale l'urbanistica doveva divenire la "sintesi" in grado di assorbire le altre discipline mediante la costruzione di un linguaggio scientifico.

Si propose, quindi, l'importanza della fase di indagine come la possibilità di investigare sui fattori agenti sul territorio, senza la pretesa di definirlo in un'ottica deterministica e operando mediante la collaborazione con altre discipline come le scienze sociali e quelle naturali. Si mosse una critica contro i limiti culturali dei contenuti, i sistemi di valori e la razionalità che l'urbanistica aveva assunto, sottolineando, invece, l'importanza di ciò che è unico, irripetibile e quindi non generalizzabile (Gabellini, 1993).

³ AA. VV. Relazione della Commissione d'indagine, *Vicende urbanistico-edilizie di Agrigento nel periodo 1944-1966* in *Urbanistica*, n° 48, 1966

Secondo Gabellini (1993) emerse, negli Anni Sessanta, una concezione di piano urbanistico molto diversa da quella attuale che è basata su una metodologia codificata per quanto riguarda i rapporti conoscenza/decisione e piano/attuazione; si sosteneva, infatti, l'impossibilità di giungere, attraverso un percorso lineare, dall'analisi all'elaborazione del piano, e che quest'ultimo non dovesse necessariamente essere considerato come un vincolo perché "la norma [...] può esprimersi anche come possibilità".

I piani risalenti agli Anni Sessanta presentarono due approcci diversi (Oliva, 1993): quello razionalista, col proposito di "controllare" la crescita urbana senza agire sulle cause dei fenomeni e quello riformista, sostenitore di innovazioni nella tecnica disciplinare, per intervenire sulle patologie della città e per contrastare il regime immobiliare e le rendite urbane. Nonostante queste differenze essi presentavano anche dei caratteri in comune:

- a. Apparato analitico sviluppato per dare un sistema conoscitivo in grado di spiegare in modo oggettivo e razionale le scelte urbanistiche fatte.
- b. Distinzione, nell'uso del suolo, di uno zoning dettagliato ed articolato per approfondire ogni tematica territoriale.
- c. Attenzione ai problemi di salvaguardia ambientale, di tutela dei luoghi di difesa naturale, in particolare nelle zone extraurbane dove le aree agricole iniziarono ad essere sottoposte ad una pianificazione in funzione delle attività produttive. Problemi di questo tipo vennero trattati a scala comunale (solo a volte intercomunale), sebbene il piano risultasse essere sempre limitato ad alcuni casi.

Soprattutto sotto la spinta della cultura riformista, nella seconda metà degli Anni Sessanta, si rafforzò l'attenzione per la problematiche ambientali (Oliva, 1993), come testimonia la redazione di alcuni piani regolatori. Significativo fu il P.R.G. di Firenze (1962) realizzato da Detti: per la prima volta Firenze fu dotata di un dettagliato e moderno programma destinato alle aree extraurbane, forse sotto la spinta dell'influenza di Astengo (Campos Venuti, 1992). Rispetto al P.R.G. del 1958 furono definite nuovi indici e norme per salvaguardare l'aspetto paesistico del sistema collinare (Montemagni e Sica, 1963): nelle zone agricole di pianura, rare e destinate soprattutto a colture ortive furono consentiti solo edifici a destinazione agricola; nelle zone agricolo-panoramiche collinari, coltivate ad oliveti, si ammisero anche edifici residenziali con un indice di fabbricabilità pari a 0.05 mc/mq (ridotto di 1/10 rispetto a quello del precedente P.R.G.).

Si cercò di differenziare e diffondere i vincoli a verde pubblico e privato anche mediante l'individuazione di boschi e parchi; nonostante ciò questo piano non riuscì a correggere completamente i caratteri negativi dell'eccessivo sviluppo urbano, ad eccezione delle zone collinari.

In particolare, in Emilia Romagna, si evidenziano la variante del 1969 del P.R.G. di Bologna, che estese una rigorosa salvaguardia ambientale a tutto il territorio collinare ed alle aree ortive di pianura e a Reggio Emilia, il P.R.G. del 1967 di Campos Venuti e Piacentini destinò a parco tutte le grandi aree estranee all'espansione.

Il P.R.G. di Bergamo del 1969 di Astengo vietò l'estensione edilizia alle zone collinari, sottoponendole a tutela per il grande valore ambientale e propose la valorizzazione naturalistica (Oliva, 1993) dell'ambiente urbano con la costituzione di un parco regionale e di altri parchi urbani. Il piano fu dotato di un contenuto tecnico molto prescrittivo e complesso, con un sistema di legenda-norme ben articolato per non consentire dei "vuoti interpretativi" o "interventi discrezionali" (Gabielli, 1984).

Anche in questo caso, come ad Assisi, prevalsero gli interessi contrari al progetto originale.

Mentre la pianificazione territoriale prescritta dalla L.1150/1942 non trovò ancora applicazione, già dalla fine degli anni Cinquanta si iniziarono a redigere i primi piani paesistici (verso la fine degli anni Sessanta ne saranno in vigore quattordici): si trattò di

piani relativi ad aree limitate, con lo scopo di consentire un'edificazione attenta ai valori paesaggistici piuttosto che seguire una valutazione più propriamente ambientale fondata sul valore e la tutela degli elementi costituenti il paesaggio (Oliva, 1993).

Da segnalare anche, tra le prime sistematizzazioni del processo di indagine nella manualistica di settore, l'opera di V. Columbo⁴ che costituisce ancora oggi un riferimento per la pratica urbanistica.

1.2.5.4 Anni Settanta: la pianificazione del territorio extraurbano

Il modello di piano che era stato sperimentato negli anni Sessanta si consolidò anche successivamente basandosi su un azzonamento molto dettagliato e prescrittivo, a cui corrispondeva una precisa articolazione normativa.

Inoltre, mentre dagli anni Cinquanta fino a questo periodo, ogni piano era stato un esperimento a sé stante, a partire dagli anni Settanta, scomparve la varietà dei modelli poiché si uniformarono i contenuti dei piani; questo, comunque, non comportò la produzione di piani uguali, in quanto si mantennero differenze a livello qualitativo, di scelte e di particolari situazioni politiche e locali (Gabielli, 1953).

Si verificò un aumento della diffusione della pianificazione a livello comunale anche a causa delle limitazioni, imposte dalla “legge ponte”, all'attività edilizia dei Comuni sprovvisti di piano regolatore.

Il modello di piano più diffuso riprese l'approccio riformista, ma, in molti casi, i temi, le problematiche e la tecnica urbanistica (per esempio l'azzonamento) vennero ripetuti in modo abbastanza meccanico (Oliva, 1993).

Si definirono, comunque, due nuove concezioni sul modo di considerare le aree agricole: esse erano delle vere e proprie zone produttive e come tali da pianificare; inoltre, il territorio impiegato per l'agricoltura era un elemento indispensabile per il mantenimento dell'equilibrio ambientale, in generale, e di quello idrogeologico, in particolare. Per la prima volta le zone agricole e quelle extraurbane costituirono un patrimonio produttivo da salvaguardare per la conservazione o il recupero dell'equilibrio ambientale anche perché stava prendendo corpo la convinzione che il suolo fosse una risorsa finita, un bene da tutelare e da utilizzare in modo razionale.

Questo portò ad una distinzione funzionale e qualitativa degli insediamenti consentiti nelle zone agricole ed extraurbane, differenziando tra insediamenti agricoli residenziali, edifici per le attrezzature per la conduzione dei campi, edifici per gli allevamenti zootecnici su scala industriale. La scala di pianificazione per questo tipo di interventi, in tali zone, non poteva essere quella comunale, anche se il ruolo dei Comuni era indispensabile, bensì quella territoriale, mediante i piani di coordinamento territoriale.

Esperienze di questo genere rimasero però molto limitate e circoscritte ad alcune zone, come l'Emilia Romagna, in cui la figura dell'urbanista Piacentini diede notevole spessore alla problematica ambientale (Oliva, 1993): mediante la proposta di sovrapposizione di diversi tematismi sull'uso del suolo, quali le sue caratteristiche fisiche, geologiche, idrogeologiche e naturalistiche, fu possibile definire i limiti che avrebbe dovuto avere ogni trasformazione urbanistica, anche a livello di pianificazione comunale.

È da sottolineare che nel frattempo, nel 1972 fu avviato il trasferimento dei poteri in materia urbanistica dallo Stato alle Regioni a statuto ordinario; alcune di esse, come Umbria e Friuli, realizzarono piani territoriali di coordinamento con la funzione di quadro di riferimento per i livelli di pianificazione inferiori anche per il problema della salvaguardia ambientale.

⁴ V. Columbo, *La ricerca urbanistica*, Giuffrè Ed., Milano, 1966

In questo periodo, comunque, furono approvate leggi inerenti le problematiche territoriali e ambientali, come le leggi istitutive dei parchi e quelle per la tutela dell'agricoltura.

In generale, si verificò, da una parte, l'impostazione metodologica proposta da Astengo per il piano territoriale regionale dell'Umbria in cui esso, riassumendo la complessità delle analisi socio-economiche e fisico-ambientali, definiva in modo dettagliato le singole scelte operative; e dall'altra, l'effettiva realtà gestionale procedeva in modo settoriale, perdendo di vista il quadro generale e causando, così, problemi di compatibilità di scelte.

Un esempio di P.R.G. riformista (Oliva, 1993) di questo periodo è il piano di Pavia del 1976, di Astengo e Campos Venuti, in cui furono definite scelte di tutela e valorizzazione non solo del patrimonio storico, ma anche di quello naturalistico (Figura 1.9); la filosofia di Campos Venuti teorizzava, infatti, il contenimento dell'espansione urbana incontrollata, a favore di una maggiore tutela ambientale (Barp, 1981). Particolare attenzione venne rivolta a tutti i corsi d'acqua, alle zone ad essi adiacenti, alle possibili emergenze naturalistiche causate dal fiume Ticino, intorno al quale furono anche individuate aree di fruizione pubblica, con una pianificazione differenziata per le diverse zone agricole. Furono individuati grandi sistemi ambientali e i parchi urbani ad Est e ad Ovest. Si trattava di indicazioni che sarebbero state sviluppate più tardi, nel 1980, nel piano territoriale di coordinamento del Parco del Ticino.

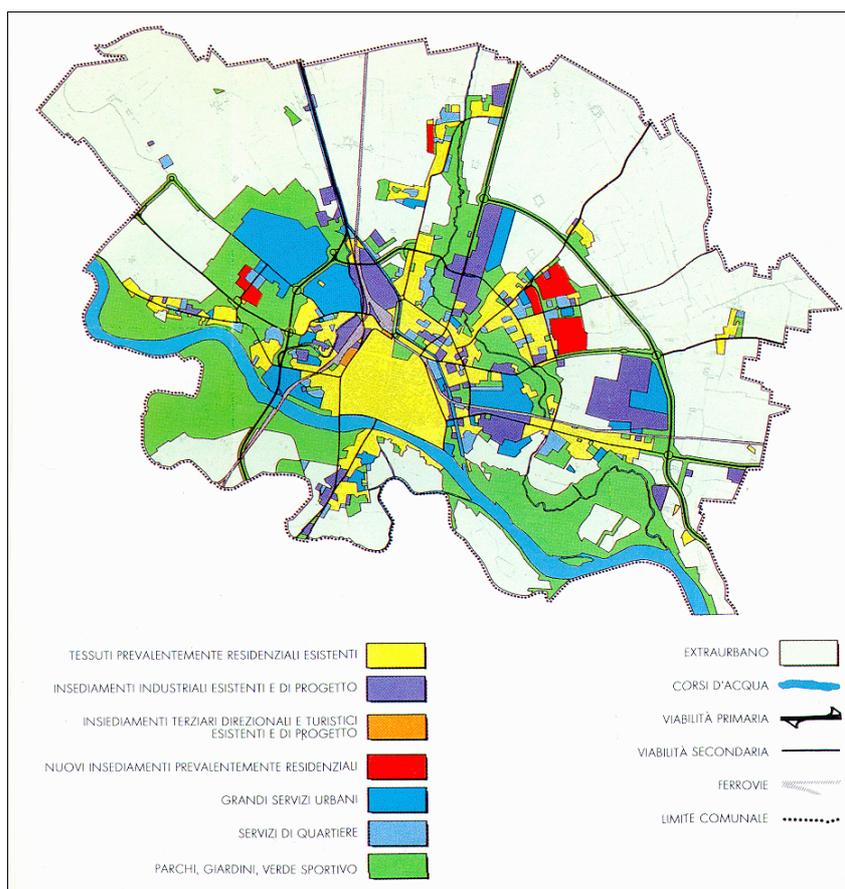


Figura 1.9

*Pavia. PRG 1976. Azzonamento generale. (tratto da G. Campos Venuti, F. Oliva, 1993)
Da notare l'attenzione rivolta ai corsi d'acqua e alle zone ad esse adiacenti ed alle possibili emergenze naturalistiche causate dal fiume Ticino.*

1.2.5.5 Anni Ottanta e Novanta: dalle indagini sulla componente fisica del territorio nella pianificazione urbana alle prime esperienze di valutazione ambientale strategica

Già dalla fine degli anni Settanta, ma soprattutto durante gli anni Ottanta si passò dalla cultura urbanistica dell'espansione a quella della trasformazione, in particolare basata sulla rendita differenziale, ossia sulla trasformazione limitata ad alcune aree specifiche all'interno delle grandi città (Oliva, 1993).

All'interno dei piani di questo periodo si individuarono due tipi di approccio: uno, derivante dalla tradizione riformista, che diede maggiore attenzione alla struttura, alle strategie ed alla scelta del piano; un secondo che attribuì grande importanza, nel piano, alla dimensione fisica ed al problema morfologico. Nonostante le differenze, presentarono, tra i caratteri in comune, la centralità del problema ambientale, rilevante anche in seguito all'approvazione della "legge Galasso" del 1985: la difesa dei valori ambientali diventò, da una previsione di localizzazione, in funzione dell'uso delle risorse, ad una proposta organica per i sistemi ambientali; però la dimensione ambientale della pianificazione rimase di tipo territoriale, cioè riguardante lo spazio extraurbano, e coinvolgendo l'urbano solo per le problematiche storico-morfologiche e quelle relative al verde.

Nel Progetto preliminare del 1984 del P.R.G. di Bologna il suolo fu considerato come una risorsa ambientale da tutelare in quanto bene finito ed irriproducibile. La localizzazione di nuovi insediamenti edilizi si basò, non solo su interessi di maggiore produttività, ma anche su motivazioni di tipo ecologico nel rispetto per l'ambiente (Oliva, 1993). Infatti innovativa fu l'introduzione sistematica ed organica della componente ambientale nel disegno della città. Inoltre, accanto alla salvaguardia dell'intero sistema collinare, fu proposta la realizzazione di due parchi fluviali, quelli del Reno e del Savena. L'apparato di ricerche che costituì la "base" del Progetto preliminare interessò molti argomenti non molto usuali nei piani regolatori dell'epoca, come ricerche sulle caratteristiche idrogeologiche e morfologiche del territorio o la ricerca sul sistema energetico (Gabellini, 1985).

Nel P.R.G. di Bologna, redatto da Campos Venuti, Clemente e Portoghesi ed approvato nel 1986, è notevole l'interesse rivolto al problema ambientale per quanto riguarda le zone collinari, i fiumi, i corsi d'acqua di tutto il territorio comunale ed il sistema di parchi e di verde con la funzione di protezione e separazione della città dalla tangenziale e dall'autostrada. Analogamente il piano di Arezzo, adottato nel 1987, stabilì la cancellazione delle aree di espansione sulle colline e nelle zone di maggior pregio dal punto di vista paesaggistico ed ambientale.

In generale nella seconda metà degli anni Ottanta si verificò una maggiore centralità del problema ambientale a livello di pianificazione comunale, ma sempre limitatamente all'ambito extraurbano, cioè al territorio non urbanizzato. Infatti le analisi, gli studi, le ricerche di carattere ambientale presenti nei P.R.G. di questo periodo si riferirono al territorio extraurbano e costituirono un'estensione delle indicazioni e delle prescrizioni presenti nei piani paesistici della regione di appartenenza. Per esempio, nei P.R.G. di Ancona (1988) (Figura 1.10), di Pesaro (1987) e di Jesi (1987), fu condotta un'analisi di tipo geologico-geomorfologico per rispettare le prescrizioni del Piano Paesistico Ambientale delle Marche, approvato nel 1989. Mediante queste analisi fu possibile conoscere le caratteristiche strutturali e naturalistiche del territorio, cioè le emergenze geologiche e vegetazionali, il sistema delle acque superficiali, le aree soggette a dissesto idrogeologico e quelle interessate da movimenti gravitazionali.

Molto approfondite furono anche le indagini condotte, a partire dal 1987, per la redazione del P.R.G. di Sassari: si trattò di analisi accurate e rigorose, sebbene sempre

estese al territorio non urbanizzato, riguardanti le caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio, evidenziando i fenomeni di evoluzione del paesaggio fisico ed i valori ambientali delle risorse idrogeologiche. Per quanto riguarda esperienze relative alle zone agricole, in quanto zone produttive, e a quelle montane, in quanto di particolare pregio dal punto di vista ambientale, bisogna ricordare il P.R.G. di Foppolo del 1987 in cui furono realizzate approfondite analisi sulla “geologia ambientale” delle zone extraurbane con lo scopo di definire la stabilità dei suoli e i rischi di valanga.

Lo stesso tipo di indagine venne condotto anche per le aree urbane, probabili siti di nuovi insediamenti ed impianti turistici, per individuare le porzioni di territorio estranee ai rischi ambientali (considerando parametri come l’acclività e l’instabilità) e, nello stesso tempo, facilmente accessibili ed urbanizzabili.

Nel P.R.G. di Siena (1990) di B. Secchi la scelta delle trasformazioni urbanistiche venne regolata anche dalle caratteristiche di pericolosità geologica e sismica, tanto che nei casi più critici fu previsto un ulteriore approfondimento delle indagini geologiche e geotecniche del piano. Queste analisi, estese sia al territorio extraurbano che a quello urbanizzato, ebbero lo scopo principale di assicurare la sicurezza di nuove costruzioni piuttosto che tutelare la risorsa suolo. Tra le tavole allegate al piano, quella della fattibilità presentava le condizioni imposte dai caratteri geomorfologici del suolo affinché le scelte fossero compatibili (Gabellini, 1990). Grande attenzione venne data alla salvaguardia delle caratteristiche naturalistiche e paesaggistiche delle zone collinari ed agricole circostanti la città.

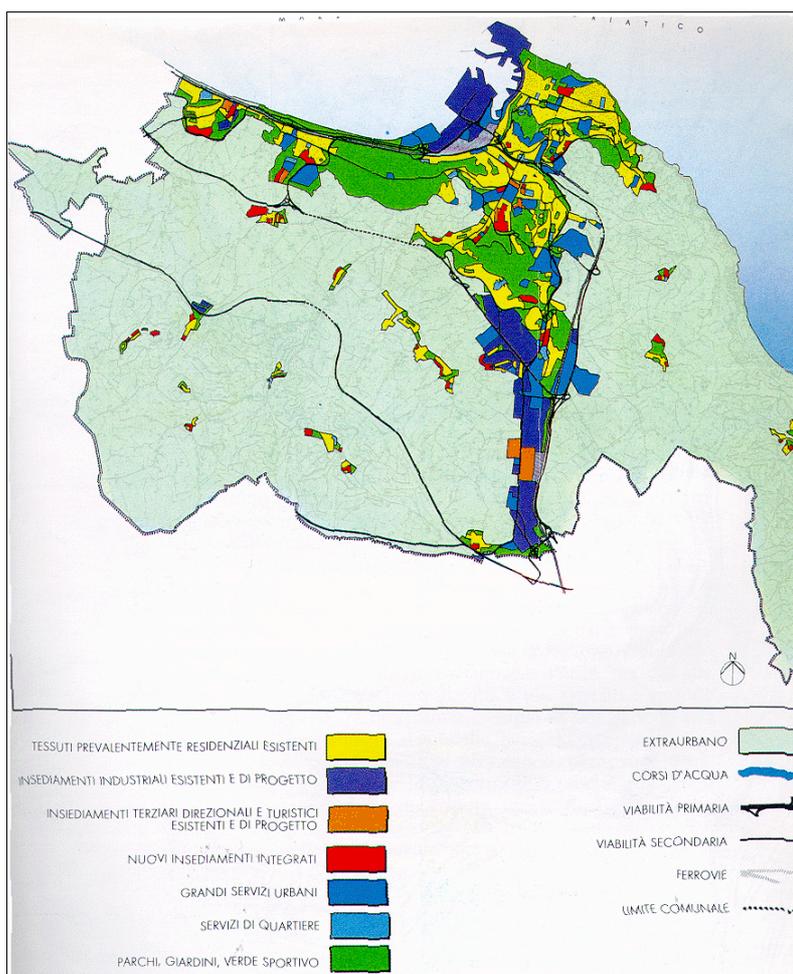


Figura 1.10 Ancona. PRG 1988. Azzonamento generale. (tratto da G. Campos Venuti, F. Oliva, 1993)
 Nell’elaborazione di questo piano risultò centrale il problema ambientale nell’ambito dell’extraurbano.

Fino a quel momento la componente ambientale della pianificazione urbana fu di tipo territoriale e risultò estesa all'ambito urbano solo relativamente a questioni storico-morfologiche e alla scelta di aree di espansione insediativa. E' ancora assente la verifica di compatibilità ambientale per ogni tipo di trasformazione edilizia ed urbanistica prevista dal piano (Oliva, 1993).

Ancora da citare, nella vasta letteratura, il lavoro di Dodi⁵ (ripubblicato nel 1988) che vede nelle analisi urbanistiche il modo per acquisire una conoscenza il più possibile approfondita e completa del territorio. In particolare, nello studio dei caratteri fisici rilevante è lo studio della costituzione del suolo e del sottosuolo: esso dovrà accertare l'andamento altimetrico del terreno, la presenza di corsi d'acqua, di zone rocciose, paludose e individuare la natura, lo spessore e l'andamento degli strati del sottosuolo. In tal senso lo studio della carta geologica permetterà di avere un quadro il più possibile esauriente sulla varietà di rocce presenti (eruttive o sedimentarie, solubili o insolubili, permeabili o impermeabili). In questo modo la conoscenza della costituzione del sottosuolo diventa necessaria per la scelta dell'ubicazione di quartieri edilizi, di stabilimenti industriali, di zone coltivabili, ecc.

Tra le diverse analisi da condurre, è utile lo studio di un territorio dal punto di vista geologico, idrografico ed insediativo, in quanto per conoscerlo pienamente è necessario considerare tutti i fattori che hanno contribuito alla sua formazione, quindi anche il modellamento dovuto alle forze naturali. In tal senso Girardi (1983) ritiene importante il ruolo della morfologia, all'interno della geologia, per definire, attraverso l'indagine sulla genesi e sull'evoluzione delle forme del paesaggio, non solo la struttura geologica originale, ma anche il successivo modellamento dovuto agli agenti atmosferici e all'acqua.

Nell'ambito della pianificazione ambientale le analisi geologiche sono rilevanti in quanto evidenziano la natura e l'entità dei vincoli che la struttura e la composizione del suolo può porre sia all'utilizzo delle risorse naturali sia a quello del territorio stesso. In questo senso la geologia di un determinato territorio, dando informazioni sulle caratteristiche dei suoli e dei sottosuoli, sui processi che, costantemente in atto, ridisegnano la morfologia del paesaggio, mediante erosione e sedimentazione, individua, in aree alluvionali o franose, vincoli decisivi per la pianificazione. In queste indagini, alla geologia è bene affiancare le analisi topografiche, per acquisire informazioni sull'altimetria e sulla pendenza dei versanti e lo studio delle risorse idriche, per definire la natura e le modalità d'infiltrazione dell'acqua nei terreni (Moraci e Ziparo, 1992).

Le prime esperienze di pianificazione di area vasta

Nella generale scarsa applicazione della pianificazione d'area vasta merita segnalare alcuni casi esemplificativi

E' significativo il piano del Parco del Ticino, approvato nel 1980, (il Parco era stato già istituito nel 1974), integrato poi con piani di settore di cui l'unico approvato fino ad oggi è quello relativo alla conservazione ed al recupero dei boschi e delle foreste (Erba e Pogliani, 1993).

Interessanti, tra gli obiettivi, oltre alla conservazione ed alla valorizzazione delle risorse ambientali, una serie di interventi compatibili con lo sviluppo del Parco stesso, come contenute previsioni urbanistiche a causa della compromissione antropica di alcune zone comprese nel Parco.

Il piano stabilì la suddivisione del Parco in sei zone con differenti caratteristiche ambientali, naturalistiche e paesaggistiche, a cui corrispondevano adeguati gradi di tutela (Figura 1.11). Nonostante le difficoltà a conciliare il programma di salvaguardia del

⁵ L. Dodi, *Città e territorio. Urbanistica tecnica*, Masson, Milano, 1988

territorio con le esigenze di sviluppo produttivo, soprattutto per le zone lungo il perimetro del Parco, tale esperienza di pianificazione è da considerarsi sicuramente positiva.

Interessante è l'esperienza di pianificazione territoriale condotta in Piemonte attraverso un Programma Regionale di Sviluppo, in cui l'ampio apparato di analisi si avvale di elaborazioni modellistiche e di un adeguato sistema informativo territoriale. Le analisi inerenti il sistema fisico, in particolare geologiche e di uso del suolo, furono portate avanti con lo specifico scopo di individuare i vincoli e le ottimali localizzazioni per i diversi tipi di intervento. Ogni comprensorio fu caratterizzato da obiettivi differenti per le varie aree omogenee (classificate in montane, collinari e di pianura) e per le diverse politiche di intervento settoriale, (tra cui i beni ambientali e l'assetto idrogeologico). Gli schemi del piano territoriale comprensoriale erano comunque di indirizzo, in quanto privi di indicazioni specifiche, di programmi di attuazione e di criteri di priorità. Sebbene nel 1985 i comprensori vennero aboliti, rimase questo esempio sperimentazione di pianificazione territoriale.

Un altro esempio di pianificazione territoriale regionale è costituito dall'esperienza condotta dall'Emilia Romagna con l'adozione, nel 1980, del Piano Appennino: esternamente alle città si era creato un vero e proprio dissesto dell'Appennino a causa della disseminazione edilizia, della mancata opera di forestazione, dei continui prelievi di sabbia e ghiaia dai corsi d'acqua, dell'abbassamento della falda freatica, dell'eutrofizzazione estiva della costa Adriatica.

Bisogna sottolineare come questa Regione avesse sempre difeso i valori delle risorse naturali, ma in tale occasione realizzò uno strumento di azione "differenziale", cioè con intensità di interventi diversa a seconda dei differenti contesti comunali; stabili, quindi, criteri di priorità qualitative (Campos Venuti, 1992). In particolare, gli obiettivi del progetto furono la conservazione del territorio e la tutela ambientale, in considerazione della situazione di avanzato dissesto idrogeologico e di impoverimento della produttività agricola (Figura 1.12).

Innovativi furono i metodi e le analisi condotte (Erba e Pogliani, 1993): le indagini si avvalsero di strumenti come la fotografia aerea e il telerilevamento, i cui dati furono poi elaborati e memorizzati elettronicamente (mediante questi strumenti l'Emilia Romagna aveva già iniziato la costruzione di una carta tecnica regionale, in mancanza di una cartografia aggiornata a scala nazionale, ed anche di carte tematiche).

Le analisi condotte erano inerenti l'altimetria, la clivometria, la pedologia superficiale, la propensione al dissesto idrogeologico, la delimitazione dei bacini idrografici, l'uso del suolo, le colture agricole, l'erosione costiera, la subsidenza, le risorse estrattive e la sismicità.

Per quanto riguarda l'analisi delle risorse ambientali, grande attenzione fu data al problema del dissesto idrogeologico, soprattutto per le aree con massima concentrazione di seminativo o degli incolti, e al recupero silvo-pastorale. Attraverso la sistemazione dei versanti e dei corsi d'acqua e interventi di forestazione ci si proponeva di realizzare il riassetto idrogeologico. Nemmeno tale esperienza di pianificazione su scala regionale, a causa delle difficoltà emerse, raggiunse la fase di attuazione.

Significativo, nel considerare la pianificazione degli anni Ottanta, è il preliminare del piano intercomunale di Firenze del 1985. Già nelle esperienze intercomunali del passato (1962, 1973, 1978) si erano realizzati grandi sistemi di difesa e valorizzazione ambientale, ma in questo caso furono rilevanti l'organizzazione articolata della difesa paesaggistica e naturale, la previsione di usi compatibili con la conservazione, in particolare, nelle diverse fasce collinari poste a corona intorno alla città, a Nord e a Sud, ed infine la conservazione delle pianure alluvionali a sud dell'Arno per la destinazione agricola e la loro eventuale trasformazione in complessi parco-campagna.

Dei terreni agricoli si privilegiò il valore ambientale più che quello economico, suggerendone la difesa per impedire che lo sviluppo a macchia d'olio della città li coinvolgesse come ulteriore fascia urbanizzata. In tal senso si diversificarono le caratteristiche normative di questa difesa: nei terreni di pianura si valorizzò la componente agricolo-produttiva, nei terreni collinari si esaltò la componente paesaggistico-ambientale.

Accanto al più tradizionale approccio quantitativo, la conoscenza qualitativa della città, attraverso l'analisi dei tessuti, costituì, nel Progetto preliminare, la premessa di una pianificazione urbanistica che rispondesse alle nuove esigenze dell'epoca di trasformazione urbanistica. Da queste esperienze fallimentari di pianificazione territoriale emersero delle caratteristiche comuni (Erba e Pogliani, 1993): l'impossibilità di considerare il piano territoriale regionale come un superpiano in grado di analizzare e normare tutti i fattori socio-economici e fisico-ambientali; l'esigenza di avere come riferimento un piano generale di coordinamento in cui inserire i vari piani settoriali. Da ciò nacque la necessità di una nuova impostazione metodologica in cui fossero presenti due livelli di piano: uno di impostazione generale ed un secondo più puntuale e dettagliato per differenti aree geografiche o aree-problema.

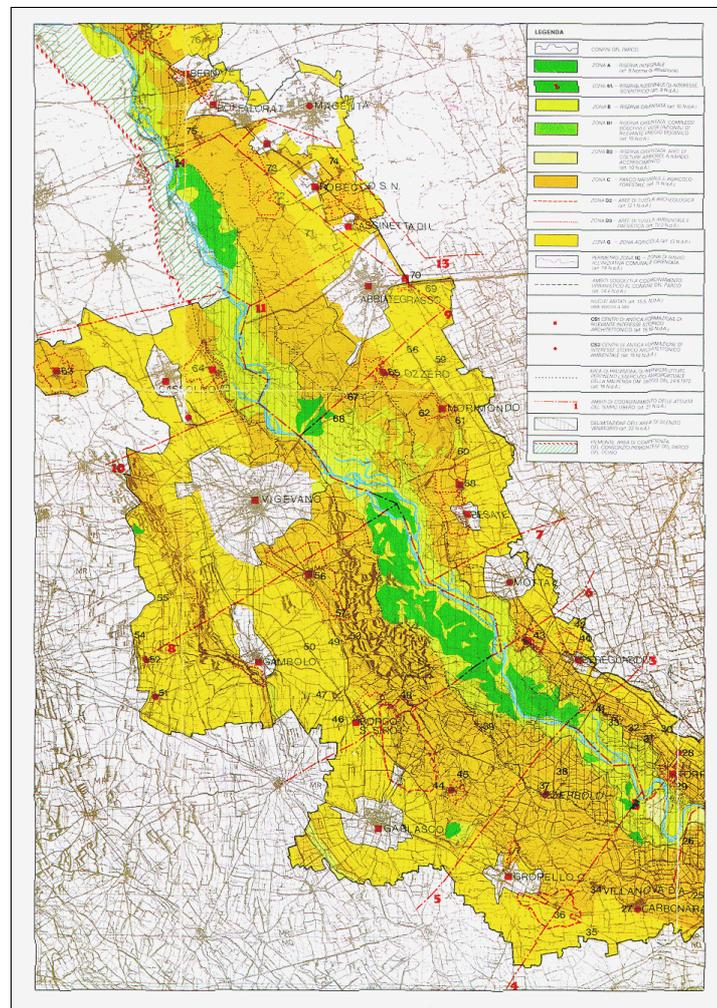


Figura 1.11 Regione Lombardia. Parco del Ticino. Piano Territoriale di Coordinamento del 1980; particolare. (tratto da G. Campos Venuti, F. Oliva, 1993)
Le gradazioni di verde rappresentano riserve integrali o orientate verso specifiche colture; il giallo zona agricola e l'ocra il parco naturale agricolo forestale.



Figura 1.12 Regione Emilia Romagna. Progetto Appennino 1978. Riassetto idrogeologico ed agrosilvopastorale; particolare. (tratto da G. Campos Venuti, F. Oliva, 1993)
 Le gradazioni di verde rappresentano aree boschive e seminativi; la terra bruciata aree di conversione del seminativo a pascolo e permanente con o senza opere di riassetto idrogeologico; la terra naturale colture del fondo valle e di pianura.

La componente fisica nei primi Piani Territoriali Paesistici

La legge 431 del 1985 diede delle disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale, distinguendosi dalla precedente legge 1497 del 1939 per la semplicità dell'entrata in vigore dei vincoli: non era più necessaria una lunga procedura in quanto i beni elencati nell'articolo 1 avrebbero dovuto essere sottoposti a tutela senza bisogno di alcun'altra deliberazione. Inoltre tale legge stabilì l'obbligo, per le Regioni, di elaborare "piani paesistici o piani urbanistico-territoriali con specifica considerazione dei valori paesistici ed ambientali", estesi a tutto il territorio, partendo dalle zone vincolate per legge (Ciccone, 1993). Si ritenne, quindi, che la pianificazione ordinaria non fosse sufficiente per la salvaguardia di zone di particolare valore ambientale.

Come già accennato, dal 1939 al 1972 (quando le Regioni acquisirono pieni poteri in materia di pianificazione urbanistica), si adottarono solo 14 piani paesistici, con un tentativo di applicazione per altre 29 aree situate al Sud d'Italia. Si era sentita la necessità, infatti, di porre rimedio agli evidenti fenomeni di degrado che si erano manifestati in queste zone, rilevanti sia dal punto di vista ambientale che per la presenza di beni culturali. In realtà nessuno di tali piani ebbe, però, una reale applicazione.

Tra i piani paesistici si possono distinguere tre generazioni:

- la prima in cui si elaborarono piani basati su considerazioni di tipo estetizzante e generico, con poche valutazioni sulla componente strutturale del paesaggio, a favore di indicazioni per l'edificazione;
- una seconda, tra gli anni Sessanta e Settanta, che produsse i piani sopracitati per il Sud;
- una terza che seguì l'entrata in vigore della legge 431/1985.

Le esperienze delle singole Regioni hanno presentato notevoli differenze in vari settori:

- nell'esprimere valutazioni analitiche;
- nella definizione della scala di redazione delle carte: si passa dalla scala 1:200.000 del Veneto alla scala 1:10.000 della Liguria e delle Marche;
- nella definizione del territorio in esame: solo Emilia Romagna, Liguria e Marche hanno preso in esame l'intero territorio regionale.

Nonostante queste differenze, sono presenti anche dei caratteri in comune: dopo la legge 431/1985 l'oggetto dei piani urbanistici si spostò dal costruito, cioè dall'insieme dei pieni e delle edificazioni, allo spazio del non costruito e dei vuoti. Si modificò anche il concetto di paesaggio, ora inteso come sintesi dell'opera della natura e degli interventi dell'uomo; nella realtà ci si rese conto delle profonde alterazioni che l'ambiente naturale aveva subito, in seguito ai continui processi di urbanizzazione e quindi della necessità di limitare, mediante prescrizioni di tipo tecnico, ulteriori espansioni urbane (Ciccone, 1993).

La legge 431/1985 è vista anche come un'occasione per costruire una "cultura" del territorio attraverso un cambiamento radicale del modo di concepire la questione ambientale (Bottino, 1993). Infatti in Italia non esistevano leggi per regolare i modi di produzione e di sviluppo, il diritto ambientale aveva un ruolo marginale e i fenomeni di degrado dei beni ambientali e paesaggistici erano stati generati dall'assenza di una vera e propria cultura dell'ambiente.

Era mancata, inoltre, una politica di sviluppo che perseguisse la tutela e la valorizzazione dei beni ambientali, mentre questi ultimi erano stati sottoposti ad un continuo processo di abbandono, degrado e consumo. Secondo quest'ottica l'ambiente veniva considerato come "eccezione" o come "emergenza" sia quando era considerato, in senso positivo, come rarità da tutelare sia quando era visto, in senso negativo, come calamità naturale. Per questo motivo era sempre stata seguita una politica di emergenza piuttosto che una di prevenzione.

Quindi in questo clima culturale la legge Galasso costituì una novità sottoponendo a tutela intere categorie di beni che per la prima volta avrebbero prevalso su scelte mosse da interessi economici e sociali. Nonostante ciò non era possibile risolvere il problema dell'ambiente limitandosi alla redazione di un piano paesistico, ma, come già ribadito, era necessario fondare una nuova cultura dell'ambiente per una diversa gestione del territorio.

Inoltre sarebbe stato fondamentale superare una concezione semplicemente estetica ed idealistica del paesaggio, rivalutando anche il suo aspetto strutturale, in quanto i beni naturali non hanno solo un valore culturale, ma anche una funzione sociale ed economica legata alla loro integrità fisica.

In questo modo bisognerebbe tendere ad una gestione del territorio basata sulla salvaguardia delle risorse ambientali in quanto, in futuro, esisterà sviluppo solo se si creerà una sintesi tra economia ed ecologia e quindi un nuovo rapporto tra uomo e natura.

L'unico mezzo per attuare questa sintesi sarà il piano che, sia a livello territoriale, sia urbanistico, dovrà innanzitutto indagare e localizzare le risorse che sono le "invarianti" del sistema territoriale-ambientale.

Significativo è il piano paesistico dell'Emilia Romagna elaborato ed adottato dalla Giunta regionale nel 1986. L'obiettivo di tale piano fu quello di organizzare e razionalizzare norme, già esistenti nei piani e nelle politiche regionali, ma che avevano raggiunto dei

risultati marginali poiché prive di una visione complessiva del problema ambientale. In tal senso, l'elaborazione e successivamente l'attuazione del piano, avrebbero dovuto garantire una fase di difesa e tutela attiva per poi raggiungere un nuovo modo di concepire il rapporto con l'ambiente.

Alla base di questo piano si trovano una serie di principi fondamentali: l'ambiente, in quanto bene da tutelare e in parte già degradato, costituisce un riferimento per porre vincoli ed occasioni alle politiche di sviluppo economico e politico; inoltre la sua salvaguardia, per essere efficace non dovrebbe essere generica, ma differenziarsi in relazione a singoli casi e finalità. Quindi le azioni di tutela dovrebbero essere una premessa per uno sviluppo non basato soltanto su principi di tipo economico, ma attento alla difesa e alla valorizzazione dei singoli beni locali; in tal senso, il paesaggio non è più una piattaforma dove è possibile tutto ciò che ha una giustificazione economica, ma una preziosa risorsa da non degradare in un'ottica di equilibrio tra ambiente e sviluppo: non si tratta di due entità opposte, ma di un nuovo modo di concepire lo sviluppo in funzione della tutela ambientale (Bottino, 1993). La tutela non è vista come un freno all'espansione, ma come un modo di esprimere i gradi di modificabilità delle configurazioni in cui l'ambiente si presenta.

Il PTPR dell'Emilia Romagna non volle essere un piano settoriale, ma trasversale in quanto riferimento, a livello regionale, per la pianificazione ai livelli inferiori (provinciale e comunale) e per progetti di intervento regionale (parchi). Si è evitata un'impostazione gerarchica a favore di una suddivisione dei compiti specifici tra i diversi livelli di pianificazione.

In questo modo esso può agire direttamente sull'intera attività di pianificazione costituendo un riferimento per ogni tipo di trasformazione in quanto individua i beni da sottoporre a completa salvaguardia per le loro particolari caratteristiche e quelli da assoggettare a precisi vincoli.

Già anni prima, in seguito agli studi di Piacentini, si era definita la teoria degli "scarti" (Ciccone, 1993): mediante la sovrapposizione di più carte tematiche le aree che non presentavano caratteri fisici "a rischio erano sottoponibili a trasformazioni urbane; ma con questo piano le zone a cui corrispondono interventi ammissibili costituiscono una condizione prioritaria per ogni altro atto degli enti pubblici. Il piano non si limita a definire le attività edilizie consentite, ma a qualificare le diverse componenti territoriali.

Rispetto a quanto appena descritto il piano paesistico della Liguria risulta più complesso. Il territorio regionale è stato suddiviso in tre assetti: quello insediativo, quello geomorfologico (inerente i bacini imbriferi con attenzione per i versanti e le aree di fondovalle, coste marine, cave, miniere, discariche) e quello vegetazionale. Per ogni assetto si sono individuati gli interventi compatibili con la salvaguardia e la valorizzazione dei siti, sempre considerati e qualificati in funzione del gruppo di appartenenza.

Alla descrizione di ogni assetto è associata la normativa corrispondente che, però, misura le trasformazioni consentite come margine di scostamento rispetto alla situazione attuale.

Il risultato è, quindi, un piano basato su indicazioni di carattere relativo che vanno, caso per caso, interpretate, perciò di difficile applicazione (Ciccone, 1993).

La scala di rappresentazione 1:100.000 del Piano Paesistico delle Marche fa in modo che esso appartenga a quelli di efficacia indiretta per il grado di genericità delle indicazioni fornite.

Il concetto di paesaggio deriva dalla combinazione fra settori specialistici (geologia, botanica) e le categorie elencate nell'articolo 1 della legge 431/1985 descritte in funzione delle peculiarità regionali.

Successivamente, però, tale griglia rigorosa viene combinata con una scala di valori non quantitativi (eccezionale, alto, diffuso) per stabilire una graduale normativa di intervento (Figura 1.13).

Interessante è, invece, la previsione di programmi annuali di recupero ambientale e paesistico per affrontare situazioni di particolare degrado ed urgenza.

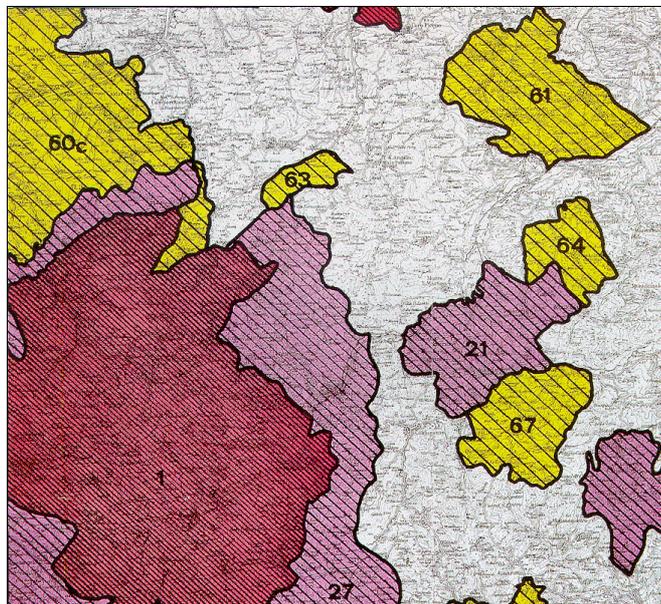


Figura 1.13 Regione Marche. Piano Paesistico Ambientale Regionale 1989. Aree per rilevanza dei valori paesaggistici ed ambientali; particolare. Sono evidenziate in rosso le aree di eccezionale valore paesistico-ambientale; in viola chiaro le aree di rilevante valore; in giallo le aree di qualità diffusa (tratto da G. Campos Venuti, F. Oliva, 1993)

Tendenze attuali: la necessità di una conoscenza globale del territorio

La legge 142 del 1990 stabilì che un ente intermedio tra la Regione ed il Comune, la Provincia, avrebbe avuto la competenza della redazione dei piani territoriali di coordinamento provinciali in cui la tematica ambientale è più rilevante. Infatti, nell'articolo 14, si fa riferimento alla difesa del suolo, alla valorizzazione dell'ambiente e alla prevenzione dalle calamità.

Il piano territoriale regionale individuò uno scenario di assetto del territorio in cui la componente ambientale costituì un riferimento per lo sviluppo economico-sociale e l'insieme dei presupposti per la pianificazione, derivanti da un matrice ecologico-ambientale e dall'esperienza dei piani paesistici. Quindi l'ambiente diventò elemento di raccordo e di configurazione di un nuovo tipo di sviluppo e assetto territoriale (Erba e Pogliani, 1993).

Come è stato testimoniato dalle esperienze citate, l'inserimento dell'attività regionale all'interno di un sistema di pianificazione statale fu molto difficoltoso, anche a causa della mancanza di strumenti di analisi e di programmazione delle risorse economiche, sociali e fisico-ambientali; un esempio può essere la cartografia nazionale, realizzata dall'Istituto Geografico Militare, che copriva in modo disomogeneo il territorio italiano, sia per dotazione che per modalità di rilevamento.

Si è constatata, in generale, la ritrosia dell'economia contemporanea a considerare il territorio non solo come supporto fisico per le coltivazioni e l'edificazione, ma anche come sistema complesso, un insieme di risorse e di materie prime, di mezzi di produzione e di beni di consumo (Campos Venuti, 1992).

La tendenza attuale vede l'urbanistica più vicina alle problematiche ambientali, soprattutto per quanto riguarda la necessità di misurarsi con esse all'interno del tessuto urbano, cioè nel tentativo di accrescere la conoscenza del territorio con lo scopo di migliorare le proprie scelte localizzative (Oliva, 1993).

Manca ancora, comunque, la capacità di seguire un approccio globale, complessivo del processo di pianificazione territoriale, in cui ogni singolo intervento localizzativo assuma un diverso significato in quanto posto in correlazione con altri fenomeni in atto.

Gli anni Novanta sono stati caratterizzati da una forte esplosione delle tematiche ambientali, che ha messo in dubbio le tradizionali certezze delle basi conoscitive e del retroterra culturale su cui da tempo si era basata la pianificazione territoriale (Ronzani, 1998). Ci si è infatti resi conto che le tradizionali analisi di base dei piani regolatori lasciano scoperti diversi aspetti della qualità ambientale della città; aspetti che, per la loro stessa natura andrebbero valutati globalmente, mediante strumenti adeguati come la valutazione di impatto ambientale (VIA).

A livello europeo, vista la carenza nell'ambito della politica ambientale comunitaria di indicazioni di VIA relativamente a piani e programmi economico-territoriali, la Comunità Europea ha presentato una proposta di direttiva per la valutazione dell'impatto di determinati piani e programmi sull'ambiente, contenente misure applicabili al momento dell'elaborazione dei piani e dei programmi in materia di assetto del territorio.

Obiettivo della proposta è quello di completare l'attuale sistema di valutazione di impatto ambientale dei progetti, con misure volte a facilitare la valutazione degli effetti degli strumenti pianificatori fin dalla loro concezione. La proposta riguarda i piani e i programmi in materia di assetto del territorio, in settori quali i trasporti, l'energia, la gestione dei rifiuti, la gestione delle risorse, l'industria, le telecomunicazioni ed il turismo, e prevede che prima dell'adozione o della presentazione di un progetto di piano o di programma nel quadro di un iter legislativo, l'autorità competente effettui una valutazione ambientale e rediga una dichiarazione in cui si espongano dettagliatamente:

- il tenore del piano o del programma ed i suoi obiettivi principali;
- le caratteristiche ambientali della zona interessata;
- tutti i problemi ambientali esistenti e rilevanti per il piano o il programma;
- gli obiettivi nazionali, comunitari o internazionali di protezione dell'ambiente;
- le conseguenze che possono derivare per l'ambiente dall'attuazione del piano;
- tutte le prevedibili soluzioni alternative.

L'esigenza di introdurre anche per i piani e i programmi una procedura di valutazione *ex-ante* dell'effetto di questi sull'ambiente si è tradotta in Italia in una serie di leggi regionali⁶ che introducono normative nella procedura di VIA, applicata, oltre che a progetti specifici di opere, anche a piani e programmi urbanistici.

⁶ Tra le principali leggi regionali in materia si ricordano le seguenti (Ronzani, 1998):

- Provincia Autonoma di Trento "Disciplina della valutazione dell'impatto ambientale e ulteriori norme di tutela dell'ambiente" (L.P. n.28 del 29/8/1988) e Ordinamento e tutela del territorio (L.P. n.22 del 5/9/1991), che assegna a comuni e comprensori la facoltà di sottoporre a VIA i rispettivi piani urbanistici generali e loro varianti (art.31)
- Regione Friuli - Venezia Giulia: "Ordinamento della valutazione di impatto ambientale" (L.R. n.43 del 7/9/1990) e successivo DPGR n.712 del 18/12/1990 che ne costituisce regolamento d'attuazione; modificata con la L.R. n.13 del 2/4/1991. Con la L.R. n.52 del 19/11/1991 "Norme regionali in materia di pianificazione territoriale ed urbanistica" si introduce la procedura di VIA nella formazione degli strumenti urbanistici e territoriali.
- Regione Valle d'Aosta: "Disciplina della procedura di valutazione dell'impatto ambientale" (L.R. n.6 del 4/3/1991, modificata con la L.R. n.34 del 1/7/1994). Questa legge sottopone esplicitamente ed obbligatoriamente alla procedura di VIA gli strumenti di pianificazione di ogni livello. La procedura consiste nell'allegare al piano uno studio di impatto ambientale (redatto secondo le indicazioni di legge)

Obiettivo dell'applicazione di tali procedure è quello di elaborare piani che propongano un uso "sostenibile" della città e del territorio, che siano in grado di valutare in anticipo le compatibilità e/o incompatibilità delle azioni e degli interventi che si prevedono nei confronti del sistema territoriale-ambientale locale (Ronzani, 1998).

Un esempio di applicazione di tali procedure a livello di pianificazione comunale si riscontra nella procedura semplificata di VIA da applicare ai piani urbanistici particolareggiati e/o ai grandi progetti urbani adottata dal comune di Bologna. Con una delibera di giunta comunale è stato infatti istituito l'obbligo di redigere uno studio di impatto ambientale contestualmente al progetto di piano, in modo tale da verificarne la compatibilità ambientale prima della sua adozione, senza però aggravarne l'iter procedurale, utilizzando cioè la *conferenza dei servizi* introdotta dalla legge 142/90 per l'espressione dei vari pareri.

da sottoporre ad un'istruttoria di durata massima 60 giorni, entro cui deve essere rilasciato dagli organi regionali competenti un parere di compatibilità ambientale, che verrà allegato al piano nel suo successivo iter per l'approvazione.

- Regione Basilicata: "Disciplina della valutazione di impatto ambientale e norme per la tutela dell'ambiente" (L.R. n.47 del 19/12/1994). Anche questa legge contiene l'obbligo di sottoporre a VIA gli strumenti di programmazione e pianificazione territoriale ed urbanistica, dal livello regionale a quello comunale, esclusi i piani particolareggiati.

2 IL RISCHIO FISICO

2.1 Disastri e catastrofi

I disastri e le catastrofi, in ogni tempo, sono fenomeni che mettono in discussione l'ordinamento che la società si era data in precedenza.

Dal punto di vista etimologico, disastri e catastrofi identificano eventi con esiti diversi. Il termine disastro è composto dalla parola *astrum* (che vuol dire “stella”) e dal suffisso negativo *dius*, e indica proprio la “cattiva stella”, cioè la sfortuna. Attualmente viene utilizzato per descrivere quegli eventi che sono causa di danno, ma le cui conseguenze possono essere assorbite dal sistema in un tempo relativamente breve. Il termine catastrofe, invece, deriva dal greco *stroë*, che vuol dire “che si volge”, e *kata*, che significa “in giù”. Ha origini molto più antiche (lo si attribuisce ad Aristotele che con questo termine identificava una parte della tragedia greca), ma attualmente viene utilizzato per descrivere un evento che genera un tale disordine che spesso si traduce con la scomparsa del sistema colpito.

Tenendo conto di queste sostanziali differenze, gli eventi di cui si intende trattare sono proprio i disastri, cioè tutti quei fenomeni che permettono un intervento dell'uomo per aiutare il sistema a riconquistare l'equilibrio perduto. La classificazione dei fenomeni disastrosi, tradizionalmente tende a separarli in funzione dell'origine dell'evento stesso. E' possibile ritrovare così una terminologia “classica” che distingue tra:

- fenomeni *fisici* o *naturali* (quelli essenzialmente dovuti a cause insite nella natura);
- fenomeni *umani* o *antropici* (quelli attribuibili agli effetti, volontari o involontari, dell'opera dell'uomo).

In letteratura è possibile ritrovare alcuni tentativi di classificazione delle catastrofi; vengono riportate quelle elaborate dagli autori Moles (1977) e Favre (1978).

ORIGINE		DISASTRO
Naturale	Fenomeni naturali	Cicloni Alluvioni Terremoti Eruzioni vulcaniche
	Fenomeni sismici	
Umana	Accidentale	Trasporti-industrie Esplosioni-incidenti Aggressioni biologiche Aggressioni chimiche Aggressioni nucleari Atti terroristici Tumulti e disordini civili Guerre
	Premeditata	

Figura 2.1 Classificazione dei disastri secondo Moles

Fonte: Bollettino di informazione periodica del Ministero dell'Interno, Anno 1993, n. 12

LE GRANDI CATASTROFI DEL GLOBO
<ul style="list-style-type: none"> • Terremoti • Eruzioni vulcaniche • Cicloni e uragani • Inondazioni • Incendi di boschi e foreste • Valanghe
<i>continua</i>

LE CATASTROFI DELLE COSTRUZIONI DELL'UOMO	
Per l'acqua:	Rottura di sbarramenti idraulici Rottura di dighe fluviali o marittime
Per il fuoco	Incendi di grandi insediamenti urbani, industriali, portuali Incendi di grandi serbatoi umani (stadi, grandi immobili, ecc.)
Per l'aria, l'acqua, il fuoco e i tossici associati	Catastrofi minerarie Catastrofi di grandi mezzi di locomozione (marittimi, ferroviari, aerei) Catastrofi dei grandi insediamenti (teatri, stadi, grandi magazzini)

Figura 2.2 *Classificazione dei disastri in tempo di pace secondo Favre*

Fonte: *Bollettino di informazione periodica del Ministero dell'Interno, Anno 1993, n. 12*

Recentemente è stata avanzata una nuova proposta di classificazione dei fenomeni disastrosi che cerca di cogliere quanto l'azione dell'uomo può incidere sull'accadere dell'evento.

A differenza delle proposte precedenti, all'origine fisica e umana si deve aggiungere una origine intermedia per i disastri.

Se è infatti noto che i danni causati dai disastri dipendono dall'organizzazione del sistema, non è altrettanto evidente come le cause alla base degli eventi possano ugualmente essere in parte condizionate dall'agire umano sul territorio e l'ambiente.

TIPOLOGIA	ORIGINE	DISASTRO
Fenomeni sismici Fenomeni meteorologici	Fisica	Terremoti Tsunami Eruzioni vulcaniche Cicloni Tornadi Forti nebbie Siccità
Fenomeni geologici Disastri ecologici	Intermedia	Alluvioni Frane Valanghe Epidemie Incendi boschivi Contaminazioni chimiche Contaminazioni fisiche Contaminazioni batteriologiche Contaminazioni radiologiche
Incendi dei mezzi di trasporto Disastri tecnologici Maggiori incidenti industriali Atti terroristici	Umana	Aerei Ferroviari Stradali Marittimi Rottura di sbarramenti Crolli di ponti e strutture Esplosioni Incendi Contaminazioni biologiche e chimiche Disastri minerari

Figura 2.3 *Classificazione dei disastri in tempo di pace secondo M. Tira*

Fonte: *Tira, 1997*

La figura 2.4 mostra una schematizzazione dei concetti sopra esposti: gli hazard per i quali la componente antropica è via via crescente tendono ad essere più “volontari” in termini di accettazione degli effetti e più diffusi in termini di impatto.

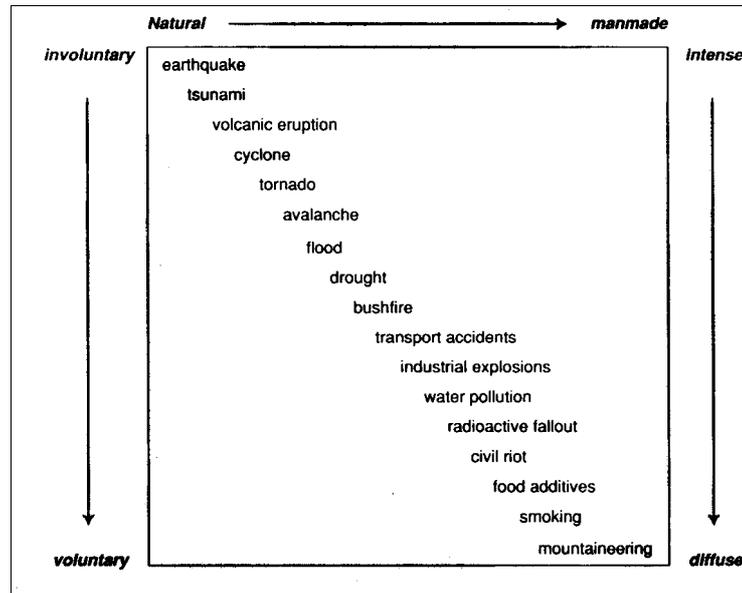


Figura 2.4 Schema generale dei disastri ambientali: dagli eventi geofisici alle catastrofi umane
Fonte: Smith, 1998

Con rischio fisico si intendono tutti quegli eventi che hanno cause insite nella natura. Facendo riferimento alla classificazione proposta da M. Tira (1997), rientrano in questa tipologia di rischio i seguenti eventi:

- Terremoti
- Tsunami
- Eruzioni vulcaniche
- Ciclone
- Tornadi
- Forti nebbie
- Siccità
- Alluvioni
- Frane
- Valanghe
- Incendi boschivi

Le catastrofi naturali causano ogni anno un numero elevato di vittime: nel mondo più di tre milioni di persone hanno perso la vita a causa di alluvioni, terremoti, frane, uragani e altri eventi naturali negli ultimi vent'anni e un miliardo di persone sono state colpite da tali eventi. Le conseguenze economiche sono devastanti. Nei primi anni '90 il costo economico delle catastrofi naturali, secondo alcune fonti, è stato superiore a 100 miliardi di dollari per ogni anno (Clarke e Munasinghe, 1995).

Nella trattazione che segue, sono stati scelti tra gli eventi naturali quelli che nel nostro paese sono maggiormente diffusi. Si è cercato cioè di codificare una metodologia adatta a valutare il rischio fisico connesso ai seguenti eventi:

- Frane
- Valanghe
- Alluvioni
- Terremoti

– Incendi boschivi

<i>Tipo di evento</i>	Asia	Centro America e Caraibi	Sud America	Africa	Europa	Oceania	Nord America	<i>Distribuzione e per tipo di evento</i>
Alluvioni	17	2	10	17	53	2	44	17
Uragani	47.5	33.5	0	4	1	6.5	53	43
Terremoti	35	61	89	79	37	0.5	2	39
Eruzioni vulcaniche	0.5	0.5	1	0	9	91	1	1
<i>Distribuzione per regione</i>	87	4.3	4	2	2	0.4	0.3	100

Figura 2.5 *Distribuzione percentuale per ambito regionale e tipologia di evento con vittime*
Fonte: Albala-Bertrand, 1993

Il territorio italiano, anche se risparmiato da disastri meteorologici come gli uragani, è caratterizzato da una particolare posizione geografica (e quindi da un clima con piogge intense) e da una conformazione morfologica che creano le premesse della condizione di fragilità rispetto agli eventi sopra elencati.

Una indagine condotta in Emilia Romagna ha evidenziato, ad esempio, che i centri abitati da consolidare o trasferire a seguito di dissesti sono oltre 150; in Basilicata ben 116 dei 131 comuni sono interessati da dissesti, e una quarantina presentano condizioni di pericolo imminenti per l'incolumità pubblica.

Più in generale, in Italia l'area interessata da dissesti idrogeologici dall'ultimo dopoguerra è stata circa il 57 % del territorio nazionale, provocando la morte di circa 3.500 persone. L'area interessata dall'attività sismica copre il 40 % della superficie totale, ed i terremoti hanno colpito in questi cinquant'anni circa 1.700 comuni provocando 4.160 morti. Gli incendi boschivi, infine, dal 1976 ad oggi sono stati oltre 232.000, interessando una superficie di poco inferiore ad un ottavo del patrimonio forestale italiano (stimato intorno a 8.675.000 ettari, che equivale al 28 % dell'intero territorio)¹.

Alla luce di quanto esposto, si giustifica la massiccia raccolta di informazioni circa gli eventi disastrosi che hanno colpito l'Italia (ad esempio il progetto AVI, aree vulnerate italiane, elaborato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del CNR) e la necessità di mettere a punto delle metodologie per l'individuazione delle aree a rischio del territorio italiano.

2.2 Il concetto di rischio

Gli eventi disastrosi si ripresentano in genere con periodicità definibile, e in alcuni casi con crescente intensità distruttiva. Ciononostante, permane la difficoltà di prevedere l'arrivo dell'evento in tempo utile per assumere comportamenti difensivi, e spesso si constata la impossibilità di mitigarne gli effetti. "Il termine *rischio* è comunemente associato a questi concetti di incertezza e perdita o danno". (Tira, 1997)

L'atteggiamento dell'uomo è ben descritto da Foster: "E' impossibile evitare tutti i rischi. Come risultato, le società hanno sviluppato un modo che permette loro di operare con specifici livelli di tolleranza per gli eventi naturali e antropici. Di solito questi limiti che possono essere aggiustati con successo, sono definiti dalle leggi o dall'esperienza..."

Tralasciando quei fenomeni attribuibili all'opera dell'uomo e che dipendono esclusivamente dal suo comportamento, l'attenzione maggiore è stata rivolta dall'inizio del

¹ I dati riportati sono stati tratti dalla pubblicazione di Andrea Todisco, "Prevenzione dai rischi naturali, un cammino ancora lungo".

secolo ai fenomeni naturali o fisici. L'atteggiamento che è prevalso è stato quello di affrontare lo studio di questi eventi in modo scientifico, per capire la loro evoluzione e poter agire tempestivamente sia sul piano della previsione che della prevenzione.

Con la legge 24 febbraio 1992, n° 225, i concetti di previsione e prevenzione degli eventi calamitosi, e quindi del rischio, sono entrati a far parte della legislazione italiana. Nell'articolo 3 della legge si afferma che rientrano nella previsione “[...] le attività dirette allo studio e alla determinazione delle cause dei fenomeni calamitosi, alla identificazione dei rischi e alla individuazione delle zone del territorio soggette ai rischi stessi”; fanno parte invece della prevenzione “[...] le attività volte ad evitare o ridurre al minimo la possibilità che si verifichino danni conseguenti agli eventi calamitosi anche sulla base delle conoscenze acquisite per effetto dell'attività di previsione”.

Nella lingua inglese esistono due termini utilizzati quando si parla di eventi catastrofici: *hazard* e *risk*, spesso utilizzati come sinonimi, ma che in realtà hanno un significato diverso.

Hazard è più appropriato se utilizzato per indicare un processo o un evento (naturale o antropico) che potenzialmente può portare a perdite; *risk* indica l'effettiva esposizione di vite umane e beni materiali ad una fonte di *hazard*. Quindi si può definire l'*hazard* (o *causa*) come “un potenziale pericolo per gli essere umani e le loro proprietà” e il *risk* (o *conseguenza*) come “la probabilità di accadimento di uno specifico *hazard*”².

Tutti gli autori sono ormai concordi sul fatto che il rischio dipenda direttamente da due fattori:

- la possibilità che accada l'evento ipotizzato;
- la possibilità che si abbiano delle perdite.

Seguendo una terminologia riconosciuta, proposta da Varnes e Iaeg nel 1984, il rischio si può esprimere come combinazione di tre variabili:

- P = Pericolosità (o *hazard*): probabilità che un fenomeno potenzialmente distruttivo si verifichi in un dato periodo di tempo e in una data area.
- V = Vulnerabilità (o *vulnerability*): grado di perdita prodotto su un certo elemento o gruppo di elementi esposti a rischio, risultante dal verificarsi di un fenomeno naturale di una data intensità.
- E = Esposizione (o *element at risk*): popolazione, proprietà, attività economiche, a rischio in una data area.

Sinteticamente, si può esprimere il rischio come segue:

$$R = f(P, V, E)$$

Queste definizioni sono state, nel tempo, rielaborate. Canuti e Casagli (1994) hanno proposto la seguente ridefinizione:

$$R = f(I, P, V, T, E)$$

dove i tre fattori P, V, E dipendono dall'intensità I dell'evento ipotizzato, e dalla tipologia T degli elementi esposti al rischio, come esposto di seguito:

$$P = f(I)$$

$$V = f(I, T)$$

$$E = f(T)$$

Negli ultimi anni si sta lavorando alla messa a punto dell'espressione che lega le tre variabili per ottenere una valutazione del rischio.

² La distinzione tra *hazard* e *risk* è stata illustrata da Okrent (1980) con questo esempio: due persone attraversano un oceano, una utilizzando una barca e l'altra una nave. L'*hazard* è il medesimo (acque profonde e onde alte), ma il *risk* (probabilità di naufragare) è molto più grande per chi viaggia con la barca rispetto a chi viaggia in nave.

Nella figura 2.6 sono rappresentate relazioni teoriche che legano entità dell'hazard ambientale, probabilità e risk: il rischio aumenta quando sono esposte al rischio vite umane piuttosto che i soli beni materiali o l'ambiente naturale.

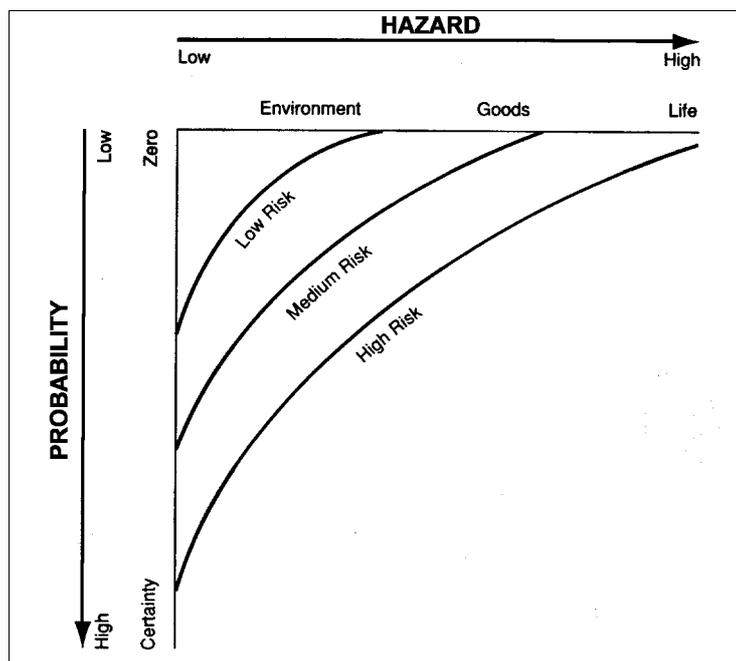


Figura 2.6 Relazione teorica tra l'entità di un evento catastrofico, la probabilità ed il rischio.
Fonte: Smith, 1998

2.2.1 Pericolosità

“La pericolosità di un’area territoriale, definita con riferimento ad un singolo evento atteso (con periodo di ritorno dato), è il risultato della combinazione della severità dell’evento stesso (al suo epicentro) con le caratteristiche fisiche locali dell’area (pericolosità locale).” (M. Tira, 1997)

E’ ovvio che la valutazione della pericolosità avviene in funzione di alcuni parametri caratteristici di ciascun fenomeno, che consentono di classificare il territorio in studio, suddividendolo in diverse classi di pericolosità.

La scelta delle diverse metodologie di studio deve essere però adatta alla scala dell’indagine che si sta conducendo, e agli scopi che ci si prefigge.

Per una analisi territoriale di area vasta, i metodi scientifici prodotti negli anni (sempre più precisi, ma anche complessi) diventano troppo dispendiosi essendo adatti per lo studio di situazioni puntuali. Questo approccio richiede inoltre l’intervento di persone qualificate in grado di calibrare i modelli sui casi di studio.

Per questo motivo, partendo dall’analisi dei metodi puntuali, e cercando utili informazioni sulla scelta dei parametri, si è cercato di produrre una metodologia adatta alla scala territoriale.

2.2.2 Esposizione

“L’esposizione traduce l’evidenza che il rischio aumenta all’aumentare della quantità e soprattutto del valore dei bersagli: esseri umani, beni economici e ambientali.” (M. Tira, 1997)

E’ proprio sulla scelta e sul criterio di valutazione dei parametri adatti ad esprimere l’esposizione che si scontrano le diverse posizioni. La quantificazione dell’esposizione infatti, determina il criterio di quantificazione del rischio.

Le posizioni possibili sono fondamentalmente due:

- esprimere il valore degli elementi a rischio in termini economici;
- esprimere il valore degli elementi a rischio come numero di unità esposte (numero di persone, ettari di terreno agricolo, ...).

E' usuale descrivere gli effetti degli eventi disastrosi in termini di perdite economiche (finanziamenti per ripristinare le condizioni di vita, diminuzione della capacità produttiva in termini di mancato guadagno, ecc), e questo è quello che si fa dopo che il disastro è avvenuto.

La valutazione economica prima dell'evento pone due problemi: prima di tutto si valuta una situazione particolare, mentre il sistema è in continua evoluzione; in secondo luogo, si dovrebbero esprimere tutti gli elementi esposti in termini monetari, ma questo si scontra con problemi di eticità (come è possibile valutare una vita umana dal punto di vista del valore economico?). Anche se ci sono questi problemi, la quantificazione economica del danno risulta essere quella più utilizzata al di fuori dell'Italia³.

2.2.3 Vulnerabilità

“La vulnerabilità è la propensione al danneggiamento in conseguenza dell'evento di intensità I, in funzione della tipologia degli elementi T esposti al rischio.” (M. Tira, 1997)

Gli eventi disastrosi, e in misura drasticamente maggiore le catastrofi, intervengono nell'evoluzione di un sistema introducendo un salto dallo stato di stabilità ad un nuovo stato. La reazione del sistema e il tempo impiegato per ritornare ad un andamento simile a quello iniziale definiscono la vulnerabilità del sistema stesso.

Per ridurre gli effetti dell'evento disastroso si può agire in due modi (che sono ormai riconosciuti anche dalla legislazione italiana):

- operando interventi di previsione (tentando di prevedere l'occorrenza dell'evento e la sua intensità)
- operando interventi di prevenzione (mirati a ridurre gli effetti dell'evento agendo sulla capacità del sistema di assorbire le conseguenze del disastro)

Se gli interventi di previsione rientrano nelle ricerche di tipo scientifico illustrate in precedenza, gli interventi preventivi sono l'applicazione delle tecnologie, più o meno avanzate, utilizzate per realizzare opere di difesa e per progettare nel migliore modo i sistemi.

Da quanto esposto, si capisce che non è facile individuare i limiti per definire la pericolosità e la vulnerabilità, in quanto ci sono parametri comuni dai quali non si può prescindere.

³ Si vedano ad esempio C. West e D. Lenze che forniscono la descrizione di alcuni criteri per stimare l'impatto di un disastro naturale sull'economia di una regione

3 PIANIFICAZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO

Il tema della *città sicura* ha iniziato recentemente ad occupare l'interesse di urbanisti e pianificatori (Fera 1995; Tira, 1997). Lo stesso Lynch (1990) aveva individuato nella sicurezza una delle principali dimensioni prestazionali di una buona città; recentemente nel *Libro verde sull'ambiente urbano* (Commissione delle comunità europee, 1990) i problemi legati agli inquinamenti ambientali e alla sicurezza dai rischi sono stati indicati fra i principali obiettivi delle politiche urbane e territoriali da attuarsi in Europa.

La città sostenibile è una "città sicura", una città nella quale non solo l'uomo ma tutte le specie viventi possono coesistere al riparo da rischi di ogni genere, veleni ed inquinamenti e nel Rapporto Brundtland (World Commission, 1987), fra i sette imperativi strategici individuati per lo sviluppo sostenibile, figura quello di "ridefinire la direzione del progresso tecnologico e controllare i fattori di rischio". Nell'ambito delle iniziative legate alla Conferenza di Rio sull'ambiente le Nazioni Unite hanno lanciato tra l'altro il programma per le città sostenibili (Scp), per mettere in pratica i concetti descritti nella pubblicazione *Environmental Guidelines for Settlements Planning and Management*. Il concetto chiave espresso nel programma è che i disastri nelle aree urbane sono il sintomo di una pianificazione e di una gestione inadeguate. La gestione corretta dell'ambiente urbano include la gestione delle risorse naturali e dei rischi ambientali e riduce la probabilità di disastri (Cillo, Solera 1997).

Le Nazioni Unite hanno inoltre dedicato il decennio che sta per concludersi al tema della riduzione degli effetti dei disastri naturali. Lo scopo fondamentale dell'IDNDR (*International Decade For Natural Disaster Reduction*), riassunto da Lechat (1990), è quello di incoraggiare l'attuale tendenza nell'affrontare il tema delle catastrofi, che sta portando ad una sostituzione delle strategie di intervento post-evento con strategie di pianificazione e prevenzione degli effetti di possibili catastrofi.

In questo paragrafo si cerca di comprendere il ruolo chiave che proprio la pianificazione può avere nel raggiungimento di tale obiettivo, anche attraverso una breve lettura di alcuni eventi calamitosi che nel corso della storia hanno colpito aree diverse del nostro pianeta.

3.1 Le attività post-evento: alcuni esempi del passato

Fin dalle origini della civiltà l'uomo si è sempre sforzato di prevedere l'avvento di catastrofi naturali, prepararsi a farvi fronte, sopravvivere e riparare ai danni da esse causati. Forse il racconto del diluvio universale nel libro della Genesi del Vecchio Testamento rappresenta il primo esempio "documentato" di mitigazione degli effetti di una catastrofe naturale (Platt. 1998).

Le civiltà dell'antico Egitto e dalla valle del Tigri e dell'Eufrate conoscevano bene i benefici che apportavano alla fertilità del suolo le esondazioni dei fiumi e, se possibile, localizzavano i loro insediamenti sulle alture.

Come già ricordato nel capitolo precedente, le città greche prima e romane poi vennero fondate, dove possibile, in luoghi che fossero al tempo stesso militarmente difendibili e relativamente sicure dal punto di vista fisico.

Tuttavia, con il crescere delle conoscenze tecniche e scientifiche, soprattutto nelle civiltà del mondo occidentale, si diffuse la convinzione che gli insediamenti umani potessero essere progettati in modo tale da assicurare la protezione della popolazione dai pericoli della natura.

L'analisi di disastri che hanno colpito in passato civiltà diverse può essere d'aiuto per comprendere quale sia la direzione migliore in cui operare per aumentare la sicurezza.

Forse il primo disastro che spinse ad apportare cambiamenti notevoli e ben documentati nel modo di operare degli amministratori pubblici è stato il grande incendio di Londra del 1666, che in tre giorni causò la distruzione della maggior parte della città medievale racchiusa all'interno delle mura romane¹.

Una settimana dopo l'incendio il re Carlo II emanò un editto in cui si sottolineava l'esigenza di porre restrizioni e controlli severi nella ricostruzione della città, aprendo un'inchiesta sulle cause del grave incendio e indicando alcune regole pratiche da rispettare nella ricostruzione della città, quali:

- utilizzare pietra o mattone per le facciate esterne al posto del legno;
- rispettare una larghezza minima delle strade;
- riservare spazi aperti lungo le rive del Tamigi per garantire l'accesso al fiume in caso di incendio;
- allontanare dal centro della città edifici che fossero fonte di rischio, come le birrerie;
- sovvenzionare con compensi ragionevoli i proprietari disposti a ricostruire gli edifici nel rispetto di restrizioni pubbliche.

Venne inoltre istituita una apposita commissione con il compito di stilare raccomandazioni per le nuove edificazioni che si fossero realizzate negli anni a seguire nella città di Londra. Nel febbraio del 1667 venne adottato il documento "Act for Rebuilding London", che è stato descritto come il primo "codice completo di regolamentazione della pratica edificatoria" (Bell, 1920).

Il risultato fu la nascita di una nuova città e così "il fuoco che consumò la maggior parte della città, per quanto terribile per gli abitanti, ebbe a generare conseguenze che ripagarono ampiamente le perdite subite dai privati; una nuova città sorse sulle rovine dell'antica, [...] più regolare, aperta, comoda e igienica della precedente (Gwynn, 1766).

¹ Nel corso del XII secolo la città di Londra era cresciuta in modo incontrollato, suscitando nella popolazione un diffuso senso di insicurezza, come si può evincere da alcuni scritti dell'epoca:

"I cittadini, anzi l'intera nazione, sono stupefatti di fronte alla straordinaria prosperità di questa metropoli, al vedere ogni anno una nuova città aggiunta all'antica; e, come spaventati, sono turbati da fraintendimenti[...]" in *I vantaggi della crescita urbana* (N.Barbon, 1685);

"La sventura di Londra, non meno della sua bellezza, è data dal fatto che essa si espande con edifici nuovi secondo il piacere di ogni costruttore o imprenditore edile, e come vuole la necessità popolare, sia per esigenze di commercio o altro; e così il suo aspetto si è ingigantito in maniera disordinata e confusa, al di fuori di ogni forma fissa, anzi in forma sconnessa e disuguale [...]. Prima dell'incendio di Londra le vie erano strette, e gli edifici pubblici, non meno di quelli privati, erano più accostati l'uno all'altro, perché poco tempo dopo l'incendio il re proibì con un editto a chicchessia di costruire per un dato lasso di tempo, e cioè non prima che il Parlamento, il quale si sarebbe presto riunito, potesse regolare e dirigere il sistema delle costruzioni, formulando leggi per la sistemazione della proprietà di ciascuno, e per ordinare un debito allargamento delle vie, fissando l'ordine delle costruzioni in vista della bellezza e anche della comodità della città, e della sicurezza, in considerazione di altro eventuale futuro accidente; perché, sebbene io non intenda indagare nel senso di scoprire se la città si sia incendiata per disgrazia o per atto doloso, è tuttavia certissimo che, nelle condizioni in cui prima si trovava, era quanto mai esposta a venir colpita dal disastro che effettivamente la colpì, e pareva che le case fossero state disposte precisamente allo scopo di produrre un solo grandioso falò non appena una banda di malvagi incendiari avesse pensato conveniente di appiccarvi il fuoco.

Non solo le strade erano anguste, e le case tutte costruite in legno, assi e intonaco, tanto che vennero molto a proposito chiamate case di carta, [...]; ma tale era il modo di costruire di allora, a piani sporgenti, che, in certe vie strette, in alto, le case quasi si toccavano, e si sa che durante certi incendi la gente si salvava salendo all'ultimo piano e saltando da un lato all'altro della strada; questo faceva sì che spesso o quasi sempre, se una casa si incendiava, la casa di fronte correva il pericolo di prendere fuoco, a seconda del vento, più delle case attigue." in *Questa cosa mostruosa e gigantesca che ha nome Londra* (D.De Foe, 1724).

Quasi trent'anni dopo l'incendio di Londra, la città di Catania venne colpita da un tremendo terremoto, le cui scosse vennero avvertite praticamente in tutta l'isola e fino in Calabria e a Malta.

Intere città vennero rase al suolo e le perdite in termini di vite umane furono altissime (i morti accertati in totale furono 93.000 e distrutto il 60% dell'intero patrimonio edilizio).

L'opera di soccorso e di ricostruzione delle aree colpite dal sisma fu condotta dall'amministrazione spagnola con grande tempestività ed oculatezza: in meno di dieci giorni fu nominato un Vicario generale del Viceré, il Duca di Camastra, con pieni poteri per coordinare tutte le operazioni di soccorso e sovrintendere alla redazione dei successivi piani di ricostruzione. Il Duca aveva già in passato avuto esperienze simili: nel 1682, infatti, si era verificato un altro evento catastrofico anche se di entità molto minore: una frana aveva seppellito completamente il piccolo centro di S.Stefano di Mistretta. Il Duca, proprietario del feudo, ne decise la ricostruzione sulla costa, lungo la strada che congiungeva Palermo con Messina, ed il nuovo centro, in suo onore, fu ribattezzato con il nome attuale di S.Stefano di Camastra (Fera, 1991).

Con la collaborazione di ingegneri militari, tra cui Carlos Grunembergh, il Camastra si occupò della redazione del piano per la città di Catania, che si basò su moderni criteri di prevenzione antisismica. A tale esperienza si rifecero più tardi altri piani urbanistici; in particolare quelli redatti in analoghe circostanze dopo i terremoti di Lisbona (1755) e della Calabria (1783).

Alcuni dei temi fondamentali che i progettisti affrontarono furono:

- la scelta tra il mantenimento del sito originario o il trasferimento dell'abitato, dato l'elevato rischio presente nell'area dove sorgeva la città: nonostante la consapevolezza del pericolo, si decise di riedificare la città nello stesso sito;
- l'introduzione misure di sicurezza nelle dimensioni e nella forma di vie e piazze, finalizzate a garantire una maggiore sicurezza futura.

Alla concezione generale del disegno urbanistico si accompagnò un regolamento edilizio che fissava in tre piani l'altezza massima degli edifici, ed assieme, disegno urbano e regolamento edilizio fissarono i caratteri generali della forma e della crescita urbana degli anni seguenti (Fera, 1991).

Nel 1755 anche la capitale del Portogallo, Lisbona, fu devastata da un tremendo terremoto che uccise più di 30.000 persone e distrusse la maggior parte del suo nucleo medievale. Come in Inghilterra, esperti furono incaricati di stabilire come la città dovesse essere ricostruita. Il Marchese di Pombal, incaricato di dirigere il processo di ricostruzione, individuò alcune alternative possibili (Mullin, 1992):

- nessun cambiamento nel tracciato delle strade e degli edifici;
- allargamento delle vie con lievi cambiamenti di densità;
- completa demolizione e ricostruzione nel medesimo luogo;
- rilocalizzazione in altro luogo della capitale

Si optò per la terza soluzione e così il quartiere Baixa (la "città bassa"), situato nell'area a maggior rischio sismico, fu interamente demolito e ricostruito, ponendo particolare attenzione alle esigenze di salubrità e apertura degli spazi pubblici. Il risultato fu dunque una città più ordinata e relativamente sicura in caso di incendi o terremoti futuri.

Circa un secolo e mezzo più tardi un altro catastrofico terremoto distrusse un'altra grande città: San Francisco, nel 1906. Con l'inizio del ventesimo secolo, San Francisco aveva raggiunto circa 300.000 abitanti ed era una delle città più importanti degli Stati Uniti (Platt). Il terremoto e l'incendio che ne derivò del 18 Aprile 1906 sono ancora considerati il peggior disastro che abbia colpito una città americana. Bruciò un'area di circa 3.000 ettari, sei volte quella colpita dall'incendio di Londra del 1666. Tale catastrofe causò la morte di

circa 500 persone e distrusse gli edifici commerciali e le case del 60% degli abitanti della città (Bronson, 1986).

La catastrofe del 1906 mostrò molti caratteri tipici di disastri naturali in ambito urbano:

- la presenza di più pericoli correlati (terremoto e incendio);
- l'interruzione delle cosiddette *lifelines* (acquedotto, vie di comunicazione e trasporto);
- danneggiamenti strutturali ampiamente diffusi dovuti a standard costruttivi inadeguati e all'uso prevalente del legno per le costruzioni più piccole;
- la perdita di casa e lavoro di gran parte della popolazione appartenente alla classe operaia;

Come accadde a Londra, anche San Francisco venne ricostruita mantenendo le stesse destinazioni d'uso del suolo che vi erano prima della distruzione. Venne infatti ignorato il piano "City Beautiful" che era stato presentato alla città poco prima della catastrofe. Le rovine del terremoto del 1906 vennero gettate nella baia e vi vennero costruiti sopra nuovi edifici, estremamente vulnerabili in caso di terremoti futuri (Thomas e Witts, 1971). Infatti il distretto della Marina della città, costruito sopra le rovine, fu gravemente danneggiato durante il terremoto di Loma Prieta del 1989.

L'evento di San Francisco ha messo in evidenza in modo particolare un aspetto di grande importanza: le catastrofi urbane dell'era moderna, in particolare i terremoti, comportano la distruzione di *lifelines* pubbliche e private, come ponti e autostrade, linee di comunicazione, linee elettriche, acquedotti, ospedali. La perdita di funzionalità delle *lifelines* amplifica le conseguenze di un evento calamitoso in termini geografici, economici e sociali.

Questa breve analisi di alcune esperienze del passato permette di evidenziare i due aspetti fondamentali su cui i piani urbanistici hanno posto tradizionalmente la loro attenzione per quanto riguarda il tema della mitigazione del rischio fisico.

Il primo tema è quello di un *disegno ed una forma urbana adeguati* alla necessità di prevenire i danni derivanti da future calamità. Gli elementi essenziali di questo disegno sono chiaramente elencati e deducibili dalla tante città ricostruite: strade sufficientemente larghe e rettilinee, altezza degli edifici proporzionale alla larghezza della sede stradale per evitare crolli indotti, spazi liberi all'interno degli isolati, presenza di piazze o aree libere dove la gente possa rifugiarsi o trovare un ricovero temporaneo, ecc. Norme estremamente semplici e spesso dettate dal buonsenso e da felici intuizioni, ma che ancora oggi, a secoli di distanza, mantengono inalterata la loro sostanziale validità (Fera, 1991).

Il secondo tema è quello della *rilocalizzazione dei centri distrutti* in un'area ritenuta più idonea dal punto di vista geologico, tema nel quale giocano un ruolo fondamentale le sempre maggiori conoscenze nel campo della sismologia, della geologia e della scienza delle costruzioni.

3.2 Dagli interventi post-evento ad una pianificazione per la riduzione del rischio

Tradizionalmente anche negli Stati Uniti, come è accaduto in Italia, i governi hanno cercato di far fronte ai disastri con interventi *post-evento*, con misure di mitigazione degli effetti che eventi futuri avrebbero potuto avere sulla società. Ma tali misure si sono rivelate inadeguate a portare il livello di rischio entro limiti socialmente accettabili. A ciò si aggiunge l'enorme costo di tali interventi (Burby, 1998).

Ma già a partire dagli anni '50, negli Stati Uniti ci si rese conto che le tradizionali misure per ridurre il rischio non potevano essere ritenute sufficienti: si iniziò allora ad impostare un nuovo approccio, partendo dalla difesa dal rischio idraulico, che passasse attraverso il controllo della zonizzazione dell'uso del suolo.

Il nuovo approccio si basava su una premessa molto semplice: le perdite dovute alle inondazioni avrebbero potuto essere ridotte in modo significativo se, invece di cercare di

tenere l'acqua lontana dai centri abitati, il governo locale avesse lavorato nella direzione di tenere la popolazione lontana dalle naturali vie dei corsi d'acqua, scoraggiando lo sviluppo urbanistico di aree a rischio fisico o, dove i vantaggi economici fossero stati enormi rispetto al danno potenziale, imponendo speciali standard costruttivi mirati alla riduzione della vulnerabilità.

I due tipi di approccio legati all'uso del suolo -localizzazione e tecniche di progettazione e costruzione- introdotti negli Stati Uniti per contenere le perdite dovute alle inondazioni sono ancora oggi utilizzati e la loro analisi può fornire interessanti spunti per una pianificazione mirata alla sicurezza delle città e del territorio.

L'obiettivo dell'*approccio localizzativo* è quello di ridurre le perdite in conseguenza di disastri futuri, limitando lo sviluppo urbanistico in aree a rischio. Tale approccio riesce ad essere efficiente nella riduzione delle perdite preservando i valori ambientali e fornendo anche l'opportunità di conservare aree naturali. Ma tali risultati si raggiungono rinunciando ai vantaggi economici che lo sviluppo in certe aree può apportare.

L'obiettivo dell'*approccio progettuale*, al contrario, è “costruire case sicure in aree a rischio”. Questo tipo di soluzione permette di avere guadagni economici, ma con costi notevoli in termini di perdita dei valori naturali e suscettibilità a danni più ingenti qualora gli eventi futuri superassero in intensità lo standard progettuale.

Un approccio alla pianificazione condotto in modo corretto dovrebbe consentire alla comunità di trovare il giusto equilibrio nella scelta delle due diverse alternative.

Le misure progettuali sono efficaci nel ridurre le potenziali perdite per i nuovi insediamenti, ma hanno un'efficacia minore nella riduzione della vulnerabilità per le aree a rischio già urbanizzate, e ciò per ragioni economiche e politiche. Infatti, dai risultati di alcuni studi si è osservato che imporre standard di sicurezza ad edifici esistenti attraverso imposizioni di legge è politicamente non attuabile e comunque solitamente non molto efficace (Alesch e Petak, 1986; Whyler e Mann, 1986).

Anche le campagne di sensibilizzazione per cercare di persuadere i proprietari degli edifici ad intervenire con tecniche di adeguamento per renderli, per esempio, antisismici, si rivelano spesso inutili, se non sono accompagnate da forme di sostegno ed incentivazione economica.

Vi sono tuttavia dei forti ostacoli nell'applicazione del controllo dell'uso del suolo per la riduzione del rischio:

- una delle più forti limitazioni è dovuta al fatto che in assenza di forti imposizioni da parte del governo centrale pochi governi locali sono disposti a proteggersi dagli effetti delle catastrofi naturali attraverso il controllo dello sviluppo urbano. Si tende a considerare questo un problema minore che può essere posto in secondo piano rispetto a problemi locali più pressanti come la disoccupazione, il crimine, la disponibilità di abitazioni e l'educazione;
- l'approccio legato all'uso del suolo si basa su un'accurata identificazione delle aree a rischio, ma la produzione di mappe del rischio richiede grande impegno in termini di tempo e denaro. Inoltre manca una preparazione adeguata ad affrontare il tema del rischio da parte dei tecnici e degli amministratori locali;
- un'ulteriore barriera è costituita dalla mancanza, nel settore privato, della volontà di applicazione delle tecniche di costruzione adeguate, che vengono spesso ignorate, nonostante l'esistenza di leggi severe;
- un altro problema è legato al fatto che gli eventi calamitosi e i sistemi geofisici che li causano non rispettano i confini politici. In alcuni casi i programmi di controllo dell'uso del suolo non possono essere efficaci se non vi è coordinamento tra le diverse regioni.

L'individuazione delle diverse barriere all'applicazione del controllo dell'uso del suolo suggerisce che questo tipo di approccio al tema del rischio non può essere efficace se applicato da solo, così come le opere di monitoraggio, le opere di difesa o la stipula di polizze assicurative (Burby, 1998).

Sarebbe più opportuno combinare adeguatamente questi diversi approcci, in modo diversificato a seconda delle circostanze locali. Ciò comporta che sia virtualmente impossibile prescrivere quali tecniche adottare per la riduzione della vulnerabilità in termini assoluti: al contrario si dovrebbero produrre "piani locali" all'interno dei quali le singole comunità trovino la giusta combinazione di misure che al tempo stesso efficienti, eque e fattibili.

Una pianificazione per la mitigazione del rischio dovrebbe assicurare che:

- l'informazione sulla natura di possibili eventi catastrofici futuri sia disponibile all'opinione pubblica;
- il territorio soggetto a rischio fisico sia identificato e governato in una maniera compatibile con il tipo, la frequenza attesa ed i danni potenziali dell'evento;
- il territorio a rischio sia governato con la dovuta attenzione ai costi sociali, estetici ed ecologici e ai benefici per i singoli individui e l'intera comunità, tenendo conto dei diritti della proprietà privata;
- tutte le misure possibili (che comportino costi socialmente accettabili) vengano adottate per ridurre il rischio e il danno potenziale sia per le proprietà esistenti esposte al rischio sia per le aree a rischio interessate da nuovi sviluppi urbanistici.

Facendo riferimento alla definizione di rischio riportata nel capitolo 2 di questa sezione, appare chiaro che ogni intervento mirato alla riduzione del rischio potrà agire su una delle tre variabili pericolosità, vulnerabilità ed esposizione oppure su tutte.

L'analisi del rischio si può inserire a diversi livelli della pianificazione: può integrare gli strumenti già esistenti (servirà allora a ridurre il rischio per gli insediamenti esistenti intervenendo su esposizione e vulnerabilità), oppure può diventare uno strumento decisivo per la scelta delle nuove localizzazioni, operando sulla pericolosità (quale è il luogo migliore per inserire una nuova espansione?).

In funzione del problema che si dovrà affrontare, l'analisi del rischio nelle sue variabili può dare indicazioni sul tipo di intervento che sarà necessario condurre. La riduzione del rischio degli insediamenti esistenti non consente di intervenire sulla pericolosità. La produzione di carte di esposizione e vulnerabilità consente, in questo caso, di scegliere come operare: per esempio, attraverso l'adeguamento del patrimonio edilizio esistente, lo spostamento di alcune funzioni, la stesura di adeguati piani del traffico urbano, la ristrutturazione delle strutture a rete, la localizzazione delle strutture di soccorso.

Se invece si deve decidere dove localizzare un nuovo insediamento (residenziale o industriale) oppure un sistema a rete (rete stradale, impianti, lifelines) è importante conoscere il livello di pericolosità del territorio.

Questo tipo di intervento è reso più semplice dal fatto che le conoscenze degli eventi sono oggi molto approfondite e permettono di conoscere e discriminare le zone dove l'evento stesso si può manifestare.

Non è possibile prescindere da una di queste variabili: tutte servono a definire il rischio, tutte forniscono informazioni fondamentali per l'intervento e la pianificazione. L'entità dell'intervento dipende non solo dall'individuazione del rischio, ma anche dalla stima delle perdite che si è disposti ad accettare: si tratta cioè di decidere quale sia il livello di rischio accettabile per la società. Sebbene non si intenda approfondire questo tema, che richiederebbe una trattazione apposita che esula dagli obiettivi del presente lavoro, si ricorda che quattro sono gli approcci possibili (Foster, 1980):

- *rifiuto totale del rischio*: implica la decisione di ridurre al massimo possibile tutti i rischi, senza prendere in considerazione i costi che ne derivano. E' questo un approccio improponibile a livello di pianificazione, in quanto non tiene in considerazione la presenza di ulteriori rischi e richiede la disponibilità di risorse economiche illimitate
- *bilancio dei rischi*: questo metodo assume accettabile un livello di rischio maggiore di zero, da determinare mediante il confronto con opportune situazioni di riferimento (confronto con tecnologie simili, con attività umane, etc.)
- *bilancio costi-efficacia*: questo metodo misura la riduzione del rischio per ogni lira spesa in misure di sicurezza. Il livello di rischio accettabile è quello per cui una ulteriore spesa non produce una riduzione del rischio significativa. In questo modo si può decidere di investire le risorse disponibili nella riduzione di quei rischi che presentano il maggior rapporto costi-efficacia
- *bilancio costi-benefici*: questo metodo ammette che ci sia un livello di rischio maggiore di zero, se si devono raggiungere altri obiettivi. Il livello di rischio viene stabilito confrontando i benefici prodotti da una determinata attività con i rischi che la stessa comporta

E' ovvio che la definizione del livello di rischio accettabile implica il coinvolgimento di tanti fattori, molti dei quali non quantificabili fisicamente. Ad esempio, il comportamento umano verso le calamità mette in evidenza situazioni contraddittorie proprio in relazione al livello di rischio accettabile: nel momento in cui accade l'evento, la popolazione manifesta una avversione totale che però si riduce nel tempo, fino alla accettazione del rischio se confrontato con l'alternativa di un trasferimento (si assiste così alla ricostruzione di interi centri negli stessi luoghi in cui la manifestazione di un evento ne aveva causato la distruzione, come emerso dall'analisi di alcuni eventi catastrofici del passato).

3.3 Applicabilità della valutazione di impatto ambientale agli strumenti di pianificazione

3.3.1 Introduzione

Negli ultimi anni, come già è stato sottolineato nel capitolo 2, ci si è resi conto del ruolo insufficiente svolto dai provvedimenti di tipo puntuale per la valutazione dei singoli progetti che interessano il territorio. Ciò accade perché, anche problemi che si manifestano localmente, richiedono di essere affrontati a scala più vasta, per le caratteristiche di complessità ed interdipendenza dei sistemi ambientali. Senza l'ausilio di politiche precise e mirate di difesa del territorio, o comunque redatte in funzione anche di quella, la valutazione d'impatto ambientale (VIA) di progetti puntuali viene a mancare di un sistema di riferimento da cui attingere valori e coerenza, e dunque in definitiva d'efficacia.

A questo proposito, risulta anche interessante l'opzione, già attiva in alcuni paesi, primo fra tutti gli Stati Uniti, di valutazione delle politiche, al fine di proporre un quadro di riferimento programmatico a minor impatto ambientale possibile.

Le decisioni circa un'opera puntuale richiedono anche un quadro di riferimento pianificatorio, che abbia il compito di costruire una conoscenza circa le interrelazioni spazio temporali fra gli interventi puntuali e i loro contesti ambientali. In questo campo si svolgono le più interessanti sperimentazioni e ricerche al fine di incorporare l'approccio ecologico nella pianificazione fisica: Francia, Olanda e Svezia sono all'avanguardia, ma recentemente anche in Italia si stanno sviluppando ricerche ed applicazioni in proposito.

Nei prossimi paragrafi si tratteranno le principali problematiche e le possibilità, che al contempo si aprono, d'integrazione di procedure di valutazione, anche ambientale, e processi di piano.

3.3.2 Possibili scale d'intervento sul territorio

L'ambiente è la risultante di processi che si collocano in dimensioni spazio-temporali molto diverse tra loro, ma sempre interconnesse. Sotto un aspetto ecologico, le interrelazioni che legano organismi viventi ed ambiente sono per loro natura dinamiche, e dunque le funzioni che esse svolgono e le relative conseguenze sono separate nel tempo e nello spazio. I processi sociali sono del tutto analoghi: essi sono il risultato sia delle relazioni che corrispondono ai vari tipi di scambio economico, politico, culturale, sia dei legami con le condizioni naturali e storico-culturali specifiche dei singoli luoghi. Ciò in particolare vale per lo sviluppo locale e regionale, il quale può essere descritto come valorizzazione di condizioni e risorse ambientali attraverso un processo di interazione con le reti dei rapporti di produzione e scambio a livello territoriale più ampio (Peano, 1992).

Da questo contesto complesso e multiscalare che caratterizza il concetto di ambiente, si evince la necessità di non trascurare né l'intervento locale, né tantomeno dimenticare la pianificazione a scala più vasta, ma anzi di favorire l'integrazione tra strumenti che si rivolgono a livelli di complessità diversi, i quali, ciascuno alla giusta scala, risultano utili ad una *pianificazione ambientale*.

Distinguendo ruoli e compiti tra strumenti rivolti alla pianificazione puntuale e quelli a scala territoriale, si possono trovare sia i ruoli e compiti che spettano a ciascuno e si può indagare sulle prospettive che la questione ambientale pone ad essi e alle loro relazioni. La VIA applicata a singole opere, è ad esempio utile per migliorare l'inserimento ambientale dei progetti, ponendo in primo piano questioni delicate come il miglioramento della qualità della vita, la vulnerabilità e la disponibilità alla trasformazione di certe componenti ambientali, ma a patto che essa abbandoni il carattere deterministico che la caratterizza, per diventare un momento sia tecnico che politico che stimoli, già nel suo svolgimento, la ricerca di soluzioni progettuali adeguate all'ambiente.

È tuttavia evidente il limite di una esclusiva progettazione e conseguente valutazione di carattere puntuale: a causa delle interconnessioni e della complessità dell'ambiente, una scala esclusivamente progettuale risulta essere insufficiente. Molte politiche superano del resto la scala locale. La valutazione degli effetti locali di un'opera necessita di far riferimento a strategie generali, che abbiano tra i loro obiettivi, quando non tra i loro contenuti, la difesa ambientale.

3.3.3 Valutare progetti e politiche

Attualmente, la VIA in Italia è configurata, in regime provvisorio, come supporto alle decisioni che riguardano la dislocazione di singole opere. Gli elenchi di quelle da sottoporre alla procedura di valutazione sono forniti dai decreti che dal 1988 in poi si sono susseguiti in materia: è da osservare il fatto che la maggior parte delle opere da sottoporre a VIA dipendono da una programmazione prevalentemente settoriale del livello centrale, e traggono quindi la loro giustificazione da condizioni di interesse nazionale e da politiche dello Stato e di suoi enti di settore. Tuttavia, benché la VIA possa teoricamente rimettere in discussione, a causa di un grave rischio o danno per l'ambiente, la realizzazione di un progetto, è molto difficile che ciò possa accadere, è difficile cioè che si verifichi un moto ascendente dai progetti locali alle politiche nazionali, di cui i progetti sono diretta attuazione. Le ragioni possono essere ricondotte al fatto che le politiche di sviluppo (energetiche, infrastrutturali, industriali ecc.) si formano nell'ambito del governo centrale e locale senza confrontarsi con le problematiche ambientali, o al più, confrontandosi con esse limitatamente al rispetto della legislazione di controllo settoriale dell'ambiente e delle grandi opzioni politiche del momento. Una valutazione dei progetti risulta utile, ma rappresenta in sostanza uno strumento cautelare che influisce localmente sulle sue fasi di realizzazione.

Molte delle questioni che sorgono in ambito locale, potrebbero essere risolte a monte in sede di valutazione delle conseguenze ambientali, sociali oltre che economiche. L'esigenza di una procedura valutativa assume una maggiore rilevanza nel caso di politiche non ambientali; normalmente da quelle ambientali ci si può aspettare che non siano fonte di degrado, semmai una loro valutazione può servire per accertare se gli obiettivi che si erano posti siano stati raggiunti. Nel caso invece di quelle non ambientali, esiste il rischio concreto che si creino conflitti fra esigenze di salvaguardia e di sviluppo.

La letteratura scientifica in merito è a tutt'oggi piuttosto limitata, così come è limitata quella sulla valutazione dei piani territoriali e di settore; inoltre gran parte degli studi sono imperniati soprattutto sulle difficoltà di integrazione nelle procedure amministrative esistenti, mentre scarsi sono i contributi nella ricerca di nuove metodologie e tecniche di valutazione.

Alcuni studi (Wathern P. et alii, 1988), hanno messo in rilievo alcuni criteri di riferimento, qui di seguito sintetizzati:

- identificazione degli effetti prima dell'attuazione;
- in seguito all'attuazione, isolamento degli effetti sull'ambiente attribuibili alla sua influenza;
- relazione circa gli effetti sulla qualità ambientale in relazione a quelli previsti allo scopo di verificare l'efficacia della politica.

Per questo tipo di valutazione, diventa di vitale importanza limitare la mole d'informazioni e la sua complessità a livelli gestibili, e soprattutto stabilire allo stadio iniziale quali siano gli obiettivi che le politiche devono perseguire, allo scopo di identificare diverse alternative con le quali possono essere soddisfatti. A questo punto, è presumibile che quelle che forniscono impatti ambientali inaccettabili siano automaticamente rigettate.

Lo schema di seguito illustrato, mostra le fasi di sviluppo di una politica ed i punti di contatto tra procedure amministrative e la relativa valutazione, mettendo in rilievo due aspetti fondamentali: valutazione *ex-ante* degli impatti potenziali e quella *ex-post* degli effetti successivi all'attuazione. Le procedure per determinare i prevedibili impatti di una politica sono considerate come componenti di un processo iterativo, poiché ciascuna di esse può essere coinvolta ripetutamente nel corso della sua formulazione e si compongono di quattro principali operazioni:

- definizione della situazione di partenza;
- identificazione dei presumibili impatti;
- identificazione di adeguate forme di monitoraggio;
- integrazione con altre politiche.

La successiva verifica degli impatti si pone l'obiettivo di isolare gli effetti netti della politica: se questi dati si rendono disponibili prima di importanti modificazioni ambientali negative, la valutazione può diventare un effettivo strumento di gestione ambientale.

Dunque si può dire che la VIA di politiche di carattere ambientale e non, può configurarsi sia come strumento di giustificazione e coordinamento, prevenendo molti dei conflitti che si presenteranno a livello di realizzazione delle singole opere, sia come strumento di gestione della politica ambientale, quando riesce a prevenire la manifestazione di gravi forme di degrado ed a prospettare nuove politiche, diverse da quelle oggetto dello studio, od anche altre modalità di realizzazione della stessa politica.

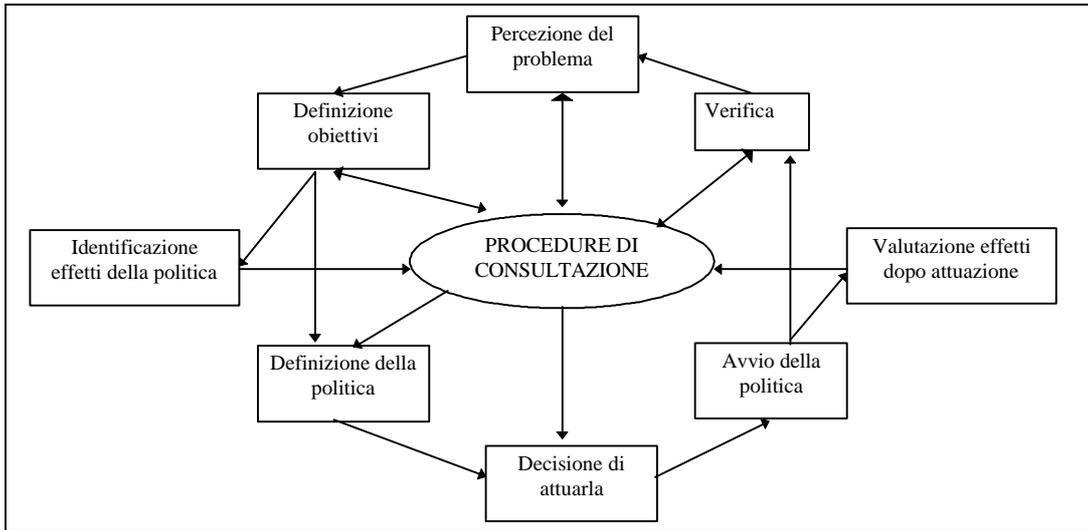


Figura 3.1 Fasi della formulazione e della verifica di una politica
 Fonte: WATHERN et alii, (1988), tratto da PEANO (1992)

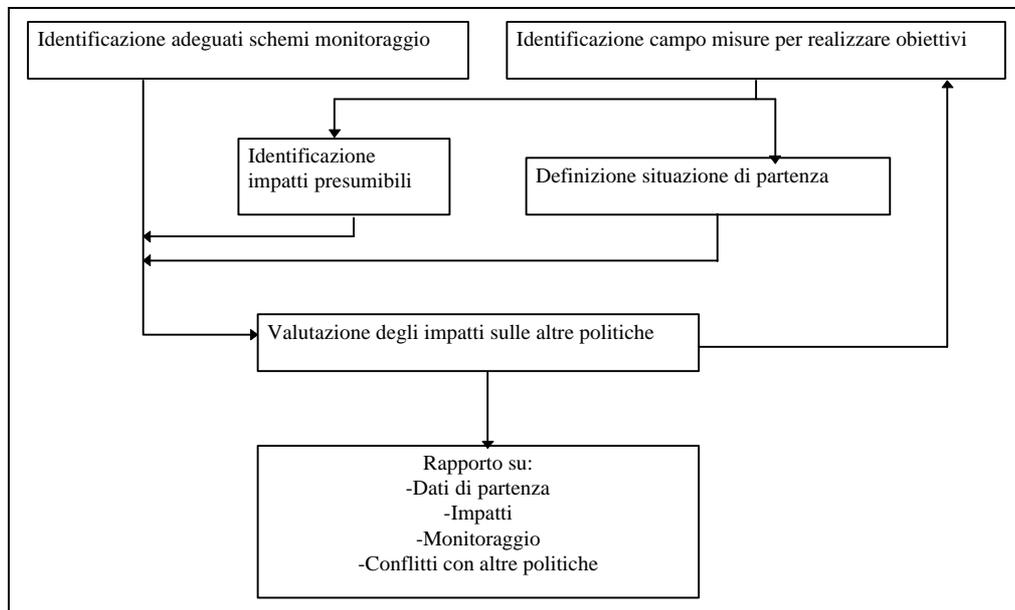


Figura 3.2 Procedure per determinare gli impatti di una politica
 Fonte: WATHERN et alii, (1988), tratto da PEANO (1992)

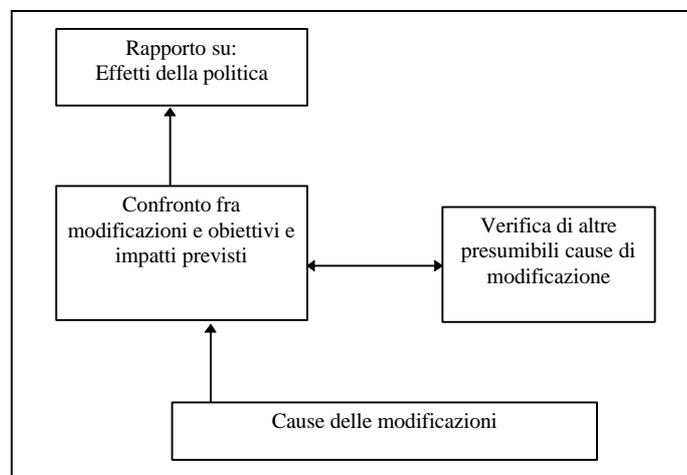


Figura 3.3 Procedure per la verifica degli effetti di una politica.
 Fonte: WATHERN et alii, (1988), tratto da PEANO (1992)

3.3.4 Il ruolo della VIA in un processo di pianificazione

Il concetto di VIA richiama a qualunque livello il concetto di *pianificazione preventiva*. L'anticipazione dei conflitti sull'uso del suolo, può aiutare nelle fasi decisionali ad evitare o ridurre la possibilità di cambiamenti o effetti indesiderati per l'ambiente. La pianificazione preventiva possiede tre strumenti principali con i quali incidere sul territorio:

- politica da perseguire, ovvero la decisione di adottare determinate tendenze e principi riguardo a precise istanze;
- piano come disegno complessivo, che si riferisce alle proposte e al controllo dello sviluppo di politiche che influenzano l'uso del suolo;
- programmi da attuare.

Inoltre ha la possibilità di svilupparsi a tre livelli amministrativi differenti:

- nazionale;
- regionale;
- locale.

Vi sono due diversi tipi di politiche, quella *ambientalista* e quella *non ambientalista*, da cui deriva una diversa applicazione metodologica della valutazione d'impatto stessa. Anche i piani, diversi secondo il tipo di politica richiedono al loro interno diversità nell'applicazione della VIA.

A questo proposito nel Regno Unito, si distinguono tre diversi tipi di piano:

- *piani politici*: piani generali di tipo regionale che contengono politiche a livello generale, sviluppate nel contesto della politica nazionale;
- *piani di settore*: localizzano un unico obiettivo d'intervento, divenendo così quelli per i quali l'applicazione della VIA risulta più semplice perchè più simile a quella tradizionale applicata ai progetti;
- *piani speciali*: individuano aree interessate da particolari problemi di sviluppo.

Da ciò si possono dedurre (F.Moraci,1988) tre possibili modi di usare la VIA in un processo di piano, illustrati nelle figure seguenti. Nel primo caso, la VIA è vista come entità discreta, con propri meccanismi e procedure. Lo scopo è di mitigare e modificare la versione di prima stesura durante il processo decisionale con continui feed-back. Nel secondo caso, è sempre un'entità discreta, ma non produce alcun documento a se stante, cioè può essere considerata a tutti gli effetti parte integrante del processo di piano. Inoltre aiuta a scegliere tra le varie alternative durante la preparazione del piano stesso. Nell'ultimo caso, si utilizzano le informazioni ed i dati emersi dall'applicazione della VIA ad un progetto, come studio delle conseguenze e quindi come eventuale revisione, ma non influenza il processo di piano. Nei prossimi paragrafi, si esamineranno più approfonditamente le tipologie dei piani previste dalla normativa italiana e se ne studieranno in dettaglio i rapporti e le possibili integrazioni con la VIA.

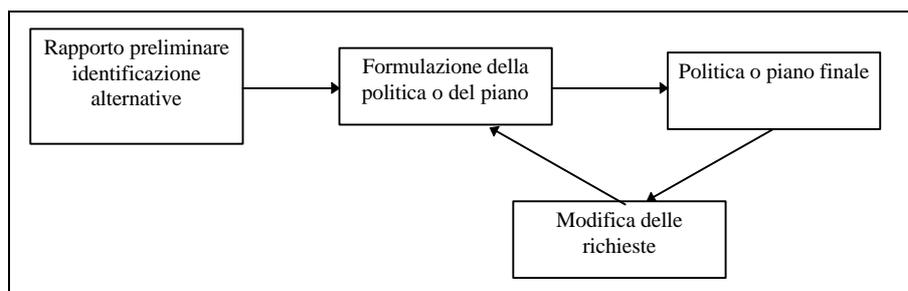


Figura 3.4 Il processo di VIA applicato ad una politica o ad un piano (post-formulazione)
Fonte :Moraci (1988)

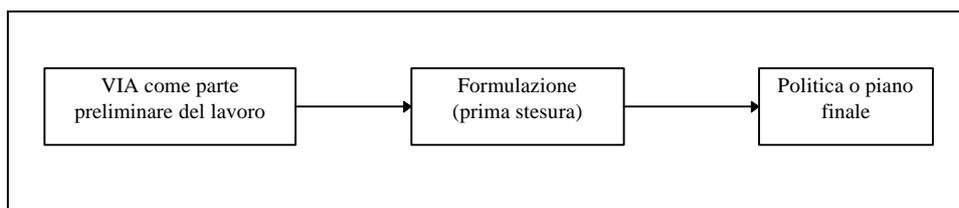


Figura 3.5 Il processo di VIA in una politica o in un processo di piano
Fonte :Moraci (1988)

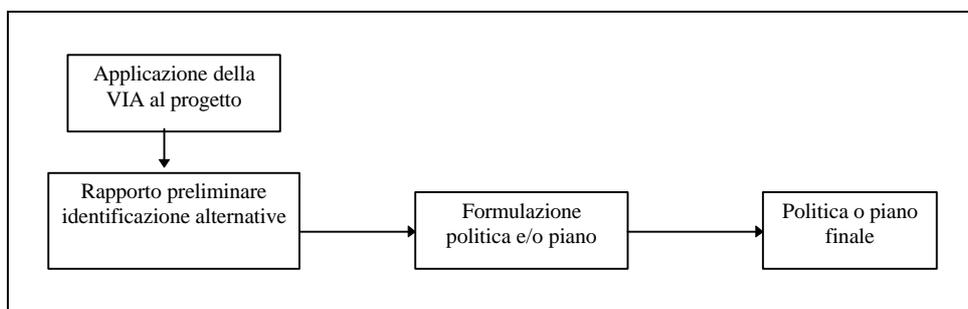


Figura 3.6 Il processo di VIA nei progetti
Fonte :Moraci (1988)

Nomenclatura	Scala spaziale della decisione	Soggetti principali dell'analisi	Alternative
<i>Politica di VIA</i>	Generalmente nazionale	Una politica che cerca di ottenere obiettivi di settore	Alternative politiche e implementazione di proposte alternative
<i>Piano sottoposto a VIA</i>	Nazionale, regionale e locale	Collezione di politiche costituenti il piano	Differenti integrazioni di opzioni politiche e Vie alternative di attuazione delle politiche
<i>VIA Strategica</i>	Distribuzione di località o aree soggette a particolari categorie di sviluppo nella regione	Siti o località suscettibili per categorie di sviluppo definite o tecnologie	Serie di alternative per le aree e usi alternativi di siti e località
<i>VIA di Programma</i>	Nazionale, regionale e locale	Serie di azioni congiunte per una determinata area	Come nel caso precedente
<i>VIA applicata ai progetti</i>	Progetto relativo ad una area particolare con confini territoriali definiti (raggio di 5-50Km)	Impatti dei progetti secondo la localizzazione preferita dai proponenti	Siti alternativi e forme tecnologiche alternative del progetto

Figura 3.7 Forme differenti di VIA
Fonte: Moraci (1988)

3.3.5 VIA e strumenti pianificatori

Negli ultimi anni, sotto la spinta dei conflitti e delle emergenze ecologiche, ci si è mossi nella direzione della formulazione di un piano orientato in senso ambientale. In realtà si è trattato, per gli strumenti urbanistici, di riformulare tecniche e metodi che tenessero in giusto conto i nuovi equilibri tra ambiente e contesto sociale. In questo ambito, la valutazione d'impatto ambientale costituisce indubbiamente un elemento chiave del quadro innovativo.

La verifica di compatibilità di un piano, inteso come insieme di interventi fisici su di un territorio, è un concetto nuovo tale da portare a riformulare i modelli stessi di piano.

D'altra parte la VIA deve essere considerata per quello che è, ovvero una tecnica di verifica: essa non può in alcun modo sostituirsi al piano, ne' tantomeno diventare ulteriore fattore di appesantimento delle sue già complesse fasi. Essa va semmai inquadrata in una più generale logica politica tra i diversi livelli territoriali e tra i diversi ambiti problematici che costituiscono nella sua interezza la complessità di un ecosistema.

Nella formulazione di un metodo di valutazione dei piani è necessario distinguere tra i diversi livelli di pianificazione previsti dalla normativa. In particolare, si dovranno considerare metodologie diverse per:

- politiche e piani su vasta scala;
- piani a scala intermedia;
- piani attuativi e di settore;

Ciascun livello richiede, per le caratteristiche degli strumenti urbanistici che vi appartengono, un approccio metodologico diverso anche in relazione alla scala d'intervento del piano stesso. I tre livelli costituiscono, più che una classificazione, una vera e propria gerarchia d'intervento sul territorio che va dall'area vasta (regionale o sub-regionale) al quartiere (piani attuativi) o al progetto puntuale, nella quale ogni intervento deve tenere necessariamente conto delle indicazioni, quando non delle norme, che il livello superiore fornisce.

A questa gerarchia degli strumenti, ne corrisponde necessariamente una delle valutazioni. Infatti, proprio a causa delle differenze di scala e di "risoluzione" degli interventi, varia lo stato di definizione sia delle azioni che li costituiscono, sia delle componenti in cui si può scomporre l'ambiente. A questo scopo, sono state individuate tre diverse metodologie di valutazione che tengono conto di quanto detto:

- *studio d'impatto* interno alla documentazione di piano attraverso l'uso di *carte tematiche* sovrapposte che verificano la compatibilità ambientale delle scelte effettuate, eventualmente integrato da altri strumenti;
- *rapporto di compatibilità ambientale*, che consiste di un elaborato specifico per lo strumento in esame, da cui si dovrà evincere la compatibilità del territorio in esame e le relative scelte determinate dallo strumento cui il rapporto si riferisce. Il rapporto studierà in particolare gli incroci tra gli elementi prevalenti del piano proposto e le suscettività ambientali presenti, verificando eventuali conflitti tra preesistenze ed interventi proposti;
- *dossier d'impatto ambientale*, che consiste in uno studio completo delle modificazioni indotte dagli interventi proposti sull'area in esame rispetto alle sue precipue caratteristiche. Per quanto riguarda la redazione dei dossier, potranno essere utilizzate tecniche come matrici, grafi, carte, check-list. Il dossier dovrà inoltre contenere l'analisi situazione preesistente; la descrizione degli interventi proposti; la descrizione di possibili varianti agli interventi proposti; la valutazione dell'impatto degli interventi proposti; un'eventuale descrizione dei metodi di mitigazione dell'impatto; la giustificazione della scelta effettuata, tra tutte le alternative possibili;

Nei successivi paragrafi si vedranno in dettaglio le operazioni proposte per ciascun tipo di valutazione, se ne descriveranno le fasi e si proporranno gli elaborati, che dovranno essere prodotti in sede d'istruttoria o comunque durante l'iter di piano.

Va inoltre ricordato che, per ogni livello di pianificazione, si può in linea di massima individuare, -possono esistere sempre singole eccezioni-, l'adeguata procedura valutativa:

- *piano territoriale di coordinamento provinciale e politiche regionali*: si ritiene che a questo livello, non si possa sancire l'obbligatorietà di queste procedure, mentre sia viceversa più utile ricordare la difesa dell'ambiente a livello di contenuti. Tuttavia possono essere di ausilio, carte tematiche od anche rapporti di compatibilità;
- *piano regolatore generale*: per questo tipo di strumentazione urbanistica possono essere sufficienti carte tematiche e/o rapporti di compatibilità; per aree di particolare interesse ambientale, storico o culturale, si potrà ricorrere anche al più completo dossier d'impatto;
- *pianificazione attuativa e di settore*: in questo caso è importante, per l'alto livello di definizione delle azioni di progetto, l'utilizzo del rapporto di compatibilità ambientale, e per piani con un forte contenuto d'impatto ambientale, il dossier.

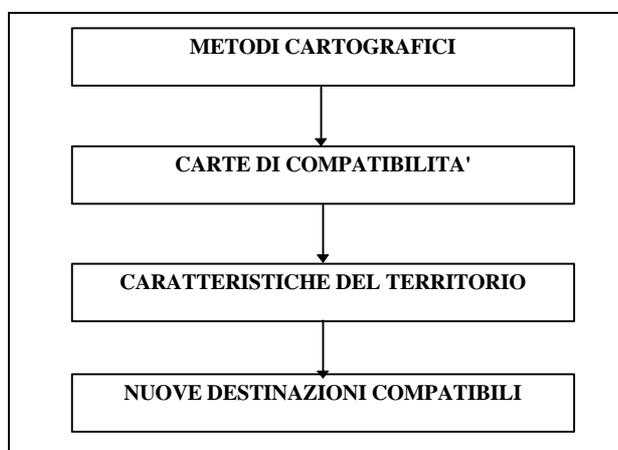


Figura 3.8 Studio d'impatto mediante metodi cartografici
Fonte: Ziparo (1988)

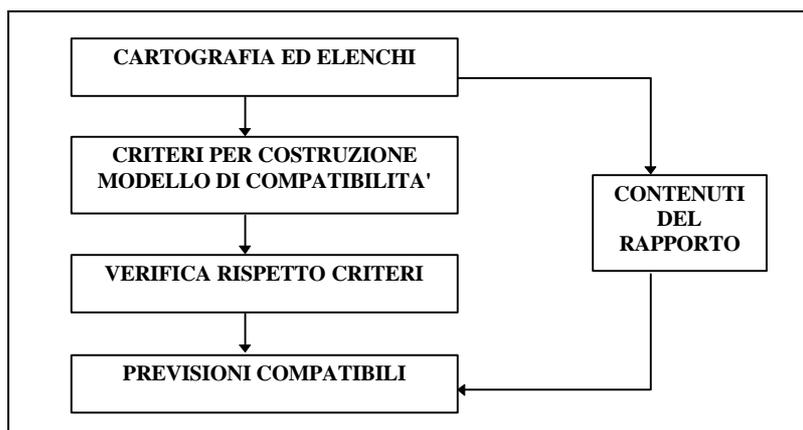


Figura 3.9 Rapporto di compatibilità ambientale
Fonte: Ziparo (1988)

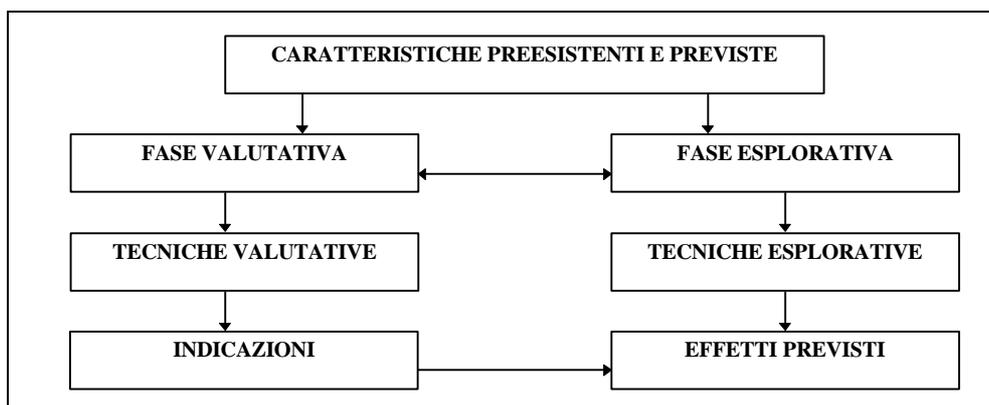


Figura 3.10 *Dossier d'impatto ambientale*
Fonte: Ziparo (1988)

I metodi di studio individuati possono essere utilizzati distintamente oppure integrandoli nella redazione del piano. Si può assumere il livello d'intervento, cioè la scala di pianificazione, come categoria che determina la diversificazione circa l'uso degli strumenti valutativi da utilizzare.

Per quanto riguarda le politiche e la programmazione a grande scala, fortemente influenzate dal modello sociale e di sviluppo che vi sta alla base, non si ritiene necessario rendere obbligatorio l'uso di tecniche di valutazione, ma, semmai, che possa essere in questo caso utile assegnare un maggior peso alle variabili ambientali, ovvero porre maggiore attenzione all'aspetto contenutistico piuttosto che a quello metodologico.

Per la scala intermedia, possono considerarsi in genere sufficienti, oltre alla cartografia anche l'uso del rapporto di compatibilità ambientale. Solo in casi particolari di suscettività ambientale, può essere redatto anche il dossier.

La pianificazione esecutiva e di settore richiede, nella maggior parte dei casi l'uso del rapporto che verifichi l'esistenza di conflitti tra le caratteristiche del territorio e le azioni che il piano propone. Anche in questo caso, in determinati casi di fragilità ambientale o di alcune sue componenti, può essere indispensabile l'utilizzo dello strumento più completo a disposizione del pianificatore, cioè del dossier, il cui uso è viceversa indispensabile nel caso di progetti puntuali, in quanto le azioni impattanti sono in larga misura definibili e dunque prevedibili.

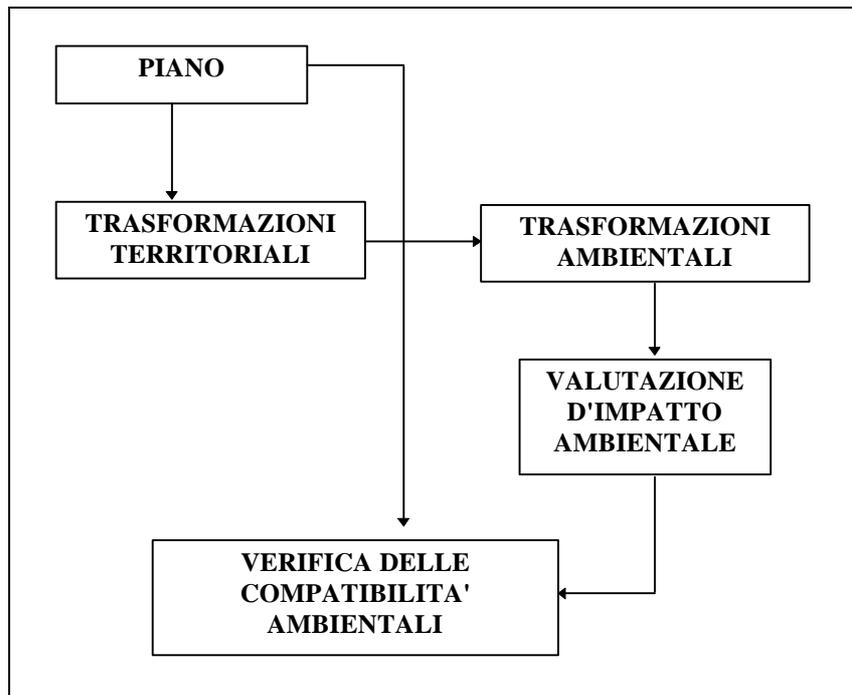


Figura 3.11 VIA nel modello tradizionale di pianificazione
Fonte: Ziparo (1988)

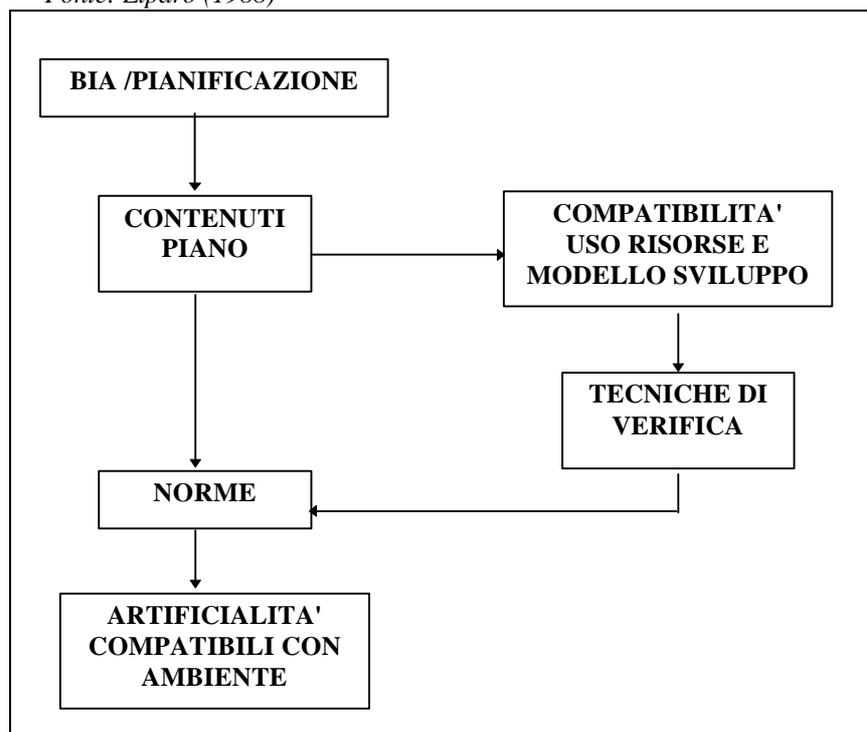


Figura 3.12 Integrazione del Bilancio d'Impatto Ambientale (BIA) nel sistema di pianificazione
Fonte: Ziparo (1988)

Ambito Livello	Contenuti		Regime normativo	Strumenti specifici		
	Analisi	Indicazioni		Cartografia	Rapporto	Dossier
Regionale	X	X		(X)	(X)	
Sub-regionale	X	X		(X)	(X)	
Intermedio	X	X	X	X	X	
Attuativo	X	X	X	X	X	(X)
Progetti		X		X	X	X

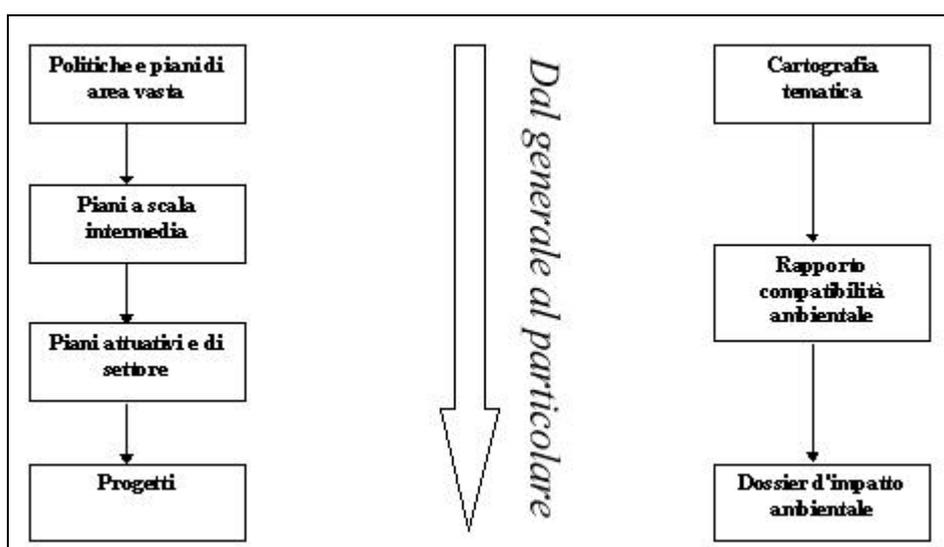
Figura 3.13 Strumenti di verifica di compatibilità ambientale e livelli di pianificazione
Fonte: Ziparo (1988)

Livello	Territoriale		Ambientale	
	Strumento	Procedura	Strumento	Procedura
Regionale	PTR	Approvazione	(C e R)	-
Sub-regionale	PTC,PTCM	Approvazione	(C e R)	-
Intermedio	PRG	Approvazione	R	Approvazione
Attuativo o di settore	PP,PR, PEEP, PL, PP, PC	Approvazione	R (D)	Approvazione (BIA)
Progetto	-	Concessione	D	BIA
Legenda: C:Cartografia				
R: Rapporto di compatibilità				
D:Dossier di compatibilità				

Figura 3.14 Procedure di pianificazione territoriale ed ambientale
Fonte: Ziparo (1988)

È evidente che questi i tre strumenti valutativi precedentemente illustrati si inseriranno nell'iter procedurale in modi diversi:

- *carte tematiche*: nel caso siano l'unico strumento di analisi e verifica d'impatto, esse costituiscono un allegato alle tavole e agli elaborati di piano. Possono essere utili sia in caso di controllo sul possibile impatto di quest'ultimo, sia in sede di formulazione di obiettivi compatibili con l'ambiente;
- *rapporto di compatibilità ambientale*: all'interno dell'ambito, cioè dell'istituzione competente all'approvazione del piano, va individuata una sezione specifica incaricata dell'esame del rapporto: esso dunque pur seguendo sostanzialmente l'iter dello strumento, percorre un itinerario autonomo. Le risultanze di tale rapporto vengono allegate alla documentazione necessaria all'istruttoria finale;
- *dossier d'impatto ambientale*: in questo caso, quando si preveda anche un bilancio d'impatto ambientale, la redazione è a cura del soggetto proponente, e tutto l'iter, dalla pubblicazione alle osservazioni e all'istruttoria, è parallelo e autonomo rispetto a quello del piano. E' da ricordare che il dossier riguarda soprattutto progetti di tipo puntuale o piani attuativi o di settore.



Tuttavia, le possibilità della VIA non si esauriscono qui. Oltre a questi utilizzi, per così dire istituzionali, cioè normati da apposite disposizioni, ed integrati con l'iter approvativo dei piani, le procedure di valutazione si rendono utili, per il loro ruolo di ausilio

alla decisione, alla formazione di piattaforme comuni fra più attori, impegnati in un comune processo pianificatorio, al fine di definire gli obiettivi e le principali direttive d'azione lungo le quali il processo debba muoversi. Esso può divenire infatti uno strumento determinante per la ricomposizione di conflitti d'interesse nell'ambito della fase di contrattazione preliminare, ovvero quando più soggetti, impegnati in un progetto comune, pongono in questione il rispetto dei propri legittimi interessi.

Un'ulteriore possibilità consiste nella verifica *ex-post* di uno strumento urbanistico già in vigore. Può essere interessante, sia in sede scientifica e tecnica sia anche in quella politica, verificare se gli sviluppi e le linee d'azione adottate, abbiano avuto gli esiti sperati, ovvero se i gli obiettivi posti nella strumentazione di piano, siano stati raggiunti ed in che misura, e da questa analisi ricavare spunti per nuove varianti.

Nei successivi paragrafi, si forniranno indicazioni di massima per la redazione degli studi d'impatto, anche in relazione alla specifica loro posizione nel processo decisionale, e alla scala a cui dovranno fare riferimento. Si illustreranno perciò sinteticamente alcuni metodi e gli schemi procedurali per la compilazione di carte tematiche, di rapporti di compatibilità ambientale e di dossier d'impatto.

3.3.6 Utilizzo di carte tematiche

3.3.6.1 Introduzione

Il primo metodo di analisi ambientale e di studio d'impatto, consiste nell'utilizzo di carte tematiche sovrapposte che verifichino e confermino la compatibilità ambientale delle scelte effettuate, oppure che aiutino alla selezione a priori di aree adeguate in relazione ad uno o più determinati fattori.

Questo strumento di analisi, può essere visto sia come unico elemento valutativo e di verifica, sotto forma di allegato agli altri elaborati di piano, sia come strumento complementare di più complesse procedure che vedremo in seguito.

Il supporto cartografico ed il suo utilizzo nel campo valutativo, rientra nel gruppo delle metodologie descrittive, le quali hanno il pregio di evitare, almeno parzialmente, l'attribuzione di giudizi di valore, per loro natura soggettivi. Inoltre, soprattutto nel campo della valutazione dei piani, gli ambiti territoriali interessati possono anche essere di notevole vastità, tanto che l'applicazione di tecniche basate su valori monetari od anche numerici, risulterebbe quantomai difficoltosa. Infatti l'ambiente che interessa grandi aree, è estremamente variabile sia per ciò che concerne i fattori che lo compongono (naturali, sociali, economici, ecc.), sia per la naturale disomogeneità con la quale uno stesso valore può essere distribuito al suo interno.

La valutazione di un qualunque intervento, può essere svolta solo se l'ambiente, individuabile come un complesso "mosaico", viene smontato al fine di far emergere, ed in seguito aggregare, le componenti ed i fattori naturali ed antropici ed in seguito procedere ad una valutazione obiettiva e razionale.

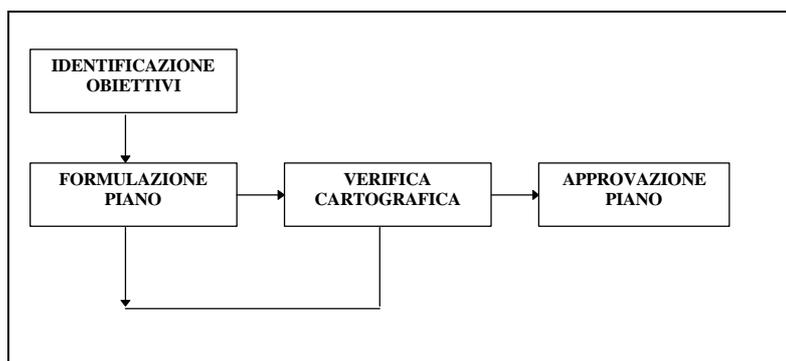


Figura 3.15 Cartografia come verifica di compatibilità di un piano.

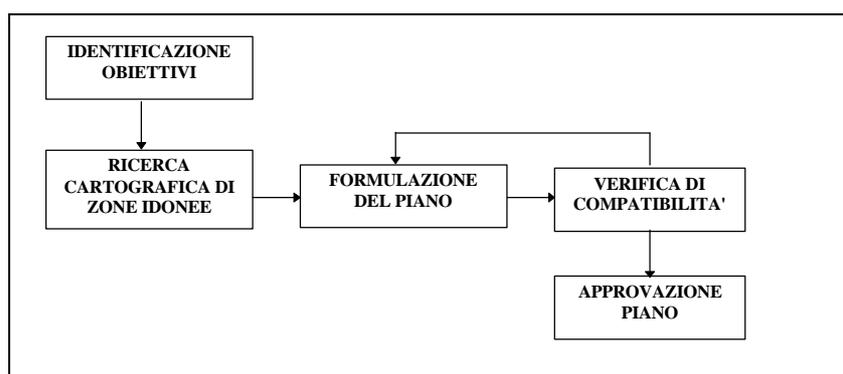


Figura 3.16 Cartografia come ausilio alla ricerca di aree idonee rispetto a determinati obiettivi.

Il sistema adottato per questo tipo di processo, consiste in un *sistema informativo geografico*, da utilizzare sia come veicolo di informazioni, sia come effettivo strumento di valutazione.

Sviluppare una cartografia di base, ovvero un documento cartografico specifico per ogni componente ambientale caratteristica per l'area in esame, è, come si sa, il primo passo per una qualunque analisi territoriale: ogni carta deve possedere dei connotati tali da essere facilmente leggibile e confrontabile con le altre ed essere individuata da una rete di inquadramento della zona vincolata a dei punti fissi, tali per cui le diverse informazioni deducibili da ogni carta, possano essere individuabili per punti omogenei.

Possono essere utili sia per:

- ricerche sulla *situazione attuale* della zona oggetto di analisi;
- *indagine storica* circa l'evoluzione dell'area per ogni caratteristica;
- la formulazione di *proiezioni future* sullo stato dell'ambiente, a seguito dell'attuazione di determinate azioni di progetto.

Le analisi e le valutazioni territoriali, con supporto cartografico, hanno lo scopo di:

- individuare aree particolarmente favorevoli, per le loro caratteristiche socio-economiche ed ambientali, ed in un ambito territoriale di solito vasto, ad accogliere determinate destinazioni del suolo o progetti di particolare entità;
- verificare l'esistenza di compatibilità fra aree ad alta sensibilità o fragilità ambientale e azioni di piano od altro tipo di intervento previsto.

Lo studio d'impatto, basato su documenti cartografici, può essere riassunto nelle seguenti fasi distinte:

- elaborazione delle carte tematiche, una per ogni tipo di connotato ambientale ed antropico ritenuto interessante ai fini dell'analisi;

- definizione delle aree sensibili e critiche o idonee rispetto ad una determinata caratteristica e per ogni tipo di tematismo definito nella prima fase, ed individuato attraverso l'utilizzo di cromatismi opportunamente definiti, che mostrino le gradazioni di rischio; oppure suddivisione del territorio in unità cartografiche, che individuino schematicamente, sempre con l'utilizzo dei colori, rischio o idoneità;
- sovrapposizione di ogni elaborato, per definire il grado di rischio o d'idoneità aggregato, secondo il metodo scelto (dei setacci o del cromatismo più scuro);
- nel caso della suddivisione in unità cartografiche, eventuale affiancamento di metodi di elaborazione numerica come la ponderazione delle caratteristiche per la creazione di scenari decisionali alternativi.

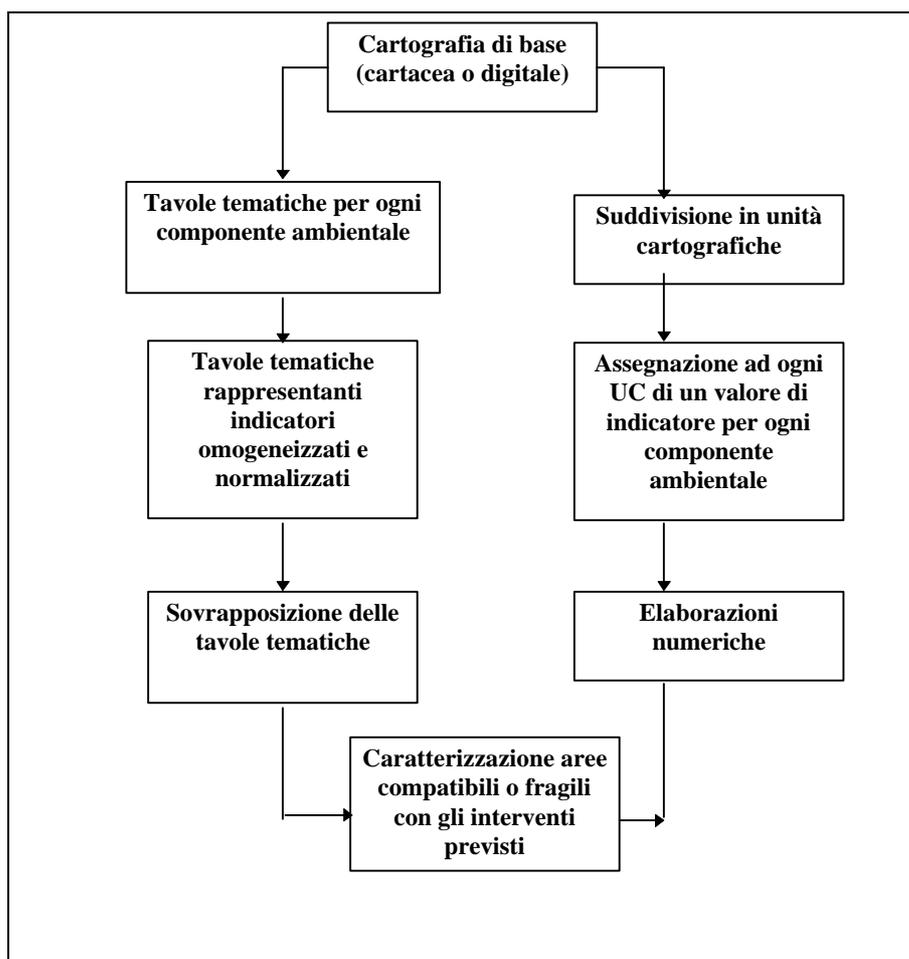


Figura 3.17 Metodi di elaborazione cartografica

3.3.6.2 Creazione di carte tematiche

Il passaggio da una cartografia di base ad una tematica è, operativamente, piuttosto semplice. Esso si basa su di una *raccolta iniziale di informazioni e dati*, attraverso un'indagine ambientale nel territorio oggetto di studio, e la sua relativa *scomposizione*, secondo aree omogenee, per ciascuna componente ambientale ritenuta utile allo studio.

Le carte tematiche di più largo uso, in un'analisi territoriale, sono distinte, per la tipologia di informazione che forniscono agli analisti ambientali, sostanzialmente in due gruppi ben definiti:

- *fisico-naturali*: sono quelle che mostrano gli aspetti non antropici del territorio come le carte geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, clivometriche, della flora, della fauna, del clima ecc.;

- *delle attività antropiche*: considerano tutte le componenti direttamente o indirettamente influenzate dall'azione umana, sia insediativa che produttiva come quella topografica, dell'uso del suolo, demografica, archeologica, della rete viaria, ecc..

Interessante può essere anche, in certi casi, per cercare di capire le possibili linee di sviluppo dell'area, il confronto della stessa carta tematica in momenti diversi, soprattutto per quanto riguarda le attività umane ma non solo per quelle. E' importante precisare che l'impiego di carte tematiche è strettamente correlato al tipo di studio, e, ancor di più, all'oggetto dello studio stesso, per cui al di là delle carte tematiche classiche, è possibile che l'analista ambientale si trovi di fronte all'esigenza di creare nuovi o inediti tematismi, peculiari per quel determinato territorio.

Tuttavia, questa rimane una cartografia, per così dire, "oggettiva", dove cioè con diversi simboli o cromatismi, sono rappresentati i dati oggettivi della situazione presente, al momento dello studio. Ma il contenuto valutativo, è ancora del tutto assente: si conosce la realtà, ma non si è ancora assegnato alcun valore ad essa. Oltretutto, queste tavole, sono tutte o quasi, elaborazioni già presenti nella fase d'indagine preliminare alla formulazione del piano stesso, costituendo anzi parte integrante della sua documentazione.

Il passo determinante per la creazione di una cartografia tematica utile alla valutazione ed alla verifica della compatibilità, è quello di formare per ogni caratteristica, *classi omogenee* che identifichino qualitativamente l'idoneità o il rischio dovuto a fragilità o sensibilità ambientale, a seconda dello scopo della valutazione stessa. Sia il numero delle classi per ciascuna componente, sia la relativa gamma di cromatismi, devono essere ovviamente i medesimi per permettere la confrontabilità di tutti gli aspetti in gioco.

Con questi elaborati cartografici, gli analisti posseggono un prospetto immediatamente consultabile e verificabile delle reali situazioni di pericolo o ideali, anche se i dati risultano disaggregati rispetto a ciascuna componente. Le successive elaborazioni, siano esse per via grafica, per via numerica o per la sintesi di entrambe le possibilità, saranno facilmente ricavabili nei modi che si vedranno nel seguito.

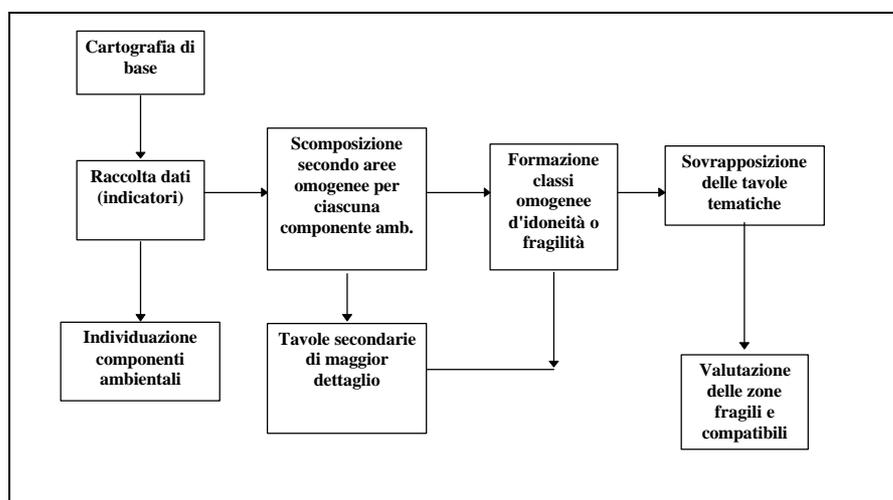


Figura 3.18 Elaborazione e metodo di sovrapposizione di carte tematiche

3.3.6.3 Metodo di sovrapposizione delle carte

Un primo, e più diffuso metodo di valutazione descrittivo, è quello della sovrapposizione delle carte tematiche. Essa consente una riaggregazione delle componenti ambientale in funzione delle loro caratteristiche di rischio o, in maniera del tutto duale, di idoneità. Sovrapponendo le informazioni dedotte per ogni fattore ambientale sull'area

oggetto di studio, la si suddivide in aree che presentano la combinazione di fattori aggregati, allo scopo di:

- individuare aree omogenee su cui più facilmente applicare procedure valutative;
- individuare aree più o meno sensibili o compatibili a fenomeni perturbativi indotti dagli interventi previsti nel piano;
- fornire una banca dati per un'ulteriore e più approfondita elaborazione tramite, per esempio, analisi multicriteriale.

Dopo aver visto, nel sottoparagrafo precedente, la formazione di una cartografia tematica, proseguendo con il metodo delle carte sovrapposte (*overlay method*), si sovrappongono fisicamente le varie tavole elaborate, ottenendo così l'aggregazione di informazioni che consente di avere una visione d'insieme delle caratteristiche territoriali dell'area interessata. Con questa operazione, si evidenziano zone più o meno scure, che a seconda del circostante ci indicano l'intensità di rischio o di compatibilità complessiva. Ciò permette, ad esempio, di fare una prima cernita delle porzioni di territorio, per loro natura, assolutamente inadatte agli interventi proposti od a selezionare le zone che meglio vi si prestano.

Ulteriori indagini di dettaglio possono essere svolte utilizzando cartografia a scala maggiore per meglio evidenziare i caratteri peculiari della zona in questione o di una porzione di essa.

Un'altra tecnica utile per la pianificazione territoriale, soprattutto per evidenziare le aree che maggiormente siano in grado di fornire indicazioni per gli obiettivi perseguiti dal piano, mostrando caratteri del territorio più sensibili alle scelte progettuali, è quella cosiddetta dei "setacci".

Utilizzando questo tipo di approccio, si cerca di illustrare aree a sensibilità diversa, per ciascun tematismo ritenuto maggiormente interessato dalle dinamiche di piano, con una classificazione, (Grillenzoni et.alii, 1993), che, ad esempio può essere del tipo:

- *aree a rischio (R)*: sono quelle per cui si consiglia la sola conservazione dello stato ecosistemico e per le quali qualunque modificazione può comportare processi di degrado irreversibili, come aree a rischio idrogeologico (zone umide, acquitrini, ecc.) o geologicamente instabili (pendii instabili, torbiere, ecc.);
- *aree con problemi di sviluppo (P)*: aree per la cui utilizzazione sono indispensabili precauzioni, per evitare effetti di difficile prevedibilità, come quelle con problemi morfologici, di suoli, idrologici o climatici;
- *aree caratterizzate dalla presenza di risorse naturali e/o culturali (S)*: sono quelle di notevole valore economico, ambientale e culturale, per le quali è opportuna la conservazione a lungo termine (foreste, zone minerarie, zone a sviluppo turistico, aree archeologiche, ecc.).

Anche in questo caso, il passo successivo consiste nella sovrapposizione delle singole carte tematiche, che permette, con la redazione della *Tavola delle sovrapposizioni dei setacci*, di individuare le zone nelle quali le singole carte tematiche presentano più occorrenze.

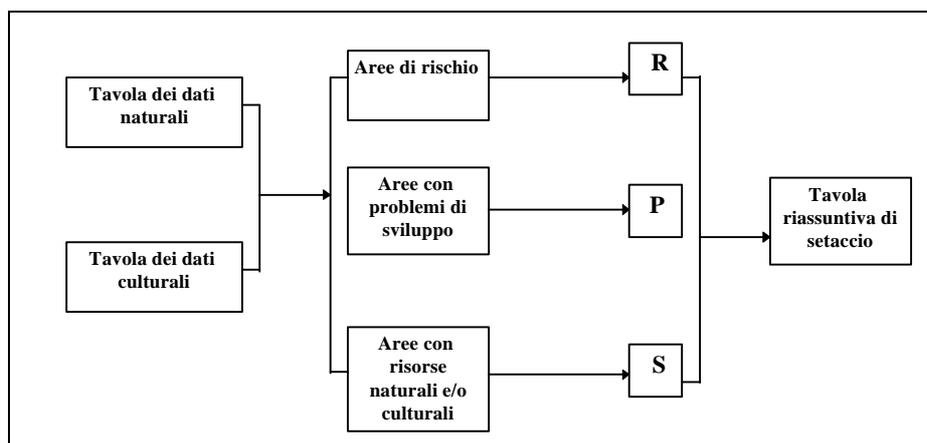


Figura 3.19 *Tecnica di sovrapposizione dei setacci*
 Fonte: Grillenzoni (1993)

3.3.6.4 Metodi reticolari integrati da elaborazioni numeriche

La scomposizione di un area oggetto di studio in particelle uguali, caratterizzate da un sistema di coordinate che ne identificano la posizione, diviene particolarmente utile, se si dispone di un sistema cartografico digitale in grado di trattare la grande mole di dati che si produce, ad affiancare alla tradizionale documentazione cartografica per tematismi sovrapposti, vista in precedenza, semplici od anche più complesse elaborazioni numeriche.

Queste si differenziano da modelli tradizionali di calcolo, per lo stretto vincolo con un veicolo facilmente maneggevole e leggibile quale è la cartografia: in questo tipo di valutazione si unisce l'immediatezza di trattamento di dati e informazioni, caratteristica dei documenti cartografici con le possibilità e la potenza del calcolo numerico. Per quanto riguarda gli scopi di questo tipo di analisi, vale lo stesso discorso fatto in precedenza per il metodo di sovrapposizione, ovvero ricercare e delimitare aree omogenee che per le loro componenti ambientali, presentino particolari sensibilità e fragilità o compatibilità con interventi previsti in sede di piano.

La prima fase consiste, a partire dalla cartografia di base, nel *suddividere il territorio in unità cartografiche (UC)* di medesima dimensione. È evidente che le dimensioni delle celle varieranno in funzione della scala alla quale si sta lavorando. Si ottiene una griglia le cui componenti sono individuate univocamente da un sistema di coordinate. Successivamente possono essere condotte due tipi di analisi, la prima *tecnica*, la seconda *valutativa*. La prima consiste in una serie di operazioni di stima e misura, atte alla conoscenza oggettiva del territorio esaminato. La seconda consiste nell'individuazione di idoneità o criticità di ciascuna UC, e nell'ordinamento di esse, rispetto ad un determinato obiettivo, prima per ciascuna componente ambientale e successivamente per il dato aggregato, in modo del tutto analogo con quanto avveniva con il metodo delle carte sovrapposte. La differenza sta nel fatto, che in questo caso la somma è quantitativa mentre in precedenza era qualitativa, cioè non numerica.

L'analisi tecnica fa riferimento ad una serie di elementi che esprimano l'idoneità (o la criticità) del territorio rispetto ad un determinato obiettivo o azione di piano. Essi possono essere in relazione, per esempio, alle peculiarità fisiche di suolo e sottosuolo, ai rischi connessi a fenomeni di instabilità, all'importanza dei settori produttivi, ai caratteri dell'ambiente naturale, alla idoneità abitativa, all'adeguatezza delle opere infrastrutturali, dei servizi e delle attrezzature sul territorio. S'individuano per ciascuna componente d'analisi, un *attributo* che meglio sapesse rappresentarlo ed un relativo *indicatore tecnico*.

Nella valutazione degli indicatori, si adottano adeguate scale tecniche o giudizi di valore. I valori degli indicatori, per ciascuna componente, vengono alla *fine omogeneizzati*

secondo una scala comune (per es. 0-10). Si ottiene una serie di tavole, una per ogni componente, nelle quali ogni UC assume, per quella componente, un valore dell'indicatore omogeneizzato, rappresentato da un colore o un simbolo.

L'analisi valutativa prevede l'intervento dei decisori o dei tecnici preposti alla scelta. Tale fase si svolge *attribuendo un set di pesi* alle componenti individuate, in relazione agli obiettivi di fondo del piano o ad altre considerazioni. In questo modo si possono costruire diversi scenari che possono rappresentare opzioni diverse, oppure diversi punti di vista di un unico problema. I risultati di tale analisi sono costituiti dagli ordinamenti delle UC rispetto alla somma dei valori degli attributi pesati, caratterizzanti ciascuna posizione o opzione. Le UC vengono distribuite per classi (intervalli) di variazione costante. Sul supporto cartografico è facile individuare le zone che o per vocazionalità, o per criticità, ci consentono di confermare le scelte fatte sul territorio o di scegliere quelle che meglio si prestano ad un determinato obiettivo. Si può inoltre evidenziare il grado di conflitto, tra ciascun scenario e per ogni UC, fornendo quindi un test di sensibilità e di attendibilità delle elaborazioni, e delle susseguenti scelte effettuate. Ovviamente questo è solo un esempio delle possibili elaborazioni numeriche che possono essere svolte a partire dal supporto cartografico.

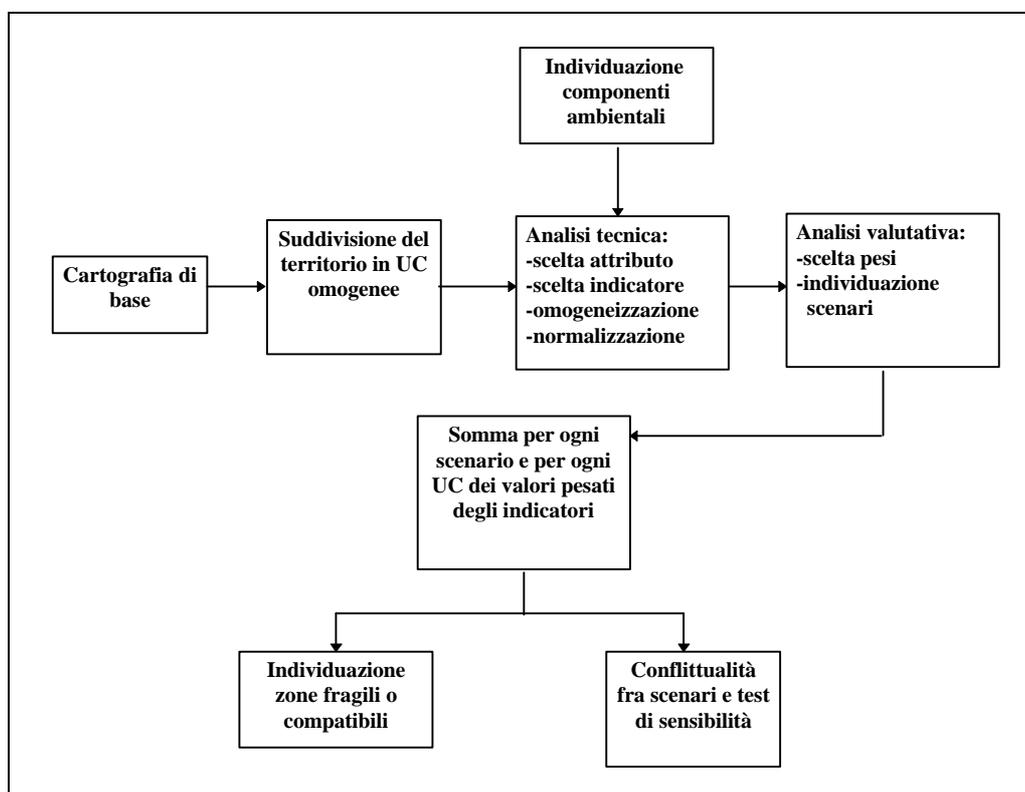


Figura 3.20 Metodi reticolari integrati da analisi numeriche

3.3.7 Rapporto di compatibilità ambientale

3.3.7.1 Introduzione

Il rapporto di compatibilità ambientale consiste in una relazione, da allegare come elaborato specifico allo strumento in esame, da cui si dovrà evincere *l'idoneità tra caratteristiche (quantitative e qualitative) del territorio esaminato e scelte determinate dello strumento di piano* cui il rapporto si riferisce.

Le carte tematiche possono costituire uno degli elaborati, che ne risultano il naturale completamento. Il contenuto di tale rapporto, è, in sintesi, formato dalla lettura degli incroci tra gli elementi prevalenti del piano proposto e le suscettività ambientali presenti e dalla verifica dell'inesistenza d'incompatibilità fra preesistenze ed azioni di progetto.

Esso non possiede un vero e proprio iter approvativo autonomo, rispetto a quello dello strumento pianificatorio oggetto di studio, esattamente come avviene per la VIA "integrale" dei progetti: lo studio è redatto da una sezione interna all'istituzione competente, e viene presentato sotto forma di certificazione, allegata alle altre documentazioni, all'istruttoria generale del piano stesso, a conferma della idoneità ambientale delle scelte effettuate.

L'adozione di una procedura valutativa, ai fini di un giudizio di compatibilità ambientale del piano urbanistico, va ragionevolmente indirizzata alla considerazione di due aspetti principali:

- valutazione di norme generali, espresse dal piano, che abbiano rilevanza ambientale;
- conseguenze sull'ambiente derivanti dall'attuazione delle specifiche ipotesi di sviluppo/trasformazione urbanistica.

Sinteticamente, si possono definire alcuni momenti fondamentali nella redazione dei rapporti d'impatto ambientale:

- *valutazione preliminare*: consiste nell'analisi del progetto di piano e dell'ambiente influenzato; nella definizione delle principali relazioni d'impatto delle attività proposte; nell'identificazione e analisi delle possibili alternative;
- *valutazione degli impatti*: consiste nella previsione degli effetti potenzialmente indotti dal piano, ovvero dagli obiettivi o dalle opzioni che esso propone;
- *elaborazione del bilancio d'impatto*: si valutano i probabili effetti delle azioni proposte, e si organizzano i risultati, per lo più qualitativi, in un rapporto finale, che servirà durante l'istruttoria finale a certificare la compatibilità delle decisioni prese.

Come nel caso dell'utilizzo della cartografia tematica, anche nel rapporto di compatibilità, che si adatta soprattutto a piani intermedi, possono esistere due opzioni, comunque interne all'iter di piano:

- utilizzo "*preliminare*" per la selezione di obiettivi o scelte compatibili a priori;
- utilizzo *a valle* del processo di formulazione del piano, come controllo della compatibilità dell'intero elaborato.

Questa distinzione, tuttavia, non cambia la sostanza ed il contenuto dello schema generale per la redazione del rapporto di compatibilità. Inoltre è da precisare che molti elaborati e molti dati richiesti nella valutazione preliminare, sono gli stessi che si richiedono nella normale prassi pianificatoria.

I principali metodi di valutazione, utilizzati nelle tre fasi in cui si è scomposta la procedura di redazione del rapporto, e che saranno più diffusamente illustrati nelle pagine successive, sono, oltre alle carte tematiche, i seguenti:

- *check-list o liste di controllo*;
- *matrici d'impatto*;
- *matrici coassiali*.

I dati, cui si fa riferimento in questo tipo di analisi, e per questo livello di pianificazione, sono di natura per lo più qualitativa, o, se numerica, molto semplice e di facile schematizzazione. Ciò è dovuto al fatto, che a livello di piani intermedi o di area ancora più vasta, le componenti e le azioni, con i relativi impatti sull'ambiente, non risultano definiti nel dettaglio. Un'analisi più approfondita può essere fatta solo su piani esecutivi o di settore o su progetti di opere, in quanto in quei casi, le azioni e i relativi impatti possono essere definiti in maniera molto più precisa.

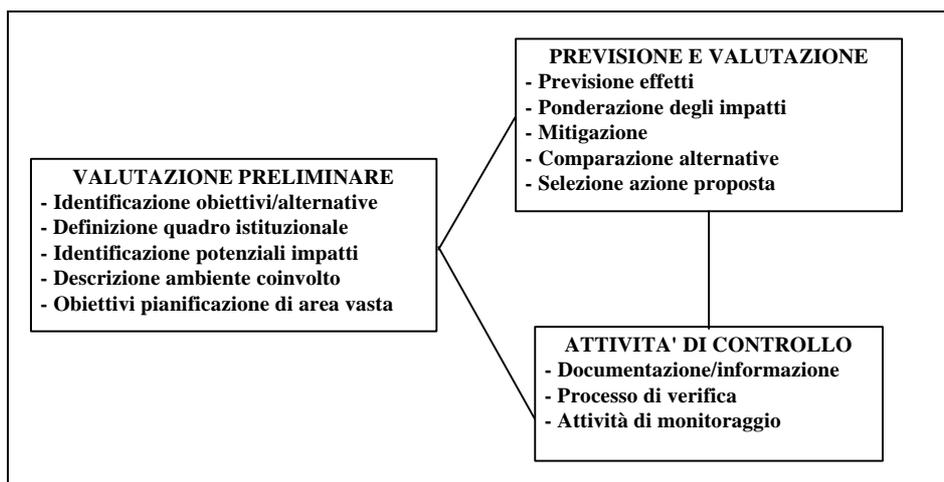


Figura 3.21 Articolazione di una procedura di compatibilità.

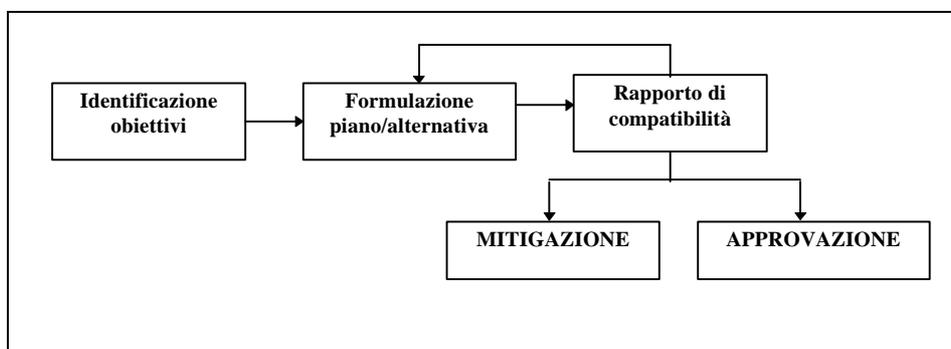


Figura 3.22 Rapporto di compatibilità e pianificazione

3.3.7.2 Valutazione preliminare

Lo scopo di questa prima fase consiste nello sviluppare una schema analitico ed una base informativa per l'identificazione sistematica di tutte le possibili interazioni fra attività previste dal piano e l'ambiente interessato da esse. I passaggi essenziali della valutazione preliminare includono:

- analisi delle componenti del piano e delle attività previste ed indotte dalla sua concreta attuazione;
- analisi della qualità ambientale della porzione di territorio su cui il piano insiste e dei fattori di criticità e/o sensibilità presenti;
- identificazione delle possibili opzioni da attuare sul territorio, non esclusa in certi casi, l'eventuale "alternativa zero", ovvero la possibilità di lasciare tutto com'è;
- controllo delle norme e indirizzi della pianificazione di area più vasta;
- identificazione delle possibili interazioni d'impatto;
- selezione dei metodi di identificazione e valutazione degli effetti.

Questa fase costituisce il presupposto essenziale per assicurare una corretta definizione dei criteri di elaborazione del rapporto di compatibilità, ed un'utile selezione dei parametri d'impatto da considerare. Si può affermare che la definizione di tali criteri guida sia il risultato di un processo di individuazione delle interazioni potenziali tra le attività previste dal piano e l'assetto dell'area. Attraverso questo processo, è possibile individuare:

- sensibilità (intesa come qualità intrinseca, unicità, fragilità), e criticità (intesa come distanza dalle condizioni di equilibrio) delle risorse ambientali che caratterizzano la qualità dell'area influenzata dalle azioni di piano e di progetto;
- capacità di carico delle risorse influenzate direttamente o indirettamente dall'azione di piano, in relazione ai livelli di pressione delle attività esistenti nell'area;
- principali relazioni d'impatto prevedibilmente connesse con l'attuazione del piano e relativo livello di pressione delle attività da esso previste.

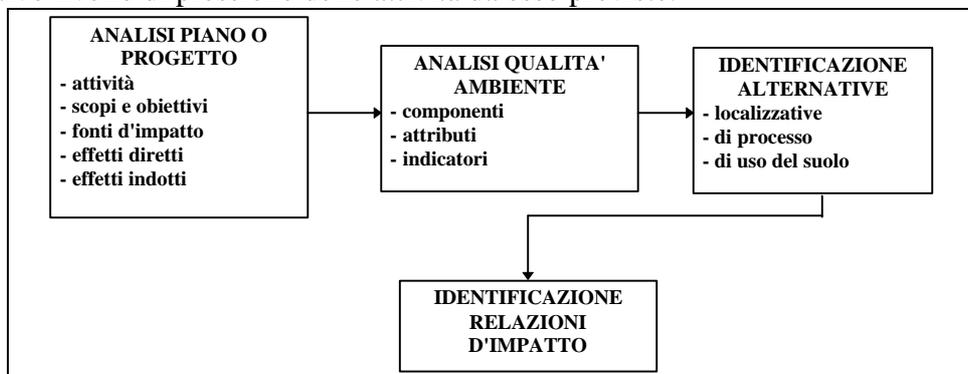


Figura 3.23 Fasi valutazione preliminare.

L'analisi delle principali linee conduttrici del piano proposto, si basa su di una descrizione dettagliata dei suoi scopi e dei suoi obiettivi. Tale verifica è essenziale soprattutto per l'identificazione delle potenziali opzioni dirette al raggiungimento dei medesimi obiettivi, o per proporre linee alternative. Questa analisi, si basa su di un'accurata indagine e descrizione delle attività previste ed indotte dal piano, nonché sulla determinazione dei potenziali fattori causali d'impatto. Non è ovviamente possibile standardizzare i parametri dell'indagine, ed anzi ogni tipo d'intervento, in relazione alla tipologia dello strumento pianificatorio, possiede specifiche peculiarità a tal punto che, al di là di una base informativa comune e prevista dalla legge, ogni analisi richiede ogni volta contributi esclusivi. Questo genere di ricerca viene generalmente condotta con *check-list*, che hanno il pregio di mettere subito in risalto le problematiche d'affrontare, e con *matrici*.

	<i>aria</i>	<i>acqua</i>	<i>suoli</i>	<i>paesaggio</i>	<i>vivibilità urbana</i>	<i>patrimonio culturale</i>	<i>qualità complessiva</i>
<i>zone verdi</i>	O		O	O?	O	O	
<i>sviluppo residenziale lungo le principali linee di trasporto della città</i>	X			O?	O	O?	O
<i>sviluppo residenziale su di un'area ad uso agricolo</i>		O?	X	X	O	O?	X
<i>Legenda:</i>	O	Impatto positivo					
	X	Impatto negativo					
	O?	Impatto positivo non giudicabile					

Figura 3.24 Esempio di matrice d'impatto

L'analisi della qualità ambientale è il secondo passaggio fondamentale nel processo di valutazione preliminare. Anche questa, si basa su di una serie di parametri e relativi indicatori di qualità e di criticità che descrivono i diversi fattori ambientali da considerare nella valutazione d'impatto. La selezione dei parametri si basa su di un elenco di fattori suscettibili di impatto che costituiscono la base informativa dei dati. Anche in questo caso, possiamo esprimere le risultanze di queste indagini mediante check-list o matrici che pongano in risalto gli aspetti qualificanti dell'operazione stessa. In taluni casi, può essere interessante la determinazione dei *valori di qualità ambientale*, risultato dell'aggregazione, eventualmente pesato dei valori dei singoli indicatori per ciascun parametro d'interesse.

L'identificazione di alternative e la loro valutazione, è un altro aspetto importante nella valutazione preliminare. La generazione di più opzioni, ovviamente moltiplica il lavoro di ricerca dei dati della prima fase, ovvero di quella di ricerca dei parametri progettuali.

Ma l'aspetto forse più importante nella redazione di un rapporto d'impatto risulta essere *l'identificazione delle relazioni d'impatto*, ovvero dei potenziali impatti ambientali delle singole componenti in cui possono essere scomposte le azioni previste dallo strumento urbanistico, oggetto di valutazione. La determinazione delle principali relazioni d'impatto consiste essenzialmente nella determinazione delle interazioni tra attività previste e ambiente, e nella descrizione delle potenziali modificazioni indotte dalla realizzazione di tali attività.

Clima	<i>microclima</i>		<i>fosfati</i>
	<i>precipitazioni</i>		<i>sostanze tossiche</i>
	<i>temperature</i>	Ecosistemi t.	<i>popolazione</i>
	<i>intensità/direzione vento</i>		<i>habitats</i>
Aria	<i>NOx</i>		<i>diversità</i>
	<i>SOx</i>		<i>produttività</i>
	<i>HCL-HL</i>	Ecosistemi a.	<i>popolazione</i>
	<i>microinquinanti</i>		<i>habitats</i>
	<i>polveri</i>		<i>diversità</i>
Morfologia	<i>altimetria</i>		<i>produttività</i>
	<i>pendenze</i>	Suolo	<i>comp. chimica</i>
	<i>cave</i>		<i>erosione</i>
Geologia	<i>stabilità</i>		<i>capacità autodepur.</i>
	<i>stratigrafia</i>	Paesaggio	<i>parchi e riserve</i>
	<i>permeabilità</i>		<i>usi attuali</i>
	<i>assorbimento/dispersione</i>		<i>destinazioni di piano</i>
Idrogeologia	<i>profondità falda</i>		<i>sopazi aperti</i>
	<i>potenzialità falda</i>		<i>viabilità</i>
	<i>direzione/vel. Flusso</i>	Rumore	<i>livelli di rumore</i>
	<i>punti prelievo</i>		<i>vibrazioni</i>
Acqua	<i>pH</i>	Fattori socioec.	<i>popolazione</i>
	<i>torbidità</i>		<i>att. produttive</i>
	<i>solidi sospesi</i>		<i>att. ricreative</i>
	<i>temperatura</i>		<i>assetto territorio</i>
	<i>DO</i>		<i>mobilità</i>
	<i>BOD</i>		<i>infrastrutture e servizi</i>
	<i>solidi disciolti</i>		<i>coesione comunità</i>
	<i>salinità</i>		<i>salute</i>
	<i>nitrati</i>		<i>sicurezza</i>

Figura 3.25 Esempio di componenti e attributi ambientali.

Coerentemente con quanto fin qua descritto, il processo di valutazione si articola nel modo seguente:

- identificazione delle attività previste e indotte dalle alternative proposte dal piano;
- identificazione delle potenziali fonti d'impatto e stima del potenziale livello di pressione;
- identificazione dei potenziali sistemi ambientali influenzati;
- identificazione dei potenziali impatti diretti e indiretti delle azioni di piano e delle eventuali alternative proposte;

In altre parole, si tratta di unire, con l'utilizzo di matrici, ma anche di grafi e network, le caratteristiche risultate dall'analisi dell'ambiente e delle azioni previste e individuare qualitativamente che tipo di relazione esiste fra i due aspetti.

3.3.7.3 Previsione e valutazione degli impatti

In questa seconda fase nella redazione del rapporto di compatibilità, si analizza, a partire dai dati raccolti nella valutazione preliminare, il complesso degli impatti riguardanti una specifica proposta di piano o di una sua azione.

Due aspetti, di cui sostanzialmente si compone questa fase, sono da evidenziare:

- *analisi d'impatto aggregate*;
- *modelli predittivi*, ovvero quelli di cui un analista si serve per valutare gli ipotetici sviluppi futuri di un qualsiasi intervento.

Oltre ai già visti metodi di identificazione di impatti come check-list, matrici, network o grafi, -utilizzabili, in questa fase avanzata del rapporto solo per analisi più semplici, o quando il livello di definizione del piano risulti basso-, esistono modelli più complessi, fra i quali il più usato risulta essere certamente quello delle *matrici coassiali*. Fatta salva la dovuta specificità che ogni studio deve avere, è importante che esista un livello minimo di standardizzazione, tale da poter rendere confrontabili e dunque meglio controllabili studi diversi. Per limitare l'inevitabile soggettività cui questo genere di valutazione può andare incontro, occorre perciò l'utilizzo di criteri certi e procedure verificabili.

La valutazione può indirizzarsi verso diverse direzioni che, in sintesi possono essere distinte nell'applicazione di *tecniche qualitative*, che sfruttano il giudizio di esperti di diverse discipline, e di quelle *quantitative*, che si propone di giungere ad un'aggregazione degli impatti, attraverso l'attribuzione di valori d'importanza relativa.

La costruzione di matrici coassiali, elaborate sulla base dell'analisi d'impatto, è mirata ad identificare le relazioni di causa-condizione-effetto, determinate in precedenza, in una sola soluzione.

Un esempio utile alla valutazione dei piani, e in larga parte già utilizzato per quella dei progetti, è quello formato da quattro matrici che mettono in relazione le attività del piano con i fattori causali d'impatto, i sistemi ambientali influenzati, le potenziali alterazioni ambientali e le attività umane esistenti. Su questa base, possono essere elaborati sistemi specifici di matrici, che possono variare a seconda del tipo di piano o degli interventi proposti. Inoltre può essere attribuita una diversa importanza ai parametri introdotti, in considerazione della reversibilità/irreversibilità, alla durata, al rischio o alla mitigabilità.

Le matrici coassiali consentono dunque di evidenziare le relazioni esistenti fra i fattori caratteristici degli interventi di pianificazione, gli ecosistemi influenzati, le alterazioni ambientali e le attività perturbate. Con questo sistema di rappresentazione della complessità delle relazioni fra variabili e soggetti del piano, si possono continuamente aggiornare gli elementi che compongono le matrici, ogni volta che affluiscono nuovi dati nell'avanzamento dell'analisi.

A partire dai dati raccolti, si cominciano a costruire le varie matrici che compongono il modello coassiale:

- *Matrice A*: è costituita dall'incrocio tra le caratteristiche del piano e gli impatti individuati;
- *Matrice B*: è caratterizzata dal fatto che i fattori causali individuati nella prima matrice influiscono sui sistemi ambientali;
- *Matrice C*: mette in relazione gli ecosistemi con le potenziali alterazioni ambientali cui possono essere soggetti;
- *Matrice D*: evidenzia gli effetti di impatto che condizionano le risorse naturali e le attività sociali e produttive.

Le matrici offrono una serie di valori quali-quantitativi, a seconda del grado di approfondimento dell'analisi: alla fine della loro lettura, si disporrà di un quadro preciso e definito dell'impatto ambientale, sul quale occorrerà fare le ultime considerazioni circa la compatibilità degli interventi. Nel caso in cui durante tale lettura dovessero essere registrati impatti inaccettabili, il rapporto potrà proporre:

- blocco motivato delle operazioni (il cosiddetto NO WAY);
- alternative posizionali o strategiche, che facciano registrare impatti accettabili;
- misure mitigative.

Viceversa, in caso di compatibilità degli interventi proposti, tutta la elaborazione, corredata da una sintesi non tecnica che illustri tutti i passaggi dell'indagine e le relative risultanze e da un adeguato supporto cartografico, viene allegata alla documentazione di piano, secondo i termini di legge, durante la fase dell'istruttoria finale.

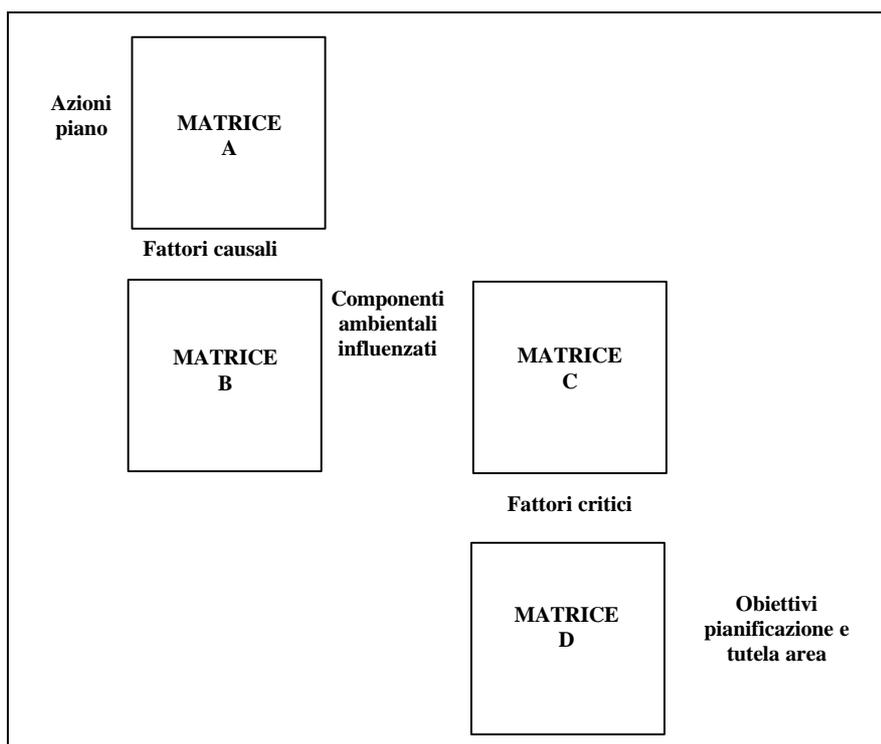


Figura 3.26 Esempio di matrice coassiale

3.3.8 Dossier d'impatto ambientale

3.3.8.1 Introduzione

Il dossier d'impatto ambientale si presenta come uno studio completo delle modificazioni indotte dagli interventi proposti sull'area in esame, rispetto alle caratteristiche fisiche, funzionali ed economiche della stessa. I metodi di valutazione sono sostanzialmente

gli stessi di quelli del rapporto di compatibilità (carte, grafi, network, matrici, matrici coassiali), purchè offrano un quadro esauriente e circostanziato dell'impatto ambientale indotto. Inoltre, i dossier sono corredati da *tecniche quali-quantitative* che consentono l'esame e la scelta di alternative esecutive, in maniera del tutto simile con quanto già avviene con i progetti. In effetti, questo tipo di documento si presta a progetti o piani con alto livello di esecutività, in quanto tutti i possibili impatti sono definibili fin nei minimi particolari.

I dossier devono contenere:

- analisi situazione preesistente;
- descrizione degli interventi proposti, inclusi scenari generali;
- descrizione possibili varianti per interventi proposti;
- valutazione dell'impatto sulle caratteristiche maggiormente qualificanti dell'area;
- descrizione metodi di mitigazione d'impatto;
- giustificazione delle scelte effettuate tra le alternative possibili;
- descrizione dello scenario globale conseguente.

I primi cinque punti costituiscono il contenuto dello studio d'impatto, del tutto analogo a quanto si è già visto per il rapporto di compatibilità. La parte qualificante del dossier è costituita dagli ultimi due punti, ovvero dalla fase di scelta e di giustificazione di essa e dalla configurazione dei possibili scenari conseguenti alle decisioni prese.

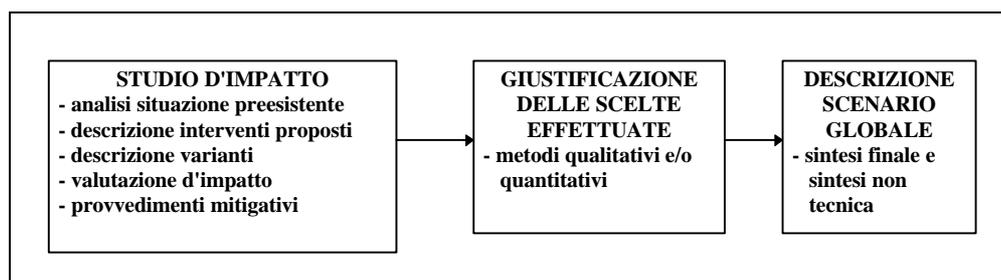


Figura 3.27 Schema sintetico di un dossier d'impatto

Per quanto riguarda l'iter approvativo, esso non si discosta molto da quello previsto dalle norme, nel caso di valutazione dei progetti. Viene redatto dal soggetto proponente, e costituisce materiale determinante ai fini dell'approvazione (o concessione) del piano (del progetto). Durante l'istruttoria, congiuntamente allo strumento urbanistico, il dossier verrà reso disponibile al pubblico per le eventuali osservazioni. Terminato il periodo d'istruttoria, esso verrà inviato all'istituzione competente, - la legge prevede un apposito ufficio VIA della Regione e una relativa Commissione incaricata dell'esame degli elaborati -, per la definitiva approvazione.

La commissione, terminata la fase di studio, si esprimerà nel merito del contenuto del dossier, indicando:

- la scelta più idonea fra le alternative proposte;
- correttivi e interventi mitigativi;
- la congruità di misure già prese a questo scopo;
- la eventuale necessità di sospendere le operazioni in attesa di nuovi contributi.

Il parere finale della commissione, sulla base anche dei dati emersi dal dossier è ovviamente vincolante all'autorizzazione, da parte del livello istituzionale incaricato del rilascio della concessione del progetto o approvazione definitiva del piano.

Nelle pagine che seguono, verrà dato un breve e sintetico schema per la realizzazione dello studio d'impatto, mettendo in evidenza le caratteristiche che lo

distinguono da quello effettuato per il rapporto di compatibilità, e si forniranno alcuni esempi di metodi di valutazione tra alternative, sia di tipo qualitativo che quantitativo, che meglio si adattano soprattutto alla valutazione della pianificazione attuativa.

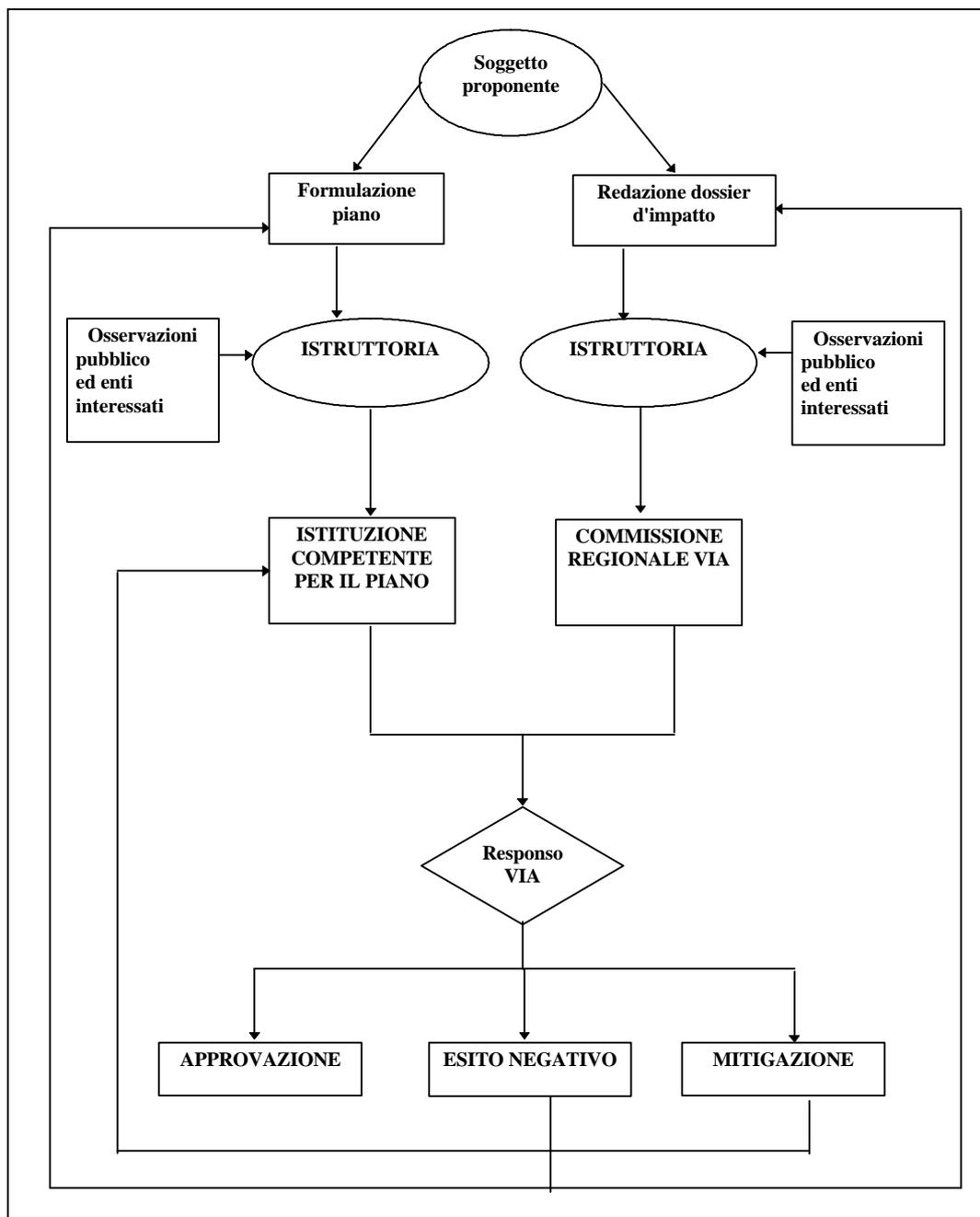


Figura 3.28 Iter di un dossier di impatto ambientale

3.3.8.2 Modalità per la redazione dello studio d'impatto

Lo studio d'impatto non si discosta di molto da quanto già detto per il rapporto di compatibilità ambientale.

In primo luogo, l'approfondimento delle indagini è in questo caso maggiore: si dispone di dati e di specifiche assai più precise in quanto il progetto o il piano hanno assunto contorni molto più delineati.

Si possono diversificare, nella ricerca degli impatti, fase di costruzione e fase di esercizio, esattamente come già visto nella VIA prevista dalla legge. Anche lo studio

dell'ambiente naturale risulta, senza dubbio, più mirato in quanto l'ambito, o gli ambiti, territoriale interessato risulta molto circoscritto: se alla scala regionale od anche a quella intermedia, l'analisi verteva generalmente su macrofattori, ovvero sulla globalità delle variabili ambientali, alla scala attuativa si possono, e si devono, porre in evidenza anche microfattori o comunque fattori prettamente locali.

A questo si deve anche aggiungere che, a monte, sono state già effettuate, in sede di inquadramento dell'intervento, le analisi d'insieme che costituiscono la base di partenza per le indagini al livello esecutivo o attuativo.

Un'altra sostanziale differenza, consiste nel fatto che il processo non è più chiuso, ma anzi esso racchiude anche il rapporto sia con il pubblico in genere, sia con eventuali soggetti interessati, che durante l'istruttoria possono portare contributi e osservazioni al lavoro d'indagine dei tecnici.

Per quanto riguarda procedure e metodologie impiegate, lo studio d'impatto per il dossier non ha particolari peculiarità rispetto a quanto già visto per il rapporto.

3.3.8.3 Valutazione delle alternative e giustificazione delle scelte

Nelle valutazioni d'impatto ambientale, è possibile utilizzare un gran numero di metodologie multicriteriali, distinte in due gruppi:

- metodologie multicriteriali quantitative;
- metodologie multicriteriali qualitative.

Esse si differenziano per il tipo di informazione di cui necessitano:

- al primo gruppo appartengono modelli che si affidano a dati detti *hard*, ovvero che possono essere valutati adottando una scala cardinale (numerica);
- al secondo, quelli di tipo *soft* espressi in scale di tipo ordinale (qualitative).

In termini generali, una tecnica multicriteriale consente di accettare un progetto o un piano, di formulare graduatorie tra quelli esaminati o tra le possibili alternative e varianti, attraverso il confronto di ciascuno di essi nel confronto delle componenti ambientali. L'obiettivo di analisi condotte con metodologie quantitative è quello di aggregare giudizi numerici espressi per ciascun impatto in uno o più indicatori di sintesi, in grado di coadiuvare il decisore nella scelta finale. I principali parametri per poter definire una graduatoria sono:

- il caso peggiore;
- il caso peggiore pesato;
- la somma pesata;
- la dominanza debole;
- l'indice assoluto di concordanza;
- l'indice assoluto di discordanza.

Le fasi per questo tipo di analisi risultano essere:

- determinazione della matrice di progetto;
- eliminazione delle alternative dominate;
- attribuzione di pesi a singoli aspetti ambientali o criteri;
- verifica dei parametri.

La matrice di valutazione, si ottiene a partire dallo studio d'impatto, individuando un unico valore dell'indicatore scelto che rappresenti l'impatto complessivo di un'azione su di una componente ambientale e determinandone il relativo indice di qualità ambientale. Quest'ultimo aspetto è ottenibile utilizzando le cosiddette funzioni di qualità ambientale che esprimono per ogni singolo aspetto ambientale, l'andamento della qualità dell'ambiente al variare del valore assunto da un determinato indicatore. Completata questa operazione per

tutte le componenti ambientali e per tutte le opzioni possibili, si sarà definita una matrice di valutazione. Tale matrice costituisce il supporto indispensabile per la valutazione finale.

Dal confronto dei valori ottenuti, è possibile osservare se esistono *alternative dominate*, rispetto a tutti gli indicatori assegnati. In questo caso tale alternativa può essere già fin d'ora scartata. Può anche capitare, ma è molto difficile che ciò accada, che un'alternativa si riveli *non dominata*, cioè superiore alle altre rispetto a ciascun parametro: in tal caso il processo valutativo può dirsi concluso.

Il calcolo di determinati parametri di ordinamento, implica la *definizione di pesi*, che rende manifesta la gerarchia d'importanza fra gli indicatori considerati. In questa fase è fondamentale il requisito dell'obiettività nell'esprimere giudizi e nell'attribuire lavori. Per questo motivo, questa delicata fase viene assegnata di solito ad una squadra di esperti, di diversa formazione e specializzazione che sia in grado di esplicitare e salvaguardare le richieste della collettività.

Quando, per qualche motivo, non si dispone di dati precisi, si può ricorrere alle metodologie multicriteriali qualitative. Tra queste si ricordano in particolare:

- analisi della frequenza;
- analytic hierarchy process (AHP);
- metodo di regime.

La prima e la terza sono caratterizzate dall'utilizzo di simboli grafici che individuano gli impatti e che in seguito serviranno per determinare in modo semplice, con il confronto a coppie, la graduatoria delle preferenze. Anche qui, ovviamente, si può fare uso della ponderazione, sia per evidenziare i criteri più importanti, sia, facendo variare i pesi, per verificare la significatività delle scelte. L'analytic hierarchy process è invece caratterizzato dalla scomposizione del problema in livelli e sottolivelli e dal confronto a coppie fra obiettivi dello stesso livello, previa l'eventuale attribuzione di pesi. Questi metodi si prestano alla valutazione dei piani proprio per la loro caratteristica di utilizzare dati simbolici. In particolare l'AHP si presenta particolarmente versatile perchè è in grado di elaborare dati sia qualitativi che quantitativi.

SEZIONE II: I CINQUE HAZARDS

In questa sezione si intende tracciare un quadro dei possibili rischi fisici che tipicamente colpiscono le regioni italiane, fornendo per ciascuno di essi, accanto ad una descrizione del fenomeno che non ha sicuramente la pretesa di essere esaustiva, una analisi dei metodi disponibili per la valutazione dell'entità del rischio stesso, al fine di disporre degli strumenti di base necessari per comprendere le proposte di formulazione dei relativi indici di pericolosità riportate nella metodologia di valutazione della pericolosità illustrata nella sezione III.

4 LE FRANE

4.1 Definizione ed elementi caratterizzanti le frane.

Con il termine frana si intende *il movimento di una massa di roccia, terra o detrito lungo un versante e più ampiamente può indicare anche gli effetti materiali di tali spostamenti, ossia le cavità prodotte da tale distacco, come pure il cumulo del materiale di frana.*

E' possibile individuare, in ogni frana, almeno tre elementi ricorrenti, che A. Desio definisce in questo modo:

- *nicchia di distacco*: è quella intaccatura del pendio, dal contorno spesso arcuato, che contrassegna la porzione di roccia rimasta in sito dopo che una parte è franata
- *alveo, o pendio di frana, o superficie di distacco*: è il solco, o il pendio, sul quale si sono spostati i materiali di frana
- *cumulo di frana*: è formato dai detriti rocciosi che, dopo aver percorso un tragitto più o meno lungo, si sono arrestati ammassandosi più o meno confusamente.

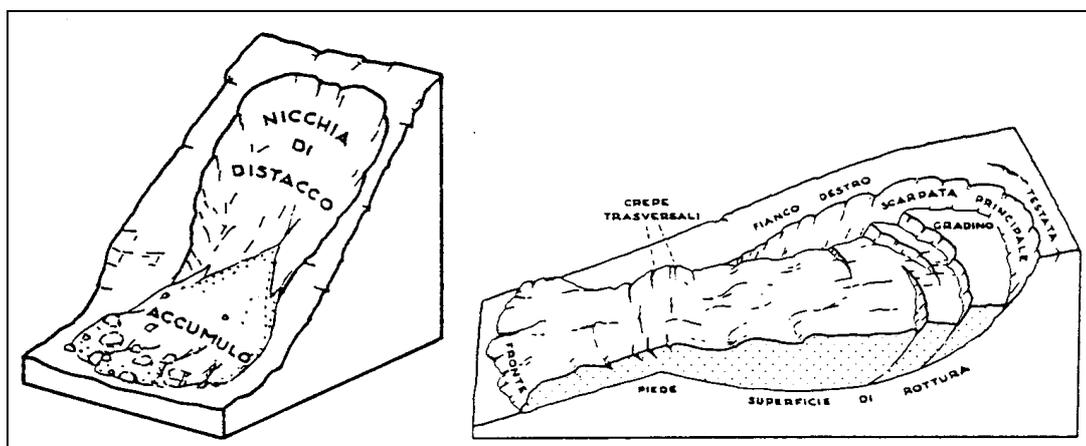


Figura 4.1 Parti e nomenclature di una frana
Fonte: Benedini e Gisotti, 1985

Il cumulo di frana può assumere due tipologie diverse: falde e coni di detrito, che si distinguono per la disposizione assunta dal materiale.

La falda di detrito si sviluppa lungo la direzione del pendio, i materiali più grossi si portano verso il basso dove si crea la maggiore stabilità, mentre la parte più attiva e instabile è quella superiore. I coni di detrito sono cumuli a forma di cono, più stabili nella parte inferiore e caratterizzati da una pendenza che è uguale a quella naturale del materiale che li compone.

In letteratura è possibile trovare molte classificazioni dei fenomeni franosi che si basano su diversi caratteri, quali il tipo di movimento, le cause del movimento, durata e ripetitività, geometria della massa in movimento. La più comunemente adottata è quella

proposta da D.J.Varnes (1978). I movimenti franosi sono suddivisi in cinque classi a seconda del tipo di movimento, della forma e del materiale che coinvolgono:

- crolli (fails)
- ribaltamenti (topless)
- scivolamenti (slides)
- rotazionali
- traslazionali
- espandimenti laterali (lateral spread)
- colamenti (flows)

Esistono anche *frane complesse*, cioè caratterizzate da due o più tipi di movimento (sono le più diffuse).

I *crolli* interessano masse di roccia coerente o di detrito di diverse entità, staccatasi da versanti molto ripidi o verticali. Il movimento della massa avviene prevalentemente in aria con possibili rotolamenti e rimbalzi, e caratterizzato da una velocità sempre molto elevata (maggiore di 0,3 metri/minuto).

Questi fenomeni sono molto diffusi nel nostro paese, e poiché mancano spesso di “segni premonitori” sono molto pericolosi.

I *ribaltamenti* interessano quasi esclusivamente masse di roccia il cui movimento è di tipo rotazionale intorno ad un punto di rotazione posto al di sotto del centro di gravità. Questo tipo di frana viene spesso confuso con i crolli e talvolta con gli scivolamenti.

Gli *scivolamenti* interessano una massa che si muove lungo una o più superfici di taglio facilmente identificabili. Questa tipologia si suddivide in:

- scorrimenti rotazionali (slump) se la massa si muove lungo superfici concave a forma di cucchiaio o superfici cilindriche. Ci si può accorgere della rotazione in atto dalla fuoriuscita di terreno o roccia al piede; avviene generalmente con velocità che non sono mai rapide e interessa terreni con presenza di argille omogenee, materiali di riporto o versanti artificiali;
- scorrimenti traslazionali (slides) se la massa trasla per mancanza di contrasto laterale

Gli *espandimenti laterali* non presentano una netta superficie di discontinuità e quindi sono difficilmente individuabili. Talvolta si può avere materiale consolidato che si muove sopra uno strato meno consolidato soggetto a meccanismi di liquefazione di tipo plastico (tra le cause di plasticizzazione ci sono anche i terremoti). Anche se in generale questa tipologia di frane raggiunge velocità molto basse, in presenza di liquefazione possono diventare molto rapide, nonché di notevole estensione.

Anche i *colamenti* avvengono in modo diverso a seconda del materiale interessato. Se riguarda masse di roccia, sono difficilmente individuabili in quanto il movimento è molto lento e interessano zone fratturate (creep). Se interessa terreni sciolti, il movimento della massa e la velocità sono simili a quelle dei fluidi viscosi e possono anche diventare molto rapidi. Si può quindi parlare, in funzione dei materiali e delle velocità, di colate di roccia oppure di colate di detriti (queste ultime le più disastrose).

Come è facile intuire, si tratta di tipologie non tutte presenti nel nostro paese e talvolta nemmeno facilmente identificabili. Alberto Carrara (1990) ripropone una ulteriore classificazione partendo dalle classi individuate da Varnes, in funzione della diffusione sul territorio e della riconoscibilità.

Una ulteriore classificazione dei fenomeni franosi si può fare in funzione del *grado di attività*, che è particolarmente interessante in quelle zone dove sono programmati nuovi insediamenti e infrastrutture.

Si individuano allora:

- *frane attive*: si osserva un movimento attuale;
- *frane quiescenti o parzialmente stabilizzate*: non interessate da movimenti nel corso degli ultimi cicli stagionali; il movimento può però essere riattivato a causa di agenti esogeni o di interventi umani che ne compromettano l'equilibrio;
- *frane stabilizzate*: le cause sono state naturalmente o artificialmente rimosse e non ci sono problemi di instabilità se non si realizzano interventi tali da disturbare l'equilibrio; si tratta di solito di frane antiche di cui non si ha memoria storica, ma che sono riconoscibili sul terreno.

MOVIMENTO	MATERIALE	DIFFUSIONE	RICONOSCIBILITA'
Crolli	Roccia	ooo	oo
	Detrito	oo	oo
	Terra	o	oo
Ribaltamenti	Roccia	oo	oo
	Detrito	o	o
	Terra	o	o
Scorrimenti	Roccia	ooo	oo
	Detrito	ooo	oo
	Terra	ooo	oo
Espansioni laterali	Roccia	o	o
	Detrito	o	o
	Terra	ooo	o
Colamenti	Roccia	o	o
	Detrito	ooo	oo
	Terra	ooo	ooo

Figura 4.2 *Frequenza dei movimenti di versante*
Fonte: A. Carrara, 1990

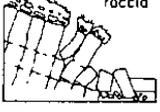
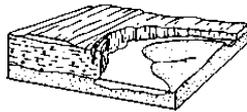
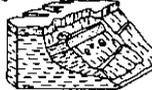
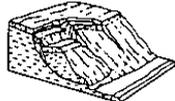
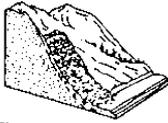
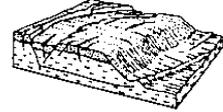
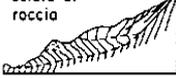
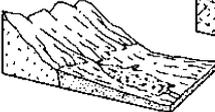
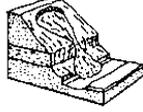
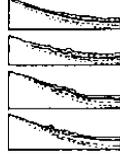
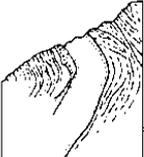
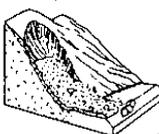
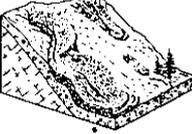
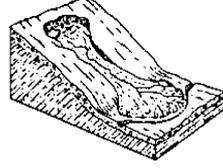
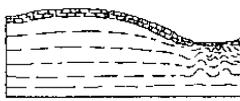
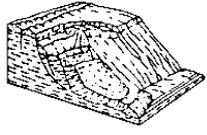
TIPO DI MOVIMENTO	TIPO DI MATERIALE		
	ROCCIA	DETRITI	TERRA
CROLLO	crollo di massi 	crollo di detriti	crollo di terra
RIBALTAMENTI	ribaltamento di colonna di roccia 	ribaltamento di detriti 	ribaltamento di terra
SCIVOLAMENTO O SLITTAMENTO	rotazionale: scivolamento di roccia 	scivolamento di detriti	scivolamento di terra 
	traslazionale: scivolamento di blocchi di roccia 	scivolamento di detriti 	scivolamento di blocchi detritici 
SPROFONDAMENTO LATERALE	spromontamento di blocchi di roccia 		spromontamento di terra 
COLATA	colata di roccia 	colata di detriti 	colata di sabbia 
	 	soliflusso  valanga di detriti  replazione di suolo  colata di blocchi detritici 	colata di terra 
FENOMENI COMPLESSI	crollo di roccia - colata detritica - valanga di detriti 	scivolamento e ribaltamento di roccia  scivolamento e crollo di roccia 	rigonfiamento di versante  spromontamento - colata di terra 

Figura 4.3 Classificazione dei movimenti franosi (Varnes)

Fonte: D. Alexander, 1990

4.2 Le cause dei movimenti franosi

Alcuni autori (Gisotti e Benedini, Desio, Perulli) sono concordi nell'individuare quali azioni che turbano l'equilibrio dei pendii le seguenti:

- *aumento del peso specifico della roccia*: può essere dovuto all'aggiunta di acqua (la sabbia grossa passa da 1300 a 1700 kg/m³ se imbevuta di acqua;

- *aumento dell'inclinazione del pendio*: è dovuto soprattutto all'erosione al piede della falda provocata dalle acque correnti o dall'azione dell'uomo;
- *diminuzione dell'attrito interno*: è provocata dal contenuto di acqua;
- *diminuzione della coesione dell'ammasso roccioso*: è provocata dall'azione delle acque che si infiltrano nel sottosuolo;
- *aumento del carico dell'ammasso roccioso*: è prodotto dalla sovrapposizione di nuovi materiali sul suo dorso. Questi materiali possono essere sia detritici provenienti da altre frane, che costruzioni dell'uomo;
- *diminuzione dell'attrito tra ammasso roccioso e substrato*: è determinata dall'azione erosiva delle acque circolanti nel sottosuolo, nonché dalla plastificazione delle argille su cui poggia la falda rocciosa.

Non bisogna poi trascurare il fatto che esistono eventi che predispongono il terreno all'evento franoso, come ad esempio i terremoti, gli incendi, le alluvioni, le precipitazioni. In figura 4.4 sono riportate le principali cause delle frane avvenute in Italia negli ultimi cento anni.

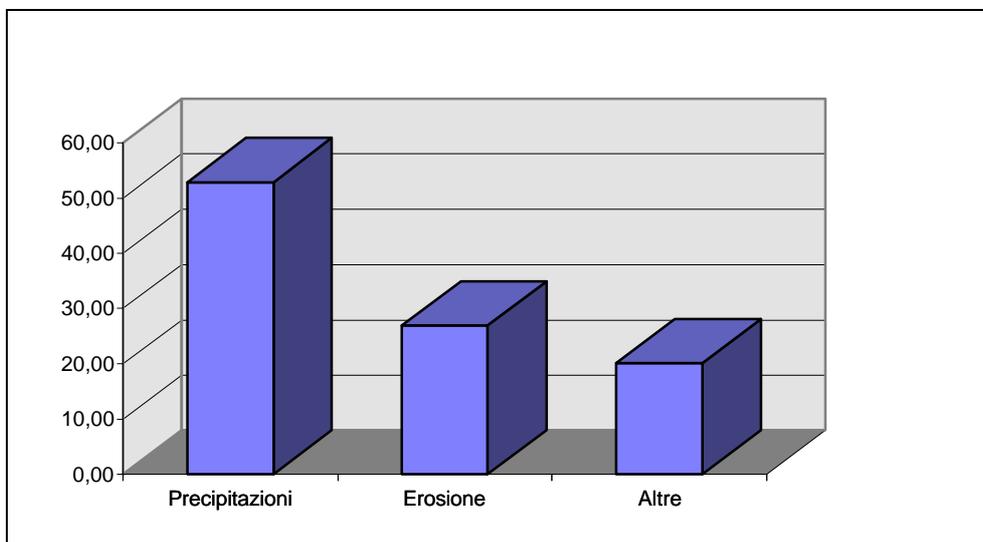


Figura 4.4 Statistiche delle frane in Italia
Fonte: CNR, GNDCI Progetto AVI Frane

La classificazione proposta da Terzaghi si basa proprio sulle cause che generano la rottura, e individua il nome della causa, evento o processo che attiva la causa, modalità secondo cui agisce la causa, materiale più sensibile ad essa, natura fisica della causa ed effetti sull'equilibrio della scarpata. Nella tabella che segue viene schematizzata questa classificazione.

CAUSA AGENTE	EVENTO CHE MOBILITA LA CAUSA	MODO DI AZIONE DELLA CAUSA	MATERIALI PIU' SENSIBILI ALL'AZIONE	NATURA FISICA DELLE AZIONI	EFFETTI SULL'EQUILIBRIO DEL PENDIO
Agente di trasporto	Attività costruttive o erosione	1. Aumento dell'altezza della pendenza	Qualsiasi materiale Argille fessurate compatte, argilloscisti	Variazione dello stato tensionale del materiale costituente il pendio Variazione dello stato tensionale e apertura dei giunti	Aumento delle tensioni tangenziali Aumento delle tensioni tangenziali e innesco del processo 8
Tensioni di origine tettonica	Movimenti tettonici	2. Deformazioni in larga scala della crosta terrestre	Qualsiasi materiale	Aumento della pendenza	Aumento delle tensioni tangenziali
Tensioni di origine tettonica o esplosivi	Terremoti o esplosioni	3. Vibrazioni di elevata frequenza	Qualsiasi materiale Loess, sabbie poco cementate e ghiaie Sabbia media o fine sciolta in condizioni sature	Variazione temporanea dello stato tensionale Riduzioni dei legami intergranulari Inizio della ridistribuzione dei grani	Aumento delle tensioni tangenziali Diminuzione della coesione e aumento delle tensioni tangenziali Liquefazione spontanea
Peso del materiale costituente il pendio	Processo che originò il pendio	4. Creep nella massa 5. Creep nello strato tenero sotto il piede del pendio	Argille fessurate compatte, argilloscisti e presenza di vecchie frane Materiali rigidi poggianti su terreni plastici	Apertura dei giunti chiusi e formazione di nuovi Apertura dei giunti chiusi e formazione dei nuovi	Diminuzione della coesione, accelerazione del processo 8 Diminuzione della coesione, accelerazione del processo 8
Acqua	Piogge o scioglimento delle nevi Gelo Essiccamento temporaneo Abbassamento rapido della falda Innalzamento rapido della falda Innalzamento della falda in acquiferi lontani Filtrazione da sorgenti di acqua artificiali (bacini imbriferi o	6. Dislocazione dell'aria che occupa i vuoti 7. Dislocazione dell'aria nei giunti 8. Riduzione della tensione capillare associata al rigonfiamento 9. Ossidazione chimica 10. Espansione dell'acqua per congelamento 11. Formazione e scioglimento di strati di ghiaccio 12. Ritiro 13. Moto di filtrazione verso il piede del pendio 14. Inizio della ridistribuzione dei grani 15. Innalzamento della superficie piezometrica nel materiale del pendio 16. Moto di filtrazione verso il pendio 17. Dislocazione	Sabbia umida Roccia fessurata, argilloscisti Argilla fessurata compatta ed alcuni argilloscisti Roccia di qualunque tipo Rocce fessurate Limi e sabbie limose Argille Sabbie fini e limi in precedenza drenati Sabbia sciolta media o fine in sabbia satura Strati di limo o sabbia compresi o sottostanti a strati di argilla Limi saturi	Aumento della pressione interstiziale Aumento della pressione interstiziale Rigonfiamento Indebolimento dei contatti intergranulari Amplificazione dei giunti esistenti e formazione di nuovi Aumento del contenuto di acqua nel terreno ghiacciato di copertura Formazione di fessure Generazione di eccesso di pressione interstiziale Aumento spontaneo della pressione interstiziale Aumento della pressione interstiziale Aumento della	Riduzione della resistenza di attrito Riduzione della resistenza di attrito Diminuzione della coesione Diminuzione della coesione Riduzione della resistenza di attrito Diminuzione della coesione Diminuzione della resistenza di attrito Liquefazione spontanea Diminuzione della resistenza di attrito Diminuzione della resistenza di attrito Riduzione della

Figura 4.5 Classificazione delle frane in funzione delle cause, proposta da Terzaghi

4.3 Fattori che influenzano i movimenti franosi

E' possibile individuare alcuni parametri che permettono di descrivere la propensione a franare di un terreno:

- la costituzione geologica;
- la configurazione topografica (essenzialmente la pendenza del suolo);
- le condizioni climatiche;
- la copertura vegetale.

La *costituzione geologica* implica non solo una classificazione del materiale roccioso, come verrà fatta in seguito suddividendo le rocce in coerenti, semicoerenti, pseudocoerenti e incoerenti, ma anche la struttura intesa come composizione e giacitura degli strati del terreno (è importante stabilire se ci sono giaciture a reggipoggio, dove gli strati sono inclinati in senso opposto al pendio, o a franapoggio, dove gli strati sono inclinati nello stesso senso del pendio). Questa può essere condotta svolgendo prelievi del terreno e successive analisi in laboratorio tenendo però presente il valore puntuale di queste informazioni, oppure studiando le carte geologiche.

La *configurazione topografica* deve essere messa in relazione ai tipi di rocce e al loro angolo di riposo; la franosità infatti aumenta con l'angolo di inclinazione. La pendenza del terreno rappresenta quindi un fattore decisivo nei confronti della franosità, in quanto è sempre possibile trovare per una roccia una inclinazione sotto la quale sarà sempre stabile e una sopra la quale la stessa roccia è sicuramente instabile. Questa ricerca si può condurre utilizzando le carte topografiche che riportano l'andamento delle curve di livello e forniscono quindi utili informazioni sulla possibile esistenza di corpi franosi o di scarpate.

Tra le *condizioni climatiche*, i principali fattori da considerare sono senza dubbio la piovosità e l'escursione termica.

Infine, la *copertura vegetale* deve essere considerata non solo in relazione al tipo e alla densità in quanto influisce sulla quantità di acqua che può filtrare in un terreno, ma anche in relazione alla sua funzione di stabilizzante per l'equilibrio di un pendio.

Da queste osservazioni, in particolare modo dalla geologia e dalla topografia, è possibile estrarre quelle che sono considerate le caratteristiche meccaniche dei terreni che servono a definire la stabilità di un pendio:

- α : inclinazione del pendio;
- c : coesione;
- ϕ : angolo di attrito.

Ogni volta che si interviene su uno o più di questi parametri, si modifica in modo sostanziale lo stato di equilibrio della falda. E' possibile trovare in letteratura dei valori di riferimento per coesione e angoli di attrito. Per l'angolo di attrito interno si possono tenere questi valori di riferimento (dal Prontuario per il calcolo di elementi strutturali):

TERRENO	ATTRITO
Detriti rocciosi e ciottoli	43°
Ghiaie	35°
Sabbia grossa	32°
Sabbia fine	30°
Sabbia argillosa fine	20°
Terra vegetale	25°
Terre forti, argilla mista a sabbia o ghiaia	30°
Argilla in banco o marna fratturata	23°

Tabella 4.1 Valori dell'angolo di attrito per alcuni tipi di terreno

Rielaborazione della tabella fornita da B. Furiuzzi et al., in Prontuario per il calcolo degli elementi strutturali, 1995

4.4 Le categorie di rocce

Dal punto di vista della franosità, si possono distinguere quattro categorie di rocce:

- *rocce coerenti*: quelle il cui comportamento è indipendente dal contenuto di acqua. A questa categoria appartengono ad esempio le rocce lapidee non fessurate;
- *rocce pseudocoerenti*: quelle il cui comportamento dipende dal contenuto di acqua. Sono coerenti quando sono asciutte o umide, mentre sono incoerenti quando sono sature di acqua. A tale categoria appartengono le argille, i limi e le rocce a cemento argilloso ;
- *rocce semicoerenti*: quelle che hanno leganti cementizi molto deboli (prevalentemente calcarei), come le rocce coerenti molto fessurate e il tufo;
- *rocce incoerenti*: formate in prevalenza da frazioni grossolane; non possiedono plasticità, né coesione, né resistenza allo stato secco. A tale categoria appartengono sabbia, ghiaia e ciottoli.

Alcune rocce sono più predisposte all'evento franoso. Ad esempio, le rocce argillose con una pendenza superiore all'angolo di attrito dell'argilla bagnata diventano instabili se le acque piovane o sotterranee le portano al livello di plasticità; la sabbia asciutta cade se si impregna di acqua ogni volta che la pendenza è maggiore dell'angolo di attrito della sabbia bagnata.

Per ciascun tipo di roccia, è possibile definire alcuni semplici criteri di equilibrio. Le rocce incoerenti sono caratterizzate dall'aver coesione nulla, per cui la stabilità dell'equilibrio si ha ogni volta che si verifica che la pendenza del pendio è minore o uguale all'angolo di attrito interno del materiale. E' importante ricordare che l'angolo di attrito varia al variare del contenuto in acqua.

Le rocce coerenti hanno invece la coesione diversa da zero. In questo caso l'equilibrio è garantito dall'azione di coesione e attrito che si oppongono alla forza di gravità. Il Desio (1985) propone per la condizione limite l'espressione:

$$\gamma \cdot h \cdot \sin \alpha \leq \rho \cdot \gamma \cdot h \cdot \cos \alpha + \frac{c}{\cos \alpha}$$

dove γ è il peso di volume della roccia, h è l'altezza dello strato e ρ è il coefficiente di attrito.

Per le rocce pseudocoerenti Terzaghi e Peck (1974) propongono per la coesione i valori riportati nella tabella 2.

ARGILLA O LIMO ARGILLOSO	MOLLE	MEDIO	COMPATTO	MOLTO COMPATTO	DURO
Coesione kg/cm ²	0.12-0.25	0.25-0.5	0.5-1	1-2	>2

Tabella 4.2 Valori della coesione per rocce pseudocoerenti

Fonte: Desio, 1985

In generale, anche lo schema di Bay fornisce delle indicazioni sulle condizioni di stabilità delle falde.

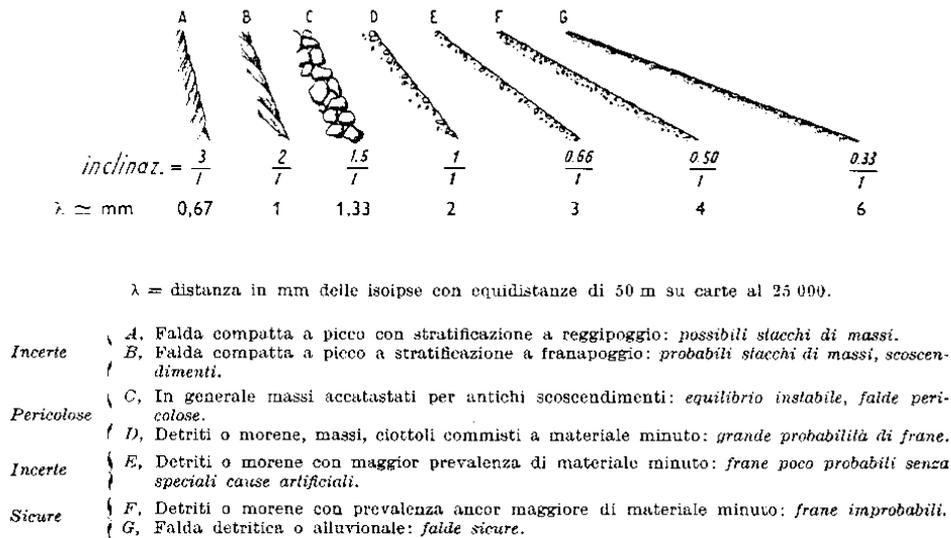


Figura 4.6 Schema delle condizioni di stabilità delle falde proposto dal Bay
Fonte: Desio, 1985

4.5 Le opere di difesa dalle frane

I tipi di intervento più efficaci vengono messi in atto dopo aver individuato e classificato le cause del dissesto. Tralasciando gli interventi che devono limitare gli agenti predisponenti al dissesto di origine “non naturale”, come la rottura di impianti, verranno descritti quelli che agiscono sui fenomeni di erosione e di gravità instabilizzanti.

Il criterio che valuta la stabilità di un versante, utilizza il coefficiente di sicurezza, definito come il rapporto tra le forze che si oppongono alla rottura del pendio e quelle che invece ne sono la causa. Per stabilizzare il pendio si può allora intervenire in due modi:

- ridurre le forze agenti;
- aumentare le forze resistenti.

Si riducono le forze agenti utilizzando *opere di scavo o riporto*, che modificano la geometria del versante; si diminuisce l’inclinazione del pendio, realizzando gradonature o banchi, oppure si alleggerisce la parte superiore con degli sbancamenti. L’intervento sarà dimensionato in funzione delle caratteristiche geotecniche del terreno. Le inclinazioni di sicurezza vengono scelte in funzione del tipo di materiale:

- rocce lapidee poco fratturate: 75°
- rocce lapidee fratturate: 45°
- terre granulari (sabbie o ghiaie): 35°
- terre limose: 25°
- terre argillose: 18°

Per aumentare le forze resistenti si usano invece le opere di canalizzazione e drenaggio, oppure le opere di contenimento.

Le *opere di canalizzazione e drenaggio* intervengono su una delle cause principali del dissesto franoso: l’acqua. L’intervento ha lo scopo di allontanare l’acqua dalla zona incanalandola. Il drenaggio si applica sia alle acque superficiali, che a quelle sotterranee utilizzando tipi di condotti diversi e adeguandosi alla geometria del pendio. Se invece l’acqua si insinua tra le fessure a monte di ammassi franosi, allora si interviene sigillando le fessure o impermeabilizzando tratti di terreno.

Le opere di contenimento hanno lo scopo di migliorare le forze resistenti del terreno, intervenendo sulle caratteristiche fisiche e meccaniche. Le opere di sostegno (muri di controripa, scogliere, reti di protezione), che sono le più economiche, presentano maggiori

problemi in quanto devono essere costruite al di sotto della ipotetica superficie di scivolamento, cioè sullo strato stabile del pendio. Inoltre devono essere in grado di resistere alla spinta idrostatica che si forma.

Le opere di miglioramento della resistenza del terreno (ancoraggi, palificazioni, chiodatura, miscele consolidanti) sono invece molto costose. E' consigliabile quindi il loro utilizzo solo quando si è certi del risultato.

Un altro modo di agire dell'acqua è quello che si manifesta con fenomeni di erosione al piede del versante. In questo caso si può intervenire in tre modi:

- rendere inerosibile l'unghia della falda utilizzando massi di grosse dimensioni che non vengono asportati dall'onda di piena;
- deviare la corrente di piena;
- ridurre la velocità del corso d'acqua agendo sulla pendenza del torrente realizzando delle briglie.

Da non dimenticare che anche i rimboschimenti diventano importanti per la stabilità di un pendio anche se non sono vere opere di contenimento. Servono comunque a proteggere il versante dall'erosione svolgendo una importante funzione di regimazione dell'acqua.

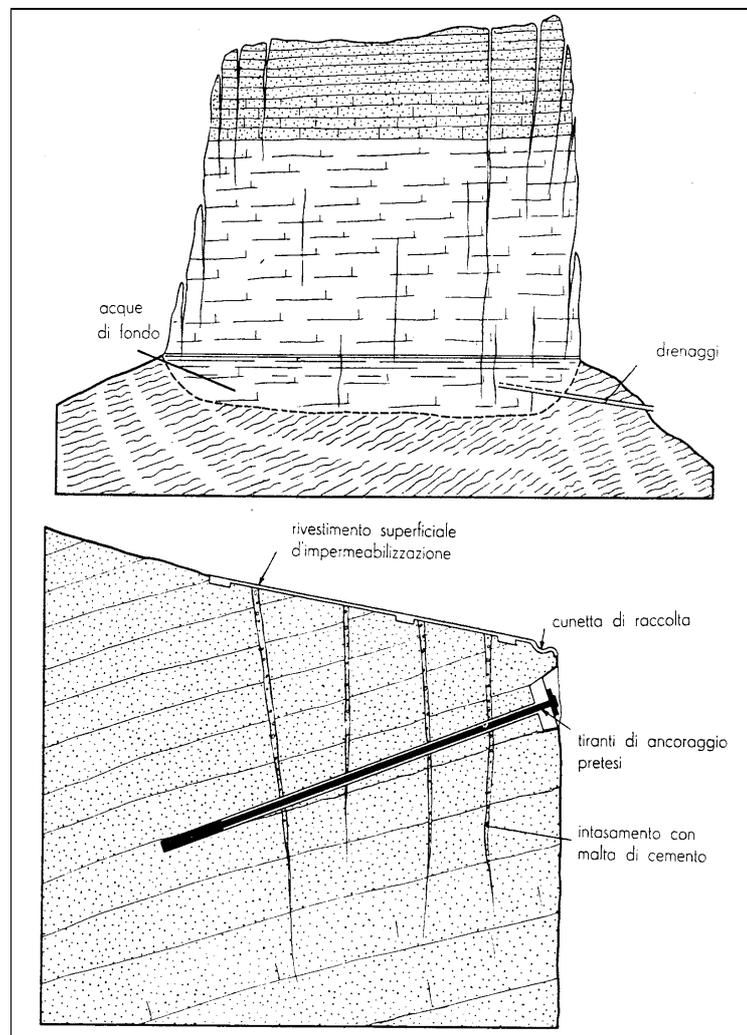


Figura 4.7 Sezioni con indicazione schematica dei provvedimenti di stabilizzazione: impermeabilizzazione superficiale, sigillatura delle fessure, ancoraggi della parete e tubi drenanti.

Fonte: Benedini, Gisotti, 1985

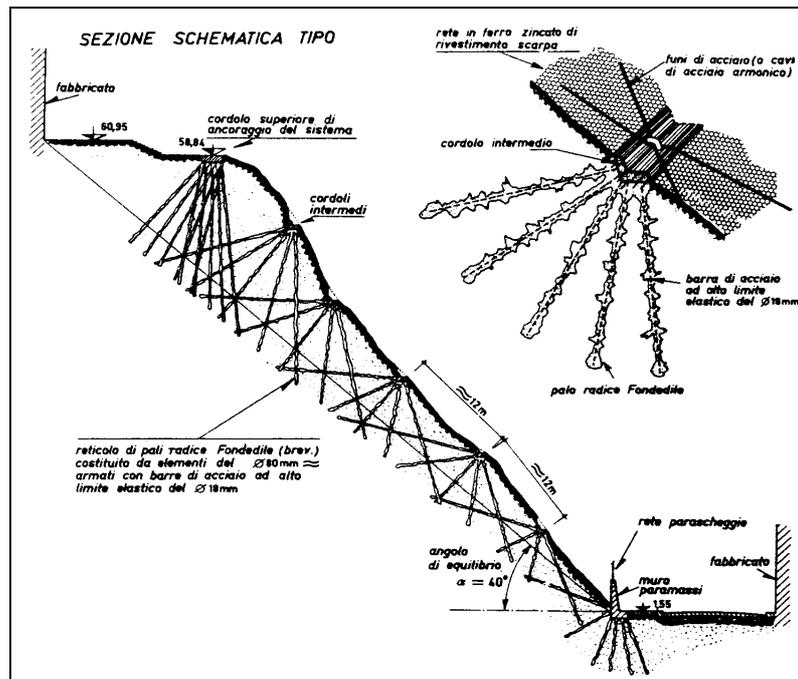


Figura 4.8 Consolidamento di un pendio mediante micropali
Fonte: Benedini, Gisotti, 1985

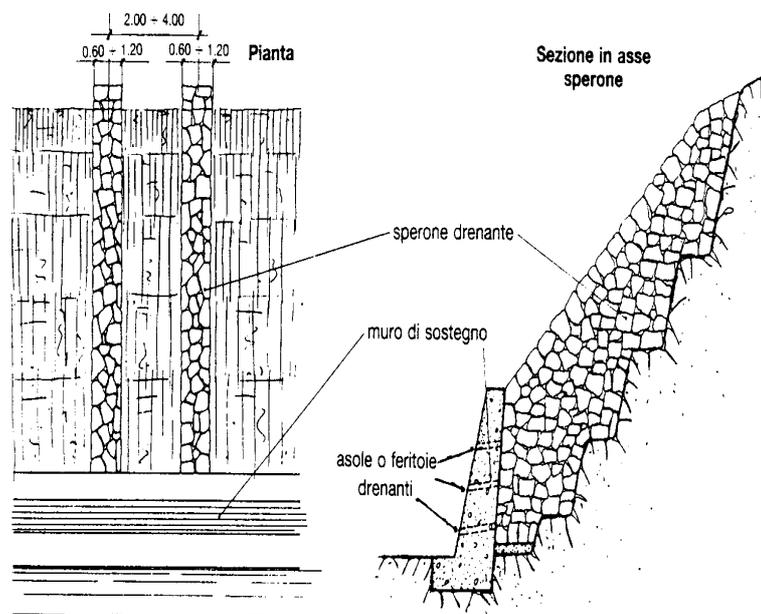


Figura 4.9 Muri di sostegno con speroni drenanti
Fonte: Benedini, Gisotti, 1985

4.6 Metodi disponibili per valutare la stabilità di un pendio

Gli studiosi che si sono occupati della franosità hanno applicato diverse metodologie, che però possono essere messe in discussione per una applicazione a carattere areale in quanto si fondano su parametri che hanno un valore puntuale. Attualmente prevale la convinzione che ogni processo di instabilità di un versante sia il risultato della concorrenza di più cause, e questo implica una complessità sempre maggiore dei meccanismi atti a descrivere la rottura dell'equilibrio. In questa ottica si possono fare

rientrare tutte le diverse classificazioni che si ritrovano in letteratura per i fattori della franosità.

Tutti gli autori sono concordi nel fatto che è possibile definire, per un pendio, un fattore di sicurezza rispetto allo scivolamento che si ottiene dal rapporto:

$$F_s = \frac{\tau_F}{\tau_{mob}}$$

dove:

- τ_F è la resistenza massima a taglio lungo la superficie
- τ_{mob} è lo sforzo tangenziale mobilitato lungo la superficie di scivolamento

Il fattore di sicurezza assume valore uguale a 1 per una frana al momento della rottura; se però le caratteristiche meccaniche del terreno che costituisce il pendio sono note solo in alcuni punti, allora è preferibile assumere un fattore di sicurezza pari a 1,5.

Il rapporto che definisce il fattore di sicurezza ha una espressione agevole solo nel caso in cui il pendio è costituito da materiale incoerente:

$$F_s = \frac{tg\phi}{tg\alpha}$$

In tutti gli altri casi, si possono usare i metodi che si trovano descritti in letteratura e che in questa sede ci limitiamo a ricordare, come il metodo di Fellenius, di Bishop o di Jambu. Tutti questi modi richiedono però la determinazione della superficie di scivolamento procedendo per tentativi fino a soddisfare le equazioni di equilibrio. Anche quando si ricorre a semplificazioni notevoli, come il supporre una superficie di scivolamento piana e parallela al pendio e uno spessore di suolo mobilitato molto inferiore rispetto alla lunghezza e all'altezza del pendio (Skempton e De Lory, 1957; Sidle et al. 1985), il fattore di sicurezza risulta espresso comunque da una formulazione complessa:

$$F_s = \frac{C_a + C + \Delta C + \left((Z-h)\gamma_m + h\gamma_{sat} - h\gamma_w \right) \cos^2 \beta + W \cos \beta}{\left((Z-h)\gamma_m + h\gamma_{sat} \right) \sin \beta \cos \beta + W \sin \beta} tg\phi$$

(fonte: Brugioni et al., 1997)

In questo senso diventano di difficile applicazione per una analisi di area vasta.

Recentemente sono stati iniziati dei progetti di ricerca internazionali che hanno come obiettivo quello di stabilire gli effetti degli eventi climatici sulla stabilità dei pendii naturali: tra i modelli schematici si può ricordare quello di Feel et al. (1991) che si basa sull'osservazione delle piogge giornaliere e sui dati di evaporazione; tra i modelli completi, da ricordare quello di Cascini e Versace (1986) che considera sia le acque superficiali che quelle sotterranee, oppure quello di Calver e Wood che si basa sul teorema di Buckingham per il calcolo della portata che fluisce da un pendio in funzione di nove parametri (Polemio, 1995).

Anche a livello nazionale ci sono molteplici studi in corso (progetti di studio del CNR, oppure l'attività presso il CERIST, Centro studi sulle Risorse Idriche e la Salvaguardia del Territorio, finanziata dalla CEE).

Sicuramente, il grande spiegamento di mezzi a livello nazionale e internazionale ha portato ad una conoscenza del fenomeno molto accurata e all'elaborazione di modelli molto perfezionati.

Esistono tuttavia dei problemi nel momento in cui si vogliono applicare i risultati di tali ricerche alla pianificazione territoriale. In particolare si sottolineano due aspetti:

- tutti gli studi si rivolgono spesso a situazioni puntuali;
- i dati necessari per l'applicazione di questi modelli sono di difficile e onerosa raccolta sia dal punto di vista economico che temporale.

Nell'ambito della pianificazione è forse consigliabile fare riferimento a modelli magari meno sofisticati e precisi, ma comunque attendibili e che necessitano di una quantità limitata di dati in ingresso, facilmente reperibili.

Inoltre, la realtà attuale non consente, al di fuori dei programmi di ricerca, di avvalersi di tutte le nuove tecnologie (non dimentichiamo che oggi si parla molto di GPS, cartografia digitale in tre dimensioni, immagini da satellite, ma nella realtà chi amministra e gestisce il territorio utilizza la cartografia tecnica talvolta vecchia di decenni).

5 LE VALANGHE

5.1 Definizione ed elementi caratterizzanti le valanghe

Le valanghe consistono nel franamento di masse più o meno voluminose di neve adagiate sopra un pendio (A. Desio, 1985).

Esse non differiscono sensibilmente come fenomeno geologico dalle frane e molte considerazioni possono valere per entrambi i fenomeni (A. Desio, 1985). Ma mentre per le frane è possibile individuare dei segni premonitori, nelle valanghe è ancora impossibile prevedere in modo esatto cosa accadrà.

Vale la pena evidenziare che la maggiore facilità di trattamento rispetto ai fenomeni franosi dipende dal fatto che in questo caso si deve trattare una sola sostanza, la neve appunto.

Come per le frane, anche per le valanghe esistono in letteratura diverse classificazioni. Una prima si può fare in funzione del materiale che compone la valanga, per cui si possono distinguere:

- *valanghe vere e proprie*: sono tutti i movimenti composti esclusivamente da neve e ghiaccio;
- *valanghe miste*: chiamate anche valanghe di roccia in quanto composte sia da neve che da detriti rocciosi. Tali valanghe avvengono comunemente quando una falda rocciosa che frana travolge una massa instabile di neve ad essa aderente o situata più in basso;
- *valanghe di ghiaccio*: tali valanghe precipitano da un pendio roccioso coperto da un ghiacciaio. Talora, precipitando da un pendio, formano sul fondovalle una colata con caratteri di ghiaccio vero e proprio la cui fronte per un certo tempo avanza con sorprendente velocità. Un caso come quello descritto si verificò nel 1920 sul ghiacciaio della Brenta, sul versante meridionale del Monte Bianco minacciando il villaggio di Entrèves. (A. Desio, 1985);
- *cadute di seracchi*: non si tratta di valanghe vere e proprie ma distacchi di costoni ghiacciati dai ghiacciai o da pendii fortemente ghiacciati. Tale fenomeno è abbastanza comune in estate e può costituire una seria minaccia per le opere umane in alta montagna quali rifugi, strade, tralicci, teleferiche. Una tragica vicenda legata ad un fenomeno di questo tipo avvenne in Svizzera il 30/8/65 sotto il ghiacciaio Allalin presso Mattmark nel vallese e coinvolse un gruppo di baracche di un cantiere della costruenda diga di Mattmark causando la morte di 88 persone.

Altri metodi di classificazione sono riassunti nello schema che segue.

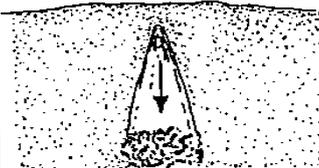
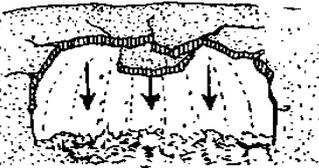
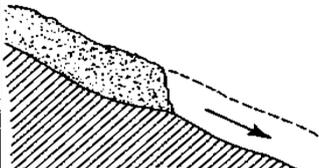
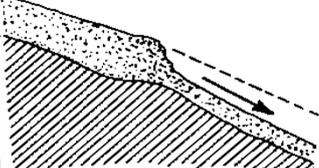
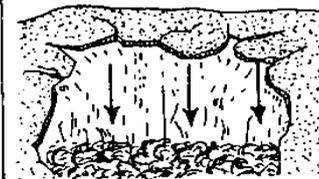
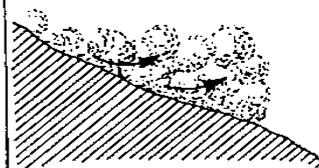
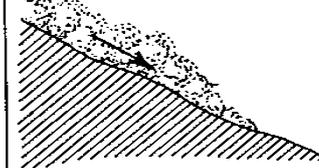
TIPO DI DISTACCO	VALANGA DI NEVE INCOERENTE  Partendo da un punto	VALANGA A LA TRE  Partendo da un'area
	VALANGA DI FONDO  Coinvolge l'intera coltre di neve	VALANGA DI SUPERFICIE  Coinvolge soltanto lo strato superiore
POSIZIONE DELLA SUPERFICIE DI TAGLIO		
UMIDITÀ DELLA NEVE	VALANGA DI NEVE ASCIUTTA	VALANGA DI NEVE BAGNATA
MORFOLOGIA DELLA PISTA	VALANGA NON INCANALATA 	VALANGA INCANALATA 
TIPO DI MOVIMENTO	VALANGA NUBIFORME 	VALANGA RADENTE 

Figura 5.1 Classificazione delle valanghe secondo Frazer
Fonte: D. Alexander, 1990

5.2 Le cause delle valanghe

Il distacco di una valanga può avvenire per diversi motivi. E' possibile individuare dei fattori che predispongono alla valanga, e dei fattori che invece causano la caduta del manto nevoso.

Tra i *fattori predisponenti* all'evento valanghivo vanno considerati gli elementi caratterizzanti il pendio come la pendenza e il versante, la quota, la morfologia, la copertura del suolo.

Per quanto riguarda la pendenza, si può dire che se il pendio ha una inclinazione inferiore a 22° (pendenza del 40%) è generalmente stabile (solo in casi eccezionali si può verificare una valanga su pendii inferiori). Allo stesso modo, è difficile che si formino valanghe oltre 55° - 60° (pendenza del 170%), perché la neve non riesce a depositarsi e scivola. In generale i pendii più pericolosi sono quelli compresi tra 35° e 50° (70-120 %) (Benedini, Gisotti, 1985).

Il versante influisce in quanto la diversa esposizione alla insolazione determina una maggiore pericolosità dei pendii rivolti a nord-est nel periodo invernale, dei pendii rivolti a sud-sud-est nel periodo estivo.

Per quanto riguarda la quota, si osserva che il maggior numero di valanghe si verifica tra i 1.700 e 2.200 metri (nelle Alpi il limite sale a 3.000 metri). Questo dipende dal fatto che oltre queste altitudini, il forte vento e la ripidezza del pendio rendono difficile la deposizione della neve.

PICCOLE VALANGHE		GRANDI VALANGHE	
Acclività	Frequenza	Acclività	Frequenza
0°-15°	inesistenti	0°-15°	inesistenti
15°-25°	rare	15°-25°	rare
25°-35°	occasionali	25°-50°	comuni
35°-75°	comuni	50°-70°	meno comuni
>75°	rarissime	70°-80°	rare
>80°	rarissime		

Tabella 5.1 *Rapporto tra acclività del versante e probabilità di valanga*
Fonte: D. Alexander, 1990

La forma del pendio, il tipo di terreno e la copertura sono molto importanti. Le valanghe sono favorite da terreni rocciosi lisci, in genere privi di copertura boschiva. Sono inoltre più pericolose le zone di pendio convesse perché si formano zone a maggiore tensione per il manto nevoso. Tra le *cause scatenanti* il fenomeno franoso, si possono invece contare la presenza di strati a più debole coesione nel manto nevoso, oppure tutte le condizioni climatiche sfavorevoli come le successive nevicate, il vento e l'abbassamento della temperatura.

5.3 Le precipitazioni nevose

Si è deciso di tralasciare in questa sede l'analisi della struttura dei cristalli di neve (come è stata tralasciata la descrizione delle tipologie di terreni), concentrandosi piuttosto sulla massa nevosa e sul suo comportamento.

I parametri che vengono normalmente misurati sono:

- lo spessore della precipitazione nevosa
- la quantità caduta in 24 ore e il suo equivalente in acqua
- la quantità caduta in una determinata perturbazione e il suo equivalente in acqua
- la quantità caduta a brevi intervalli e il suo equivalente in acqua

I valori tipici per determinare l'equivalente in acqua di una precipitazione nevosa sono:

PRECIPITAZIONE	ALTEZZA	INTENSITA'
Neve caduta	10 cm	1 cm/h
Acqua equivalente	10 mm	1 mm/h

Tabella 5.2 *Equivalente in acqua di una precipitazione nevosa*

I parametri sopra elencati possono subire delle variazioni in funzione dell'intensità del vento e della forma dei crinali. Si osserva che il manto nevoso si deposita proprio in corrispondenza delle zone di decelerazione dei venti.

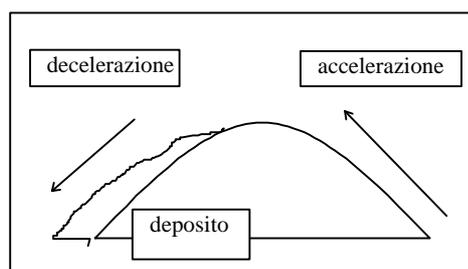


Figura 5.2 *Deposizione del manto nevoso in funzione della direzione del vento*

Il manto nevoso è formato dalla sovrapposizione di strati che possono avere dimensioni variabili in funzione delle cause che li hanno generati (diverse neviccate) e dei successivi assestamenti, e diversa consistenza. Si distinguono strati compatti, che si comportano come delle vere lastre di materiale, e strati più deboli, che favoriscono il distacco. La formazione di strati compatti è favorita da alcuni fenomeni:

- precipitazione di neve che comprime gli strati sottostanti;
- azione del vento che determina la distribuzione della neve formando lastroni;
- abbassamento della temperatura sotto 0° C.

La formazione di strati meno compatti è invece dovuta a:

- strato di neve rimasto per lungo tempo in superficie, a temperature molto basse (si crea uno strato poco coesivo);
- formazione di brina in superficie;
- aumento della temperatura o precipitazioni piovose.

La neve infatti si può presentare in molteplici modi ed è possibile azzardare queste similitudini (A. Desio, 1985):

- a- Neve farinosa \Rightarrow si comporta come una roccia incoerente;
 b- Neve bagnata \Rightarrow si comporta come una roccia semicoerente;
 c- Neve gelata \Rightarrow si comporta come una roccia coerente.

Quando si succedono diverse neviccate si ha un deposito di neve fresca su uno strato di neve che ha caratteristiche diverse; al termine della precipitazione, fatti salvi i transitori di assestamento difficilmente valutabili, si ha la formazione di un corpo nevoso stratificato paragonabile, ai fini della franosità, ad un corpo roccioso stratificato con gli strati disposti a ‘franapoggio’ e con inclinazione più o meno parallela al pendio. Questi strati differiscono per la compattezza e la coesione, per cui seguendo la stratificazione, con prove penetrometriche, è possibile individuare gli strati più deboli misurando la resistenza alla penetrazione.

Ogni tipo di massa nevosa possiede proprietà fisiche e meccaniche diverse, che dipendono dal tipo di metamorfismo che provoca cambiamenti nelle strutture e nelle caratteristiche dei cristalli di neve; per esempio ogni tipo di neve ha un proprio peso di volume, ed in generale si può dire che aumenta con la profondità, anche se tende a diminuire in prossimità della superficie del terreno.

Allo stato di addensamento si deve aggiungere la resistenza a rottura della neve: si riscontra una elevata resistenza a compressione e una bassa resistenza a trazione; quest’ultima dipendente dalla temperatura (in particolare aumenta al diminuire della temperatura).

La resistenza a taglio, invece, dipende dalle dimensioni dei grani e dalla densità della massa nevosa, e normalmente si dovrà considerare la resistenza degli strati più deboli.

Ciascun tipo di neve ha un suo particolare angolo di attrito statico e cinetico: il primo variabile tra i 50° ed i 90°, il secondo ha un range compreso tra i 17 ed i 38° (Roch A. 1966, in A. Desio, 1985).

L’espressione che permette di determinare la resistenza a taglio della massa nevosa è stata elaborata da Roch e nella forma semplificata è:

$$\tau_f = c + \sigma \cdot \text{tg}\varphi = c + \sigma(0.08c + 0.4)$$

dove c è la coesione intercetta (cioè calcolata per $\sigma = 0$); e τ , σ e c sono espressi in kg/dm³; φ è l’angolo di attrito statico.

5.4 L'equilibrio delle valanghe

Anche nelle valanghe come nelle frane si distingue una *nicchia o fronte di distacco*, individuata dal coronamento della valanga, un *alveo o pendio* di valanga, delimitata da fianchi più o meno frastagliati, ed un *cumulo di valanga* che individua il limite inferiore della valanga.

Le cause della caduta delle valanghe sono sostanzialmente simili a quelle delle frane. La rottura che genera il distacco iniziale si ha quando la resistenza a taglio risultante supera la resistenza a taglio τ_f lungo la stessa superficie.

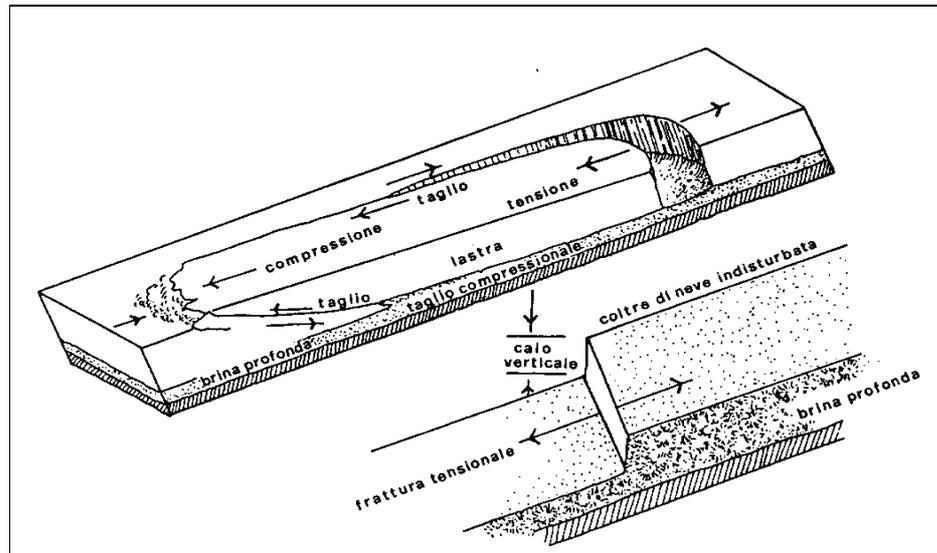


Figura 5.3 Diagramma delle forze al momento di avvio di una profonda valanga a lastre
Fonte: D. Alexander, 1990

Come per le frane, anche per le valanghe si può definire un fattore di sicurezza:

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_b}$$

dove τ_f si determina con l'espressione di Roch. Si ha rottura quando $F_s = 1$.

Quando le condizioni della neve variano a causa di cambiamenti di temperatura, oppure per le piogge, l'angolo limite del nuovo tipo di neve formatasi può essere superiore a quello precedente che ne consentiva la stabilità, ed a questo punto il pendio nevoso si stabilizza ancor di più, ma può anche darsi che l'angolo limite diminuisca fino a far instabilizzare il pendio nevoso e franare a valle provocando una valanga.

Le principali differenze nel comportamento di neve e roccia sono rappresentate soprattutto dall'enorme influenza che la temperatura dell'aria ha nei riguardi della neve e conseguentemente sulle sue caratteristiche fisiche. La neve farinosa, per un aumento di temperatura, può essere rapidamente trasformata in neve bagnata con incremento notevole del suo peso specifico e del volume. Una diminuzione di temperatura può portare al congelamento dell'acqua di fusione e essere causa della trasformazione della neve bagnata in neve gelata, con caratteristiche profondamente diverse.

Tali profonde alterazioni possono essere funeste per la stabilità dello strato nevoso.

La valanga di neve sciolta si manifesta ogni volta che l'inclinazione del pendio supera l'angolo di attrito statico della neve (si possono avere distacchi anche per pendenze di 35°), e le sue dimensioni aumentano durante la discesa. Questo tipo di valanga è normalmente superficiale e non raggiunge mai elevate velocità (30-50 km/h se neve asciutta; 15-35 km/h se bagnata).

La valanga di lastrone invece coinvolge una grande superficie di spessore circa costante, che può variare da alcuni centimetri ad alcuni metri.

5.5 Le opere di difesa dalle valanghe

Le difese dei manufatti come ferrovie, strade, case, tralicci dell'alta tensione, dall'azione distruttiva delle valanghe, consiste il più delle volte nella costruzione di ostacoli al movimento della neve (difesa passiva), oppure nel rompere la continuità del versante soggetto a valanghe con terrazzamenti artificiali, costruzione di muri trasversali, staccionate, palificate, rimboschimenti (difesa attiva).

Questi accorgimenti valgono per le valanghe 'naturali', non sempre ciò che è vero per tali tipi è vero per movimenti provocati dall'uomo od indotti da esso, come ad esempio, vibrazioni dovute al passaggio di treni, autocarri, onde d'urto provocate da esplosioni, sonorità elevata, etc.

Tutti questi fattori possono provocare il distacco di masse nevose da pendii anche se la stabilità all'azione della gravità era soddisfatta, perché introducono fattori molteplici ed assolutamente non quantificabili.

Un altro aspetto che può fungere da innesco a movimenti valanghivi sono i movimenti tellurici provocati dai sismi, anche questi difficilmente quantificabili, ma in questo caso l'ostacolo si può agevolmente aggirare in quanto se qualcosa deve cadere, a cadere sarà sicuramente ciò che 'a riposo' già vive in una condizione di precarietà, in questi casi si può parlare di pericolosità latente che viene indotta da una fonte scatenante già di per se pericolosa.

Gli strumenti di difesa attiva e passiva dalle valanghe sono facilmente individuabili sul territorio. Le opere di *difesa passiva* servono a proteggere delle zone limitate deviando il corso della valanga. Si possono trovare sostanzialmente due tipi di strutture: i cunei spartivalanghe e i muri di deviazione.

I cunei spartivalanghe sono strutture molto robuste in calcestruzzo o in pietra, utilizzate per proteggere case, tralicci dell'alta tensione o di una funivia, ponti. Sono realizzati con un angolo acuto verso monte (da 60° a 90°) e possono raggiungere un'altezza al vertice di 5-6 metri.

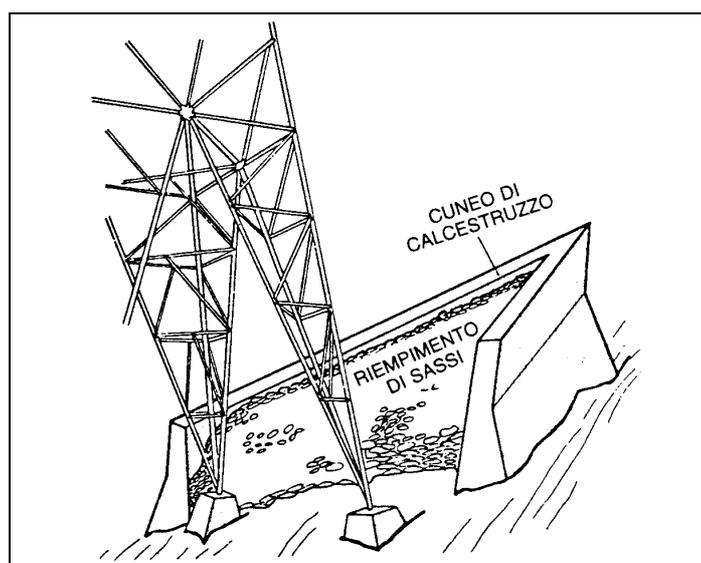


Figura 5.4

Struttura di protezione passiva: cuneo spartivalanghe

Fonte: Benedini e Gisotti, 1985

I muri di deviazione invece, vengono utilizzati per deviare la valanga lungo un percorso prefissato, verso zone dove non provochi ingenti danni. Sono realizzati in muratura o pietrame, e per renderli più efficaci, vengono disposti all'inizio quasi parallelamente alla direzione della valanga cambiando poi gradualmente la direzione fino a raggiungere quella desiderata. Questi elementi sono stati sostituiti negli ultimi anni dalle strutture di *difesa attiva*, che hanno lo scopo di impedire la formazione della valanga, stabilizzando il manto nevoso.

Un metodo molto efficace è il rimboschimento fitto con alberi ad alto fusto nelle zone di distacco.

Se invece le valanghe si formano a quote superiori al limite del bosco, in queste zone si utilizzeranno opere artificiali di sostegno. All'inizio si trattava di muretti in pietra che interrompevano la continuità del pendio, formando un terrazzamento. Si sono poi sviluppate le strutture di sostegno in legno, come le griglie da neve per le zone dove la neve non raggiunge spessori elevati, e i ponti da neve per sostenere una spinta maggiore.

Negli ultimi tempi si sono aggiunte le reti da neve, realizzate con cavi di acciaio e sostenute da robusti puntoni rinforzati da tiranti.

Infine, per difendere strade o ferrovie, si costruiscono delle gallerie che proteggono dal passaggio della valanga.

Tutte queste opere vengono dimensionate secondo criteri che si basano sulla valutazione delle sollecitazioni statiche e dinamiche della neve.

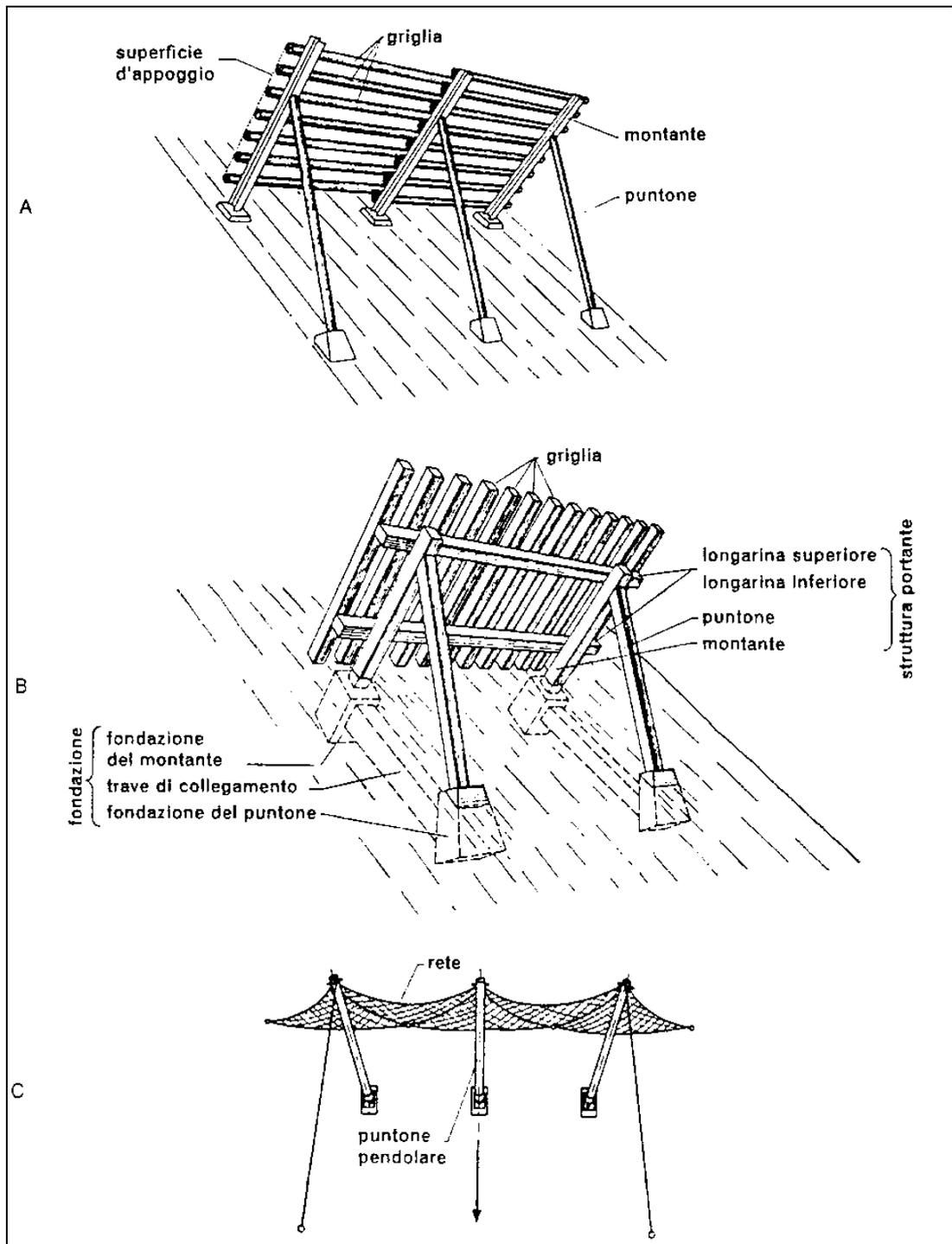


Figura 5.5 Struttura di difesa attiva contro le valanghe: ponte da neve (A), rastrelliera da neve (B), rete da neve (C)

Fonte: Benedini e Gisotti, 1985

6 LE ALLUVIONI E LE INONDAZIONI

6.1 Definizioni ed elementi caratterizzanti le alluvioni

Le alluvioni e le inondazioni sono due dei fenomeni calamitosi più frequenti e funesti che caratterizzano il territorio italiano e non solo. *Con inondazione si indica abitualmente la tracimazione di acqua da un alveo, dovuta ad una portata superiore alla massima portata idraulica possibile. Se l'acqua trasporta materiale solido, di qualsiasi tipo, allora si parla di alluvione.*

Poiché normalmente non esistono tracimazioni di sola acqua, ma il trasporto solido è sempre presente, nella trattazione che segue si userà solo il termine alluvione per indicare entrambi i fenomeni.

Trattando di alluvioni, si fa riferimento ai fenomeni che riguardano le cosiddette acque superficiali: fiumi e torrenti, laghi, bacini artificiali (una trattazione a parte meriterebbero i fenomeni che dipendono dai mari e dagli oceani).

Per descrivere le alluvioni è necessario definire gli elementi che caratterizzano il territorio nel quale si manifesta il fenomeno.

Il *bacino idrografico* (figura 6.1) è una cavità superficiale complessa che raccoglie tutte le precipitazioni cadute su di essa ed in genere le convoglia sino ad una sezione di chiusura, che spesso coincide proprio con la sezione di un corso d'acqua.

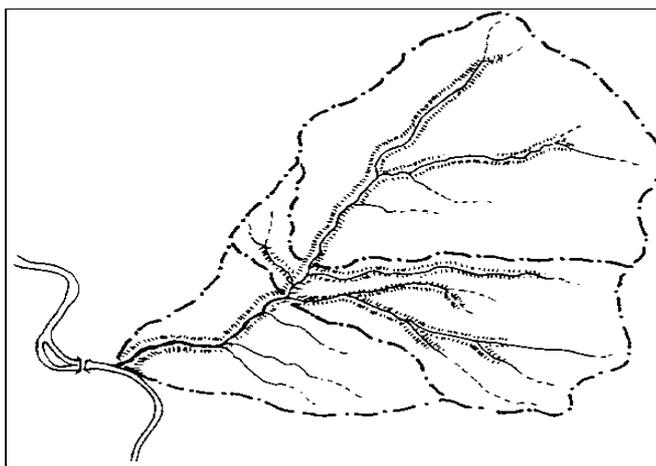


Figura 6.1 Bacino idrografico
Fonte Benedini e Gisotti 1985

I corsi d'acqua possono essere distinti in due categorie, come proposto da Saint Venant: *fiumi e torrenti*. Questa distinzione viene fatta in funzione della velocità dell'acqua; le correnti dotate di velocità maggiore superano un ostacolo senza che il corso a monte ne risenta: si parla in questo caso di torrenti; mentre nelle correnti dotate di minore velocità l'ostacolo determina l'innalzamento del livello dell'acqua verso monte fino a che l'ostacolo non viene superato: questi sono i fiumi.

Per quanto riguarda i torrenti, il forte ruscellamento e le condizioni di acclività forniscono una imponente portata d'acqua in tempi brevi; questo unito al regime di corrente veloce provoca un aumento notevole dell'energia cinetica che riesce in molti casi a trasportare a valle interi alberi e massi di notevoli dimensioni (anche di alcune tonnellate di peso).

Per quanto riguarda i fiumi, il meccanismo è diverso in quanto si ha una portata superiore a quella dei torrenti (molteplici torrenti confluiscono nel fiume nella maggior parte

dei casi), ed il regime di corrente lenta fa in modo che il trasporto solido si depositi andando a diminuire la sezione utile e quindi l'acqua straborda.

La portata dei fiumi (volume d'acqua per unità di tempo che attraversa una determinata sezione fluviale, espresso in m³/sec) oltre la quale si ha un'esondazione, è detta portata di massima piena (o portata massima istantanea o punta o portata al colmo), mentre il livello di massima piena rappresenta il limite estremo di contenimento entro gli argini delle acque.

Le alluvioni che riguardano le parti superiori dei bacini idrografici sono causate da intense precipitazioni di breve durata e su aree relativamente piccole.

Le alluvioni nelle parti inferiori dei bacini sono invece causate da precipitazioni di lunga durata; queste saturano i suoli e permettono così un aumento del deflusso superficiale delle acque, che giungono infine al collettore principale da molti piccoli sottobacini.

La forma stessa dei bacini influenza l'andamento dei deflussi: bacini aventi forma circolare presentano piene di minore durata, ma con portate maggiori rispetto ai bacini di forma allungata. Il fattore di forma F_f si calcola secondo la seguente formula:

$$F_f = 0,89 \cdot \frac{L}{A^{1/2}}$$

dove L = lunghezza del corso, A = superficie del bacino.

Il bacino avrà forma circolare se $F_f = 1$, mentre quanto più $F_f > 1$ tanto più il bacino sarà allungato (A. Giorgi, 1996).

Le portate dei corsi d'acqua sono misurate in apposite stazioni di misura e riportate negli idrogrammi. L'insieme delle misure può essere riportato su un grafico portate/intervalli temporali, al fine di ricavare il cosiddetto periodo di ritorno delle piene

$$R = (N+1) / M$$

in cui R = tempo di ritorno, N = numero d'anni di registrazione, M = numero di piene registrate nel periodo. Ad esempio, se in 20 anni di registrazioni si sono avute 3 piene massime di 300 mc/sec, il tempo di ritorno di ciascuna piena sarà $21/3=7$. Questo dato è importante in quanto la progettazione delle opere e gli insediamenti devono tenere conto delle piene con tempi di ritorno previsti ogni 25, 50 o 100 anni (A. Giorgi, 1996). La piena ordinaria di un corso d'acqua è convenzionalmente quella che avviene con tempi di ritorno di 2,33 anni. L'alveo di piena ordinaria è quello nel quale avvengono le piene ordinarie. L'alveo di piena straordinaria è quello nel quale avvengono le piene secolari. La piena alluvionale è quella nella quale possono avvenire piene di portata plurisecolare.

6.2 Cause delle alluvioni

Le precipitazioni sono la "conditio sine qua non" affinché avvenga il fenomeno; a queste vanno aggiunti molti altri fattori, quali:

- il deflusso superficiale;
- il trasporto solido;
- sezioni di deflusso anguste, detriti in alveo, costruzioni in alveo;
- l'urbanizzazione.

Per *deflusso superficiale* si intende la porzione di acqua precipitata che non filtra nel terreno, ma fluisce su di esso fino ad incontrare una sezione di chiusura. La porzione di acqua che ruscella dipende da molteplici fattori quali:

- grado di imbibimento del terreno "ab initio";
- tipo di suolo;
- tipo di uso del suolo (vegetazione, costruzioni...).

Riguardo al grado di imbibimento del terreno non è possibile azzardare previsioni a lungo termine in quanto è un parametro difficilmente discretizzabile. Infatti dipende da

innumerevoli fattori variabili in modo continuo nel tempo (altezza falda freatica, frequenza precipitazioni, umidità del terreno...).

Per quanto riguarda invece l'influenza che hanno uso del suolo e tipo di suolo la trattazione è molto più ampia e consolidata. Per definire l'influenza di questi ultimi due fattori negli anni si sono susseguiti diversi metodi, ma quello che probabilmente ha riscosso più successi per la sua semplicità ed immediatezza è senz'altro il metodo del SCS Curve Number (si veda in proposito U. Maione, 1995), il quale permette, incrociando tipo e tessitura del suolo con l'uso del suolo stesso, di determinare la risposta idrologica di un sito fornendo anche la stima della portata infiltrata e di quella di ruscellamento (Appendice A1).

Per *trasporto solido* si intende il trasporto di sedimenti da parte della corrente per effetto del suo movimento. Il fenomeno che sta alla base del trasporto solido è prettamente fisico, la velocità dell'acqua conferisce alla massa d'acqua un'energia cinetica la quale riesce a far muovere i sedimenti se rispetta la legge:

$$\vec{F} > \vec{c} + m\vec{g} - \gamma\vec{V}$$

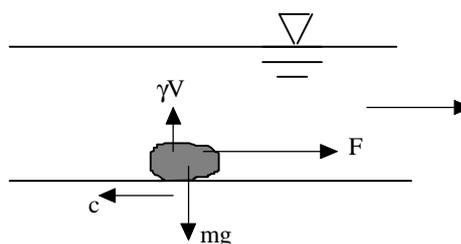


Figura 6.2 Schematizzazione del trasporto solido

dove:

- \vec{F} : vettore forza cinetica
- \vec{c} : la coesione (o attrito statico)
- m : massa del sedimento
- \vec{g} : accelerazione di gravità
- γ : peso specifico dell'acqua
- V : volume del sedimento

Ci sono tre tipi di trasporto solido (Benedini e Gisotti, 1985):

- trasporto di fondo;
- trasporto in sospensione;
- trasporto di sostanze solubili.

In genere, al trasporto solido e in sospensione compete circa il 50% del totale in massa e pochi punti percentuali (2-4%) competono al trasporto di sostanze solubili.

Materiali trasportati	Modalità di trasporto	Denominazione
ghiaia, sabbia e limo	trascinamento sul fondo in 3 modi: rotolamento, strisciamento, saltazione	trasporto di fondo o carico di fondo
minerali argillosi e colloidali	in sospensione colloidale	deflusso torbido o trasporto in sospensione
sali	in soluzione	trasporto in soluzione

Per sezioni di *deflusso anguste* si intendono tutte le sezioni che per cause naturali (es frana in alveo) oppure umane (canalizzazioni ed intubamenti) sono inadeguate dimensionalmente ad accogliere il deflusso di piena. Avviene infatti spesso, specialmente all'interno dei centri abitati, che l'alveo venga cementato od addirittura intubato. Queste

opere permettono di trasportare velocemente e direttamente l'acqua di ruscellamento negli alvei ma tali mutamenti rispetto alla condizione "naturale" dell'alveo portano, come conseguenza, ad una riduzione dei tempi di corrivazione e ad un numero sempre più frequente d'alluvioni (A.Giorgi, 1996). Tale situazione è particolarmente grave in quanto essendo perlopiù in regime di corrente lenta (a fiume) i corsi d'acqua "urbani" manifestano la perturbazione a monte aumentando il livello dell'acqua e ciò può essere molto pericoloso.

Per *detriti in alveo* si intendono i cumuli di detrito delle frane oppure causati dallo scarico di materiale (perlopiù residui da costruzione) che modificano la geometria dell'alveo e diminuiscono la sezione utile, i problemi che possono nascere sono analoghi a quelli delle sezioni anguste a cui si deve aggiungere un aumento del trasporto solido.

Per *costruzioni in alveo* si intendono tutte le opere artificiali costruite dall'uomo all'interno dell'alveo fluviale.



Figura 6.3 *Costruzione nell'alveo del fiume Brembo danneggiata dall'alluvione del 1987*
Fonte: *Dissesto idrogeologico prevenire o subire, 1987*

L'urbanizzazione rende impermeabili i terreni, determinando quindi l'incremento delle superfici di scorrimento e diminuendo l'infiltrazione delle acque in profondità. Di conseguenza si determina un maggiore deflusso superficiale. Ciò provoca un incremento dei massimi di piena ed una diminuzione della ricarica delle falde (Mignosa, Tanda in "Sistemi di drenaggio urbano" 1985).

6.3 **Danni causati**

L'uomo ha cercato sempre di insediarsi nelle pianure alluvionali, vuoi per la presenza di suoli fertili, vuoi per l'abbondanza d'acqua e per la facilità con cui si possono costruire strade e edifici. Ciò ha portato naturalmente a conflitti sempre maggiori con le piene dei fiumi. La risposta dell'uomo è stata quella di controllare l'acqua, costruendo dighe, argini, canali artificiali o canalizzando gli stessi alvei fluviali. Questi progetti hanno indotto le persone a lavorare e abitare nei pressi dei corsi d'acqua, nella presunzione che il rischio alluvionale fosse un problema oramai risolto dalle opere dell'uomo. Ma allorquando le acque eccedono le capacità di ritenzione delle strutture possono avvenire disastri imponenti. Gli effetti delle inondazioni sono in genere primari, ovvero causati dall'acqua che fluisce e dai materiali solidi che trasporta, o secondari, procurati dalla distruzione di servizi e sistemi e da eventi generati da tali impianti danneggiati.

Gli effetti primari sono: perdita di vite e danni materiali a case, fabbriche, infrastrutture (strade, ferrovie, ponti). Tuttavia l'erosione e il deposito di sedimenti possono

provocare anche danni estesi e di minor entità in termini di perdita considerevole di suolo e vegetazione.



Figura 6.4 Galleria paravalanghe realizzata in fregio all'argine crollata nel corso di un'alluvione
Fonte: *Il dissesto idrogeologico prevenire o subire, 1987*

Gli effetti secondari includono inquinamento dei fiumi, problemi per il nutrimento, il ricovero e lo spostamento di popolazione che ha perso le case, incendi per cortocircuiti o rotture di condutture del gas.

Per quanto riguarda il territorio italiano, le informazioni relative ai danni causati dalle alluvioni negli ultimi 100 anni sono state raccolte in ambito CNR dal gruppo del GNDCI nel progetto AVI PIENE 1992-95. Di seguito sono riportati alcuni dati:

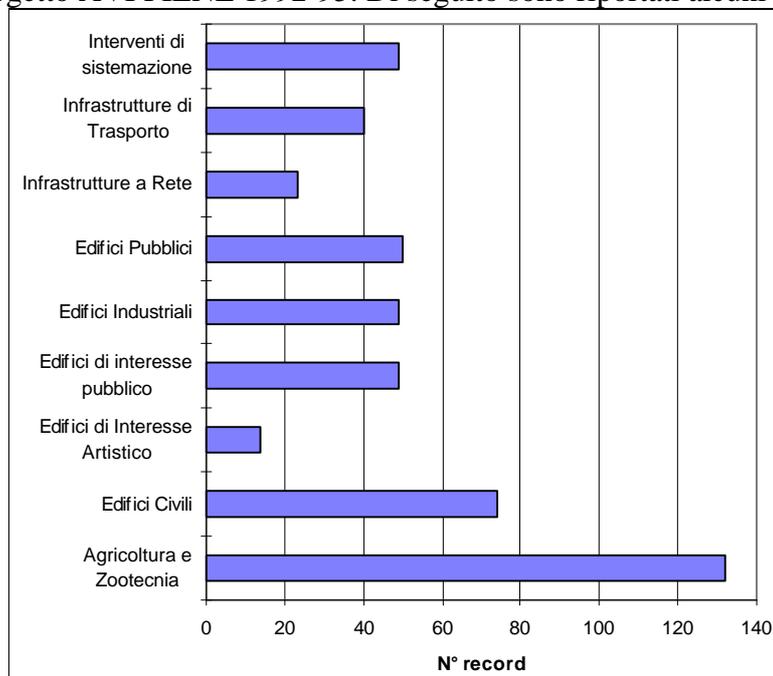


Figura 6.5 Tipologie di strutture e edifici colpite dai fenomeni alluvionali negli ultimi 100 anni.
Fonte: *Progetto AVI PIENE, 1991-95*

6.4 Le opere di difesa dalle alluvioni

Attualmente quasi tutti gli insediamenti non rispettano l'equilibrio idrogeologico del territorio.

Il modo migliore per mitigare il rischio di alluvione sia da ricercarsi in interventi generalizzati ed interdisciplinari:

- attenta programmazione urbanistica per i nuovi insediamenti e la riorganizzazione dell'esistente;
- interventi idraulici per una risistemazione ottimale dei corsi d'acqua;
- interventi ingegneristici per la costruzione di opere di difesa dell'esistente.

In particolare *l'azzonamento urbanistico* dovrà tenere conto delle aree più sensibili e non incidere su quelle che hanno una funzione mitigatrice nei confronti dei fenomeni alluvionali (è necessario evitare di costruire in zone inondabili, evitare il taglio dei boschi, limitare la cementificazione in zone potenzialmente a rischio).

Per quanto riguarda i boschi, già nel sedicesimo secolo si era intuita la loro grande importanza nell'equilibrio idrogeologico e come registratori di piena. Andrea Bacci nel 1576, nella sua opera 'Il Tevere', propone di proibire la coltivazione delle zone adiacenti le sponde del fiume per impedirne l'erosione.

Il primo che studiò sistematicamente "l'effetto bosco" fu Engler (1919) il quale utilizzò due piccoli bacini di caratteristiche fisiche analoghe, ma boscati in modo diverso e ne trasse in estrema sintesi queste conclusioni:

1. portata solida del bacino parzialmente boscato 2,6 volte maggiore di quella del bacino totalmente boscato;
2. deflussi stagionali maggiori (di poco) nel bacino parzialmente boscato;
3. portate di piena sensibilmente maggiori nel bacino parzialmente boscato;
4. magre più accentuate nel bacino parzialmente boscato;
5. frane superficiali causate da effetti meteorici in numero maggiore nel bacino poco boscato che nel bacino totalmente boscato (G. Calabri, 1991);

Solo tali dati rendono evidente come un bosco abbia risvolti positivi nella mitigazione del rischio fisico. Tuttavia altri studiosi ritengono che ciò sia vero solo per piccoli bacini e non risponda più a verità quando si considerano situazioni complesse di bacini compositi e più grandi (L. Ghirardelli, V. Marone, 1967). Oggi si ritiene che le due teorie non siano in disaccordo, ma le si considera come parti integranti di un approccio diverso che tende a vedere anche i bacini più grandi come un insieme complesso di sottobacini i quali singolarmente si comportano alla Engler, mentre nel complesso paiono accettabili le teorie di Ghirardelli e Marone.

Gli *interventi idraulici* dovranno provvedere alla risistemazione degli argini e degli alvei in modo tale da scongiurare cattivi funzionamenti della rete idrica in quanto tale. Il dimensionamento dovrà essere svolto, dove possibile, assumendo i tempi di ritorno suggeriti in precedenza. Tra questi interventi vanno ricordate le casse di colmata che hanno il compito di immagazzinare acque nei periodi di piena e rilasciarle in tempi successivi. Le canalizzazioni, infine, consentono di ampliare la sezione dei corsi d'acqua, e di trasportare quindi la massa idrica più velocemente. L'uso di rocce o altri materiali resistenti consentono di diminuire artificialmente l'erosione. Altri interventi consistono nell'allargamento, approfondimento degli alvei o costruzione di nuovi canali. E' principalmente una tecnica ingegneristica che ha l'obiettivo di controllare le alluvioni, drenare zone umide, controllare l'erosione, e facilitare la navigazione.

I canali possono, con il tempo, ripristinare per via naturale il precedente aspetto (ritorno ad una condizione d'equilibrio), quando le opere non sono state drastiche.

Se invece gli interventi sono stati eccessivi si può entrare in un circolo vizioso d'erosione e di continuo approfondimento. Allorché i benefici di un progetto di canalizzazione sono superati dai costi, sia in termini monetari, sia con riferimento all'integrità ambientale, è utile rinaturalizzare i canali. Le canalizzazioni possono produrre effetti negativi per la produzione ittica e per la vita nelle aree umide.

Il taglio della vegetazione che cresce nei greti fluviali, elimina la copertura e il riparo dai raggi solari per i pesci. Esponendo il corso d'acqua al sole si danneggerà la vita delle piante e degli organismi sensibili al calore. Il taglio delle alberature che crescono lungo le rive, elimina l'habitat di molti animali e uccelli e facilita l'erosione e l'insabbiamento dei corsi d'acqua.

Il raddrizzamento dei canali distrugge la diversità nel modo di scorrere dell'acqua, e distrugge le aree di nutrimento e di riproduzione della vita acquatica.

La bonifica delle aree umide, realizzata tagliando i meandri, degrada seriamente il valore estetico d'aree naturali.

Per quanto riguarda gli effetti sulle alluvioni, è evidente come fiumi rettilinei consentiranno alla corrente di raggiungere elevate velocità, perciò una quantità maggiore d'acqua sarà trasportata a valle, provocando piene improvvise e più imponenti di quelle che si sarebbero verificate con gli alvei allo stato naturale. Gli effetti delle canalizzazioni non sono sempre negativi, in particolare laddove la loro realizzazione è stata attentamente studiata. Rivestono grande importanza laddove servono per la navigazione o per impedire alluvioni in aree particolarmente vulnerabili.

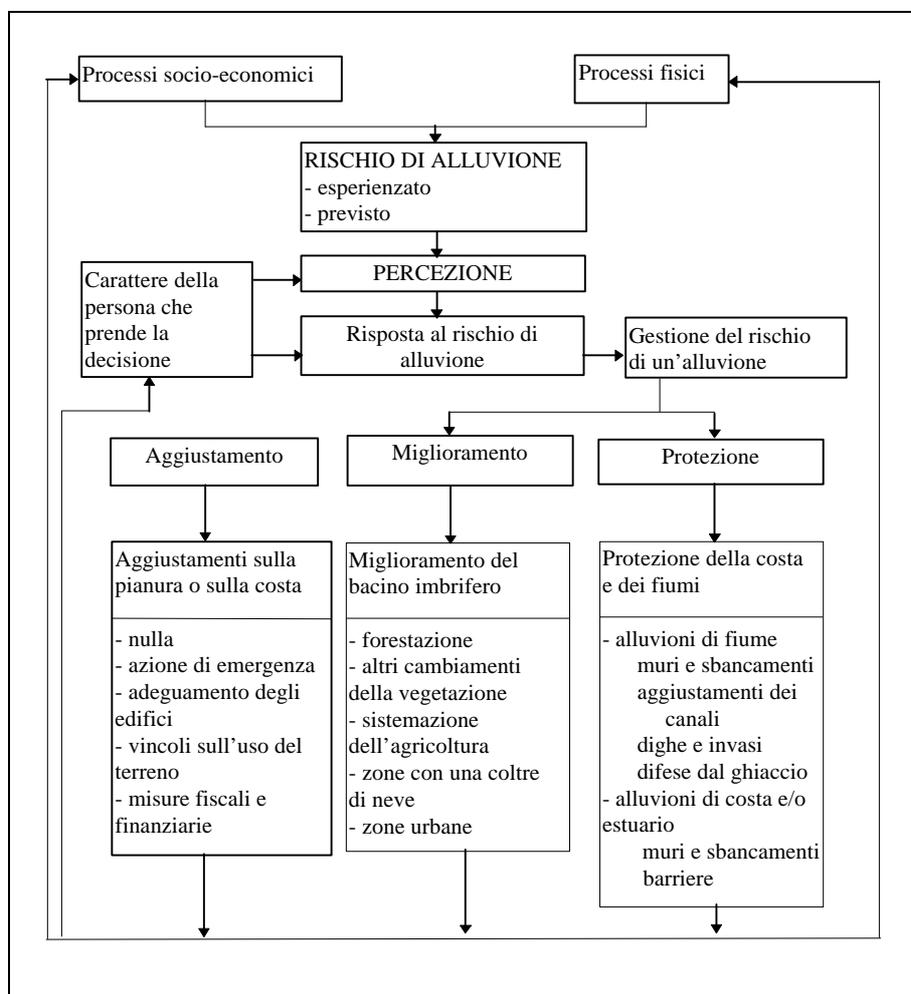


Figura 6.6 *Elementi principali per la difesa contro le alluvioni*
Fonte: D. Alexander, 1990

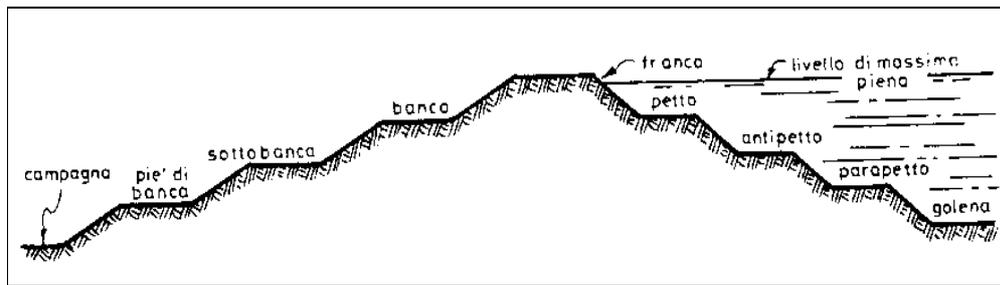


Figura 6.7 Sezione trasversale di un argine del Po
Fonte: Benedini, Gisotti, 1983

Gli *interventi ingegneristici* dovranno consistere nella costruzione di opere che minimizzino il pericolo di alluvione all'interno dei centri abitati, inclusa la costruzione di strutture quali argini e opere murarie, con funzioni di barriera fisica contro le piene.

Rimane implicito che un intervento solo idraulico o solo urbanistico o solo ingegneristico, risulta inutile e nella maggior parte dei casi dannoso.

Da un punto di vista ambientale, il migliore approccio alla mitigazione dei danni derivanti da alluvioni nelle pianure alluvionali è una seria programmazione territoriale. Questo non vuole dire che si eviterà di costruire argini, canali o dighe, che possono essere necessari per proteggere vite e cose. Bisogna sempre ricordarsi che la piana alluvionale appartiene al sistema fluviale, ed ogni restringimento degli alvei porta di conseguenza ad un incremento dei caratteri idraulici degli eventi alluvionali.

7 GLI INCENDI BOSCHIVI

7.1 Definizione ed elementi caratterizzanti gli incendi boschivi

Il problema degli incendi boschivi ha assunto negli ultimi anni proporzioni preoccupanti; basti osservare le statistiche delle aree colpite da incendio dal 1977 al 1990 in Italia

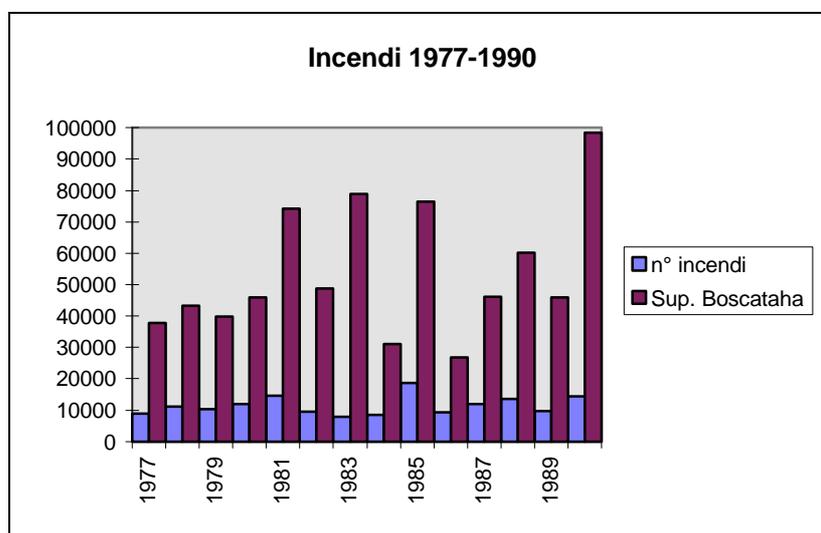


Figura 7.1 Incendi in Italia dal 1977 al 1990
Fonte: Ministero dell'agricoltura e delle foreste, in Calabri, 1991

Il bosco ha numerose funzioni, tra le quali spiccano la protezione idrogeologica del suolo, la funzione ecologica e quella igienico-ambientale.

La prima si manifesta nel consolidamento statico del terreno rinforzandolo con le radici e contribuendo alla stabilità non solo dei pendii ma anche delle masse nevose; nella resistenza al dilavamento incrementando lo strato di terreno che ricopre la roccia e rallentando lo scorrimento superficiale dell'acqua. La funzione ecologica si traduce invece nella possibilità di ospitare diverse specie animali e vegetali. La funzione igienico-ambientale è rappresentata dalla riduzione del degrado delle condizioni ambientali.

La pratica dell'incendio trova applicazione nei secoli per favorire la crescita di alcune coltivazioni, ma è innegabile che, qualora si perda il controllo del fuoco, gli effetti sulla superficie percorsa sono estremamente pericolosi e riguardano non solo la perdita di copertura vegetale ma un intero patrimonio di risorse.

In generale si possono distinguere i seguenti tipi di incendio:

- *incendi sotterranei*: bruciano la sostanza organica al di sotto dello strato superficiale di lettiera (muschio, torba, humus). La combustione è lenta e si spegne con difficoltà, creando notevoli pericoli per la ripresa e la diffusione del fuoco.
- *incendi di superficie*: è il tipo più comune. Bruciano la lettiera, l'erba, le foglie, i rami morti e in generale la vegetazione a livello del suolo. In questo caso il fuoco è rapido ma non di forte intensità e non provoca eccessivi danni agli alberi.
- *incendi di chioma*: il fuoco si estende alle chiome degli alberi e può passare da una cima all'altra indipendentemente dal fuoco di superficie. È il fuoco più pericoloso e quello che sviluppa maggior calore.

Talvolta un incendio può assumere nel tempo diversi aspetti, e nei casi peggiori può coinvolgere l'intera vegetazione.



Figura 7.2

Incendio sotterraneo: bruciano le sostanze sotto il livello del suolo
Fonte: G. Calabri, 1991

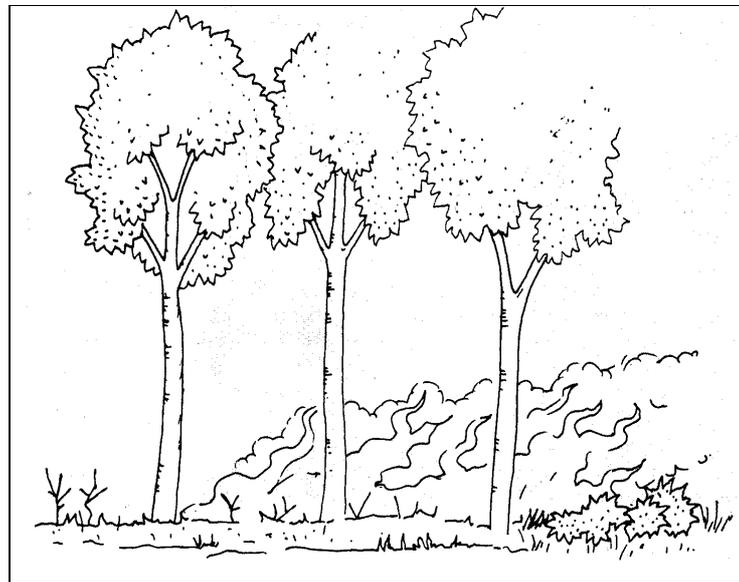


Figura 7.3

Incendio di superficie: brucia la vegetazione a livello del suolo
Fonte: G. Calabri, 1991

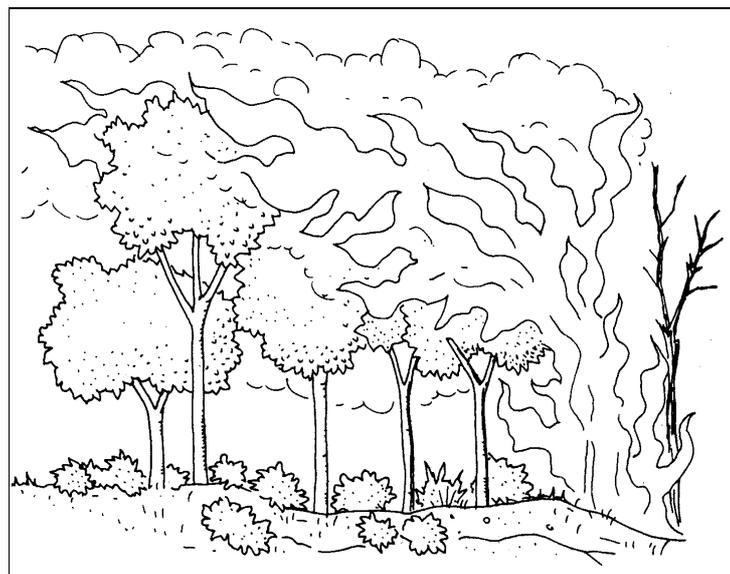


Figura 7.4

Incendio di chioma
Fonte: G. Calabri, 1991

7.2 Le cause degli incendi

In generale, le cause degli incendi si possono distinguere in:

- cause naturali;
- cause accidentali;
- cause colpose;
- cause dolose;
- cause sconosciute o dubbie.

Tra le *cause naturali* ci sono il fulmine e l'autocombustione. Il fulmine è un fenomeno variabile perché dipende dalle particolari condizioni meteorologiche e dal tipo di vegetazione, e assolutamente imprevedibile: proprio per questo motivo non è trascurabile.

L'autocombustione invece è un particolare fenomeno che però non riguarda i boschi italiani per il particolare clima.

Le *cause accidentali* sono quelle che pur non essendo naturali, non dipendono direttamente dall'azione umana, quali il raggio solare attraverso un pezzo di vetro, le scariche dovute all'interruzione delle linee elettriche.

Le *cause colpose* sono invece quelle dovute a imprudenza o negligenza, e da violazioni dei regolamenti: per esempio, l'abbandono di mozziconi e cerini, fuochi dei picnic, fuochi artificiali. Anche la pratica agricola del bruciare le sterpaglie rientra in queste cause, come pure la ripulitura della scarpate con il fuoco.

Si parla di *cause dolose* ogni volta che c'è la volontà di causare il dolo.

Questa suddivisione è stata soppressa dal 1989. Ora le cause si distinguono in:

- naturali;
- volontarie;
- involontarie;
- non classificabili.

Sostanzialmente si tratta della stessa classificazione precedente, dove le cause dolose sono state sostituite da quelle volontarie, mentre accidentali e colpose sono state riunite nelle cause involontarie.

L'analisi della situazione italiana, mette in luce, purtroppo, che la maggior parte degli incendi sono dovuti a distrazione e imprudenza, ma spesso sono dovuti a cause dolose. Data l'importanza del bosco, l'opera di pianificazione, non potendo gestire le cause, dovrà essere indirizzata soprattutto alla localizzazione delle risorse e alla individuazione delle aree che, per le loro caratteristiche, potrebbero essere percorse dal fuoco più velocemente rendendo difficile ogni tipo di intervento.

7.3 Fattori che influenzano il comportamento degli incendi

I principali fattori che influenzano il comportamento dell'incendio sono innanzitutto il combustibile, ma anche le condizioni meteorologiche e la topografia.

1. *I combustibili vegetali*: si possono fare diverse classificazioni. Si può distinguere, in analogia con i tipi di incendio, in combustibili di terra (sostanza organica del terreno e radici), di superficie (tutto il materiale fino ai due metri di altezza da cui normalmente ha origine il fuoco, ovvero lettiera, piante erbacee, arbusti, muschi ...) e aerei (tutti gli elementi della copertura forestale oltre i due metri di altezza). Oppure, più semplicemente, si possono distinguere i combustibili in *leggeri*, come erba, foglie secche e arbusti, molto infiammabili, e in *pesanti* come tronchi, rami grossi e ceppaie, meno infiammabili. Al di là di questa suddivisione, quello che più è importante è la continuità della vegetazione lungo le linee verticali e orizzontali. La continuità in verticale si ha ogni volta che le erbe sono seguite dai rami degli arbusti e poi dai rami degli alberi. In questo caso il fuoco si propaga velocemente dalle erbe fino alle chiome più alte dalle quali cadono i tizzoni che creano nuovi focolai e

l'incendio si diffonde rapidamente. La continuità in orizzontale spesso implica anche quella verticale se compaiono erbe, arbusti e alberi, e mette in evidenza l'importanza di radure al fine di ridurre l'estensione dell'incendio. Tra i parametri più importanti per distinguere i vari tipi di combustibili ci sono l'infiammabilità, la velocità di propagazione e il potere calorifico. Tutti dipendono dalla struttura del combustibile, dal peso specifico, dalle dimensioni dei vegetali, dal contenuto di acqua, di oli essenziali e di resine, dalla disponibilità di ossigeno. L'infiammabilità dipende direttamente dal diametro delle parti legnose (i materiali piccoli si scaldano meglio e raggiungono prima la temperatura di accensione).

Il contenuto di acqua influenza invece il potere calorifico, sottraendo calore per la sua vaporizzazione. Si distinguono il potere calorifico superiore, che è la quantità di calore prodotta per unità di peso (compreso il calore che il vapore acqueo cede all'ambiente quando torna allo stato liquido quantificato a circa 600 cal/kg) e il potere calorifico inferiore, riferito alla materia secca. E' proprio questo ultimo che interessa trattando di combustioni libere. Per legna allo stato secco, il potere calorifico superiore può assumere i seguenti valori (G. Calabri, 1991):

- conifere 4.700 cal/kg
- latifoglie 4.350 cal/kg

Maggiore è invece il potere calorifico delle piante che hanno un buon contenuto di oli essenziali e resine in quanto sono caratterizzate da una temperatura di accensione minore di quella del legno e sprigionano una quantità maggiore di calore. Si può raggiungere circa 8.700 cal/kg per la resina. Per questo motivo gli incendi di conifere sono meno gestibili di quelli di latifoglie.

Ci sono poi piante, come le tamerici, che contengono sali di calcio e silicio che ostacolano l'infiammabilità. Il contenuto di sali infatti influenza la quantità di ceneri che ritardano la fase di combustione ostacolando dapprima la penetrazione del calore e poi quella dell'ossigeno.

2. *Le condizioni meteorologiche.* Gli elementi determinanti per l'intensità e la velocità di propagazione di un incendio sono l'umidità dell'aria, la temperatura, le precipitazioni e il vento. E' ovvio che nei periodi di siccità si possono avere i maggiori problemi (umidità ridotta, alte temperature, precipitazioni scarse). Il vento ha una influenza determinante sia sulla intensità, che viene notevolmente aumentata, che sulla velocità di propagazione, che ne è accelerata. In generale, il vento facilita gli incendi perché facilita l'essiccazione della vegetazione, porta una grande quantità di ossigeno alla combustione, trasporta i tizzoni ed impone la direzione di propagazione all'incendio.

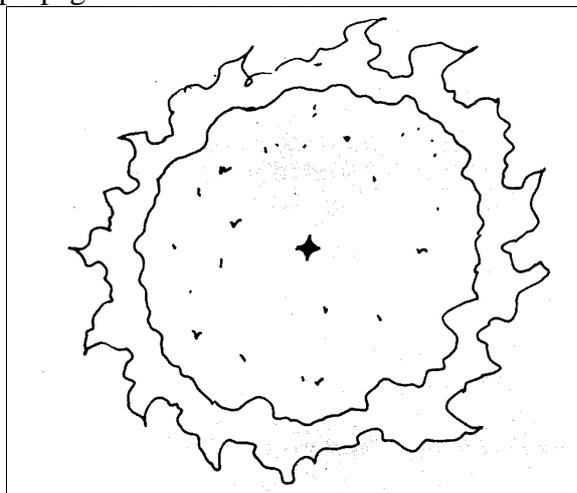


Figura 7.5 Propagazione di un incendio in assenza di vento
Fonte: G. Calabri, 1991

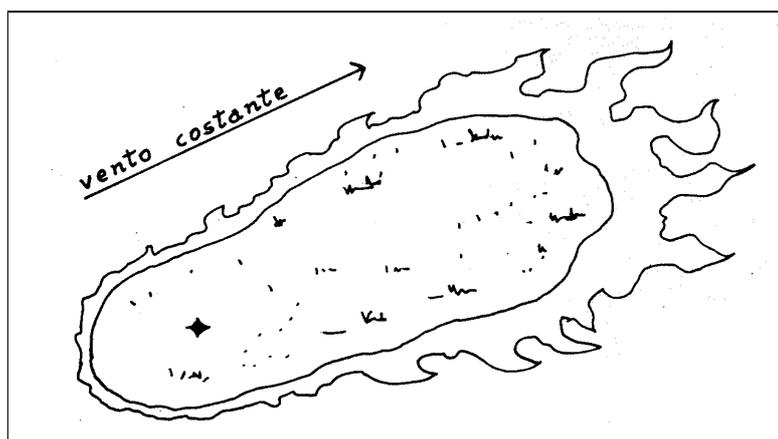


Figura 7.6 Propagazione di un incendio con vento costante
Fonte: G. Calabri, 1991

L'umidità gioca però un ruolo determinante: infatti essa passa da circa il 40% a 30° a circa il 100% a 15° C (in condizioni standard di 1 atm e volume di 1 normal m³). Dati sperimentali e rilevati sui siti colpiti da incendio evidenziano come, con un umidità relativa del 25%, la combustione avvenga solo se viene fornito un elevato apporto esterno di calore. (Atti del convegno "Gli incendi boschivi, loro effetti e loro prevenzione", 1989).

Considerando il clima italiano nel suo complesso notiamo che le condizioni più favorevoli al propagarsi dell'incendio avvengono nei mesi estivi più caldi dove l'umidità è bassa e il territorio è spazzato dai venti sciroccali caldi e secchi provenienti dall'Africa settentrionale. Se consideriamo L'Italia più in dettaglio vediamo come al suo interno vi siano microclimi con differenze abissali tra loro.

Mesi	% Incendi in Italia	% Incendi in Val Sabbia
Gennaio-Marzo	3.46%	54.05%
Aprile-Giugno	6.84%	21.62%
Luglio-Settembre	78.90%	5.41%
Ottobre-Dicembre	10.72%	18.92%

Tabella 7.1 Distribuzione degli incendi nell'arco dell'anno
Fonte: D. Vallati, 1993

Come si nota dai dati riportati in tabella 4 le differenze sono notevoli e totalmente riconducibili al clima (sulle Alpi e Prealpi l'umidità relativa è minore in inverno a causa dei venti secchi provenienti da nord). La temperatura come dato a se stante non ha grande significato in quanto non entra in modo rilevante nei parametri dell'incendio, ha però molto significato se considerata come indice dell'umidità relativa.

3. *La topografia.* Influisce con esposizione e pendenza. L'esposizione determina l'irraggiamento solare, e quindi influenza temperatura e umidità: in estate sono più pericolosi i versanti a sud e sud-ovest, mentre in inverno e all'inizio della primavera sono più pericolosi i versanti a nord e nord-est esposti ai venti freddi e secchi del nord.

La pendenza invece facilita la propagazione dell'incendio verso le zone più alte a causa delle correnti ascensionali generate dal fuoco. Sul versante con esposizione opposta a quella dove si è formato l'incendio, non si propaga il fuoco a causa di una corrente ascendente di richiamo che favorisce un rallentamento del fronte sul crinale. Alcuni autori (riportati in G. Calabri, 1991) hanno osservato che la pendenza incide sulla velocità di propagazione in queste proporzioni:

PENDENZA	VELOCITÀ DI PROPAGAZIONE
0 - 5 %	R
30 %	2 R
55 %	4 R
oltre 70%	10 R

Tabella 7.2 Rapporto tra la velocità di propagazione dell'incendio e la pendenza del versante
Fonte: G. Calabri, 1991

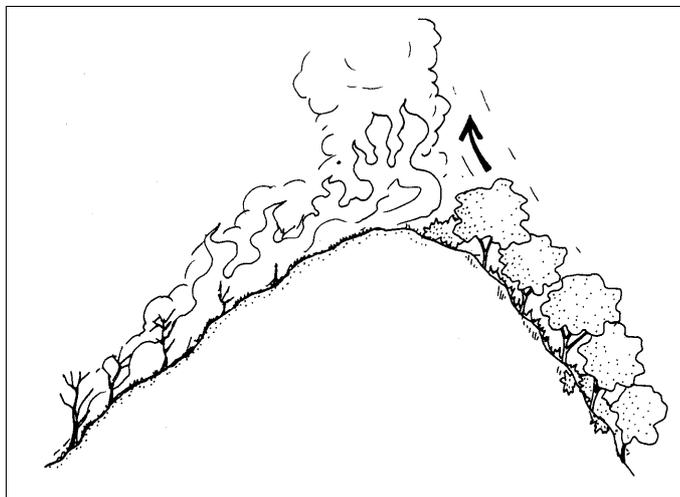


Tabella 7.3 Nel crinale il fuoco assume un andamento quasi verticale mentre sull'altro versante si ha un richiamo d'aria per la convezione.
Fonte: G. Calabri, 1991

7.4 Intensità dell'incendio.

Vi sono in letteratura molti indici che cercano di quantificare l'intensità di un incendio, tuttavia il più autorevole ed accettato sembra essere l'indice di Byram (G. Calabri, 1991):

$$I=0,007*H*W*R$$

dove:

R: velocità di diffusione del vento in m/min

W: peso del combustibile per unità di superficie in t/ha

H: è il potere calorifico inferiore in cal/g

Questo indice ha come unità di misura i Kw/m

Lo stesso autore fornisce un ulteriore indice che correla l'intensità lineare dell'incendio all'altezza delle fiamme. Tale indice è:

$$I_1=3*(10h)^2$$

dove h è l'altezza delle fiamme in m.

7.5 Emissioni degli incendi.

Nel caso teorico che la combustione sia completa e stechiometrica, materiali vegetali costituiti solo da cellulosa produrrebbero per ogni ettaro di bosco bruciato con 50 tonnellate di combustibile:

92 tonnellate di CO₂

27 tonnellate di vapor d'acqua

ed il processo necessiterebbe di 273.000 normal m³ di aria.

Nella realtà le cose sono molto diverse dal caso ideale ed un incendio 'tipo' reale produce:

0,5-2% del peso secco del combustibile di Idrocarburi
10 Kg di particolato per ogni ton di combustibile secco
da 900 a 1.600 Kg di CO₂ per ton di combustibile bruciato
200 ppm di CO vicino alle fiamme e 10 ppm di CO a 30 metri dalla fiamma

E' inutile soffermarsi sulle conseguenze che tali prodotti di combustione hanno sull'ambiente e sull'uomo si vuole solo ricordare che gli idrocarburi in concentrazioni elevate hanno effetti nefasti sulla fauna ed il particolato contiene elementi non facilmente classificabili ma nel loro insieme fastidiosi e allergici all'uomo ed agli animali.

7.6 La difesa dagli incendi boschivi

Il modo migliore per intervenire con opere di difesa dagli incendi boschivi è innanzitutto quello di conoscere le caratteristiche fisiche, le condizioni meteorologiche, e la distribuzione del combustibile per il territorio che si sta analizzando; in pratica è necessario conoscere la distribuzione dei parametri che influenzano l'incendio. Solo in questo modo si può pensare di intervenire con tempestività per limitare i danni.

Tra le opere antincendio che possono essere predisposte sul territorio per il governo degli incendi, quella più efficace sembra essere la realizzazione di fasce tagliafuoco. Si tratta di fasce ottenute abbattendo alberi e cespugli, e realizzate con lo scopo di ridurre l'intensità dell'incendio e la sua propagazione. Queste fasce possono avere diverse larghezze in funzione della vegetazione predominante: da 1 metro in caso di prati, fino a diversi metri per boschi d'alto fusto.

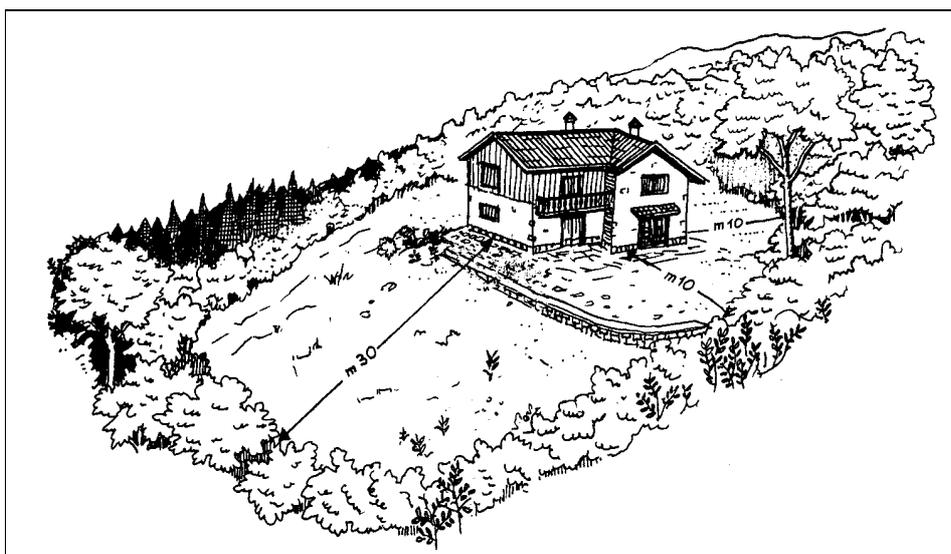


Figura 7.7 *Intorno alle case va rimossa la vegetazione infiammabile*
Fonte: G. Calabri, 1991

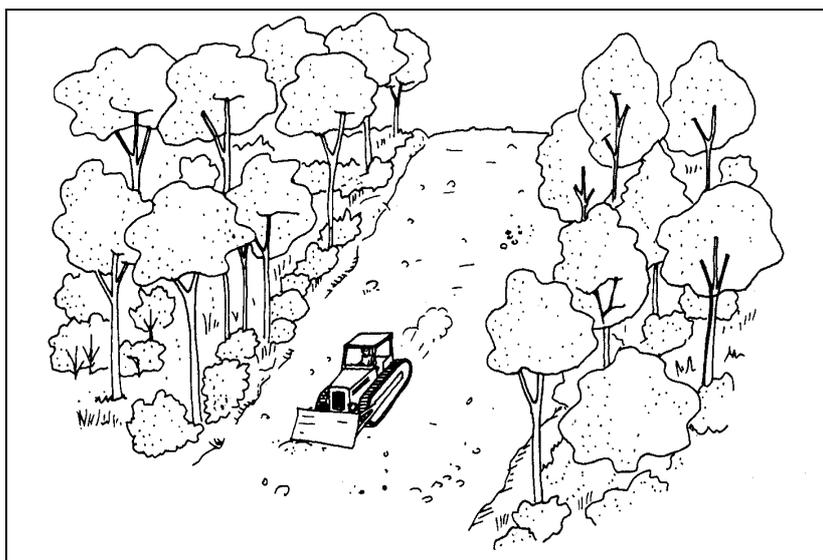


Figura 7.8 *Esempio di viale tagliafuoco*
Fonte: G. Calabri, 1991

In Italia è però difficile trovare applicazione di queste opere, in quanto il particolare clima non consente il mantenimento di efficienti fasce tagliafuoco favorendo la crescita, in poco tempo, di cespugli e arbusti. L'unico modo per realizzarle sarebbe quello di utilizzare trattamenti chimici che non consentano la crescita di vegetazione, ma questa possibilità si scontra con problemi di altro ordine (moralì e sociali).

Alla luce di quanto detto, la difesa dagli incendi boschivi è quindi demandata alla attività sul territorio delle forze antincendio.

7.7 Indici di rischio in letteratura

In letteratura si intende indice di pericolosità o rischio (*fire danger*) la risultante dei fattori costanti e variabili che influiscono sullo sviluppo e la propagazione dell'incendio, sulla difficoltà nel controllarlo e sui danni causati.

Di seguito viene proposto un breve elenco degli indici adottati in diverse nazioni:

- *Australia*: si valuta l'umidità dei combustibile come stima indiretta partendo da temperatura e umidità dell'aria. Il tutto viene tabellato e riferito ad una foresta tipo di eucalipto con una biomassa fissa di 12,5 ton/ha. L'indice di rischio è definito con una numerazione da 0 a 100 in ordine crescente di rischio.
- *Canada*: applicato dal 1970, si basa sulla lettura a mezzogiorno di temperatura, umidità dell'aria, precipitazioni nelle ultime 24 ore e velocità del vento. Tutti questi dati sono inseriti in un modello a Black Box che come output fornisce un indice chiamato FWI che misura la quantità di energia sviluppata dall'incendio per unità di lunghezza del fronte, facendo riferimento ad una foresta tipo di pini.
- *Russia e CSI*: l'indice è un numero unico in gradi ottenuto sommando il prodotto della temperatura dell'aria in °C alle 15 per il deficit di saturazione (Teff-Trugiada) per tutti i giorni privi di precipitazioni con precipitazioni inferiori ai 3 mm di pioggia, il calcolo viene eseguito partendo dall'ultimo giorno di pioggia e viene azzerato alla successiva precipitazione. Questo indice viene suddiviso in 5 classi di rischio a cui corrispondono i provvedimenti da adottare.
- *Spagna*: dal 1980 viene applicato il metodo ICONA che prevede un indice graduato da 0 a 100 suddiviso in 5 classi di rischio. Tale indice tiene conto delle misurazioni giornaliere

alle ore 9 del mattino di deficit critico, umidità relativa dell'aria, temperatura dell'aria e velocità dei venti.

- *Stati Uniti*: non esiste un unico metodo codificato tuttavia il metodo adottato in California dal 1975 sembra quello meno utopistico e con più marcati sviluppi pratici. Tale metodo si basa sull'analisi dei dati storici fino ad individuare aree con maggiore o minore densità di incendio (3 classi). Per ogni classe in base al tipo di vegetazione (erbe, cespugli, boschi e macchie) e per ogni classe di acclività (3 classi 0-40%, 41-60%, >61%) vengono fornite delle stime sulla pericolosità (bassa, media, elevata, molto elevata)

Tale metodo è l'unico pensato per scopi urbanistici e di pianificazione del territorio.

- *Italia*: nel 1981 si è provato ad adottare il metodo ICONA spagnolo senza però grandi risultati; nel 1983 ha inizio il programma ARGO portato avanti dal centro nazionale di meteorologia e climatologia applicata dell'Aeronautica militare. Come algoritmo si utilizza un ICONA modificato.

Sempre nel 1983 l'Università di Torino ha lanciato IREPI, un algoritmo ottimizzato per le zone alpine ed adottato solo dalla Valle d'Aosta.

La situazione attuale vede un impiego di un ARGO migliorato che tuttavia dà risultati insoddisfacenti.

Una metodologia come quella californiana, che è anche l'unica ad avere applicazioni di pianificazione del territorio, non esiste a tutt'oggi in Italia.

8 I TERREMOTI

8.1 Le teorie circa le zone sismiche della Terra

La definizione dell'attività sismica di una regione, o più in particolare di una località, coinvolge diverse discipline, dalle scienze della terra, alla geofisica, alla sismologia, fino alla storia.

Il sisma è un evento disastroso che ha caratteristiche diverse rispetto a quelli precedentemente trattati. *Il terremoto è causato da una liberazione di energia conseguente a una frattura istantanea o a un brusco movimento lungo una frattura già esistente nella crosta terrestre.* Quindi, si possono stabilire le aree dove i terremoti avvengono più frequentemente. Le concentrazioni maggiori si osservano lungo la costa del Pacifico, fino al Mar del Giappone, in Indonesia e nei Caraibi. All'inizio del secolo, quando a queste scoperte se ne aggiunsero altre relative alla struttura della Terra e alla dinamica dei terremoti (teoria del rimbalzo elastico di Reid, discontinuità di Moho e principio di isostasia: per una descrizione di questi modelli si veda R. Solbiati e A. Marcellini, 1983), alcuni ricercatori cominciarono ad elaborare le teorie generali degli eventi sismici legate alla evoluzione della Terra. Tra queste teorie sono da ricordare quella di Wegener, nota come "deriva dei continenti" pubblicata nel 1915, e la teoria delle placche o zolle continentali elaborata tra il 1965 e il 1968 da diversi scienziati (J. Wilson, J. Morgan, X. Le Pichon e J. Dewey). Quest'ultima è ormai accettata per descrivere l'origine dei terremoti. Secondo questa teoria, la crosta terrestre è divisa in zone o placche o piattaforme che si spostano e galleggiano sulla parte sottostante, detta mantello; le placche sono quindi soggette anche a spostamenti relativi che sono la causa dell'accumulo di energia e della successiva liberazione (per esempio, l'Africa si allontana dall'America meridionale di circa 2,5 cm all'anno, schiacciandosi contro l'Europa). Si può quindi affermare che i fenomeni sismici di origine tettonica rappresentano la prosecuzione nel tempo dei processi orogenetici e di trasformazione superficiale. La superficie terrestre è stata suddivisa in sei zolle principali: Pacifica, Americana, Indiana, Africana, Eurasiatica, Antartica. Oggi sono riconosciute anche placche più piccole, come quella che interessa il Mediterraneo e l'Italia.

Le zone che separano le zolle sono di diverso tipo, in funzione del movimento relativo tra le stesse:

- zone di espansione o accrescimento (si manifesta una continua fuoriuscita di materiale lavico con la formazione di nuova crosta oceanica)
- zona di subduzione o sprofondamento (si manifesta quando due zolle entrano in collisione e quella più debole si immerge sotto l'altra. Questo processo dà luogo al sollevamento della crosta terrestre e alla formazione delle montagne, oppure alla formazione delle fosse oceaniche)
- zone di scorrimento o faglie trasformi (due zolle si spostano parallelamente, in direzione opposta)

La questione resta comunque aperta in quanto si stanno sviluppando nuove teorie a partire dall'esistenza delle zolle, che resta un fenomeno ormai accertato.

8.2 Generalità sui terremoti

Ogni evento sismico è descritto secondo alcune grandezze: un sisma ha origine in un punto profondo rispetto alla superficie terrestre detto *fuoco o ipocentro*, e viene registrato per mezzo di strumenti detti sismografi che rilevano la posizione dell'*epicentro* (proiezione in verticale dell'ipocentro sulla superficie). La distanza di ogni punto dall'epicentro viene detta *distanza epicentrale*. Lo studio dei sismogrammi permette di classificare il terremoto

per intensità, energia liberata, distanze epicentrali, analizzando i tracciati delle onde di propagazione. Proprio la posizione dell'ipocentro permette una prima classificazione del terremoto in (Gasparini, Giorgetti, Parotto, 1984):

- superficiale (se ha una profondità compresa tra 0 e 60 Km);
- intermedio (se è compreso tra 60 e 300 Km);
- profondo (se è oltre i 300 Km).

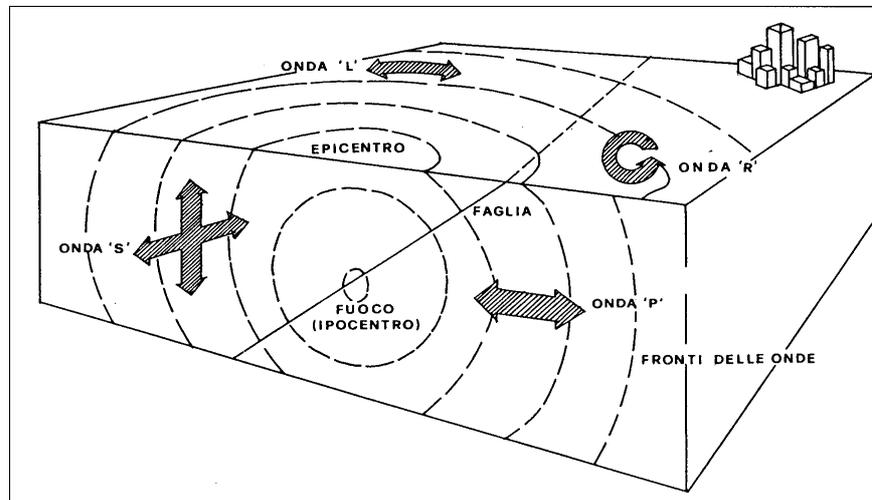


Figura 8.1 Movimento delle onde P, S, R e L, ipocentro e epicentro di un terremoto
Fonte: D. Alexander, 1990

Le onde generate da un terremoto sono di due tipi principali: le onde P e le onde S. Le onde P (undae primae) sono onde di tipo longitudinale, cioè la direzione di propagazione è parallela al movimento delle particelle, e sono quelle che hanno la maggiore velocità; sono generate da successive dilatazioni e compressioni del volume della roccia. Le onde S (undae secundae) si propagano attraverso deformazioni della roccia e sono di tipo trasversale, cioè la direzione di propagazione è perpendicolare al movimento delle masse; la velocità di propagazione è inferiore a quella delle onde P. Le espressioni delle velocità di propagazione sono:

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\gamma}} g \qquad V_s = \sqrt{\frac{\lambda}{\gamma}} g$$

dove λ e μ sono due grandezze dette costanti di Lamè dipendenti dal modulo di elasticità longitudinale E del mezzo e dal coefficiente di Poisson, γ è il peso specifico del terreno e g è l'accelerazione di gravità (Villari, 1983).

Dall'analisi di queste espressioni si deduce che le uniche onde che si propagano nei fluidi sono le onde P. Il rapporto esistente nei materiali terrestri tra la velocità delle onde trasversali e longitudinali è dato da (Gasparini, Giorgetti, Parotto, 1984):

$$V_p = \sqrt{3} \cdot V_s$$

A queste onde si aggiungono in superficie tipi di onde trasversali e tangenziali dette onde di Rayleigh e onde di Love, provocate dalla combinazione dei tipi fondamentali. Le onde sismiche sono la causa delle vibrazioni del mezzo; ogni particella del terreno interessata dal passaggio di una o più onde è soggetta a una accelerazione il cui valore è funzione del periodo e dell'ampiezza del moto risultante. La misura di questa accelerazione è fondamentale per l'ingegneria sismica e si ottiene a mezzo di uno strumento detto accelerometro. Il suolo è quindi un conduttore degli impulsi sismici, e funziona da amplificatore o riduttore delle forze indotte (Villari, 1983).

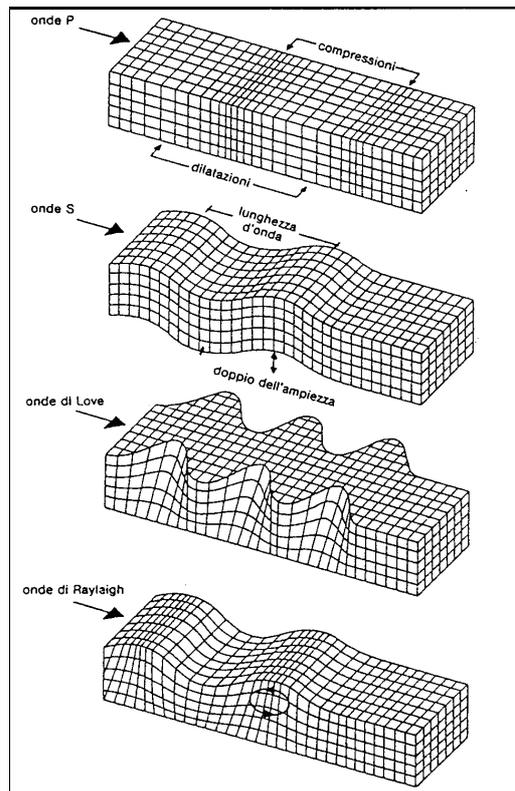


Figura 8.2 Movimento del suolo per i tipi più importanti di onde sismiche
Fonte: Solbiati, Marcellini, 1983

8.3 Origine e cause dei terremoti

La determinazione delle cause e della origine dei terremoti è il problema fondamentale della sismologia moderna. Le strade seguite sono fondamentalmente due: la prima studia gli elementi che caratterizzano un terremoto; la seconda analizza i grandi terremoti correlandoli alle condizioni geologiche, tettoniche e geofisiche delle aree che li hanno generati.

Da queste analisi emerge che i materiali che costituiscono il mantello non sono omogenei, ma presentano pressioni e temperature assai diverse. Questo genera delle forze tese a riequilibrare lo stato dei materiali. I movimenti sottocroscali determinano delle deformazioni nelle rocce sovrastanti le quali, quando raggiungono il limite, si fratturano liberando tutta l'energia così accumulata durante la fase di deformazione.

La zona dove si manifesta il terremoto deve raggiungere un nuovo stato di equilibrio che durerà per qualche tempo. Questo processo si schematizza in un ciclo sismico che si ripete sistematicamente. Il ciclo sismico è costituito da quattro stadi:

- stadio intersismico: è la fase di accumulazione dell'energia e ha tempi diversi in funzione della regione;
- stadio presismico: è la fase prima della rottura, in cui il materiale si deforma; è lo stadio che permette la conoscenza dei precursori sismici;
- stadio cosismico: è la fase in cui l'energia accumulata si trasforma in energia cinetica che si manifesta come manifesto della crosta;
- stadio post sismico: è la fase verso il nuovo equilibrio, che si manifesta con la presenza di repliche del terremoto.

La storia sismica permette di dire che i cicli si ripetono in una zona con le stesse caratteristiche (Gasparini, Giorgetti, Parotto, 1984).

8.4 Le misurazioni dei terremoti

Un altro elemento di classificazione del sisma è l'intensità, intesa come misura del grado di scossa avvenuta in una certa località. Il valore dell'intensità viene desunto da una scala che riconduce l'entità di una scossa al tipo di danno e alla qualità del manufatto danneggiato, spesso accompagnata da una grandezza detta magnitudo, basata sulla registrazione strumentale.

La *scala di intensità* utilizzata in Italia è la Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS), costituita da dodici gradi. Nella maggior parte del mondo, compresi gli USA, si usa la Mercalli Modificata (MM) di Wood e Neumann (1931), costituita anch'essa da dodici gradi. Esistono però anche altre scale di intensità che usano analoghi sistemi di classificazione, tra cui la MSK (Medvedev-Sponheur-Karnik) usata in Unione Sovietica, oppure la giapponese JAO.

Anche se affetta da margini di approssimazione, la scala delle intensità resta l'unico modo per interpretare i documenti storici, ricostruendo la sismicità di una regione, e per definire l'intensità di un terremoto in zone dove non ci sono strumenti di rilevazione.

Per questo motivo molti ricercatori hanno cercato la relazione con parametri ingegneristicamente importanti. Così Richter nel 1958 propose l'espressione:

$$\log a = \frac{I}{3} - \frac{1}{2}$$

dove I è l'intensità misurata dalla scala MM e a è l'accelerazione del terreno (C. Villari, 1983).

Scala Mercalli	Scala Richter
I. Avvertito quasi da nessuno.	2,5 Generalmente non avvertito, ma registrato dai sismometri.
II. Avvertito da pochissime persone.	3,5 Avvertito da molte persone.
III. Molti avvertono un tremore, ma non si rendono conto che è un terremoto.	
IV. Sentito da molti come se un camion avesse urtato l'edificio.	
V. Sentito quasi da tutti; molte persone si svegliano nel sonno. Alberi e lampioni oscillano.	4,5 Può verificarsi qualche danno locale.
VI. Sentito da tutti; molte persone corrono all'aperto; si sposta il mobilio, si verificano lievi danni.	6,0 Terremoto distruttivo.
VII. Tutti corrono all'aperto. Le strutture deboli sono notevolmente danneggiate; lievi danni alle altre strutture.	
VIII. Le strutture antisismiche sono leggermente danneggiate, le altre crollano.	7,0 Terremoto disastroso.
IX. Tutti gli edifici sono notevolmente danneggiati; in molti si spostano le fondamenta. Notevoli spaccature nel terreno.	8,0 Terremoti catastrofici.
X. Molte strutture distrutte. Il terreno presenta grandi spaccature.	e oltre
XI. Quasi tutte le strutture cadono. I ponti crollano. Spaccature molto ampie nel terreno.	
XII. Distruzione totale. Le onde sismiche sono visibili sulla superficie e gli oggetti vengono scagliati verso l'alto.	

Figura 8.3 Confronto tra la scala Mercalli e la scala Richter

La *magnitudo* invece classifica il terremoto con una grandezza rilevata dal sismometro ed è una misura dell'energia sprigionata dal terremoto. Questo concetto è stato introdotto da Richter nel 1934 e si basa sulla ipotesi di aver installato un osservatorio dotato di un sismografo tipo (per Richter era il Wood-Anderson) a 100 Km dall'epicentro del terremoto campione che provoca una ampiezza massima di un millesimo di millimetro: si suppone che a questo terremoto corrisponda una magnitudo pari a zero. Ogni altro valore è determinato per incrementi proporzionali mediante logaritmi a base decimale. Usando apposite tabelle è possibile determinare la magnitudo di un terremoto per distanze minori o

maggiori di 100 Km. Definita in questo modo, la magnitudo può assumere valori negativi e teoricamente infiniti. Studi recenti hanno valutato che il limite massimo dovrebbe essere di 9,5, come risulta dalla rivalutazione del terremoto cileno del 1960 (Gasparini, Giorgetti, Parotto, 1984).

Un'altra grandezza che serve per valutare il terremoto è l'energia sismica, direttamente collegata alla propagazione delle onde nel mezzo e può essere misurata quindi dalle rilevazioni del sismogramma.

L'espressione che permette di determinare il valore dell'energia è:

$$E = C \left(\frac{A}{T} \right)^2$$

dove A è l'ampiezza, T il periodo della vibrazione, e C una costante che dipende dalla densità del mezzo secondo la relazione $\rho\pi^2$ (Gasparini, Giorgetti, Parotto, 1984).

Ci sono poi delle relazioni che permettono di determinare l'energia, nota la magnitudo del terremoto. Per l'Italia è stata ottenuta la seguente relazione:

$$\log E = 9.15 + 2.15 \cdot M$$

dove E è l'energia misurata in erg e M è la magnitudo delle onde di superficie.

Nella seconda metà di questo secolo è stato introdotto un altro parametro per stimare l'entità di un terremoto, il momento sismico:

$$M_0 = DS\mu$$

dove μ è la rigidità dei materiali fratturati, D lo spostamento medio dei blocchi ed S l'area della faglia attiva. Anche questa grandezza si ricava dalle misure del sismogramma, ma il suo calcolo è molto complesso. Si tratta però di una grandezza importante perché indica lo scorrimento medio tra i blocchi, permettendo di discriminare ulteriormente i terremoti a parità di magnitudo.

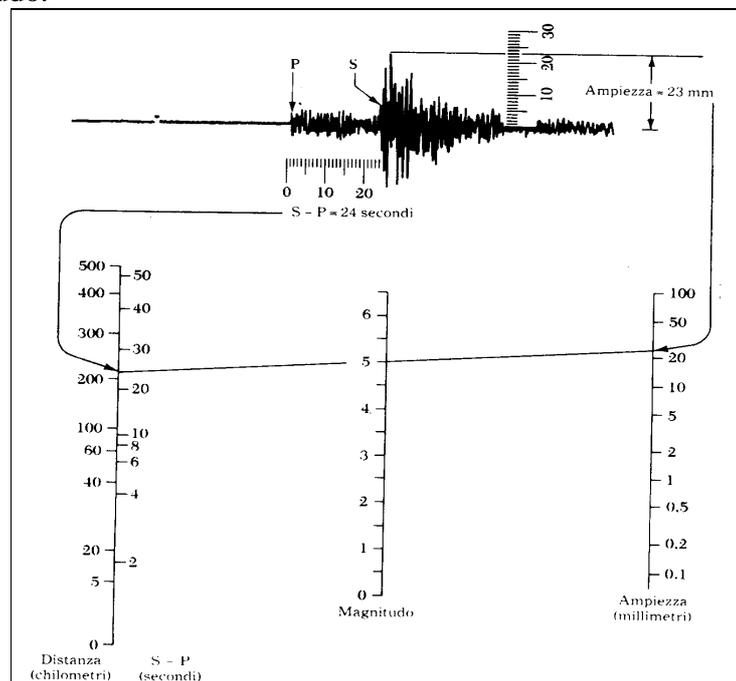


Figura 8.4

Calcolo della magnitudo locale sulla base della lettura di un sismogramma:

1. Si misura l'intervallo di tempo tra l'arrivo delle onde P e quello delle onde S, intervallo che è proporzionale alla distanza epicentrale;
2. Si misura l'altezza dell'onda più forte;
3. Tracciando una linea retta tra i valori che indicano la distanza (scala a sinistra) e l'ampiezza dell'onda (scala a destra), si taglia, al centro, una scala numerata che dà il valore della magnitudo cercata.

Fonte: Solbiati, Marcellini, 1983

Magnitudo	Energia	Accelerazione	Intensità
5	$2,75 \cdot 10^{12}$	0,06g	VI
6	$7,59 \cdot 10^{13}$	0,15g	VII
7	$2,09 \cdot 10^{15}$	0,50g	IX-X
8	$5,75 \cdot 10^{16}$	0,60g	XI-XII
Scala Richter	Joule	$g = 9.81 \text{ m/sec}^2$	Scala MM

Tabella 8.1 Magnitudo dei terremoti in rapporto con le altre variabili

Fonte: D. Alexander, 1990

8.5 Fattori che influiscono sulla sismicità locale

Il carattere sismico locale è una grandezza difficile da determinare in quanto dipende da numerosi fattori e grandezze di diversa natura; è quindi difficile definire una metodologia di analisi di facile applicazione.

Tra i fattori più importanti che definiscono il carattere sismico di una regione vi sono innanzitutto le caratteristiche della sorgente, la ricorrenza nel tempo di forti terremoti (grandezza di tipo statistico), le caratteristiche geologiche e morfologiche dell'area.

E' questo ultimo fattore che incide sull'amplificazione o sulla attenuazione dell'onda sismica. Infatti, le onde sismiche si propagano con le stesse caratteristiche fino a che il mezzo si può considerare omogeneo, ma in superficie ci sono diversi tipi di terreno che possono indurre sensibili modificazioni delle caratteristiche delle stesse onde e quindi degli scuotimenti.

In generale, si possono individuare alcune tipologie di terreni che producono danni diversi a parità dell'intensità sismica. I sedimenti, ad esempio, soggetti a vibrazioni si compattano espellendo l'acqua e riducendo il numero dei vuoti con conseguente riduzione di volume. Le sabbie in acqua possono addirittura liquefare ed essere espulse in superficie dall'azione delle sovrappressioni idrostatiche generate dalla compressione. Gli edifici poggiati su questi terreni possono subire ingenti danni strutturali a causa di cedimenti differenziali del terreno.

I terreni incoerenti possono invece essere messi in movimento dando luogo a veri e propri fenomeni franosi.

E' questo l'evento indotto più ricorrente in Italia, data la particolare natura geologica e il diffuso dissesto idrogeologico (Gasparini, Giorgetti, Parotto, 1984).

8.6 Gli effetti dei terremoti

Gli effetti dei terremoti si possono distinguere in due tipi fondamentali:

- effetti permanenti, che si mantengono al cessare del terremoto;
- effetti transitori o temporanei, che cessano con il cessare dello scuotimento.

Gli *effetti permanenti* si manifestano:

- a livello fisico-morfologico attraverso il rigonfiamento di fratture accompagnate spesso dalla formazione di fenditure, l'abbassamento o il sollevamento del livello del suolo, la formazione di dissesti idrogeologici come deviazioni dei corsi d'acqua, oppure la scomparsa o l'apparizione di sorgenti, frane, valanghe, smottamenti, etc. Tali effetti si manifestano solo per sismi di forte intensità;
- a livello socio-economico attraverso il danneggiamento a beni o persone, con conseguente riflesso sulle attività umane oltre che sul patrimonio individuale e collettivo.

Gli *effetti temporanei*:

- di nuovo a livello fisico si hanno alcune manifestazioni eclatanti, come rombi e lampi. Il rombo è quel rumore cupo che spesso precede lo scuotimento dovuto al terremoto; è causato dall'emissione ad alta frequenza di onde longitudinali da parte della sorgente e

dipende dalla velocità di fratturazione delle rocce. Il lampo è invece un fenomeno luminoso nell'atmosfera dovuto al rilascio dell'energia durante i processi di rottura delle faglie; si tratta di gas metano liberatosi dal terreno che si incendia, e di fenomeni elettrostatici;

- a livello sociale si registrano gli effetti della percezione dello scuotimento, tra cui i più eclatanti sono le manifestazioni di panico.

Se l'epicentro del terremoto è localizzato nei fondali sottomarini, un effetto temporaneo è costituito dai maremoti. Si tratta di perturbazioni dell'acqua che generano onde superficiali non molto ampie (2 o 3 metri in acque profonde) ma lunghe anche centinaia di chilometri da cresta a cresta. Quando arrivano in prossimità della terraferma, l'altezza delle onde aumenta (fino a oltre 30 metri) mentre diminuisce la lunghezza e si generano ondate gigantesche di inaudita potenza e capaci di devastare intere zone costiere. Il maremoto è spesso anticipato da un temporaneo ritiro delle acque.

8.7 Previsione del terremoto

La previsione dei terremoti, intesa come conoscenza del luogo e del tempo in cui avverrà un evento sismico, è un obiettivo importante di chi si occupa di sismologia. Da sempre, si mettono in relazione ai terremoti alcuni fenomeni, considerati precursori; ma non è ancora stata trovata nessuna spiegazione scientifica. La ricerca intorno al problema della previsione è molto attiva in alcuni paesi storicamente interessati da terremoti disastrosi: in Giappone si stanno studiando programmi molto completi e organici; negli Stati Uniti sono state installate reti di monitoraggio con tecniche molto avanzate; in Unione Sovietica si studiano le materie da usare nell'ambito della previsione; in Cina si usa una tecnologia molto avanzata che ha ottenuto i risultati migliori. Negli altri paesi, Italia compresa, è invece maggiore l'attività svolta nell'ambito della prevenzione.

In ogni studio di previsione è possibile individuare alcuni passi dai quali non si può prescindere. Innanzitutto, bisogna definire le aree sismiche, cioè quelle regioni nelle quali si manifestano i terremoti; l'intento è quello di calcolare statisticamente per un certo intervallo di tempo futuro, l'energia rilasciata dal terremoto. Questa ricerca è però affetta da incertezza dovuta alla variabilità di alcuni fenomeni. E' necessario allora integrarla con alcuni dati ricavati dalle indagini svolte circa i movimenti dei blocchi che generano i terremoti. Esiste poi un altro tipo di previsione, la previsione fisica, che anticipa l'evento osservando alcuni precursori dei terremoti. Si rende comunque necessaria una osservazione sufficientemente lunga dei suddetti fenomeni per poterne individuare e comprendere le anomalie.

Tra i precursori fisici osservati ne ricordiamo alcuni (Solbiati, Marcellini, 1983):

- deformazione del suolo: prima di un terremoto le rocce possono subire variazioni anche notevoli di volume o di livello che possono essere rilevate con speciali attrezzature;
- sismicità: prima della scossa principale si manifestano una serie di terremoti minori (attività microsismica);
- velocità delle onde sismiche: spesso un terremoto è annunciato dalla variazione del rapporto V_p/V_s tra le velocità delle onde P e delle onde S. Il rapporto può diminuire del 6-15 % e la durata della diminuzione è proporzionale alla magnitudo del terremoto che avviene (D. Alexander, 1990);
- resistività elettrica: si misura la variazione di resistività e potenziale elettrico delle rocce, dovuta a cambiamenti di pressione cui sono sottoposte;
- campo magnetico: si osservano le variazioni del piezomagnetismo delle rocce (il campo magnetico locale aumenta);
- emissioni di radon: il radon è prodotto dalla disintegrazione del radio e se ne trovano tracce nell'acqua dei pozzi profondi nell'imminenza di un terremoto. Queste misurazioni

si fanno con apposite strumentazioni ed è a oggi il metodo che ha ottenuto i maggiori successi;

- temperatura, livello e torbidità delle acque: alterazioni delle acque interne e profonde precedono sempre forti scosse.

Sulla base dell'osservazione di questi precursori, sono stati messi a punto alcuni modelli di previsione che trovano però sporadiche applicazioni, e non sempre con successo. Poiché questo tipo di ricerche richiede ingenti investimenti di denaro, la maggior parte dei paesi interessati dal sisma si sono dedicati alla ricerca di tecniche di prevenzione piuttosto che di previsione.

8.8 La prevenzione sismica: esempi di applicazioni

In quasi tutti gli stati dove si è manifestata l'attività sismica, il territorio è stato suddiviso in zone classificate in funzione di un indice di sismicità, determinato in funzione dell'analisi degli eventi passati e delle caratteristiche geomorfologiche. Si considera quindi la probabilità che un evento di intensità data si possa manifestare in una determinata area e con un certo periodo di ritorno.

I metodi con i quali si raggiunge questo risultato sono quelli della zonazione sismica, suddivisa in macrozonazione e microzonazione.

La *macrozonazione sismica* fornisce una panoramica del potenziale sismico del territorio. Data la piccola scala di rappresentazione, si trascurano il ruolo importante della geologia superficiale e del comportamento dei terreni al passaggio delle onde sismiche. Ci si basa invece sulla storia sismica del paese partendo dal presupposto, dimostrato da Gutenberg e Richter, che dove si è avuta una successione di terremoti o anche un solo terremoto abbastanza forte nel passato, l'evento tenderà a ripetersi entro un certo numero di anni (periodo di ritorno) con caratteristiche abbastanza simili (Solbiati, Marcellini, 1983).

La relazione di Gutenberg e Richter si esprime come:

$$\log N = a - bM$$

dove N è il numero dei terremoti che avvengono in una data regione in un certo intervallo di tempo per ogni magnitudo M, mentre a e b sono delle costanti che dipendono dall'intervallo preso in considerazione, dall'area considerata e dalla natura litologica dei materiali dell'area (Gasparini, Giorgetti, Parotto, 1984).

La zonazione si risolve poi nell'individuare aree caratterizzate da un determinato valore di massima intensità attesa (da determinare ad esempio con il metodo della lunghezza della faglia attiva come descritto in Gasparini, Giorgetti, Parotto, 1984).

La proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale formulata dal Progetto finalizzato geodinamica del CNR è un esempio di macrozonizzazione. Si è partiti dall'analisi delle carte di scuotibilità e, sulla base dei dati relativi ai comuni già classificati sismici, si è scelto un valore di soglia dell'intensità pari all'VIII grado della scala Mercalli Cancani Sieberg per includere i comuni nella nuova classificazione. In seguito si è misurata la pericolosità sismica secondo tre criteri:

- intensità massima osservabile (due zone che hanno sperimentato la stessa intensità massima indipendentemente dalla frequenza sono considerate ugualmente pericolose);
- intensità corrispondente ad un assegnato tempo di ritorno (si è scelto un periodo di ritorno di 500 anni e risultano ugualmente pericolosi due siti che hanno lo stesso valore di intensità $I(T)$ senza tenere conto che potrebbero assumere valori diversi di I al cambiare del tempo di ritorno);
- rapporto tra i coefficienti di progetto (si valutano elementi tipici dell'analisi di rischio quali costi, danni, resistenza degli edifici, numero atteso di vittime rapportati alle valutazioni relative a un edificio in condizioni standard; questo parametro tiene conto

della frequenza mentre esclude gli eventi al di sotto della soglia minima di inizio dei danni).

L'uso dei tre parametri, imposti dei valori limite, ha consentito la classificazione dei comuni.

Un altro esempio di macrozonazione è quella fatta in base al coefficiente di sismicità S che raggruppa i comuni classificati sismici in tre classi caratterizzate da gradi diversi ($S=12$; $S=9$; $S=6$) cui corrispondono criteri progettuali specificamente normati.

La *microzonazione sismica* viene applicata invece ad aree più ridotte con lo scopo di definire la sismicità locale.

Questo tipo di indagine ha lo scopo di studiare i luoghi per prevedere le caratteristiche locali dello scuotimento che un terremoto potrebbe produrre, e quindi dà informazioni circa le prescrizioni da applicare alle costruzioni. Questo oneroso metodo si basa su misure accelerometriche registrate al suolo al fine di determinare lo spettro di risposta e la massima accelerazione del terreno in un determinato sito. In generale si può osservare che se lo strato roccioso è prossimo alla superficie, si hanno valori elevati dell'accelerazione e della frequenza delle componenti dominanti verso i periodi brevi, il che comporta effetti sfavorevoli su edifici di pochi piani; se lo strato è in profondità e la copertura detritica considerevole, le strutture che subiscono le maggiori sollecitazioni sono quelle alte (Gasparini, Giorgetti, Parotto, 1984).

Da non sottovalutare è l'influenza della geologia locale sui fenomeni di amplificazione del sisma. E' necessario quindi conoscere la risposta dei diversi tipi di terreni alla sollecitazione sismica (questa è la strada che si sta seguendo nelle ricerche di sismologia).

Per la microzonazione si devono condurre allora studi approfonditi nei settori:

- geologico: mappatura delle faglie, rilievo delle potenziali instabilità (frane, smottamenti, ecc.), carta delle deformazioni in atto del suolo;
- geotecnico e geofisico: tipi di terreni e caratteristiche fondamentali, come la velocità di propagazione delle onde P e S;
- sismologico: analisi storica dei terremoti, localizzazione degli epicentri, determinazione dei tempi di ritorno e delle massime magnitudo possibili, stima del terremoto atteso.

Tutto questo fa capire quanto sia complessa e onerosa una indagine di questo tipo e quindi le limitazioni del suo impiego.

In Italia i primi studi di microzonazione sono iniziati attorno agli anni Settanta ad Ancona (1972), in Friuli (1976), in Campania e Basilicata (1980). Sono stati però effettuati sempre in progetti pilota, con finanziamenti ad hoc, e non in base a leggi ordinarie e su larga scala. Esulano quindi dalla metodologia che qui si vuol proporre, che deve essere percorribile in sede di pianificazione ordinaria. Ai metodi empirici adottati dal CNR, basati su osservazioni macrosismiche e su studi geomorfologici del terreno (si veda per esempio "Determinazione del rischio sismico a fini urbanistici in Lombardia", 1996), si aggiungono dei tentativi di riclassificazione sismica mettendo a punto metodologie più semplici e meno costose, anche se meno precise.

Ne è un esempio lo studio prodotto nel 1984 dall'Assessorato all'edilizia e urbanistica della Regione Emilia Romagna in collaborazione con la sezione milanese del GNDT: l'intento era quello di individuare le situazioni urbane a maggiore rischio.

L'indagine sismica preliminare (ISP) confronta le situazioni reali con degli scenari potenziali di pericolosità sismica. Le situazioni sono state scelte in funzione della realtà emiliano romagnola, ma possono essere facilmente adattate a ogni altra situazione, e prevedono amplificazioni di moto del suolo e/o effetti di instabilità del terreno.

Ogni scenario viene identificato mediante una scheda che mette in rilievo le seguenti informazioni:

- spessore dei depositi sciolti,
- tipo di deposito in riferimento alla sua origine,
- stato di compattezza del materiale,
- condizioni delle rocce affioranti in termini di giacitura e fratturazione,
- tipi litologici prelevati nello scenario considerato.

GRUPPO 1	GRUPPO 2	GRUPPO 3	GRUPPO 4
1. Zona caratterizzata da uno o più corpi di frana recenti e da marcata instabilità dei versanti	7. Zona di cresta rocciosa, di cocuzzolo o di dorsale	6. Zona di ciglio (scarpata rocciosa, bordo di cava, nicchio di distacco di frana, orlo di terrazzo fluviale)	10. Zona di terreni granulari fini sciolti o a debole coesione interessati da una falda acquifera superficiale
2. Zona esposta al pericolo di frane di crollo o distacchi di massi da parete sottesa a possibili movimenti di massa	8. Zona di fondovalle di ridotta sezione trasversale a fianchi piuttosto ripidi con presenza di alluvioni incoerenti	11. Zona di brusca variazione litologica o di contatto tra litotipi aventi caratteristiche meccaniche diverse o interessata da faglie e fratture singole o associate	12. Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti a cui si sommano caratteristiche idrologiche negative
3. Zona di vecchia frana, ora quiescente, interessata da dissesti superficiali o da erosioni laterali o al piede	9. Zona pedemontana-pedecollinare di falda di detrito o di conoide di deiezione		13. Zona con copertura detritica incoerente a matrice prevalentemente argillosa, a morfologia localmente irregolare, non necessariamente acclive, interessata da diffusi indizi di instabilità superficiale e da una diffusa circolazione idrica
4. Zona di versante o d'impluvio, con copertura detritica eterogenea con spessore dell'ordine dei metri fortemente incisa o interessata da erosione al piede e da circolazione di acqua d'infiltrazione			
5. Zona eccessivamente acclive in rapporto al tipo e alle condizioni del substrato roccioso			

Tabella 8.2 *Legenda della figura relativa agli scenari di pericolosità*
Fonte: G. Fera, 1991

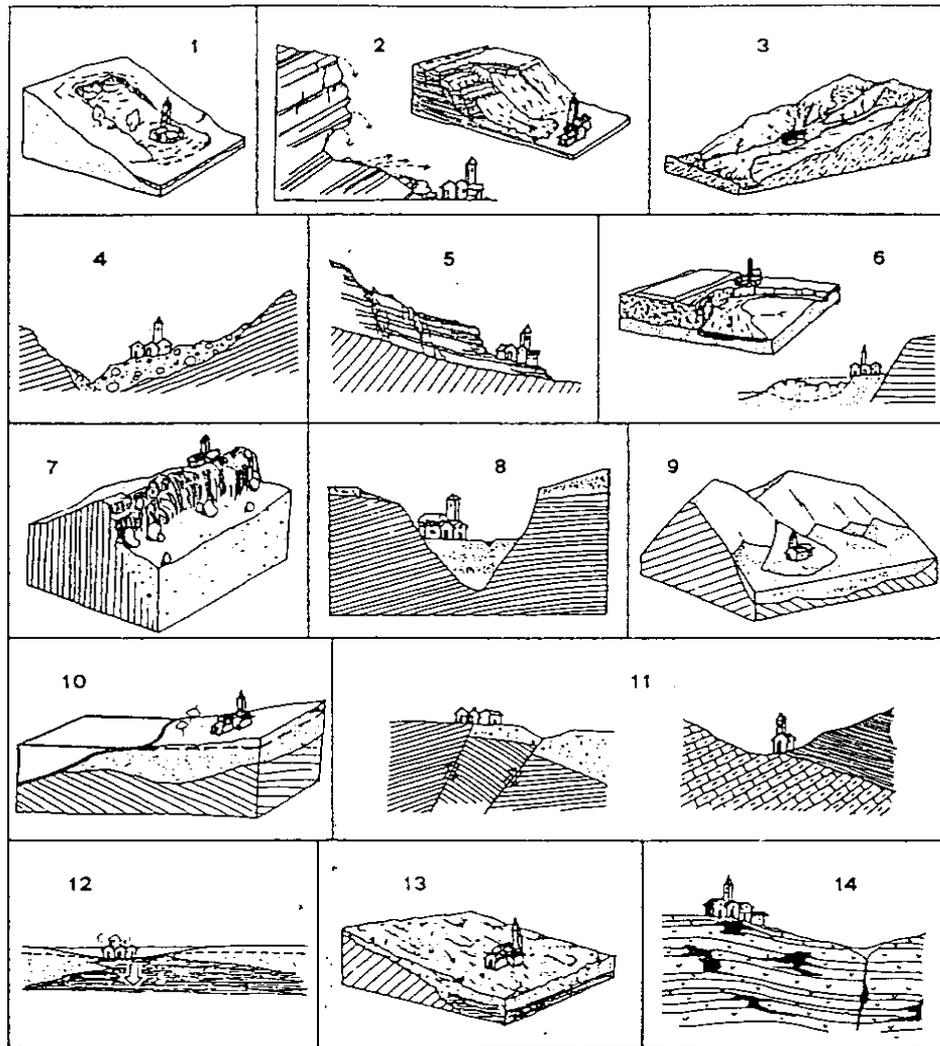


Figura 8.5 Scenari di Pericolosità Sismica Preliminare
Fonte: G. Fera, 1991

**SEZIONE III: PIANIFICAZIONE IN AREE A RISCHIO FISICO:
PROPOSTA DI UNA METODOLOGIA OPERATIVA PER LA
REDAZIONE DI ANALISI DI SUPPORTO ALLA
PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO IN AREE A RISCHIO
FISICO**

Le analisi di rischio coinvolgono scale estremamente variabili, a cui corrispondono diversi obiettivi che l'analisi stessa si prefigge di raggiungere. Le metodologie da utilizzare per condurre tali indagini, così come i dati necessari come input, sono strettamente correlati alla scala adottata.

Per studi di livello nazionale, il cui obiettivo è solitamente quello di individuare le priorità di intervento, si adottano scale che variano tra 1:1.000.000 e 1:250.000; a livello regionale, in cui si individuano le zone di approfondimento, la scala varia tra 1:250.000 e 1:100.000; scale comprese tra 1:50.000 e 1:10.000 sono di solito adottate per studi sub regionali, mentre per le analisi di carattere locale si arriva fino alla scala 1:5.000, tipica della pianificazione generale comunale. A tale suddivisione corrisponde anche una diversa finalità delle analisi di rischio. Infatti, se a livello nazionale e regionale, come già osservato, si arriva a definire le priorità di intervento e le macro aree su cui effettuare ulteriori approfondimenti, è a livello sub regionale e ancor più a livello comunale che i risultati di una zonizzazione in funzione del rischio possono entrare pesantemente nella fase decisionale del processo di pianificazione.

Nei capitoli che seguono verrà presentata un'impostazione metodologica per la valutazione del rischio fisico, valida, previ opportuni adeguamenti, proprio per i due diversi livelli di intervento nella gestione del territorio corrispondenti alla scala sub regionale e comunale.

La legge 142/90 (Repubblica Italiana, 1990) attribuisce alle Province le funzioni di difesa del suolo, tutela e valorizzazione dell'ambiente e prevenzione delle calamità, raccolta ed elaborazione di dati di conoscenza del territorio, nonché la realizzazione di strumenti di programmazione e pianificazione denominati Piani Territoriali di Coordinamento (PTC). A livello provinciale, che costituisce dunque il livello sub regionale previsto dalla normativa italiana stessa sulla pianificazione, la valutazione del rischio può essere intesa come finalizzata ad avere una visione di sintesi delle priorità d'attenzione, ai fini di una distribuzione razionale delle risorse preventive e della pianificazione d'intervento nell'emergenza. Nella realizzazione del proprio PTC, ciascuna provincia dovrebbe pertanto acquisire elementi necessari per individuare i punti di crisi del territorio che, a seguito di eventi calamitosi di diversa entità, possono provocare danni ingenti al patrimonio delle infrastrutture ed al tessuto sociale e produttivo.

9 LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ

Il concetto di pericolosità di una zona rispetto ad un evento disastroso viene spesso ancora confuso con il concetto più complesso di rischio legato all'evento stesso: si trovano, in letteratura, molti riferimenti alla valutazione del rischio, ad esempio idrogeologico, ma frequentemente l'autore si riferisce solo all'evento naturale, e quindi alla sua pericolosità, senza prendere in considerazione l'esposizione e la vulnerabilità, che invece sono determinanti per la valutazione finale.

Come già si ricordato nel capitolo 1 della sezione 1, la lingua anglosassone dispone di due termini che identificano questi concetti in modo efficace: *hazard* e *risk*.

Hazard indica contemporaneamente l'evento e la sua pericolosità.

Risk, invece, include anche la valutazione di esposizione e vulnerabilità.

Per questo motivo si è utilizzato il termine hazard nel titolo di questo capitolo, nel quale si affrontano sia la descrizione dei parametri caratteristici di ciascun evento, sia la valutazione di un indice di pericolosità.

L'indice proposto non vuole quantificare il possibile evento disastroso (non si traduce in termini di volume di roccia che frana, volume di acqua che esonda, intensità della scossa di terremoto, etc.), ma ha lo scopo di consentire una classificazione delle aree in cui il territorio viene suddiviso, in funzione della maggiore o minore propensione alla manifestazione dell'evento. Si tratta quindi di un indice relativo, basato sulle precondizioni al manifestarsi dell'evento, che serve solo a fare una classifica delle diverse aree del territorio esposte al rischio.

La parametrizzazione dell'indice, cioè la sua valutazione in termini numerici, si è resa poi necessaria per consentire la combinazione con le altre variabili del rischio, come spiegato nella sezione III.

I criteri che hanno portato alla formulazione delle espressioni per la valutazione della pericolosità sono essenzialmente due:

- la necessità di poter disporre in breve tempo di un piano che identifica le aree a maggior pericolosità (qualora non siano disponibili analisi di pericolosità);
- l'utilizzazione dei dati disponibili, senza dover ricorrere a specifiche indagini.

Questa indagine sulla pericolosità, nel più breve tempo possibile, deve essere integrata con tutte le informazioni provenienti dalle indagini dettagliate e approfondite che di volta in volta verranno realizzate prima della redazione di uno strumento di pianificazione, come previsto dalla legislazione vigente.

9.1 Proposta di indici di pericolosità

9.1.1 Il rischio di frana

Nell'ambito di una progettazione a carattere areale piuttosto vasto, è necessario introdurre alcune semplificazioni metodologiche. E' indubbio per contro, che per cartografare i movimenti franosi, alle analisi esposte nel paragrafo 1.3 della sezione II si devono affiancare indagini aerofotointerpretative e di campagna. Questo è necessario perché i movimenti franosi in atto presentano dei segni premonitori, come crepacci o fratture, e di solito avvengono in zone già interessate dallo stesso fenomeno. Le foto aeree permettono di avere una visione unitaria del territorio, individuando gli elementi geologici, morfologici e ambientali caratteristici delle aree franose come:

- nicchie o scarpate di versante, che spesso coincidono con la scarpata di una frana;
- contropendenze lungo il versante;
- sorgenti di acque sotterranee e il bacino idrografico in tutta la sua estensione;
- crepacci o fratture;

– copertura vegetazionale.

A tutte queste indagini deve essere affiancata la ricerca e la rappresentazione dei fenomeni franosi censiti negli ultimi anni.

Tenendo conto di tutti questi fattori, e trascurando per il momento i metodi analitici che consentono il calcolo di un coefficiente di stabilità del pendio ma analizzano situazioni puntuali, esistono in letteratura alcune semplici classificazioni che consentono di avere a disposizione alcuni scenari di riferimento (classificazione di Varnes o di Terzaghi, scenari del Bay).

Alla luce di tutto quanto è stato esposto in precedenza, per determinare la pericolosità di un territorio dal punto di vista della franosità, si dovrebbe procedere in questo modo:

- analisi della carta geologica e geomorfologica evidenziando le zone caratterizzate da movimenti antichi o recenti, nicchie, scarpate;
- ricerca storica e rappresentazione cartografica dei movimenti franosi censiti negli ultimi anni. Si dovranno ricercare le seguenti informazioni:
 - zona interessata dalla frana (località e coordinate);
 - classificazione del dissesto;
 - cause del dissesto;
 - condizioni della superficie (copertura vegetale, presenza di reti idrografiche);
 - materiale di frana.

E' importante evidenziare la ripetitività nella zona di movimenti franosi e ricercare le caratteristiche di tali movimenti. Sarà così possibile mettere in evidenza, analizzando la carta geologica, la carta di uso del suolo e la carta di acclività, tutte le aree che hanno le stesse caratteristiche delle aree dove sono avvenuti i movimenti franosi;

- indagine aerofotointerpretativa, se possibile, o comunque indagini di campagna che devono evidenziare sul territorio la presenza di segni premonitori come:
 - fenditure o fratture;
 - crolli localizzati;
 - rigonfiamenti;
 - contropendenze;
 - cedimenti;
 - lesioni di manufatti;
 - comparsa o scomparsa di sorgenti o corsi d'acqua;
 - variazioni della copertura vegetale;
- ricerca di informazioni circa la caduta di acqua piovana, la temperatura (evidenziando i cicli di gelo e disgelo), eventuali movimenti sismici, la presenza di venti in relazione alla loro azione erosiva.
- analisi dell'inclinazione dei pendii. Questa indagine va condotta utilizzando anche la carta geologica alla scala 1:100.000, o preferibilmente a scale inferiori poiché permettono un dettaglio migliore. Si ricercano le possibili condizioni di instabilità mettendo a confronto l'angolo di inclinazione del pendio con l'angolo di attrito interno del materiale che costituisce l'area in esame. Per il valore da attribuire all'angolo di attrito interno, si devono ricercare eventuali sondaggi realizzati nell'area per particolari opere e strutture. In mancanza di queste informazioni, si dovranno utilizzare tabelle con dei valori di riferimento (in questo caso sarà opportuno considerare i valori di riferimento del terreno bagnato, cioè la condizione peggiore).

9.1.2 Parametrizzazione dell'indice di pericolosità per le aree a rischio di frana

Per esprimere la pericolosità del pendio in relazione alla sua predisposizione alla valanga si introducono i seguenti indici:

- **Copertura del suolo, piovosità e tipo di terreno**

Questi parametri sono riassunti nel calcolo del Curve Number. L'indice ad esso associato verrà indicato con A e assume l'espressione:

$$A = 100/CN$$

All'aumentare del valore dell'indice A, corrisponde un aumento del grado di imbibimento del terreno, e di conseguenza diminuisce l'angolo di attrito interno; inoltre indica la presenza di una vegetazione sempre più rada e una tessitura del suolo sempre più grossa. Nel grafico seguente viene mostrata la dipendenza dell'indice A dal CN

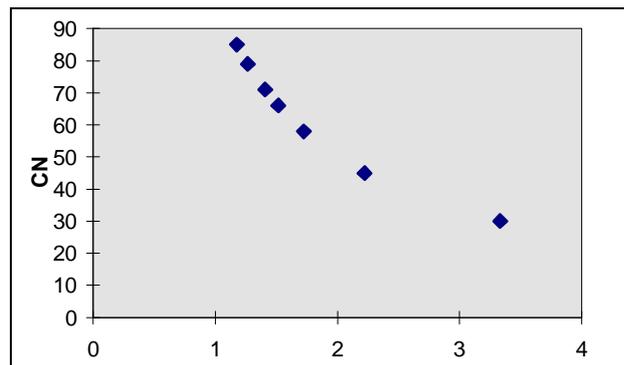


Figura 9.1 Dipendenza dell'indice A dal parametro CN

L'indice A assume valori compresi tra 1 e 4; al fine di normalizzare l'indice ed ottenere valori compresi tra 0 ed 1 pare opportuno introdurre un ulteriore indice A' pari a:

$$A' = \frac{A_i}{A_{\max}}$$

Come si evince dal grafico di figura 9.2, la dipendenza dell'indice A' in funzione di CN è analogo a quello di A e quindi la normalizzazione ha influito sui valori e non sulla dipendenza e quindi pare accettabile tale riformulazione.

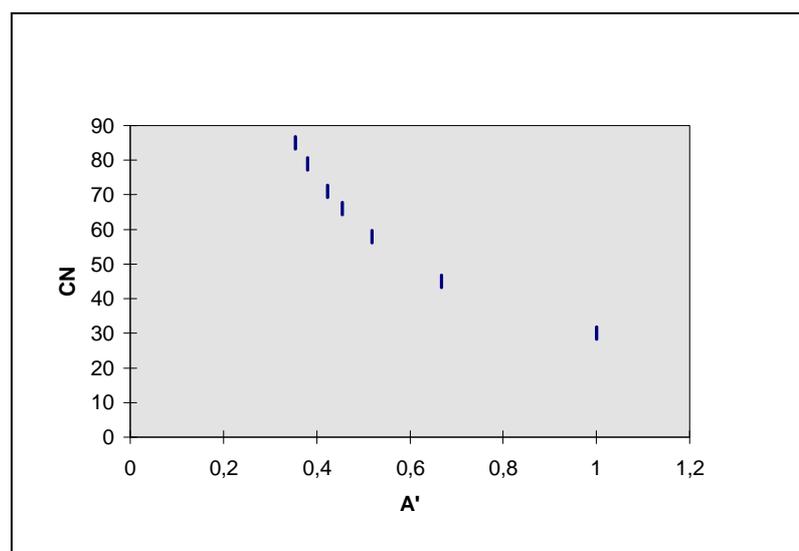


Figura 9.2 Dipendenza dell'indice A' dal parametro CN

• ***Inclinazione del pendio***

Dalla carta dell'acclività si possono ricavare gli intervalli delle pendenze. Gli estremi di questi intervalli sono stati scelti in funzione del tipo di terreno, come risulta dalla carta geologica.

Trascurando l'azione resistente della coesione (il che è a favore di sicurezza), si possono individuare i seguenti intervalli di instabilità:

- i terreni incoerenti (ghiaie, sabbie, ciottoli e detriti rocciosi) sono molto franosi
 - $\alpha < 25^\circ$ scarsissime probabilità di frana, solo con precipitazioni eccezionali
 - $\alpha > 47^\circ$ frana molto probabile
 - $25^\circ < \alpha < 47^\circ$ terreno potenzialmente franoso, in presenza di piogge
- i terreni coerenti (non fratturati) sono raramente franosi:
 - $\alpha > 70^\circ$ diventano incerte le condizioni dei pendii a franapoggio
 - $\alpha > 80^\circ$ diventano incerte le condizioni dei pendii a reggipoggio (in entrambi i casi si può manifestare la caduta di massi)
 In presenza di fratture, i terreni coerenti vanno trattati come terreni pseudo-semicoerenti.
- i terreni pseudo-semicoerenti (rocce fratturate o terreni a componente argillosa) sono mediamente franosi:
 - $\alpha < 20^\circ$ scarsissime probabilità di frana
 - $\alpha > 40^\circ$ possono diventare molto instabili
 - $20^\circ < \alpha < 40^\circ$ sono potenzialmente instabili, soprattutto in presenza di piogge

Facendo riferimento alla definizione di fattore di sicurezza, si può individuare un indice della predisposizione meccanica alla frana nel rapporto

$$\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\varphi}$$

dove α è l'inclinazione del pendio e φ angolo di attrito interno del terreno saturo. Tale indice si ritiene dominante in quanto indipendente dalle concause quali pioggia, moti di filtrazione, sovraccarichi etc.

L'indice viene indicato con B e assume i seguenti valori:

$$\begin{aligned} \text{per } \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\varphi} < 0.66 \quad & \text{si assume } B = 0 \\ \text{per } \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\varphi} > 0.66 \quad & \text{si assume } B = \frac{\operatorname{tg}\alpha_i}{\operatorname{tg}\varphi_i} \end{aligned}$$

(in letteratura si trova che il fattore di sicurezza, definito come l'inverso del rapporto sopra definito, deve assumere valore 1,5. L'inverso di questo valore di sicurezza è proprio 0,66).

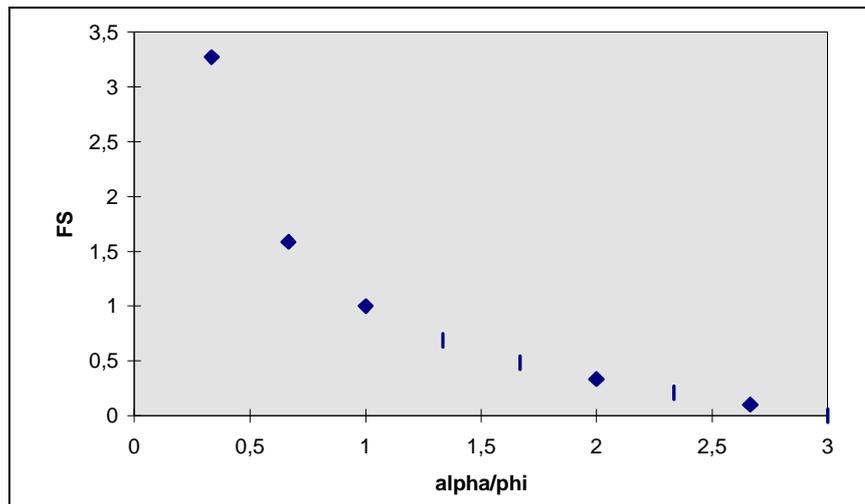


Figura 9.3 Dipendenza del fattore di sicurezza dal rapporto α/ϕ . Per $FS = 1,5$ (limite oltre il quale ci si può ritenere in condizione di sicurezza) il rapporto α/ϕ assume valore 0,66

- **Indagini storiche**

Poiché si riscontra una certa ripetitività del fenomeno franoso nelle aree già colpite dall'evento, si è ritenuto opportuno introdurre un indice amplificativo del grado di pericolosità per le aree che hanno già conosciuto movimenti franosi.

Questo indice verrà indicato con C e assume i seguenti valori:

- C = 0.1 aree già colpite da frane
- C = 0 aree non ancora colpite da frane

- **Erosione di sponda**

Per tenere conto del fenomeno di erosione dovuto al trasporto solido caratterizzante i corsi d'acqua, in special modo quelli a regime torrentizio, si è introdotto il coefficiente D. E' stato applicato ai pendii che al piede presentano un torrente.

Questo indice assume i valori:

- D = 0.2 in presenza di torrente
- D = 0 in assenza di torrenti

- **Influenza della conoscenza del territorio**

La conoscenza di alcune zone del territorio in dettaglio diminuisce l'incertezza sui parametri meccanici del terreno, appare quindi opportuno introdurre un'ulteriore indice che discrimini il grado di precisione dei valori caratteristici usati.

Tale indice verrà indicato con I ed assume i seguenti valori:

- I = 1.1 in mancanza di indagini in situ
- I = 1 in presenza di indagini in situ .

L'indice di pericolosità rispetto alle frane assume l'espressione:

$$P_F = B(1 + A + C + D)I$$

Si ottiene in questo modo una classificazione delle aree in cui viene suddiviso il territorio. La presenza di fattori predisponenti all'evento aumenta la pericolosità dell'area. Per le aree che sono caratterizzate dai massimi valori di F, si rende necessario una indagine di campagna che metta in evidenza eventuali fenditure e crepe, e la struttura del pendio a franapoggio. Nelle aree in cui si riscontrano queste presenze, l'indice di pericolosità P_F viene raddoppiato (il valore diventa indicativo della massima probabilità di caduta).

9.1.3 Il rischio di valanga

La previsione delle valanghe è meno ardua della previsione delle frane per quanto riguarda l'aspetto spaziale, mentre per quanto riguarda l'aspetto temporale si possono individuare dei periodi a maggiore o minore predisposizione alla valanga, ma comunque non è possibile prevedere il momento esatto in cui la valanga cadrà.

L'analisi delle cause delle valanghe, nonché la descrizione delle caratteristiche del manto nevoso, hanno consentito di individuare gli elementi che possono servire alla definizione della pericolosità di un territorio dal punto di vista della valangosità:

- la neve, in termini di spessore dello strato nevoso, del suo grado di coesione, della coesione tra i vari strati e dello stato di fusione della neve;
- il pendio, in relazione alla sua inclinazione, alla configurazione morfologica (rugoso, liscio, roccioso...) e alla copertura vegetale.

Tutti questi fattori, al fine del lavoro di pianificazione, fanno in modo di indirizzare la ricerca degli indicatori di pericolosità nell'ambito dei fattori territoriali dipendenti dalla topografia e dalla copertura del suolo, mentre, per quanto riguarda il fattore neve, gli indicatori saranno sostanzialmente legati a considerazioni su indici climatici (escursioni termiche, piovosità).

Importanti informazioni circa i valori caratteristici dei fattori sopra esposti, vengono senza dubbio dall'analisi degli eventi passati. La ricerca storica e la rappresentazione cartografica, dovrebbero permettere di evidenziare:

- la zona interessata dalla valanga;
- la classificazione della valanga;
- le cause del dissesto;
- le condizioni della superficie (pendenza, copertura vegetale);
- le condizioni meteorologiche nei giorni precedenti la valanga.

E' importante evidenziare la ripetitività del fenomeno e le caratteristiche del movimento. Questo consente poi di integrare le informazioni derivanti dall'analisi delle precipitazioni nevose, delle piogge, delle escursioni termiche.

Infine, è necessario mettere in evidenza le condizioni del pendio e della copertura del suolo che potrebbero aumentare la pericolosità.

9.1.4 Parametrizzazione dell'indice di pericolosità per le aree a rischio di valanga

Per esprimere la pericolosità del pendio in relazione alla sua predisposizione alla valanga si introducono i seguenti indici:

9.1.4.1 Inclinazione del pendio

Da quanto esposto in precedenza, è possibile individuare dei range della pendenza del versante per cui è altamente improbabile che si verifichi il fenomeno valanghivo, e altre in cui questa probabilità è massima (vedi paragrafo: cause delle valanghe).

Questo indice viene indicato con P e assume la seguente espressione:

$$P = 0 \quad \text{se } \alpha < 22^\circ$$

$$P = \alpha_1 \quad \text{se } 22^\circ < \alpha < 60^\circ, \text{ e } \alpha_1 = \alpha \text{ espresso in radianti}$$

$$P = 0 \quad \text{se } \alpha > 60^\circ$$

- **Altitudine**

Dall'analisi dei dati emerge il fatto che il fenomeno valangoso si manifesta nella maggior parte dei casi tra i 1.000 e i 3.000 metri, con leggere differenze tra gli Appennini e le Alpi. Appare quindi opportuno introdurre un indice D che permette di selezionare le aree in cui il fenomeno è possibile.

- D = 1 se l'altitudine è compresa tra i 1.000 e i 3.000 metri slm
 D = 0 se non appartiene all'intervallo

9.1.4.2 Copertura del suolo

Questo indice vuole tenere conto del contributo della vegetazione alla opposizione alla caduta delle valanghe.

Tale indice sarà indicato con C e assume i seguenti valori:

- C = 0 in presenza di bosco
 C = 0,5 se l'area è a incolto e incolto produttivo, oppure coperta di cespugli e arbusti
 C = 1 se l'area è a prato e pascolo, oppure sterile (roccia nuda)

9.1.4.3 Precipitazioni

Questo indice si dovrà considerare ogni volta che l'indagine sulla pericolosità rispetto alle valanghe coinvolga due o più aree a piovosità diversa. Indicando con A tale indice, si ha:

$$A = \frac{P_i}{P_{med}}$$

dove:

- P_i è la precipitazione totale in un anno del bacino i-esimo
- P_{med} è la precipitazione totale media annua di tutti i bacini considerati

Se il bacino è caratterizzato da un unico regime di precipitazioni, $A=1$.

• *Ricerca storica*

Dall'analisi dei dati storici si evidenziano le aree dove si è già manifestato il fenomeno valangoso. Poichè tale fenomeno in genere si ripresenta periodicamente nelle stesse aree, si è ritenuto opportuno introdurre un indice F così definito:

- F = 1,1 se l'area è già stata colpita da valanghe
 F = 1 se non si sono mai manifestati fenomeni.

• *Escursioni termiche*

Poiché questo parametro è estremamente variabile con le stagioni, e quindi non gestibile dal punto di vista della pianificazione, si è ritenuto opportuno non includerlo nella valutazione della pericolosità.

La pericolosità sarà espressa dall'indice P_V :

$$P_V = P \cdot C \cdot A \cdot F \cdot D$$

OSSERVAZIONE: per la valutazione della pericolosità delle valanghe non si è tenuto conto della stratificazione del manto nevoso, in quanto ciascuno strato dovrebbe essere definito con parametri meccanici (coesione, angolo di attrito statico) che assumono valori diversi e dipendono da innumerevoli condizioni estremamente variabili nel tempo e non parametrizzabili con i modelli conosciuti.

Pertanto si è ritenuto opportuno considerare il manto nevoso come se fosse uniforme con una pendenza uguale a quella del pendio.

9.1.5 Il rischio di alluvione

La proposta per quanto riguarda la pericolosità dei fenomeni alluvionali è prettamente urbanistica: l'obiettivo non è tanto quello di conoscere puntualmente il grado di pericolosità del territorio (valutazione delle portate critiche), ma quello di fornire tutta una

serie di elementi utili per diminuire il rischio di inondazione utilizzando un'analisi della risposta idrologica del suolo (con il metodo dell'SCS Curve Number).

Tutto questo deve essere visto all'interno dell'azione e progettazione interdisciplinare citata prima, dove la visione urbanistica serve da vettore a quella idraulica ed ingegneristica.

Come negli altri casi di "hazards" si ritiene opportuno fare uso di indicatori di pericolosità che cerchino di interessare tutte le caratteristiche del territorio. Tali indicatori devono tenere conto di tutti i fattori legati al territorio ed al clima che influenzano il fenomeno alluvione.

Tali fattori sono:

- le precipitazioni;
- la risposta del terreno (ruscellamento, infiltrazione);
- la tipologia del bacino;
- la morfologia del territorio;
- le concause (ostacoli negli alvei, canalizzazioni, ponti....).

Ogni fattore sarà espresso tramite un indice che, combinato con gli altri fornirà un valore numerico proporzionale alla pericolosità della singola porzione di territorio considerato.

Prima di procedere con l'illustrazione della parametrizzazione dell'indice di pericolosità, si richiamano alcuni concetti base relativi alla elaborazione delle curve di possibilità climatica e al metodo SCS Curve Number.

9.1.6 Elaborazione delle curve di possibilità climatica

Le registrazioni delle altezze di precipitazione svolte dai pluviografi, data la struttura del pluviografo stesso, forniscono solo le modalità di variazione della precipitazione nel tempo per il punto in cui gli strumenti sono ubicati; si tratta quindi di una misura puntuale e per un suo utilizzo pratico si dovranno svolgere due operazioni preliminari:

1. la trattazione statistica dei dati dei pluviografi, che consentirà di determinare il legame che intercorre tra l'altezza di precipitazione, la sua durata e la frequenza probabile con cui tale altezza può verificarsi;
2. il ragguaglio delle precipitazioni all'area studiata.

Il metodo utilizzato per la trattazione statistica consiste nel determinare le curve di inviluppo delle massime precipitazioni di assegnata durata verificatesi nel tempo di funzionamento del pluviografo. Vengono poi selezionati gli eventi a maggior intensità per ogni durata e vengono trattati con il metodo "Gumbel". Tale metodo consiste nell'analizzare le piogge intense di breve durata raccolte con il sistema illustrato in precedenza nel seguente modo:

- a) si fissano le durate di precipitazione (1 ora, 3 ore,...);
- b) si determina per ogni anno l'altezza massima di precipitazione relativa ad ogni durata prefissata;
- c) per ogni durata si dispongono i valori delle precipitazioni in ordine crescente, associando ad ognuno di essi la propria frequenza cumulata $F = i/N$ dove i è il numero d'ordine dei valori ed N il numero di anni di registrazione;
- d) trattandosi di campioni massimi annuali di una variabile, si assume che la distribuzione migliore sia quella asintotica del massimo valore o di Gumbel, la quale, se si indica con h l'altezza di precipitazione di assegnata durata, assume la forma:

$$P(h) = \exp\left(-\exp\left(-\alpha(h - \mu)\right)\right)$$

dove P rappresenta la probabilità di non superamento del valore h , ed α e μ sono i parametri della distribuzione;

- e) α e μ sono determinati con il metodo dei momenti (media, varianza, scarto..) e assumono i seguenti valori:

$$\alpha = \frac{1.283}{S} \quad \mu = \bar{h} - 0.450 \cdot S$$

dove \bar{h} indica l'altezza media di precipitazione per una stessa durata e S è lo scarto quadratico medio;

- f) ricordando che $P = (T-1)/T$ dove T è il tempo di ritorno fissato a priori si ottiene

$$h = \mu - \frac{1}{\alpha} \cdot \ln \left(- \ln \frac{(T-1)}{T} \right)$$

- g) tale operazione viene ripetuta per tutti i campioni relativi alle varie durate;
 h) una volta terminato si ottengono delle curve di possibilità climatica su un diagramma $\text{Log } h - \text{Log } t$ in funzione della durata di pioggia considerata, in genere costituite da 1 o più rette.

Una volta ottenute le curve di possibilità climatica, è necessario uscire dal campo dei valori puntuali per far acquisire alle nostre previsioni un carattere areale, procedendo al "ragguaglio delle piogge all'area". Per fare ciò si svolgono le seguenti operazioni:

- a) si considera il pluviometro come centro di scroscio;
 b) si adotta una delle innumerevoli formule di ragguaglio presenti in letteratura; la formula consigliata è quella di Columbo per cui

$$h_r = a' \cdot t^{n'}$$

dove:

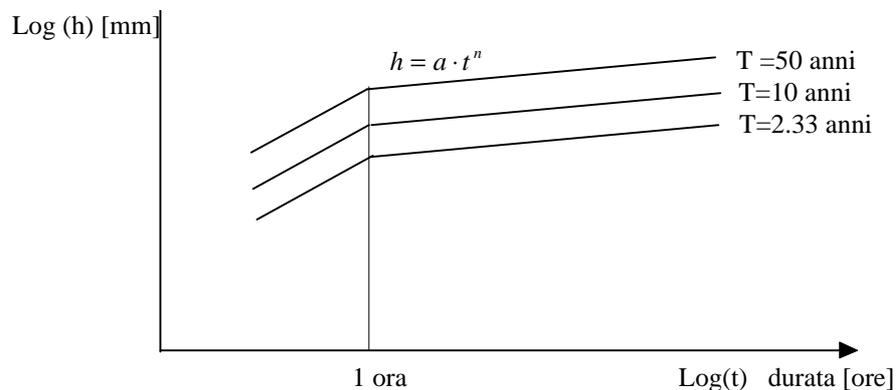
h_r è l'altezza di pioggia ragguagliata;

t è la durata considerata (1, 2, 3 ore...).

$$a' = a \left[1 - 0.06 \cdot \left(\frac{A}{100} \right)^{0.4} \right]$$

$$n' = n + 0.003 \cdot \left(\frac{A}{100} \right)^{0.6} \quad \text{con } A: \text{ area del bacino considerato}$$

a ed n sono 2 parametri delle curve ottenute con il metodo di Gumbel (vedi grafico sotto).



9.1.7 Il metodo SCS Curve Number

La predisposizione dei suoli a contribuire ai deflussi di piena e ad impregnarsi d'acqua è determinata dai seguenti fattori

- permeabilità degli strati superficiali di terreno e degli strati immediatamente inferiori;

- stato di imbibimento del suolo all'inizio dell'evento meteorico;
- uso del suolo.

Vi sono alcuni modelli in letteratura che descrivono il fenomeno ma quello più adottato e ritenuto semplice ed affidabile è senz'altro l'SCS Curve Number (La difesa idraulica del territorio, Maione Brath), tale metodo messo a punto dal Dipartimento dell'Agricoltura degli USA nel 1972 viene adottato nel nostro studio non nella formulazione americana ma in quella modificata italiana da Busoni et al 1992 che riteniamo più completa ed adatta ai nostri scopi, essenzialmente grazie alla discrezione della pedologia dei suoli trattata in modo più appropriato che non nella versione originale.

Il metodo SCS Curve Number più noto come CN si basa sulle seguenti ipotesi:

1. in un evento di piena, il volume specifico di deflusso sia P;
2. l'afflusso meteorico sia I;
3. L'assorbimento iniziale del terreno sia Ia;
4. Il volume specifico infiltrato sia F;
5. La massima ritenzione potenziale del terreno, la quale ha le dimensioni di un volume sia S;

e propone la seguente formulazione:

$$\frac{F}{S} = \frac{P}{I - I_a} \quad (a)$$

cioè il rapporto tra volume specifico infiltrato F e il volume specifico S è pari al volume specifico del deflusso superficiale P diviso l'afflusso meteorico I depurato dall'assorbimento iniziale Ia.

Eseguendo un semplice bilancio di massa si ottiene quindi

$$F = I - I_a - P \quad (b)$$

cioè l'infiltrazione è pari all'afflusso meteorico depurato di tutte le perdite. Sostituendo (b) in (a) si ottiene:

$$P = \frac{(I - I_a)^2}{I - I_a + S} \quad (c)$$

L'equazione c) fornisce una stima del volume specifico di ruscellamento in funzione del volume precipitato, della capacità di assorbimento del bacino e della massima ritenzione idrica potenziale.

La capacità di assorbimento è poi strettamente legata alle caratteristiche del suolo mentre la ritenzione idrica superficiale è da considerarsi strettamente connessa alle caratteristiche di uso del suolo ed ancora dal tipo di suolo.

Questi ultimi due legami sono globalmente rappresentati tramite il CN (numero di curva). CN ha le dimensioni di un numero puro e varia da 0 a 100 ed il suo numero è tanto più elevato quanto più è grande il ruscellamento superficiale rispetto al volume precipitato.

CN inoltre è legato ad S (ritenzione potenziale) dalla seguente relazione:

$$S_o = \frac{1000}{CN} - 10$$

dove S_o è una costante di scala dimensionale, il suo valore per S, F, I e P misurati in mm è 254 mm.

L'altro parametro che il metodo SCS CN prevede è Ia, cioè l'assorbimento iniziale. Tale parametro dipende da svariati fattori quali l'intercettazione da parte della vegetazione, l'accumulo negli avvallamenti superficiali e il grado di imbibimento iniziale ed una sua stima

è assai ardua. Tuttavia da una serie di tarature da parte del dipartimento forestale USA è risultato che l'indice I_a può essere posto pari ad $I_a=c*S$ dove c è una costante e vale $c=0.2$ non commettendo grossi errori; infatti si è visto che tale stima ben si adatta alla maggior parte delle tipologie di bacino.

Lo stato di imbibimento poi viene espresso in modo qualitativo in base ad un indice di pioggia che considera la pioggia totale caduta nei 5 giorni che precedono l'evento di piena. Tale indice è indicato con API (Antecedent Precipitation Index). In base al valore di P_5 vengono individuate 3 classi di AMC (Antecedent Moisture Condition I, II, III) che rappresentano rispettivamente:

- terreno inizialmente asciutto;
- terreno mediamente imbibito;
- terreno fortemente imbibito;

come mostrato nella tabella seguente:

Classe AMC	Totale precipitazioni nei 5 giorni antecedenti l'evento	
	Stagioni di riposo vegetativo	Stagioni di crescita vegetativa
I	<13mm	<36 mm
II	13-28 mm	36-53 mm
III	>28 mm	>53mm

Tabella .1

Noto il valore di CN per le condizioni di medio imbibimento, ossia CN_{II} , il metodo SCS CN permette di calcolare i valori di CN nelle altre due condizioni nel modo seguente:

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{2.38 - 0.0138 \cdot CN_{II}} \quad \text{scarso imbibimento}$$

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057 \cdot CN_{II}} \quad \text{notevole imbibimento}$$

Il procedimento espresso fin qui è analogo sia per il metodo puro USA che per il metodo proposto da Busoni et al 1992. Le differenze subentrano nella valutazione dei parametri; esponiamo qui di seguito il procedimento "italiano".

Per procedere con la parametrizzazione è necessario in primo luogo stabilire le caratteristiche idrologiche del suolo. Per fare ciò, Busoni propone un indice geopedologico che sia pari alla somma di due indici g_1 e g_2 , che tengano conto rispettivamente delle caratteristiche di tessitura e strutturali dei suoli. Nelle tabelle 9.2 e 9.3 sono riassunti gli indici g_1 e g_2 .

TESSITURA	STRUTTURA		
	Forte, incoerente	Moderata	Debole, lamellare, massiva
Grossolana	1	2	3
Media	4	5	6
Fine	7	8	9

Tabella 9.2 Indice geopedologico in funzione delle caratteristiche del suolo g_1

Permeabilità orizzonte superiore cm/ora	Riduzione permeabilità orizzonte inferiore	Profondità di inizio della riduzione della permeabilità cm			
		<25.4	25,4-25	51-102	>102
>12	piccola	-	-	-	1..2
	moderata	5..7	3..4	2..3	1..2
	pronunciata	10	8..10	4..8	1..3
6...12	piccola	-	-	-	5..6
	moderata	6..8	4..5	3..4	5..6
	pronunciata	10	8..10	5..7	7..8
2...6	piccola	-	-	-	5..6
	moderata	7..8	6..7	5..6	5..6
	pronunciata	9..10	8..9	7..8	7..8
0,5...2	piccola	-	-	-	7..8
	moderata	8..9	7..8	5..6	5..6
	pronunciata	9..10	8..9	7..8	7..8
<0,5	piccola	-	-	-	9..10
	moderata	9..10	8..9	9..10	9..10
	pronunciata	9..10	8..9	9..10	9..10

Tabella 9.3 Indice geopedologico di permeabilità g2

Una volta definiti g1 e g2 si procede secondo la trattazione italiana all'individuazione delle varietà idrologiche dei suoli tramite un indice $G=g1+g2$.

Nella tabella seguente sono riportate le diverse varietà.

VARIETA' IDROLOGICHE DI SUOLI			
A 0<G<5 sabbie profonde, terriccio marnoso, aggrati limosi e sabbiosi	B 6<G<10 sabbie argillose, terriccio marnoso sottile	C 11<G<15 argille sabbiose, suoli poveri di contenuti organici, suoli molto argillosi	D 16<G<19 suoli con tendenza al rigonfiamento in presenza di umidità, argille plastiche, suoli salini

Tabella 9.4 Tipi di suolo e indice geopedologico $G=g1+g2$

Le informazioni riguardo alla permeabilità degli strati superficiali sono desumibili utilizzando le informazioni contenute nella carta geologica (carta geologica d'Italia in scala 1:100.000, o carte geologiche locali) e nella carta litologica (in scala 1:10.000 per parte della regione Lombardia o in altre scale e formati per carte litologiche redatte da altri enti e soggetti). Dove la carta delle permeabilità sia già stata redatta è preferibile utilizzare tale strumento. In mancanza di informazioni più dettagliate all'indice geopedologico g1 si può assegnare per le zone pedemontane e montane del nord Italia un valore compreso tra 4 e 6 (Maione, Brath, 1996). Per quanto riguarda la permeabilità dello strato di terreno superficiale, per tessiture costituite prevalentemente da materiale detritico si può assegnare a g2 un valore medio compreso tra 2 e 6 (Maione, Brath, 1996). In assenza di dati forniti dalla carta litologica si può anche, con le dovute cautele e con la perizia di un geologo, relazionare il tipo di terreno con la sua porosità tipica e con la permeabilità.

Per quanto riguarda le rocce coerenti si può parlare di porosità tipo ma la permeabilità è molto più difficile da estrapolare in quanto la natura e la forma delle fessure influisce in modo decisivo sulla permeabilità.

Suolo (rocce incoerenti)	Porosità totale %	Coefficiente di permeabilità K (cm/s)
Argille	45-50	$>10^{-6}$
Limi	35-45	fino a 10^{-6}
Sabbie fini e medie	34	$3 \cdot 10^{-2}$
Sabbie medie e grosse	32	$5 \cdot 10^{-2}$
Sabbie grossolane	30-31	$1 \cdot 10^{-1}$
Sabbie molto grossolane	26-27	$3 \cdot 10^{-1}$
Ghiaie e ciottoli	25	1
Depositi alluvionali eterogenei	5-20	molte decine

Tabella 9.5 Caratteristiche per tipo di terreno

Rocce coerenti	Porosità totale %
Marne finemente fessurate	40-45
Arenarie	5-25
Calcari	3-20
Dolomie	2-10
Basalti	0.1-3
Graniti	0.02-1.5

Tabella 9.6 Valori di porosità per tipo di terreno

Giunti a questo punto la discretizzazione dei parametri è completata e quindi si può procedere al calcolo di CN_{II} incrociando il tipo idrologico di suolo con l'uso del suolo (copertura vegetale, centri abitati..). Nella tabelle seguenti sono riportati alcuni valori caratteristici del CN_{II} (R. Ranzi, 1997). Nella norma si utilizza sempre CN_{II} in quanto si ipotizza lo stato di medio imbibimento.

Il metodo SCS CN permette di calcolare la portata di deflusso superficiale ma fornisce anche una valutazione dell'acqua che si infiltra nel terreno. Si deve intendere ciò come stima e non determinazione di tutto il volume infiltrato, perché il valore di CN è correlato a tutta l'acqua che per un qualsiasi motivo non ruscella; infatti CN tiene conto anche della porzione di volume che resta nelle depressioni del terreno e quella intercettata dalla vegetazione. Tuttavia l'analisi dei valori che assume il CN nella zonizzazione del territorio, pur con tutte le cautele del caso, si rivela un parametro importante nella classificazione del territorio in base alla risposta idrologica.

Appare chiaro infatti che fatti salvi gli errori che si commettono non considerando i volumi contenuti negli avvallamenti superficiali i risultati ottenibili dall'analisi del CN riassumono le caratteristiche salienti di un territorio quali:

- risposta idrologica;
- protezione idrologica.

Per risposta idrologica si intende sia il ruscellamento (dove il CN fornisce risultati molto attendibili) sia l'infiltrazione, pur con tutte le limitazioni espresse sopra.

Per protezione idrologica si intende la stima dell'opposizione che la copertura del suolo unitamente all'uso del suolo svolgono contro tutta una serie di fenomeni quali l'erosione dei suoli, le alluvioni ed i movimenti franosi.

Uso del suolo	TIPO DI SUOLO			
	A	B	C	D
	CN	CN	CN	CN
Terreni coltovati in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Terreni coltovati in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Prati	<30	58	71	78
Boschi a copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste fitti e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 e il 75%	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone industriali e commerciali (area impermeabile 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali lotti fino a 500 mq	77	85	90	92
Zone residenziali lotti da 500 a 1000 mq	61	75	83	87
Zone residenziali lotti da 1000 a 1500 mq	57	72	81	86
Zone residenziali lotti da 1500 a 2000 mq	54	70	80	85
Zone residenziali lotti da 2000 a 5000 mq	51	68	79	84
Zone residenziali lotti da 5000 a 10000 mq	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade,.....	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto di ghiaia	76	85	89	91
Strade in terra battuta	72	82	87	89
Maggese nudo o arato a ritocchino	77	86	91	94
Maggese residuo (5%) in cattive/buone condizioni	77/74	85/83	90/88	93/90
Filari a ritocchino in cattive/buone condizioni	72/67	81/78	88/85	91/89
Filari per traverso in cattive/buone condizioni	70/65	79/75	84/82	88/86
Filari per traverso e terrazzati in cattive/buone condizioni	66/62	74/71	80/78	82/81
Cereali a ritocchino in cattive/buone condizioni	65/63	76/75	84/83	88/87
Cereali per traverso in cattive/buone condizioni	63/61	74/73	82/81	85/84
Cereali per traverso e terrazzati in cattive/buone condizioni	61/59	72/70	79/78	82/81
Leguminose o prato a rotazione a ritocchino in cattive/buone condizioni	66/58	77/72	85/81	89/85
Leguminose o prato a rotazione per traverso in cattive/buone condizioni	64/55	75/69	83/78	85/83
Leguminose o prato a rotazione per traverso e terrazzati in cattive/buone condizioni	63/51	73/67	80/76	83/80

Tabella 9.7 Valori del parametro CN_{II} nei centri abitati

COPERTURA DEL SUOLO	TIPO IDROLOGICO DI SUOLO			
	A	B	C	D
ZONE UMIDE				
Pascolo in cattive/discrete/buone condizioni (1)	68/49/39	76/69/61	86/79/74	89/84/90
Pascolo per traverso in cattive/discrete/buone condizioni (1)	72/25/6	67/59/35	81/75/70	88/83/79
Prato senza pascolo e soggetto a fienagione (1)	<30	58	71	78
Sterpaglia in cattive/discrete/buone condizioni (2)	48/35/30	67/56/48	77/70/65	83/77/73
Frutteto in cattive/discrete/buone condizioni (2)	57/43/32	73/65/58	82/76/72	86/82/79
Bosco in cattive/discrete/buone condizioni (3)	45/36/25	66/60/55	77/73/70	83/79/77
ZONE ARIDE E SEMIARIDE				
Manto erboso in cattive/discrete/buone condizioni (4)	-	80/71/62	87/81/74	93/89/85
Macchia boschiva in cattive/discrete/buone condizioni	-	66/48/30	74/57/41	79/63/48
Cespugli in cattive/discrete/buone condizioni	-	75/58/41	85/73/61	89/80/71
Macchia arbustiva in cattive/discrete/buone condizioni	-	67/51/35	80/63/47	85/70/55
Vegetazione desertica in cattive/discrete/buone condizioni	63/55/49	77/72/68	85/81/79	83/86/84

NOTA

(1) Cattive condizioni: copertura inferiore al 50% ed elevato sfruttamento

Discrete condizioni: copertura tra il 50 e il 75% e modesto sfruttamento

Buone condizioni: copertura superiore al 75% e sfruttamento saltuario

(2) Cattive/discrete/buone condizioni: copertura inferiore al 50%, tra il 50 e il 75%, oltre il 75%

(3) Cattive condizioni: sottobosco soggetto a sfruttamento e distruzione a causa di incendi boschivi

Discrete condizioni: sottobosco soggetto a sfruttamento ma al riparo dagli incendi

Buone condizioni: sottobosco protetto

(4) Cattive condizioni: copertura inferiore al 30%

Discrete condizioni: copertura tra il 30 e il 70%

Buone condizioni: copertura superiore al 70%

NOMENCLATURA

Macchia boschiva: boschi nativi misti (castagno, rovere, pioppo, acero, pino marittimo, acacia...)

Cespugli: cespugli nativi misti (ginestra, rosmarino, ginepro, rovi....)

Macchia arbustiva: arbusti nativi misti (salvia, artemisia tridentata...)

Vegetazione desertica: ad esempio cactus, agave, peyote.....

Tabella 9.8 Valori caratteristici del parametro CN_H ottenuti considerando il tipo idrologico di suolo e le caratteristiche di copertura del suolo

9.1.8 Parametrizzazione dell'indice di pericolosità per le aree a rischio di alluvione

• Le precipitazioni

L'indice si ricava dall'analisi delle piogge di forte intensità e breve durata relative alla stazione pluviometrica più vicina all'area in studio. Se nell'area in studio ci sono 2 o più stazioni pluviometriche, l'area indagata andrà divisa in 2 sottobacini o più, ricavati con il metodo degli spartiacque ognuno contenente al suo interno una stazione pluviometrica.

In particolare il valore dell'indice P assume questa espressione:

$$P = \frac{h_i}{h_{med}}$$

dove:

h_i : altezza di pioggia del bacino i-esimo misurata in mm della durata di 3 ore, per un tempo di ritorno di 100 anni

h_{med} : altezza di pioggia media tra quella di tutti i bacini i-esimi misurata in mm della durata di 3 ore, per un tempo di ritorno di 100 anni

L'altezza di pioggia h va calcolata ragguagliando le piogge all'area secondo la trattazione italiana, esposta brevemente nell'appendice A.2 (B. Bacchi, 1985). Va inoltre notato come il tempo di ritorno adottato non sia arbitrario, in quanto tempi di ritorno di 50 o 100 anni sono propri di piogge eccezionali che possono mandare in crisi il deflusso nelle sezioni fluviali.

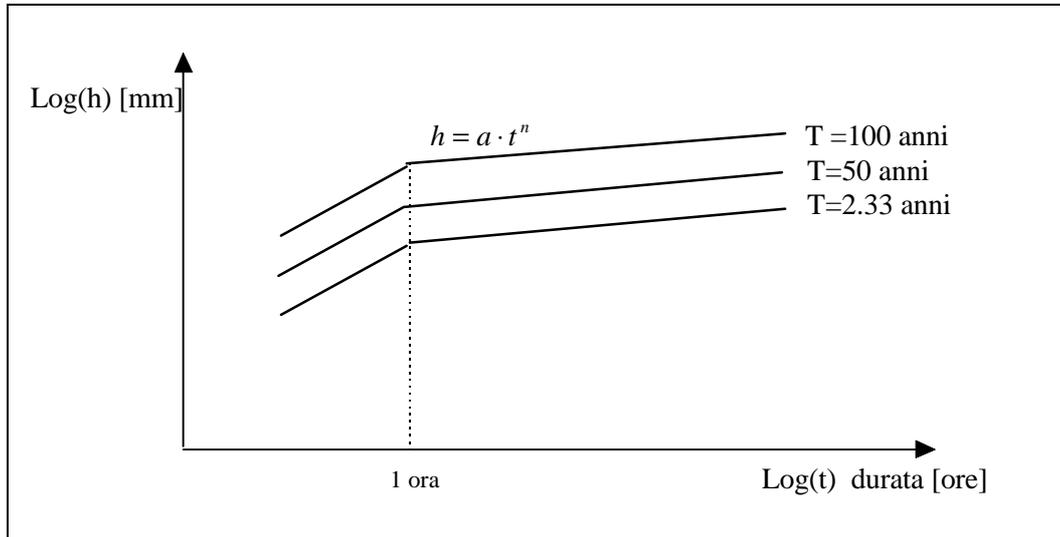
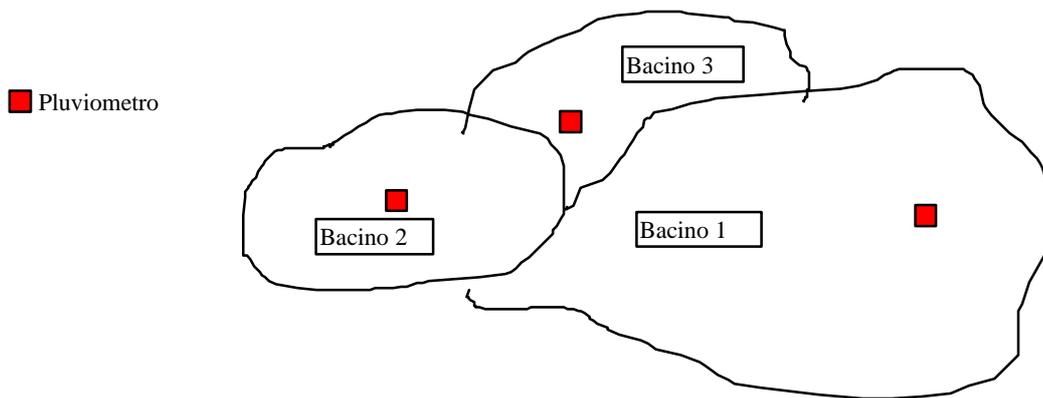


Figura 9.4 Andamenti delle linee segnalatrici di pioggia in funzione del tempo di ritorno e della durata dell'evento

E' ovvio che in presenza di un unico bacino i termini h_i e h_{med} saranno i medesimi e pertanto l'indice P risulterà pari a 1. Nello schema seguente viene raffigurata la situazione che si viene a presentare quando si è in presenza di 2 o più bacini.



- **La risposta del terreno**

Tale indice verrà indicato con T .

Per risposta del terreno si intende il modo in cui le precipitazioni vengono regimate dal territorio inteso come suolo e copertura del suolo.

La misura che vuole esprimere tale indice è quella di stimare quanta acqua meteorica caduta sulla porzione di territorio considerata raggiunge la sezione di chiusura.

Vanno in questo caso precisati i due possibili meccanismi di raggiungimento della sezione di chiusura:

- per ruscellamento superficiale;
- per infiltrazione.

Nello schema di figura 9.5 vengono rappresentati schematicamente i due fenomeni.

Tuttavia ai fini del presente studio non si considereranno le acque infiltrate in quanto la velocità di filtrazione è di 3 o più ordini di grandezza inferiore a quella di ruscellamento (mm/h rispetto a cm/sec).

In tabella 3 sono fornite le velocità di infiltrazione per alcuni tipi di terreni.

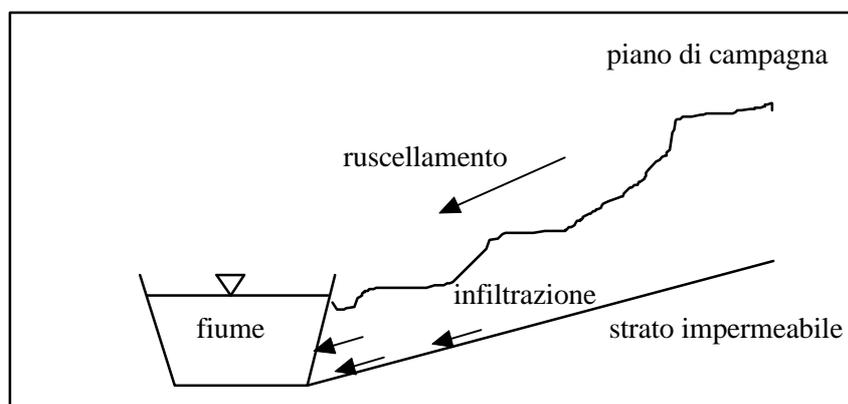


Figura 9.5 Schematizzazione dei fenomeni di ruscellamento ed infiltrazione dell'acqua

TIPI DI TERRENO	VELOCITA'
ghiaie grosse	1-100 cm/sec
ghiaie con sabbia e sabbie pulite	10^{-3} - 10^{-2} cm/sec
sabbie fini limose e limi	10^{-6} - 10^{-3} cm/sec
limi argillosi e argille	10^{-10} - 10^{-7} cm/sec

Tabella 9.9 Velocità di filtrazione di alcuni litotipi
Fonte: A. Cancelli, 1980

Il loro contributo quindi si può ritenere in prima approssimazione nullo anche se ciò non è più vero per piogge di lunga durata (qualche giorno), dove il contributo si deve sommare a quello delle acque ruscellanti. Infatti in tempi così lunghi anche le acque di infiltrazione riescono a raggiungere le sezioni di chiusura. Tuttavia molta dell'acqua infiltrata non raggiunge le sezioni di chiusura nemmeno per piogge di lunga durata, in quanto parte viene ritenuta dal terreno e parte va a rimpinguare le risorse idriche delle falde; in definitiva quindi per i nostri scopi l'errore si può ritenere accettabile.

L'indice T pertanto è pari a:

$$T = \frac{CN}{100}$$

dove CN : numero di curva.

Tale indice assume valori compresi tra 0 e 1 e tanto più è elevato tanto maggiore è il ruscellamento. L'utilizzo del numero di curva va ricercato nell'affidabilità che tale parametro fornisce, per una spiegazione più dettagliata sul CN si rimanda al paragrafo dedicato. L'introduzione di tale indice è ritenuta fondamentale in quanto l'individuazione sul territorio di aree che hanno CN più elevato, e quindi contribuiscono in modo massiccio ad alimentare la piena, è il primo passo da eseguire al fine di mitigare il rischio. Appare logico infatti che limitando con misure appropriate l'afflusso meteorico alle sezioni di chiusura si diminuisce anche la portata di piena e quindi il rischio di alluvione. Le misure di mitigazione del rischio possono essere molteplici (rimboschimento, creazione di canali drenanti,

terrazzamenti....) ed ognuno presenta pregi e difetti. Tuttavia per quanto esposto fino ad ora si ritiene che la risistemazione tramite rimboschimento sia la più adeguata e funzionale in una vasta panoramica di casi.

- **La tipologia del bacino**

Tale indice verrà indicato con B.

L'introduzione B mira a distinguere i vari sottobacini inclusi nel territorio in studio in base alla risposta idrologica del territorio in base alla forma geometrica in pianta del bacino. Come spiegato precedentemente, più un bacino è di forma circolare più i fenomeni alluvionali sono brevi ma violenti. Per tale indice si propone quindi il valore:

$$B = \left(\frac{B_i}{B_{med}} \right)^{-1}$$

dove:

$B_i = 0.89 * L / A^{1/2}$ con L = lunghezza del corso d'acqua principale in Km e A = Area del bacino i-esimo in km². Tale scelta vuole indicizzare come più pericolose quelle aree che hanno una risposta idrologica più rapida e violenta ($B_i=1$), si avrà quindi un indice più alto per i bacini circolari e sempre più basso man mano che la forma si allunga ($B_i > 1$).

Si veda al proposito il grafico seguente:

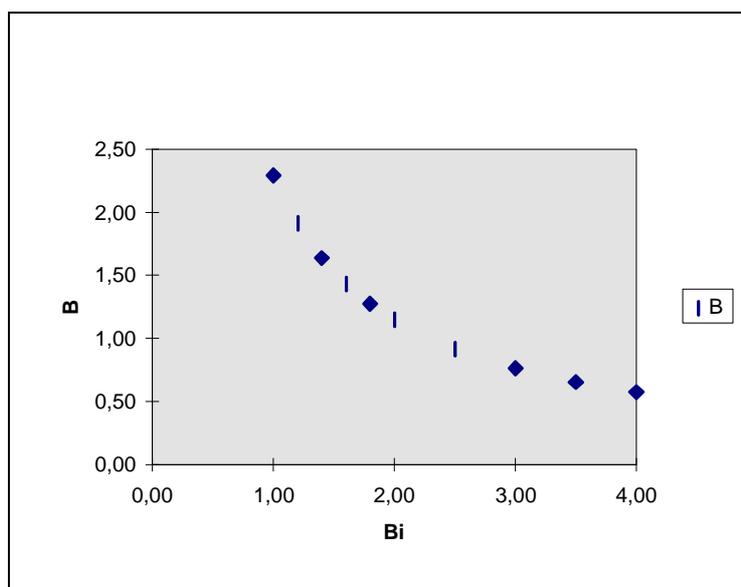


Figura 9.6 Andamento dell'indice B in funzione di B_i

Tale indice ha una sua validità nella pianificazione in quanto la conoscenza dei tempi di risposta globali di una macroarea permette di indirizzare la pianificazione verso interventi atti ad indirizzare la protezione e la salvaguardia verso eventi brevi ma violenti (per esempio, rinforzando ed alzando gli argini), oppure verso eventi lunghi ma progressivi (per esempio, disponendo piani di pronto intervento).

- **Morfologia del territorio**

In questo caso non si propone un indice numerico ma una cartografia tematica che vada a sovrapporsi al layer dell'indice di pericolosità.

La scelta è dovuta alla pressoché impossibilità di parametrizzare un elemento morfologico rispetto ad un altro (ci si dovrebbe chiedere se è più pericolosa un'area periodicamente alluvionata ma in cui le alluvioni non sono mai catastrofiche od un'area in

cui le alluvioni si manifestino con tempi di ritorno di centinaia di anni ma con conseguenze catastrofiche).

Ciò peraltro ci consente di individuare esattamente e senza tema di smentita aree con particolari caratteristiche.

Gli elementi che deve contenere la tavola di morfologia del territorio sono:

- avvallamenti inondabili;
- conche o cavità nel territorio;
- pianura alluvionale;
- punti critici, quali confluenze, sbocchi, alvei antichi.

Tutti questi elementi ovviamente vanno riportati su di una cartografia che contenga tutti i corsi d'acqua principali, i laghi, i bacini di scolo, e vanno considerati come estremamente pericolosi e si dovrà provvedere ad una loro risistemazione e controllo al fine di diminuire il rischio.

• **Concause (elementi della tavola degli ostacoli)**

Come nel caso precedente non si ritiene possibile una parametrizzazione delle concause ma si provvederà alla creazione di un ulteriore layer che andrà sovrapposto al layer della pericolosità ottenuto dall'indicizzazione dei primi 3 parametri e a quello della morfologia.

Le aree evidenziate su questo layer devono ritenersi alla stregua di quelle apparse sul layer della morfologia e come tali vanno trattate.

Tali aree sono:

- canalizzazioni e cementificazione degli alvei;
- deviazioni degli alvei;
- ostacoli negli alvei (costruzioni in alveo, cave in alveo, frane in alveo..);
- ponti, passerelle;
- alvei intubati;
- arginature degradate.

In definitiva si ottiene un indice di pericolosità pari a

$$P_A = P \cdot T \cdot B$$

Sovrapponendo i 2 layer della morfologia riguardante le alluvioni e delle strutture che ostacolano il deflusso, si ottengono zone la cui pericolosità è massima (tutte quelle presenti nei layer della morfologia e degli ostacoli) e zone in cui la pericolosità è variabile e dipende dalle caratteristiche climatiche, di uso del suolo, del suolo e dalla forma del bacino di appartenenza.

La sovrapposizione di questi layer consente di avere un quadro di insieme che è di notevole aiuto nella gestione e pianificazione del territorio: alcune opzioni rese possibili dalla redazione di tale cartografia sono la individuazione delle aree sensibili e la programmazione di indagini puntuali qualora la conoscenza dei fenomeni non si ritenga opportunamente approfondita.

Una critica che è possibile muovere a tale approccio può essere la mancata indagine sugli alvei e sulle portate dei corsi d'acqua, ma ciò è reso inevitabile dalla impossibilità di acquisizione dei dati puntuali con le tecnologie economicamente accessibili ad oggi.

Esistono infatti dei metodi di restituzione territoriale precisa ed in 3 dimensioni che fanno uso di immagini satellitari o aerofotogrammetriche ma si ritiene che l'applicabilità alla pianificazione sia ancora troppo costosa e quindi non paraticabile (necessità di riprese dedicate, potenze di calcolo superiori a quelle normalmente disponibili,...).

Tuttavia una futura integrazione di conoscenze areali con conoscenze puntuali potrà essere svolta in modo indolore in quanto l'utilizzo dei GIS permette l'unione di molteplici informazioni in modo semplice ed immediato (sovrapponendo ulteriori layer che contengano riferimenti puntuali (sezioni, portate, scabrezze....)).

Risulta quindi evidente che la metodologia proposta, purché snella e relativamente veloce, sia anche sufficientemente flessibile ed espandibile come viene richiesto sempre più attualmente.

Mappatura dell'indice

Cartografia di base necessaria:

Carta dell'idrografia,
Carta degli ostacoli,
Tavola della morfologia idrica,
Carta dei bacini di scolo

Cartografia tematica

SCS Curve Number
Tavola dell'indice A

Dopo avere redatto la cartografia necessaria si passa all'overlay nel modo seguente:

1. come base si tiene la carta dell'indice A;
2. si sovrappone a questa la carta dell'idrografia;
3. a cui si aggiunge quella degli ostacoli,
4. e poi quella della morfologia;
5. la carta dei bacini di scolo va sovrapposta a tutte queste ma resa trasparente dato che il suo contributo non è grafico ma numerico (grazie all'indice estrapolato dalla sua discussione).

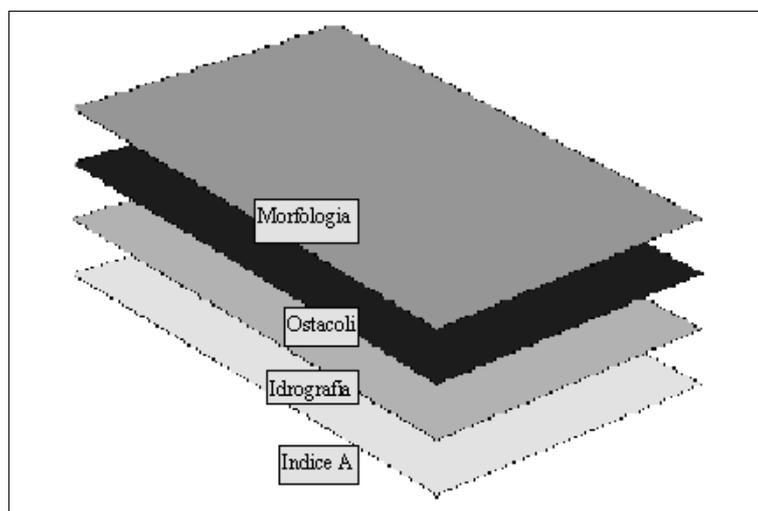


Figura 9.7 Sovrapposizione dei layer per la redazione della tavola riassuntiva

Si ottiene in questo modo una tavola riassuntiva che racchiude in se tutte le caratteristiche del territorio e le risposte alla sollecitazione atmosferica. In particolare dalla cartografia del CN inteltracciata con quella dei bacini si ottiene l'indice $A = T * P * B$ che fornisce una mappa delle aree la cui risposta agli eventi meteorici è più marcata, mentre la carta morfologica e quella degli ostacoli forniscono una serie di situazioni puntuali ed areali

particolarmente pericolose. L'unione di questi due tipi di informazione, (uno numerico l'altro cartografico), viene svolta ora in modo numerico nel seguente modo:

1. si estrapola dall'indice A il valore più elevato;
2. si assegna forfettariamente ad ogni elemento che compare nella tavola degli ostacoli ed in quella della morfologia un indice numerico pari al doppio del valore dell'indice A più alto in modo tale da avere a disposizione un output totalmente numerico e non più ibrido.

La scelta di fornire un indice forfettario viene dettata dalla necessità di eseguire operazioni matematiche quando si considerano in concomitanza pericolosità, vulnerabilità ed esposizione ed in particolare viene ritenuto accettabile un indice pari al doppio del massimo valore di A perché tutti gli elementi presenti nelle tavole degli ostacoli e della morfologia sono da ritenersi i responsabili degli effetti più nefasti dei fenomeni alluvionali (onde di piena, rotte di argini, erosioni diffuse...) e rientrano quindi, in una ipotetica scala di pericolosità, tra quegli elementi il cui contributo è massimo.

9.1.9 Il rischio di incendio

Ai fini della pianificazione territoriale di area vasta, e prevedendo l'utilizzo dei GIS come strumento di supporto a indagini e progetto, l'uso degli indici fino a qui esposti non si ritiene possibile in quanto richiederebbe l'installazione di numerose stazioni di rilevamento per ottenere le informazioni necessarie alla quantificazione dell'indice stesso.

Pare altresì ovvio che un costante monitoraggio dei parametri necessari all'applicazione degli indici di pericolosità esposti in precedenza esula dal compito di un urbanista. Questa metodologia non si pone come obiettivo la previsione temporale degli incendi, ma vuole piuttosto fornire delle indicazioni sulla natura più o meno pericolosa di un sito dal punto di vista dell'incendio.

L'analisi degli eventi passati può, ancora una volta, fornire le peculiarità delle zone colpite dagli eventi con il fine di dedurne le caratteristiche per redigere una mappa delle aree potenzialmente interessate.

Possono essere considerati indici caratteristici della pericolosità i seguenti parametri:

- la copertura vegetale;
- l'acclività;
- le direzioni di spira preferenziali dei venti (individuare i venti dominanti);
- l'umidità relativa;
- il versante.

Alcuni di questi elementi richiedono una buona conoscenza del territorio da integrare con sopralluoghi e indagini locali (ad esempio l'analisi delle caratteristiche della copertura vegetale). Altri dati si possono invece ricavare da una analisi cartografica, come l'acclività o il versante.

Le *direzioni di spira dei venti*, le quali sarebbero molto utili per determinare lo sviluppo spaziale dell'incendio, vengono fornite solo per pochi punti del territorio e non è possibile estendere queste rilevazioni ad un intero bacino, o a quelli vicini, con caratteristiche morfologiche diverse. Si ritiene opportuno, quindi, non utilizzare questa informazione pensando in questo modo di commettere un errore minore nella valutazione dell'indice di pericolosità di incendio, di quanto si commetterebbe utilizzandola.

L'*umidità relativa* del vegetale gioca un ruolo determinante nel fenomeno combustivo e va quindi tenuta in seria considerazione. Tale fattore è un indice della quantità di acqua contenuta nel vegetale e varia il suo valore durante le stagioni, e talvolta anche lungo l'arco temporale della giornata (si veda il paragrafo 2.5.3). Tuttavia, indicazioni in merito possono essere desunte dal clima inteso come condizioni di piovosità, dal tipo di suolo su cui si sviluppa il bosco (ma una modellazione che consideri questi due parametri non è disponibile in letteratura), nonché dall'esposizione del versante (Nord - Sud).

I *versanti* esposti a sud, a parità di tutti gli altri parametri stazionali (altitudine, pendenza, terreno), risultano in genere più caldi. L'esposizione induce quindi livelli udometrici diversi in zone caratterizzate da piovosità simile. Sui versanti esposti a sud inoltre, la vegetazione è maggiormente sottoposta a stress idrico, dovuto agli elevati tassi di traspirazione che portano a forti diminuzioni del contenuto d'acqua e quindi ad un più rapido appassimento e ad una maggiore predisposizione all'infiammabilità (Cesti G., Cerise A. 1992).

In base a tali considerazioni si ritiene accettabile utilizzare il parametro esposizione al fine di stimare una sorta di umidità relativa del vegetale.

9.1.10 Parametrizzazione dell'indice di pericolosità per le aree a rischio di incendio

- **Potere calorifico superiore (pcs)**

Si considera come dato di riferimento il pcs più elevato delle varie specie arboree al quale si attribuirà pericolosità più elevata.

Pcs max = pcs conifere = 4.700 cal/g che salgono a più di 8.000 cal/g se si considera la sola resina

L'indice che tiene conto del Pcs viene indicato con P ed assume i seguenti valori:

$$P = \frac{Pcs_i [\text{cal} / \text{g}]}{1000}$$

In tabella si riportano i valori di P per le specie arboree più comuni

TIPO	P
Latifoglie a ceduo	6
Resinose e conifere	8
Prati e pascoli	2
Area sterile cespugliata	4
Incolto	4
Seminativo	2
Legnose agrarie	1

Tabella 9.10 Valori dell'indice P per la determinazione della pericolosità degli incendi boschivi

- **Continuità verticale per terreni poco o mediamente acclivi (pendenze 0-60%)**

Questo fattore verrà indicato con C_1 ed assume valori compresi tra 1 e 0.

–bosco ceduo	$C_1 = 1$
–resinose	$C_1 = 0,5$
–latifoglie ad alto fusto	$C_1 = 0,5$
–latifoglie sempre verdi	$C_1 = 0,8$
–seminativo	$C_1 = 1$
–prato e pascolo	$C_1 = 1$
–incolto	$C_1 = 1$
–area sterile	$C_1 = 1$

Nota: per seminativo, prato, area sterile, incolto la continuità verticale è 1 in quanto il particolare tipo di vegetazione non presenta discontinuità verticali.

- **Continuità verticale per terreni molto acclivi**

Dove l'acclività superi il 60% la continuità verticale non sarà più definita dall'indice C_1 ma dall'indice C_2

In particolare pare opportuno suddividere le pendenze in due classi

- pendenze tra il 61 ed il 100%;
- pendenze oltre il 100%.

In questi casi C_2 vale rispettivamente

$$C_{2a} = 0,25$$

$$C_{2b} = 0,1$$

• **Pendenza**

Questo fattore verrà indicato con G .

Facendo riferimento alle osservazioni sulla velocità di propagazione dell'incendio in funzione della pendenza, si assumono 5 classi di acclività, a ciascuna delle quali corrisponde un certo valore di G :

- 0÷5 % $G_1 = 0,1$ velocità di propagazione R
- 6÷30 % $G_2 = 0,2$ velocità di propagazione $2R$
- 31÷55 % $G_3 = 0,4$ velocità di propagazione $4R$
- 56÷70 % $G_4 = 0,6$ velocità di propagazione $6R$
- > 70 % $G_5 = 1$ velocità di propagazione $10R$

• **Versante**

Il versante verrà considerato per la stima dell'umidità relativa del vegetale.

L'indice è indicato come U_v

$$U_v = \frac{\text{Incidenza}_i}{\text{Incidenza}_{\text{Max}}}$$

I valori di U_v tengono conto delle statistiche nazionali sullo sviluppo degli incendi rispetto all'esposizione. E' preferibile calibrare i valori di U_v in funzione della situazione locale, analizzando i dati raccolti dal Corpo Forestale dello Stato.

Per il caso analizzato sono stati attribuiti i seguenti valori:

Esposizione	incidenza	U_v
Nord	1	0.2
Est	3	0.6
Ovest	3	0.6
Sud	5	1

Tabella 9.11 Valori dell'indice U_v

Riassumendo tutti gli indici precedenti in un unico indice, ed indicato questo con P_I , la pericolosità del territorio rispetto agli incendi boschivi risultante si può esprimere come:

$$P_I = U_v \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot G \cdot P$$

L'indice, ottenuto come prodotto di fattori, è ritenuto migliore ad una semplice sommatoria dei vari indici in quanto il prodotto rende l'indice maggiormente dipendente dai parametri principali rispetto a quelli secondari e quindi si ha una fedeltà maggiore.

9.1.11 Il rischio sismico

E' abitudine distinguere la pericolosità sismica in due tipologie distinte (Fera, 1991):

- pericolosità sismica diretta: si intende l'evento di natura sismica e le sue caratteristiche (magnitudo, tipo e intensità di scosse, accelerazione delle onde sismiche, tipo di sorgente, ecc...) nonché la probabilità che un evento sismico con tali caratteristiche si verifichi in un determinato arco di tempo;
- pericolosità sismica indotta: si intende la serie di eventi di natura geologica che possono essere innescati per effetto della scossa sismica, quali ad esempio frane e smottamenti, maremoti, liquefazione dei terreni, ecc.

Si ritiene quindi necessario introdurre un indice complessivo S che tiene conto di entrambi questi aspetti della pericolosità sismica, in modo tale da avere una visione più completa.

La carta della sismicità nazionale, elaborata dal Ministero dei LL.PP. riprendendo la proposta di classificazione del CNR, suddivide i comuni in tre categorie caratterizzate da diverso grado di sismicità, secondo i criteri esposti in precedenza, nel paragrafo 2.6.8. Tenuto conto del fatto che nella sua determinazione rientrano elementi di storicità e geotettonica, si ritiene sufficiente per la valutazione dell'indice di pericolosità diretta S_{dir} .

Per valutare invece gli effetti indotti dal terremoto, è necessario considerare la presenza sul territorio di aree potenzialmente instabili dal punto di vista dei fenomeni gravitativi, il cui collasso può essere provocato dal terremoto stesso.

Si considerano a tale scopo le carte di pericolosità delle frane e delle valanghe prodotte con i metodi proposti nei relativi paragrafi. I corrispondenti indici di pericolosità andranno a costituire l'indice di pericolosità sismica indotta S_{ind} .

9.1.12 Parametrizzazione dell'indice di pericolosità per le aree a rischio sismico

L'espressione che permette di determinare il valore assunto dall'indice di pericolosità del sisma è:

$$P_s = S_{dir} + S_{ind}$$

dove:

- S_{dir} assume i valori del grado di sismicità definito dalla legge:

$S = 1$ per i comuni di terza categoria

$S = 1,5$ per i comuni di seconda categoria

$S = 2$ per i comuni di prima categoria

- S_{ind} assume valore pari alla somma degli indici di pericolosità delle frane e delle valanghe

Questa metodologia si applica nei territori comunali caratterizzati da valori di S_{dir} diversi da zero.

Per i terreni sabbiosi saturi, si può manifestare un ulteriore fenomeno: la liquefazione. Il fenomeno è dovuto ad un aumento temporaneo della pressione interstiziale causato dal terremoto che comporta una forte riduzione della resistenza a taglio per cui il terreno scorrere lungo un pendio o assestarsi nel caso di una giacitura orizzontale. Nei terreni sabbiosi dove si riscontra la presenza di una falda superficiale, anche in assenza di indagini specifiche, si ritiene elevato il grado di pericolosità di liquefazione. Per questo si ritiene opportuno attribuire a tali aree il valore massimo che l'indice S assume per il sistema territoriale in studio.

Le situazioni di pericolosità locali dovute alla combinazione dell'attività sismica e delle situazioni morfologiche e geologiche locali di instabilità sono individuate come condizioni a rischio per i possibili fenomeni di amplificazione fra l'altro anche dalla delibera della Regione Lombardia del 18 maggio 1993, n. 5/36147. Le aree a maggiore pericolosità sismica locale sono:

TIPOLOGIA DELLE SITUAZIONI	POSSIBILI EFFETTI
1. Zone caratterizzate da movimenti franosi recenti 2. Zone caratterizzate da movimenti franosi quiescenti 3. Zone caratterizzate da indizi di instabilità superficiale 4. Zone con acclività >35% associate a copertura detritica 5. Zone con acclività >50% con ammassi rocciosi con giacitura sfavorevole degli strati e intensa fratturazione	Accentuazione dei fenomeni di instabilità in atto e potenziali dovuti ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasioni di eventi sismici
6. Zone di ciglio H>10 metri 7. Zone di cresta rocciosa, cocuzzolo, dorsale	Amplificazioni diffuse del moto del suolo connesse con la focalizzazione delle onde sismiche
8. Zona di fondovalle con presenza di alluvioni incoerenti 9. Zona pedemontana di falda di detrito	Amplificazione diffusa del moto del suolo dovute a differenza di risposta sismica tra substrato e copertura
10. Zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisicomeccaniche diverse	Amplificazioni differenziate del moto del suolo, cedimenti
11. Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti	Sedimenti diffusi e possibili fenomeni di liquefazione

10 LA VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE

10.1 Introduzione

Tra le componenti che intervengono nella valutazione del rischio vi è l'esposizione, intesa generalmente come l'insieme degli elementi potenzialmente soggetti agli effetti dell'evento che sono, sostanzialmente, la popolazione, le proprietà, le attività economiche, il territorio.

Esistono in letteratura alcuni criteri di valutazione dell'esposizione che dipendono dal metodo prescelto per la quantificazione del rischio connesso all'evento:

- in termini economici, valutando l'entità delle perdite attese dal punto di vista monetario;
- in funzione di indici significativi dipendenti dall'area in esame e dal tipo di calamità.

Dovendo valutare l'esposizione di un territorio, ci si è posti il problema della scelta di indici che fossero rappresentativi di aree destinate ad usi diversi. Si è quindi deciso di procedere individuando innanzitutto *quattro classi di destinazioni d'uso del territorio*:

- insediamenti residenziali e industriali;
- area extraurbana;
- vie di comunicazione (compresa la fascia di rispetto prevista dal nuovo codice della strada);
- reti infrastrutturali.

E' stato utilizzato il secondo metodo, quello della definizione di indici per tutte le destinazioni. Ad esempio, il numero di addetti, indicatore dell'attività economica; la popolazione residente, proporzionale al numero di edifici esposti. La scelta di non utilizzare il criterio economico è dovuta alla variabilità di questo dato, soprattutto dal punto di vista temporale, ed al fatto che alcuni termini, come le vite umane, non sono facilmente valutabili e quantificabili. La scelta degli indicatori è stata fatta tenendo sempre presente che i dati devono essere facilmente reperibili (livello primario di indagine).

Ciascuna area, caratterizzata da un diverso uso del suolo, è stata quindi analizzata al fine di identificare un'espressione adeguata per la valutazione dell'esposizione.

10.2 Alcuni esempi di valutazione dell'esposizione

Nell'ambito della valutazione dell'esposizione esistono numerose esperienze, condotte sia a scala regionale che urbana, ancora una volta legate alla valutazione del rischio sismico. Si riportano tre esempi, condotti a diverse scale di indagine.

Il primo riguarda l'analisi dell'esposizione all'evento sismico dei sistemi territoriali della Toscana, condotta dal Dipartimento di pianificazione territoriale ed urbanistica dell'Università di Roma. L'indagine è stata suddivisa in quattro parti (G. Fera, 1991):

- valutazione a scala regionale dell'esposizione intesa come distribuzione e consistenza degli insediamenti, delle reti di servizio e di trasporto;
- definizione delle aree significative, intese come ambienti emergenti per le loro caratteristiche di esposizione;
- individuazione dell'area vasta della Garfagnana e Lunigiana intesa come ambito degli effetti indotti da un terremoto di progetto;
- confronto all'interno dell'area vasta tra esposizione e pericolosità.

L'analisi è stata articolata come illustrato in figura.

Esposizione per presenza di risorse umane	popolazione residente addetti popolazione studentesca (media superiore) degenti ospedalieri presenze turistiche
Esposizione per ruoli funzionali	ruolo funzionale produttivo ruolo funzionale sanitario ruolo funzionale scolastico ruolo funzionale del tempo libero
Esposizione per ruoli territoriali	ruolo territoriale connesso al lavoro ruolo territoriale connesso allo studio ruolo territoriale connesso al commercio
Esposizione delle infrastrutture	infrastrutture viarie infrastrutture energetiche infrastrutture idriche

Figura 10.1 Articolazione dell'analisi di esposizione nel caso della regione Toscana
Fonte: G. Fera, 1991

Un secondo esempio riguarda invece un lavoro del CNR-GNDT in collaborazione con l'Università di Reggio Calabria. Si tratta di valutare esposizione, vulnerabilità e rischio in comuni di grandi dimensioni e con forti presenze funzionali (il caso applicativo riguarda il comune di Messina). In questo caso l'analisi è di dettaglio e approfondisce numerosi aspetti (G. Fera, 1991).

Alla scala del centro storico si riferisce invece lo studio di Busi, Ferrara, Pontrandolfi, Tira (1995) nell'esempio di valutazione del rischio sismico nel comune di Pignola, in provincia di Potenza. L'esposizione, in questo caso, è espressa dal prodotto di alcuni coefficienti:

$$E_u = D C T I_u$$

dove:

- D tiene conto della destinazione d'uso dell'edificio;
- C tiene conto del rapporto tra altezza media degli edifici e la larghezza minima della strada antistante;
- T tiene conto dell'importanza della strada antistante l'edificio;
- I_u è il rapporto tra il numero di abitanti residenti nell'isolato e la sua superficie territoriale.

10.3 Proposta di un metodo di valutazione dell'esposizione

10.3.1 Insediamenti residenziali e industriali

Gli elementi rappresentativi di questo tipo di area sono quelli tipici della comunità, espressi in termini di attività che vi si svolgono, presenza di strutture e servizi, oltre che naturalmente di abitanti.

Da questa analisi sono stati individuati cinque parametri significativi:

- la popolazione residente;
- gli addetti del settore secondario e terziario;
- le vie di comunicazione;
- le infrastrutture;
- la presenza di rilevanze architettoniche e ambientali.

Popolazione residente e addetti:

I dati relativi vengono forniti dall'ISTAT (Censimento della popolazione e delle abitazioni, per la popolazione residente; Censimento dell'industria e del commercio, per il

numero di addetti). Innanzitutto è necessario considerare il fatto che residenti e addetti non sono mai presenti contemporaneamente nel centro abitato (non si può quindi considerare semplicemente la somma dei due termini). Inoltre il numero di addetti implica sul territorio la presenza di strutture dove si svolge l'attività lavorativa, le quali hanno un'importanza rilevante nell'assetto economico. Si è quindi ritenuto necessario introdurre dei pesi che tenessero conto di queste osservazioni:

	PESI
popolazione residente	0.4
addetti	0.6

Tabella 10.1 *Attribuzione dei pesi*

con i quali determinare l'esposizione.

$$E_p = (\text{Popolazione residente})0.4 + (\text{Addetti})0.6$$

E' consigliabile, a questo punto, introdurre una classificazione dei centri in funzione del valore di E_p e ricavare così il valore dell'indice E_c che verrà utilizzato per il calcolo dell'esposizione.

INDICE E_c	VALORE DI E_p
$E_c = 1$	$0 < E_p \leq 1000$
$E_c = 2$	$1000 < E_p \leq 2000$
$E_c = 3$	$2000 < E_p \leq 3000$
$E_c = 4$	$3000 < E_p \leq 4000$
...	...
$E_c = 10$	$9000 < E_p \leq 10000$

Tabella 10.2 *Attribuzione del valore dell'indice E_c per il calcolo dell'esposizione del centro residenziale e industriale*

Si deve osservare che questa metodologia di classificazione è soddisfacente per centri di medie e piccole dimensioni. Se l'insediamento è di grandi dimensioni, è necessario individuare dei sottosistemi che hanno tutte le funzioni di un centro a se stante (spesso sono identificati da una propria denominazione che identifica l'esistenza del nucleo abitativo originario) e a ciascuno applicare la classificazione sopra esposta.

Le vie di comunicazione

Contribuiscono all'esposizione del centro abitato in quanto convogliano il flusso delle persone e dei mezzi verso il centro stesso.

Le strade vengono classificate secondo il nuovo Codice della strada che tiene conto delle caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali.

La nuova classificazione individua strade extraurbane e urbane. Normalmente si considereranno solo quelle extraurbane, ma quando nel centro abitato è possibile individuare dei sistemi che hanno le caratteristiche di un insediamento a se stante (a partire dalla denominazione che individua il luogo, fino a riconoscere elementi qualificanti quali insediamenti industriali e artigianali, scuole, centri di aggregazione), anche se c'è continuità del costruito, verranno prese in considerazione anche quelle strade urbane che svolgono la funzione di collegamento tra i centri suddetti.

A ciascuna tipologia individuata dal codice è stato poi attribuito un coefficiente, come illustrato nella tabella seguente, che serve per valutare l'esposizione del centro attraversato.

CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE	COEFFICIENTE F_{max}
Autostrade	1.8
Strade extraurbane principali	1.6
Strade extraurbane secondarie	1.4
Strade urbane di scorrimento	1.2
Strade urbane di quartiere	1.0
Strade locali	0.8

Tabella 10.3 *Attribuzione del valore del coefficiente F_{max} per il calcolo dell'esposizione del centro abitato*

Poiché il flusso che attraversa il centro abitato dipende oltre che dal tipo di strada, anche dal numero delle strade che nello stesso centro hanno un nodo, si è cercato un coefficiente che esprimesse questa dipendenza. Il coefficiente che tiene conto delle strade nella valutazione dell'esposizione è:

$$S = F_{max} \left(1 + \frac{n-2}{n} \right)$$

dove:

- S è un coefficiente di importanza che qualifica il centro abitato in funzione del tipo di strada che lo attraversa;
- F_{max} il massimo valore del coefficiente che identifica il tipo di strada, tra tutte le strade che attraversano il centro abitato;
- n il numero di rami stradali che hanno un nodo coincidente con il centro abitato (Si osserva che se il centro abitato è attraversato da una sola strada, n assume valore uguale 2, per cui si ottiene $S = F_{max}$).

Le infrastrutture e i servizi pubblici

Sono elementi importanti per la valutazione dell'esposizione perché coinvolgono strutture indispensabili al sostentamento e al normale svolgimento delle attività umane, oppure sono luoghi di aggregazione. Le strutture da considerare sono:

INFRASTRUTTURE	SERVIZI
- centrali elettriche e telefoniche	- scuole
- acquedotti (adduttrici principali)	- ospedali, case di riposo
- impianti meccanici di risalita	- carceri
- interporti, porti marini, lacuali, fluviali, vie navigabili	- alberghi e campeggi
- linee ferroviarie e stazioni	- cinema, discoteche, teatri
- porti turistici e da diporto	- stadi, palazzetti e palestre

Al fine della valutazione dell'esposizione, non importa la dimensione di queste strutture ma la loro presenza sul territorio. Il coefficiente E_i che tiene conto di questi elementi, detto n il numero totale delle infrastrutture presenti nel centro abitato, è espresso dalla relazione esposta nella tabella 4.5

COEFFICIENTE E_i	NUMERO DI STRUTTURE n
$E_i = 1.0n$	$n \leq 9$
$E_i = 1.n$	$10 \leq n \leq 99$
$E_i = 2$	$n > 99$

Tabella 10.4 *Attribuzione del valore del coefficiente E_i per il calcolo dell'esposizione del centro abitato*

Le rilevanze architettoniche e ambientali

Rientrano nella valutazione dell'esposizione perché è importante salvaguardare il patrimonio artistico e culturale (di cui alle leggi 1497/39, 1089/39, 431/85). Per tenere in conto del loro contributo, è stato introdotto un coefficiente amplificativo E_R definito come segue (n è il numero delle rilevanze vincolate dalle leggi):

COEFFICIENTE E_R	NUMERO DI RILEVANZE n
$E_R = 1.0n$	$n \leq 9$
$E_R = 1.n$	$10 \leq n \leq 99$
$E_R = 2$	$n > 99$

Tabella 10.5 *Attribuzione del valore del coefficiente E_R per il calcolo dell'esposizione del centro abitato*

In conclusione, l'espressione che permette di determinare il valore dell'esposizione dell'insediamento residenziale e industriale è:

$$E_u = E_C \cdot S \cdot E_i \cdot E_R$$

10.3.2 Il sistema stradale

Le strade vengono trattate singolarmente in quanto si caratterizzano per il flusso di soggetti esposti e perché, in caso di evento disastroso, costituiscono la rete di collegamento per le operazioni di soccorso.

La classificazione cui si fa riferimento è quella del nuovo Codice della strada.

A ciascuna tipologia di strada era stato assegnato un coefficiente di importanza F_{\max} definito nella tabella 4.3.

Si ritiene poi necessario qualificare i diversi rami stradali in funzione del flusso di traffico che li caratterizza. L'ISTAT fornisce delle elaborazioni che restituiscono il flusso calcolato in persone/giorno tra i centri abitati. E' necessario allora procedere ad una schematizzazione del sistema viario dell'area in esame e attribuire a ciascun ramo stradale il flusso che gli compete.

Si introduce un coefficiente che qualifica le strade in funzione del flusso di persone rispetto al flusso medio dell'area. Questo coefficiente si esprime come:

$$F^* = \frac{F_i}{F_{\text{med}}}$$

dove:

- F^* è il coefficiente moltiplicativo che qualifica il ramo stradale
- F_i è il flusso del ramo i -esimo espresso in persone /giorno
- F_{med} è il flusso medio dell'area in esame definito come

$$F_{\text{med}} = \frac{\sum \text{flussi}}{n}$$

dove n è il numero dei rami stradali.

L'esposizione delle vie di comunicazione risulta quindi definita dall'espressione:

$$E_S = F_{\max} \cdot F^*$$

estesa anche alla fascia di rispetto.

10.3.3 Area extraurbana

Anche in questo caso, la scelta dei parametri per la valutazione dell'esposizione è stata effettuata pensando alle attività svolte in ambito extraurbano.

Esistono problemi legati al significato dei dati del Censimento dell'agricoltura, del Censimento dell'industria e del commercio e del Censimento della popolazione e delle abitazioni:

- il numero delle aziende agricole censite dal primo non è significativo in quanto riporta anche le sedi legali di aziende che non dispongono di terreni coltivati nel territorio comunale;
- il numero di addetti del settore primario si riferisce a tutti coloro che operano in attività collegate alle produzioni agricole, e talvolta non operano nell'ambito extraurbano;
- il dato degli attivi nel settore primario reperibile dall'ultimo censimento, non tiene conto di tutti i componenti della famiglia del coltivatore agricolo che vivono nell'ambito dell'extraurbano.

L'ambiguità di questi dati induce a non prendere in considerazione le presenze umane sul territorio extraurbano, ma si preferisce considerare esclusivamente l'attività principale che vi si svolge: la coltivazione agricola.

Gli elementi determinanti quindi per la valutazione dell'esposizione sono:

- uso del suolo (diverse coltivazioni agricole)
- presenza di aree protette (parchi o riserve)

L'uso del suolo:

Il dato si ottiene dall'analisi della carta di uso del suolo, mettendo in evidenza le diverse destinazioni di uso e la superficie destinata a ciascuna coltivazione.

Il dato della produzione agricola viene tenuto in conto attraverso l'uso di due indici.

Il primo fornisce una valutazione del grado di coltivazione dell'extraurbano, inteso come area effettivamente coltivata, o comunque sede di attività di manutenzione (come avviene per la gestione del patrimonio boschivo). L'espressione assunta da questo indice risulta essere:

$$G = \frac{\text{Area coltivata}}{\text{Superficie totale}}$$

dove:

- Area coltivata: corrisponde alla superficie dell'extraurbano, fatta eccezione per le aree ad incolto, per le aree sterili e per le aree a prato e pascolo
- Superficie totale: è la superficie complessiva dell'extraurbano

Le diverse coltivazioni implicano poi altri due fattori: innanzitutto, la perdita di terreno coltivato o di superficie boscata significa perdita di una produzione che ha anche risvolti economici, e il suo ripristino richiede ulteriori spese.

Inoltre, ogni coltivazione necessita di tempi diversi per recuperare il livello di produzione perduto. Per tenere in debito conto tutte queste osservazioni, si è deciso di introdurre un ulteriore indice, definito come in tabella.

USO DEL SUOLO	INDICE U
Incolto, area sterile, prato e pascolo	0
Seminativo, legnose agrarie	0,4
Bosco	0,6

Tabella 10.6 Attribuzione del valore dell'indice U per il calcolo dell'esposizione dell'extraurbano

Le rilevanze ambientali:

Identificano l'ultimo elemento qualificante il territorio extraurbano. Si tratta di aree vincolate dalla legge 431/85, e protette dalla 394/91 che spesso coincidono con parchi naturali, riserve, aree protette ecc...

Per tenere conto del loro contributo si è introdotto un termine amplificativo R definito nel modo seguente:

INDICE R	TIPO DI VINCOLO
R = 2	parchi, riserve, ...
R = 1	non ci sono vincoli

Tabella 10.7 *Attribuzione del valore dell'indice R per il calcolo della esposizione dell'extraurbano*

In conclusione, l'esposizione dell'extraurbano risulta essere così definita:

$$E_{ex} = G \cdot U \cdot R$$

11 LA VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ

11.1 Introduzione

Il tema della definizione della vulnerabilità per la quantificazione del rischio fisico e, analogamente, dell'esposizione, è stato affrontato fino ad ora quasi esclusivamente in ambiti di ricerca teorica. Studi sulla quantificazione della vulnerabilità con finalità operative sono stati svolti in relazione alla valutazione del rischio sismico per i centri abitati. Inoltre tali applicazioni, definite a livello di quartiere o di singolo edificio, difficilmente risultano applicabili alla scala di pianificazione territoriale.

E' necessario ovviamente scegliere gli *indicatori della vulnerabilità* in funzione dell'ambito di studio. Gli indicatori usualmente utilizzati sono:

- vulnerabilità fisica, relativa agli elementi a rischio che costituiscono il sistema e alla loro condizione;
- vulnerabilità funzionale, che individua la capacità di ciascun elemento di poter svolgere la propria funzione;
- vulnerabilità economico sociale, che considera la capacità del sistema di far fronte all'emergenza.

Una metodologia interessante, seguita nella ricerca svolta dal CNR-GNDT sulla città di Messina, si basa sullo schema riportato in figura 11.1, che costituisce una interpretazione degli indicatori di vulnerabilità dei sistemi spaziali.

A. Vulnerabilità fisica	A.1 Sistemi spaziali <ul style="list-style-type: none"> - Modello di configurazione spaziale del centro - Densità del sistema insediativo - età, tecnologia e sistema costruttivo degli elementi - Stato di conservazione/degrado degli elementi - Accessibilità/evacuabilità delle aree A.2 Sistemi a rete <ul style="list-style-type: none"> - Configurazione generale del sistema - Età, tecnologia e sistema costruttivo degli elementi - Stato di conservazione, degrado
B. Vulnerabilità funzionale	<ul style="list-style-type: none"> - Capacità residuali dei sistemi - Ridondanza o sostituibilità - Funzioni critiche e elementi gerarchici
C. Vulnerabilità economico-sociale	<ul style="list-style-type: none"> - Capacità autonome di ripresa - Capacità di ripresa del sistema economico - Coesione sociale - Preparazione all'emergenza

Figura 11.1 Vulnerabilità fisica dei sistemi spaziali

Fonte: G. Fera, 1991

La teoria della vulnerabilità lega la sua determinazione alla conoscenza del legame esistente tra la causa (l'evento disastroso) e l'effetto (il danno provocato) (CNR e Regione Lombardia, 1996).

Il danno (D) può essere espresso in funzione dell'intensità (I) dell'evento e della vulnerabilità del sistema (V), la quale può essere ridotta da interventi di prevenzione (P):

$$D = f\left(I \cdot \frac{V}{P}\right)$$

L'intensità I si esprime mediante i gradi di una scala internazionale. Per quanto riguarda il danno, questo viene solitamente quantificato come costo della riparazione rapportato al costo della ricostruzione completa. In questa ottica, la vulnerabilità V potrebbe essere espressa in termini di costi per il ripristino dell'agibilità dell'edificio, mentre la prevenzione P potrebbe essere espressa in termini di costo per l'adeguamento dell'edificio.

Obiettivo del presente lavoro è quello di fornire una definizione della vulnerabilità in funzione di alcuni parametri, scelti per una valutazione da estendere anche in ambito territoriale.

Innanzitutto si è deciso di procedere individuando quattro destinazioni d'uso del territorio:

- insediamenti residenziali e industriali;
- area extraurbana;
- vie di comunicazione;
- reti di infrastrutture.

La valutazione è stata poi fatta in relazione al tipo di evento che si potrebbe manifestare; nel caso particolare si è affrontato il problema della definizione della vulnerabilità per i rischi di movimento franoso, valanga, alluvione, incendio boschivo e sisma. E' infatti evidente che la vulnerabilità non è definibile in termini assoluti, per ogni tipo di evento.

11.2 Vulnerabilità rispetto al sisma: alcuni casi di studio

La definizione della vulnerabilità sismica è stata ed è tuttora oggetto di ricerca a diversi livelli, ed è l'unica che è stata studiata nel dettaglio. E' possibile trovare alcune esemplificazioni e applicazioni, fra cui la procedura per la valutazione della vulnerabilità sismica usata dal GNDT (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti) per i singoli edifici (CNR e Regione Lombardia, 1996).

L'indice di danno è espresso in funzione della gravità del danneggiamento e del peso economico. E' stata predisposta una scheda per la raccolta dei dati, attualmente impiegata in Italia.

Con tale scheda si registrano i danni riportati dalle varie parti di un edificio (strutture verticali, strutture orizzontali, scale, tamponature) in base a sei stati di danno: nullo, lieve, medio, grave, gravissimo, totale. La valutazione si basa sull'analisi delle caratteristiche degli elementi che costituiscono l'edificio. L'attuale versione della scheda è costituita da due livelli. La scheda di primo livello è composta da 8 sezioni:

1. dati relativi alla scheda (chiave di identificazione dell'edificio, comune, squadra, data);
2. localizzazione dell'edificio (aggregato, edificio, toponomastica, vincoli di piano urbanistico);
3. dati metrici (superfici, altezze interpiano, altezze minima e massima fuori terra);
4. uso (tipi di uso, stato, proprietà e conduzione dell'edificio, utilizzazione, utenza);
5. età della costruzione - interventi (tipi e classi di età);
6. stato delle finiture - impianti;
7. tipologia strutturale (tipi di struttura verticale, orizzontale, scale, copertura);
8. estensione e livello del danno .

La scheda di secondo livello è quella che contiene i dati per una successiva valutazione della vulnerabilità. Ad ognuno di questi parametri viene poi attribuita una classe da A (la migliore) a D (la peggiore) caratterizzate da un punteggio che andrà poi a costituire l'indice numerico. Ad ogni parametro è infine attribuito un peso come rappresentato nella tabella seguente.

Parametro	A	B	C	D	Peso
Tipo e organizzazione del sistema resistente	0	5	20	45	1.0
Qualità del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
Resistenza convenzionale	0	5	25	45	1.5
Posizione dell'edificio e delle fondazioni	0	5	25	45	0.75
Orizzontamenti	0	5	15	45	var
Configurazione planimetrica	0	5	25	45	0.5
Configurazione in elevazione	0	5	25	45	var
Distanza massima fra le murature	0	5	25	45	0.25
Copertura	0	15	25	45	var
Elementi non strutturali	0	0	25	45	0.25
Stato di fatto	0	5	25	45	1.0

Tabella 11.1 *Punteggi e pesi attribuiti ai parametri per la valutazione della vulnerabilità*
Fonte: CNR e Regione Lombardia, 1996

Il prodotto del punteggio per il relativo peso fornisce l'indice numerico del singolo parametro; la somma degli indici parziali porta all'indice di vulnerabilità che risulta compreso tra 0 e 382.5 (dalla situazione migliore alla peggiore). In figura 11.2 è riportata la scheda sopra descritta.

E' evidente che si tratta di una vulnerabilità circoscritta al singolo manufatto e quindi più facilmente isolabile, controllabile, e anche, se del caso, riducibile con azioni di rinforzo. Molto più complessa è la stima della vulnerabilità di un complesso sistema territoriale, composto non da soli edifici, ma anche da altri tipi di strutture e infrastrutture.

Un metodo di valutazione a livello territoriale è quello elaborato dalla regione Emilia Romagna durante lo studio effettuato per adeguare il PRG di Rimini al rischio sismico. In questo caso si sono ottenute le informazioni necessarie sui fabbricati da elaborazioni dei dati forniti dai censimenti dell'ISTAT rendendo possibile una valutazione qualitativa della vulnerabilità potenziale dell'insieme del patrimonio edilizio.

Una ulteriore sperimentazione si trova nel lavoro di Busi, Ferrara, Pontrandolfi e Tira (1995) riguardante il caso di studio di Pignola, in provincia di Potenza. La vulnerabilità sismica è stata valutata sulla base dell'analisi dei danni dei sismi precedenti, nonché del tipo di strutture orizzontali e verticali presenti negli edifici del centro abitato esistente.

Tutte queste applicazioni forniscono spunti per la scelta dei parametri per la valutazione della vulnerabilità dei centri abitati e industriali, ma lasciano aperta la problematica delle aree extraurbane e delle vie di comunicazione.

GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DAI TERREMOTI (G.N.D.T.) - C.N.R.
Scheda di Esposizione e Vulnerabilità di 1° livello - Censimento Danni
1ª Parte

DATA	Giorno Mese	Squadra	N° Ordine Edificio	Isolato (*)	Portoni (*)
LOCALIZZAZIONE EDIFICIO					
12 Sigla provincia		14 Codice Istat Comune		17 1 Via 2 Piazza 3 Località	
32 N° Civico		36 N° Fronti a comune		37 Rif. cartografici (*) o Zona	
18 Nome della Via, Piazza o Località					
DATI METRICI					
42 Superficie Media Coperta (in m ²)		47 N° Piani a Superficie Media Coperta Uguale		52 Altezza Media Interpiano (in m)	
57		62		65	
68		71		74	
77 Altezza Massima Fuori Terra (in m)		80 Altezza Minima Fuori Terra (in m)			
DESTINAZIONE D'USO					
83 Abitazione 1 si / 2 no		93 Attività Produttiva 1 si / 2 no		106 Servizi Pubblici 1 si / 2 no	
84 N° Alloggi Occupati		94 Industria % Piano		107 Istruzione % Piano	
86 N° Alloggi Liberi		96 Artigianato, Riparazioni Beni consumo, Veicoli % Piano		109 Attrezzature collettive civili % Piano	
88 N° Famiglie		98 Commercio % Piano		111 Attrezzature collettive religiose % Piano	
90 N° Abitanti		100 Pubblici esercizi, Attività ricettive e ricreative % Piano		113 Sanità % Piano	
		102 Credito, Assicurazioni, Servizi alle imprese % Piano		115 Altro % Piano	
		104 Trasporto e Comunicazioni % Piano			
ETÀ		INTERVENTI		FINITURE - IMPIANTI	
A 1° Periodo		0 Nessuno		121 Intonaci esterni Esistenti A	
B 2° Periodo		1 Ampliamento		122 Intonaci interni	
C 3° Periodo		2 Sopraelevazione		123 Pavimenti Non esistenti B	
D 4° Periodo		3 Ristrutturazione		124	
E 5° Periodo		4 Restauro		125	
F 6° Periodo		5 Manutenzione		126	
G 7° Periodo		6 Riparazione antisism.		127	
117 Classe di età costruzione		118 Classe di età ultimo intervento		119 Tipo dell'ultimo intervento	
120 Edificio vincolato ai termini della L. 1089 o L. 1497 del 1939				1 si / 2 no	

(*) I dati contrassegnati da un asterisco vanno raccolti solo se disponibili o quando sia il caso.

Figura 11.2

Scheda del CNR per l'analisi della vulnerabilità
 Fonte: G. Fera, 1991

G.N.D.T. - Scheda di Esposizione e Vulnerabilità di 1° livello - Censimento Danni 2° Parte

DATA	128 <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr><tr><td style="font-size: 8px;">Giorno</td><td style="font-size: 8px;">Mese</td></tr></table>			Giorno	Mese	131 <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr><tr><td style="font-size: 8px;">Squadra</td><td style="font-size: 8px;"></td></tr></table>			Squadra		134 <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr><tr><td colspan="4" style="font-size: 8px;">N° Ordine Edificio</td></tr></table>					N° Ordine Edificio				137 <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr><tr><td style="font-size: 8px;">Isolato (*)</td><td style="font-size: 8px;"></td></tr></table>			Isolato (*)		138 <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr><tr><td style="font-size: 8px;">Portoni (*)</td><td style="font-size: 8px;"></td></tr></table>			Portoni (*)	
Giorno	Mese																												
Squadra																													
N° Ordine Edificio																													
Isolato (*)																													
Portoni (*)																													
TIPOLOGIA STRUTTURALE																													
Strutture Verticali	Mur a sacco	A	Strutture Orizzontali	Legno	A																								
	Mur a sacco con spigoli, mazzette e ricorsi	B		Legno con catene	B																								
	Mur pietra sbazzata	C		Putrelle e voltine o tavelloni	C																								
	Mur pietra sbazzata con rinforzi c.s.	D		Putrelle e voltine o tavelloni con catene	D																								
	Mur pietre arrotondate	E		Laterocemento o solette in c.a.	E																								
	Mur pietre arrotondate con rinforzi c.s.	F		Volte senza catene	F																								
	Mur blocchetti tufo o pietra ben squadrate	G		Volte con catene	G																								
	Mur blocchetti calc. inerti pesanti	H		Miste volte-solai	H																								
	Mur blocchetti calc. inerti leggeri	I		Miste volte-solai con catene	I																								
	Mur mattoni pieni o multicolori	L		Altri tipi	L																								
Mur mattoni forati	M	Coperture	Legno spingenti	M																									
Pareti calc. non armato	N		Legno "poco spingenti" (vedi manuale)	N																									
Pareti calc. armato	O		Legno a spinta eliminata o travi orizzontali	O																									
Telai di c.a. non tamponati	P		Laterocemento o solette in c.a.	P																									
Telai di c.a. con tamponature deboli	Q		Acciaio spingenti	Q																									
Telai di c.a. con tamponature consist.	R		Acciaio non spingenti	R																									
Ossatura metallica	S		Miste spingenti	S																									
Miste	T		Miste non spingenti	T																									
			Altri tipi	V																									
Scale	Struttura appoggiata in legno		1	<table border="1" style="border-collapse: collapse; margin: auto;"> <tr> <td style="font-size: 8px;">139</td> <td style="font-size: 8px;">Vert.</td> <td style="font-size: 8px;">Scale</td> <td style="font-size: 8px;">Oriz. e Cop.</td> </tr> <tr><td style="font-size: 8px;">143</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="font-size: 8px;">147</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="font-size: 8px;">151</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="font-size: 8px;">155</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>			139	Vert.	Scale	Oriz. e Cop.	143				147				151				155						
	139	Vert.	Scale				Oriz. e Cop.																						
	143																												
	147																												
	151																												
	155																												
	Struttura a sbalzo in legno	2																											
	Struttura appoggiata in acciaio	3																											
	Struttura a sbalzo in acciaio	4																											
	Struttura appoggiata in pietra o laterizio	5																											
Struttura a sbalzo in pietra o laterizio	6																												
Volta appoggiata in muratura	7																												
Volta a sbalzo in muratura	8																												
Struttura appoggiata in c.a.	9																												
Struttura a sbalzo in c.a.	0																												
<table style="width:100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">Tipologie Strutturali</td> <td style="text-align: center;">N° Piani a Tipologia Strutturale Uguale</td> </tr> </table>						Tipologie Strutturali	N° Piani a Tipologia Strutturale Uguale																						
Tipologie Strutturali	N° Piani a Tipologia Strutturale Uguale																												
ESTENSIONE E LIVELLO DEL DANNO																													
Estensione del danno (*)																													
	< 10%	1																											
10% <	< 20%	2	154	179	199																								
20% <	< 30%	3	163	183	203																								
30% <	< 40%	4	167	187	207																								
40% <	< 50%	5	171	191	211																								
50% <	< 60%	6	175	195	215																								
60% <	< 70%	7																											
70% <	< 80%	8																											
80% <	< 90%	9																											
90% <		0																											
Livello del danno (*)																													
		A																											
Nessun danno		A	219																										
Danno lieve (v. manuale)		B	223																										
Danno medio (v. manuale)		C	227																										
Danno grave (v. manuale)		D	231																										
Danno gravissimo (v. manuale)		E	235																										
Danno totale (v. manuale)		F																											
Tamponature																													
			219																										
			223																										
			227																										
			231																										
			235																										

(*) I dati contrassegnati da un asterisco vanno raccolti solo se disponibili o quando il caso.

Figura 11.2(segue)

Scheda del CNR per l'analisi della vulnerabilità
Fonte: G. Fera, 1991

G.N.D.T. - Scheda di Vulnerabilità (muratura e c.a.) di 2° livello

1° Parte

DATA		Giorno		Mese		Anno		Squadra		re Orione		Accorpamento	
PARAMETRI		ELEMENTI DI VALUTAZIONE											
1	TIPO ED ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE (S.R.)	MURATURA	Secondo norma nuove costruzioni	(cl. A)	1	CEMENTO ARMATO	Pareti di c.a.	(cl. A)	1				
	Secondo normativa riparazioni		(cl. A)	2	Tampon. consistenti e telai		(cl. A)	2					
	Cordoli o catene a tutti i livelli		(cl. B)	3	Tampon. deboli e telai rigidi		(cl. B)	3					
	Buoni ammassamenti fra murature		(cl. C)	4	Tampon. deboli e telai delor		(cl. C)	4					
	Senza cordoli, catene o ammassam		(cl. D)	5	Telai non tamponati		(cl. B o C)	5					
2	QUALITÀ DEL S.R.	(Vedi manuale)											
3	RESISTENZA CONVENZIONALE	Numero dei piani N	13		Area totale coperta A _t (m ²)	15							
		Area A ₁ (m ²)	19		Area A ₂ (m ²)	22							
		Minimo fra A ₁ e A ₂ A (m ²)			Massimo fra A ₁ e A ₂ B (m ²)								
		Coefficiente α ₀ = A/A _t			Coefficiente γ = B/A								
		Resistenza elementi τ _k (t/m ²)	25		Altezza media interpiano h (m)	28							
		Peso specifico pareti p _m (t/m ³)	30		Carico permanente soletto p _s (t/m ²)	32							
		$q = (A_1 + A_2) h p_m / A_1 + p_s$ $C = \frac{\alpha_0 \cdot \tau_k}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{q \cdot N}{15 \cdot \alpha_0 \cdot \tau_k \cdot (1+\gamma)}}$											
4	POSIZIONE EDIFICIO E FONDAZIONI	Pendenza percentuale del terreno	11		Roccia.	fondaz. (si)		1	2				
		Differenza massima di quota nelle fondazioni Δh (m)	40		Terr. sciolto, non spingente.	fondaz. (si)		3	4				
5	ORIZZONTAMENTI	Piani sfalsati	(si) 1		Orizzontamenti rigidi e ben collegati	(no) 3		1	2				
			(no) 3		Orizzontamenti deformabili e ben collegati			2					
					Orizzontamenti rigidi e mal collegati			3					
		Percentuale degli orizzontamenti rigidi e ben collegati sul totale n _r	45		Orizzontamenti deformabili e mal collegati			4					
6	CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA	Rapp. perc β ₁ = a/l	47		Rapp. perc β ₂ = Δd/d	49		Rapp. perc β ₃ = c/b	51				
		(Muratura) Rapp. perc β ₂ = b/l	50		(C.a.) Rapp. perc β ₃ = e/d	52			53				
7	CONFIGURAZIONE IN ELEVAZIONE	Percentuale di aumento (+) / riduzione (-) di massa	55		Variazioni in elevazione del sistema resistente	60		(1 classe) 1	(2 classi) 2				
		Rapporto percentuale T/H	58		(non significative)	60		(1 classe) 1	(2 classi) 2				
		Percentuale in superficie di portico	61		Piano terra porticato	(si) 1		(no) 0					
PARAMETRI		ELEMENTI DI VALUTAZIONE				PARAMETRI		ELEMENTI DI VALUTAZIONE					
M8	D _{max} MURATURE	Rapporto max	64		CEMENTO ARMATO	COLLEGAMENTI ED ELEMENTI CRITICI	Percentuale γ ₁ = s/b	64		CON BASSA DUTTILITÀ	C8		
M9	COPERTURA	Copertura non spingente	66				Percentuale γ ₂ = e/b _{min}	66					
		Cop. "poco spingente" / spingente	66				Percentuale γ ₃ = e/b"	66					
		Cordoli (si) / Catene (si)	67				Rapporto max h/b _{min}	70					
		(no) / (no)	67				Rapporto percentuale n/R _s	72					
		Peso copertura p _c (t/m ²)	69				Collegamento di elementi prefabbricati	(si) 0					
Lunghe d'appoggio l _a (m)	72		Larghezza min b _{min} (cm)	(no) 0									
Perimetro copertura l (m)	75			75									
PESI VARIABILI	Parametro 5	73		ELEMENTI CON BASSA DUTTILITÀ	Rapporto min h _{max} /b	77		C9					
	Parametro 7	74			Rapporto max h _{max} /h _{min}	77							
	Parametro M9	80											

(-) Muratura R = 1
(**) C.a. Il termine sotto radice e da porre = 1

Figura 11.2(segue)

Scheda del CNR per l'analisi della vulnerabilità
Fonte: G. Fera, 1991

G.N.D.T. - Scheda di Vulnerabilità (muratura e c.a.) di 2° livello

2° Parte

DATA ⁸¹	Scuola ⁸⁴	N° Ordine ⁸⁷	Accoppiamento ⁹⁰
Muratura ⁹¹ <input type="text" value="1"/>	C.a. ⁹¹ <input type="text" value="2"/>	Riferimento edificio (Colonne 4-11 del 1° livello) ⁹²	
PARAMETRI	CLASSI (Muratura)	CLASSI (C.a.)	QUALITÀ INFOR.NE
	A B C D	A B C	
1 TIPO ED ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE	100	100	111
2 QUALITÀ DEL SISTEMA RESISTENTE	101	101	112
3 RESISTENZA CONVENZIONALE	102	102	113
4 POSIZIONE DELL'EDIFICIO E FONDAZIONI	103	103	114
5 ORIZZONTAMENTI	104	104	115
6 CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA	105	105	116
7 CONFIGURAZIONE IN ELEVAZIONE	106	106	117
M8 DISTANZA MASSIMA FRA LE MURATURE	107		118
M9 COPERTURA	108		119
C8 COLLEGAMENTI ED ELEMENTI CRITICI		107	118
C9 ELEMENTI CON BASSA DUTTILITÀ		108	119
10 ELEMENTI NON STRUTTURALI	109	109	120
11 STATO DI FATTO	110	110	121
			D

IPRORIS CANTILLI (BO) - TEL. 051.708626

Figura 11.2(segue)

Scheda del CNR per l'analisi della vulnerabilità
Fonte: G. Fera, 1991

11.3 Proposta di un metodo di valutazione della vulnerabilità

11.3.1 Vulnerabilità degli insediamenti residenziali e industriali

Si propone una espressione della vulnerabilità degli edifici del tipo:

$$V_E = S \cdot N \cdot E$$

dove:

- V_E è la vulnerabilità degli edifici
- S è un coefficiente che tiene conto del tipo di struttura edilizia.
 - 1 per strutture in cemento armato
 - 1.1 per strutture in muratura armata o pannelli portanti
 - 1.2 per strutture in pietrame
- N è un coefficiente che tiene conto dell'altezza degli edifici e assume questi valori:
 - 1.1 se il numero dei piani fuori terra è minore o uguale a tre
 - 1.3 se il numero dei piani fuori terra è maggiore di tre
- E è un coefficiente che tiene conto dell'età degli edifici. Per la classificazione si fa riferimento ai dati forniti dall'ISTAT. I coefficienti saranno attribuiti in questo modo:
 - 1.0 per edifici costruiti dopo il 1980
 - 1.1 per edifici costruiti tra il 1961 e il 1980
 - 1.2 per edifici costruiti tra il 1946 e il 1960
 - 1.3 per edifici costruiti tra il 1919 e il 1945
 - 1.4 per edifici costruiti prima del 1919

I valori dei coefficienti S , N ed E vengono attribuiti individuando delle zone omogenee nell'insediamento, in funzione delle caratteristiche che ciascun indice esprime (tipo di struttura edilizia, altezza ed età degli edifici). Ad ogni area così individuata è assegnato un valore dell'indice V_E . La vulnerabilità dell'abitato sarà inoltre incrementata dal fatto che il centro sia più o meno isolato. Ciò dipende dal numero di *collegamenti stradali* tra il centro stesso e il resto del territorio; questo elemento viene preso in considerazione introducendo un nuovo coefficiente moltiplicativo definito come $\frac{1}{n}$, dove n è il numero delle strade che hanno nel centro abitato un nodo.

La vulnerabilità del centro residenziale e industriale sarà:

$$V_E = S \cdot N \cdot E \cdot \frac{1}{n}$$

11.3.2 La vulnerabilità del sistema stradale

L'effetto di un qualsiasi evento disastroso sul sistema stradale che abbia come conseguenza l'interruzione di uno o più rami stradali, si manifesta nei disagi ai fruitori della strada e soprattutto ai soccorsi.

La capacità del sistema di adattarsi, dipende dalla struttura stessa del sistema viario, dalla tipologia delle strade e dai flussi di traffico circolanti, nonché dalle alternative di percorso che la rete di viabilità offre.

Esistono in letteratura dei modelli e delle applicazioni di valutazione della vulnerabilità del sistema stradale: i più diffusi utilizzano i modelli di interazione spaziale o i modelli di accessibilità. Tutti si basano sull'individuazione dei luoghi che rivestono particolari funzioni all'interno del sistema territoriale, i quali costituiscono i nodi del grafo che schematizza il territorio, e sono qualificati come masse che generano o masse che

atraggono i flussi. Il modello simula il comportamento del sistema e il modo di adeguarsi alle interruzioni di alcuni archi, valutando la distribuzione dei flussi di traffico su ciascun ramo della rete (S. Caldaretti, 1987; M. Tiboni, 1994-95).

Questa caratteristica del sistema viario è indipendente dal tipo di evento e si può esprimere attraverso un coefficiente che tiene in conto, per ogni ramo stradale, la possibilità di interruzione e la presenza di alternative al percorso interrotto.

Si è posto un limite di accettabilità delle alternative: sarà accettabile solo l'alternativa che collega gli stessi nodi di inizio e fine del ramo interrotto e non attraversa più di tre nodi.

Il coefficiente che tiene conto di questa possibilità è:

$A = 1$ se non ci sono alternative possibili (in questo caso il sistema è massimamente vulnerabile all'interruzione di quel particolare ramo stradale);

$A = 0,75$ se c'è una sola alternativa;

$A = 0,5$ se ci sono due o più alternative.

In questo modo si identificano i rami stradali più importanti dal punto di vista del collegamento tra i diversi centri e il loro raggiungimento.

Ci sono poi alcune particolarità del sistema viario che lo possono rendere più vulnerabile rispetto ad alcuni eventi disastrosi.

Nel caso di *sisma, alluvioni e frane* potrebbero aumentare la vulnerabilità del sistema viario la presenza di ponti o gallerie, oppure la presenza di un corso d'acqua a lato della sede stradale, o ancora la presenza di scarpate, pareti rocciose.

Il ramo stradale lungo il quale si riscontra la presenza di questi elementi vedrà la sua vulnerabilità aumentata di un coefficiente, da sommare al coefficiente A, relativo a ciascun ramo.

Nel caso di *incendi boschivi*, come per le valanghe, non si ritiene di dover aggiungere ulteriori coefficienti ad A in quanto tutte le strade, se c'è la possibilità di un incendio, sono vulnerabili allo stesso modo; non ci sono nemmeno opere di difesa per le strade rispetto a questo evento, a parte il taglio del bosco al margine della sede stradale.

La vulnerabilità del sistema viario risulta quindi espressa dalla somma dei termini:

$$V_s = A + e$$

dove:

- A tiene conto della presenza di alternative al percorso interrotto;
- e tiene conto della presenza di particolari elementi che potrebbero aumentare la vulnerabilità del singolo ramo stradale e assume i valori:

$e = 0,5$ per la determinazione del rischio di frana, sisma e alluvione;

$e = 0$ per la determinazione del rischio di valanga e incendio boschivo.

11.3.3 La vulnerabilità del territorio extraurbano

Nell'ambito dell'extraurbano, l'elemento esposto al rischio è il territorio stesso con le sue caratteristiche fisico-naturali e socio-economiche (essenzialmente le colture e la rada presenza umana).

Nella valutazione del rischio, secondo l'espressione proposta nel relativo capitolo, per l'area extraurbana si considererà solo l'indice di pericolosità anziché il prodotto tra la pericolosità e la vulnerabilità.

12 LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Il problema che emerge una volta definite le componenti del rischio (pericolosità, vulnerabilità, esposizione) consiste nella scelta del criterio da adottare per la combinazione di queste variabili.

In letteratura sono pochi gli esempi di una valutazione di questo tipo. All'analisi di pericolosità, che spesso è ritenuta sufficiente all'identificazione delle aree a rischio (confondendo il significato che hanno questi due termini), in rari casi si affianca l'analisi dell'esposizione o della vulnerabilità degli elementi a rischio. Ciò è probabilmente dovuto al fatto che sono ancora in atto valutazioni diverse circa la definizione degli eventi di riferimento, la valutazione dei danni attesi (tipo ed estensione), la quantificazione e il calcolo del rischio stesso (G. Fera, 1991).

A livello di pianificazione, si pone anche un altro problema: la scelta del valore del rischio accettabile, cioè il livello di rischio che il decisore ritiene di poter tollerare per la collettività ammettendo l'impossibilità di una riduzione totale dello stesso, sia per ragioni pratiche che di tipo economico. Non è possibile approfondire in questa sede quest'ultimo aspetto, per il quale si rimanda alla letteratura (tra gli altri Tira 1997).

12.1 Alcuni esempi metodologici

Per il calcolo e la quantificazione del rischio, G. Fera riporta due metodologie: la valutazione del rischio assoluto e la valutazione del rischio relativo. Entrambe sono applicate al caso di rischio sismico in due territori con caratteristiche diverse.

Il metodo della valutazione del rischio assoluto vuole quantificare il rischio in termini di numero totale di edifici distrutti o danneggiati, numero di morti o feriti che un evento potrebbe causare. E' questo il metodo utilizzato in California, che può essere schematizzato come illustrato in figura 12.1. Il limite di questa valutazione risiede nelle eccessive approssimazioni legate alle caratteristiche delle numerose variabili da utilizzare.

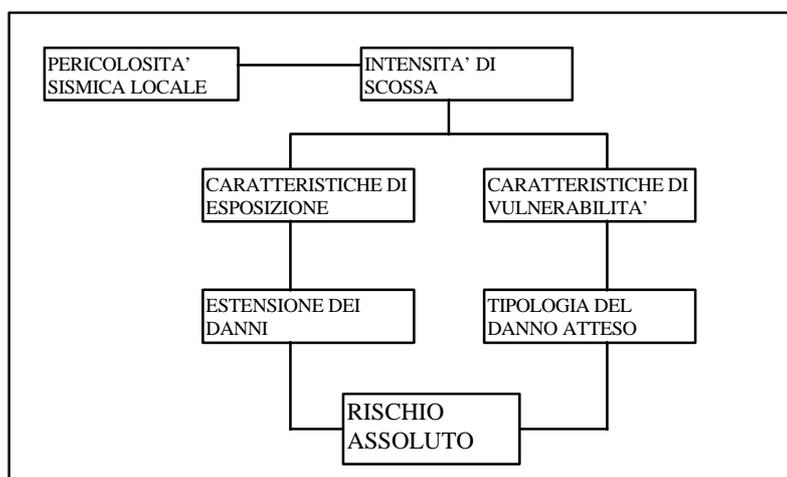


Figura 12.1 Schema di valutazione del rischio assoluto
Fonte: G. Fera, 1991

Il metodo della valutazione del rischio relativo è stato invece utilizzato nello studio condotto dal CNR-GNDT per conto del comune di Ancona.

Con questo sistema, si vuole esprimere il rischio confrontando i diversi livelli esistenti all'interno del territorio: si individuano le caratteristiche considerate standard o medie, e rispetto a queste si valutano le condizioni di livello superiore o inferiore.

Lo schema di questo tipo di metodologia è fornito in figura 12.2.

Rispetto al metodo precedente, questo risulta più semplice ed efficace dal punto di vista dell'individuazione delle aree che richiedono priorità di interventi, anche se, come ogni quantificazione relativa, i valori ottenuti perdono di significato fisico.

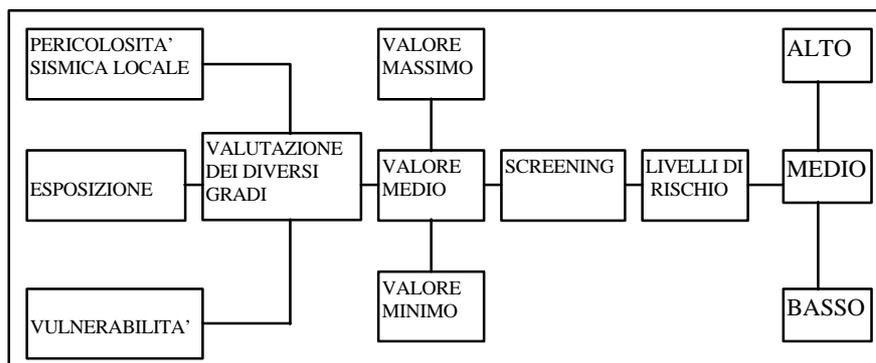


Figura 12.2 Schema di valutazione del rischio relativo

Fonte: G. Fera, 1991

Una metodologia diversa è quella adottata dalla regione Emilia Romagna con la delibera del 22 giugno 1990, n. 2141. Il rischio sismico viene inteso come combinazione di quattro variabili: due tipi di pericolosità (di riferimento e locale), esposizione urbana e vulnerabilità del sistema urbano.

Il rischio si annulla in assenza di persone o manufatti, oppure se l'agglomerato urbano è costruito con criteri antisismici, o ancora se la pericolosità è nulla. La metodologia prevede l'indagine sismica preliminare (come descritta nel paragrafo 2.6.8) per i comparti ineditati. Per le aree urbane invece valuta la presenza di persone sul territorio, la tipologia costruttiva degli edifici, le condizioni geologiche e morfologiche.

Il rischio, inteso come indice di severità per un'area urbana, è descritto con la relazione:

$$R = Pr Eu_0 (e^{Vu+Pl} - 1)$$

dove :

Pr = pericolosità di riferimento

Eu₀ = esposizione urbana iniziale di riferimento

Vu = vulnerabilità urbana

Pl = pericolosità locale

Il contributo della vulnerabilità e della pericolosità locale al valore del rischio è graficamente rappresentato in figura 12.3.

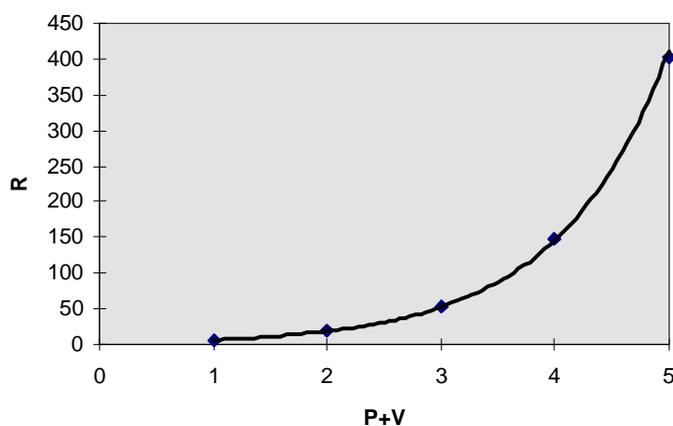


Figura 12.3 Andamento della funzione che quantifica il rischio R in funzione di P+V

Una rielaborazione di questa metodologia è proposta da Busi, Ferrara, Pontrandolfi e Tira (1995) nell'applicazione, già citata, al comune di Pignola (1982). In questo caso, la

valutazione del rischio è stata fatta introducendo un valore del rischio sismico tramite l'espressione:

$$D_R = P_r E_u (e^{VP} - 1)$$

dove:

P_r è la pericolosità di riferimento

E_u è l'esposizione

V è la vulnerabilità

P è la pericolosità sismica locale

Il contributo di vulnerabilità e pericolosità (che in questo caso vengono moltiplicate anziché sommate) è rappresentato nel grafico seguente:

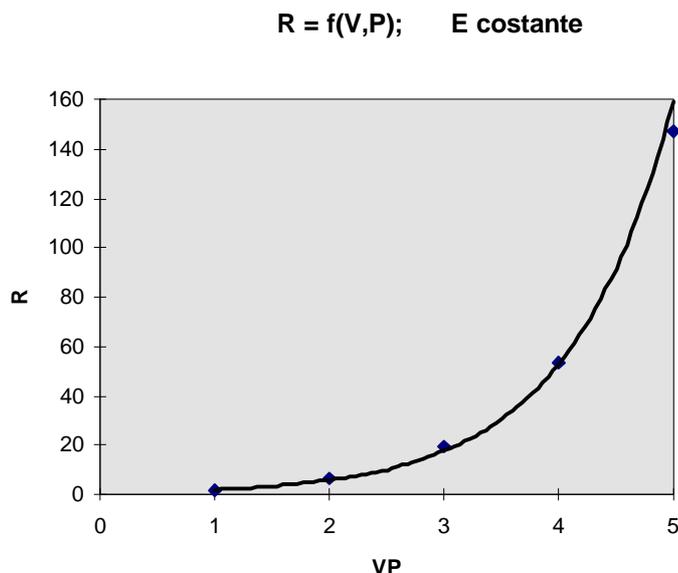


Figura 12.4 Andamento della funzione che quantifica il rischio R in funzione di $P*V$

La pendenza dell'esponenziale è maggiore, quindi il rischio risente maggiormente del contributo di vulnerabilità e pericolosità rispetto alla metodologia proposta dalla regione Emilia Romagna (solo però se entrambi i termini sono maggiori di 1).

Come si può vedere, si tratta di metodologie che presentano approcci diversi e sono la chiara dimostrazione di quanto sia ancora aperto il dibattito sulla definizione e sulla quantificazione del rischio.

12.2 Scelta di un metodo per la valutazione del rischio di territori sub regionali

Poiché nell'analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione si è adottato il criterio di non fornire una valutazione economica degli elementi esposti all'evento o una quantificazione degli stessi, ma piuttosto di introdurre un indice che, in funzione delle caratteristiche del territorio, consentisse una classificazione delle aree più pericolose, più esposte, più vulnerabili, anche per la valutazione del rischio si è deciso di continuare con questo criterio. L'intento è quindi quello di trovare una espressione che, combinando le tre variabili, consente di determinare il valore dell'indicatore di rischio.

Per l'espressione, si è fatto riferimento a quella proposta da Busi, Ferrara, Pontrandolfi e Tira (1995), riportata nel paragrafo precedente, elaborata per la valutazione dell'indicatore di rischio sismico. Si è deciso quindi di riadattare quella espressione in una formulazione più generale, per adeguarla alla valutazione di tutti gli eventi.

Sostanzialmente, si mantiene lo stesso legame tra esposizione, vulnerabilità e pericolosità, mentre è stato tolto il termine definito come pericolosità di riferimento. L'espressione che si è quindi utilizzata è:

$$R = E \cdot (e^{V \cdot P} - 1)$$

dove:

R = indicatore di rischio

E = esposizione

V = vulnerabilità

P = pericolosità riferita a ciascun tipo di evento

Ad ogni area sarà quindi attribuito un indice che alla fine ne consentirà la classificazione.

Questa espressione si adatta bene alla valutazione del rischio per le aree residenziali e industriali e per il sistema viario. Per l'extraurbano, poiché la vulnerabilità non è stata valutata ritenendola compresa nella valutazione della pericolosità, l'indice di rischio assume l'espressione:

$$R = E \cdot (e^{0,1P} - 1)$$

Al fine di rendere i valori dell'indice di rischio confrontabili con quelli ottenuti per le aree urbane e per il sistema stradale si è introdotto un coefficiente riduttivo per la pericolosità pari a 0,1.

Poiché l'intento è quello di fornire una indicazione sulle zone maggiormente a rischio in un territorio dato, pare opportuno introdurre un indice relativo e non assoluto, anche se quantificato con un metodo ed un indice che mantiene un significato fisico proprio.

In analogia con quanto esposto da G. Fera (1991), si determina un valore medio di rischio che caratterizza il territorio, e in funzione di questo si determinano le zone ad alto, medio e basso livello di rischio. Si determina il valore medio M dell'indice di rischio di tutti i valori delle aree in cui è suddiviso il territorio. In funzione di M si definisce il livello di rischio:

RISCHIO BASSO	$R_i < 0.5M$
RISCHIO MEDIO	$0.5M < R_i < 1.5M$
RISCHIO ALTO	$1.5M < R_i < 3M$
RISCHIO MOLTO ALTO	$R_i > 3M$

dove R_i rappresenta il rischio dell'area i -esima. Questo consente di ottenere una mappa delle aree al fine di predisporre le indagini specifiche e le opportune perizie.

12.3 Elaborazione dei risultati e valutazione degli interventi

Le elaborazioni condotte in precedenza consentono di individuare zone ad alto rischio rispetto ad uno o più eventi tra quelli trattati. Le diverse caratteristiche e funzionalità delle parti in cui è stato suddiviso il territorio (centri abitati, extraurbano e sistema stradale) induce ad affrontare separatamente ciascuna parte anche a livello di programmazione dell'intervento. I criteri da seguire vengono esposti di seguito.

12.4 I centri abitati e il territorio extraurbano

In questo caso, le valutazioni del rischio vengono analizzate contemporaneamente. L'analisi dei centri residenziali e industriali consente di individuare delle aree ad alto, medio o basso livello di rischio. Le considerazioni devono poi essere fatte sull'analisi della situazione nell'intorno del centro abitato (non è sufficiente analizzare l'area su cui sorgono gli edifici, ma è importante sapere se anche dal territorio circostante possono sopraggiungere delle minacce). E' quindi necessario combinare le due valutazioni.

L'analisi dell'extraurbano consente di individuare subito quelle che potrebbero essere delle situazioni di alto o medio livello di rischio con ripercussioni sull'abitato (un versante con un alta pericolosità di frana, oppure di incendio boschivo, o ancora con una

cattiva risposta idrologica). In questo caso, si dovranno valutare degli interventi di mitigazione per ciascun rischio. In queste aree è necessario, nel più breve tempo possibile, predisporre alcune indagini che consentano di stabilire le caratteristiche del terreno. Si tratta di indagini puntuali, soprattutto in relazione alla componente geologica ed idrogeologica per quanto concerne il rischio di frane, valanghe, alluvioni e sisma. Questo consente di condurre indagini mirate e di predisporre le opportune misure di difesa per rendere più efficace la programmazione delle misure di prevenzione e arrivare ad una riduzione del rischio (tra le opere di difesa potrebbe inserirsi a pieno titolo il ripristino dell'attività agricola, oppure la riforestazione).

Per quanto riguarda invece il rischio di incendio, questo non necessita di indagini specifiche: le aree ad alto rischio dovranno essere oggetto di una particolare cura e manutenzione, e si valuterà l'opportunità di realizzare adeguate opere di difesa, quali viali tagliafuoco (poiché questo prevede la perdita di aree boscate, un tale intervento deve prevedere anche una analisi della incidenza sull'equilibrio del territorio), oppure la predisposizione di stazioni di controllo.

Ogni qualvolta si intenda modificare l'uso del suolo in aree che rientrano in questa categoria, ogni azione deve essere consentita solo se corredata da una perizia che consenta di definire il grado di pericolosità locale del sito e garantisca un livello di sicurezza sufficiente del luogo senza intaccare e peggiorare l'equilibrio del territorio.

A questo punto, si può affrontare l'analisi del centro abitato: nelle zone caratterizzate da un alto livello di rischio è necessario procedere all'identificazione dei motivi principali per gli alti valore dell'indice. Si suppone sin dall'inizio di non poter intervenire sull'esposizione dell'area costruita, non prevedendo tra le tipologie di intervento lo spostamento da un luogo dell'insediamento dove la popolazione risiede o lavora. La possibilità di intervento si riduce alla riduzione della pericolosità o della vulnerabilità.

Se il motivo è l'alto valore dell'indice di pericolosità, sarà necessario prevedere indagini che mettano in evidenza le situazioni puntuali di pericolo, e procedere quindi alla loro rimozione, ove possibile.

Se il motivo è l'alto valore dell'indice di vulnerabilità, andrà scelto il tipo di intervento anche con valutazioni di tipo economico: in funzione dell'abbassamento dell'indice di rischio, si valuterà l'intervento più conveniente (dal consolidamento delle strutture più vecchie, alla possibilità di aumentare le vie di fuga costruendo nuove strade).

Potrebbe anche essere necessario intervenire su entrambi i parametri.

In ogni caso, ad ogni intervento deve seguire una rivalutazione dell'indice di rischio per verificare se le modifiche apportate consentono miglioramenti efficaci. Qualora nessun intervento fornisca diminuzioni accettabili dell'indice, sarà necessario procedere ad una analisi puntuale, edificio per edificio (come proposto da alcuni autori per una analisi di dettaglio del rischio) che consenta di valutare anche la possibilità di un cambio di destinazione d'uso dell'edificio stesso (in questo caso si dovranno considerare anche altri parametri).

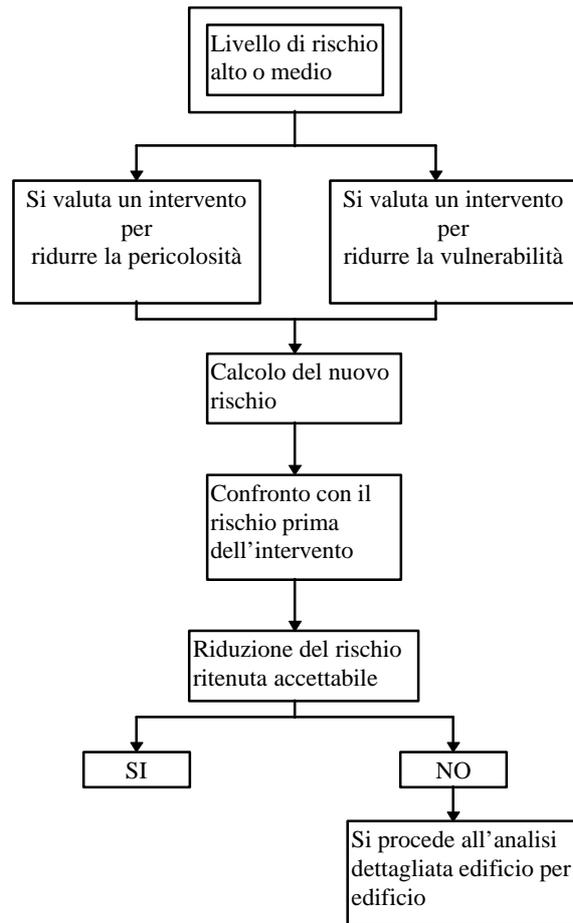


Figura 12.5 Schema di intervento sui centri abitati caratterizzati da valori medio-alti dell'indice di rischio

12.5 Il sistema stradale

L'organizzazione e l'efficienza del sistema stradale deve essere valutata al fine di garantire, in caso di calamità, l'evacuazione veloce di un centro abitato e del territorio circostante, nonché l'arrivo dei soccorsi.

L'analisi del rischio valuta i flussi di persone, la possibilità di scegliere un percorso alternativo, la possibilità che accada un determinato evento, la presenza di situazioni che possono accrescere la vulnerabilità del ramo stradale. Anche in questo caso, l'analisi deve essere integrata dalla valutazione della pericolosità del territorio circostante alla sede stradale, seguendo gli stessi accorgimenti esposti in precedenza.

Se, dall'analisi svolta, emergono delle situazioni di particolare rischio per alcuni rami stradali, è necessario individuare i motivi che determinano quel valore elevato dell'indice.

Se la causa è la presenza lungo il tratto di strada di situazioni di pericolosità, si dovrà valutare la possibilità di intervenire con opere di mitigazione. Se l'intervento non è conveniente oppure non fornisce sufficienti garanzie, si dovrà valutare l'opportunità di realizzare un nuovo tracciato stradale. Questo consente, tra l'altro, di intervenire anche sulla vulnerabilità (la nuova strada sarà realizzata con tutti gli accorgimenti per ridurre l'impatto con l'eventuale calamità, e costituirà un ulteriore collegamento), nonché sull'esposizione del ramo stradale (i flussi si ridistribuiscono).

L'efficienza dell'intervento si potrà valutare ricalcolando il valore dell'indice di rischio e confrontandolo con la situazione di partenza.

12.6 Le infrastrutture

Realizzata la carta della pericolosità dell'extraurbano, si possono trarre delle importanti indicazioni sulle zone che necessitano di approfondimenti, di indagini e quindi eventualmente di intervento.

Le priorità di intervento saranno scelte poi in funzione della tipologia di elementi esposti al rischio: si dovrà prestare particolare attenzione anche a quelle strutture che potrebbero impedire una ripresa veloce in caso di calamità se interrotte, oppure che potrebbero amplificare gli effetti dell'evento.

Si intendono cioè, in primo luogo, le linee elettriche dell'alta tensione, i gasdotti, le linee ferroviarie, le linee telefoniche, le centrali per la produzione di energia elettrica, le discariche, etc.

Sovrapponendo la tavola di localizzazione di queste strutture con la carta di pericolosità, è possibile individuare i punti dove le strutture stesse sembrano essere maggiormente esposte al rischio e, a seguito di ulteriori indagini, predisporre le opportune opere di difesa dei manufatti.

12.7 Le nuove espansioni

L'analisi del rischio per l'extraurbano, nei dintorni dei centri abitati può fornire utili indicazioni circa la localizzazione di nuove espansioni residenziali o industriali. Il cambio di uso del suolo di un'area si traduce nella variazione del valore di alcuni parametri che concorrono alla determinazione dell'indice di pericolosità di quella porzione di territorio. Il nuovo insediamento, inoltre, andrà a modificare esposizione e vulnerabilità della stessa area. In questo modo, calcolando di volta in volta il valore assunto dall'indice di rischio, sarà possibile individuare l'area più adatta ad accogliere la nuova espansione.

In figura 12.6, è fornita la schematizzazione del procedimento da seguire.

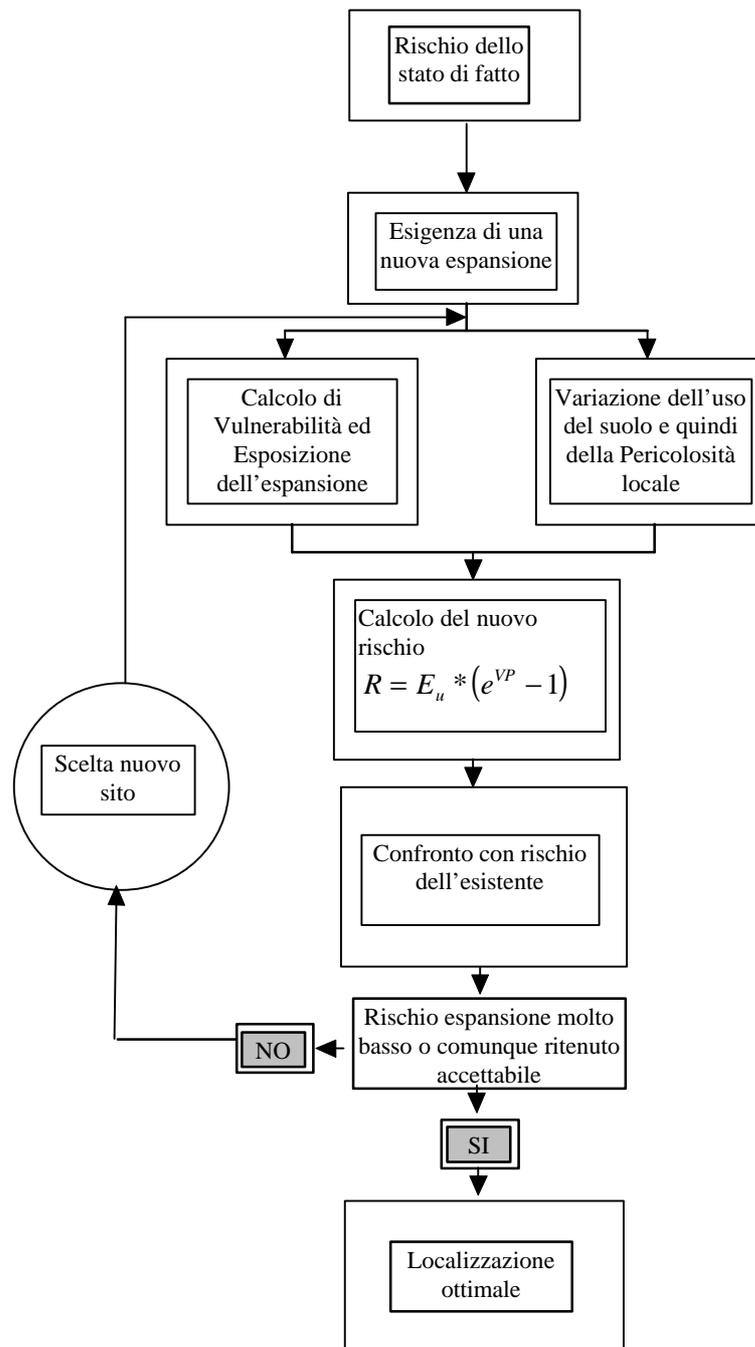


Figura 12.6 Ricerca per la localizzazione ottimale delle nuove espansioni

13 UNA METODOLOGIA PER LA ZONIZZAZIONE DEI RISCHI CON L'USO DEI GIS

13.1 Cartografia di analisi e cartografia di progetto

La metodologia elaborata per lo studio delle aree a rischio fisico richiede la creazione di una cartografia di analisi, ottenuta come rappresentazione delle indagini necessarie per la conoscenza del territorio, ma soprattutto delle successive elaborazioni e combinazioni sia delle tavole che delle basi dati.

Per realizzare tutti questi passaggi, si sono utilizzati due programmi:

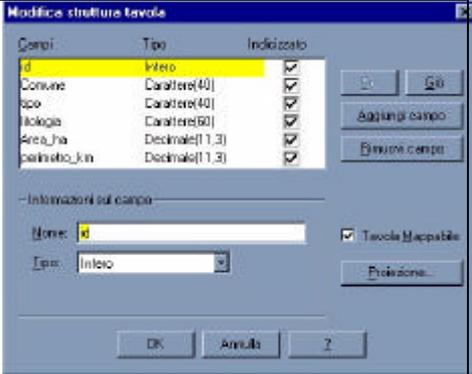
- MapInfo[®]: è un GIS che è stato utilizzato per la creazione delle tavole e delle tabelle associate
- Microsoft Excel: è stato utilizzato per combinare i dati contenuti nelle tabelle realizzate con MapInfo[®], generando nuove tabelle utilizzate per la cartografia di progetto

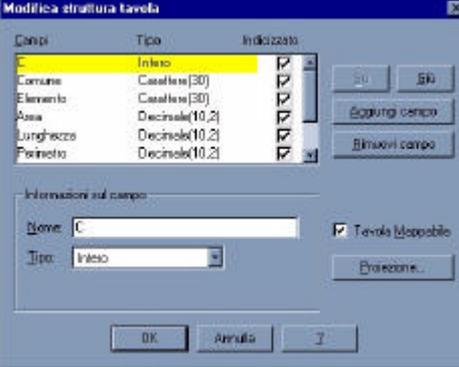
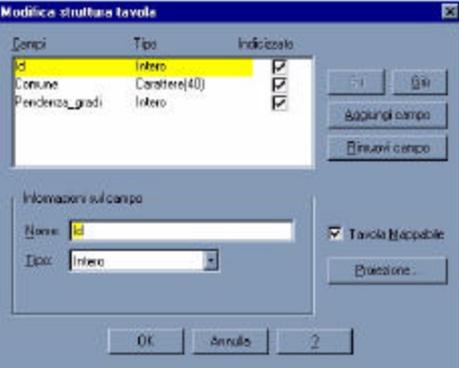
Di seguito è stata illustrata la procedura utilizzata per la realizzazione della cartografia necessaria allo studio condotto.

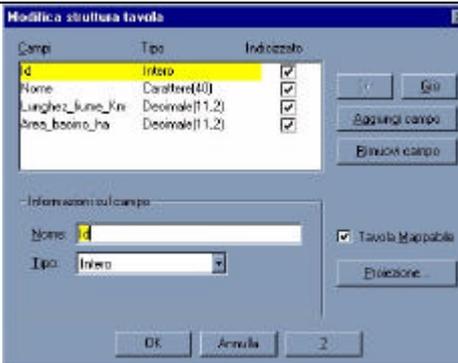
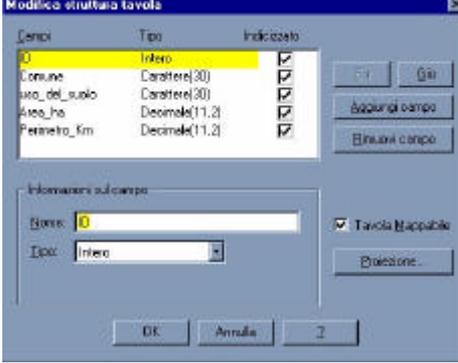
Uno dei problemi principali che va tenuto in considerazione nell'applicazione di una metodologia di questo tipo è la scelta della scala. Se il territorio è d'area vasta (una provincia o una regione), la scala di acquisizione dovrà essere media o piccola (da 1:10.000 fino a 1:50.000) con preferenza per le scale medie in quanto più ricche di informazioni; nel caso invece di applicazione in ambito comunale, la scala di acquisizione sarà quella della pianificazione comunale (1:2.000 o 1:5.000).

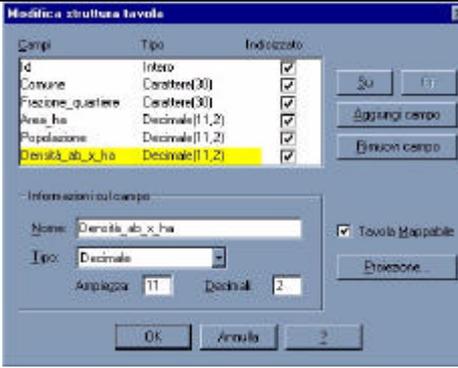
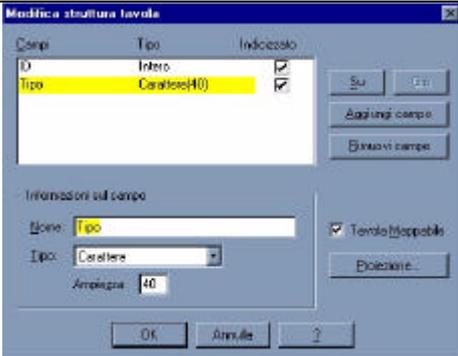
Nelle tabelle che seguono sono riportate le indicazioni relative alla cartografia di analisi, costituita dalle tavole che vengono abitualmente prodotte per redigere strumenti di pianificazione, e la cartografia di progetto, con indicazione dei criteri adottati per la redazione. Ove risulti di particolare interesse per la comprensione dell'impostazione metodologica si riporta la struttura della tavola, così come è stata costruita all'interno del GIS.

Tabella 1 - La cartografia di analisi

<i>Nome tavola</i>	<i>Contenuti della tavola</i>	<i>Struttura della tavola</i>
Tavola di inquadramento	La tavola deve fornire un quadro generale dell'ambiente nel quale il territorio in studio si inserisce, evidenziando alcuni elementi di base quali il perimetro dell'area di indagine, i territori comunali che ne fanno parte, la presenza di aree protette (parchi e riserve). La scala opportuna è 1:100.000 o 1:50.000.	
Tavola geologica e litologica	Queste due tavole rappresentano le rocce che affiorano in superficie, classificandole in base alle loro caratteristiche d'età la prima, in base alle caratteristiche fisiche e granulometriche la seconda. Sono fondamentali sia se utilizzate singolarmente, sia per la determinazione di importanti parametri se associata alla carta di uso del suolo. Per ciò che riguarda le fonti cartografiche, si tratta sostanzialmente della carta geologica d'Italia in scala 1:100.000 e varie carte geologiche e litologiche redatte da enti locali che coprono solo porzioni di territorio e sono	 <p>■ ID: n° identificativo progressivo</p>

	<p>in scale molto variabili.</p> <p>Saranno possibili successivi elaborazioni della carta geologica e litologica così prodotta aggregando le aree ottenute in classi più ampie, ad esempio in funzione della erodibilità delle rocce, oppure della permeabilità (come è stato fatto per realizzare la carta del Curve Number).</p>	<p>intero</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ COMUNE: comune di appartenenza dell'area ■ TIPO: tipologia geologica/litologica del suolo ■ AREA: superficie dell'area censita da misurare in ettari ■ PERIMETRO: perimetro dell'area censita da misurare in km
Tavola morfologica	<p>La base di questa tavola è la cartografia tematica regionale oppure la cartografia prodotta dall'IGM, in scala 1 : 50.000.</p> <p>Questa tavola mira a mettere in evidenza alcune peculiarità e caratteristiche del territorio in studio come conidi di deiezione, scarpate, frane antiche e recenti...</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ■ ID: numero identificativo progressivo intero ■ COMUNE: comune di appartenenza dell'area ■ TIPO: si intende la tipologia di elemento (scarpata, frana...), secondo la terminologia proposta dalla cartografia tematica utilizzata ■ AREA: superficie dell'area rilevata, misurata in ettari ■ PERIMETRO: perimetro dell'area rilevata, misurato in Km
Tavola dell'acclività	<p>Questa tavola, fondamentale per la discussione degli <i>hazard</i> in quanto la pendenza di un area influisce in modo determinante su numerosi parametri, è stata creata utilizzando un plug-in di Mapinfo (Vertical Mapper) che in automatico fornisce le pendenze partendo dalle linee di livello</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ■ ID: numero identificativo progressivo intero ■ COMUNE: comune di appartenenza dell'area ■ PENDENZA: pendenza in gradi dell'area considerata (si consiglia di procedere a passi di 5°)

<p>Tavola dell'idrografia</p>	<p>In questa tavola vengono rappresentati tutti i corsi d'acqua, i laghi, i bacini artificiali, i mari. Si tratta di elementi che hanno geometrie diverse: per gli elementi di tipo areale (laghi e bacini artificiali) si può calcolare la superficie; mentre per i corsi d'acqua, che sono elementi lineari, si può mettere in evidenza la lunghezza. La presenza del mare si tratterà evidenziando la lunghezza delle zone costiere. Per i corsi d'acqua si può anche scegliere una rappresentazione che distingue un ordine gerarchico: sono del primo ordine i corsi d'acqua che non ricevono affluenti; sono del secondo ordine quelli che hanno come affluenti i corsi che sono del primo ordine, e così via. La distinzione si ottiene utilizzando linee di spessore diverso scegliendo la più sottile per i corsi del primo ordine.</p> <p>I percorsi dei fiumi o torrenti, e l'estensione dei bacini si ricava dalla carta tecnica regionale alla scala 1:10.000, in quanto le scale minori non forniscono un dettaglio sufficiente soprattutto per quanto concerne i corsi d'acqua meno importanti.</p> <p>A questa carta è possibile aggiungere un layer che rappresenta i bacini di scolo. Questi elementi vengono ricavati dal raster della morfologia in scala 1:50.000 o maggiore, seguendo le linee di dislivello.</p> <p>Ogni bacino deve essere immediatamente distinguibile da un altro; per questo motivo si adottano colori diversi per ciascun bacino: la scelta dei colori è arbitraria in quanto l'unica caratteristica richiesta è la distinguibilità cromatica dei bacini.</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ■ ID: numero identificativo progressivo intero ■ NOME: nome dell'oggetto ■ LUNGHEZZA: lunghezza dell'asta fluviale, espressa in Km ■ AREA: superficie (solo per i bacini), espressa in ettari <p>Per ogni bacino di scolo la tabella associata è strutturata nel modo seguente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ ID : n° identificativo progressivo intero ■ AREA : area del bacino in Km² ■ PERIMETRO : perimetro del bacino in Km ■ LUNGHEZZA: lunghezza del corso d'acqua principale che attraversa il bacino in Km ■ B_i : indice di forma iesimo
<p>Tavola dell'uso e della copertura del suolo</p>	<p>Questa carta è indispensabile per tutte le elaborazioni dirette ed indirette che si svolgono sul territorio. Descrive gli spazi ponendo l'attenzione sul modo di utilizzazione piuttosto che sulle attività che vi si svolgono.</p> <p>La sua costruzione avviene partendo dalla cartografia tradizionale come base, la quale verrà ricoperta dalla nuova cartografia vettoriale.</p> <p>Le scale da utilizzare sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1:50.000 per territori molto estesi (dalla comunità montana fino alla provincia ed anche oltre) - 1:10.000 oppure 1:5.000 per indagini più approfondite in particolari punti in cui si rivelino necessari ulteriori approfondimenti <p>Ciascuna categoria di aree a diverso uso del suolo dovrà essere immediatamente</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ■ ID: numero identificativo progressivo intero ■ COMUNE: comune di appartenenza dell'area ■ USOSUOLO: tipo di uso del suolo dell'area. ■ AREA: area dell'area censita, da misurare in ettari

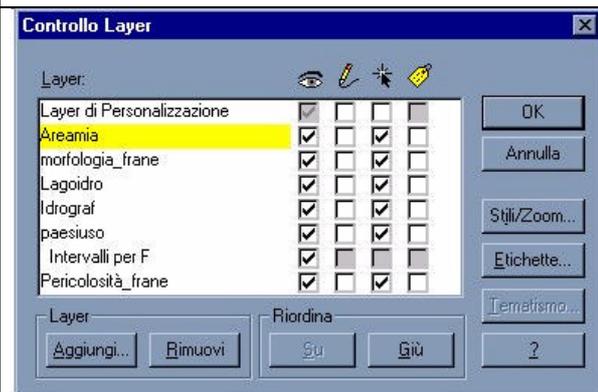
	<p>riconoscibile visivamente tramite opportuna colorazione o retinatura la quale dovrà essere analoga agli standard dell'IGM o della cartografia tematica regionale, oppure avere uno standard indipendente ma codificato ed immutabile. In un secondo momento, se sarà necessario, si potrà provvedere ad aggregare i dati in classi più ampie (ad esempio, si raggrupperanno le aree che risultano coperte da latifoglie, conifere, bosco ceduo... in una unica classe denominata bosco).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ PERIMETRO: perimetro dell'area censita da misurare in Km
<p>Tavola dei centri abitati</p>	<p>Si tratta di una tavola in cui si evidenzia il perimetro di ciascun centro abitato, comprese le frazioni staccate dall'insediamento principale, ed escludendo invece le case sparse (in una indagine di carattere areale vasto hanno un valore puntuale trascurabile). Il perimetro dei centri abitati sarà rilevato dalle cartografie esistenti in scala 1:25.000 oppure, al limite, 1:50.000 (Carta tematica regionale). Si sconsiglia invece la scala 1:10.000 in quanto fornisce una rappresentazione troppo dettagliata per lo studio che si vuole condurre (non interessa il singolo edificio, ma il centro abitato nell'insieme).</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ■ ID: numero identificativo progressivo intero ■ COMUNE: comune di appartenenza ■ NOME: nome del comune o della frazione ■ POPOLAZIONE: popolazione residente nel comune o nella frazione ■ AREA: superficie coperta dal centro abitato, espressa in ettari ■ DENSITA': densità di popolazione del centro abitato, espressa in abitanti/ettari <p>A queste informazioni, si possono aggiungere tutti gli altri dati necessari ad una indagine della popolazione, come:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Attivi del settore primario - Addetti del settore secondario - Addetti del settore terziario - Unità locali del settore secondario - Unità locali del settore terziario
<p>Tavola delle strade e delle infrastrutture</p>	<p>Sono comprese in questa tavola tutte le strutture che servono al trasferimento da un punto all'altro dello spazio di persone, merci, energia e informazioni. Per quanto riguarda le infrastrutture, si dovranno rappresentare le linee di interesse sovracomunale, come metanodotti, oleodotti, linee elettriche di alta tensione, e strutture come dighe, porti, aeroporti, discariche, etc., mentre non si entrerà nel dettaglio degli impianti fognari e degli acquedotti del</p>	

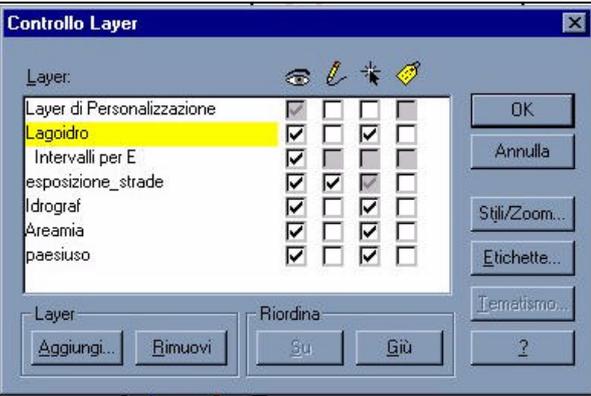
	<p>singolo comune. Per quanto riguarda i tracciati stradali, saranno identificati tenendo conto della classificazione fornita dal nuovo codice della strada. Si distingueranno quindi le seguenti categorie di strade:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autostrade - Strade extraurbane principali - Strade extraurbane secondarie - Strade urbane di scorrimento - Strade urbane di quartiere - Strade locali 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ID: numero identificativo progressivo intero ■ TIPO: tipologia della strada (in base al nuovo codice della strada) o della infrastruttura
--	--	--

Tabella 2 - La cartografia di progetto

Si tratta di produrre una serie di tavole che utilizzano la cartografia di analisi e forniscono la rappresentazione di dati e informazioni riguardanti gli eventi analizzati e le elaborazioni per realizzare carte tematiche relative a particolari indici.

A questa sezione appartengono le carte degli indici di pericolosità, dell'esposizione, della vulnerabilità e la valutazione finale dell'indice di rischio. Per la rappresentazione di queste carte si rimanda al paragrafo relativo all'applicazione ad un caso di studio.

<i>Nome tavola</i>	<i>Contenuti della tavola</i>	<i>Struttura della tavola</i>
Tavola dell'indice di pericolosità	<p>Per poter realizzare questa carta è necessario innanzitutto procedere alla intersezione di tre tavole di analisi, al fine di individuare delle aree caratterizzate dall'aver un unico valore per ciascun attributo delle tavole iniziali (un'area può avere un solo uso del suolo, un solo intervallo di acclività, una sola tipologia di terreno).</p> <p>A ciascuna delle aree risultanti dall'intersezione, viene poi attribuito l'indice di pericolosità determinato secondo i criteri esposti nei relativi paragrafi del capitolo ***.</p>	

<p>Tavola dell'indice di esposizione</p>	<p>Come esposto nel capitolo 4, si deve procedere identificando tre destinazioni di uso del suolo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - centri abitati - extraurbano - strade e infrastrutture <p>A ciascuna di queste tipologie viene associato un indice di esposizione ottenuto dalla combinazione di alcuni parametri (si veda il relativo capitolo).</p>	
<p>Tavola dell'indice di vulnerabilità</p>	<p>Si procede in modo analogo a quanto esposto per l'esposizione in relazione ai centri urbani e alle strade e infrastrutture, associando il relativo indice di vulnerabilità come esposto nel capitolo 3.</p>	
<p>Tavola dell'indice di rischio</p>	<p>E' ottenuta dall'intersezione delle tavole di pericolosità, esposizione e vulnerabilità; quindi anche il rischio viene determinato per le diverse destinazioni d'uso del territorio (centri urbani, extraurbano e sistema stradale). L'intersezione viene realizzata sfruttando la possibilità di interrogazione geografica, che consiste nel leggere i valori degli attributi di pericolosità, esposizione e vulnerabilità dalle tavole di origine per combinarli al fine di ottenere il valore dell'indice di rischio rappresentato tramite il tematismo della corrispondente tavola.</p>	

13.2 Applicazione ad un ambito sovracomunale

L'area scelta per l'applicazione della metodologia proposta è costituita da cinque comuni scelti all'interno della Comunità Montana della Valle Sabbia: Idro, Lavenone, Vestone, Treviso Bresciano e Barghe. Il territorio della comunità montana si trova nella zona centro-orientale della provincia di Brescia. La quota minima è di 140 m slm, mentre la massima è di 2.583 metri slm. Il territorio è costituito da 25 comuni con una popolazione totale di 56.419 abitanti (dato riferito al 1991). All'interno del territorio, è possibile individuare alcuni elementi dominanti, quali il lago d'Idro e il fiume Chiese, attorno ai quali si è sviluppata la maggior parte delle attività della Valle. La Valle è caratterizzata, in generale, dal manifestarsi di eventi naturali abbastanza diffusi e ricorrenti, ma mai con effetti particolarmente disastrosi. I risultati ottenuti dall'applicazione della metodologia proposta sono stati verificati, confrontandoli con la rappresentazione cartografica degli eventi passati.

La cartografia di analisi

Si tratta di svolgere alcune indagini sull'area di studio rilevando le informazioni per le successive elaborazioni e traducendole in formato cartografico. Di seguito viene esposto il procedimento seguito per la produzione della cartografia di analisi, in ciascuna delle parti identificate nel paragrafo precedente.

Tavola di inquadramento (Tavola I)

Nella Valle Sabbia è possibile individuare una zona montana a nord e una pedemontana a sud, quest'ultima collegata all'hinterland di Brescia. I cinque comuni, oggetto di indagine e studio, sono situati al centro della Valle Sabbia, nella zona montana, e non presentano all'interno del loro territorio comunale parchi o riserve. Gli elementi caratterizzanti restano il Lago d'Idro e il fiume Chiese.

Tavola geologica e litologica

Fonti cartografiche: "Carta geologica d'Italia" in scala 1:100.000 e "Carta geologica delle Prealpi bresciane a sud dell'Adamello" realizzata dall'Istituto geologico dell'Università di Pavia nel 1972 in scala 1:50.000. Limitatamente ai cinque comuni in studio, la carta geologica fornisce le seguenti unità:

CARTA GEOLITOLOGICA	CARTA GEOLOGICA
Porfidi quarziferi, porfiriti e conglomerati tufacei	Porfiriti ladiniche, Porfiriti carniche
Conglomerati e arenarie	Formazione di Monte Mignolo
Dolomie cariate, calcari a cellette, breccie terrose di incerta origine	Carniola di Bovegno
Arenarie tufacee, arenarie e siltiti marmose o argillose	Formazione di S. Giovanni Bianco
Dolomie massicce o a grandi bancate	Servino, Formazione di Wengen
Calcari e calcari dolomitici marmosi e bituminosi stratificati	Arenaria di Val Sabbia
Calcari stratificati marmosi, talora selciosi	Dolomia principale
Calcari di scogliera massicci o a grandi bancate	Facies eteropica della Dolomia principale
Calcari stratificati, talora selciosi, con interstrati marmosi	Calccare di Zorzino
Terrazzi antichi	Calccare di Prezzo, Calccare di Zu
Detriti di falda e coperture detritiche	Calccare di Esino
	Calccare di Angolo, Calccare di Buchenstein
	Calccare di Zu
	Conglomerato di Sotto Castello, Depositi fluvioglaciali
	Detrito sciolto e cementato

Si è utilizzata anche la “Carta litotecnica con elementi geomorfologici” redatta dal CNR e dalla Regione Lombardia limitatamente ai comuni sismici della regione (Determinazione del rischio sismico a fini urbanistici in Lombardia, 1996).



Figura 13.1 Estratto dalla tavola I di inquadramento dell'area oggetto di studio
Scala originale 1:250.000

I comuni per cui si dispone della carta sono: Vestone, Treviso Bresciano e Barghe. Le unità emerse sono riportate nella tabella che segue.

Il parallelo tra la carta geologica e litologica o litotecnica è necessario per consentire l'applicazione del metodo del Curve Number nel modo più accurato possibile in mancanza delle carte di permeabilità del suolo, e per la determinazione dell'indice di pericolosità delle frane nell'attribuzione degli angoli di attrito.

CARTA LITOTECNICA (CNR)	CARTA GEOLOGICA
Substrato roccioso con successioni carbonatico-dolomiche e marnoso-selciose massicce	Calcarea di Esino, Angolo e Dolomia principale
Substrato roccioso con successioni carbonatico-dolomiche e marnoso-selciose a banchi	Calcarea di Esino, Dolomia principale, Calcarea di Angolo, Calcarea di Zu
Substrato roccioso con successioni carbonatico-dolomiche e marnoso-selciose stratificate	Calcarea di Angolo, Calcarea di Prezzo, Calcarea di Buchenstein, Formazione di Wengen, facies eteropiche della Dolomia principale, Formazione di S. Giovanni Bianco
Successioni terrigene con intercalazioni calcaree	Formazione di Wengen
Successioni terrigene senza intercalazioni calcaree	Arenaria di Val Sabbia
Successioni terrigene con intercalazioni vulcaniche	Formazione di Wengen, Arenaria di Val Sabbia
Rocce ignee (porfiriti carniche)	
Calcari vacuolari con locali intercalazioni di gesso e/o anidride	Formazione di S. Giovanni Bianco
Depositi glaciali, fluvioglaciali e fluviali addensati o consistenti	
Terreni prevalentemente a grana grossa	Conoidi di deiezione, detriti di falda e alluvioni recenti
Terreni prevalentemente a grana medio-fine	Eluvium-colluvium

Tavola morfologica (rappresentata nella Tavola IV)

La base di questa tavola è la cartografia tematica regionale in scala 1 : 50.000. Emergono delle situazioni di pericolosità proprio intorno ai centri abitati. Intorno all'insediamento di Barghe si concentrano una frana antica, una recente e una nicchia di frana. Il centro abitato di Vestone poggia su nicchie di frane recenti; l'area che si sviluppa lungo il torrente Degnone è invece circondata da scarpate e nicchie. Il centro di Idro invece poggia invece su conoidi di deiezione e nicchie di frane. Da registrare ancora una franosità diffusa nel comune di Treviso Bresciano e numerose piccole frane in tutto il territorio comunale di Idro e Lavenone.

Tavola dell'acclività e dell'altimetria (Tavola II)

Sono state rilevate le linee di livello a passi di 50 metri. Utilizzando poi MapInfo[®], sono state realizzate le carte altimetrica e dell'acclività. Dall'analisi della tavola altimetrica, si rilevano la quota minima slm di 310 metri nel comune di Vestone, lungo il corso del Chiese, mentre la quota massima slm è di 1.500 metri nel comune di Lavenone.

La tavola clivometrica (Tavola II) viene invece fornita per classi di 10 gradi. Si osserva che le pendenze superiori del terreno, comprese tra i 60° e 70°, sono localizzate nel territorio comunale di Lavenone, in corrispondenza dei rilievi più elevati. In generale, si osserva che la pendenza non supera i 45°.

Queste tavole saranno utilizzate per l'analisi della pericolosità evidenziando ogni volta gli intervalli significativi.

Tavola dell'idrografia (base per tutte le altre tavole)

I percorsi dei fiumi o torrenti, e l'estensione dei bacini sono stati ricavati dalla carta tecnica regionale alla scala 1:10.000 (rappresentati nella Tavola V). Il corso d'acqua principale è il Chiese nel quale confluiscono numerosi torrenti e rii. Il fiume Chiese, che attraversa da nord a sud l'area in studio, nasce dal ghiacciaio dell'Adamello all'inizio della Val di Fumo, e sfocia nel Lago d'Idro; uscito da questo, giunge in pianura e, dopo un percorso di 147 km, si getta nell'Oglio. Nei territori dei cinque comuni il Chiese è

caratterizzato da situazioni diverse: dallo sbocco dal Lago d'Idro fino al territorio comunale di Vestone si osserva la mancanza di argini artificiali, la sezione è poco profonda e nelle zone golenali è caratterizzato da forte antropizzazione (costruzioni civili e industriali). Oltre Vestone invece è possibile osservare una cura maggiore delle arginature e la presenza di opere idrauliche di regimazione. Nei centri abitati infine gli argini sono artificiali, ed il fiume è attraversato da numerosi ponti che spesso non sono ad unica campata (le pile restringono la sezione di deflusso). Nella stessa tavola sono stati rappresentati anche le linee spartiacque dei sottobacini idrografici facenti parte del territorio analizzato ed appartenenti al bacino idrografico del fiume Chiese. Questi bacini sono stati rilevati dalla tavola MORFOLOGIA (IVC) in scala 1:50.000. Si osserva la forma allungata di tutti i bacini fatta eccezione per quello a monte di Vestone (questo implica tempi di corrivazione minori).

ID	NOME	LUNGHEZZA (Km)
1	Torrente_Sanguinero	4,65
2	Torrente_Agna	3,61
3	Torrente_Agna	6,30
4	Torrente_Degnone	0,14
5	Fiume_Chiese	29,67
6	Affuenti_secondari	0,17
7	Torrente_Iperone	6,58
8	Fiume_Chiese	1,13
9	torrente	2,35
10	Rio_Vesta	1,80
11	Torrente_Nozza	7,18
12	Torrente_Fossato	14,01
13	Torrente_Abbioccolo	18,90
14	Rio_Canalone	9,75
15	Fiume_Chiese	20,98
16	Torrente_Scornabo'	11,78
17	Rio_Sacco	34,49

Tabella 13.1 Tabella associata alla Tavola dell'idrografia (tutte le lunghezze sono relative ai tratti compresi nei cinque territori comunali)

ID	SPARTIACQUE	AREA (ha)
1	Bacino4	41,261
2	Bacino5	14,948
3	Bacino6	34,416
4	Bacino7	9,639
5	Bacino9	114,583
6	Bacino12	1,238
7	Bacino13	33,987
8	Bacino14	53,006
9	Bacino15	7,697
10	Bacino16	30,229
11	Bacino17	29,509
12	Bacino21	19,078

Tabella 13.2 Tabella relativa ai bacini idrografici

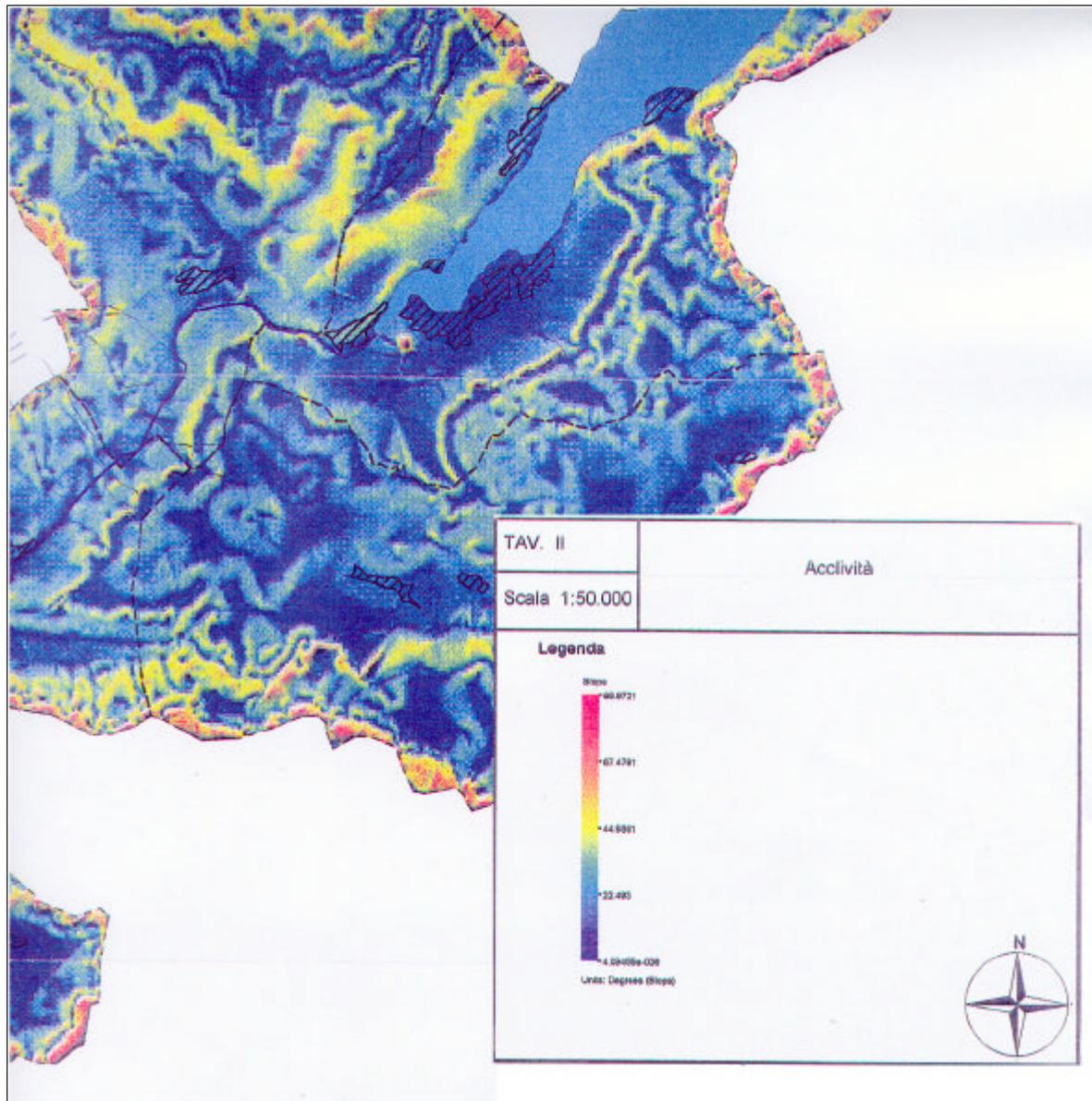


Figura 13.2 Estratto dalla tavola II dell'acclività

Tavola dell'uso e della copertura del suolo (Tavola III)

La base utilizzata per la redazione di questa carta è la cartografia di uso e copertura del suolo redatta dalla Regione Lombardia in scala 1:50.000. La sua costruzione avviene partendo dalla cartografia tradizionale come base, la quale è stata ricoperta dalla nuova cartografia vettoriale. La terminologia utilizzata per la classificazione delle aree segue quella proposta dalla Regione. Viene di seguito fornita la tabella relativa alla carta di uso del suolo, nella quale sono stati aggregati i dati di ciascun comune.

Si può osservare che la copertura dominante è costituita di boschi di latifoglie e resinose, con molti spazi lasciati a incolto oppure ad area sterile, soprattutto nel territorio di Lavenone e Treviso Bresciano.

USO DEL SUOLO	Barghe	Idro	Lavenone	Treviso Bs	Vestone	Totale
Area sterile	88	0	358	47	6	499
Incolto	0	134	396	225	16	771
Latifoglie a ceduo	306	546	1.610	744	766	3.972
Latifoglie a riposo invernale	0	0	0	0	4	4
Latifoglie ad alto fusto	0	9	0	0	0	9
Latifoglie sempreverdi	10	65	242	14	0	391
Legnose Agrarie	13	0	0	0	0	13
Legnose sempreverdi	36	19	0	0	0	55
Prato e pascolo	63	97	247	275	216	898
Resinose	18	519	136	354	27	1.054
Seminativo	23	220	185	110	152	690
Totale complessivo	557	1.613	3.174	1.769	1.187	8.300

Tabella 13.3 Tabella relativa alla Tavola III "Uso e copertura del suolo" (estensioni aree in ettari)

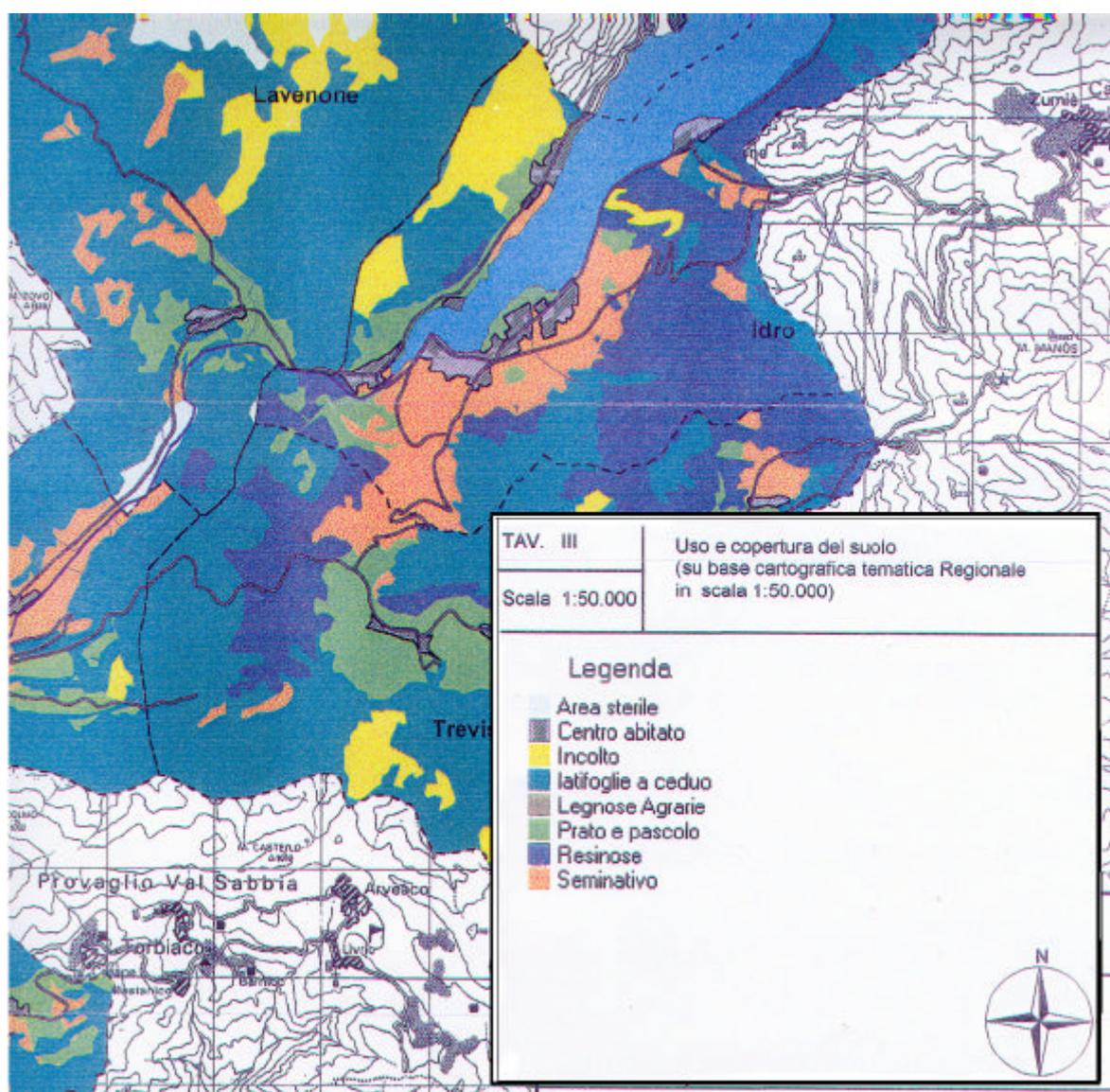


Figura 13.3 Estratto dalla tavola III di uso e copertura del suolo (su base cartografia tematica regionale in scala 1:50.000)

Tavola dei centri abitati (rappresentata in tutte le Tavole)

Il perimetro dei centri abitati è stato rilevato dalla C. T. R. alla scala 1:10.000.

I dati relativi a ogni centro abitato sono stati rilevati dal Censimento Generale della popolazione e delle abitazioni del 1991, realizzato dall'ISTAT. La struttura della tabella associata alla tavola segue lo schema proposto precedentemente ed è riportata nella tabella 13.5. In tabella 13.4 sono riportati i dati disaggregati per frazioni della popolazione residente.

COMUNE	NOME	POPOLAZIONE
Barghe	Barghe	1.021
	Vrange	34
	Case sparse	22
Idro	Crone	726
	Lazzano-Tre Capitelli	35
	Pieve vecchia	183
	Vesta	8
	Parole	4
	Vantone	20
	Case sparse	445
Lavenone	Lavenone	467
	Presegno	43
	Case sparse	138
Treviso Bresciano	Trebbio	355
	Vico	195
	Case sparse	12
Vestone	Vestone	3.869
	Case sparse	262

Tabella 13.4 Popolazione residente disaggregata per comuni e frazioni

Fonte: ISTAT, Censimento generale della popolazione e delle abitazioni, 1991

ID	COMUNE	POPOLAZIONE	AREA	DENSITA'
1	Barghe	1.077	5,34 kmq	201,7 ab/kmq
2	Idro	1.421	22,48 kmq	63,21 ab/kmq
3	Lavenone	648	31,47 kmq	20,59 ab/kmq
4	Treviso Bresciano	562	17,83 kmq	31,52 ab/kmq
5	Vestone	4.131	12,90 kmq	320,23 ab/kmq

Tabella 13.5 Tabella associata alla tavola dei centri abitati

Tavola delle strade e delle infrastrutture

I tracciati stradali sono stati ricavati dalla carta tecnica regionale in scala 1:10.000.

Si osserva la presenza di un collegamento principale costituito dalla statale 237 che, dal Lago d'Idro, passando per Nave, collega i comuni alla città di Brescia. All'altezza di Barghe, si immette la provinciale 25 che, passando per Roè Volciano, consente il collegamento tra le statali 237 e 45bis (quindi tra il Lago d'Idro e Salò). Il collegamento con il Lago di Garda è consentito poi dalle provinciali 58 e 9 dal Lago d'Idro, mentre la Valle Trompia può essere raggiunta dalle provinciali 79 e 509.

C'è poi una rete non particolarmente fitta che consente i collegamenti tra i singoli comuni.

Nella analisi condotta in questo elaborato è stata utilizzata la classificazione fornita dal nuovo Codice della strada.

Nel territorio non ci sono reti ferroviarie; bisogna fare riferimento alla linea di Brescia.

13.2.1 La valutazione della pericolosità

L'indice di pericolosità si determina come prodotto di alcuni indici, già illustrati nel relativo capitolo. Ciascun indice è stato ottenuto ponendo delle interrogazioni ad alcuni tematismi, e sovrapponendo i layer significativi. La rappresentazione dell'indice consente di individuare le aree a maggiore pericolosità.

Pericolosità delle frane (Tavola IV)

Analisi dei dati storici

Nel territorio in studio emergono, dall'analisi della carta morfologica e di una serie di dati che si riferiscono a eventi passati, fenomeni franosi abbastanza diffusi sul territorio ma mai di notevoli dimensioni. Si tratta comunque di una zona caratterizzata da fenomeni ancora in atto, che talvolta interessano da vicino i centri abitati. I dati riguardanti i movimenti franosi in Val Sabbia sono stati ricavati da:

- carta morfologica (scala 1:50.000);
- dati raccolti, mediante apposite schede della regione Lombardia, dalla Comunità Montana della Val Sabbia (si sono resi disponibili solo i dati relativi al 1991 in quanto la Comunità Montana sta provvedendo alla archiviazione di tutte le frane censite);
- Database del Progetto AviFrane del CNR, GNDICI.

Il periodo investigato riguarda gli ultimi 100 anni, e questo rende assolutamente impossibile investigare sulla copertura del suolo coinvolta dalla frana, facendo delle interrogazioni con MapInfo[®], in quanto presumibilmente le coperture del suolo non si sono mantenute costanti. Per quanto riguarda invece le frane avvenute negli ultimi 10 anni tale indagine risulta più precisa ed attendibile. Più attendibile è la corrispondenza che si trova tra frana e tipo geologico di suolo. Si riportano di seguito i dati ottenuti dall'analisi dei 5 comuni investigati, facendo interrogazioni con MapInfo[®] partendo dalle carte morfologica, geologica e litologica, e dalla rappresentazione della localizzazione degli eventi passati:

<i>Tipi di terreno</i>	<i>numero di frane</i>
Detrito sciolto e cementato	36
Formazione di monte mignolo, wengen	2
Dolomia principale	18
Dol princ. con facies eteropiche	3
Depositi fluvio-glaciali	5
Calcari	3
Calcere di zorzino	2
Arenaria di val sabbia	30

Tabella 13.6 *Distribuzione delle frane per tipi di terreno*

Si noti come i detriti e le arenarie siano i terreni più soggetti alle frane: ciò risulta assai per i detriti (coesione bassa), mentre le arenarie si presentano in Val Sabbia molto fessurate e stratificate come emerge dall'analisi condotta dal CNR e dalla Regione Lombardia (1996). Si deve quindi imputare a questa fragilità intrinseca l'estrema franosità di tale tipo di roccia.

L'indice di pericolosità delle frane P_F

Gli intervalli a cui si fa riferimento per l'analisi della pericolosità delle frane sono:

	ALTA	MEDIA	BASSA
INDICE DI PERICOLOSITA'	>2,235	0,745-2,235	<0,745

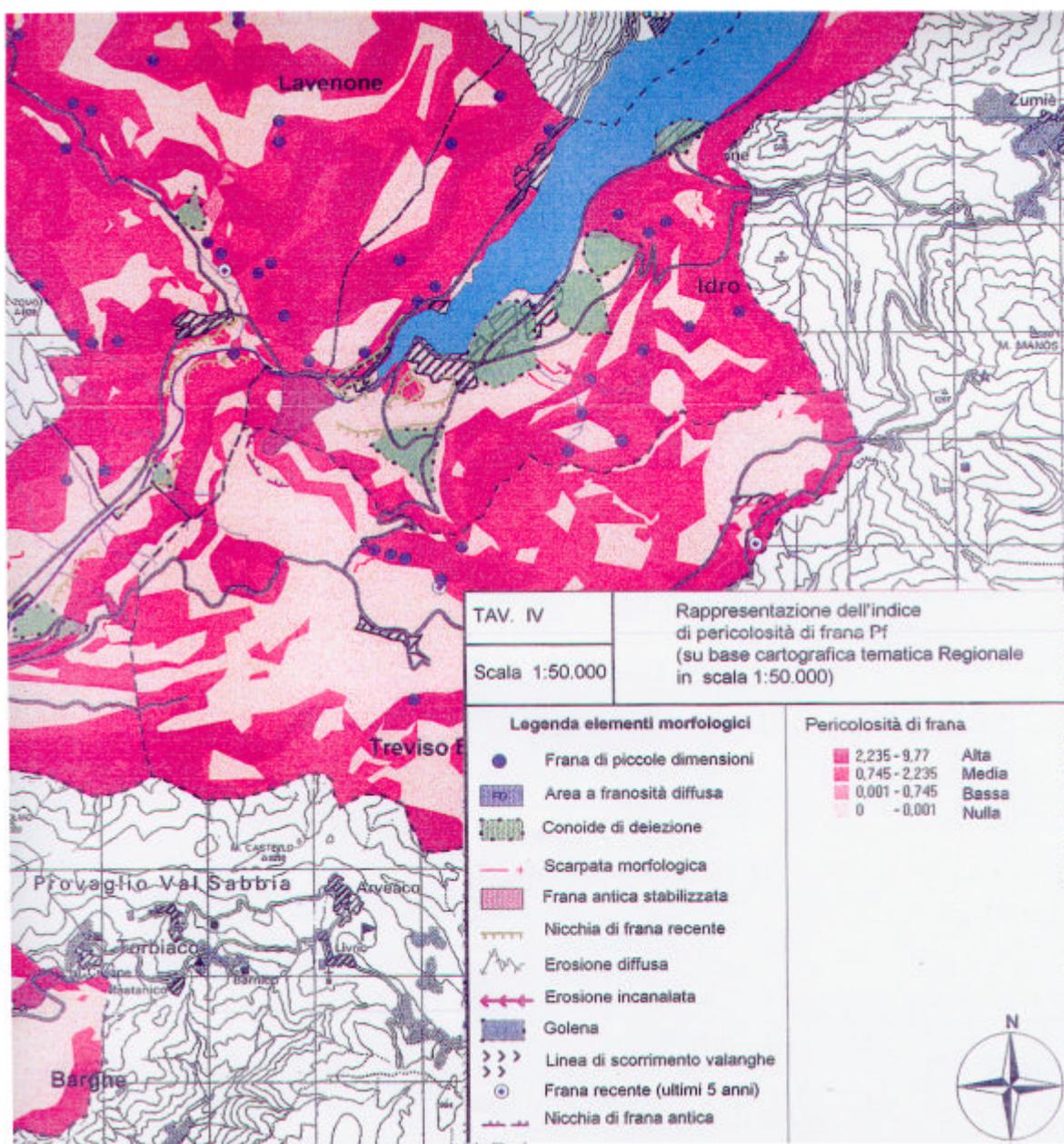


Figura 13.4 Estratto dalla tavola IV della rappresentazione dell'indice di pericolosità da frana (su base cartografia tematica regionale in scala 1:50.000)

La rappresentazione dell'indice permette di identificare numerose aree caratterizzate da un livello di rischio basso. Questo è da attribuire principalmente alle pendenze non eccessive in relazione al tipo di suolo. Si nota viceversa, una buona corrispondenza tra le zone a medio-alto rischio di frana e la rappresentazione puntuale degli eventi franosi passati. Nella maggior parte dei casi, sembrano manifestarsi proprio in corrispondenza di un cambiamento del livello di rischio, e quindi di una modificazione dei parametri che partecipano alla definizione del rischio.

Pericolosità delle valanghe

Analisi dei dati storici

Il fenomeno valanghivo non assume proporzioni rilevanti nel territorio caso di studio. Solo nella parte settentrionale del territorio comunale di Lavenone si segnalano occasionali valanghe le quali avvengono sempre lungo le stesse linee di discesa.

L'indice di pericolosità delle valanghe P_V

La metodologia evidenzia, come la carta morfologica, la zona a nord del territorio comunale di Lavenone, dove si raggiungono le altitudini maggiori. Si tratta comunque di un'area lontana sia dai centri abitati che dal sistema stradale, e quindi non di particolare rischio per il territorio.

I valori dell'indice di pericolosità sono raggruppati secondo gli intervalli della tabella:

	ALTA	MEDIA	BASSA
INDICE DI PERICOLOSITA'	>0,36	0,24-0,36	<0,24

Pericolosità delle alluvioni (Tavola V)*Analisi dei dati storici*

Nei comuni oggetto di studio, negli ultimi 70 anni si hanno notizie certe di 3 fenomeni alluvionali di una certa entità. A questi si devono aggiungere vari fenomeni di entità minore e spesso non rilevati, localizzati soprattutto in corrispondenza delle confluenze dei torrenti con il fiume Chiese nel territorio comunale di Vestone. Dal database delle piene costruito dal GNDCI in seno al progetto AVI (1994-1995), si sono estrapolati i dati riguardanti le piene più importanti verificatesi nell'ultimo secolo. Pur se temporalmente molto vicini temporalmente, i dati delle piene sono nella maggior parte dei casi non esaustivi del fenomeno ma danno solamente indicazioni sul tipo di fenomeno ed una stima delle aree interessate dall'evento.

Nella tabella seguente sono riportati il codice della piena usato nel Progetto AVI, la data, il comune interessato, la località presso cui si è manifestato il fenomeno:

Codice piena	Data	Comune	Località
1200225	27/5/81	Vestone	Paese di Vestone
1200226	19/6/60	Vestone	Paese di Vestone
1200245	4/8/34	Vestone	Paese di Vestone

Gli eventi hanno presentato caratteristiche comuni. Innanzitutto, è sempre stato colpito il centro abitato di Vestone, compresa la zona industriale. Le industrie, in alcuni casi sono addirittura rimaste ferme per alcuni mesi dopo l'accaduto, con gravi conseguenze per l'economia del paese. La linea dell'acquedotto è stata inquinata dalle acque percolate. La causa dell'alluvione è stata attribuita alla stretta sezione dei ponti del paese i quali sono stati ostruiti dai tronchi trasportati dal fiume. La portata che ha causato tutti questi danni è stata valutata circa 250 m³/s. Tutti gli eventi sono stati violenti ma non hanno provocato vittime.

L'indice di pericolosità delle alluvioni P_A

I valori assunti dall'indice di pericolosità, in questo caso sono:

	ALTA	MEDIA	BASSA
INDICE DI PERICOLOSITA'	>2,235	0,745-2,235	<0,745

L'analisi della carta di pericolosità, mette in evidenza a monte di Vestone, un'area caratterizzata da alti valore dell'indice. Questo implica tempi brevi di corrivazione, e un afflusso di acqua alla sezione di chiusura in tempi brevi. Vestone presenta delle caratteristiche particolari per quanto riguarda il Chiese. Nel tratto compreso tra i comuni di Lavenone e Vestone, il fiume non ha arginature artificiali ed è caratterizzato da una sezione poco profonda e da costruzioni in alveo. E' questa la zona dove confluisce l'acqua dei bacini ad alta pericolosità e dove si potrebbero creare le prime situazioni di rischio. In corrispondenza di Vestone, ci sono poi arginature artificiali, che rendono più veloce il flusso

di acqua, ponti, restringimenti e confluenze (la prima è quella con il torrente Degnone. E' questo il punto in cui, anche nel passato, si sono avute esondazioni causate dalla ostruzione della sezione del ponte dovuta al materiale trasportato dal Chiese. E' questa la zona che, dal punto di vista dell'alluvione, richiede maggiore attenzione e cura.

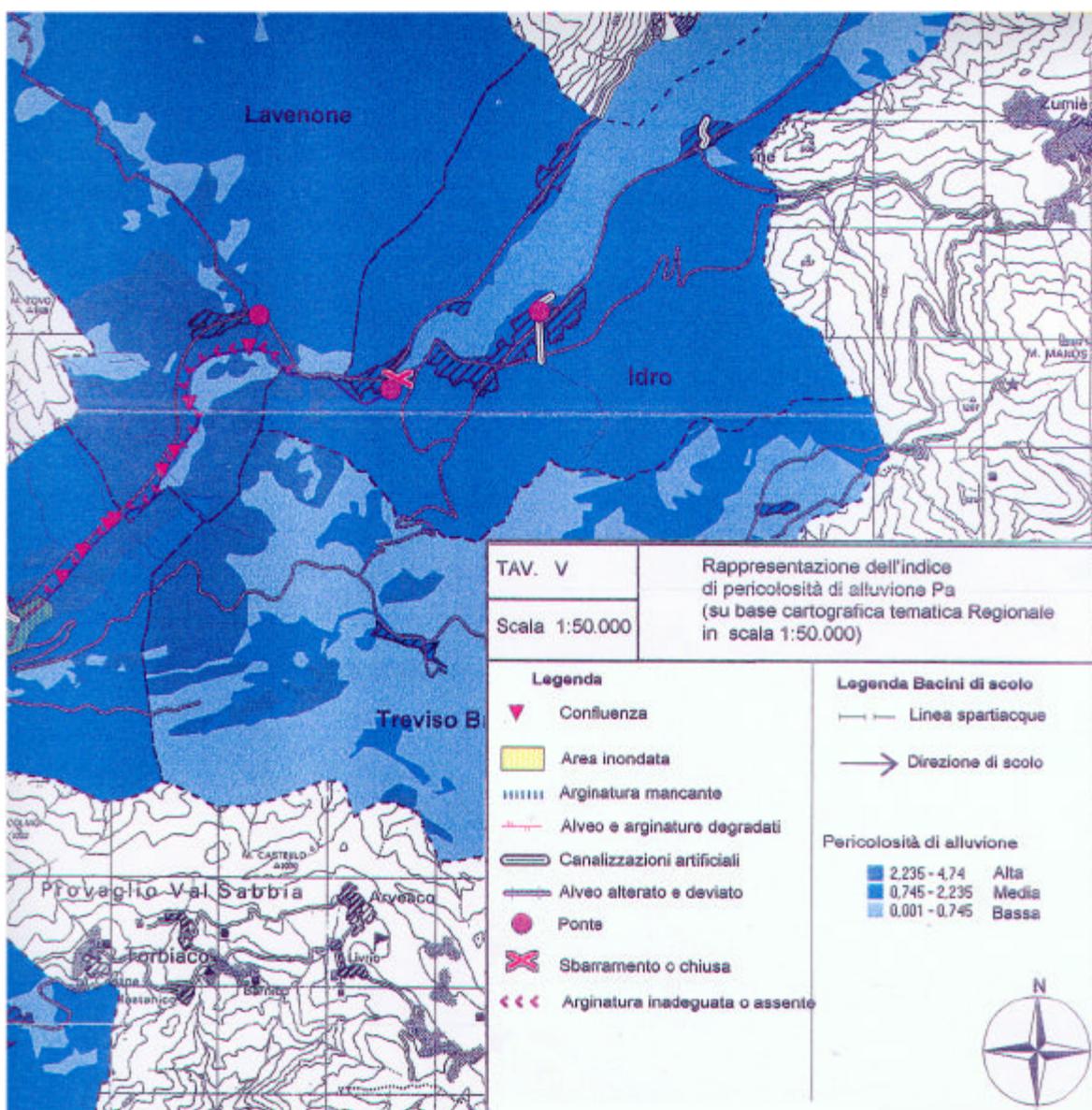


Figura 13.5 Estratto dalla tavola V della rappresentazione dell'indice di pericolosità di alluvione (su base cartografia tematica regionale in scala 1:50.000)

Pericolosità degli incendi boschivi (Tavola VI)

Analisi dei dati storici

I dati sugli incendi riguardanti la Val Sabbia sono cospicui e ragionevolmente attendibili. Sono infatti stati raccolti dal 1952 dall'apposita sezione del Corpo Forestale dello Stato, ma solo dal 1975 i dati sono stati raccolti in modo sistematico e codificato.

La base informativa è strutturata nel modo seguente:

- Data;
- Comune;
- Località;
- Totale ettari interessati dall'incendio;

- Ettari interessati dall'incendio a bosco;
- Ettari non a bosco;
- Coordinata EST in base al sistema UTM 1950;
- Coordinata NORD in base al sistema UTM 1950.

I dati riguardanti i cinque comuni interessati sono i seguenti:

DATA	COMUNE	LOCALITA'	Tot.inc.	Tot.Bosco	No Bosco	Coo. E °	Coo. N °
17/03/1987	Barghe	Dissinico	4,00	4,00	0,00	10.4039	45.6735
02/04/1965	Barghe	S.Gottardo	6,00	0,00	6,00	10.4094	45.6824
14/04/1970	Barghe	Lignere	15,00	15,00	0,00	10.4012	45.6824
06/01/1975	Vestone	Costa pirla	9,00	9,00	0,00	10.3862	45.6943
23/02/1953	Vestone	Belve	1,00	1,00	0,00	10.4142	45.7189
10/03/1973	Vestone	Le Fornaci	6,00	6,00	0,00	10.4135	45.7175
27/02/1975	Vestone	Roccolo	30,00	25,00	5,00	10.416	45.7197
24/03/1984	Vestone	Il Gruffo	5,00	4,00	1,00	10.4118	45.7195
18/03/1970	Vestone	Gargna	1,00	1,00	0,00	10.3946	45.7144
09/05/1995	Vestone	Piazze	0,00	0,00	0,00	10.3869	45.7071
15/03/1982	Treviso Bresciano	La Cocca	2,00	2,00	0,00	10.4491	45.718
23/12/1987	Treviso Bresciano	C.ma Cocchetti	2,00	0,00	2,00	10.4497	45.7108
08/03/1988	Treviso Bresciano	La Sesa	6,00	6,00	0,00	10.4445	45.7235
27/03/1988	Treviso Bresciano	D.so del Gallo	3,00	3,00	0,00	10.4414	45.7192
27/02/1992	Treviso Bresciano	D.so del Gallo	4,00	4,00	0,00	10.4402	45.7191
09/04/1981	Treviso Bresciano	Valle Grande	10,00	6,00	4,00	10.4511	45.7205
08/04/1981	Treviso Bresciano	D.so del Gallo	8,00	8,00	0,00	10.4635	45.7152
28/01/1989	Treviso Bresciano	F.li Rondaione	3,00	2,00	1,00	10.4642	45.7147
03/02/1993	Treviso Bresciano	Mad.na delle Pertiche	9,00	9,00	0,00	10.4589	45.7149
17/04/1997	Treviso Bresciano	M.te Porace	100,00	100,00	0,00	10.4653	45.7202
04/07/1952	Treviso Bresciano	Valle Grande	1,00	1,00	0,00	10.4617	45.7163
07/02/1993	Treviso Bresciano	Creas	14,00	14,00	0,00	10.4518	45.7096
29/08/1958	Idro	Cocca d'idro	0,00	0,00	0,00	10.4924	45.7428
21/02/1959	Idro	F.li Coste	3,00	1,00	2,00	10.4875	45.7316
22/03/1961	Idro	F.li Ravausso	1,00	0,00	1,00	10.4892	45.7321
20/03/1974	Idro	Vantone	16,00	16,00	0,00	10.4961	45.7434
14/08/1991	Idro	M. Croce di Perle	6,00	5,00	1,00	10.4949	45.7488
27/12/1991	Idro	Cocca d'Idro	40,00	35,00	5,00	10.4923	45.7502
25/02/1971	Idro	F.li Ballottello	3,00	3,00	0,00	10.5109	45.7572
03/08/1993	Idro	Cocca d'Idro	0,00	0,00	0,00	10.4811	45.7554
18/03/1970	Idro	Tre Capitelli	4,00	4,00	0,00	10.475	45.7538
19/02/1974	Idro	Lazzano	5,00	5,00	0,00	10.4732	45.753
12/12/1977	Idro	Costa della pieve	7,00	6,00	1,00	10.4698	45.7523
25/03/1978	Idro	Costa della pieve	22,00	20,00	2,00	10.4712	45.7527
27/03/1993	Idro	Tre Capitelli	0,00	0,00	0,00	10.477	45.7585
31/12/1969	Idro	Coste d. Pieve	4,00	4,00	0,00	10.4582	45.7372
19/04/1970	Idro	V.di Piombino	4,00	4,00	0,00	10.541	45.7762
15/12/1973	Idro	F.le Marteni	80,00	60,00	20,00	10.5296	45.7785
25/04/1975	Idro	Il Vallone	154,00	140,00	14,00	10.5292	45.778
25/04/1984	Idro	Parole	148,00	62,00	86,00	10.5288	45.7742
01/04/1973	Idro	V. di Piombino	300,00	300,00	0,00	10.5295	45.7743
30/01/1993	Idro	V. Sassa	50,00	30,00	20,00	10.5276	45.774
01/12/1973	Lavenone	Cascina Vecchia	10,00	3,00	7,00	10.426	45.7642
10/01/1976	Lavenone	Le Pertiche	8,00	4,00	4,00	10.418	45.7646
30/03/1995	Lavenone	I Monti	20,00	20,00	0,00	10.4301	45.7645
28/02/1959	Lavenone	Dosso falcone	18,00	6,00	12,00	10.413	45.7558
14/12/1967	Lavenone	Grazole	5,00	5,00	0,00	10.4146	45.7583
30/04/1970	Lavenone	C.na Traversagna	15,00	15,00	0,00	10.4299	45.7601
26/02/1971	Lavenone	Ranze	3,00	3,00	0,00	10.4114	45.7549
01/11/1971	Lavenone	Canale delle Vene	10,00	10,00	0,00	10.4102	45.7544
29/11/1973	Lavenone	Castello	11,00	7,00	4,00	10.42	45.76

continua

segue

DATA	COMUNE	LOCALITA'	Tot.inc.	Tot.Bosco	No Bosco	Coo. E °	Coo. N °
24/04/1980	Lavenone	Bisenzio	10,00	10,00	0,00	10.4326	45.759
25/01/1989	Lavenone	Le Pertiche	50,00	25,00	25,00	10.4071	45.7603
12/01/1995	Lavenone	Le pertiche	3,00	3,00	0,00	10.4125	45.7595
22/03/1953	Lavenone	Valle di Paio	50,00	36,00	14,00	10.4446	45.7574
14/05/1982	Lavenone	C.ma Val Scura	6,00	1,00	5,00	10.4492	45.7598
31/01/1959	Lavenone	Squassaiotto	18,00	4,00	14,00	10.4282	45.7523
12/02/1959	Lavenone	Claone	1,00	1,00	0,00	10.4217	45.7511
12/05/1958	Lavenone	Canale Ponticello	45,00	45,00	0,00	10.4507	45.755
28/03/1973	Lavenone	Maer	12,00	12,00	0,00	10.4547	45.7649
09/11/1952	Lavenone	Corna Zeno	15,00	0,00	15,00	10.4615	45.7677
14/03/1997	Lavenone	Squassaiotto	535,00	375,00	160,00	10.4584	45.7663
02/03/1980	Lavenone	Poline	2,00	0,00	2,00	10.4356	45.7622
17/03/1987	Lavenone	Claone	3,00	3,00	0,00	10.4523	45.7633
28/01/1986	Lavenone	Castegnaro	5,00	5,00	0,00	10.4445	45.7631
24/01/1981	Lavenone	I Monti	35,00	13,00	22,00	10.4458	45.7648
06/04/1993	Lavenone	P.so di Costa Verde	3,00	2,00	1,00	10.4684	45.767
12/02/1989	Lavenone	Agro	1,00	1,00	0,00	10.4406	45.7706
28/02/1990	Lavenone	Agro	1,00	0,00	1,00	10.4392	45.7715
04/03/1973	Lavenone	Dosso delle ore	100,00	45,00	55,00	10.4664	45.7606
25/01/1989	Lavenone	Valle di Canale	1,00	1,00	0,00	10.442	45.7603
29/01/1959	Lavenone	Dosso delle ore	0,15	0,00	0,15	10.4326	45.7546
14/04/1995	Lavenone	Valle di Canale	3,00	2,00	1,00	10.4575	45.77

Tabella 13.7 Informazioni relative agli incendi per l'area oggetto di studio
Fonte: Corpo Forestale dello Stato

Analizzando i dati, emerge immediatamente la distribuzione temporale degli incendi: per oltre il 54% dei casi avvengono nei mesi di Gennaio, Febbraio e Marzo, mentre nei mesi più caldi e tradizionalmente soggetti ad incendi quali Luglio, Agosto e Settembre incidono solo per il 5,41% sul totale; un ulteriore 18,92% avviene tra Ottobre e Dicembre.

Ciò è da attribuire all'azione dell'uomo, potendo escludere l'esistenza di incendi naturali, cioè incendi che si innescano per processi naturali. L'origine degli incendi, quindi, se escludiamo le cause accidentali, è da attribuire principalmente alla pratica del "brucia e coltiva" utilizzato specialmente in zone montuose per creare nuovi pascoli e malghe molto ricchi di foraggio. Infatti è proprio questa pratica che vede bruciare in inverno per raccogliere i frutti in estate che va debellata per assicurare una minore pericolosità alle zone boscate. Tutte queste indicazioni già forniscono importanti spunti per una azione preventiva nei confronti degli incendi. I dati forniti dal CFS non consentono però di individuare per l'area di competenza le specie arboree che sono maggiormente coinvolte dall'incendio: ci sono state fornite infatti solo le superfici bruciate totali e quelle coperte a bosco (la difficoltà di reperire carte di uso del suolo redatte a intervalli di tempo non eccessivamente lunghi non consente una interrogazione attendibile). L'intersezione però con altre tavole (acclività, esposizione) permette di avere altre indicazioni: gli incendi si sono sviluppati prevalentemente tra i 300 e i 1.000 metri di altitudine, con la sola eccezione di Lavenone (è l'unico comune che si spinge verso altezze maggiori), sui versanti esposti a sud.

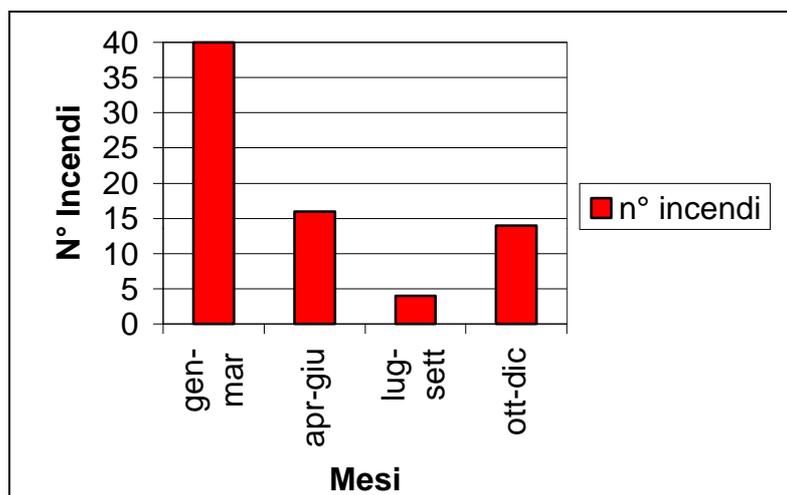


Figura 13.6 Distribuzione temporale degli incendi nell'area in studio
Elaborazione dei dati forniti dal Corpo Forestale dello Stato

L'indice di pericolosità degli incendi P_i

I valori degli intervalli dell'indice di pericolosità sono rappresentati in tabella:

	ALTA	MEDIA	BASSA
INDICE DI PERICOLOSITA'	>1,17	0,39-1,17	<0,39

Le aree caratterizzate da bassa pericolosità rispetto all'incendio (valori dell'indice minori di 0,38) sono abbastanza ridotte se confrontate con l'estensione delle aree a media e alta pericolosità, soprattutto nei comuni di Vestone e Lavenone. Il confronto con gli eventi passati mostra una buona corrispondenza con le aree a medio-alto livello di rischio, soprattutto nel territorio di Lavenone e intorno all'abitato di Vesta, nel comune di Idro. E' da rilevare anche, che dal confronto con i dati forniti dal Corpo Forestale relativamente al tipo di vegetazione bruciata, spesso evidenzia un cambiamento di uso del suolo (la carta di uso del suolo si riferisce ai voli realizzati nel 1980-83).

Da rilevare ancora, che i centri abitati, con la sola eccezione del centro principale del comune di Idro, si trovano al centro di aree mediamente pericolose. In modo particolare, l'abitato di Vestone presenta a nord un'area ad alta pericolosità, dove, soprattutto in passato, si sono sviluppati alcuni incendi anche vicino alla zona edificata. Questo è probabilmente da attribuire alla presenza di zone coltivate e quindi alla pratica abbastanza diffusa del bruciare per poi coltivare la stessa area.

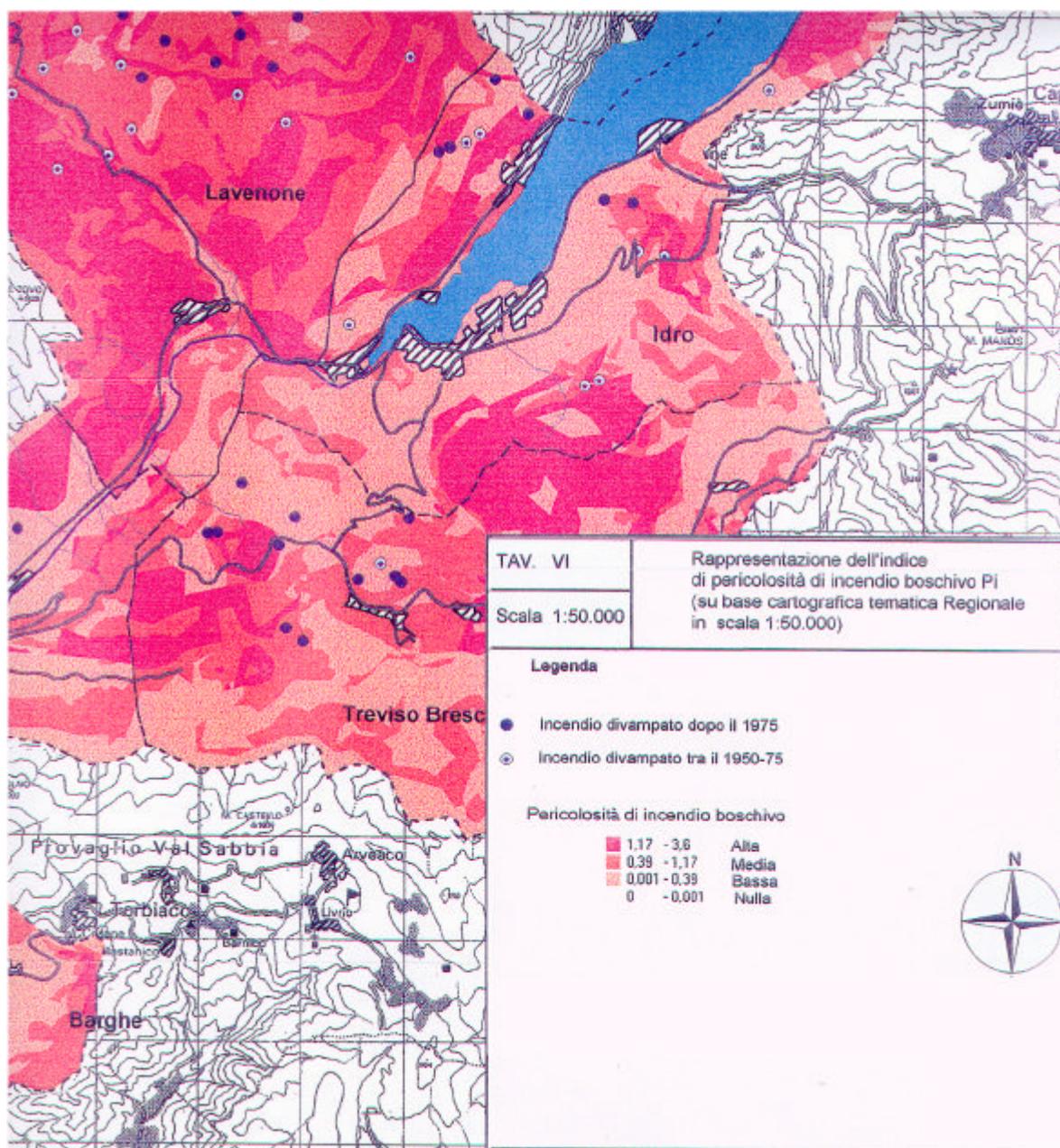


Figura 13.7 Estratto dalla tavola VI della rappresentazione dell'indice di pericolosità di incendio boschivo (su base cartografia tematica regionale in scala 1:50.000)

Pericolosità sismica

Analisi dei dati storici

Dei cinque comuni oggetto di indagine, solo tre rientrano nell'elenco dei comuni riconosciuti sismici dalla normativa, appartenendo alla seconda categoria ($S = 9$): Vestone, Barghe, Treviso Bresciano.

Il *Catalogo dei terremoti italiani*, edito dal CNR nel 1985, fornisce delle indicazioni circa gli eventi sismici con epicentro nel bresciano, riportando l'intensità e la magnitudo. Si limita l'esposizione ai terremoti con epicentro nei comuni della Valle Sabbia.

Si tratta di eventi sismici che non hanno mai raggiunto elevate intensità, e che, fatta eccezione per Gavardo, avevano l'epicentro in territori comunali che oggi non sono riconosciuti come sismici.

Anno	Mese	Giorno	Lat.	Lon.	I	M	Epicentro
1857	1	31	45°45'	10°28'	V	3.6	Idro
1857	2	1	45°45'	10°28'	VII	4.7	Idro
1900	3	11	45°50'	10°29'	V/VI	3.9	Bagolino
1901	11	8	45°36'	10°25'	IV/V	3.3	Gavardo
1905	12	6	45°50'	10°28'	IV/V	3.3	Bagolino
1909	6	3	45°42'	10°34'	V	3.6	Idro
1970	4	19	45°39'	10°27'	VI	4.1	Gavardo

Tabella 13.8 *Eventi sismici inclusi nel catalogo del CNR con epicentro in Valle Sabbia*
Fonte: *Il rischio sismico nel bresciano, 1989*

L'indice di pericolosità dei terremoti P_s

Come già sottolineato, la pericolosità sismica è stata intesa come fenomeno che potrebbe aumentare la probabilità di accadimento di altri fenomeni, come quello franoso (l'accelerazione indotta dal sisma aumenta le forze di trazione sul terreno) o in relazione all'alluvione (la caduta di ponti, oltre che del versante, potrebbe restringere o sbarrare il corso di fiumi e torrenti). Le zone che, in caso di terremoto, potrebbero vedere aumentata la pericolosità di questi eventi, sono localizzate proprio nei comuni di Vestone, nelle vicinanze del centro abitato, a Barghe e a Treviso Bresciano.

I valori assunti dall'indice di pericolosità sono:

	ALTA	MEDIA	BASSA
INDICE DI PERICOLOSITA'	>3,03	1,01-3,03	<1,01

13.2.2 La valutazione dell'esposizione

Il calcolo dell'esposizione viene fatto individuando innanzitutto le tre destinazioni d'uso del territorio (insediamenti residenziali e industriali, extraurbano e sistema stradale) e procedendo poi alla rappresentazione cartografica per i cinque comuni analizzati.

Insediamenti residenziali e industriali

Nel seguito viene illustrato il procedimento seguito per il calcolo dei coefficienti che partecipano alla determinazione del valore dell'esposizione.

- Indice E_c : nella tabella 13.9 è indicato il valore della quantità E_p come definita nel capitolo 10. Per i dati di popolazione residente e numero di addetti si è fatto riferimento al Censimento della popolazione e delle abitazioni, per l'anno 1991, e al Censimento dell'industria e del commercio, entrambi realizzati dall'ISTAT.

COMUNE	POPOLAZIONE	ADDETTI	INDICE E_p
Barghe	1.077	328	627,6
Idro	1.421	479	855,8
Lavenone	648	270	421,2
Treviso Bresciano	562	157	319,0
Vestone	4.131	2.946	3.420

Tabella 13.9 *Determinazione del valore del parametro E_p*

In funzione di E_p si ricava il valore dell'indice E_c :

COMUNE	INDICE E_c
Barghe	1
Idro	1
Lavenone	1
Treviso Bresciano	1
Vestone	4

Tabella 13.10 *Determinazione del valore dell'indice E_c*

- **Indice S:** è necessario procedere ad una semplificazione del sistema viario. Facendo riferimento alla tavola di base “Tavola delle strade e delle infrastrutture” per l’area in esame, si può compilare la tabella che segue, necessaria alla determinazione del valore dell’indice S:

COMUNE	F_{max}	n	S
Barghe	1.4	4	2.10
Idro	1.4	5	2.24
Lavenone	1.4	3	1.87
Treviso Bresciano	0.8	3	1.07
Vestone	1.4	7	2.40

Tabella 13.11 Determinazione del valore dell’indice S

- **Indice E_i :** per ogni centro abitato è stato determinato il numero dei servizi presenti, facendo riferimento all’elenco proposto nel capitolo 10. Queste informazioni sono state fornite dalla Comunità Montana di Valle Sabbia, e integrate con le informazioni ottenute da sopralluoghi.

Di seguito è fornita la tabella dei valori assunti dall’indice E_i .

COMUNE	SCUOLE	ALBERGHI + CAMPEGGI	OSPEDALI+ CASE DI RIPOSO	CINEMA E TEATRI	PALESTRE STADI
Barghe	2	0 + 0	0 + 0	1	0
Idro	6	5 + 6	0 + 0	2	2
Lavenone	0	0 + 0	0 + 0	1	0
Treviso Bs	2	0 + 0	0 + 0	1	0
Vestone	5	1 + 0	0 + 1	2	3

Tabella 13.12 Distribuzione delle strutture pubbliche e di aggregazione

COMUNE	n	INDICE E_i
Barghe	3	1,03
Idro	21	1,21
Lavenone	1	1,01
Treviso Bresciano	3	1,03
Vestone	12	1,12

Tabella 13.13 Determinazione del valore dell’indice E_i

- **Indice E_R :** per determinare il numero delle rilevanze architettoniche e ambientali vincolate dalle leggi 1497/39, 1089/39, 431/85, si è fatto riferimento alla “Carta del sistema dei vincoli vigenti” per la provincia di Brescia (in particolare alla Relazione esplicativa pubblicata nel 1988).

Gli elementi vincolati dalla legge 1089/39 sono riportati nella tabella che segue.

COMUNE	ELEMENTO VINCOLATO
Barghe	Chiesa parrocchiale
Idro	Località Castellantico (resti di abitato di età romana) Antica pieve di S. Maria ad Undas
Lavenone	Chiesa parrocchiale Località Presegno (chiesetta di San Lorenzo)
Treviso Bresciano	Chiesa parrocchiale di San Bartolomeo Apostolo
Vestone	Santuario Chiesa di S. Stefano a Nozza Antica rocca a Nozza Chiesa di S. Lorenzo Chiesa parrocchiale

Tabella 13.14 Elementi vincolati dalla legge 1089/39

Fonte: Carta del sistema dei vincoli vigenti, Provincia di Brescia, 1988

Gli elementi vincolati dalla legge 1497/39 sono:

COMUNE	VINCOLO
Barghe	-
Idro	Zona rivierasca Sponda orientale e occidentale del lago Località Castellantico (collina)
Lavenone	-
Treviso Bresciano	-
Vestone	-

Tabella 13.15 *Elementi vincolati dalla legge 1497/39*
Fonte: Carta del sistema dei vincoli vigenti, Provincia di Brescia, 1988

Tenendo conto di questi elementi, l'indice E_R per l'area in esame assume i valori calcolati in tabella 13.16.

COMUNE	n	INDICE E_R
Barghe	1	1,01
Idro	6	1,06
Lavenone	2	1,02
Treviso Bresciano	1	1,01
Vestone	4	1,04

Tabella 13.16 *Determinazione del valore dell'indice E_R*

Infine, il valore dell'esposizione per i centri abitati analizzati, utilizzando l'espressione precedentemente illustrata, sarà:

COMUNE	ESPOSIZIONE
Barghe	2,18
Idro	2,87
Lavenone	1,93
Treviso Bresciano	1,11
Vestone	11,18

Tabella 13.17 *Valore dell'esposizione dei centri residenziali e industriali per l'area in esame*

Si individuano così le aree più esposte. Risultano essere massimamente esposte le zone caratterizzate da un valore dell'esposizione maggiore di 5,78 (in questo caso, solo il comune di Vestone). Mediamente esposte solo le aree che presentano valori compresi tra 1,93 e 5,78 (in questo caso, Lavenone, Idro e Barghe). Poco esposto risulta invece il comune di Treviso Bresciano.

Area extraurbana

L'esposizione dell'area extraurbana viene quantificata facendo riferimento al tipo di coltivazione agricola svolta e alla presenza di zone protette. Si procede al calcolo di ciascuno degli indici che concorrono alla valutazione di questa variabile.

- Indice G: per la valutazione del grado di coltivazione si è fatto riferimento alla tavola di uso e copertura del suolo e alla relativa tabella. Per ciascun territorio comunale sono state determinate la superficie coltivata e l'estensione del territorio extraurbano. Ricordando che per superficie coltivata si intende:

$$S_{coltivata} = S_{totale} - S_{incolto} - S_{prato\ e\ pascolo} - S_{sterile}$$

i valori complessivi e quelli dell'indice G sono forniti in Tabella 13.18.

COMUNE	S _{TOTALE} (ha)	S _{COLTIVATA} (ha)	INDICE G
Barghe	557	406	0.73
Idro	1613	1382	0.86
Lavenone	3174	2173	0.68
Treviso Bresciano	1769	1222	0.69
Vestone	1187	949	0.80

Tabella 13.18 Determinazione del valore dell'indice G

- **Indice U:** è stato determinato facendo riferimento alla tavola di uso del suolo ed attribuendo a ciascuna copertura i valori dell'indice U come definiti nella Tabella 10.6

Di seguito vengono riportati i valori attribuiti a ciascuna area:

USO DEL SUOLO	INDICE U
Area sterile	0
Incolto	0
Latifoglie a ceduo	0.6
Latifoglie a riposo invernale	0.6
Latifoglie ad alto fusto	0.6
Latifoglie sempreverdi	0.6
Legnose agrarie	0.4
Legnose sempreverdi	0.6
Prato e pascolo	0
Resinose	0.6
Seminativo	0.4

Tabella 13.19 Determinazione del valore dell'indice U

- **Indice R:** da una analisi del territorio, è emerso che non compaiono aree protette (parchi o riserve). L'indice R assume quindi valore unitario per tutta l'area in esame.

Il valore complessivo dell'esposizione è fornito dal prodotto dei tre indici G, U e R.

Sistema stradale

L'esposizione delle strade viene calcolata facendo riferimento ai flussi di persone come risulta dalle elaborazioni dell'ISTAT dei dati del Censimento della popolazione e delle abitazioni (1991). Nella tabella che segue vengono riportati i valori degli indici necessari al calcolo dell'esposizione per ogni ramo stradale, e il valore dell'esposizione stessa. Per lo schema del sistema stradale si fa riferimento alla figura 13.9.

Nodo partenza	Nodo arrivo	Flusso [persone/giorno]	Fmed	F*	Fmax	Esposizione
Barghe	Incr. Nozza	1416	410	3,453659	1,4	4,83512195
Vestone	Incr. Nozza	1310	410	3,195122	1,4	4,47317073
Sabbio Chiese	Vobarno	1193	410	2,909756	1,4	4,07365854
Roè Volciano	Vobarno	1121	410	2,734146	1,4	3,82780488
Gavardo	Villanuova	987	410	2,407317	1,4	3,3702439
Villanuova	Incr. Tormini	944	410	2,302439	1,4	3,22341463
Roè Volciano	Incr. Tormini	937	410	2,285366	1,4	3,1995122
Barghe	Sabbio Chiese	912	410	2,22439	1,4	3,11414634
Odolo	Incr. Odolo	847	410	2,065854	1,4	2,89219512
Lavenone	Vestone	762	410	1,858537	1,4	2,60195122
Preseglie	Incr. odolo	710	410	1,731707	1,4	2,42439024
Lavenone	Incr. Pieve Idro	664	410	1,619512	1,4	2,26731707
Sabbio Chiese	Incr. Odolo	592	410	1,443902	1,4	2,02146341
Barghe	Preseglie	578	410	1,409756	1,4	1,97365854
Casto	Incr. Nozza	517	410	1,260976	0,8	1,00878049
Anfo	Incr. Pieve Idro	415	410	1,012195	1,4	1,41707317
Anfo	Incr. S. Antonio	368	410	0,897561	0,8	0,71804878
Bagolino	Incr. S. Antonio	368	410	0,897561	0,8	0,71804878
Idro	Incr. Pieve Idro	348	410	0,84878	0,8	0,67902439
Agnosine	Incr. Odolo	334	410	0,814634	0,8	0,65170732
Gavardo	Paitone	318	410	0,77561	0,8	0,6204878
Agnosine	Bione	285	410	0,695122	0,8	0,55609756
Pertica Bassa	Vestone	265	410	0,646341	0,8	0,51707317
Odolo	Incr. Agnosine	250	410	0,609756	0,8	0,48780488
Barghe	Provaglio	243	410	0,592683	0,8	0,47414634
Gavardo	Vallio Terme	240	410	0,585366	0,8	0,46829268
Agnosine	Incr. Agnosine	189	410	0,460976	0,8	0,36878049
Casto	Mura	189	410	0,460976	0,8	0,36878049
Vallio Terme	Incr. S. Eusebio	166	410	0,404878	0,8	0,32390244
Incr. S. Eusebio	Incr. Agnosine	166	410	0,404878	0,8	0,32390244
Treviso Bresciano	Incr. Treviso	159	410	0,387805	0,8	0,3102439
Paitone	Incr. Nuvolento	155	410	0,378049	0,8	0,30243902
Serle	Incr. Nuvolento	155	410	0,378049	0,8	0,30243902
Vestone	Incr. Treviso	122	410	0,297561	0,8	0,23804878
Pertica Alta	Incr. Nozza	49	410	0,119512	0,8	0,09560976
Pertica Alta	Pertica Bassa	43	410	0,104878	0,8	0,08390244
Idro	Incr. Treviso	38	410	0,092683	0,8	0,07414634
Capovalle	Idro	36	410	0,087805	0,8	0,0702439
Mura	Pertica Alta	18	410	0,043902	0,8	0,03512195
Capovalle	Incr. Fobbia	10	410	0,02439	0,8	0,0195122
Vobarno	Incr. Fobbia	8	410	0,019512	0,8	0,01560976
Capovalle	Gargnano	7	410	0,017073	0,8	0,01365854
Salò	Gargnano	7	410	0,017073	0,8	0,01365854
Salò	Incr. Tormini	7	410	0,017073	0,8	0,01365854
Treviso Bresciano	Incr. Fobbia	2	410	0,004878	0,8	0,00390244

Tabella 13.20 Valutazione dell'esposizione delle strade della Valle Sabbia

13.2.3 La valutazione della vulnerabilità

Si procede innanzitutto individuando le aree ad uso residenziale e industriale, la aree extraurbane e la rete stradale con le relative fasce di rispetto. Per ciascuna viene poi determinato il valore della vulnerabilità secondo le espressioni proposte nel capitolo 11.

Insedimenti residenziali e industriali (Tavola VII)

Gli elementi che devono essere valutati sono gli edifici, che compaiono nella definizione di tre indici, le strade di accesso al centro abitato e la popolazione. Per quanto riguarda gli edifici, si è cercato di individuare nel centro abitato delle zone che avessero le stesse caratteristiche edilizie, mettendo in evidenza i nuclei storici, le zone di nuova espansione e le aree industriali. A ciascuna è stato attribuito il valore opportuno del relativo indice.

- Indice S: tiene conto del tipo di struttura edilizia, distinguendo tra cemento armato, muratura armata e strutture in pietrame. Le informazioni sono state reperite per mezzo di sopralluoghi che hanno permesso di integrare le informazioni disponibili per mezzo del Censimento generale della popolazione e delle abitazioni realizzato dall'ISTAT.
- Indice N: tiene conto dell'altezza degli edifici. Il sopralluogo ha permesso di verificare che gli edifici non superano quasi mai i tre piani (nella maggior parte dei casi si hanno due piani fuori terra). Quindi, mediamente si può attribuire a tutti i centri abitati considerati un valore pari a 1,1 per l'indice N.
- Indice E: tiene conto dell'età degli edifici. Si è fatto riferimento ai dati forniti dall'ISTAT nel Censimento generale della popolazione e delle abitazioni.
- Indice 1/n: tiene conto del numero di strade che permettono di allontanarsi dal centro abitato in caso di necessità. Per ogni centro abitato, considerato nel suo insieme, sono state evidenziate le strade di accesso ed è stato attribuito il valore dell'indice 1/n.

Nella tabella finale sono riassunti i valori degli indici e la valutazione della vulnerabilità per i centri abitati, mettendo in evidenza, per ciascun comune, le sottozone come definite in precedenza.

ID	COMUNE	FRAZIONE	USO	S	N	E	1/n	V
1	Barghe	Barghe	Centro storico	1,20	1,10	1,40	0,25	0,462
2		Barghe	misto residenziale e ind.	1,10	1,10	1,10	0,25	0,333
3	Vestone	Vestone	misto residenziale ed ind.	1,10	1,10	1,10	0,14	0,186
4		Vestone	espansione residenziale	1,00	1,10	1,00	0,14	0,154
5		Vestone	Industriale	1,00	1,10	1,00	0,14	0,154
6		Vestone	residenziale	1,00	1,10	1,00	0,14	0,154
7		Vestone	industriale	1,00	1,10	1,40	0,14	0,216
8		Vestone	Centro storico	1,20	1,10	1,00	0,14	0,185
10		Vestone	Residenziale	1,00	1,10	1,20	0,14	0,185
11		Vestone	misto residenziale ind.	1,10	1,10	1,00	0,14	0,169
12		Vestone	industriale	1,00	1,10	1,20	0,14	0,185
13	Treviso	Trebbio	misto residenziale e ind	1,10	1,10	1,10	0,50	0,665
15	Bresciano	Vico	misto residenziale e ind	1,10	1,10	1,00	0,50	0,605
16		case sparse	residenziale	1,00	1,10	1,40	0,50	0,770
20	Lavenone	Lavenone	Centro storico	1,20	1,10	1,20	0,33	0,523
21		Lavenone	misto residenziale e ind.	1,10	1,10	1,10	0,33	0,439
30	Idro	Pieve Vecchia	centro storico	1,20	1,10	1,40	0,33	0,610
40		Idro	residenziale a bassa densità	1,00	1,10	1,00	0,33	0,363
43		Idro	Residenziale ad alta densità	1,00	1,10	1,00	0,33	0,363
44		Idro	residenziale a bassa densità	1,00	1,10	1,00	0,33	0,363
46		Crone	residenziale a bassa densità	1,00	1,10	1,00	0,33	0,363
47		Crone	residenziale ad alta densità	1,00	1,10	1,00	0,33	0,363
48		Crone	residenziale misto ind.	1,10	1,10	1,20	0,33	0,479
50		Campeggio	Campeggi e villaggi turistici	1,00	1,10	1,00	0,50	0,550
51		Lazzano	residenziale ad alta densità	1,00	1,10	1,00	0,50	0,550

55		Vantone	residenziale ad alta densità	1,00	1,10	1,00	0,50	0,550
60		Vesta	residenziale misto ind.	1,10	1,10	1,20	0,50	0,726

Tabella 13.21 Determinazione del valore della vulnerabilità dei centri abitati

In conclusione, i centri abitati che risultano essere maggiormente vulnerabili sono Treviso Bresciano e alcune parti di Idro. Il valore medio della vulnerabilità è $V_m = 0,395$

Sono aree ad alta vulnerabilità quelle caratterizzate da valori dell'indice V maggiori di 0,5925. Sono mediamente vulnerabili le zone che presentano valori di V compresi tra 0,1975 e 0,5925. Emerge che, fatta eccezione per il centro abitato di Vestone, gli altri insediamenti risultano essere caratterizzati da un valore medio-alto della vulnerabilità, con i massimi in corrispondenza di Treviso Bresciano e della frazione di Vesta nel centro di Idro.



Figura 13.8 Estratto dalla tavola VII della rappresentazione dell'indice di vulnerabilità dei centri abitati (su base cartografia tematica regionale in scala 1:50.000)

Area extraurbana

Come spiegato nel relativo capitolo, non si procede al calcolo della vulnerabilità dell'extraurbano in quanto la si ritiene già compresa nella valutazione dell'esposizione.

Sistema stradale

La valutazione della vulnerabilità del sistema stradale si compone di due parametri.

- **Indice A:** si devono valutare le alternative di percorso a ciascun ramo stradale nell'ipotesi che quel ramo possa essere interrotto da un qualche evento. Si deve procedere alla schematizzazione del sistema stradale evidenziando i nodi di ciascun ramo. Non tutte le alternative sono accettabili, in quanto si suppone che i due nodi di estremità del ramo interrotto devono essere collegati da un tragitto che al massimo attraversa altri tre nodi.
- **Indice e:** si è assunto il valore di questo indice pari a 0,5 per valutare la vulnerabilità rispetto al rischio di frana, alluvione e sisma, in quanto indagini in luogo hanno permesso di evidenziare la presenza costante di opere di attraversamento (ponti), scarpate, torrenti, e spesso il Chiese stesso, al fianco della sede stradale.

Per le strade dei territori comunali in studio, si sono ottenuti i seguenti valori di vulnerabilità:

Nodo partenza	Nodo arrivo	Alternative	A	e	V _{inc-val}	V _{fra-all-sis}
Barghe	Incr. Nozza	0	1,00	0,5	1,00	1,50
Vestone	Incr. Nozza	1	0,75	0,5	0,75	1,25
Barghe	Sabbio Chiese	1	0,75	0,5	0,75	1,25
Lavenone	Vestone	1	0,75	0,5	0,75	1,25
Lavenone	Incr. Pieve Idro	1	0,75	0,5	0,75	1,25
Barghe	Preseglie	1	0,75	0,5	0,75	1,25
Casto	Incr. Nozza	1	0,75	0,5	0,75	1,25
Idro	Incr. Pieve Idro	0	1,00	0,5	1,00	1,50
Pertica Bassa	Vestone	1	0,75	0,5	0,75	1,25
Barghe	Provaglio	0	1,00	0,5	1,00	1,50
Vestone	Incr. Treviso	0	1,00	0,5	1,00	1,50
Pertica Alta	Incr. Nozza	2	0,50	0,5	0,50	1,00
Idro	Incr. Treviso	0	1,00	0,5	1,00	1,50
Capovalle	Idro	1	0,75	0,5	0,75	1,25
Treviso Bresciano	Incr. Fobbia	0	1,00	0,5	1,00	1,50

Tabella 13.22 Determinazione della vulnerabilità dei rami stradali, limitatamente all'area in studio

Tra i rami stradali maggiormente vulnerabili, particolare attenzione deve essere prestata al collegamento tra Barghe e l'incrocio di Nozza: non ci sono infatti alternative, se non percorrendo un lungo tragitto che attraversa numerosi altri centri abitati.

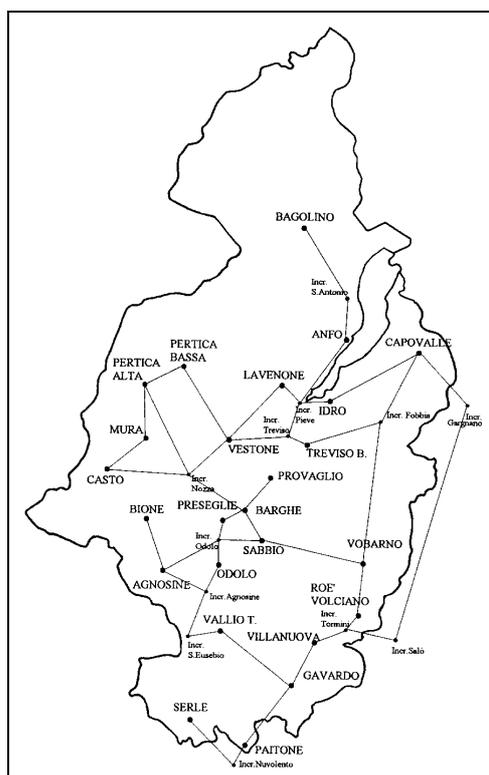


Figura 13.9 Schematizzazione del sistema stradale principale della Valle Sabbia. (Tiboni, 1995)

13.2.4 La valutazione del rischio

La valutazione del rischio viene fatta individuando le tre destinazioni d'uso del territorio già evidenziate per le precedenti parametrizzazioni, mettendo in evidenza per ciascuna le zone ad alto, medio e basso rischio, e dando alla fine delle indicazioni per la riduzione del rischio.

Gli interventi vanno pianificati non solo guardando al valore dell'indice di rischio, ma confrontando ogni volta l'esposizione, la vulnerabilità e la pericolosità per decidere su quale variabile è preferibile intervenire.

L'indice di rischio per i centri residenziali e industriali

L'analisi viene condotta per ciascun centro abitato, integrando le informazioni con la situazione del rischio nell'area extraurbana circostante l'edificato (come illustrata nelle tavole VIII, IX, X e XI), in quanto è la zona da cui potrebbe venire un pericolo, ma è nel contempo una possibile area di espansione. Deve essere sempre tenuto presente l'accorgimento che, ogni volta che si progetta un intervento di qualsiasi tipo in una zona caratterizzata da valori di rischio medio-alti, si dovranno prendere in considerazione tutti i cambiamenti che l'intervento implica, ed accertare che questo non porti ad un aggravamento della situazione. L'analisi dei risultati permette di evidenziare, per i centri abitati, gli intervalli dei valori dell'indice di rischio relativamente a ciascun evento.

RISCHIO URBANO	Alluvione	Sisma	Frana	Incendio	Valanga
Nulla	0	0	0	0	0
Basso	<3,025	<1,925	<2,44	<0,325	0
Medio	3,025-9,075	1,925-5,775	2,44-7,32	0,325-0,975	0
Alto	9,075-18,15	5,775-11,55	7,32-14,64	0,975-1,95	0
Molto alto	>18,15	>11,55	>14,64	>1,95	0

Tabella 13.23 Intervalli dei valori dell'indice di rischio per ciascun evento trattato, relativamente ai centri abitati

Per quanto riguarda invece l'analisi dei valori dell'indice di rischio per l'extraurbano, i risultati sono forniti nella tabella seguente.

RISCHIO EXTRAURBANO	Alluvione	Sisma	Frana	Incendio	Valanga
Nulla	0	0	0	0	0
Basso	<0,035	<0,065	<0,06	<0,025	<0,005
Medio	0,035-0,105	0,065-0,195	0,06-0,18	0,025-0,075	0,005-0,015
Alto	0,105-0,21	0,195-0,39	0,18-0,36	0,075-0,15	0,015-0,03
Molto alto	>0,21	>0,39	>0,36	>0,15	>0,03

Tabella 13.24 Intervalli dei valori dell'indice di rischio per ciascun evento trattato, relativamente al territorio extraurbano, come rappresentato nelle tavole 8,9,10,11.

Comune di Lavenone

Il centro abitato di Lavenone è stato suddiviso in due zone caratterizzate da diversa vulnerabilità, soprattutto per quello che riguarda la struttura e l'età degli edifici. Il centro abitato presenta un livello medio di rischio rispetto alle alluvioni e agli incendi. Il problema legato al deflusso dell'acqua dipende non tanto dalla copertura del suolo (si tratta di una zona in parte coperta a bosco, ed in parte a seminativo), quanto dalla litologia e dai tempi di deflusso delle acque: un tipo di intervento potrebbe essere quello di valutare i canali di scolo esistenti, prevederne la risistemazione o costruirne di nuovi quando necessario. Il rischio di incendio vicino all'abitato può essere risolto solo con una maggiore cura del bosco (la creazione di una fascia tra l'abitato e il bosco dovrebbe essere valutata in relazione alla pericolosità di frana e di alluvione che assume un livello medio di pericolosità).

Comune di Idro

Il comune di Idro è stato suddiviso, a livello di analisi della vulnerabilità e del rischio, nelle frazioni di Tre Capitelli, Pieve Vecchia, Vantone, Vesta e Idro (inteso come l'insieme dei centri di Crone e Lemprato). Ciascuno verrà trattato nelle sue peculiarità.

Per quanto riguarda il versante ovest del Lago d'Idro, e quindi Tre Capitelli e Pieve Vecchia, l'indice di rischio di alluvione assume valori medio-alti, ma questo è da imputare soprattutto alla vulnerabilità e all'esposizione piuttosto che ad una elevata pericolosità. L'intervento che sembra più adatto, è in questo caso il consolidamento delle strutture esistenti. Il versante, invece, è stato sede di alcuni piccoli incendi che lo hanno impoverito: sembra quindi opportuno provvedere al rimboschimento. Appare invece opportuno verificare la condizione di equilibrio del versante che grava su Pieve Vecchia, come pure per i centri di Vesta e Vantone (è da valutare anche se gli incendi che sono avvenuti hanno creato ulteriori problemi). Il centro di Idro, invece, non presenta situazioni di particolare rischio.

Comune di Treviso Bresciano

Treviso Bresciano rientra nell'elenco dei comuni sismici di seconda categoria, e questo implica la possibilità di una amplificazione dei fenomeni franosi. L'unico rischio che sembra minacciare i centri abitati in cui Treviso Bresciano è suddiviso, è quello dell'incendio boschivo in zone peraltro abbastanza limitate. Anche in questo caso, l'unico accorgimento da assumere sarà quello della vigilanza sul territorio.

Comune di Vestone

Anche Vestone rientra nell'elenco dei comuni sismici di seconda categoria. Questo implica valori elevati del rischio sismico per il centro abitato, e una possibile amplificazione dei fenomeni correlati agli eventi franosi e alluvionali. L'unico modo di ovviare al rischio sismico è prevedere un adeguamento strutturale degli edifici (previsto comunque dalla normativa) e del tessuto urbano in genere. Rispetto agli altri rischi, compaiono delle situazioni particolari. Per quanto riguarda il rischio di alluvione, si individuano tre zone a

medio-alto rischio: la zona che si sviluppa lungo il torrente Degnone fino alla confluenza con il Chiese; la zona alla confluenza tra il Chiese e il torrente Nozza; infine un'area ad alta densità nel centro di Vestone. La zona a monte della confluenza tra il torrente Degnone e il Chiese è quella che storicamente è stata interessata dalle alluvioni nel passato e questo è dovuto alla presenza di ponti e restringimenti, nonché al deflusso rapido dell'acqua nelle aree a monte di Vestone. Gli accorgimenti da mettere subito in atto sono l'analisi dei canali e delle vie di scolo delle acque e la valutazione degli interventi mirati a renderli sempre più efficaci. Particolare attenzione deve poi essere usata per l'analisi della situazione del territorio a nord del centro abitato, in particolare modo per l'area lungo il torrente Degnone. Ci sono infatti, sia pericolosità per quanto riguarda le frane che gli incendi boschivi a minacciare questa zona. Gli accorgimenti da prendere sono quelli definiti in precedenza: indagini puntuali per verificare la stabilità dei versanti e per scegliere la tipologia di intervento opportuna; maggiore manutenzione e controllo del bosco. Questa è l'area che, in tutto il territorio in studio, presenta la maggior concentrazione di rischi. In questo caso potrebbe rendersi necessario un approfondimento nel dettaglio del singolo edificio, secondo le metodologie proposte da alcuni autori e che vanno oltre lo scopo di questa analisi.

Comune di Barghe

Anche Barghe rientra nell'elenco dei comuni sismici di seconda categoria. Andranno presi gli accorgimenti esposti in precedenza. L'analisi delle cartografie evidenzia una situazione priva di gravi pericolosità. Si dovrà quindi prevedere una buona sorveglianza dei luoghi al fine di individuare nuove situazioni di pericolosità o l'aggravarsi di quelle esistenti.

L'indice di rischio per il sistema stradale

Il ramo stradale che, per alcuni tratti, presenta i valori maggiori dell'indice di rischio per l'incendio boschivo, per l'alluvione, per le frane e per il rischio sismico (limitatamente al territorio comunale di Vestone) nella fascia di rispetto che compete alla strada stessa, è la parte della SS 237 che collega i comuni di Vestone e Idro, passando per il centro abitato di Lavenone. L'alto valore dell'indice di rischio è dovuto, in questo caso, all'alto valore assunto dall'esposizione: questo tratto è infatti l'unica via importante di collegamento tra il Lago d'Idro e l'hinterland di Brescia da una parte, e il Lago di Garda dall'altra. E' inoltre caratterizzato dalla vicinanza alla sede stradale del fiume Chiese (in questo tratto non presenta arginature artificiali). Il modo migliore per ridurre il rischio è quindi quello di fornire una alternativa di percorso al flusso di persone e mezzi. In questo senso si è già intervenuto, in quanto proprio il tratto di strada statale compreso tra i comuni di Barghe e Idro è oggetto attualmente di un progetto di variante, mirata ad escludere i centri abitati di Barghe, Vestone, Lavenone e Idro dal percorso della nuova strada (solo a Barghe attraversa una zona edificata recente). La variante risponde così alla necessità di allontanare il sistema stradale dal letto del fiume Chiese e dalle confluenze dei torrenti, riducendo la possibilità di erosione del fondo; nel contempo, riduce la vulnerabilità del ramo stradale allontanandolo dalla possibilità di interruzione dovuta all'attraversamento dei centri abitati, e tenendo presente il fatto che la nuova strada sarà realizzata con tutti gli accorgimenti per renderla più sicura (indagini puntuali sulla stabilità dei terreni, scelta di tecnologie moderne, particolare attenzione nella costruzione di ponti e gallerie).

Il tratto esistente deve comunque essere indagato nei punti di maggiore rischio, in quanto rimane il principale collegamento con i centri abitati: ridotta l'esposizione della strada (in quanto la variante introdurrà una redistribuzione dei flussi), resta da ridurre la pericolosità di alcuni tratti. Questo si dovrà fare progettando una campagna di indagini locali che daranno utili indicazioni sul tipo di intervento più conveniente da realizzare. In particolare, questo tratto presenta valori alti dell'indice di rischio rispetto all'alluvione e

all'incendio. Il rischio di alluvione è dovuto principalmente alla presenza del fiume Chiese al lato della strada e ai numerosi torrenti che vi confluiscono proprio in questo tratto. Poiché si tratta di un'area già boscata, il rischio potrà essere ridotto prevedendo adatte vie di scolo delle acque e assicurandosi che quelle esistenti siano nelle condizioni di funzionare (verificare la presenza di canali intubati, restringimenti di sezioni, ponti, etc.).

Il rischio di incendio, che riguarda la fascia di rispetto della strada, può essere ridotto solo prevedendo una buona manutenzione del bosco, e predisponendo delle fasce sufficientemente larghe tra la sede stradale e l'inizio dell'area boscata.

Per il sistema stradale analizzato, resta ancora il problema del tratto di strada che collega Idro al comune di Anfo. In questo caso, poiché il rischio maggiore viene dalla pericolosità di frana, sarà necessario prevedere una serie di indagini che daranno indicazioni sul tipo di intervento da realizzare. Potrebbe essere sufficiente prevedere un rimboschimento del versante, oppure la predisposizione di muri di sostegno: la soluzione ottimale andrà scelta comunque dopo aver approfondito la condizione di equilibrio del versante. Restano poi da verificare poche altre situazioni puntuali, seguendo le indicazioni fornite in precedenza.

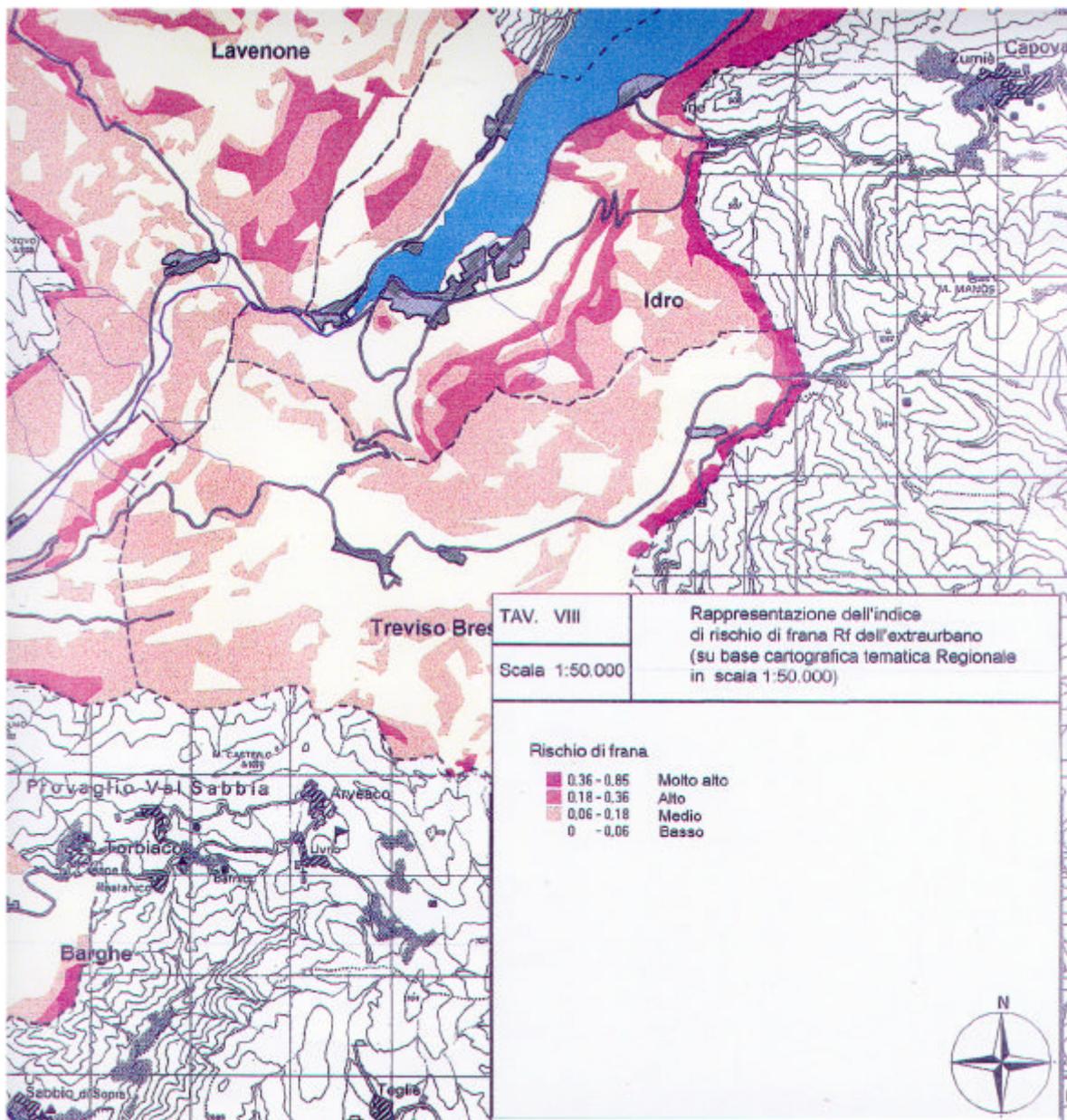


Figura 13.10 Estratto dalla tavola IX della rappresentazione dell'indice di rischio di frana (su base cartografia tematica regionale in scala 1:50.000)

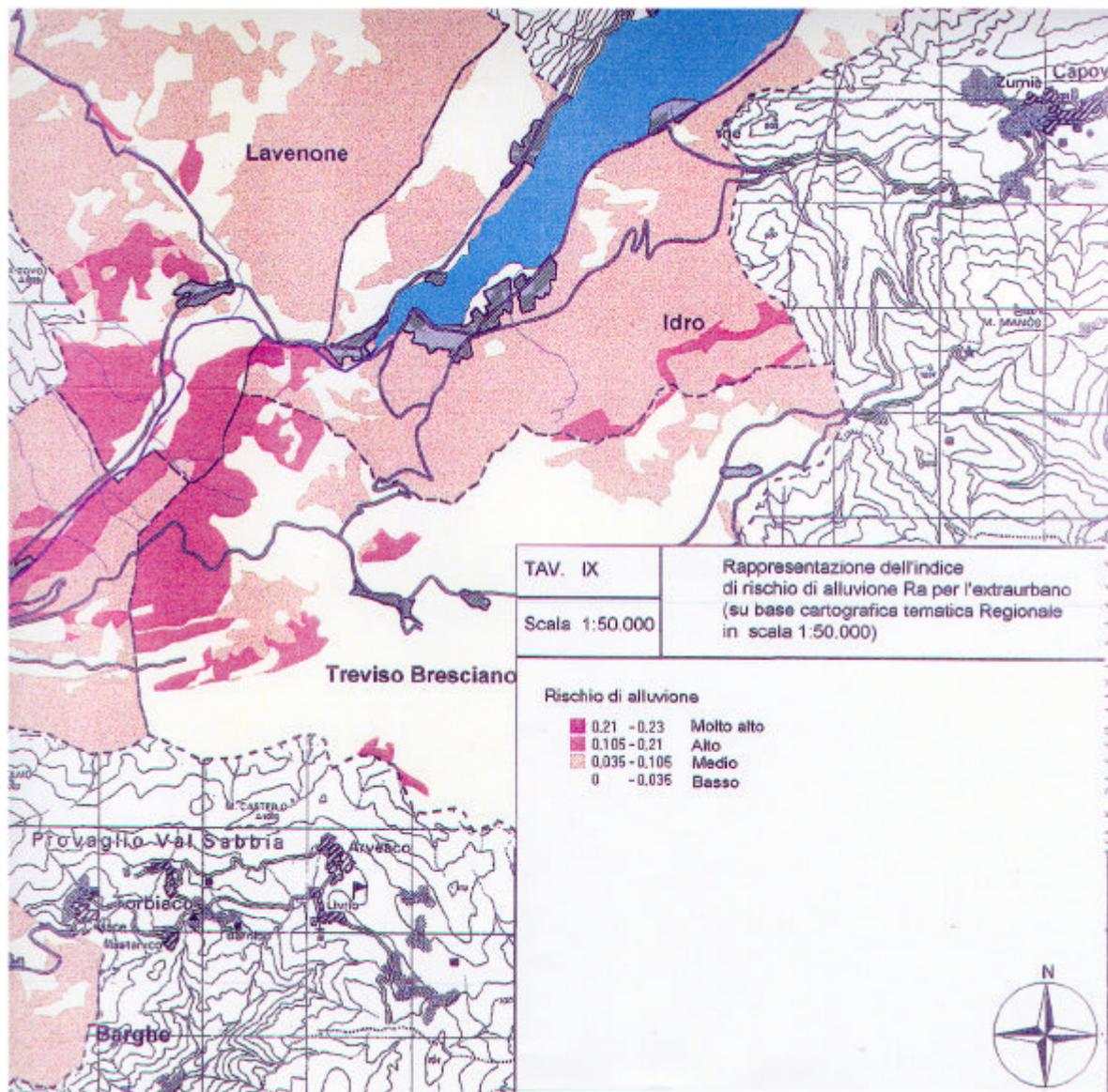


Figura 13.11 Estratto dalla tavola IX della rappresentazione dell'indice di rischio di alluvione (su base cartografia tematica regionale in scala 1:50.000)

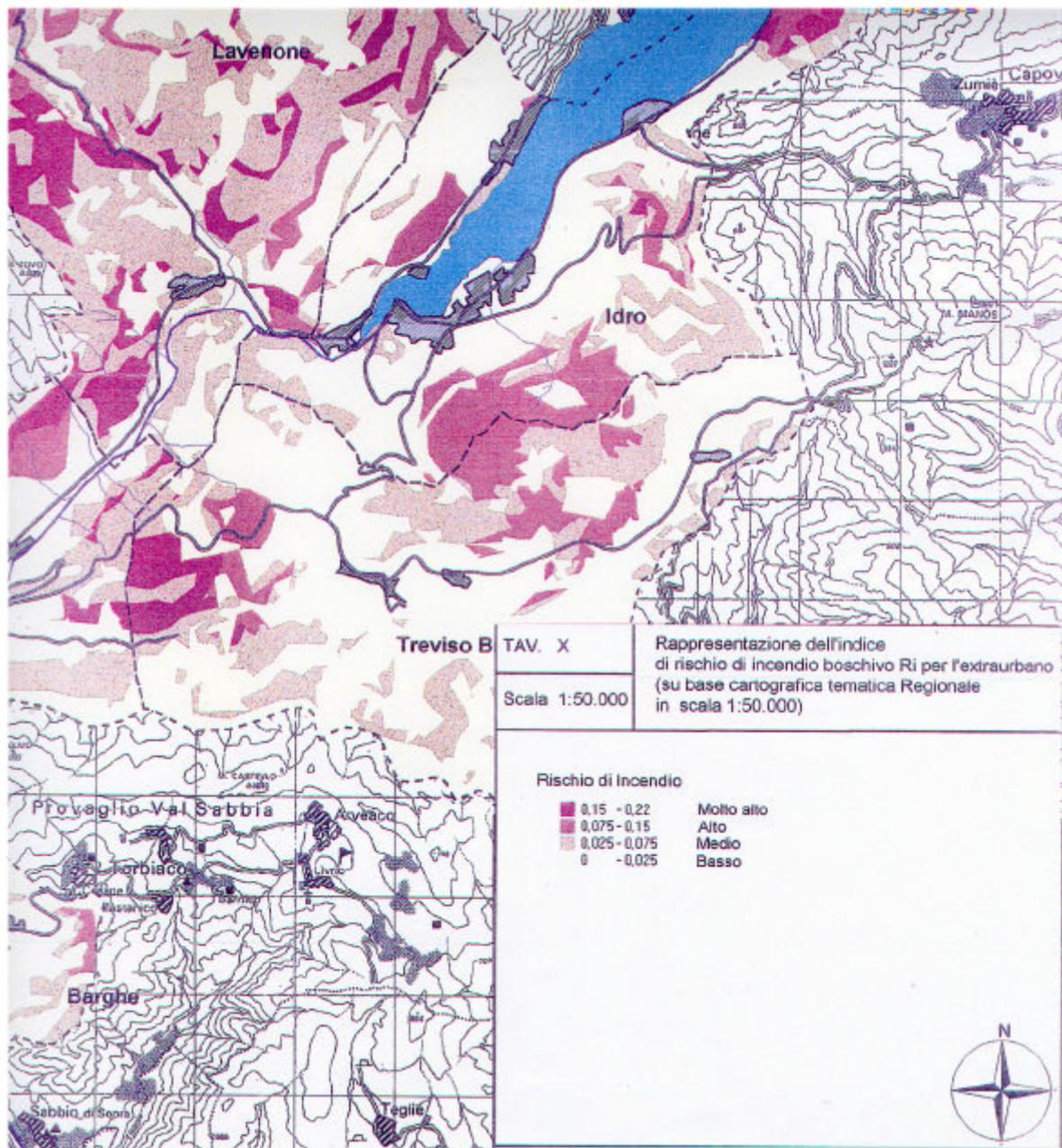


Figura 13.12 Estratto dalla tavola X della rappresentazione (su base cartografia tematica regionale in scala 1:50.000)

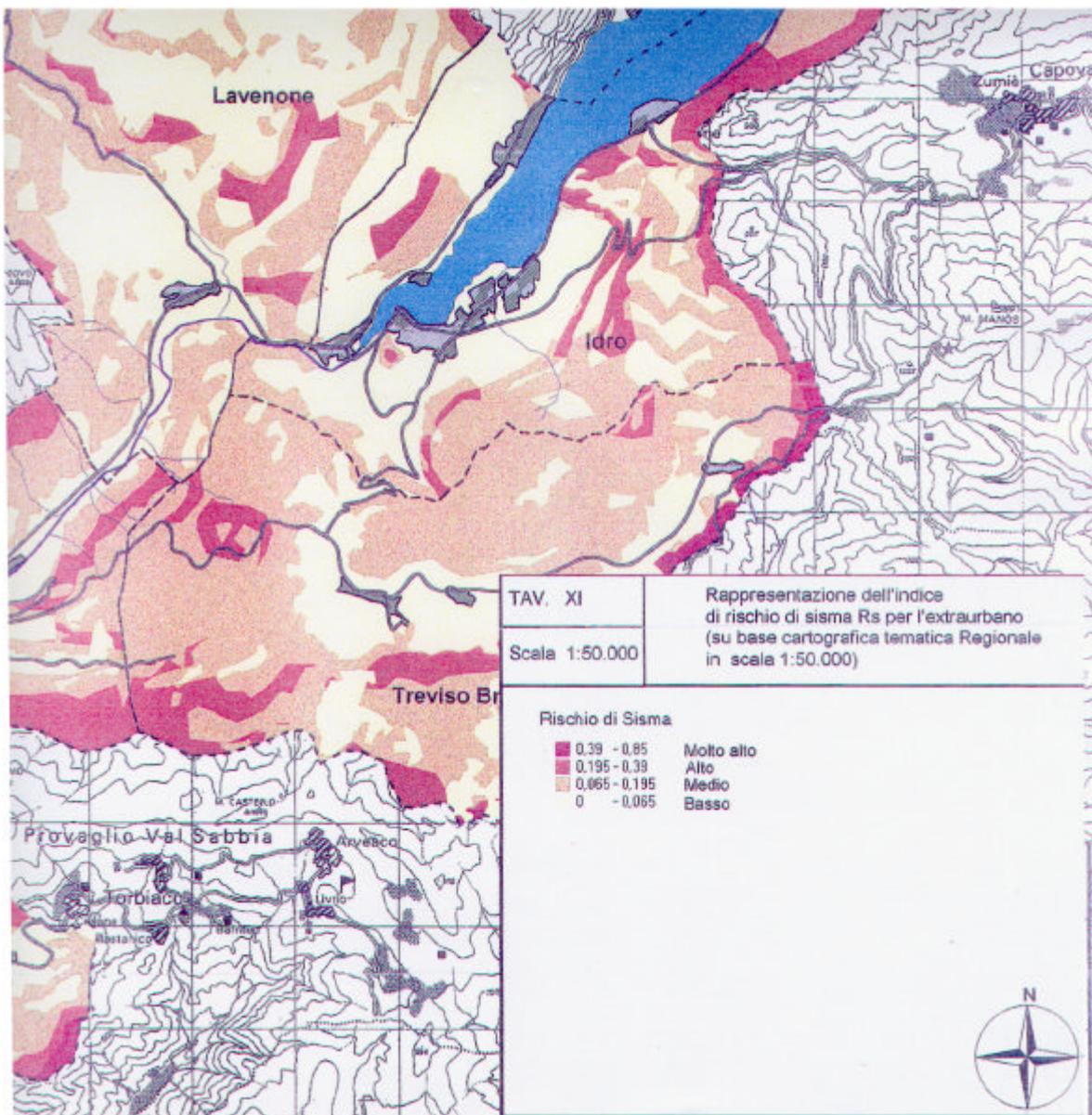


Figura 13.13 Estratto dalla tavola XI della rappresentazione (su base cartografia tematica regionale in scala 1:50.000)

13.3 Applicazione ad un ambito comunale

L'applicazione ad un ambito comunale è stata condotta per il territorio del comune di San Remo, in provincia di Imperia.

La legge urbanistica regionale della Liguria (n.34 del 4/9/1997) prevede che nella struttura del Piano Urbanistico Comunale (PUC) sia contenuto lo studio di sostenibilità ambientale dell'insieme delle relative previsioni. Tale studio di sostenibilità ambientale deve contenere in particolare l'indicazione delle alternative considerate, della sostenibilità delle previsioni stesse in relazione alla loro giustificazione e alla sensibilità ambientale delle aree interessate, dei potenziali impatti residuali e delle loro mitigazioni, dell'esito della verifica ambientale operata.

In concomitanza con la stesura del Progetto preliminare del PUC di San Remo¹, si è predisposta una opportuna metodologia per condurre tale studio di sostenibilità ambientale. La metodologia proposta è stata ottenuta partendo da quella precedentemente illustrata per la costruzione di una carta del rischio fisico, e già applicata ad un ambito sovracomunale, a cui sono state apportate alcune modifiche per renderla più facilmente applicabile ad un ambito comunale. In particolare l'obiettivo della verifica di sostenibilità ambientale è stato suddiviso nei due aspetti, quello della sostenibilità verso il rischio fisico e quello della sostenibilità verso il rischio derivante dallo stato d'uso del suolo, in particolare per le conseguenze derivanti alla permeabilità dei terreni, e valutare quale potrebbe essere la variazione indotta dall'introduzione delle previsioni di piano.

13.3.1 Verifica del rischio fisico

Per la redazione della carta del rischio a scala comunale si è elaborata una metodologia che consiste nella discretizzazione del territorio in celle di dimensioni 50 x 50 metri, a ciascuna delle quali è stata associata una serie di informazioni desunte dalla cartografia di indagine prodotta dagli estensori del progetto di Piano Urbanistico Comunale. È stato quindi opportunamente strutturato un sistema informativo geografico, contenente le informazioni associate a ciascuna cella, come illustrato nella figura 1.

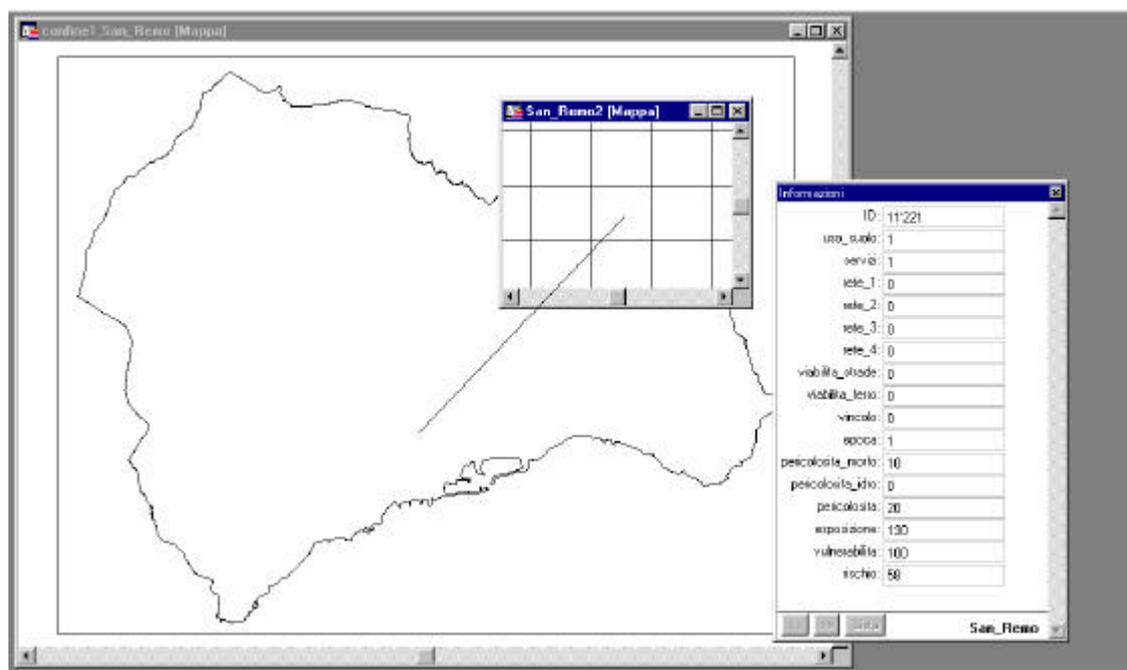


Figura ** Il sistema informativo geografico utilizzato

¹ R.BUSI (Capogruppo), *Piano Urbanistico Comunale di San Remo (IM)*, in fase di elaborazione.

Il database è stato impostato in modo da contenere le informazioni relative a:

- destinazione d'uso del suolo;
- presenza di servizi (sociali, socio-sanitari, religiosi, ecc.);
- presenza di reti tecnologiche (acquedotto, elettrodotto, fognatura, gasdotto);
- presenza di reti viabilistiche (strade e ferrovia);
- grado di pericolosità geomorfologica, sismica e idraulica;
- epoca di realizzazione del costruito.

In particolare le informazioni di tipo numerico associate ad ogni cella sono il risultato di interrogazioni di tipo geografico tra la carta di base (costituita dall'insieme delle cellette) e le carte di analisi, per cui ad ognuna è stata assegnata la tipologia di uso del suolo della zona in cui la cella stessa ricade; analogamente per quanto riguarda il grado di pericolosità e l'epoca di realizzazione del costruito. Per quanto riguarda i servizi, si è verificato se all'interno della cella ricadesse un edificio di interesse sociale; mentre per le reti e le infrastrutture viabilistiche si è verificato se tali oggetti intersecassero o meno l'elemento cella.

Di seguito vengono illustrate tutte le componenti del database.

- *uso del suolo*

Ad ogni cella corrisponde una destinazione d'uso del suolo come desunta dalla tavola di indagine "I luoghi" (Scala 1:5.000), distinguendo quindi tra i seguenti usi:

<i>Classe</i>	<i>Uso del suolo</i>	<i>Grado di esposizione</i>
1	zone residenziali	100
2	zone commerciali	100
3	zone artigianali	100
4	terreni a vocazione agricola e/o serre	50
5	incolto	0
6	uliveto	25
7	servizi residenziali	50
8	bosco ceduo	0
9	bosco alto fusto	0
10	prato-pascolo	0
11	cave	25
12	seminativo	25
13	non coltivabile	0
14	golf	25
15	zona costiera	25
16	serre parzialmente utilizzate	25

- *servizi*

Si è considerato rilevante ai fini di un'analisi del rischio fisico la presenza sul territorio di servizi sociali, socio-sanitari, religiosi e scolastici, per la forte esposizione che gli stessi manifestano in caso di evento calamitoso.

<i>Classe</i>	<i>Servizio</i>	<i>Grado di esposizione</i>
1	servizio sociale	30
2	servizio socio-sanitario	50
3	servizio religioso	30
4	verde urbano	0
5	attrezzatura sportiva	0
6	cimitero	0
7	servizio scolastico	30

• *reti tecnologiche*

La presenza di reti tecnologiche aumenta l'esposizione globale al rischio data l'importanza di evitare un'interruzione nell'approvvigionamento di acqua ed energia.

<i>Classe</i>	<i>Rete</i>	<i>Grado di esposizione</i>
1	acquedotto	30
2	elettrodotta	30
3	fognatura	30
4	gasdotto	30

• *infrastrutture viabilistiche*

Le infrastrutture considerate (strade e ferrovia) sono state diversamente considerate in termini di esposizione a seconda della loro importanza, che comporta una diversa quantità di elementi esposti al rischio (per la differenza di flussi che interessa le diverse tipologie di strade).

<i>Classe</i>	<i>Infrastruttura</i>	<i>Grado di esposizione</i>
1	autostrada	50
2	strada extraurbana principale	50
3	strada extraurbana secondaria	40
4	strada extraurbana locale	20
5	strada urbana di quartiere	20
6	strada urbana interzonale	20
7	strada urbana locale	10
8	ferrovia	50

• *pericolosità*

Il territorio del comune di San Remo è esposto a rischio sismico e idrogeologico. Dalla cartografia di indagine il territorio risulta suddiviso in aree a diversa pericolosità geomorfologica, come riportato nella tabella sottostante, a cui si va ad aggiungere il pericolo di inondazione, come cartografato dall'ufficio tecnico comunale, che ha perimetrato le aree esondate a seguito di eventi recenti (anno 1998).

<i>Zona</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Grado di pericolosità</i>
1b	area stabile, sub-pianeggiante, con problemi fondazionali e/o forti incrementi sismici	20
2a	area in versante, con problematiche geologico-tecniche e con scarsi incrementi sismici	40
2b	area in versante, con problematiche geologico tecniche e con incrementi sismici medio-alti	60
3	area in frana attiva e ad erosione accelerata	100

• *epoca di realizzazione del costruito*

Per la valutazione della vulnerabilità degli edifici e delle infrastrutture esposte al rischio sarebbero necessarie indagini mirate alla ricostruzione di un quadro sulle caratteristiche costruttive e sullo stato di conservazione degli stessi. In prima approssimazione, la classificazione del territorio in termini di vulnerabilità è stata condotta suddividendo l'abitato in zone corrispondenti a diverse epoche di accrescimento.

<i>Classe</i>	<i>Epoca di realizzazione del costruito</i>	<i>Grado di vulnerabilità</i>
1	Espansione urbana fino al 1906	100
2	Espansione urbana al 1939	60
3	Espansione urbana al 1971	30
4	Espansione urbana successiva	10

La pericolosità di una zona è stata ottenuta sommando le relative pericolosità sismico-geologiche e idraulica:

$$P = P_M + P_I$$

Le informazioni relative a uso del suolo, servizi, infrastrutture e reti tecnologiche concorrono a definire l'esposizione, che è stata così definita:

$$E = E_U + E_S + E_I + E_R$$

dove:

E_U = parametro di esposizione legato alla tipologia di uso del suolo;

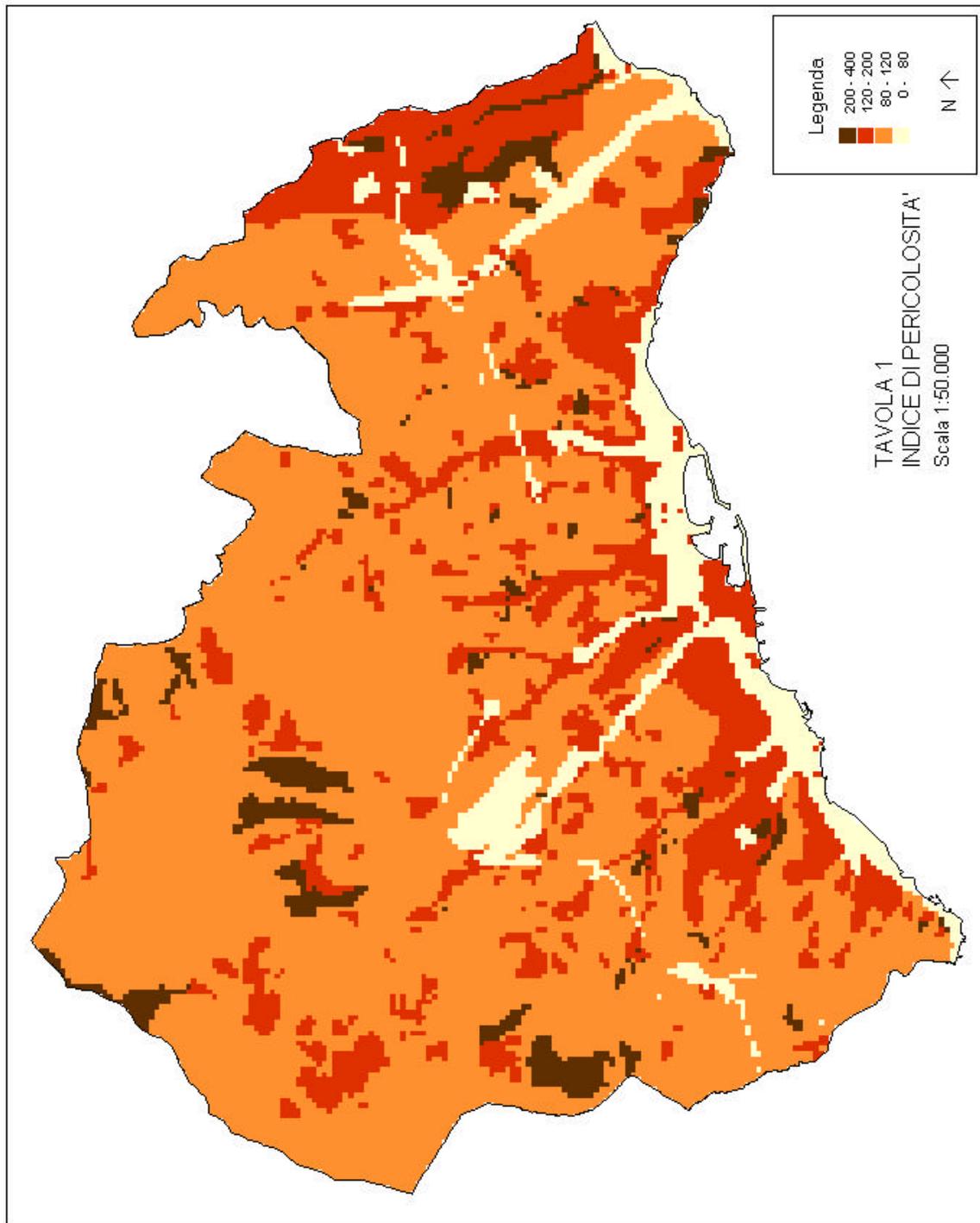
E_S = parametro di esposizione per la presenza di servizi;

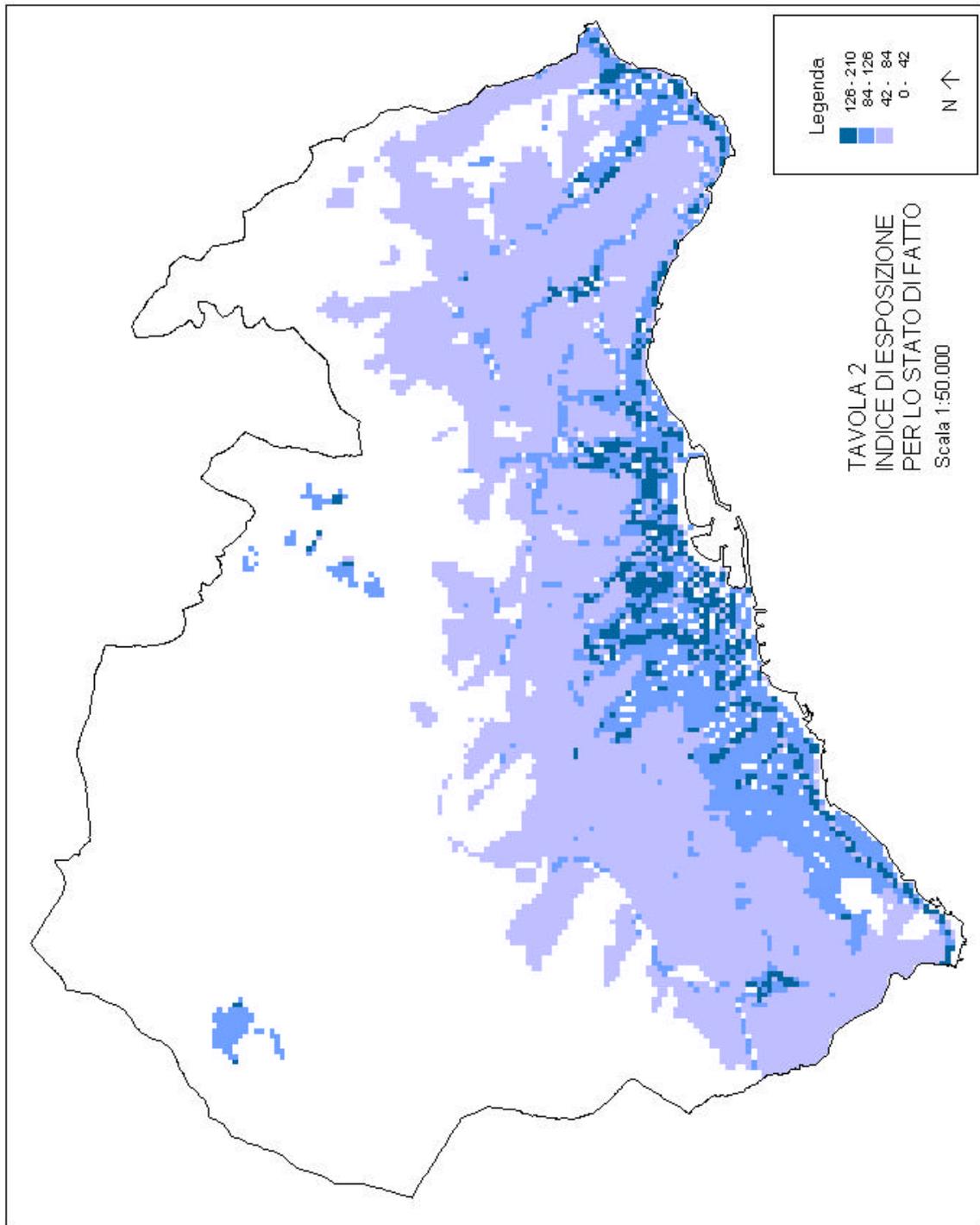
E_I = parametro di esposizione per la presenza di infrastrutture;

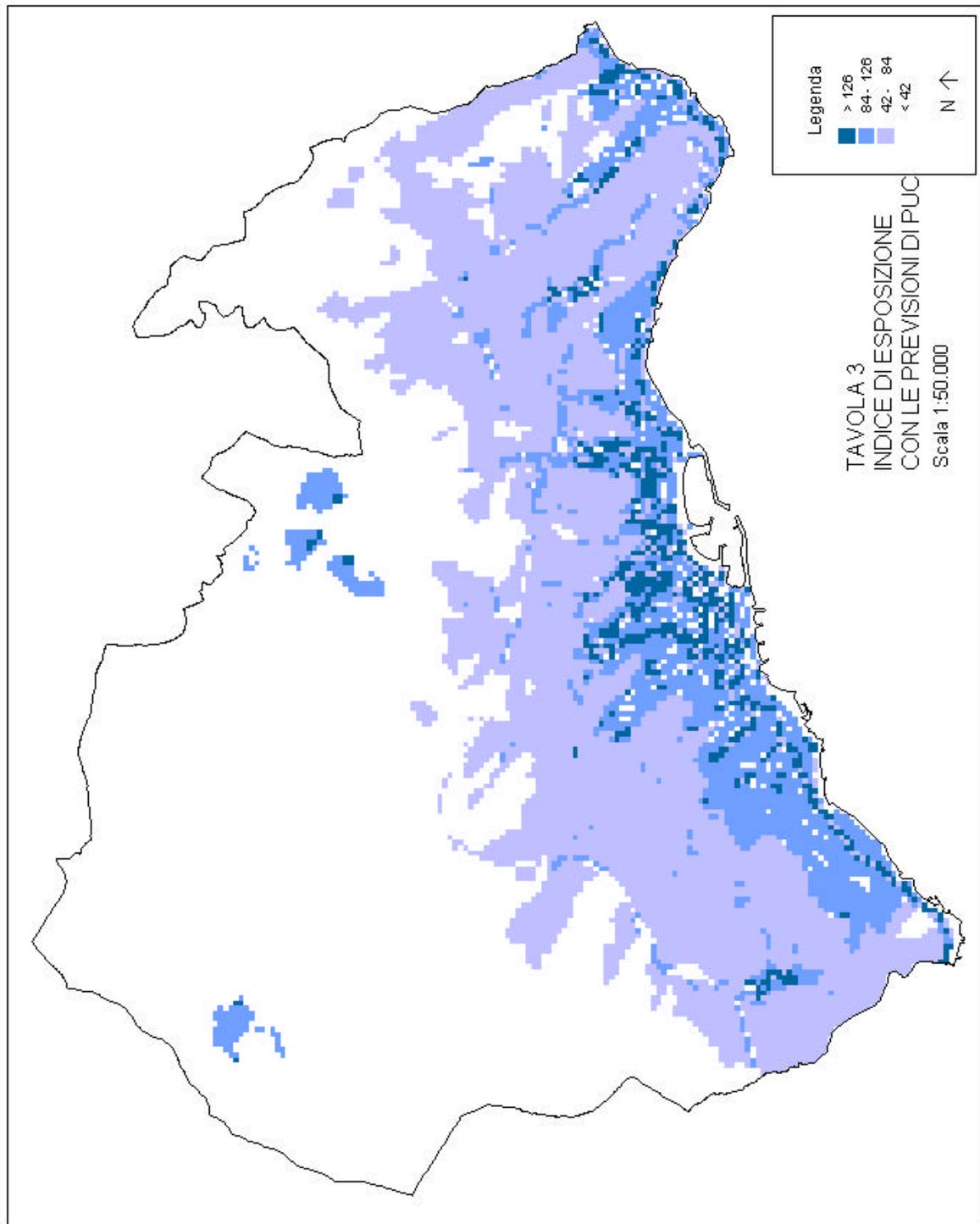
E_R = parametro di esposizione per la presenza di reti tecnologiche.

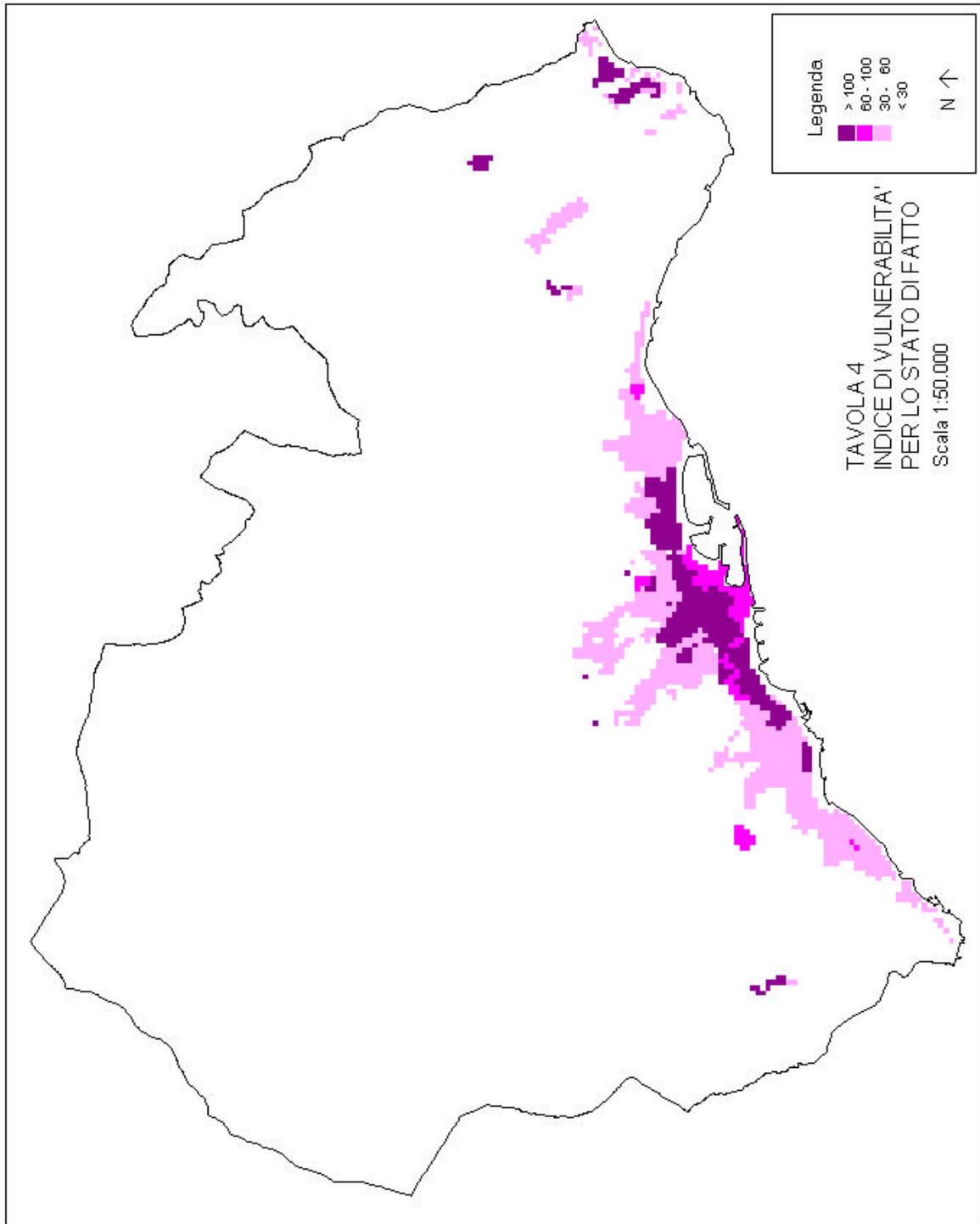
Si sono prodotte due carte del rischio fisico: una rappresentate lo stato di fatto ed una raffigurante lo scenario che si verrebbe a configurare a seguito dell'attuazione dei contenuti del progetto di PUC: il cambio di uso del suolo di un'area si traduce nella variazione del valore di alcuni parametri che concorrono alla determinazione del rischio, in quanto il nuovo insediamento andrà a modificare esposizione e vulnerabilità della stessa area. In questo modo, calcolando di volta in volta il valore assunto dall'indice di rischio, sarà possibile valutare gli effetti delle previsioni di piano in termini di variazione del rischio. In particolare, si sono valutati gli effetti legati al recupero del centro storico del comune di San Remo, che comporterebbe presumibilmente una riduzione dell'indice di vulnerabilità degli edifici, e le previsioni d'introduzione delle zone C di trasformazione e delle zone TPA (Territorio di presidio ambientale).

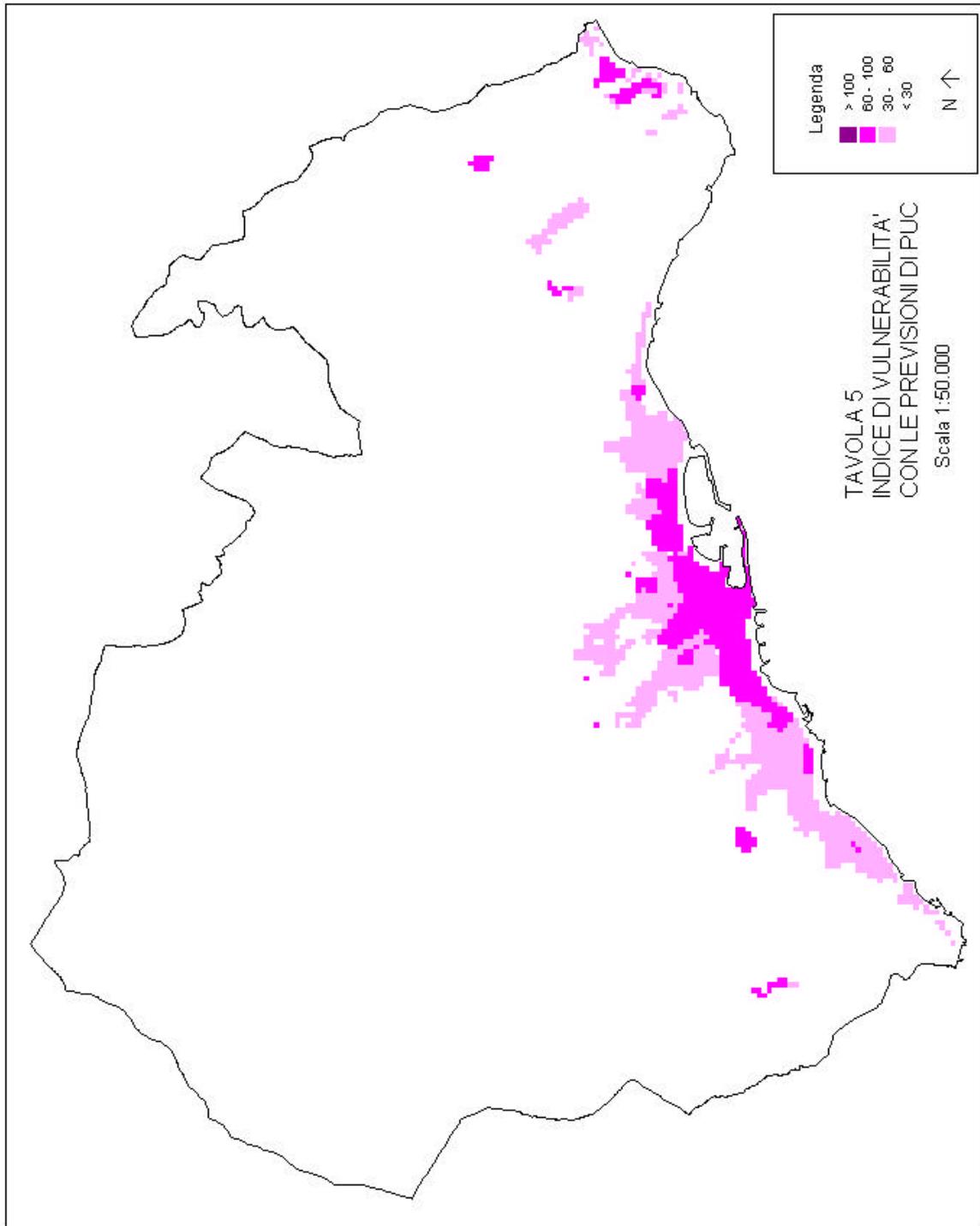
Di seguito vengono allegate le tavole di pericolosità, esposizione, vulnerabilità e rischio alla scala 1:50.000, nonché la tavola di confronto tra le due condizioni di rischio.

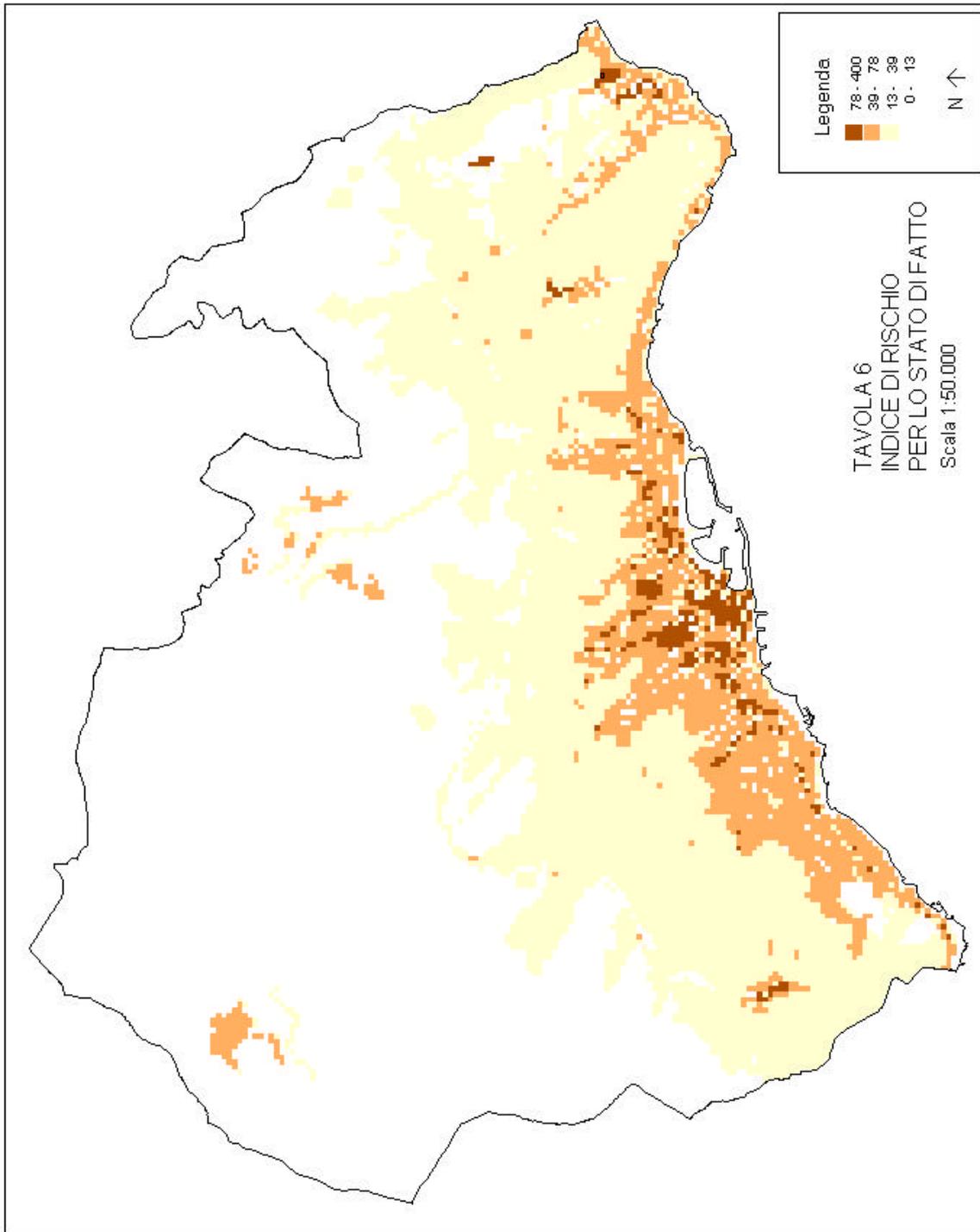


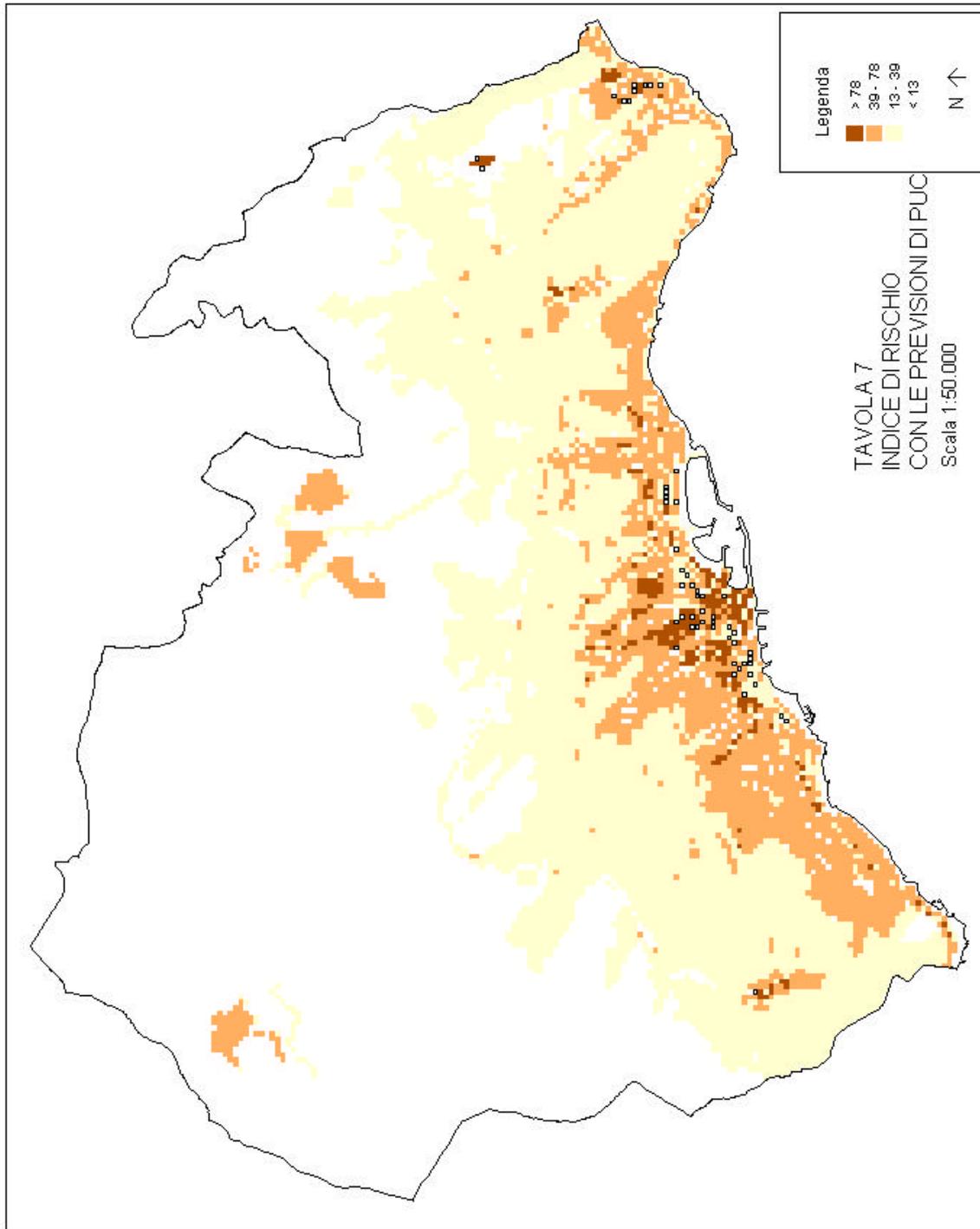


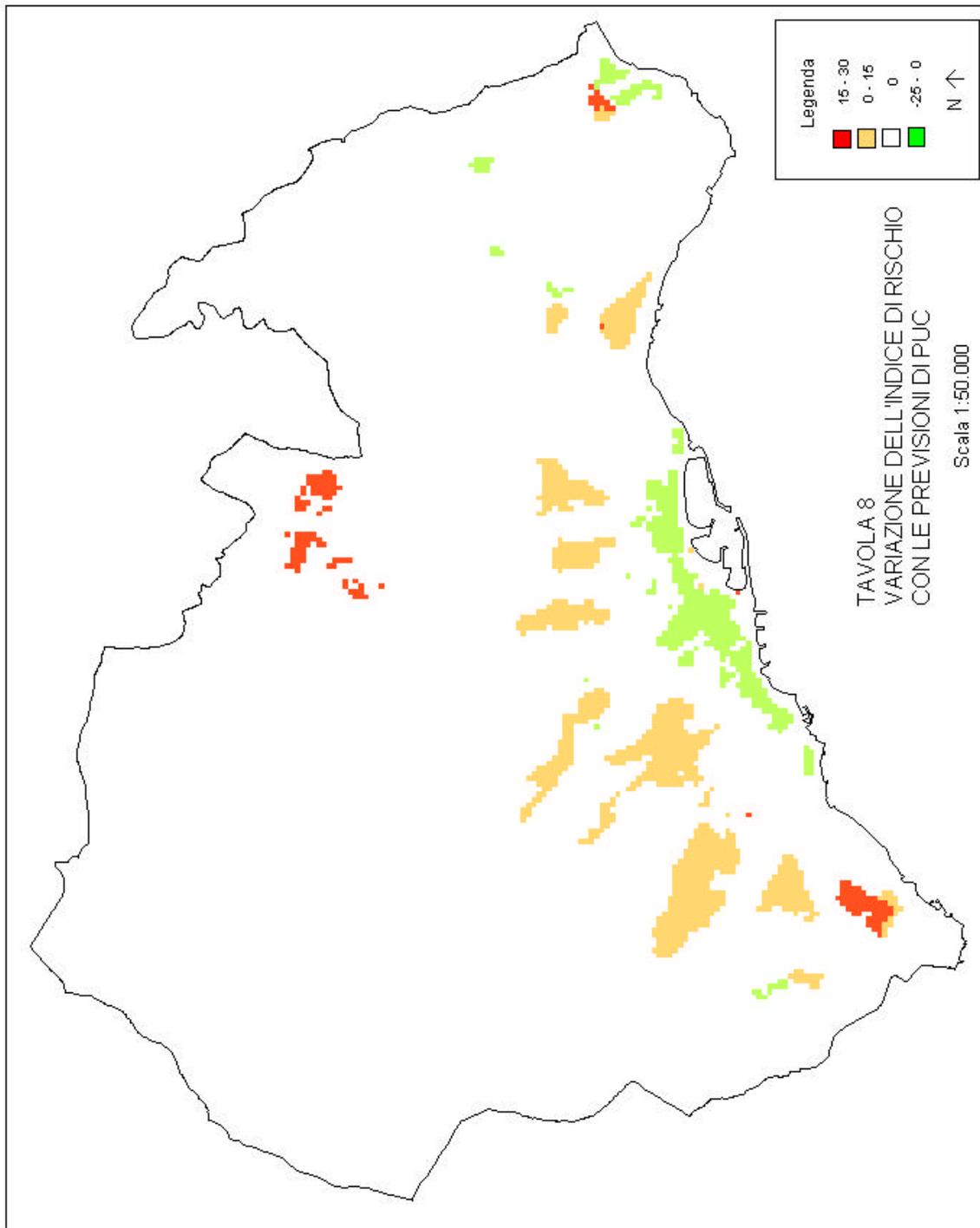












13.3.2 Verifica della vulnerabilità ambientale

Le indagini eseguite sul territorio del comune di San Remo hanno messo in evidenza la presenza di zone ove l'esercizio dell'agricoltura ha causato diffuse e sensibili fenomenologie di degrado ambientale, paesistico ed urbanistico-territoriale. In modo particolare, la diffusione dell'uso della serra (e la relativa frequente dismissione) ha manifestato talora situazioni di sottoutilizzo -o addirittura abbandono- agrario. Più in generale, si tratta di aree caratterizzate da insediamenti sparsi (soprattutto serre) nelle quali si rende necessario subordinare gli interventi sul patrimonio edilizio esistente o di nuova costruzione al perseguimento delle finalità di presidio ambientale.

L'esigenza di un intervento in tale direzione è stata evidenziata anche dai risultati di un'analisi condotta sulle condizioni di permeabilità del suolo per l'intero territorio comunale; condizioni che, come noto, sono uno dei fattori da tenere sotto controllo per la riduzione del rischio idraulico. La metodologia utilizzata si basa sull'introduzione del parametro Curve Number, precedentemente illustrato.

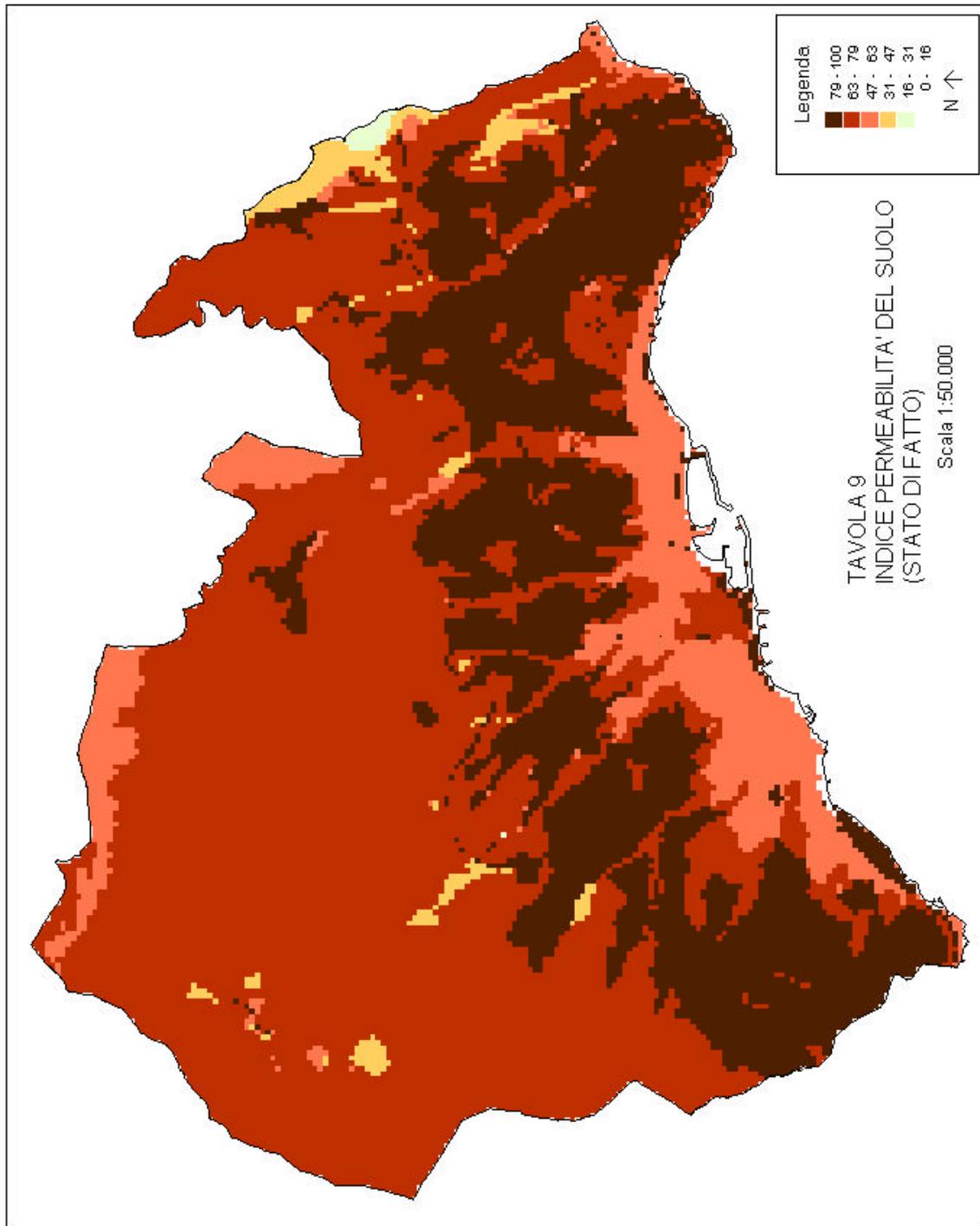
Anche tale metodo è stato applicato al territorio sanremese per analizzare lo stato di fatto e per analizzare le condizioni che si verificherebbero a seguito dell'attuazione delle previsioni di piano, in particolare per quanto concerne l'introduzione delle zone C di trasformazione e le zone TPA (Territorio di presidio ambientale).

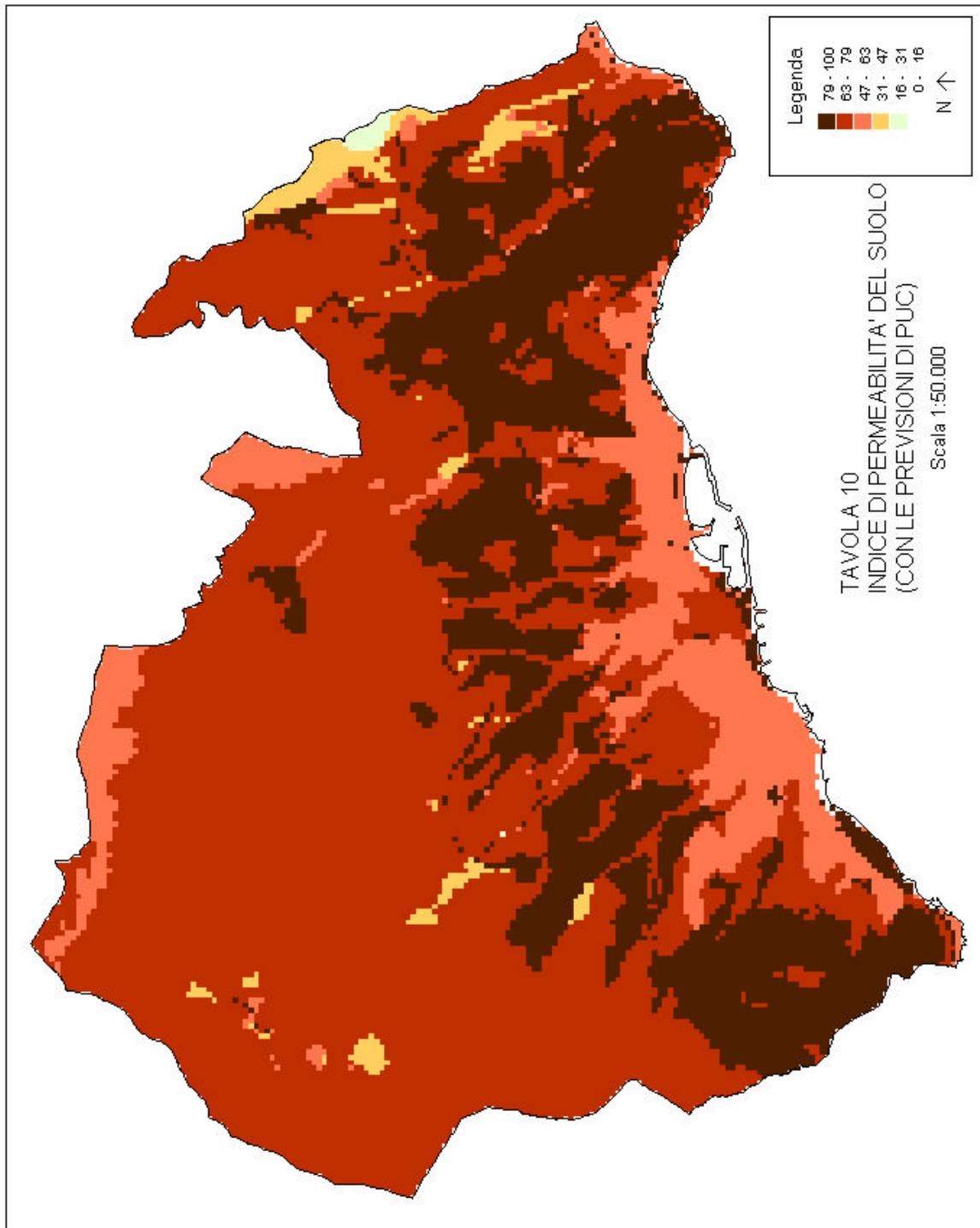
Nelle tavole di seguito allegate sono riportati i risultati dell'applicazione del metodo SCS Curve Number per i due scenari.

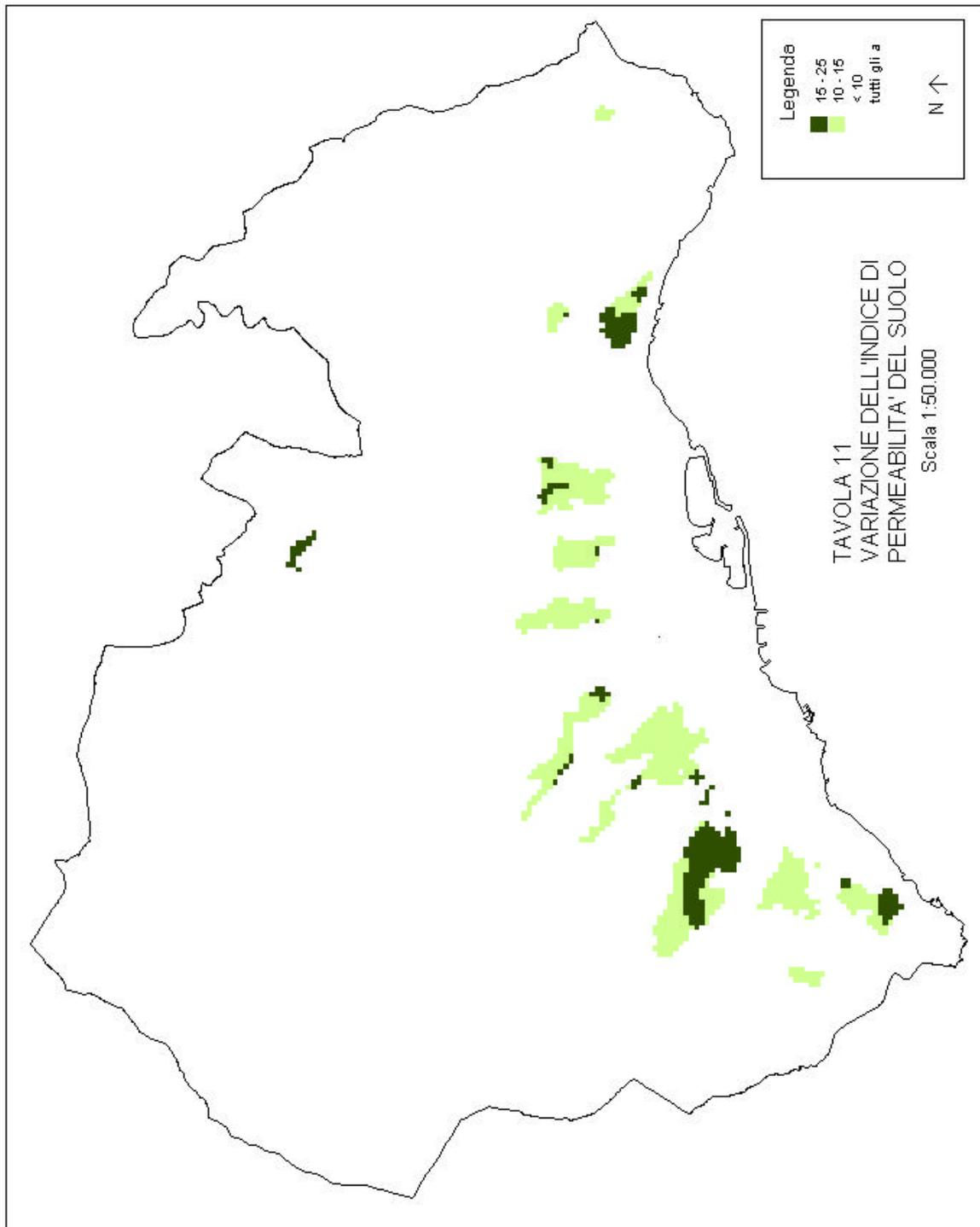
Il confronto tra le due situazioni costituisce un elemento utile per la determinazione della vulnerabilità ambientale.

In particolare è da sottolineare il beneficio che apporterebbe al territorio la costituzione nelle zone TPA di parchi o giardini, garantendo una superficie permeabile di almeno l'80% della superficie del lotto.

Di seguito vengono allegate le due mappe dell'indice CN per l'intero territorio comunale (prima e dopo l'attuazione dei contenuti del piano) e la tavola di confronto.







BIBLIOGRAFIA

L'ATTENZIONE ALLA COMPONENTE FISICO-AMBIENTALE NELLA PIANIFICAZIONE DELLE CITTÀ E DEL TERRITORIO

- AA. VV. Relazione della Commissione d'indagine, Vicende urbanistico-edilizie di Agrigento nel periodo 1944-1966 in *Urbanistica*, n° 48, 1966
- ASTENGO G., *Il Piano Regolatore Generale di Assisi* in *Urbanistica*, n° 24-25, 1958
- BARP A., *La fattibilità come valore guida del piano regolatore di Pavia* in *Urbanistica*, n° 71, 1981
- BENEVOLO L., *Storia della città. La città antica*, Laterza, Bari, 1993
- BESATI L., *Contributi ad una storia dell'Inu 1930-1975* in Istituto Nazionale di Urbanistica, *Urbanisti italiani*, INU edizioni, Roma, 1995
- BIANCHIN A., *La cartografia nell'opera di Giovanni Astengo* in F. Indovina (a cura di), *La ragione del piano. Giovanni Astengo e l'urbanistica italiana*, F. Angeli, Milano, 1991
- BOTTINO F., *Il piano paesistico dell'Emilia Romagna* in G. Campos Venuti, F. Oliva (a cura di), *Cinquant'anni di urbanistica in Italia. 1942-1992*, Laterza, Bari, 1993
- BUSI R., *Pianificazione territoriale. La componente extraurbana*, Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università, Brescia, 1993
- BOTTONI P., LUCHINI A., PICCINATO L., *Il Piano Regolatore Generale di Siena* in *Urbanistica*, n° 23, 1958
- CAMPOS VENUTI G., *La terza generazione dell'urbanistica*, F. Angeli, Milano, 1992
- CARBONARA L., *Le analisi urbanistiche*, La Nuova Italia Scientifica, Roma, 1992
- CASTAGNOLI F., *Roma antica: profilo urbanistico*, Jouvence, Roma, 1978
- CASTAGNOLI F., *Topografia e urbanistica di Roma antica*, Licinio Cappelli Ed., Bologna, 1969
- CICCONE F., *La proposta originale dei piani paesistici* in G. Campos Venuti, F. Oliva (a cura di), *Cinquant'anni di urbanistica in Italia. 1942-1992*, Laterza, Bari, 1993
- COLUMBO V., *La ricerca urbanistica*, Giuffrè Ed., Milano, 1966
- COPPA M., *Piccola storia dell'urbanistica. Sviluppi urbani*, vol. 3, UTET Libreria, Torino, 1990
- DE LUCIA V., *Dalla legge del 1942 alle leggi di emergenza* in G. Campos Venuti, F. Oliva (a cura di), *Cinquant'anni di urbanistica in Italia. 1942-1992*, Laterza, Bari, 1993
- DE LUCIA V., *Se questa è una città*, Editori Riuniti, Roma, 1992
- DETTI E., *Firenze dopo l'alluvione* in *Urbanistica*, n° 48, 1966
- DI BIAGI P., *Antologia* in *Urbanistica*, n° 99, 1990
- DI BIAGI P., *Giovanni Astengo. Un metodo per dare rigore scientifico e morale all'urbanistica* in P. Di Biagi, P. Gabellini (a cura di), *Urbanisti italiani*, Laterza, Bari, 1992
- DODI L., *Città e territorio. Urbanistica tecnica*, Masson, Milani, 1988
- DOLCETTA B., *L'esperienza di Assisi* in F. Indovina (a cura di), *La ragione del piano. Giovanni Astengo e l'urbanistica italiana*, F. Angeli, Milano, 1991
- ERBA V., POGLIANI L., *Il fallimento della pianificazione regionale* in G. Campos Venuti, F. OLIVA (a cura di), *Cinquant'anni di urbanistica in Italia. 1942-1992*, Laterza, Bari, 1993
- FABBRI M., *L'urbanistica italiana dal dopoguerra ad oggi*, De Donato, Bari, 1983

-
- FRANCHETTI PARDO V., *Storia dell'urbanistica. Dal Trecento al Quattrocento*, Laterza, Bari, 1994
 - GABELLINI P., *Figure di urbanisti e programmi di urbanistica* in G. Campos Venuti, F. Oliva (a cura di), *Cinquant'anni di urbanistica in Italia. 1942-1992*, Laterza, Bari, 1993
 - GABELLINI P., *Il progetto di piano*, in *Urbanistica*, n° 99, 1990
 - GABELLINI P., *Il progetto preliminare del Prg di Bologna* in *Urbanistica*, n° 78, 1985, F. Angeli, Milano
 - GABRIELLI B., *L'evoluzione degli <<ingredienti>> del piano* in *Urbanistica*, n° 76-77, 1984
 - GARANO M., *La riforma degli strumenti di pianificazione nella pianificazione per progetti*, in M. Garano, A. Jatta, (a cura di), *La pianificazione attuativa: tecniche di analisi e di valutazione*, Gangemi Editore, Roma, 1992
 - GIOVANNONI G., *L'urbanistica nel Rinascimento* in AA. VV., *L'urbanistica dall'antichità ad oggi*, Sansoni, Firenze, 1943
 - GIRARDI F., *Morfologia territoriale e urbana*, Casa del Libro, Roma, 1983
 - LUGLI G., *L'urbanistica nel mondo etrusco, italico e romano* in AA. VV., *L'urbanistica dall'antichità ad oggi*, Sansoni, Firenze, 1943
 - MACCHI CASSIA C., *Note per un <<progetto urbanistico>>* in *Urbanistica*, n° 76-77, 1984
 - MALUSARDI F. et alii, *Territorio e pianificazione*, Officina, Edizioni, Roma, 1978
 - MAZZOLENI C., *Fondazione di un metodo positivo della pianificazione: dal Piano regionale piemontese ai "Criteri"* in F. Indovina (a cura di), *La ragione del piano. Giovanni Astengo e l'urbanistica italiana*, F. Angeli, Milano, 1991
 - MONTEMAGNI A., SICA P., *Il nuovo piano regolatore di Firenze: criteri e programmi*, in *Urbanistica*, n° 39, 1963
 - MORACI F., ZIPARO A., *Le analisi per il piano ambientale*, Gangemi Editore, Roma, 1992
 - MORINI M., *Atlante di storia dell'urbanistica*, Ed. Ulrico Hoepli, Milano, 1963
 - OLIVA F., *Il modello dell'urbanistica alternativa*, F. Angeli, Milano, 1984
 - OLIVA F., *Le città e i piani* in G. Campos Venuti, F. Oliva (a cura di), *Cinquant'anni di urbanistica in Italia. 1942-1992*, Laterza, Bari, 1993
 - OLIVA F., *Urbanistica ed ecologia* in G. Campos Venuti, F. Oliva (a cura di), *Cinquant'anni di urbanistica in Italia. 1942-1992*, Laterza, Bari, 1993
 - PALLOTTINI M., *Alle origini della città europea. Storia dell'urbanistica*, Ed. Quasar, Roma, 1993
 - PICCINATO L., *L'urbanistica medievale* in AA. VV., *L'urbanistica dall'antichità ad oggi*, Sansoni, Firenze, 1943
 - SANFILIPPO M., *Le tre città di Roma*, Laterza, Bari, 1993
 - SICA P., *Storia dell'urbanistica. L'Ottocento I°*, Laterza, Bari 1984
 - SOMOGYI P., *Il piano regolatore generale*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1992
 - TINTORI S., *Piano e pianificatori dall'età napoleonica al fascismo*, F. Angeli, Milano, 1992

IL RISCHIO FISICO

- AA VV, *Il rischio sismico nel bresciano: elementi per una valutazione*, Editoriale Ramperto, Brescia, 1989

-
- AA VV, *Sistemi di drenaggio urbano*, IV corso di aggiornamento, 27-31 maggio 1985, Clup, Milano
 - ALEXANDER D., *Calamità naturali: lineamenti di geologia ambientale*, Pitagora Editrice, Bologna, 1990
 - BARTOLI B., MASSARI G., ROCCHI R., *Per un metodo di previsione del rischio di incendio: analisi del promontorio di Monte Argentario*, in Monti e Boschi, n° 6, 1993
 - BAZZI A., *Uno studio sul dissesto idrogeologico in Valtellina e in Val Brembana* in *Urbanistica*, n° 97, dicembre 1989, F. Angeli, Milano
 - BENEDINI M., GISOTTI G., *Il dissesto idrogeologico. Cause, effetti e interventi a difesa del suolo*, Arti Grafiche Editoriali, Urbino, 1985
 - BIGAZZI A., *Le aree a rischio* in Ventura P. *La pianificazione di area vasta. Il Casentino e altre esperienze*, Edizioni Librerie Dedalo, Roma, 1996
 - BOSCHI E., DRAGONI M., *Aree sismogenetiche e rischio sismico*, Edizioni Galilei, Lausanne, 1987
 - BRUGIONI M., MENDUNI G., ROSSO R., RULLI M. C., *La modellazione dell'innescò di fenomeni gravitativi superficiali sui versanti in seguito ad eventi meteorici di elevata intensità*, in U. Maione, A. Brath, *La difesa idraulica del territorio*, Atti del corso di aggiornamento 7-11 ottobre 1996, Editoriale Bios, Cosenza, 1997
 - CALABRI G., *La prevenzione degli incendi boschivi. I problemi e le tecniche della difesa*, Edagricole, Bologna, 1991
 - CANCELLI A., *Appunti di geotecnica*, CUSL, Milano, 1980
 - CANUTI P., *I problemi della franosità in aree collinari agricole. Considerazioni conclusive* in Regione Toscana, *Cartografia tematica per gli interventi sul territorio, Agricoltura collinare e difesa del suolo. Esperienze nella zona di Montespertoli e Progetto finalizzato C.N.R. "Conservazione del suolo"*, Italia Grafiche, Firenze, 1987
 - CAPPELLI M., *Elementi di selvicoltura generale; governo, trattamento e cure colturali ai boschi*, Edagricole, Bologna, 1991
 - CARRARA A., *Instabilità dei versanti. Metodi di valutazione geologico-geomorfologici*, in *Protezione civile 2. Rischio naturale*, Clup, Milano, 1990
 - CARRARO MODA G., *Gli incendi boschivi*, Edizioni DEI, Roma, 1987
 - CASADIO M., ELMI C., *Il manuale del geologo*, Pitagora Editrice, Bologna, 1995
 - CESTI G., CERISE A., *Aspetti degli incendi boschivi - Analisi dei comportamenti particolari del fuoco e delle sue tipologie negli incendi boschivi. Esame di una realtà alpina*, Musumeci Editore, 1992
 - CIABATTI M., GIORGI G.(a cura di), *Cartografia e monitoraggio dei movimenti franosi*, Atti del Convegno di Bologna 10-11 novembre 1988, Tecnoprint, Bologna, 1990
 - D'ELIA B., *Il ruolo della geotecnica nella pianificazione e nella gestione del territorio*
 - DAMIANI A.V., *Geologia e ambiente. Interventi antropici e riflessi sui futuri rilevamenti geologici. Esempi dal basso bacino del fiume Orcia (Toscana)* in Servizio geologico nazionale, Atti delle Giornate di studio *Ricerche geologiche correlate all'ambiente*, Roma, 27 settembre-1 ottobre 1988, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 1992
 - DESIO A., *Geologia applicata all'ingegneria*, Hoepli, Milano, 1985
 - DI DONNA V., VALLARIO A., *L'ambiente risorse e rischi*, Liguori, Napoli, 1994
 - DI GREGORIO F., *Problemi nascenti dall'uso incontrollato del territorio in Sardegna. Necessità di una urgente pianificazione e ruolo fondamentale della geologia in Memorie della Società Geologica Italiana*, vol. XIV, 1975, Soc. Geol. It., Roma, 1976

-
- GARZONIO C.A., *Aspetti geologico applicativi della pianificazione del territorio Casentinese* in Ventura P. *La pianificazione di area vasta. Il Casentino e altre esperienze*, Edizioni Librerie Dedalo, Roma, 1996
 - GASPARINI C., GIORGETTI E., PAROTTO M., *Il terremoto in Italia: cause, salvaguardie, interventi*, NIS (Nuova Italia Scientifica), Roma, 1984
 - MANDAGLIO L., *Il rischio a Reggio Calabria* in *Urbanistica INFORMAZIONI*, n° 158, marzo aprile 1998
 - MARTINIS B., *Le calamità naturali in Italia. Origini, prevenzioni, rimedi*, Mursia, Milano, 1987
 - MASTRONARDI A., *Tra urbanistica e geologia* in *Urbanistica INFORMAZIONI*, n° 158, marzo aprile 1998
 - MENONI S., *Pianificazione e incertezza. Elementi per la valutazione e la gestione dei rischi territoriali*, F. Angeli, Milano, 1997
 - MIGLIORINI P., *Calamità naturali*, Editori Riuniti, Roma, 1981
 - ORDINE DEGLI INGEGNERI DI MILANO - Collegio degli Ingegneri di Milano, *Protezione civile 2. Rischio naturale*, Clup, Milano, 1990
 - ORDINE DEGLI INGEGNERI DI MILANO - Collegio degli Ingegneri di Milano, *Protezione civile 3. Rischio ambientale e gestione dell'emergenza*, Clup, Milano, 1990
 - PANIZZA M., *La cartografia tematica delle Scienze della Terra nella pianificazione territoriale* in *Memorie della Società Geologica Italiana*, vol. XXVII, 1987, Soc. Geol. It., Roma, 1991
 - PERULLI F., *Le frane*, Libreria Dario Flaccovio Editrice, Palermo, 1986
 - POLEMIO M., *Precipitazioni atmosferiche e frane*, <http://www.ba.cnr.it/massimo/dinricerca/a029504.htm>
 - RANZI R., *Valutazione delle portate al colmo di piena in un bacino alpino con modello di trasformazione afflussi-deflussi*, in U. Maione, A. Brath, *La difesa idraulica del territorio*, Atti del corso di aggiornamento 7-11 ottobre 1996, Editoriale Bios, Cosenza, 1997
 - RODOLFI G., *Frane e franosità nell'area di Montespertoli. Il paesaggio naturale e la sua evoluzione* in Regione Toscana, *Cartografia tematica per gli interventi sul territorio, Agricoltura collinare e difesa del suolo. Esperienze nella zona di Montespertoli e Progetto finalizzato C.N.R. "Conservazione del suolo"*, Italia Grafiche, Firenze, 1987
 - SFONDRINI G., BORRA G., PESSINA E., MANDELLI F., SMIRAGLIA C., CAROVIGNO R., LASSINI P., *Dissesto idrogeologico: prevenire o subire*, Atti del convegno, 7 novembre 1987, Sondrio
 - SFONDRINI G., *Previsione e prevenzione dei movimenti franosi* in Club Alpino Italiano, Commissione lombarda tutela ambiente montano, *Dissesto idrogeologico: prevenire o subire*. Convegno di Sondrio, 7 novembre 1987, Queriniana, Brescia, 1988
 - SOLBIATI R., MARCELLINI A., *Terremoto e società*, Garzanti editore, Milano, 1983
 - TERZAGHI K., PECK R. B., *Geotecnica*, UTET, Torino, 1974
 - TIRA M., *Pianificare la città sicura*, Ed. Librerie Dedalo, Roma, 1997
 - VALLARIO A., *Frane e territorio: le frane nella morfogenesi dei versanti e nell'uso del territorio*, Liguori, Napoli, 1992
 - VALLATI D., *Incendi boschivi nel bresciano nell'ultimo ventennio*, Atti del convegno "I boschi montani: un ecosistema, una risorsa", Brescia, 1993
 - VILLARI C., *Territorio e rischio sismico*, Casa del Libro Editrice, Roma, 1983

PIANIFICAZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO

- AA VV, *Land Use Planning After Earthquakes*, Published by William Spangle Inc., 1980
- BUSI R., FERRARA G., PONTRANDOLFI P., TIRA M., *Dai piani per la ricostruzione ai piani per la mitigazione del rischio sismico: indirizzi per la redazione dei piani di recupero*, Atti del convegno internazionale “Piano e progetto nelle aree a rischio sismico”, Catania, 1994
- BUSI R., *Pianificazione territoriale in aree a rischio: urbanistica come normazione e come progettazione*, Atti del convegno internazionale “Piano e progetto nelle aree a rischio sismico”, Catania, 1994
- BUSI R., *Pianificazione territoriale. La componente extraurbana*, Dipartimento di Ingegneria Civile dell’Università, Brescia, 1993
- BUSI R., PONTRANDOLFI P.(a cura di), *La strumentazione urbanistica generale e attuativa in Basilicata nel decennio 1980-1990*, Regione Basilicata, 1992
- CALDARETTI S., FABIETTI W., RIGGIO A., *La vulnerabilità sismica dei sistemi territoriali*, Edizioni DEI, Roma, 1987
- CANUTI P., CASAGLI N., *Considerazioni sul rischio di frana*, Relazione al congresso “Fenomeni franosi e centri abitati” (CNR - Regione Emilia Romagna), Bologna, 1994
- CARBONARA S.(a cura di), *La pianificazione di bacino*, in *Genio rurale*, n. 5, pag. 3-6, 1997
- CARBONARA S.(a cura di), *Usi civici e pianificazione del territorio*, in *Genio rurale*, n. 6, pag. 4-6, 1997
- CLEMENTE F.(a cura di), *Pianificazione del territorio e sistema informativo*, Franco Angeli Libri, Milano, 1984
- CNR e Regione Lombardia, *Determinazione del rischio sismico a fini urbanistici in Lombardia*, Milano, 1996
- FERA G., *La città antisismica*, Gangemi editore, Roma, 1991
- FOSTER H., *Disaster planning. The preservation of life and property*, Springer, New York, 1980
- GIULIANO, PELLEGRINI, ZAVATTI, *Esempi di carte di vulnerabilità sismica dei sistemi territoriali*, Pitagora Editrice, Bologna, 1995
- GNDCI-CNR IRPI, *Progetto AVI, Rapporti regionali di sintesi*, www.GNDCI.PG.CNR.IT/www.GNDCI/progetti
- IMBESI G., *Rischio sismico e cultura di piano*, in P. M. Mura, *Una geografia per la pianificazione*, Gangemi editore, Roma, 1988
- LAVELL A., *Cities at risk: environmental degradation and urban disaster*, in *Solutions for cities at risk*, 26 agosto 1996-25 ottobre 1996, UN-IDNDR and QUIPUNET Internet Conference, www.quipu.net:1996/English/risk/archive/week9/lavell/lavell.htm
- LUDOVICI B., *La valutazione in urbanistica*, Gangemi Editore, Roma, 1988
- MORELLI C., *Piano territoriale paesistico della provincia di Brescia*, Provincia di Brescia, 1997
- QUARANTELLI E. L., *Introductory statement: theme disaster planning for cities*, in *Solutions for cities at risk*, 26 agosto 1996-25 ottobre 1996, UN-IDNDR and QUIPUNET Internet Conference, www.quipu.net:1996/English/risk/archive/week5/quarantelli/quarantelli.htm
- SANFILIPPO E. D., LA GRECA P.(a cura di), *Piano e progetto nelle aree a rischio sismico*, Gangemi Editore, Roma, 1995

- SICCARDI F., *Omicidio colposo? Una lezione di ingegneria naturalistica*, in *Protecta*, n° 3 / 4, pag. 26-30, 1995
- TIBONI M., *Pianificazione delle aree a rischio fisico: vulnerabilità del sistema viabilistico ed impatto dell'innovazione tecnologica*, tesi sostenuta presso l'Università degli Studi di Brescia, Facoltà di Ingegneria, Dipartimento di Ingegneria Civile, Anno Accademico 1994-95
- TIRA M., *I riferimenti normativi ordinari per la pianificazione urbanistica in zone sismiche*, L'Ufficio tecnico, Maggioli, Rimini, n° 7-8, pag. 949-979
- TIRA M., *Pianificare la città sicura*, Ed. Librerie Dedalo, Roma, 1997
- WEST C. P. T., LENZE D. G., *Modeling the regional impact of natural disaster and recovery: a general framework and an application to hurricane Andrew*, in *International regional Science Review*, vol. 17, n° 2, pag. 121-150, 1994
- ZURLI D., *Il sistema integrato delle conoscenze per la formazione dei nuovi piani*, in *Genio rurale*, n° 5, pag. 7-9, 1997

CARTOGRAFIA E STRUMENTI PER LA PIANIFICAZIONE

- A. DE STEFANIS, M. MARINI, R. TERRANOVA, *Indagini geomorfologiche e geologico-tecniche nel territorio del comune di S. Stefano D'Aveto con particolare riguardo al capoluogo e ad alcune frazioni nell'ambito del piano regolatore comunale (Appennino ligure) in Memorie della Società Geologica Italiana*, vol. XIV, 1975, Soc. Geol. It., Roma, 1976
- AHLBERG P., STIGLER B., VIBERG L., *Experiences of landslide risk considerations in land use planning in Sweden in Landslides: proceedings of the fifth International symposium on landslides*, Lausanne, 10-15 July 1988, editor C. Bonnard - Rotterdam; Brookfield, Balkema, 1988-1990
- ALESSANDRI F., DE STEFANIS A., M. Marini, *Geologia applicata alla pianificazione territoriale: esempi e raffronti tra diverse tecniche di diagnosi e rappresentazione in Memorie della Società Geologica Italiana*, vol. XIV, 1975, Soc. Geol. It., Roma, 1976
- AMADESI E., VIANELLO G., *Metodologia per la realizzazione di una carta della stabilità in Geologia applicata e idrogeologia* Progetto finalizzato dal C.N.R. "Conservazione del suolo", Sottoprogetto "Fenomeni franosi", Arti Grafiche FAVIA, Bari, 1987
- ANGELELLI A., ARTIOLI G.P., GARBERI M. L., NERI A., PIGNONE R., *Banca Dati Geologici nel Sistema Informativo Territoriale e Ambientale della Regione Emilia-Romagna in Secondo Seminario Cartografia Geologica*, Bologna, 1990 a cura di Regione Emilia-Romagna, Ufficio Cartografico. Roma: Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, 1992
- BAGINI L., MARESCOTTI L., *I sistemi informativi ambientali per l'urbanistica. Metodologie di progetto e applicazioni*, Editrice Il Rostro, Milano, 1995
- BIASINI A., GALETTO R., MUSSIO P., RIGAMONTI P., *La cartografia e i sistemi informativi per il governo del territorio*, Franco Angeli Editore, Milano, 1985
- BONFATTI F., *Progetto di una Banca di dati territoriali: Esperienze della Regione Emilia-Romagna in Centro Studi e Ricerche dell'Amministrazione dell'Università degli Studi di Parma, Nuove metodologie per la gestione del territorio*, Ed. La Nazionale, Parma, 1978
- C.N.R. Gruppo nazionale per la difesa dalle catastrofi idrogeologiche. Previsione e prevenzione di eventi franosi a grande rischio. Convegno sul tema: *Cartografia e*

- monitoraggio dei movimenti franosi*, Bologna, 10-11 novembre 1988. Tecnoprint, Bologna, 1990
- CARRARA, CARDINALI, GUZZETTI, REICHENBACH, *GIS-Based techniques for mapping landslide hazard*, <http://deis158.deis.unibo.it/GIS>
 - CHIARAVALLI F., GHILARDI S., MUZZI F., SENO A., *Costruzione di cartografia geoambientale e applicazione per la gestione e la pianificazione del territorio. Un contributo metodologico* in Servizio geologico nazionale, Atti delle Giornate di studio *Ricerche geologiche correlate all'ambiente*, Roma, 27 settembre - 1 ottobre 1988, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 1992
 - COLLOTTA T., MORETTI P.C., VIOLA C., *A slope instability data-bank: Present usefulness, future developments* in *Landslides: proceedings of the fifth International symposium on landslides*, Lausanne, 10-15 July 1988, editor C. Bonnard - Rotterdam; Brookfield, Balkema, 1988-1990
 - DELLA BELLA G., ROSSOLINI A., PATATA L., *Sviluppo metodologie GIS per la individuazione di aree idonee alla localizzazione di discariche di rifiuti solidi*, in *Paesaggio urbano*, mag-giu, 1996
 - EINSTEIN H.H., *Special lecture: Landslide risk assessment procedure* in *Landslides: proceedings of the fifth International symposium on landslides*, Lausanne, 10-15 July 1988, editor C. Bonnard - Rotterdam; Brookfield, Balkema, 1988-1990
 - FRANCESCHETTI B., *La cartografia tematica geologico-morfologica in relazione alla lettura delle caratteristiche fisiche del territorio* in Atti del Convegno *Pianificazione territoriale e geologia*. Torino 14 aprile 1978 Regione Piemonte, Torino, 1978
 - GHETTI P.F., DAGLI ALBERI R., *Realtà e prospettive nell'analisi e progettazione del territorio* in Centro Studi e Ricerche dell'Amministrazione dell'Università degli Studi di Parma, *Nuove metodologie per la gestione del territorio*, Ed. La Nazionale, Parma, 1978
 - GIORDANO G., *I sistemi informativi geografici per la gestione della città e del territorio*, in *Genio rurale*, n° 9, 1996
 - GOODCHILD, PARKS, STEYAERT, *Environmental modeling with GIS*, Oxford University Press, New York, 1993
 - GRAINGER P., KALAUGHER P.G., *Hazard zonation of coastal landslides* in *Landslides: proceedings of the fifth International symposium on landslides*, Lausanne, 10-15 July 1988, editor C. Bonnard - Rotterdam; Brookfield, Balkema, 1988-1990
 - HARTLÉN J., VIBERG L., *General report: Evaluation of landslide hazard* in *Landslides: proceedings of the fifth International symposium on landslides*, Lausanne, 10-15 July 1988, editor C. Bonnard - Rotterdam; Brookfield, Balkema, 1988-1990
 - IOZZI F., PARACCHINI M. L., *Georeferenziazione dei dati cartografici nei sistemi "Geografico", "Gauss Boaga", "UTM"*, in *Genio rurale*, n. 1, pag. 72-78, 1993
 - JACOBACCI A., MOTTERAN G., PRAT E., SCALISE A.R., VITTORI P., ZATTINI N., *Carta della vulnerabilità per franosità* in Servizio geologico nazionale, Atti delle Giornate di studio *Ricerche geologiche correlate all'ambiente*, Roma, 27 settembre-1 ottobre 1988, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 1992
 - LEPORATI P., *Contributo dell'analisi geologica all'organizzazione del territorio: applicazione al comprensorio di Biella* in Atti del Convegno *Pianificazione territoriale e geologia*. Torino 14 aprile 1978 Regione Piemonte, Torino, 1978
 - MACIOCCO G.(a cura di), *La città, la mente, il piano. Sistemi intelligenti e pianificazione urbana*, Franco Angeli, Milano, 1994
 - NARDI A., RASPOLLINI R., MALESANI P.G., FONDELLI M., *Acquisizione dei dati territoriali della Valle del Mugnone* in Centro Studi e Ricerche dell'Amministrazione

- dell'Università degli Studi di Parma, *Nuove metodologie per la gestione del territorio*, Ed. La Nazionale, Parma, 1978
- NERVO R., *Aspetti metodologici di uno studio geologico-geomorfologico a grande scala, finalizzato alla pianificazione territoriale ed alla difesa del suolo* in Atti del Convegno *Pianificazione territoriale e geologia*. Torino, 14 aprile 1978, Regione Piemonte, Torino, 1978
 - NOSENGO S., *L'aspetto geologico nella stesura di un Piano Paesistico ligure* in Servizio geologico nazionale, Atti delle Giornate di studio *Ricerche geologiche correlate all'ambiente*, Roma, 27 settembre-1 ottobre 1988, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 1992
 - PANIZZA M., *Ricerche di geomorfologia applicata alla pianificazione del territorio* in *Memorie della Società Geologica Italiana*, vol. XIV, 1975, Soc. Geol. It., Roma, 1976
 - RIEMER W., RUPPERT F.R., LOCHER T.C., NUNEZ I., *Regional assessment of slide hazards* in *Landslides: proceedings of the fifth International symposium on landslides*, Lausanne, 10-15 July 1988, editor C. Bonnard - Rotterdam; Brookfield, Balkema, 1988-1990
 - SPAGNA V., CABRIEL M., *Cartografia geologico-tecnica per gli strumenti urbanistici: dal piano territoriale regionale di coordinamento (P.T.R.C) al piano regolatore generale dei comuni (P.R.G.)* in *Memorie della Società Geologica Italiana*, vol. XXVII, 1987, Soc. Geol. It., Roma, 1991

VALUTAZIONE D'IMPATTO AMBIENTALE E APPLICABILITÀ AGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE

- ALBERTI M., BERRINI M., MELONE A., ZAMBRINI M., *La valutazione d'impatto ambientale*, Angeli, Milano, 1988
- BAZZANI G., GRILLENZONI M., MALAGOLI C., RAGAZZONI A., *Valutazione delle risorse ambientali*, Edagricole, Bologna, 1993
- BENTIVEGNA V., *La costruzione di una coalizione tra comuni su problemi territoriali risolta con l'analisi multicriteri*, in *Genio Rurale* nr.1, 1995
- BENTIVEGNA V., *La valutazione ambientale come aiuto alle decisioni pubbliche: limiti e cautele*, in *Genio Rurale* nr.1, 1996
- BETTINI V., FALQUI E., ALBERTI M., *Il bilancio d'impatto ambientale: teorie e metodi*, Clup, Milano, 1984
- BRAVI M., LOMBARDI P., *La valutazione di beni pubblici e di progetti: una bibliografia*, in *Genio Rurale* nr.9, 1994
- BRESSO M., RUSSO R., ZEPPESELLA A., *Analisi dei progetti e valutazione d'impatto ambientale. Aspetti economico-territoriali*, Angeli, Milano, 1985
- BRUSCHI S., *Valutazione dell'impatto ambientale*, Autonomie, Roma, 1984
- BRUZZI L., *Prevenzione e controllo dell'impatto ambientale*, Clueb, Bologna, 1995
- CANALI G., AIMI M., *Un'analisi comparata delle normative regionali sulla Valutazione di Impatto Ambientale*, in *Genio Rurale* nr.1, 1997
- CANAVARI M., RAGAZZONI A., *La VIA verso le Regioni: normativa di recepimento della Dir. CEE/337/85*, in *Genio Rurale* nr.3, 1997
- CLARK B.D. ET ALII, *A manual for the assessment of major development proposals*, London, 1981
- COLLETTA A., *La valutazione a più parametri: un nuovo approccio operativo basato sull'impiego delle reti neurali artificiali*, in *Genio Rurale* nr.2, 1997
- COLOMBO, PAGANO, ROSSETTI, *Manuale di urbanistica*, Pirola, Milano, 1993

-
- COMMISSIONE DELLE COMUNITA' EUROPEE, *Relazione della Commissione sull'applicazione della direttiva 85/337/CEE concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati [COM (93) 28 def., 02.04.1993]*, 1993
 - COOK W.D., SEIFORD L.M., *Priority ranking and consensus formation*, in *Management Science* nr.24, 1978
 - COOP. ARIET (a cura), *La valutazione d'impatto ambientale*, Gangemi, Roma, 1989
 - DACLON C.M., *La VIA in Italia e in Europa*, Maggioli, Rimini, 1996
 - DEE N. ET ALII, *Environmental evaluation system for water Resource Planning*, Bettelle-Columbus Laboratories, Columbus, 1972
 - DEPARTAMENTO DE URBANISMO, VIVIENDA Y MEDIO AMBIENTE, *Guia sobre criterios ambientales en la elaboracion del planeamiento*, Servicio central de publicaciones del Gobierno Vasco, Vitoria Gasteiz, 1994
 - DUKE K.M. ET ALII, *Environmental quality assessment in multiobjective planning*, Bettelle-Columbus Laboratories, Columbus, 1977
 - FABBRI G., ORSINI R., *Reti neurali per le scienze economiche*, Angeli, Milano, 1993
 - FALUDI A., *I tre paradigmi della teoria del piano. Il processo decisionale: questione centrale del piano*, lezioni tenute all'Università degli Studi di Roma La Sapienza, Scuola di specializzazione in "Metodi e strumenti della pianificazione urbanistica", 1991
 - FUSCO GIRARD L., *Risorse architettoniche e culturali: valutazione e strategie di conservazione*, Angeli, Milano, 1987
 - GAIA ASSESSORIA, *Gestiò i estudis ambientals*, Barcelona, 1998
 - GALLERANI V., CAGGIATI P., ORI M., ZANNI G., *Metodologie per la valutazione ambientale delle tecnologie agricole*, Isatcer, 1990
 - GIACOMELLI P., PAREGLIO S., *Compatibilità ambientale e valutazione di impatto nel piano urbanistico. Aspetti metodologici e problematiche applicative*, in *Genio Rurale* nr.1, 1998
 - GRECO N., *op.cit.*, 1994
 - GRILLENZONI M., GRITTANI G., *Estimo*, Calderini, Bologna, 1994
 - GRILLENZONI M., RAGAZZONI A., BAZZANI G.M., CANAVARI M., *Pianificazione territoriale e valutazione delle risorse per investimenti pubblici*, in *Genio Rurale* nr.2, 1996
 - KOSKO B., *Il fuzzy-pensiero: teoria ed applicazioni della logica fuzzy*, Baldini & Castoldi, Milano, 1995
 - LA CAMERA F., *Situazione normativa italiana sulla VIA*, in *Genio Rurale* nr.3, 1997
 - LANZAVECCHIA S., *Aspetti di metodo per la valutazione degli impatti ambientali diretti ed indotti di progetti esecutivi*, Fast/Assolombarda, corso di valutazione d'impatto ambientale, Milano, 1985
 - LEONTIEF W., *Environmental repercussion and the economic structure: an input/output approach*, in *The Review of Economics and Statistics*, nr.52, 1970
 - LICHFIELD N., DARIN H., *Land policy in planning*, Allen and Unwin, London, 1980
 - LICHFIELD N., *From impact assessment to impact evaluation*, in FALUDI A., VOOGD H. (a cura), "Evaluation of complex policy problems", Delftsche Utgevers Maatschappij BV, Delft, 1985
 - LICHFIELD N., *Il metodo di valutazione di impatto comunitario*, in DI STEFANO R., SIOLA U. (a cura), "Rigenerazione dei centri storici: Il caso Napoli", Sole 24 Ore, Napoli, 1988
 - LICHFIELD N., KETTLE P., WHITEBREAD M., *Evaluation in the planning process*, pergamon Press, Oxford, 1975

-
- MALLARACH I CARRERA J., RIERA I TUSELL M., *Els estudis del medi ambient en la planificació urbanística i territorial*, in AAVV, "Parc Natural in Zona Volcanica de la Garrotxa", Girona, 1985
 - MASSAM B.H., *Multicriteria decision making techniques in planning*, in Progress in Planning vol.30, 1988
 - MONDINI G., *Metodi di valutazione dell'ambiente costruito: tre questioni aperte*, in Genio Rurale nr.2, 1996
 - MORACI F., *Valutazione d'impatto ambientale in aree costiere*, Gangemi, Roma, 1988
 - ONETO G., *Valutazione di impatto sul paesaggio*, Pirola, Milano, 1989
 - PEANO A., *La difesa dell'ambiente: piano, valutazione, interventi*, Gangemi, Roma, 1992
 - PEARCE D., MARKANDYA A., BARBIER E., *Progetto per una economia verde*, Il Mulino, Bologna, 1989
 - RAGAZZONI A., *Valutazione dei piani e dei progetti ambientali*, in Genio Rurale nr.1, 1995
 - ROSCELLI R., *Misurare l'incertezza*, Celid, Torino, 1990
 - ROY B., *Classement et choix en presence de points de vue multiples*, in Revue Française d'Informatique et Recherche Operationelle, 1968
 - ROY B., *ELECTRE III: un algorithme de classement fondè sur une representantion floue des preferences en presence de criteres multiples*, in Cahiers du Centre d'etudes en Recherche Operationelle vol.20 nr.1, 1978
 - ROY B., *Methodologie multicriterie d'aide a la decision*, Economica, Paris, 1985
 - RUSSI A., *Modelli reticolari integrati da analisi statistica e loro impiego negli studi d'impatto ambientale*, in Atti dell'8° Convegno Annuale AAA " La VIA in Italia: stato dell'arte e prospettive", 1996
 - RYDIN Y., *Environmental issues and the property market*, Paper presentato al Congresso ACSP-AESOP, "Planning transatlantic: global change and local problems", Oxford, 8-12 Luglio, 1991
 - SAATY T.L., *Exploring the interface between hierarchies, multiple objectives and fuzzy sets*, in Fuzzy Sets and Systems nr.1, 1978
 - SAATY T.L., *The analytic hierarchy process*, McGraw Hill, New York, 1980
 - SMITH P.N., *Applications of fuzzy sets in the environmental evaluation of projects*, in Journal of Environmental management nr.42, 1994
 - US FEDERAL POWER COMMISSION, *Implementation of the NEPA of 1969*, Washington, 1973
 - VENTURINI R., *La valutazione d'impatto ambientale in Italia*, in Ufficio Tecnico nr.4, 1998
 - VISMARA R., ZAVATTI A. (a cura), *Indicatori e scale di qualità*, Pitagora, Bologna, 1996
 - WATHERN P. ET ALII, *Assessing the environmental impacts of policy*, in CLARK M., HERINGTON J., " The role of environmental impact assessment in the planning process", Mansell, London, 1988
 - WESTMAN W.E., *Ecology, impact assessment and environmental planning*, J.Wiley and Sons, New York, 1985
 - WITT A., *Die UVP in den Laendern: eine Uebersicht*, in UVP Report nr.1, 1996
 - WOOD C., *Environmental impact assessment: a comparative review*, Addison Wensley Longman, Harlow, 1995
 - WOOD C., *op.cit.*, 1995

- YAGER R.R., *Fuzzy decision-making including unequal objectives*, in *Fuzzy Sets and Systems* nr.1, 1978
- YAGER R.R., *Multiple objective decision making using fuzzy sets*, in *International Journal of Man-Machine Studies* nr.12, 1977
- ZANOLI R., *L'uso della logica fuzzy nella valutazione d'impatto ambientale*, in *Genio Rurale* nr.4, 1996
- ZEPPESELLA A., BRESSO M., GAMBA G., *Valutazione ambientale e processi di decisione*, Nis, Roma 1992
- ZIPARO A., *Pianificazione ambientale e trasformazioni urbanistiche*, Gangemi, Roma, 1988

RIFERIMENTI LEGISLATIVI

- LEGGE 1 giugno 1939, n. 1089. *Tutela delle cose di interesse artistico e storico* (G.U. 8-8-1939, n. 184)
- LEGGE 29 giugno 1939, n. 1497. *Protezione delle bellezze naturali* (G.U. 14-10-1939, n. 241)
- LEGGE 17 agosto 1942, n. 1150. *Disciplina urbanistica del territorio regionale e misure di salvaguardia per la tutela del patrimonio naturale e paesistico* (G.U. 16-10-1942, n. 244)
- LEGGE 2 febbraio 1974, n. 64. *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche* (G.U. 21-3-1974, n. 76)
- LEGGE 1 marzo 1975, n. 47. *Norme integrative per la difesa dei boschi dagli incendi* (G.U. 14-3-1975, n. 72)
- LEGGE 10 dicembre 1981, n. 741. *Ulteriori norme per l'accelerazione delle procedure per l'esecuzione di opere pubbliche* (G.U. 16-12-1981, n. 344)
- LEGGE 8 agosto 1985, n. 431. *Disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale* (G.U. 8-8-1985, n. 197)
- LEGGE 18 maggio 1989, n. 183. *Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo* (G.U. 25-5-1989, n. 120 suppl.) (modificata e integrata dalla legge 7 agosto 1990, n. 253, G.U. 3-9-1990, n. 205)
- LEGGE 8 giugno 1990, n. 142. *Ordinamento delle autonomie locali* (G.U. 12-6-1990 n. 135 suppl.)
- LEGGE 6 dicembre 1991, n. 394. *Legge quadro sulle aree protette* (G.U. 13-12-1991, n. 292 suppl.)
- LEGGE 24 febbraio 1992, n. 225. *Istituzione del Servizio nazionale della protezione civile* (G.U. 17-3-1992, n. 64)
- LEGGE 31 gennaio 1994, n. 97. *Nuove disposizioni per le zone montane* (G.U. 9-2-1994, n. 32)
- Decreto Ministeriale 21 gennaio 1981. *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione* (G.U. 7-2-1981, n. 37)
- LEGGE REGIONALE DELLA LOMBARDIA 20 ottobre 1972, n. 33. *Interventi per la prevenzione e l'estinzione degli incendi forestali*
- LEGGE REGIONALE DELLA LOMBARDIA 21 giugno 1988, n. 33. *Disciplina delle zone del territorio regionale a rischio geologico e a rischio sismico* (B.U. 24-6-1988, n.25)

- LEGGE REGIONALE DELLA LOMBARDIA 24 novembre 1997, n. 41. *Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti*
- Deliberazione della Giunta Regionale della Lombardia del 18 maggio 1993, n. 5/36147. *Criteri e indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale* (B.U. 16-7-1993, n. 28)
- Deliberazione della Giunta Regionale Emilia Romagna del 2 maggio 1990, n. 2141. *Proposta del Consiglio Regionale di adozione di indirizzi per la formazione di piani regolatori generali comunali e loro varianti.*

RIFERIMENTI A PIANI

- R.BUSI (Capogruppo), *Piano Urbanistico Comunale di San Remo (IM)*, in fase di elaborazione.