

Tab. 4.2.C/3 - Bacino Fiume Era-Cascina-Roglio: contributi massimi degli interbacini Tr30 e Tr100

nome interbacino	codice sezione	superficie [kmq]	T30				T100			
			3h	6h	9h	12h	3h	6h	9h	12h
ELSA	EL_1001	708.9	496.5	475.8	750.2	747.6	901.6	902.1	1130.5	1135.2
PESCIOLA	EL_1002	61.2	85.2	69.8	114.2	94.2	133.5	111.1	160.2	134.3
FRATI DEI O VALLONE DEL	EL_1011	5.7	9.2	7.6	12.2	10.1	14.3	11.9	17.5	14.6
LAMA	EL_1018	2.1	2.8	2.2	3.9	3.1	4.5	3.7	5.5	4.5
PIETROSO	EL_2001	0.04	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
MORTO	EL_0171	9.4	13.9	11.2	18.6	15.2	22.0	18.0	27.2	22.4
GRIGNANA DI	EL_0159	2.5	2.8	2.1	3.7	2.9	4.3	3.4	5.0	4.1
FATE DELLE	EL_0153	3.1	3.5	2.9	4.1	3.4	4.5	3.8	5.1	4.3
BROCCOLINO DI O DI PIANZANO	EL_0126	8.8	10.2	7.8	13.8	10.7	16.2	12.8	19.9	15.9
MAREMMANA	EL_0107	5.9	9.9	7.8	13.1	10.5	15.3	12.4	18.7	15.3
MALTAGLIATA O RIO PADULE	ER_0012	5.9	25.0	16.2	12.3	10.1	31.6	20.8	15.9	13.1
CASCINA	CA_1013	54.3	139.9	146.2	128.1	107.6	178.4	185.0	161.8	137.3
ROGLIO	RO_1003	0.2	0.7	0.4	0.3	0.3	0.9	0.6	0.4	0.3

nome interbacino	codice sezione	superficie [kmq]	T200				T500			
			3h	6h	9h	12h	3h	6h	9h	12h
ELSA	EL_1001	708.9	520.8	701.2	754.8	747.6	627.7	875.9	937.7	925.4
PESCIOLA	EL_1002	61.2	18.6	13.0	10.2	8.5	21.9	15.9	12.5	10.5
FRATI DEI O VALLONE DEL	EL_1011	5.7	14.7	10.2	8.0	6.7	17.3	12.5	9.8	8.3
LAMA	EL_1018	2.1	10.2	7.1	5.6	4.7	12.0	8.7	6.8	5.7
PIETROSO	EL_2001	0.04	7.4	5.1	4.0	3.4	8.7	6.3	4.9	4.1
MORTO	EL_0171	9.4	10.3	6.8	5.2	4.3	12.4	8.3	6.4	5.3
GRIGNANA DI	EL_0159	2.5	3.5	2.3	1.8	1.5	4.1	2.8	2.2	1.8
FATE DELLE	EL_0153	3.1	21.1	13.9	10.8	8.9	25.3	17.0	13.2	11.0
BROCCOLINO DI O DI PIANZANO	EL_0126	8.8	1.2	0.8	0.6	0.5	1.4	0.9	0.7	0.6
MAREMMANA	EL_0107	5.9	0.6	0.4	0.3	0.3	0.7	0.5	0.4	0.3
MALTAGLIATA O RIO PADULE	ER_0012	5.9	21.8	14.6	11.3	9.3	25.6	17.9	13.9	11.5
CASCINA	CA_1013	54.3	35.8	24.0	18.4	15.1	42.4	29.0	22.2	18.3
ROGLIO	RO_1003	0.2	1.2	0.8	0.6	0.5	1.4	1.0	0.8	0.6

Tab. 4.2.C/4 - Bacino Fiume Era-Cascina-Roglio: contributi massimi degli interbacini Tr200 e Tr 500

nome interbacino	codice sezione	superficie [kmq]	T30		T100		T200		T500	
			9h	12h	9h	12h	9h	12h	9h	12h
ELSA	EL_1001	708.9	496.5	475.8	750.2	747.6	901.6	902.1	1130.5	1135.2
PESCIOLA	EL_1002	61.2	85.2	69.8	114.2	94.2	133.5	111.1	160.2	134.3
FRATI DEI O VALLONE DEL	EL_1011	5.7	9.2	7.6	12.2	10.1	14.3	11.9	17.5	14.6
LAMA	EL_1018	2.1	2.8	2.2	3.9	3.1	4.5	3.7	5.5	4.5
PIETROSO	EL_2001	0.04	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
MORTO	EL_0171	9.4	13.9	11.2	18.6	15.2	22.0	18.0	27.2	22.4
GRIGNANA DI	EL_0159	2.5	2.8	2.1	3.7	2.9	4.3	3.4	5.0	4.1
FATE DELLE	EL_0153	3.1	3.5	2.9	4.1	3.4	4.5	3.8	5.1	4.3
BROCCOLINO DI O DI PIANZANO	EL_0126	8.8	10.2	7.8	13.8	10.7	16.2	12.8	19.9	15.9
MAREMMANA	EL_0107	5.9	9.9	7.8	13.1	10.5	15.3	12.4	18.7	15.3
MALTAGLIATA O RIO PADULE	ER_0012	5.9	25.0	16.2	12.3	10.1	31.6	20.8	15.9	13.1
CASCINA	CA_1013	54.3	139.9	146.2	128.1	107.6	178.4	185.0	161.8	137.3
ROGLIO	RO_1003	0.2	0.7	0.4	0.3	0.3	0.9	0.6	0.4	0.3

Tab. 4.2.C/5 - Bacino Fiume Elsa: contributi massimi degli interbacini Tr30, Tr100, Tr200 e Tr500.

Fiume Era

- tratto Capannoli-confluenza Fiume Cascina (esondazioni diffuse della Q_{30});
- località La Borra-I Renacci (situazioni di rischio idraulico in sinistra con portata centennale e in destra idrografica con portata trentennale);
- Torrente Roglio (esondazioni diffuse con la Q_{30} in tutto il tratto studiato tra Forcoli e la confluenza in Era);
- Ponsacco (situazioni di rischio idraulico per esondazioni del Cascina e dell'Era in destra idrografica con la Q_{100} e, parzialmente, anche con la Q_{30} ; in sinistra l'abitato è interessato da esondazioni solo per eventi con tempo di ritorno

cinquecentennale).

I volumi di esondazione complessivi calcolati per ogni tempo di ritorno come inviluppo dei volumi massimi stoccati nelle aree di potenziale esondazione sono riportati nella Tab 4.3.A.

Perimetrazione delle aree inondabili

L'inviluppo dei risultati ottenuti per ciascun tempo di ritorno (in particolare in termini di livelli idrometrici massimi raggiunti in alveo e nelle aree di potenziale esondazione e di volumi esondati) ha costituito la base numerica di riferimento per il tracciamento delle aree inondabili, effettuato con riferimento alla cartografia CTR 1:10000.

Per le aree interessate prevalentemente da feno-

Tab. 4.3.A Volumi di esondazione [mc]

bacino	T30	T100	T200	T500
Sieve	1784472	3761190	5440496	8069530
Elsa e scolmatore	1587064	8681639	14986838	24515079
Era / Cascina / Roglio	2129110	4821700	8093395	15919258

meni di trasporto (alveo principale, aree golenali), è stata attribuita a ciascuna sezione fluviale l'altezza idrometrica massima raggiunta, delimitando le aree comprese fra sezioni successive sulla base delle quote rilevabili dalla cartografia e interpolando in base alla locale cadente piezometrica le quote calcolate in corrispondenza delle sezioni fluviali.

Per le aree interessate prevalentemente da fenomeni di invasione (aree di potenziale esondazione) la perimetrazione è stata condotta sulla base della conoscenza del livello massimo di riempimento e del volume invasato per ciascuna area considerata. In particolare, utilizzando il modello digitale del terreno, sono state delimitate le zone di accumulo "statico" dei volumi esondati completando la perimetrazione con l'analisi dei presumibili percorsi di inondazione deducibili dalla mappa delle connessioni idrauliche e dall'analisi delle caratteristiche morfologiche del territorio. L'allagamento di un'area può derivare pertanto dal transito, come sopra ipotizzato, dei volumi che si trasferiscono da una zona all'altra e/o dall'accumulo di volumi idrici.

Tab 4.4.A - Aree a diversa pericolosità [ha].

	P4	P3	P2	P1
SIEVE	771.6	279.5	355.1	352.8
ELSA	423.4	308.9	539.4	771.3
ERA	758.9	479.6	613.0	431.8

Perimetrazione delle aree a diversi livelli di pericolosità idraulica

Partendo dallo strato informativo delle aree inondabili, prodotto su base analitica con le modalità appena esposte è stato delimitato un perimetro di studio all'interno del quale risultano definite le aree con differenti livelli di pericolosità idraulica (P1-moderata; P2-media; P3-elevata; P4-molto elevata).

E' stato garantito il raccordo con gli strati informativi già esistenti relativi alle aree perimetrate su base geomorfologica e storico inventariale.

All'interno dell'area di studio, il grado di pericolosità delle aree per le quali si ritiene che il rischio di inondazione sia dovuto alla rete scolante minore (o, in generale, a quella non studiata analiticamente) è stato mantenuto inalterato rispetto agli strati informativi esistenti.

Il dettaglio dell'ampiezza delle aree a diversa pericolosità perimetrate nei tre bacini studiati è riportato nella Tab 4.4.A.

Applicazione della Metodologia Minamb al Torrente Virginio

Dati d'ingresso

Topografia (carte di base, digitalizzazione, realizzazione del DEM)

Tra i dati di ingresso necessari alla realizzazione di questo studio la topografia è uno dei più importanti, per ovvi motivi. Prima di tutto la rappresentazione cartografica del territorio è essenziale come supporto alla analisi di campagna, sia nella fase di sito che in quella di macroarea. Secondariamente, ma non per importanza, la distribuzione delle quote nel bacino, opportunamente rappresentata in un modello matematico (DEM o DTM) permette di determinarne in maniera oggettiva le caratteristiche geomorfologiche, specialmente dal punto di vista dell'analisi morfometrica: molti parametri che in altri modi vengono stimati genericamente, a partire dal dato altimetrico possono invece essere determinati quantitativamente. Tra di essi quei fattori topografici (pendenza, esposizione, curvatura, etc.) cui è stato fatto riferimento anche nei capitoli precedenti e che sono di importanza fondamentale nella previsione del rischio di frana.

La scelta del supporto di base topografico è stata dettata da due fattori principali: lo scopo finale del lavoro, anche da un punto di vista di scala e di riproducibilità del metodo, e, purtroppo ma inevitabilmente, i dati cartografici già disponibili, visto che non era pensabile in questo studio pilota prevedere il rilievo aerofotogrammetrico diretto dell'intero bacino.

In questo senso ci si è mossi nel reperimento della cartografia tecnica regionale della Regione Toscana che ha coperto l'area con rilievi alle scale 1:5.000 e 1:10.000. Il primo taglio è disponibile per metà bacino in formato digitale numerico, pur con le specifiche di livello 2 RT di alcuni anni fa, ed è stato quindi acquistato in tale forma. L'altra metà esiste solo su carta per cui si è proceduto all'acquisizione di copie riproducibili su supporto indeformabile. Allo scopo di fornire un supporto

adeguatamente aggiornato per il rilievo di campagna, anche i fogli alla scala 1:10.000, più recenti, sono stati acquistati come copie cartacee, non essendo ancora disponibile il nuovo rilievo numerico.

Per la introduzione dei dati nel sistema informativo geografico è stato ovviamente prescelto il rilievo alla scala 1:5.000 perché, pur meno recente, rappresentava il maggiore dettaglio disponibile, anche a fronte della considerazione che la morfologia del terreno a scala di bacino non di solito subisce alterazioni significative se non su tempi molto lunghi.

Le operazioni compiute per la creazione di una versione digitale del modello di elevazione del bacino del Torrente Virginio sono state le seguenti:

- Scansione e georeferenziazione dei supporti indeformabili per le aree con rilievo numerico non disponibile. Tale operazione è stata compiuta tramite il software ARC/INFO (ESRI Inc.) con il posizionamento di un minimo di 8 punti fiduciali in carta.
- Digitalizzazione manuale a video delle curve di livello con precisione paragonabile o inferiore all'errore di graficismo del supporto originale (circa 0.25 mm).
- Digitalizzazione manuale a video dei punti quotati presenti in carta, con le stesse precisioni.
- Controllo dell'accuratezza intrinseca delle digitalizzazioni tramite analisi numerica e visualizzazione azimutale preliminare atta ad eliminare errori grossolani nell'assegnazione delle quote a curve e punti.
- Mosaicatura dei fogli con quelli già in formato digitale forniti dalla Regione Toscana.
- Conseguente correzione degli errori ai bordi con controllo in tempo reale sui supporti cartacei originali.
- Correzioni interne nei fogli RT. Tali correzioni o completamenti si sono resi necessari perché le norme contrattuali del livello 2 RT richiesto al tempo per la cartografia tecnica numerica non erano tali da assicurare l'assenza di errori anche grossolani.

Tra gli errori più frequenti l'assegnazione di quote errate, la non assegnazione di quote ad oggetti con conseguente automatica quota zero e la presenza di aree "buie" senza curve di livello o punti quota.

Una volta ottenuta la copertura dell'intero bacino con la versione digitale della carta a curve di livello alla scala prescelta si è presentata la scelta di quale tipo di DEM adottare. Esistono in letteratura, e sono normalmente utilizzabili tramite i software disponibili, due tipi di DEM:

A. modelli discreti a matrice di celle rettangolari (GRID nel gergo ARC/INFO).

B. modelli continui a triangoli (TIN nel gergo ARC/INFO).

Mentre il primo tipo consiste nella costruzione di una matrice di celle rettangolari che coprono l'area di interesse, ognuna delle quali ha una singola elevazione assegnata, il secondo è costituito da una trama irregolare di triangoli il più possibile vicini all'equilatero i quali congiungono punti quotati reali (MCCULLAGH, 1983).

Le differenze principali tra i due modelli sono:

1. In un GRID le quote ricadono solo raramente sui punti originali (curve di livello o punti quota) e sono quindi interpolate. In un TIN invece i singoli punti mantengono la quota originale.
2. Come conseguenza diretta del punto precedente un GRID rappresenta con la stessa densità di punti aree a diversa acclività o complessità topografica, mentre un TIN è in grado di riprodurre zone diverse con precisioni diverse. Con un TIN è anche possibile rappresentare correttamente aree perfettamente piatte (laghi etc.) o linee di rottura quali scarpate ripide o strutture artificiali.
3. D'altra parte la struttura di un GRID è regolare e ben si presta ai calcoli in un computer o alla implementazione degli algoritmi di calcolo su DEM. La struttura di memorizzazione di un TIN è invece molto più complessa, come più laboriosi sono i calcoli che su di esso possono essere effettuati. Il GRID si presta ottimamente a tutte le analisi di sovrapposizione e anche la maggior parte degli algoritmi in idrologia è basata su modelli a matrice di celle.
4. Da un punto di vista strettamente morfometrico i TIN rappresentano un modello che non peggiora la qualità del dato di partenza (curve di livello) ma neppure la migliora in nessun modo: la pen-

denza tra due curve sarà praticamente mantenuta ma sarà stimata costante in tutto il tratto intermedio tra di esse. In un GRID, d'altra parte, la pendenza sarà calcolata tra una cella e le otto celle circostanti, tutte con quote interpolate. Il risultato sarà quindi una pendenza mediata, dove gli estremi tendono ad essere lievemente appiattiti. Tra curva e curva si avrà però una stima statistica della variazione basata su tutta la forma del versante, con conseguente migliore fedeltà nella riproduzione di parametri fondamentali quali la curvatura planare o di profilo.

Nel caso della analisi di suscettibilità di frana proposta in questo lavoro è ovvio che il risultato finale debba essere una matrice di tipo GRID con la quota che contraddistingue ogni singola cella. Questo perché la metodologia adottata, almeno fino alla produzione delle macroaree, è sostanzialmente di sovrapposizione cartografica e vuole costituire un modello distribuito composto di elementi omogenei e quindi confrontabili direttamente, senza necessità di assegnare pesi che tengano conto dell'area di ogni elemento finito.

Si è quindi prescelto di utilizzare i dati altimetrici digitalizzati per la generazione di un modello di tipo GRID. Parallelamente, per scopi di controllo ed anche per il caso speciale delle scarpate di conglomerati presenti nel bacino del Torrente Virginio, si è anche generato un modello TIN alla stessa risoluzione. Da quest'ultimo si sono potute evidenziare la maggior parte delle aree soggette a fenomeni di crollo.

Le fasi per la costruzione del DEM in formato matrici sono state le seguenti:

- Digitalizzazione del reticolo idrografico con le stesse modalità usate per le curve di livello. Il reticolo idrografico cartografato dal rilievo 1:5.000 è stato poi utilizzato per meglio definire l'accuratezza idrologica del DEM.
- Scelta della definizione del DEM (larghezza della cella quadrata). Anche se nella maggior parte dei casi da una cartografia alla scala 1:5.000 si può ragionevolmente ottenere un modello avente risoluzione planimetrica non maggiore di 10 metri, nel nostro caso si è deciso di provare a generare un DEM a 5 metri di risoluzione in virtù del fatto che erano disponibili un gran numero di punti quotati esterni alle curve di livello, molto utili nelle operazioni di interpolazione.

Creazione del DEM. Si è scelto di utilizzare a questo scopo l'algoritmo ANUDEM (HUTCHINSON, 1989, 1993; HUTCHINSON & DOWLING, 1991) nella versione disponibile all'interno del GIS ARC/INFO sotto forma del programma TOPOGRID. L'interpolazione si basa su una tecnica iterativa alle differenze finite che sfrutta l'efficienza dei metodi di interpolazione locale senza trascurare gli andamenti generali a più larga scala, quali ad esempio la forma generale di un versante.

Controllo della qualità del DEM. Sono stati effettuati diversi tipi di controllo atti a verificare la affidabilità del modello dai vari punti di vista importanti nella previsione dei movimenti di massa. In particolare, per verificare se la eccessiva discretizzazione dell'area con passo 5 metri avesse generato artefatti tipo terrazzi in corrispondenza delle curve di livello originarie, si sono: i) create viste bidimensionali di confronto in scale di colori e vettori; ii) analizzati gli istogrammi di frequenza nella distribuzione delle quote; iii) controllate le occorrenze di fasce convesse in corrispondenza di curve di livello tramite calcolo della curvatura di profilo. Altri controlli hanno riguardato il confronto tra DEM originale e DEM modificati nei seguenti modi: i) con algoritmo di riempimento delle depressioni non naturali; ii) con filtraggio dei valori di quota tramite operatori di media e mediana locali; iii) con generalizzazione delle curve di livello (sfoltimento intelligente DOUGLAS & PECKER, 1973) e ricostruzione del DEM. Si è inoltre confrontato quote originali della CTR 1:5.000 con quote del DEM alla stessa località, riscontrando scarti quadratici medi entro le soglie di tolleranza suggerite in letteratura (GAO, 1997).

Per gli scopi della ricerca il DEM finale ottenuto è stato poi elaborato in modo ulteriore, per generare la carta delle pendenze, componente fondamentale nell'analisi di sito. Esistono molti metodi proposti ed utilizzati in letteratura per effettuare una stima del gradiente di pendio. In generale con questo termine si intende il gradiente del piano tangente alla superficie nel punto desiderato nella direzione di massima pendenza. Analiticamente esso equivale alla derivata prima della funzione che rappresenta la variazione di quota lungo la stessa direzione. Più precisamente, all'interno di una matrice GRID questo calcolo può essere ottenuto in prima istanza come

proposto da BURROUGH & MCDONNELL (1998) determinando il gradiente massimo nella direzione x del piano su un punto di coordinate cella ij , secondo la seguente forma:

$$\text{eq. 0-1} \quad \left[\frac{\delta z}{\delta x} \right]_{ij} = \max(z_{i+1,j} - z_{i-1,j}) / 2\delta x$$

dove δx rappresenta la distanza tra il centro di due celle adiacenti. Questa misura è però pesantemente influenzata da errori locali nella quota. Per questo motivo ZEVENBERGEN & THORNE (1987) proposero di utilizzare una superficie polinomiale del secondo ordine vincolata alle quattro celle adiacenti alla cella data. In questo caso abbiamo che:

$$\text{eq. 0-2} \quad \tan \theta = \left[(\delta z / \delta x)^2 + (\delta z / \delta y)^2 \right]^{0.5}$$

dove z rappresenta la quota, ed x e y le coordinate degli assi della griglia.

Precedentemente HORN (1981) aveva invece utilizzato una superficie polinomiale del terzo ordine, applicata su tutte le otto celle confinanti. Questo metodo è quello prescelto all'interno del presente studio, visto che garantisce i migliori risultati in aree a topografia complessa come quella in esame (SKIDMORE, 1989, BURROUGH & MCDONNELL, 1998).

Una efficiente implementazione di questo sistema è presente all'interno del GIS ARC/INFO, utilizzando il comando SLOPE all'interno del modulo per i calcoli raster. Da esso risulta che la pendenza finale calcolata per ogni cella del DEM sarà pari a:

$$\text{eq. 0-3} \quad \text{pendenza} = \text{sqrt}(\text{sqrt}(\delta z / \delta x) + \text{sqrt}(\delta z / \delta y))$$

dove:

$$\text{eq. 0-4} \quad \left[\delta z / \delta x \right] = \left[(z_{i+1,j+1} + 2z_{i+1,j} + z_{i+1,j-1}) - (z_{i-1,j+1} + 2z_{i-1,j} + z_{i-1,j-1}) \right] / 8\delta x$$

è il gradiente nella direzione est-ovest, mentre:

$$\text{eq. 0-5} \quad \left[\delta z / \delta y \right] = \left[(z_{i+1,j+1} + 2z_{i,j+1} + z_{i-1,j+1}) - (z_{i+1,j-1} + 2z_{i,j-1} + z_{i-1,j-1}) \right] / 8\delta x$$

è il gradiente nella direzione nord-sud.

Una volta determinata la pendenza secondo HORN (1981) per ogni cella del DEM, si è proceduto alla classificazione della stessa secondo classi opportunamente definite per gli scopi della ricerca. In particolare si sono adottati intervalli di pendenza dedotti dall'analisi di sito per ogni diversa tipologia di fenomeno. È stata redatta la carta delle pendenze finali. La carta della esposizione dei versanti deriva sempre tramite la polinomiale di terzo grado di HORN (1981) con il comando ASPECT di ARC/INFO.

Inventario delle frane

Tutto il bacino del Torrente Virginio è stato oggetto di censimento e georeferenziazione delle frane attive e quiescenti, condotto mediante un rilevamento dei dissesti alla scala 1:10.000.

Il lavoro di censimento si è articolato in tre fasi distinte:

- analisi della documentazione bibliografica disponibile;
- fotointerpretazione dei fenomeni di dissesto eseguito a diversa scala in funzione della disponibilità di coperture aeree;
- rilevamento e controllo di campagna.

L'analisi bibliografica ha preso in esame sia le pubblicazioni presenti su riviste scientifiche che i documenti consultabili presso Enti della pubblica amministrazione.

La documentazione che contiene l'intera copertura del bacino del Torrente Virginio è sostanzialmente riassumibile in due tipi di elaborati:

- le cartografie e le schede preliminari prodotte dall'Autorità di Bacino dell'Arno finalizzate alla redazione del piano stralcio di bacino e di tutti gli elaborati relativi agli adempimenti della L. 267/98;
- la "Carta della Geomorfologia" prodotta dalla Provincia di Firenze ed allegata al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (1995) alla scala 1:25.000;

La porzione centrale del bacino è quella maggiormente documentata in quanto oggetto dello studio di dettaglio di CANUTI *et alii* (1982) in cui era stata redatta una carta di "Attività delle forme" alla scala 1:10.000 e che è stata completamente acquisita nell'ambito di questo censimento per quanto riguarda i processi di versante.

Sono state inoltre analizzate le fotografie aeree del volo SOREM, 1998, quota 1100 (scala 1:7.500) e quelle del volo CGR Parma, 1993/94, quota 4760 (scala 1:33.000) per l'estremo settore meridionale non coperto dagli altri voli, disponibili presso l'Archivio fotocartografico della Regione Toscana. Inoltre sono state analizzate le foto ortorettificate del volo AIMA 1997.

Tutto lo studio è stato svolto con lo scopo primario di riconoscere forme e processi geomorfologici con particolare riguardo ai movimenti di massa, tenendo presenti gli aspetti specifici presenti all'interno della metodologia per la zonazione della suscettibilità da frana. I fenomeni rilevati sono stati distinti in due categorie, attivi e quiescenti, in base al loro grado di attività ed in tre a seconda della tipologia di movimento (scivolamenti, crolli e colamenti).

Sulla base dei documenti progressi e della fotointerpretazione è stata redatta una cartografia di base in seguito validata da una serie di sopralluoghi di campagna. Tali sopralluoghi hanno anche permesso di individuare ulteriori nuovi dissesti verificatisi in tempi successivi ai voli analizzati. Tra questi molti presentano indizi di recente movimento e probabilmente sono stati innescati dalle abbondanti precipitazioni che hanno interessato il bacino del Torrente Virginio nel periodo intercorrente fra l'Ottobre 2000 e il Marzo 2001. I sopralluoghi hanno permesso inoltre di aggiornare lo stato di attività e la perimetrazione dei dissesti già censiti o riconosciuti con la fotointerpretazione.

I movimenti di massa, per la maggior parte, possono essere classificati come scivolamento rototraslazionale di terra (CRUDEN & VARNES, 1994). Le velocità di questa tipologia di fenomeni, in virtù anche del fatto che si tratta principalmente di riattivazioni, sono modeste e solo in condizioni climatiche estreme possono presentare un'evoluzione rapida. Talvolta la porzione terminale dell'accumulo evolve in modesti fenomeni di colamento con limitata distanza di propagazione. In questi casi il dissesto è stato classificato come scivolamento data la modesta componente di colamento. I fenomeni di crollo che interessano le scarpate sono invece caratterizzati da velocità elevate con volumi coinvolti in genere modesti. I fenomeni di colamento detritico rapido sono rari e di dimensioni non cartografabili in scala 1:10.000.

Come accennato i movimenti sono stati divisi in attivi e quiescenti in accordo con le più moderne clas-

sificazioni delle frane, per fenomeno **attivo** si intende quello che si è mosso nell'ultimo ciclo stagionale e per **quiescente** quello che ha avuto l'ultima riattivazione precedentemente l'ultimo ciclo stagionale e che non si è mosso in tale periodo.

Nel bacino sono presenti numerosi versanti che presentano i classici indicatori geomorfologici di dissesto, seppure a cinematica lenta, quali contropendenze e morfologia "mammellonare". Tali elementi evidenziano in modo inequivocabile il lento scivolamento di materiale verso valle. Molte situazioni di dissesto di questo tipo appaiono mal definibili anche attraverso accurati sopralluoghi di campagna sia perché caratterizzate da movimenti lenti sia perché gli eventuali indicatori che potrebbero permettere di definirne la loro geometria vengono spesso obliterati dalle correnti pratiche agricole. Sono state classificate pertanto come attive quelle zone, meglio definibili da un punto di vista areale, all'interno delle quali è stato possibile riconoscere indizi di movimento verificatisi nell'ultimo ciclo stagionale.

Sono presenti anche frane di crollo che si verificano essenzialmente lungo scarpate quasi verticali impostate nelle bancate più francamente sabbiose e conglomeratiche. Queste si scompongono in porzioni, in genere di modesto volume, che sono soggette a fenomeni di crollo in conseguenza del naturale rilassamento presente in corrispondenza della parete esterna e dello scalzamento al piede operato dalle frane e dai processi erosivi. Tra le cause predisponenti sono inoltre da menzionare i processi erosivi (particolarmente attivi nelle porzioni dei versanti in cui affiorano litologie più argillose), la formazione e soprattutto l'allargamento di fratture verticali dovute ad apparati radicali di specie arboree ad alto fusto, a sovraccarichi imputabili ad attività antropiche ed a fenomeni di degradazione. All'interno del territorio studiato non sono emerse evidenze di forme riconducibili a fenomeni franosi sicuramente stabilizzati o verificatisi in condizioni climatiche diverse dalle attuali (movimenti relitti).

Geologia

Il rilevamento geo-litologico di dettaglio a scala 1:10.000 è stato eseguito suddividendo i terreni affioranti in quattro unità geo-litologiche (oltre ai depositi alluvionali che occupano il fondovalle) e adottando come criterio distintivo i reciproci rapporti quantitativi fra le varie classi granulometriche pre-

senti, facendo riferimento anche alla cartografia disponibile in bibliografia (in particolare lo studio di dettaglio condotto da CANUTI *et al.* 1982).

Sono state definite le seguenti unità, di età Pliocenica, utilizzate per la stesura della carta litologica dell'area di studio:

- Ciottolami e ghiaie (Pcg): depositi grossolani spesso clasto-sostenuti con elevato grado di arrotondamento costituiti da ciottolami e subordinatamente ghiaie. Rare le lenti di sabbie di colore ocra che raggiungono spessori massimi di 1 m con limitata continuità laterale. I clasti, immersi in scarsa matrice da limoso-sabbiosa a sabbiosa grossolana, sono costituiti principalmente da calcilutiti e calcareniti di colore biancastro ed avana mentre rari risultano gli elementi costituiti da altre litologie quali arenarie tipo Pietraforte e calcari marnosi. Mediamente i clasti hanno dimensioni comprese tra i 10 e i 15 cm. Nell'area di studio affiorano generalmente come banchi massivi ben cementati e fratturati verticalmente, con spessori che al massimo raggiungono i 20-25 m in corrispondenza di scarpate quasi verticali.

- Ghiaie e sabbie (Pcg-S): livelli da centimetrici a metrici di ghiaie e subordinatamente ciottolami con tessitura da clasto-sostenuta a matrice sostenuta, con clasti di dimensioni massime di circa 15-20 cm alternati a livelli da decimetrici a metrici di sabbie limose di colore dal giallo chiaro al rossastro. Gli elementi che costituiscono i livelli ghiaiosi e i ciottolami, con elevato grado di arrotondamento, sono costituiti prevalentemente da litologie carbonatiche (calcilutiti e calcareniti) immersi in una matrice sabbiosa-limosa di colore giallo avana. La presenza di elementi arenacei e marnosi risulta tuttavia più abbondante rispetto all'unità precedente soprattutto nel tratto a monte del bacino, nei pressi dell'abitato di Tavarnelle Val di Pesa. I depositi appartenenti a questa unità solo occasionalmente si presentano ben cementati e quindi danno luogo raramente a scarpate subverticali.

- Sabbie (Ps): è l'unità che affiora più estesamente nell'area studiata, con tessiture che variano dalle sabbie alle sabbie limose in strati da decimetrici a metrici di colore giallo chiaro e rossastro se alterate. Frequenti le intercalazioni di limi sabbiosi di colore grigio azzurro spessi al massimo 50 cm e di ghiaie di spessore da centimetrico a decimetrico.

In alcuni casi presentano un grado di cementazione sufficiente per dare luogo a scarpate quasi verticali.

Sabbie e argille (Ps-Ag): alternanza di livelli metrici di sabbie e sabbie limose gialle ed ocra alternate a livelli di limi argillosi e argille di colore grigio azzurro di spessore variabili da pochi centimetri ad alcuni metri. Rare le lenti ghiaiose con spessore massimo di 1 m, costituite da elementi calcarei prevalenti.

Il lavoro di campagna è stato condotto utilizzando come base topografica la Carta Tecnica Regionale della Regione Toscana a scala 1:10,000 (Elementi: 275050, 275090, 275100, 275130, 275140, 275150, 286020, 286030).

Uso del suolo

Per la realizzazione della carta di uso del suolo si è provveduto un rilevamento aereofotogrammetrico di tutto il bacino utilizzando le coperture aeree più recenti disponibili presso la Regione Toscana e corredandole con numerosi sopralluoghi di campagna, finalizzato ad effettuare una validazione dei risultati ottenuti. Durante tali sopralluoghi sono state inoltre raccolte le necessarie informazioni sulle pratiche colturali più diffuse nella zona.

Nella fase di fotointerpretazione sono stati utilizzati i seguenti voli aerei:

- Regione Toscana STR. 14 fotogramma n° 2181-2184 scala 1: 30,000 del 3/12/1998;
- Regione Toscana fotogramma n° 219-223 231 233 235 237 239 245 247 249 del 7/5/1992;
- Regione Toscana volo C.G.R. 513 13 A fotogramma 1023 1025 1027 1029 1032 scala 1:30,000; 1993-1994).

Le basi cartografiche utilizzate per il rilevamento sono state le Tavole IGM 113-4 e 106-3 a scala 1:25,000. Le aree a diverso uso del suolo sono state in seguito digitalizzate mediante Tavoleta Digitalizzatrice (Modello CalComp 2300) utilizzando il software AutoCad R14 e successivamente elaborate mediante il software ARC/INFO (ESRI Inc.). In questo modo è stato prodotto il livello informativo "Uso del suolo" utilizzato come parametro discriminante nella individuazione delle macroaree.

Analisi di sito

L'analisi di sito è stata effettuata su un campione significativo per tipologia, attività e distribuzione sul territorio, secondo i criteri espressi nel precedente capitolo, di fenomeni derivanti dal censimento e da un'indagine diretta.

In particolare sono stati analizzati 32 fenomeni franosi le cui caratteristiche sono sintetizzate in tabella Tabella 0.1.

Parametri discriminanti e Classificazione della tipologia di fenomeni analizzati.

Dalla semplice analisi della tabella generale è stato possibile raggruppare in base ai parametri discriminanti, i fenomeni franosi in tre tipologie prevalenti, cui corrisponde anche un diverso stadio evolutivo:

- Scivolamenti Rotazionali e Crolli di neoformazione
- Scivolamenti Rotazionali di riattivazione
- Colate lente e Scivolamenti di riattivazione

Diversamente dalla metodologia generale, riportata nel Capitolo 3, l'analisi di sito ha consentito di individuare un ulteriore Parametro discriminante costituito dall'uso del suolo, già disponibile per il bacino in oggetto in formato vettoriale. Infatti è stato rilevato che la quasi totalità delle frane censite relative alle tipologie Scivolamenti Rotazionali di riattivazione e Colate lente e Scivolamenti di riattivazione, non insistono in aree boscate e nelle aree a coltivazione di ulivi. L'intersezione GIS degli intervalli di pendenza e le litologie relative a tali classi con l'esclusione delle suddette classi di uso del suolo, ha permesso di discretizzare il territorio in unità territoriali lito-morfometriche (UTLM) maggiormente definite, facilitando così la successiva fase di perimetrazione delle Macroaree.

Parametri predisponenti

Nelle tabelle seguenti sono illustrati suddivisi per tipologia di fenomeno e tipologia di parametro tutti i parametri predisponenti riscontrati durante la fase di analisi di sito seguendo il processo delineato nel capitolo relativo.

E' da notare come il maggior numero di parametri sia di ordine geomorfologico e come in particola-

Tabella 0.1

ID	TIPOLOGIA	STADIO EVOLUTIVO	PARAMETRI DISCRIMINANTI	
			PEND (°)	LITOLOGIA
B1103	rotazionale	riattivata	22	Pcg
B1101	rotazionale	neoformazione	32	Pcg
B1102	rotazionale	riattivazione	20	Pcg-Ps
B1202	rotazionale	riattivazione	23	Pcg-Ps
B1201	rotazionale	neoformazione	32	Pcg-Ps
B1203	rotazionale	neoformazione	50	Pcg
B1301	rotazionale	riattivazione	20	Ps-Ag
B1401	colata lenta	riattivata	12	Ps
B1501	colata lenta	riattivata	15	Ps
B1801	rotazionale	neoformazione	52	Pcg
B1601	rotazionale	riattivazione	25	Ps
B1602	rotazionale	riattivazione	30	Ps
B1701	crollo	neoformazione	70	Pcg-Ps
1001	rotazionale	neoformazione	18	Ps
1101	rotazionale	riattivazione	38	Pcg
A1101	colata rapida	neoformazione	32	Pcg
0201	colata lenta	riattivazione	20	Ps-Ag
0301	colata lenta	riattivazione	10	Ps-Ag
0401	rotazionale	riattivazione	30	Ps-Ag
0402	rotazionale	riattivazione	25	Ps
0403	colata lenta	riattivazione	20	Ps-Ag
0101	colata lenta	riattivazione	14	Ps-Ag
0102	colata rapida	neoformazione	45	Ps-Ag
A1201	Rotazionale	neoformazione	43	Ps-Ag
A1202	colata lenta	riattivazione	18	Ps-Ag
A1203	colata rapida	neoformazione	40	Ps-Ag
A1204	rotazionale	riattivazione	25	Ps-Ag
0601	rotazionale	riattivazione	25	Ps
0901	rotazionale	riattivazione	25	Ps-Ag
0701	rotazionale	neoformazione	40	Ps
A1501	crollo	neoformazione	90	Pcg
A1301	crollo	neoformazione	75	Pcg
A1302	colata lenta	riattivazione	20	Ps-Ag
A1401	rotazionale	neoformazione	30	Pcg-Ps
B1901	rotazionale	riattivazione	25	Ps
B1902	rotazionale	neoformazione	45	Pcg-Ps

Tabella 0.2

TIPOLOGIA	PARAMETRI DISCRIMINANTI	
	INTERVALLO DI PENDENZA (°)	LITOLOGIA
Scivolamenti Rotazionali e Crolli di neoformazione	30-90	Pcg, Pcg-Ps, Ps
Scivolamenti Rotazionali di riattivazione	15-30	Pcg-Ps, Ps, Ps-Ag
Colate e Scivolamenti rotazionali di riattivazione	10-20	Ps, Ps-Ag

re nell'area in studio la presenza di altri processi gravitativi attivi o relitti rivesta un ruolo fondamentale nella morfogenesi dei versanti.

I parametri predisponenti di ordine geologico, invece, sono stati accorpati con quelli litotecnici. A tal proposito dall'analisi litotecnica delle aree di innesco dei fenomeni, è stato possibile dettagliare le litologie derivanti dalla carta litologica di base, in classi litotecniche costituite da:

- Conglomerati cementati (**Pcg**);
- Ghiaie con intercalazioni sabbiose (**Pcg-Ps**),

- Sabbie con intercalazioni argilloso-limose (**Ps-Pag**),
- Argille limose con intercalazioni sabbiose (**Pag-Ps**),
- Argilla limosa (**Pag**).

Ciascuna di queste è stata poi classificata seguendo la classificazione internazionale U.S.C.S. (Unified Soil Classification System, adottato dal Corps of Engineers).

CLASSIFICAZIONE LITOTECNICA SPEDITIVA	CLASSIFICAZIONE U.S.C.S.
Pcg	GW
Pcg-Ps	GC-CL
Ps-Pag	SC-CL
Pag-Ps	CL
Pag	CH

Quest'ultima fase è stata necessaria anche al fine di rendere standardizzabile e riproducibile la metodologia adotta, anche in altri contesti geologici e geomorfologici.

Indice di esposizione al dissesto per la frana del territorio comunale

Introduzione

Il Piano di Bacino, nella sua struttura generale, relativamente ai fenomeni franosi, prevede di considerare tre momenti essenziali nella pianificazione:

- 1) PREVENZIONE dei rischi connessi ai fenomeni franosi;
- 2) CONSOLIDAMENTO delle aree a rischio interessate da fenomeni franosi;
- 3) MANUTENZIONE delle opere di consolidamento realizzate.

L'attività di pianificazione, in presenza di risorse molto limitate rispetto alle necessità, deve indicare come utilizzare tali risorse, secondo criteri propri che tengono conto delle differenti situazioni di rischio, indicandone la misura e le priorità.

- Assunto che l'AdB intenda riservare delle risorse specifiche per la **manutenzione** delle opere, la loro distribuzione, in teoria, non pone grandi problemi perchè dipende dalle necessità oggettive di manutenzione delle opere già realizzate; in realtà i problemi esistono perchè non solo i vecchi progetti delle opere sono privi di un programma di manutenzione, ma non esistono neppure i dati minimi di rilevamento delle opere esistenti;
- la distribuzione delle risorse per il **consolidamento** delle aree a rischio interessate da fenomeni franosi costituisce la parte più consistente dell'attività di pianificazione e dipende non solo dalla valutazione del rischio, ma anche da altri criteri quali: privilegiare la conservazione di beni o la salvaguardia della sicurezza delle persone; la realizzazione di piccoli lotti di un ampio numero di casi o la completa realizzazione di un numero più limitato di opere ecc.;
- l'allocazione delle risorse per la **prevenzione**, in astratto, non dovrebbe seguire criteri di priorità perchè in un'area collinare e montana quale quella del Bacino dell'Arno l'attività di prevenzione interessa tutto il territorio, infatti l'attività di prevenzione non è costituita solo dallo studio delle singole situazioni di rischio o dal loro monitoraggio, ma anche dall'adottare e dal modi-

ficare gli strumenti urbanistici così da renderli compatibili con le reali condizioni di stabilità del territorio.

Il parametro che viene utilizzato per individuare e differenziare le diverse necessità dei comuni è l'**indice totale di esposizione al dissesto** per frana, del territorio comunale.

Indice di esposizione al dissesto

L'indice di esposizione al dissesto, caratteristico di ciascun Comune è stato concepito per la particolare esigenza di definire un criterio per assegnare le risorse disponibili.

Considerata la finalità dell'indice si è cercato di utilizzare termini e concetti vicini a quelli della letteratura scientifica senza porsi l'obiettivo del rigore scientifico indiscusso; si è cercato inoltre di utilizzare parametri oggettivi semplici, rappresentativi e attualmente disponibili in modo omogeneo su tutto il Bacino dell'Arno.

Si sono considerati 3 elementi fondamentali: i fattori fisici in funzione della pericolosità e dell'intensità dei fenomeni; i fattori antropici in funzione degli elementi a rischio e della loro vulnerabilità; la superficie del territorio comunale in funzione del valore degli elementi a rischio e del danno potenziale.

Si è definito un **indice specifico di esposizione al dissesto** (da frana) (I_{sf}) che è più rappresentativo dei caratteri di pericolosità del territorio ed un **indice totale di esposizione al dissesto** (da frana) (I_{TF}) che è più rappresentativo del valore degli elementi a rischio.

Nella formulazione dell'indice, considerata la sua utilizzazione, si è ritenuto che i fattori fisici ed i fattori antropici debbano avere potenzialmente la stessa importanza.

Fattori fisici

I fattori fisici considerati sono relativi alla litologia ed alla morfologia del territorio.

Fattore litologico (L)

La litologia copre un ruolo fondamentale nella pericolosità da frane sul territorio.

La definizione del fattore litologico del territorio Comunale ha seguito la seguente procedura:

- la base conoscitiva di partenza sono stati i fogli in scala 1:100.000 della carta geologica d'Italia compresi nel Bacino dell'Arno, tale carta è formazionale e non litologica;
- di tutte le Formazioni presenti nel Bacino dell'Arno (vedi III colonna della Tabella I) sono stati descritti i suoi caratteri litologici (vedi IV colonna della Tabella I);
- le formazioni con litologia o litologie simili (relativamente alla loro propensione al dissesto) sono state raggruppate in gruppi (vedi I colonna Tabella I) ne sono risultati 30 gruppi oltre a due gruppi particolari per la loro giacitura, che di norma si rilevano in pianura. Si sono inoltre considerate come due gruppi distinti le discariche e le frane che, ove rappresentate, di norma non indicano i loro caratteri litologici.
- di ogni gruppo si sono determinati i suoi caratteri di instabilità (IN) secondo una scala da 1 a 100 (vedi II colonna Tabella I) assegnando il valore 100 alle frane;
- utilizzando il GIS si sono determinate le superfici di affioramento di ogni gruppo litologico all'interno del territorio di ogni comune (s);
- si è calcolata la instabilità media relativa al territorio comunale, come valore medio pesato rispetto alla superficie del territorio comunale (S). Tale instabilità è stata chiamata fattore litologico (L) (vedi II colonna di Tabella II).

$$L = \left(\frac{\sum IN^i \times s^i}{S} \right)$$

Fattore morfologico (M)

La geomorfologia è la scienza che studia le forme del paesaggio ed i processi che le determinano e che le modificano, nonché i reciproci rapporti fra forme e processi.

I fenomeni franosi sono un importante capitolo della geomorfologia.

La franosità di un territorio dipende da numerosi fattori che sarebbe gravoso quanto eccessivo considerare nel dettaglio ai fini della definizione dell'indice di esposizione al dissesto; a questi fini basta l'osservazione elementare che in aree franose e molto probabile che vi siano presenti numerose frane e considerare quindi la presenza di frane come l'elemento in se rappresentativo degli aspetti geomorfologici di interesse.

Il problema è che cosa, delle frane, considerare come parametro rappresentativo. Un parametro di certo rappresentativo è la superficie del territorio che corrisponde a frane attive e non attive o meglio la percentuale di superficie interessata da frane, eventualmente definita per ogni raggruppamento litologico.

Un altro parametro rappresentativo, forse in misura minore del precedente, è il numero di frane.

Le frane considerate per le seguenti elaborazioni sono quelle risultanti dal censimento dell'Autorità di Bacino.

In futuro il valore dell'indice di esposizione al dissesto che, al momento, deve essere ritenuto di prima approssimazione, potrà essere rivisto a seguito del miglioramento del quadro conoscitivo.

In sintesi, quindi, il fattore morfologico (M) è rappresentato dal numero di fenomeni franosi (noti) (N) all'interno del territorio comunale.

Fattore antropico (A)

I caratteri antropici del territorio, nella formulazione dell'indice di esposizione al dissesto, devono rappresentare gli elementi a rischio, la loro vulnerabilità ed il loro valore, ovvero devono essere rappresentativi del danno potenziale caratteristico di quel territorio in caso di frane.

Anche in questo caso si sono privilegiati i parametri ritenuti più rappresentativi fra quelli di semplice determinazione e disponibili per tutto il bacino: tali parametri sono stati individuati nella densità di popolazione del Comune e nella percentuale areale di centri urbani e industriali presenti nelle zone collinari e montane del Comune (escluse quindi le aree di pianura non interessate da fenomeni franosi).

Densità di popolazione (D)

E' stata considerata la densità di popolazione rilevata dai dati ISTAT relativa al Comune.

I valori di densità sono stati ordinati in ordine crescente assegnando alla densità minima il peso pari $D = 0.5$; alla densità massima il peso pari a $D = 1$ e alle densità intermedie valori fra 0.5 e 1 secondo un criterio di interpolazione lineare.

Aree urbane e industriali (C)

- Tramite il GIS è stata definita la superficie di pianura di ogni Comune. Tale superficie, con riferimento alla carta geologica d'Italia, è stata determinata come somma delle superfici di affioramento delle seguenti formazioni caratteristiche delle pianure: d1; d2; all; t;

- co; com; s; sV;p;
- è stata calcolata la superficie collinare e montana del Comune come differenza fra quella totale e quella di pianura (vedi VII colonna della Tabella II);
- è stata calcolata la percentuale di superficie collinare e montana occupata da centri urbani e industriali, i valori percentuali sono stati ordinati in ordine crescente assegnando alla percentuale minima il valore $C = 0.5$, alla percentuale massima il valore $C = 1$ e alle percentuali intermedie valori compresi fra 0.5 e 1 secondo un criterio di interpolazione lineare.

Il fattore antropico (A), che può variare fra 1 e 2, viene definito come

$$A = (D + C)$$

Indice specifico di esposizione al dissesto (da frana)

L'indice specifico di esposizione al dissesto, come precedentemente accennato, è rappresentativo dei caratteri di pericolosità del territorio.

La formulazione dell'indice è la seguente:

$$I_{SF} = (L + M) \langle A$$

nel Bacino dell'Arno l'indice I_{SF} varia da 13 per il Comune di Livorno seguita da 17 per il Comune di Pisa e 19 per il Comune di Bientina fino a 92 per il Comune di Volterra preceduti da 79 per il Comune di Palaia e 78 per i Comuni di Firenze e Montespertoli.

Indice totale di esposizione al dissesto (da frana)

Il valore dell'indice I_{SF} è indipendente dall'ampiezza del territorio considerato e rappresenta per così dire l'intensità o la magnitudo del problema, ma le necessità legate alla prevenzione, a parità di altri elementi, dipendono anche dalla superficie interessata del Comune (S) (della porzione interessata di Comune presente nel Bacino dell'Arno).

Esprimendo S in km^2 l'espressione dell'indice totale di esposizione al dissesto è dato da:

$$I_{TF} = (L + M) \langle A \langle S = I_{SF} \langle A$$

in tal modo I_{TF} è più elevato nei comuni in cui è più ampia la zona collinare e montana compresa nel Bacino dell'Arno ed è nullo dove questa è assente (Comuni di pianura) (IX colonna in Tabella II).

Così nel Bacino dell'Arno vi sono alcuni comuni con indice nullo come Agliana, Campi Bisenzio, Cascina, Chiesina Uzzanese, mentre il massimo valore dell'indice $I_{TF} = 10.665$ è relativo al Comune di Volterra che è preceduto dal Comune di Montespertoli

con $I_{TF} = 8.860$ e Arezzo con $I_{TF} = 8.473$ mentre Firenze ha un valore medio basso pari a $I_{TF} = 3.276$.

Utilizzo dell'indice totale di esposizione al dissesto

Per il calcolo dell'indice è stato realizzato un applicativo del programma "ACCESS" che permette di aggiornare il valore dell'indice al variare delle condizioni e/o all'aumentare delle informazioni disponibili sul territorio. L'indice totale di esposizione al dissesto è stato concepito e determinato per avere un criterio oggettivo di valutazione delle necessità di risorse specifiche per la prevenzione dei rischi dovuti a fenomeni franosi; ci sembra però che un indice che varia da 0 a 10.665 esprime con eccessivo dettaglio una caratteristica del territorio determinato come funzione di elementi la cui determinazione è approssimativa, ha inoltre poco senso differenziare le risorse ad esempio fra Castelfranco di sotto che ha un $I_{TF} = 1.034$ e Capraia e limite che ha un $I_{TF} = 1.046$.

Viene di seguito esposta una proposta di utilizzo dell'indice con la precisazione che per quanto detto all'inizio del presente paragrafo tale proposta può essere facilmente cambiata in futuro direttamente dall'Autorità di Bacino tramite il GIS e l'applicazione del programma "ACCESS".

Viene calcolato il valore medio I_{TFM} dei Comuni del Bacino e $I_{TFM} = 2.103$.

Gli stessi Comuni vengono suddivisi in 5 classi come segue:

I classe comuni con $I_{TF} \leq 100$ con necessità di risorse specifiche irrilevanti

II classe - comuni con I_{TF} compreso fra 100 a ° I_{TFM} - necessità di risorse specifiche basse

III classe - comuni con I_{TF} compreso fra ° I_{TFM} e I_{TFM} - necessità di risorse specifiche medio basse

IV classe - comuni con I_{TF} compreso fra $1/2 I_{TFM}$ e $4/3 I_{TFM}$ - necessità di risorse specifiche medio alte

V classe - comuni con I_{TF} compreso fra $4/3 I_{TFM}$ e $I_{TFM} MAX$ - necessita di risorse specifiche alte.

Secondo questo criterio la lista dei Comuni compresi nelle diverse classi e riportata in Tabella III.

Carta dell'indice di propensione al dissesto

Tutti i dati relativi alla determinazione dell'indice sono contenuti nel Data Base e, tramite il GIS e l'applicativo ACCESS forniti all'AdB, possono essere utilizzati per gli elaborati cartografici che la stessa AdB riterrà opportuno in futuro.

TABELLA 1 - Formazione geologica e gruppi litologici di propensione al dissesto

Codice Gruppo	Fattore propensione	Sigla Formazione	Descrizione
dis	50	dis	discariche
frane	100	f	frane
1	45	cd	Conoidi Olocene
	45	cg/mg	Conglomerato a grossi ciottoli di "macigno" Rusciniense inf.?
	45	cM	("ciottoli di Maspino") ciottoli calcarei di origine luviale Pleist. sup.
	45	ctM	Conglomerati e ciottoli a prevalenti elementi di "verrucano" (zona di Montecarlo); di "macigno" e di "ligure" (aree piu' settentrionali) Post-Villafranchiano
	45	dt	detriti
	45	fA-C	sabbie arrossate, conglomerati e depositi ciottolosi a stratificazione incrociata e a prevalenti elementi di "verrucano" ; Pleist. medio
	45	Qf2	Ciottoli, sabbie e argille di origine fluviale e fluviolacustre Pleist. medio
	45	Vcg	ciottoli prevalentemente calcarei, con alternanze sabbiose Pleist. inf.
	45	VVB	("formazione di Villa Babbiani") sabbie con tasche e lenti di ciottoli di "macigno" Pleist. inf.
	2	25	Vs
25		all	alluvioni recenti e attuali Olocene
25		at,at1,at2,at3	alluvioni terrazzate; ove distinte at1, at2, at3 Pleist. sup.
25		fA-Cv	intercalazioni di tufo vulcanico cineritico e perlitico Pleist. medio
25		fIC	sabbie argillose, argille, sabbie e ciottoli Pleist. sup.
25		Pls	("sabbie di San Donato in Avane") sabbie lacustri stratificate in lenti e a tetto di Pla Plioc. sup.?
25		Ps3'	sabbie, sabbie argillose e lenti di puddinghe fossilifere Plioc. sup.
25		Qcal	sabbie litorali, argille sabbiose e calcari detritico-organogeni Pleist. inf. (Santeramo-Emiliano)
25		r	terre rosse Olocene
25		sB	("sabbie di Bucine") sabbie argillose con lenti di sabbie ed argille Pleist. sup.
4	25	sV	Sabbie fluviali (Quaternario)
	40	agQ	("argille di Quarrata") argille con torba e lenti di ciottoli al tetto Pleist. sup.
	40	arg	argille grigie lignitifere, argille sabbiose e sabbie di ambiente lacustre; talora livelli ciottolosi ad elementi di "macigno" e subordinatamente di calcari della serie toscana; livelli torbosi Rusciniense inf.-Villafranchiano sup.
	40	e	depositi e coperture eluviali e colluviali; terre nere Olocene
	40	Pla	("argille di Meleto") argille lignitifere lacustri, con strati con strati
	40	Vag	("argille di Figline") argille stratificate con straterelli sabbiosi e lenti di ciottoli arenacei e rari straterelli lignitiferi Pleist. inf.

6	30	Mcg	sabbie e conglomerati con rari interstrati gessosi o calcarei Messiniano sup.	
	30	Mcg2	conglomerati lacustri di chiusura alternanti con argille e sabbie, talora a stratificazione incrociata Pontico s.s.	
	30	Mlcg	conglomerati e conglomerati lignitiferi talvolta con livelli di marne a Bthynia Torton. sup.- Messiniano inf.	
	30	Pbm	brecce conchigliari con sabbie intercalate Plioc. inf.-medio	
	30	Pcg	conglomerati e ghiaie prevalentemente argillose, con sabbie e sabbie argillose (al tetto e laterale di Ps) Plioc. inf.-medio	
7	30	Pcg1	conglomerati, sabbie, lenti di calcari detritico-organogeni; a luoghi conglomerati ad elementi di "macigno" Plioc. inf.-medio	
	35	aC	("arenarie di Monte Cervarola"); arenarie turbiditiche quarzoso-feldspatiche a grana fine, in strati sottili; talora lenti di selci (sel) Aquitaniano-Langhiano superiore	
	35	aM	("arenarie di Monte Modino - Le Lari") arenarie turbiditiche quarzoso-feldspatiche, talvolta in grossi banchi, alternate a siltiti e argilliti Oligocene superiore	
	35	aP	("Arenaria di Partena") Arenarie turbiditiche, feldspatico-quarzoso-calcaree alternanti con argilloscisti siltsi grigi; non hanno fornito fossili.	
	35	aS	("arenaria di Monte Senario") arenarie quarzoso-feldspatiche tipo "macigno", ma in generale più grossolane e contenenti ciottoli di quarzo, micascisti, filladi, calcari Paleogene	
	35	brA	ang "anageniti": conglomerati prevalentemente quarzosi; seguono	
	35	fM	(formazione di Montemurlo) arenarie tipo "pietraforte" non chiaramente turbiditiche con lenti di conglomerato grossolano Cretaceo superiore?	
	7	35	mg	("macigno") arenarie quarzoso-feldspatiche alternate a sottili interstrati di argilliti e siltiti; nella parte superiore olistostromi (ol) di "cb" Oligocene medio-sup.
		35	pf	("pietraforte") arenarie calcaree alternate ad argilliti subordinatamente livelli di marne varietà ofiolitifera Cretaceo superiore-Eocene inf.
		35	qz	verrucano (s.l.): quarziti e quarziti sericitiche con intercalazioni filladiche, passanti sporadicamente verso l'alto a conglomerati quarzoso-micacei ("anageniti") Carnico
45	35	sel	selci	
	45	MaP	("arenarie di Ponzano") arenarie quarzoso-feldspatiche piu' o meno cementate, intercalazioni argillose e conglomeratiche Tortoniano-Elveziano	



8	45	Mlar	arenarie e brecciole Pontico s.s.
	45	Ps	sabbie gialle, arenarie Pliocene inf.-medio
12	60	Mag	argilla con intercalazioni e strati gessosi, argille a Pycnodonta navicularis, sabbie, con calcari tipo "calcare di Rosignano" (indistinti), conglomerati, talvolta con tripoli alla base Messiniano sup.
	60	Mg	argille con lenti di gesso e di salgemma Messiniano sup.
	60	Mlag	argille azzurre lignitifere, argille con marne a Bthynia, argille più o meno sabbiose con lenti di ciottoli, banchi di conglomerati e marne sabbiose Torton. sup.- Messiniano inf.
	60	Mlag2	argille azzurre lignitifere Pontico s.s.
	60	Pag	argille azzurre e cinerine Plioc. inf.-medio
	60	Pags	argille e sabbia (livello a Cladochora) Plioc. inf.-medio
13	60	Pm	marne biancastre e argille azzurre con Pycnodonta navicularis e Pteropodi Plioc. inferiore
	60	T	(termantiti) aureola del metamorfismo di contatto Plioc. sup.- Quaternario
	50	fp3	("marne di Vicchio") marne grigio azzurre per lo più stratificate, a frattura scheggiata (calcimetria 60%); rare intercalazioni di calcareniti e siltiti Serravalliano-Elveziano p.p.
	50	fpac	intervalli frequenti o potenti di marne siltose e siltiti in aC Aquitaniano-Langhiano superiore
14	50	mp	("marne a Posidonomya") marne e argilliti marnose grigio giallastre, talora con strati di calcareniti gradate e con rari livelli di radiolariti; intercalazioni nella parte alta di radiolariti Lias sup.-Dogger p.p
	15	bn	(brecciole nummulitiche) brecciole poligeniche e calcareniti da torbide Paleogene
14	15	cm	("calcare massiccio") calcari non stratificati, da grigi a grigio scuri; localmente calcari dolomitici e dolomie Lias inf. (Hettangiano)
	15	cP	"calcari di Puglianella": calcari compatti a grana fine, in grossi strati, talvolta lastriformi, di colore bianco latte, più raramente grigio verdastro o chiaro, nella parte basale e sommitale della formazione calcari marnosi rosei, con interstrati di argilliti rosse, rari noduli di selce (?) Cenomaniano -Turoniano- Maestrichtiano
	15	gr	Giurassico inf.
	15	mbr	breccie poligeniche e calcareniti, trasgressivi sulle formazioni sottostanti almeno fino ai "grezzoni" Malm
	15	mcm	marmi (Apuane), "calcari ceroidi" (M.Pisano): calcari
	15	mM	("marmi"); calcari saccaroidi bianchi, calcari ceroidi giallastri stratificati Hettangiano



15	15	Nu	calcareniti e calciruditi grigie, gradate Eocene
	20	cC	calcari bianchi o debolmente colorati a Calpionelle, con rare liste e noduli di selce Titon. sup.-Valanginiano-Neocomiano
	20	cR	("calcari e marne a Rhaetavicula contorta") dolomie, dolomie calcaree calcari dolomitici, verso l'alto calcari e calcari marnosi grigio scuri, alternati a straterelli di marne grigie e nerastre, alterate in giallo; localmente straterelli di calcari organogeni Trias sup. ("Retico")
15	20	cs1	("calcari grigi a selci chiare") calcari stratificati di coloreda grigio a giallastro, leggermente marnosi, a grana fine, con liste e noduli di selce grigia; localmente sottili strati di argilliti e di marne in lastrine Lias medio e superiore
	20	cs1M	calcescisti zonati, fibrosi e ondulati; calcari straterellati con intercalazioni scistose; calcare cristallino grigio-brunastro o giallo con liste di selce bianca o grigia; marmo giallo o rosso con intercalazioni scistose Dogger
	20	cs2	("calcari grigio a selci nere") calcari e calcareniti gradate grigio scure, gradate, a liste e noduli di selce nera Dogger sup.-Malm p.p.
15	20	cs2M	("calcari selciferi"); calcari ceroidi grigio-scuro ben stratificati con liste di selce bruna, debolmente metamorfici Calloviano-Lusitano
	20	mac	("maiolica") calcari e calcari litografici selciferi bianco latte; nella parte alta calcari grigi talora selciferi e calcareniti Titonico sup.-Neocomiano/Barremiano
16	20	mcs1	Calcari grigi stratificati con liste di selce Giurassico
	25	cc	("calcare cavernoso") calcari a "cellette", calcari dolomitici e brecciat Trias sup. (Norico-Retico); breccie poligeniche associate ai "calcari cavernosi"
	25	Mcb1	(calciruditi biancastre a Briozoi, massicce o a stratificazione poco evidente Miocene (Elveziano-Langhiano)
	25	McR	("calcare di Rosignano") calcare cariato biancastro talora con fossili marini, passante lateralmente a sabbie Messiniano sup.
	25	Pc	calcari detrito-organogeni e ad Amphistegina Plioc. inf.-medio
	25	tv1	travertini antichi, compatti, stratificati biancastri in terrazze Pleist. sup.
	25	tv2	travertini Olocene
16	30	alb	("alberese" e "formazione di Lanciaia") calcari a grana fine grigio chiari, calcari marnosi scuri e arenarie calcaree gradate Paleocene-Eocene medio
	30	bnS	("calcari e brecciole di M. Senario") brecciole e calcareniti con selci, argilloscisti, calcari marnosi. Formano la base stratigrafica di aS Paleogene

20	30	fh	("formazione marno-siltose = flysch ad Elmintoidi"): calcari marnosi scuri, marne e arenarie calcaree Cretaceo superiore
	30	mar	(formazione marnoso-arenacea - facies romagnola) arenarie turbiditiche quarzose (32%) -feldspatiche (20%), con calcite (21%), dolomite clastica (7%) e fillosilicati (20%), in banchi spessi da 30 cm a qualche metro, di colore grigio-azzurro, alternanti con marnosistiti grigi. Le arenarie sono preponderanti (almeno il 50% del totale) Miocene (Serravalliano-Elveziano)
	30	mmp	Marne e calcari marnosi (M.Pisano), diaspri e scisti diasprigni biancastri, rossi e verdi; talvolta con intercalazioni di msc; calcescisti e cipollini Giurassico sup.
	30	mdi	Radiolariti varicolori con intercalazioni di calcari a entrochi Malm
21	30	d, di	("diaspri") radiolariti a strati sottili, rosse, verdicce Giurassico sup-Valanginiano
	50	fl	(formazione di Iavello) argilloscisti siltosi prevalenti con arenarie quarzose-calcaree micacee fini tipo "pietraforte" Cretaceo superiore
	50	pb	("argille a palombini") argilliti e marne fogliettate con intercalazioni di calcari a palombini Cretaceo inf.
	50	asP	("argilloscisti di Pescina") argilloscisti bruni, con calcareniti minute, calcari marnosi e calcari verdastrici duri Eocene
	50	fp1	("argilliti di Fiumalbo - marne di Le Piastre") argilliti varicolori, siltiti e marne grigie Oligocene superiore
	50	fVR	(formazione di Villa a Radda) argilloscisti talora siltosi, prevalentemente rossi, con pochi strati calcari marnosi verdastrici o arenarie calcarifere, intercalati nella parte alta di pf o al tetto di questa Cretaceo sup.-Eocene inf.
	50	sc	Scisti argillosi policromi
	50	fs	Formazione di Sillano
	50	scm	intercalazioni di calcari marnosi e marne in strati alternanti calcareniti a calciruduti e argilliti in "sc" Cretaceo inf. p.p.-Oligocene
	50	fV	Formazione di Vallina, argilloscisti variegati, calcari marnosi verdastrici o grigi, calcareniti minute e arenarie calcarifere.
23	75	cb	argille e marne con calcari, calcari marnosi, arenarie e calcareniti intercalate talora breccie sedimentarie costituite da rocce verdi, diaspri e calcari litografici
	75	cbh	arenarie, siltiti e argilliti con livelli di breccie; argille varicolori (complesso di base ?) Cretaceo superiore
	75	ol	a luoghi intercalazioni di materiale ligure in aC (olistostromi) Aquitaniano-Langhiano superiore

24	20	a	aplite (quarzo e ortoclasio prevalenti, albite e rarissima mica), spesso milonitica e con vene di calcite
	20	g	graniti ercinici
28	20	se	("selagiti") trachiti femiche; differenziati pneumatolitici del magma granitico toscano Plioc. sup.- Quaternario
	30	b	arenarie e breccie sedimentarie ofiolitiche, breccie poligeniche a cemento argillitico con prevalenti elementi calcarei ed in subordine ofiolitici
	30	bw	conglomerati e arenarie di materiale ofiolitico alla base di cb.Paleocene-Eocene medio
	30	D	diabase spesso alterato, di colore rossastro Giurassico
	30	G	gabbri
	30	pfw	ofioliti; ove distinte
	30	S	serpentine Giurassico
	30	ang	lenti di dolomie scistose con Orthoceratidi nel "verrucano" Carnico
	30	fB	Filladi sericitiche e cloritiche ad alta scistosità con intercalazioni di scisti gneissici e gneiss albitici Carbonifero/Permiano-Carnico
	30	fT	("formazione di Tocchi") scisti cloritici e sericitici, grigio-verdichiari, talora con spalmature rosse; calcari ruvidi gialli e rossi; breccie di frammenti di scistiti negli stessi calcari Trias superiore
30	30	msc	scaglia metamorfica: scisti sericitici grigi, rossi e verdi, calcescisti e cipollini Cretaceo-Oligocene
	30	pmg	pseudomacigno: arenarie micacee e scisti ardesiaci Oligocene
	30	scSL	filladi quarzitiche a grana variabile di colore violaceo; nella parte alta conglomerati di dimensioni inferiori ai precedenti; localmente livelli filladici viola Trias medio
	30	sMM	("scisti di Marmorata"); scisti micacei e sericitici color tabacco, rosso vinato e verdastrici, rare intercalazioni di calcari ceroidi giallastri e cipollini; alla base calcescisti a entrochi, intensamente budinati Dogger-Malm
	30	vr	("verrucano" s.l.) micascisti a muscovite e filladi sericitico-cloritiche con intercalazioni di quarziti sericitiche e lenti di scisti otrelitici; conglomerati quarzoso-micacei ("anageniti") prevalentemente nella parte bassa Carnico-Ladinico
	10	dI	sabbie eoliche (dune pre-romane) Olocene

a2	10	d2	dune sabbiose costiere recenti (post-romane) Olocene
	10	s	sabbie di spiaggia attuale Olocene
	10	s	("sabbie di Vicarello") sabbie fluviali ed eoliche arrossate Pleist. sup.
a4	5	co	terreni di colmata
	5	com	terreni di colmata
	5	p	terreno palustre Olocene
	5	t	terreno torboso Olocene

La procedura di approvazione del Piano per l'Assetto Idrogeologico

Nella seduta del 1° agosto 2002 il Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Arno ha adottato, con la Delibera n. 164, il progetto del Piano di bacino, stralcio per l'Assetto Idrogeologico, generalmente conosciuto anche come P.A.I.

La possibilità di approvare Piani di bacino per sottobacini o per stralci relativi a settori funzionali viene introdotta dalla legge n. 493 del 1993 con l'inserimento del comma 6 *ter* all'articolo 17 della legge n. 183 del 1989, legge con la quale furono istituite le Autorità di bacino e veniva disciplinata l'attività di pianificazione a scala di bacino.

Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico tuttavia trova il suo fondamento non solo nella legge 183/1989 ma anche in disposizioni specifiche contenute in leggi successive.

È il decreto-legge n. 180 del 1998, come successivamente modificato dalla legge di conversione (n. 267 del 1998), che prescrive infatti l'adozione da parte delle Autorità di bacino di piani stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico mediante i quali vengono individuate e perimetrare le aree a rischio idrogeologico.

In attesa dell'adozione di tali piani stralcio il legislatore, intervenuto nuovamente a disciplinare la materia del rischio idrogeologico con un ulteriore decreto-legge (il n. 132 del 1999, convertito dalla legge n. 226 dello stesso anno), dispone che le autorità di bacino approvino piani straordinari i quali contengano in particolare l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato per l'incolumità delle persone e per la sicurezza delle infrastrutture e del patrimonio ambientale e culturale. È inoltre disposto, con espressa previsione, che, una volta individuate tali aree, siano adottate relativamente a queste le misure di salvaguardia, così come previste dalla legge 183 del 1989 (articolo 17, comma 6 *bis*).

I piani straordinari (adottati dall'Autorità di bacino del fiume Arno con le delibere n. 134, n. 136 e n. 137) pertanto rappresentano un primo punto fer-

mo, nell'ambito della pianificazione di bacino sull'assetto idrogeologico, diretti tuttavia a rimuovere – attraverso l'adozione di misure di salvaguardia (delibere n. 135, n. 136 e n. 139) limitative di interventi nelle aree così individuate - le situazioni a rischio più alto.

Se quindi i piani straordinari rappresentano una prima fase di individuazione, sul territorio del bacino, delle situazioni di pericolosità e di rischio più alto, il progetto del Piano per l'Assetto Idrogeologico è ciò che porta a compimento il processo di individuazione delle differenti pericolosità presenti nel bacino.

Il procedimento per l'adozione del P.A.I., parimenti a quanto detto in ordine al fondamento legislativo, trova la sua disciplina tanto nella legge n. 183 del 1983, quanto in disposizioni successive emanate sulla specifica materia.

Ai sensi dell'articolo 18 della legge 183 il progetto di piano è stato elaborato dal Comitato Tecnico dell'Autorità di bacino avvalendosi della segreteria tecnico-operativa ed è stato adottato in sede di Comitato Istituzionale. Dell'adozione ne sarà data notizia sulla Gazzetta Ufficiale e sui Bollettini Ufficiali delle regioni Toscana e Umbria mediante un avviso nel quale saranno indicate le sedi di consultazione ove è possibile, per chi vi abbia interesse, consultare gli elaborati, estrarne copia e formulare osservazioni sui registri a ciò predisposti.

Il termine di quarantacinque giorni, stabilito dalla legge, decorre dalla pubblicazione dell'avviso sulla Gazzetta Ufficiale ma ulteriori osservazioni potranno essere trasmesse alle regioni territorialmente competenti nei successivi quarantacinque giorni dalla scadenza del periodo di consultazione.

In aggiunta all'*iter* ordinario sopradescritto per l'adozione dei piani di bacino, il Piano per l'Assetto Idrogeologico presenta la particolarità di essere soggetto ad un'ulteriore procedura per la sua adozione, prevista dal decreto-legge n. 279 del 2000, convertito, con modificazioni, dalla legge n. 365 del 2000.

L'articolo 1 bis di tale provvedimento dispone che le regioni convochino una conferenza programmatica, articolata per sezioni provinciali o per altro ambito territoriale, alla quale partecipano le province ed i comuni interessati, unitamente alla regione e ad un rappresentante dell'Autorità di bacino.

Secondo l'ordinaria previsione della legge 183 le regioni, al termine del periodo complessivo di consultazione (risultante dai 45 giorni della consultazione effettiva più i 45 suppletivi per l'invio delle ulteriori osservazioni), si esprimono sulle osservazioni direttamente annotate sui registri predisposti presso ogni sede di consultazione e su quelle inoltrate successivamente alla regione territorialmente competente.

Differentemente, in relazione al P.A.I., le regioni prendono parte al procedimento di adozione del Pia-

no attraverso il parere sul progetto espresso dalla conferenza programmatica, parere che tiene luogo di quello previsto invece in via ordinaria dalla 183 sulle osservazioni e sul progetto.

Non è quindi la regione territorialmente competente il solo ente deputato ad esprimere un parere sul Progetto ma, relativamente ai Piani per l'Assetto Idrogeologico, è la conferenza programmatica, alla quale partecipano anche le Province e i Comuni ricadenti nel bacino, ad esprimere le determinazioni che poi saranno tenute in conto dal Comitato Istituzionale al momento dell'adozione, con nuova e successiva delibera, del Piano stralcio vero e proprio.

Una volta adottato dal Comitato Istituzionale il Piano di bacino sarà approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri e così pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana.

Progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI)

NORME DI ATTUAZIONE

TITOLO I

Il Piano per l'assetto idrogeologico

Art. 1

Finalità generali del Piano

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Arno, di seguito denominato anche PAI o Piano, è redatto, adottato e approvato, ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della legge 18 maggio 1989, n. 183, quale piano stralcio del Piano di bacino. Esso ha valore di piano territoriale di settore e, ai sensi dell'art. 1 bis, comma 5 della legge 365/2000, le determinazioni assunte in sede di Comitato Istituzionale, a seguito di esame nella conferenza programmatica, costituiscono variante agli strumenti urbanistici.

Il PAI, attraverso le proprie disposizioni perseguite, nel rispetto del patrimonio ambientale, l'obiettivo generale di assicurare l'incolumità della popolazione nel territorio del bacino del fiume Arno e garantire livelli di sicurezza adeguati rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e geomorfologico in atto

o potenziali.

Più in particolare, il Piano, nel rispetto delle finalità generali indicate all'art. 17 della legge 18 maggio 1989, n. 183, per il Piano di bacino, si pone i seguenti obiettivi:

- la sistemazione, la conservazione ed il recupero del suolo nei bacini idrografici, con interventi idrogeologici, idraulici, idraulico-forestali, idraulico-agrari, silvo-pastorali, di forestazione, di bonifica, di consolidamento e messa in sicurezza;
- la difesa ed il consolidamento dei versanti e delle aree instabili nonché la difesa degli abitati e delle infrastrutture contro i fenomeni franosi e altri fenomeni di dissesto;
- la difesa, la sistemazione e la regolazione dei corsi d'acqua;
- la moderazione delle piene, anche mediante serbatoi d'invaso, vasche di laminazione, casse di espansione, scaricatori, scolmatori, diversivi o altro, per la difesa dalle inondazioni e dagli allagamenti;
- l'attività di prevenzione svolta dagli enti periferici operanti sul territorio.

Art. 2

Definizioni

Ai fini del presente Piano si intende per:

Tempo di ritorno T_R : una volta assegnato un valore ad una variabile aleatoria, ad esempio la portata di piena in una sezione, viene ad essa associata la probabilità p con cui tale valore può essere superato. Il tempo di ritorno T_R è il valore atteso del periodo di tempo che intercorre fra due superamenti successivi del valore della variabile aleatoria;

Pericolosità P_t : è la probabilità di accadimento di un predefinito evento calamitoso nell'intervallo temporale t ;

Elementi a rischio: sono rappresentati dai beni quali la vita umana, il patrimonio immobiliare, culturale e ambientale, le attività economiche e le infrastrutture, presenti in un'area vulnerabile;

Entità E : indica il valore economico del bene;

Vulnerabilità V : denota l'attitudine di un elemento a rischio a subire danni per effetto di un evento calamitoso. La vulnerabilità si esprime mediante un coefficiente compreso tra 0 (assenza di danno) e 1 (perdita totale). È funzione dell'intensità del fenomeno e della tipologia di elemento a rischio;

Danno D : è il prodotto dell'entità del bene per la sua vulnerabilità;

Rischio R : è il valore atteso delle perdite umane, dei feriti, dei danni alla proprietà e delle perturbazioni alle attività economiche dovuti ad un particolare fenomeno naturale. Ai fini applicativi è possibile approssimare il valore di R attraverso la forma, nota come equazione del rischio

$$R = EVP_t$$

Aree inondabili: porzioni di territorio soggette ad essere allagate in seguito ad un evento di piena. Possono essere caratterizzate da una probabilità di inondazione in funzione del tempo di ritorno considerato;

Battente h : altezza d'acqua rispetto al piano di campagna, misurata in condizioni statiche a seguito di un evento alluvionale;

Frana: movimento di una massa di roccia, terra o detrito lungo un versante;

Frana attiva: frana in atto al momento del rilevamento o ricorrente con un ciclo il cui periodo massimo non supera quello stagionale;

Frana quiescente: frana non attiva al momento del rilevamento, per la quale esistono indizi che ne dimostrino una oggettiva possibilità di riattivazione, in quanto non ha esaurito la propria potenzialità di

evoluzione;

Suscettibilità geomorfologica: propensione al dissesto franoso di un'area, risultante dalla presenza di fattori predisponenti legati essenzialmente alle condizioni geologiche, geotecniche e di copertura del suolo;

Interventi di messa in sicurezza: azioni strutturali e non strutturali tese alla diminuzione del rischio a livelli socialmente accettabili, attraverso interventi sulla pericolosità o sulla vulnerabilità del bene esposto;

Base cartografica a livello di sintesi: alla scala 1:25.000 su base cartografica IGM assemblata dalle Regioni nel 1978;

Base cartografica a livello di dettaglio: alla scala 1:10.000 su base cartografica CTR.

Art. 3

Ambito di applicazione

Il PAI trova applicazione nei territori facenti parte del bacino idrografico del fiume Arno così come delimitato con D.P.R. 21 dicembre 1999 (in S.O. n. 132 alla G.U. n. 195 del 22.08.2000). L'ambito territoriale ricomprende le Regioni, le Province ed i Comuni individuati nell'allegato 1.

Art. 4

Contenuti ed elaborati di Piano

Il PAI, anche ai sensi dell'art. 17, comma 3, della legge n. 183/1989, è costituito dai seguenti elaborati:

1. relazione generale
2. norme di attuazione e loro allegati
3. elaborati cartografici di sintesi e di dettaglio

TITOLO II

Aree a pericolosità idrogeologica

CAPO I

Pericolosità idraulica

Art. 5

Elaborati di Piano

In relazione alle condizioni idrauliche e idrogeologiche, alla tutela dell'ambiente ed alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, così come risultanti dallo stato delle conoscenze, sono soggette alle norme del presente capo le aree individuate nelle cartografie di seguito specificate:

a) "Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica sulla base di criteri geomorfologici, storici

ed inventariali - livello di sintesi".

Nella cartografia la pericolosità è così graduata:

- pericolosità idraulica molto elevata (P.I.4), così come già individuata nel Piano Straordinario approvato con delibera del Comitato Istituzionale n. 137/1999;
- pericolosità idraulica elevata (P.I.3) aree individuate e perimetrate come B.I. ai sensi del Piano Straordinario di cui sopra;
- pericolosità idraulica media (P.I.2): aree storicamente inondate dall'evento del 1966 come da Carta guida delle aree inondate di cui al Piano di bacino, *stralcio relativo alla riduzione del "Rischio Idraulico"*;
- pericolosità idraulica moderata (P.I.1): involuppo delle alluvioni storiche sulla base di criteri geologici e morfologici.

b) "Perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica derivata dai risultati di specifici studi in funzione del tempo di ritorno e del potenziale battente - livello di dettaglio".

Nella cartografia la pericolosità è così graduata:

- i. pericolosità idraulica molto elevata (P.I.4) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $T_R \leq 30$ anni e con battente $h \geq 30$ cm;
- ii. pericolosità idraulica elevata (P.I.3) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $T_R \leq 30$ anni con battente $h < 30$ cm e aree inondabili da un evento con tempo di ritorno $30 < T_R \leq 100$ anni e con battente $h \geq 30$ cm;
- iii. pericolosità idraulica media (P.I.2) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $30 < T_R \leq 100$ anni e con battente $h < 30$ cm e aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $100 < T_R \leq 200$ anni;
- iv. pericolosità idraulica moderata (P.I.1) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $200 < T_R \leq 500$ anni

Art. 6

Aree a pericolosità idraulica molto elevata (P.I.4)

Nelle aree P.I.4, per le finalità di cui al presente Piano, sono consentiti:

1. interventi di sistemazione idraulica approvati dall'autorità idraulica competente, previo parere favorevole dell'Autorità di Bacino sulla com-

patibilità degli interventi con il Piano di bacino;

2. nuovi interventi relativi a opere pubbliche, a condizione che venga garantita la preventiva o contestuale realizzazione delle opere di messa in sicurezza idraulica per eventi con tempo di ritorno di 200 anni, sulla base di studi idrologici ed idraulici, previo parere favorevole dell'autorità idraulica competente e dell'Autorità di Bacino sulla coerenza degli interventi di messa in sicurezza previsti con il Piano di bacino, anche rispetto alla più complessa organizzazione degli interventi di messa in sicurezza delle aree a rischio adiacenti;
3. interventi di adeguamento o ristrutturazione della viabilità e della rete dei servizi privati esistenti non delocalizzabili, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale;
4. interventi necessari per la manutenzione di opere pubbliche o di interesse pubblico;
5. interventi di ampliamento e di ristrutturazione delle opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale, non concorrano ad incrementare il carico urbanistico, non precludano la possibilità di attenuare o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio e risultino essere comunque coerenti con la pianificazione degli interventi di protezione civile. Per tali interventi è necessario acquisire il preventivo parere favorevole dell'Autorità di Bacino sul progetto preliminare;
6. interventi sugli edifici esistenti, finalizzati a ridurre la vulnerabilità e a migliorare la tutela della pubblica incolumità;
7. interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro, di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della legge n. 457/1978 e successive modifiche e integrazioni nonché interventi di demolizione senza ricostruzione;

8. adeguamenti necessari alla messa a norma delle strutture e degli impianti relativamente a quanto previsto in materia igienico-sanitaria, sismica, di sicurezza ed igiene sul lavoro, di superamento delle barriere architettoniche nonché gli interventi di riparazione di edifici danneggiati da eventi bellici e sismici;
9. interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della legge n. 457/1978 e successive modifiche e integrazioni, che non comportino aumento della superficie coperta. Qualora gli interventi comportino aumento di carico urbanistico, gli stessi sono ammessi, purché realizzati in condizioni di sicurezza idraulica. La verifica dell'esistenza di tali condizioni dovrà essere accertata dall'autorità preposta al rilascio del provvedimento autorizzativo;
10. realizzazione di recinzioni, pertinenze e manufatti precari nonché realizzazione di interventi di sistemazione ambientale senza la creazione di volumetrie e/o superfici impermeabili, purché non si incrementino le condizioni di pericolosità relativamente al contesto territoriale e alla natura dell'intervento.

Art. 7

Aree a pericolosità idraulica elevata (P.I.3)

Nelle aree P.I.3 sono consentiti, oltre agli interventi di cui all'articolo precedente, i seguenti interventi:

1. ampliamento o ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferiti a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali, purché non concorrano ad incrementare la pericolosità e non precludano la possibilità di attenuare o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio, e risultino essere comunque coerenti con la pianificazione degli interventi di emergenza di protezione civile. Il progetto preliminare di tali interventi deve ottenere il parere favorevole dell'Autorità di Bacino sulla compatibilità e coerenza dell'opera con gli obiettivi del Piano di bacino;
2. interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lett. d) dell'art. 31 della legge 457/1978 e successive modifiche ed integrazioni, a

condizione che non aumentino il livello di pericolosità nelle aree adiacenti;

3. interventi di ristrutturazione urbanistica, così come definite alla lettera e) dell'art. 31 della legge n. 457/1978; che non comportino aumento di superficie o di volume complessivo, fatta eccezione per i volumi ricostruiti a seguito di eventi bellici e sismici, purché realizzati nel rispetto della sicurezza idraulica, ad esclusione comunque dei volumi interrati;
4. ampliamenti volumetrici degli edifici esistenti esclusivamente finalizzati alla realizzazione di servizi igienici, volumi tecnici, autorimesse pertinenziali, rialzamento del sottotetto al fine di renderlo abitabile senza che si costituiscano nuove unità immobiliari, nonché manufatti che non siano qualificabili quali volumi edilizi, a condizione che non aumentino il livello di pericolosità nelle aree adiacenti;
5. interventi nelle zone territoriali classificate negli strumenti urbanistici, ai sensi del Decreto interministeriale n. 1444 del 1968, come zone A, B, D, limitatamente a quelli che non necessitano di piano attuativo, e F, destinate a parco, purché realizzati nel rispetto della sicurezza idraulica, risultante da idonei studi idrologici e idraulici e a condizione che non aumentino il livello di pericolosità nelle aree adiacenti;
6. completamenti di iniziativa pubblica o privata in zone di espansione urbanistica, per i quali alla data di esecutività del Piano siano state rilasciate concessioni per almeno il 50 per cento della superficie coperta complessiva, purché realizzati nel rispetto della sicurezza idraulica, ad esclusione comunque dei volumi interrati.

Art. 8

Aree a pericolosità idraulica media e moderata (P.I.2 e P.I.1)

Nelle aree P.I.1, laddove siano presenti gli elementi individuati nella carta degli elementi a rischio, nonché nelle aree P.I.2 il presente Piano persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria da parte degli enti competenti ai sensi della legge 24 febbraio 1992, n. 225 - Regioni o Province - di programmi di previsione e prevenzione.

CAPO II

Pericolosità da processi geomorfologici di versante

Art. 9

Elaborati di Piano.

In relazione alle specifiche condizioni geomorfologiche e idrogeologiche, alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione contro possibili effetti dannosi di interventi antropici, sono soggetti alle norme del presente capo le aree individuate nelle cartografie di seguito specificate:

a) Livello di sintesi in scala 1:25.000: Atlante riportante la individuazione e la perimetrazione delle aree a pericolosità derivante da processi geomorfologici di versante ottenuta sulla base di criteri geomorfologici, litologici ed inventariali.

Nella cartografia la pericolosità è così graduata:

- aree a pericolosità elevata da processi geomorfologici di versante (P.F.3): aree interessate da fenomeni di dissesto attivi o quiescenti e da condizioni geomorfologiche marcatamente sfavorevoli;
- aree a pericolosità media da processi geomorfologici di versante (P.F.2): aree apparentemente stabili, interessate da litologie con caratteri intrinsecamente sfavorevoli alla stabilità dei versanti;
- aree a pericolosità moderata da processi geomorfologici di versante (P.F.1): aree apparentemente stabili ed interessate da litologie con caratteri sfavorevoli alla stabilità dei versanti che, talora, possono essere causa di rischio reale o potenziale moderato.

Le aree a pericolosità molto elevata (P.F.4) sono individuate nella cartografia a livello di dettaglio in scala 1:10.000

b) Livello di dettaglio in scala 1:10.000: Atlante riportante la individuazione e la perimetrazione delle aree a pericolosità da frana ottenuta sulla base di criteri geomorfologici ed inventariali.

Nella cartografia la pericolosità è così graduata:

- aree a pericolosità molto elevata da frana (P.F.4): aree interessate da frane attive;
- aree a pericolosità elevata da frana (P.F.3): aree interessate da fenomeni di dissesto attivi o quiescenti e da condizioni geomorfologiche marcatamente sfavorevoli;

- aree a pericolosità media da frana (P.F.2): aree apparentemente stabili, interessate da litologie con caratteri intrinsecamente sfavorevoli alla stabilità dei versanti.

Art. 10

Aree a pericolosità molto elevata da processi geomorfologici di versante e da frana

Nelle aree P.F.4, per le finalità di cui al presente Piano, sono consentiti, purché nel rispetto del buon regime delle acque:

1. interventi di consolidamento, sistemazione e mitigazione dei fenomeni franosi, nonché quelli atti a monitorare i processi geomorfologici che determinano le condizioni di pericolosità molto elevata, previo parere favorevole dell'Autorità di Bacino sulla conformità degli interventi con le finalità del Piano di bacino;
2. interventi necessari per la manutenzione di opere pubbliche o di interesse pubblico;
3. interventi di ristrutturazione delle opere e infrastrutture pubbliche nonché della viabilità e della rete dei servizi privati esistenti non delocalizzabili, purché siano realizzati senza aggravare le condizioni di instabilità e non compromettano la possibilità di realizzare il consolidamento dell'area e la manutenzione delle opere di consolidamento;
4. interventi di demolizione senza ricostruzione, di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro, di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della legge 457/1978 e successive modifiche ed integrazioni;
5. adeguamenti necessari alla messa a norma delle strutture e degli impianti relativamente a quanto previsto dalle norme in materia igienico-sanitaria, sismica, di sicurezza ed igiene sul lavoro, di superamento delle barriere architettoniche;
6. interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della legge n. 457/1978 e successive modifiche ed integrazioni, che non comportino aumento di superficie o di volume né aumento del carico urbanistico, purché siano realizzati senza aggravare le condizioni di instabilità e non compromettano la possibilità di realizzare il consolidamento del movimento franoso e la manutenzione delle opere di consolidamento;
7. interventi sugli edifici esistenti, finalizzati a

ridurre la vulnerabilità, a migliorare la tutela della pubblica incolumità, che non comportino aumenti di superficie, di volume e di carico urbanistico.

Art. 11

Aree a pericolosità elevata da processi geomorfologici di versante e da frana

Nelle aree P.F.3 sono consentiti, oltre agli interventi di cui all'articolo precedente, i seguenti interventi:

1. ampliamenti volumetrici degli edifici esistenti esclusivamente finalizzati alla realizzazione di servizi igienici, volumi tecnici, autorimesse pertinenziali, rialzamento del sottotetto al fine di renderlo abitabile senza che si costituiscano nuove unità immobiliari, nonché manufatti che non siano qualificabili quali volumi edilizi, purché corredati da un adeguato studio geotecnico da cui risulti la compatibilità con le condizioni di pericolosità che gravano sull'area;
2. nuovi interventi relativi a servizi e opere pubbliche purché sia redatto e approvato il progetto preliminare relativo al consolidamento ed alla messa in sicurezza dell'intera unità morfologica interessata al dissesto. È, altresì, necessario che siano realizzate e collaudate le opere di consolidamento e di messa in sicurezza, con superamento delle condizioni di instabilità, relative al sito interessato dall'intervento e all'area d'intorno ad esso, tenuto conto anche dei processi geomorfologici di medio - lungo periodo.

Art. 12

Aree a pericolosità media e moderata da processi geomorfologici di versante e da frana

Nelle aree P.F. 2, oltre alle opere ed agli interventi di cui all'art. 11, sono consentite la realizzazione e/o la modificazione di opere secondo le normative e le previsioni degli strumenti urbanistici vigenti purché l'intervento garantisca la sicurezza e non determini condizioni di instabilità e non modifichi negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nella zona potenzialmente interessata dall'opera e dalle sue pertinenze.

Nelle aree P.F.1, laddove siano presenti gli elementi individuati nella carta degli elementi a rischio, nonché nelle aree P.F.2, di cui alla cartografia allegata al presente Piano, si persegue l'obiettivo di in-

tegrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria da parte degli enti competenti ai sensi della legge 24 febbraio 1992, n. 225 - Regioni o Province - di programmi di previsione e prevenzione.

Art. 13

Riordino del vincolo idrogeologico

Le Regioni e le Province, ai sensi della lettera p) dell'art. 3 della legge 183/1989, in sede di riordino del vincolo idrogeologico, recepiscono, anche attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, per le finalità di assetto geomorfologico e di assetto idraulico del presente Piano, gli elaborati tecnici di seguito elencati:

1. perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante in scala 1:25.000;
2. perimetrazione delle aree con pericolosità da frana derivate dall'inventario dei fenomeni franosi in scala 1:10.000.

Art. 14

Boschi in situazioni speciali

I boschi ricadenti nelle aree del territorio toscano individuate dal presente Piano a pericolosità molto elevata da processi geomorfologici (P.F.4) sono da considerarsi ricompresi nella tipologia di cui all'art. 52 comma 1 lettera a) della legge regionale Toscana n. 39/2000 e sono, pertanto, soggetti alle particolari norme di tutela di cui al comma 2 dello stesso art. 52.

I boschi ricadenti nelle aree del territorio umbro individuate dal presente Piano a pericolosità molto elevata da processi geomorfologici (P.F.4) sono da considerarsi ricompresi nella tipologia di cui all'art. 7 comma 1 del Regolamento Regione Umbria 8 giugno 1981, n. 1 e sono, pertanto, soggetti alle norme di cui ai successivi commi dello stesso articolo.

CAPO III

Disposizioni generali

Art. 15

Piani di Protezione Civile

Le aree considerate nel presente Titolo devono essere ricomprese nei programmi di previsione e prevenzione e nei piani di emergenza per la difesa delle popolazioni e del loro territorio ai sensi della legge 24 febbraio 1992 n. 225.

Art. 16

Misure di tutela per le aree vulnerabili alla desertificazione

Ai sensi dei commi 2 e 3 dell'articolo 20 del Decreto Legislativo n. 152/1999 l'Autorità di Bacino, entro 24 mesi dall'adozione del presente Piano, definisce le Aree Vulnerabili alla Desertificazione del proprio territorio e il loro livello di vulnerabilità, proponendo specifiche misure di tutela da approvare in sede di prima verifica ed aggiornamento del presente piano stralcio di cui al successivo art. 32.

Art. 17

Aree di interesse archeologico, storico - artistico e paesaggistico

Per le aree di interesse archeologico, storico - artistico e paesaggistico ricadenti nel territorio del bacino del fiume Arno, le norme dettate dal presente Piano devono essere coordinate con la disciplina del Testo Unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali, di cui al decreto legislativo 29 ottobre 1999, n. 490.

Le autorità competenti provvedono a censire i beni culturali ed ambientali presenti nelle aree a pericolosità e rischio idrogeologico, individuandone l'esatta localizzazione spaziale ed evidenziando i sistemi di relazione dei singoli beni culturali con il contesto territoriale. Provvedono, altresì, a promuovere un'efficace azione di salvaguardia, potendo prevedere l'espropriazione di aree e/o immobili contermini al bene necessari alla sua messa in sicurezza.

Art. 18

Compatibilità delle attività estrattive nelle aree a pericolosità idraulica molto elevata ed elevata e nelle aree a pericolosità da processi geomorfologici di versante

Nelle aree P.I.4 e P.I.3, ma non ricomprese nell'ambito di applicazione di cui al Piano di bacino del fiume Arno, stralcio "Attività Estrattive (fabbisogno materiali litoidi e cave)", è consentita, purché in presenza del piano regionale per le attività estrattive, l'asportazione di materiale inerte con l'osservanza delle seguenti prescrizioni:

1. è vietato l'accumulo anche provvisorio di materiale inerte;
2. l'installazione di manufatti ed attrezzature, pre-

cari e temporanei, connessi all'esercizio dell'attività estrattiva, è subordinata all'autorizzazione della competente autorità idraulica.

Con riferimento alla pianificazione di settore e alle norme tecniche vigenti, gli studi geologici a corredo del progetto di apertura di nuove cave o di ampliamento di quelle esistenti devono prevedere la valutazione della pericolosità da processi geomorfologici sull'intero versante modificato dal profilo finale del fronte di scavo e la valutazione dell'eventuale aumento del livello di rischio per gli insediamenti e le infrastrutture presenti sul versante interessato ed in prossimità di esso.

Il rilascio dell'autorizzazione all'esercizio dell'attività estrattiva è subordinato alla verifica di cui al comma 2.

Le Regioni, nell'aggiornamento dei piani per le attività estrattive, tengono conto della presenza dei dissesti (in atto o potenziali) individuati nelle cartografie di Piano di cui all'art. 9.

Art. 19

Concorso di livelli di pericolosità

Nelle aree ove si sovrappongono zone relative a differenti livelli di pericolosità prevale la disciplina più restrittiva.

I manufatti lambiti e/o attraversati dal limite di aree a differente livello di pericolosità sono ricompresi nell'area interessata dalle prescrizioni più restrittive.

TITOLO III

Programmazione e attuazione degli interventi

Art. 20

Finalità

Il presente Piano ha l'obiettivo di promuovere gli interventi di manutenzione del territorio e le opere di difesa, quali elementi essenziali per assicurare il progressivo miglioramento delle condizioni di sicurezza e della qualità ambientale del territorio ed, in particolare, di mantenere:

- il reticolo idrografico in buono stato idraulico ed ambientale;
- garantire una buona condizione di stabilità idrogeologica ed ambientale;
- le opere di difesa mirate alla sicurezza idraulica e geomorfologica in piena funzionalità.

Art. 21

Criteri di intervento

Gli interventi di manutenzione idraulica e idrogeologica, di sistemazione e difesa del suolo, fermo restando quanto indicato nei Piani di bacino, stralcio relativo alla riduzione del "Rischio idraulico", "Qualità delle acque" e "Attività estrattive", oltre a garantire la massima funzionalità ai fini della mitigazione della pericolosità e del rischio idrogeologico sul territorio, saranno informati ai seguenti criteri:

- protezione e recupero dei biotopi locali e delle specie rare ed endemiche, attraverso le opportune valutazioni in sede progettuale e ponendo in opera adeguate precauzioni durante la fase di cantiere;
- diversità morfologica atta a preservare una biocenosi il più possibile ricca e diversificata, nella valutazione complessiva che l'eterogeneità morfologica dell'habitat costituisce il valore essenziale ai fini della biodiversità;
- conservazione e, ovunque possibile, miglioramento delle condizioni di naturalità dei corsi d'acqua, previa analisi dei rapporti funzionali tra l'ecosistema ripario e quello terrestre, interventi di riqualificazione ambientale e di conservazione e messa a dimora di specie compatibili con la buona officiosità, la sicurezza e la manutenzione dell'alveo;
- conservazione e creazione di corridoi biologici atti a garantire il libero movimento degli organismi ed evitare l'isolamento e la conseguente estinzione di popolazioni animali;
- naturalità delle strutture atta a limitare l'impiego di elementi strutturali, anche non visibili, che perturbino sensibilmente la naturalità dei siti;
- conservazione e sviluppo dei processi autodepurativi, attraverso la realizzazione di interventi di differenziazione degli alvei tali da incrementare la diversità idrobiologica, di "ecosistemi filtro" e sistemi di fitodepurazione nelle aree di golena e di fondovalle, conservazione e messa a dimora, ove opportuno e possibile, di adeguate piante con capacità fitodepurativa, specie lungo le fasce riparie.

Art. 22

Criteri generali per l'accesso ai finanziamenti

L'accesso ai finanziamenti per la realizzazione degli obiettivi di cui al presente Piano sono definiti sulla base delle indicazioni contenute nella relazione, capitolo 7.

Art. 23

Indirizzi per la progettazione delle opere di Piano

I progetti delle opere di Piano dovranno essere redatti in conformità alla vigente normativa in materia di opere pubbliche.

La progettazione delle casse di laminazione dovrà tener conto delle apposite linee guida predisposte dall'Autorità di Bacino.

Art. 24

Interventi di manutenzione idraulica e geomorfologica

Gli interventi di manutenzione dei versanti e delle opere di consolidamento o protezione dai fenomeni di dissesto devono tendere al mantenimento di condizioni di equilibrio, alla protezione del suolo da fenomeni di erosione accelerata e instabilità, al trattenimento idrico ai fini della riduzione del deflusso superficiale e dell'aumento dei tempi di corrivazione. In particolare, privilegiano il ripristino di boschi, la ricostituzione di boschi degradati e di zone umide, i reimpianti, il cespugliamento, la semina di prati e altre opere a verde. Sono, inoltre, effettuati in maniera tale da non compromettere le caratteristiche naturali degli ecosistemi.

Art. 25

Interventi nell'agricoltura

L'Autorità di Bacino, entro i dodici mesi successivi all'adozione del PAI, predispone apposite linee guida per la definizione di criteri per la limitazione dei fenomeni di instabilità dei versanti e dell'erosione superficiale dei suoli conseguenti all'impianto di colture specializzate su terreni in pendenza.

Le linee guida dovranno tener conto degli aspetti legati ai possibili fenomeni di movimenti gravitativi superficiali e di erosione superficiale indotti dalle opere di impianto, considerando anche il corretto deflusso delle acque, al fine di preservare la stabilità dei versanti, di limitare il trasporto solido e di preservare le capacità biologiche dei suoli.

Art. 26

Impianti specializzati di vivaio e serre ad uso ortoflorovivaistico e contenimento degli effetti di impermeabilizzazione dei suoli

Per gli impianti specializzati di vivaio è vietata la impermeabilizzazione permanente del suolo.

Nel caso si renda necessaria la messa in opera di una copertura del suolo per il transito di mezzi e per la posa della vasetteria, si prescrive che venga realizzata secondo le modalità indicate nell'allegato 2.

Alle prescrizioni dei commi 1 e 2 del presente articolo devono adeguarsi gli impianti specializzati di vivaio ad uso ortoflorovivaistico esistenti.

Per quanto attiene alla realizzazione di serre ad uso ortoflorovivaistico, anche se le strutture sono considerate provvisorie e non soggette a rilascio di concessione edilizia, deve essere previsto ed accertato dall'autorità amministrativa competente, ai fini della mitigazione del rischio idraulico, una compensazione per garantire il normale deflusso delle acque e una non totale impermeabilizzazione dei suoli in base alla superficie da esse occupata.

Al fine di consentire l'assorbimento anche parziale delle acque meteoriche, ogni nuova edificazione deve garantire il mantenimento di una superficie scoperta permeabile pari ad almeno il 25 per cento della superficie fondiaria di pertinenza della nuova infrastruttura. La realizzazione di superfici impermeabili o parzialmente permeabili è consentita nel rispetto delle indicazioni contenute nell'allegato 3.

Art. 27

Adeguamento degli strumenti urbanistici

Le previsioni del PAI adottate dal Comitato Istituzionale a seguito di esame nelle conferenze programmatiche, ai sensi dell'art. 1 *bis* della legge n. 365/2000, costituiscono variante agli strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale.

Le varianti consistono nell'introdurre:

- nelle aree perimetrate, secondo quanto previsto nell'art. 5, come aree a pericolosità idraulica molto elevata (P.I.4) e a pericolosità idraulica elevata (P.I.3), le limitazioni d'uso del territorio prescritte rispettivamente dagli artt. 6 e 7;
- nelle aree perimetrate, secondo quanto previsto dall'art. 9, come aree a pericolosità da frana molto elevata (P.F.4) e a pericolosità da frana elevata

(P.F.3), le limitazioni d'uso del territorio prescritte rispettivamente dagli artt. 10 e 11.

Le perimetrazioni e le conseguenti limitazioni d'uso si modificano o decadono in relazione a quanto previsto all'art. 32.

Il progetto di piano è pubblicato anche ai fini dell'art. 9 della legge 17 agosto 1942, n. 1150.

In sede di pianificazione territoriale le autorità competenti dovranno favorire la delocalizzazione degli insediamenti esistenti su aree a pericolosità elevata e molto elevata nel rispetto delle indicazioni e dei contenuti del presente Piano e tenuto conto anche del programma temporale previsto per la realizzazione delle opere necessarie per rimuovere e contenere il rischio.

Art. 28

Protezione civile

Oltre a quanto già stabilito negli articoli 8, 12 e 15 del presente Piano, in relazione all'art. 13 della legge 24 febbraio 1992, n. 225, le Province, sulla base delle competenze ad esse attribuite dagli artt. 19 e 20 del decreto legislativo 18 agosto 2000, n. 267, assicurano lo svolgimento dei compiti relativi alla rilevazione, alla raccolta e alla elaborazione dei dati interessanti la protezione civile nonché alla realizzazione dei programmi di previsione e prevenzione sopra menzionati. L'Autorità di Bacino del fiume Arno e le Regioni si pongono come struttura di servizio, nell'ambito delle proprie competenze, a favore delle Province interessate per le finalità ora menzionate.

Art. 29

Polizia idraulica e servizio di piena

L'Autorità di Bacino promuove il coordinamento tra gli enti preposti ai servizi di polizia idraulica e di piena, al fine di garantire un indirizzo uniforme a scala di bacino nonché l'efficacia e l'efficienza del servizio stesso.

TITOLO IV

Modalità di formazione, revisione, verifica ed attualizzazione del Piano

Art. 30

Quadro conoscitivo del bacino del fiume Arno

I risultati delle attività di studio in materia idraulica, idrogeologica, geologica, geomorfologica, pedologica, agricola e forestale compiute dagli enti

e dalle autorità competenti nel territorio del bacino, devono essere comunicati all'Autorità di Bacino attraverso una sintesi contenente l'oggetto, la tipologia, la disponibilità e la reperibilità dei documenti allo scopo di garantirne un ottimale inserimento nel quadro conoscitivo generale, indispensabile per operare l'adeguamento del presente Piano ai sensi del successivo art. 32.

Art. 31

Acquisizione dello strato informativo "pedologia" per il bacino del fiume Arno

L'Autorità di Bacino, in accordo e collaborazione con le Regioni, le Province e gli enti di ricerca preposti, nel rispetto delle proprie competenze, promuove le necessarie iniziative per acquisire, integrare e omogeneizzare le informazioni relative alla pedologia del bacino idrografico dell'Arno al fine di acquisire lo strato informativo "pedologia", funzionale all'attività conoscitiva per l'aggiornamento del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

Per l'applicazione della presente norma, laddove si riterrà necessario, verrà aggiornata la programmazione delle attività conoscitive di cui all'art. 1 del D.P.R. 7 gennaio 1992, ai sensi dell'art. 3 dello stesso decreto.

Art. 32

Procedura di integrazione e modifica del PAI

Il presente Piano ha valore a tempo indeterminato. L'Autorità di Bacino è tenuta alla revisione del Piano, almeno ogni 2 anni, e comunque qualora si verificano:

- modifiche significative del quadro conoscitivo ai fini del Piano;
- ulteriori studi conoscitivi ed approfondimenti;
- la realizzazione delle opere previste dal presente Piano e dal Piano stralcio relativo alla riduzione del Rischio Idraulico.

L'Autorità di Bacino provvede ad estendere a tutto il bacino le cartografie di cui all'art. 5, lett. b), e all'art. 9, lett. b). I Comuni interessati possono anticipatamente proporre, per il territorio di competenza, l'adeguamento suddetto secondo quanto previsto dal presente articolo.

Le eventuali modifiche ed integrazioni sono deliberate con il procedimento previsto per l'approvazione del Piano, garantendo la partecipazione degli

enti territorialmente interessati.

Non costituiscono variante essenziale al Piano le modifiche in riduzione della perimetrazione delle aree pericolose indicate nelle cartografie di cui agli artt. 5 lett. b) e 9 lett. b) e/o la riduzione del livello di pericolosità conseguenti:

- alle ridefinizioni cartografiche previste dal secondo comma del presente articolo;
- alla realizzazione delle opere di cui al primo comma.

Le modifiche di cui al comma che precede sono deliberate con atto del Segretario Generale, previo parere favorevole del Comitato Tecnico, entro il termine di 90 giorni dalla ricezione della proposta di variante, completa in tutti gli elementi richiesti.

Le modifiche conseguenti alla realizzazione delle opere sono promosse dal soggetto attuatore delle opere stesse immediatamente dopo l'emissione del certificato di collaudo o del certificato di regolare esecuzione.

Le proposte di varianti cartografiche devono essere redatte e presentate all'Autorità di Bacino secondo le indicazioni contenute nell'allegato 4.

Agli enti locali che intendono proporre le ridefinizioni cartografiche previste dal presente articolo l'Autorità di Bacino fornisce i necessari criteri e modelli di simulazione.

TITOLO V Disposizioni finali

Art. 33

Rapporti con la pianificazione a scala di bacino nel suo complesso

Sono fatti salvi, nella parte in cui devono ancora ricevere attuazione e in cui non sono stati modificati e/o integrati dal presente Piano, i Piani stralcio già approvati, in particolare:

1. Piano stralcio "Qualità delle Acque", approvato dal Consiglio dei Ministri nella seduta del 31 marzo 1999 (G.U. n. 131 del 7 giugno 1999);
2. Piano stralcio "Attività estrattive (fabbisogno materiali litoidi e cave)", approvato dal Consiglio dei Ministri nella seduta del 31 marzo 1999 (G.U. n. 131 del 7 giugno 1999);
3. Piano stralcio relativo alla riduzione del "Rischio Idraulico", approvato dal Consiglio dei Ministri

nella seduta del 5 novembre 1999 (G.U. n. 299 del 22 dicembre 1999).

L'ambito territoriale di applicazione dei Piani di cui al primo comma è quello di cui all'art. 3 che precede.

Art. 34

Attività di supporto tecnico ad enti pubblici e a privati

Compatibilmente con le risorse disponibili, l'Autorità di Bacino fornisce ai Comuni e agli altri enti interessati il necessario supporto tecnico per la predisposizione di:

- atti di pianificazione territoriale per le parti attinenti il dissesto idrogeologico;
- individuazione di tipologie di intervento di prevenzione e ripristino;

- interventi sulle attività produttive ad elevato contenuto di attenuazione del dissesto.

Ai privati che intraprendano iniziative che abbiano, in modo diretto o indiretto, effetto di contenimento e prevenzione dei fenomeni di dissesto, sono forniti supporto tecnico e indicazioni operative per la progettazione e realizzazione degli interventi.

Art. 35

Norma transitoria

Dall'entrata in vigore del presente Piano, ai sensi dell'art. 1 bis della legge 365/2000, decadono le misure di salvaguardia di cui alle delibere n. 135 del 27 ottobre 1999, n. 136 del 10 novembre 1999 e n. 139 del 29 novembre 1999.

Nota per la redazione delle proposte di modifica ed integrazione alla perimetrazione delle aree a pericolosità.

1 Pericolosità idraulica - Livello di sintesi

Le proposte di modifica ed integrazione alla perimetrazione sono conseguenti all'approfondimento del quadro conoscitivo e/o all'emissione del certificato di collaudo o del certificato di regolare esecuzione delle opere di piano. La proposta deve contenere i seguenti elaborati:

1. Analisi della situazione in atto, anche sulla base delle informazioni relative alle inondazioni storiche.
2. Acquisizione dei rilievi fluviali e della morfologia del territorio secondo le specifiche indicate nel capitolato predisposto dall'Autorità di Bacino ed in coerenza con il manuale del modello Idrarno, fornito dall'Autorità di Bacino.
3. Simulazione dei processi di propagazione delle piene, eventuale tracimazione ed allagamento attraverso il modello Idrarno, secondo le procedure indicate nel manuale.
4. Verifica dei risultati alla luce della situazione territoriale, con particolare riferimento alle modalità

dell'eventuale tracimazione e dell'interconnessione idraulica tra le aree inondate, estesa almeno a tutta l'area idraulicamente interessata dagli effetti dello studio.

5. Redazione della carta dell'area di cui al punto 4, in scala 1:25.000 e 1:10.000, su base cartografica adottata dall'Autorità di Bacino per i livelli di sintesi e di dettaglio.
6. Informatizzazione dei tematismi della pericolosità secondo la struttura dati definita dall'Autorità di Bacino e presentata nei formati di scambio adottati dall'Autorità. I dati devono essere coerenti con le basi cartografiche in formato digitale adottate dall'Autorità di Bacino per i livelli di sintesi e di dettaglio.
7. Produzione della documentazione relativa ai tematismi secondo i modelli di metadato adottati dall'Autorità di Bacino.
8. Redazione della relazione tecnica illustrativa.

2 Pericolosità idraulica - Livello di dettaglio

Le proposte di modifica ed integrazione alla perimetrazione sono conseguenti all'emissione del certificato di collaudo o del certificato di regolare esecuzione delle opere di piano. La proposta deve contenere i seguenti elaborati:

1. Individuazione del tratto del corso d'acqua o dei corsi d'acqua il cui regime idraulico è interessato significativamente dagli interventi.
2. Verifica della qualità dei rilievi fluviali disponibili in termini di coerenza con la situazione in atto ed eventuale integrazione secondo le specifiche indicate nel capitolato predisposto dall'Autorità di Bacino.
3. Acquisizione dei rilievi delle caratteristiche morfologiche ed idrauliche delle aree interessate dall'intervento.
4. Simulazione dei processi di propagazione delle piene, eventuale tracimazione ed allagamento attraverso il modello Idrarno, secondo le procedure indicate nel manuale.
5. Verifica dei risultati alla luce della situazione territoriale, con particolare riferimento alle modalità dell'eventuale tracimazione e interconnessione idraulica tra le aree inondate, estesa almeno a tutta l'area idraulicamente interessata dagli effetti dello studio.
6. Redazione della carta dell'area di cui al punto 5, in scala 1:10.000, su base cartografica adottata dall'Autorità di Bacino.
7. Informatizzazione dei tematismi della pericolosità secondo la struttura dati definita dall'Autorità di Bacino e presentata nei formati di scambio adottati dall'Autorità. I dati devono essere coerenti con le basi cartografiche in formato digitale adottate dall'Autorità per il livello di dettaglio.
8. Produzione della documentazione relativa ai tematismi secondo i modelli di metadato adottati dall'Autorità.
9. Redazione della relazione tecnica illustrativa.

3 Pericolosità da processi geomorfologici di versante - Livello di sintesi e di dettaglio

La proposta di modifica ed integrazione alla perimetrazione è conseguente a: i) evidenze

geomorfologiche di mancata coerenza della cartografia adottata con la situazione in atto, ii), emissione del certificato di collaudo o del certificato di regolare esecuzione delle opere di piano. La proposta deve contenere i seguenti elaborati:

1. Rilievo geomorfologico e geolitologico di un'area adeguata alla caratterizzazione del dissesto e al suo inquadramento nel contesto territoriale aggiornato al momento della presentazione della proposta.
2. Redazione della carta di pericolosità in scala 1:25.000 e 1:10.000, su base cartografica adottata dall'Autorità di Bacino per i livelli di sintesi e di dettaglio.
3. Informatizzazione dei tematismi della pericolosità secondo la struttura dati definita dall'Autorità di Bacino e presentata nei formati di scambio adottati dall'Autorità. I dati devono essere coerenti con le basi cartografiche in formato digitale adottate dall'Autorità per i livelli di sintesi e di dettaglio.
4. Produzione della documentazione relativa ai tematismi secondo i modelli di metadato adottati dall'Autorità di Bacino.
5. Redazione della relazione tecnica illustrativa nella quale si illustrano, tra l'altro, le motivazioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche che conducono ai livelli di pericolosità accertati.

4 Sportello di consulenza

Presso l'Autorità di Bacino è individuato un apposito ufficio che fornirà agli enti interessati la consulenza necessaria per la redazione delle proposte di modifica e integrazione alla perimetrazione delle aree soggette a vincolo.

L'evoluzione del P.A.I.

DOTT. GEOL. MARCELLO BRUGIONI

DIRIGENTE RESPONSABILE DEI SETTORI TECNICI DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME ARNO

Premessa

Qualche giorno addietro ho letto un intervento del Senatore Achille Cutrera, relatore della Legge 183/89 sulla Difesa del Suolo, presentato al Forum sui Piani di Assetto Idrogeologico che si è tenuto a Roma nel maggio scorso, presso l'Associazione Idrotecnica Italiana. Il Senatore, con sagacia, richiamando una sentenza del T.A.R. della Lombardia, indicava come nel nostro sistema giuridico le situazioni e i fatti che riguardano l'interesse collettivo tendano a ricevere tutela sempre più ampia. Tutela che, oltre che dal sistema legislativo, è riconosciuta anche dalla giurisprudenza quando si vanno ad applicare, appunto, i disposti legislativi. Questo per affermare, come avviene ad esempio nel PAI, che le norme che regolamentano il rischio idrogeologico debbano essere considerate di grande rilevanza sociale, alla pari di quelle che regolano la salute dei cittadini. Tale indirizzo credo sia largamente condivisibile, in special modo da chi, come il geologo, opera per far sì che il rischio legato ad eventi naturali, sia conosciuto, valutato e quindi, se possibile, ridotto o annullato.

Tutto quanto sopra è di fatto contenuto nel Piano per l'Assetto Idrogeologico del Bacino dell'Arno che, buon figlio del "Decreto Sarno", individua, descrive e regola il rischio idraulico e di frana nell'intero territorio di competenza. Ciò proprio nel tentativo di porre l'interesse collettivo, la tutela e la salvaguardia delle persone e dei beni, al di sopra di altri fatti e circostanze. Da qui l'individuazione di aree di pericolosità e rischio e la predisposizione di norme che vincolino gli interventi in tali aree.

Il presupposto su cui si basa sia la legge che la giurisprudenza in materia è però legato strettamente alla conoscenza, intendendo con questo termine tutta quella mole di informazioni che hanno permesso di raggiungere i risultati pianificatori. Se la conoscenza è ridotta o non sufficiente, scarso e poco sostenibile sarà il risultato e, di conseguenza, facilmente disattendibile la norma. Oltre alla conoscenza, e

quindi alla chiarezza e completezza del quadro conoscitivo, necessaria è anche la disponibilità al confronto e alla revisione dei dati.

Le pagine precedenti hanno cercato di illustrare, pur nella sintesi che richiede questa pubblicazione, quali siano i contenuti del Piano per l'Assetto Idrogeologico e le metodologie che sono state adottate per giungere ai risultati esposti. Il lavoro svolto è stato lungo e minuzioso ma non è certamente da ritenersi concluso e questo proprio perché il piano è, e deve essere, uno strumento dinamico, in continua evoluzione, all'interno del quale i dati e le conoscenze si affinano sempre più con il passar del tempo.

E' evidente che un atto di pianificazione che perimetra e norma delle fasce a diversa pericolosità, idraulica o di frana, incide in maniera molto pesante sul territorio. Gli atti di pianificazione emanati ai sensi della L. 183/89, una volta esaurita la fase di osservazione, assumono carattere vincolante per le amministrazioni e gli enti pubblici e quindi si sovrappongono con forza, e anche con una certa forma di arroganza, sia alla pianificazione regionale, che provinciale e locale. Tale fatto pone indubbiamente il PAI in una posizione difficile, specialmente in una regione come la Toscana dove molte amministrazioni ritengono, spesso giustamente, di tenere in grande considerazione le questioni connesse ai rischi naturali. E' inutile dilungarsi sull'importanza e la necessità della pianificazione a scala di bacino, ritengo che sia un concetto oramai largamente condiviso, specialmente tra chi opera nel settore. E quindi è logico che l'analisi dei rischi naturali a scala di bacino sia di un ordine di importanza maggiore rispetto alla pianificazione locale, ma perché essa sia accettata e osservata deve non solo essere protetta dalla legge, ma deve possedere quel rigore scientifico che gli conferisce dignità e le dà modo di essere ascoltata e seguita anche se non completamente condivisa.

Il PAI dell'Arno si trova quindi in una posizione difficile, ma ha dalla sua parte il rigore scientifico

su cui è basato, la capacità e la volontà di svilupparsi, di correggersi laddove è necessario, di evolversi nei contenuti e, quindi, di confrontarsi con le legittime istanze locali.

Importanti saranno questi mesi in cui sarà possibile presentare le osservazioni al piano, ma importanti sono anche le iniziative che l'Autorità di Bacino ha in corso di svolgimento per sviluppare il PAI e renderlo sempre più corrispondente e pertinente ai rischi reali che un evento naturale comporterebbe sul territorio. Le righe che seguono hanno lo scopo di illustrare quali siano le iniziative al momento già in corso per sviluppare e aggiornare il Piano per l'Assetto Idrogeologico.

La determinazione delle aree allagate

La metodologia adottata nel PAI

La metodologia per la determinazione delle aree allagate, come è stato precedentemente illustrato, verte principalmente su due criteri: *i)* il criterio qualitativo (livello di sintesi) legato all'analisi storica ed inventariale degli eventi, a sua volta filtrata attraverso l'informazione di carattere geomorfologico; *ii)* il criterio analitico (livello di dettaglio) legato alla applicazione di specifici modelli idrologici ed idraulici.

La ragione che ha portato ad utilizzare due criteri distinti è dovuta al fatto che era impossibile, in tempi relativamente ristretti, provvedere a realizzare una modellazione di qualche significato che comprendesse il reticolo idrografico principale e secondario del bacino dell'Arno. L'efficacia dei modelli, oltre che alla loro impostazione concettuale, è legata alla qualità e la numero di informazioni. Maggiori i dati a disposizione - ovvero piogge, portate, sezioni idrografiche, topografia, coperture superficiali, litologia, ecc. - e più accurata è la risposta della modellazione idrologica ed idraulica e quindi, nel nostro caso, la simulazione dei processi di propagazione delle piene in alveo e nelle aree ad esso limitrofe. L'utilizzo del modello idrologico *ALTO*, sviluppato dal PIN, Centro Studi Ingegneria dell'Università di Firenze, forniva indubbiamente un'ottima base di partenza per la determinazione degli eventi di piena, ma la determinazione delle aree di potenziale allagamento legate alla modellazione idraulica, è strettamente connessa al numero e alla densità di sezioni idrauliche, alla correttezza del modello

digitale del terreno a disposizione, alla presenza di rilievi topografici degli argini. L'impossibilità di disporre di tutte queste informazioni per l'intero reticolo ed in ogni caso la difficoltà nell'elaborazione dell'immensa mole di dati alla scala dei 9000 km² che costituiscono il bacino dell'Arno, ha pertanto condotto all'utilizzo dei due criteri sopra indicati. Le porzioni di territorio potenzialmente allagabili non dipendenti dai tratti di rigurgito dell'Arno e dagli affluenti principali sono state individuate, quindi, con il criterio storico-inventariale.

Gli sviluppi

Il criterio analitico, realizzato con un codice di calcolo di tipo quasi-bidimensionale in moto vario, ha avuto un suo sviluppo ancor prima dell'adozione del PAI dello scorso agosto, sviluppo che ha portato, ad esempio, alla determinazione dei battenti idraulici nelle aree allagate e quindi ad una più raffinata individuazione del rischio.

La determinazione del battente è strettamente legata all'esattezza dell'informazione relativa alla topografia dei luoghi. L'introduzione dei battenti ha condotto pertanto ad una più approfondita conoscenza dei livelli del terreno e ad un proficuo scambio di informazioni tra gli enti locali e l'Autorità al fine di raffinare sempre di più la risposta della modellazione. Questo scambio continuerà sia nella fase di osservazioni che nei tempi successivi.

L'utilizzo dei due criteri, analitico e storico-inventariale, conduce, peraltro, a qualche incertezza nelle zone dove questi si vengono a sovrapporre come ad esempio nelle aree di confluenza degli affluenti non modellati in Arno. In questi casi può accadere che la previsione di allagamento connessa ad un determinato evento in Arno, ottenuta mediante modellazione, identifichi un livello di pericolosità medio. A questo però si può sovrapporre il criterio storico-inventariale legato all'attività di piena di un affluente il quale, mediante le segnalazioni di eventi storici, porta a definire, in ultima analisi, un livello di pericolosità elevata che si sovrappone a quello determinato dall'Arno. Ciò può generare indubbiamente incertezza e difficoltà nel comprendere l'applicazione del vincolo e la sua attendibilità.

L'Autorità di Bacino sta provvedendo ad estendere il criterio analitico a tutti i tratti degli affluenti principali, fornendo agli enti locali sia il supporto scientifico che i modelli di simulazione necessari affinché sia possibile, con le specifiche indicate nel-

l'allegato 4 alle norme di attuazione del piano, proporre una delimitazione delle aree allagate diversa da quella storico-inventariale, basata su criteri scientifici. Peraltro, nella fase di osservazione al piano, sarà possibile per gli enti locali rivedere criticamente le aree perimetrare con il livello di sintesi e proporre la modifica sia in seguito ad una definizione di maggior dettaglio dei dati storici, sia in seguito alla realizzazione di interventi che abbiano comportato una riduzione del rischio. Si ritiene che entro i prossimi due anni sia possibile giungere a definire, per buona parte del reticolo idrografico principale, le fasce di pericolosità ottenute con modellazione idraulica.

Per poter individuare con ancora maggior dettaglio le aree soggette a pericolosità idraulica, inoltre, l'Autorità di Bacino, entro la fine del 2002, renderà disponibile un nuovo *DTM* (digital terrain model), con passo 10 metri, con cui sarà possibile raffinare ulteriormente i dati idrologici per la determinazione degli eventi di piena e la distribuzione delle aree allagate.

Altra linea di sviluppo del PAI riguarda la determinazione della riduzione del rischio in seguito alla realizzazione di interventi. Attualmente è in corso di progettazione la maggior parte delle casse di espansione previste dal Piano di bacino, stralcio relativo alla riduzione del "Rischio Idraulico", elaborato dall'Autorità di Bacino. La realizzazione delle casse di espansione o di parte di esse comporterà una riduzione del rischio e quindi una diversa distribuzione della pericolosità idraulica. La conoscenza di tali informazioni risulta inoltre determinante per poter valutare i costi e i benefici degli interventi e anche la loro priorità. In collaborazione con il Dipartimento di Idraulica dell'Università di Pisa si stanno al momento realizzando opportuni modelli idraulici, anche in questo caso di tipo bidimensionale in moto vario, che prendono in considerazione le porzioni di territorio limitrofe alle casse di espansione principali, analizzano la risposta e l'efficacia di queste ultime e ne ridistribuiscono gli effetti in termini di riduzione delle porzioni allagate. Entro la metà del prossimo anno sarà possibile valutare i risultati del lavoro.

La determinazione delle aree di frana

La metodologia adottata nel PAI

Per le aree con pericolosità di frana il discorso appare più complesso. Come è stato illustrato nelle pagine precedenti, la determinazione della propensione al dissesto dei territori collinari e montani del bacino è avvenuta anche in questo caso mediante due livelli di analisi: *i*) il livello di sintesi, alla scala 1:25.000, redatto avvalendosi delle informazioni già in possesso dell'Autorità di bacino, nonché delle elaborazioni contenute nei Piani Territoriali di Coordinamento provinciali; *ii*) il livello di dettaglio, alla scala 1:10.000, in cui sono indicati i dissesti risultanti dal censimento e perimetrazione delle frane a rischio nel bacino.

Per il livello di sintesi abbiamo tre classi di pericolosità ed ovvero *P.F.3* elevata, *P.F.2* media e *P.F.1* bassa. La classe *P.F.4* molto elevata, è invece indicata solo nel livello di dettaglio e riguarda le frane attive risultanti dal censimento. Nel livello di dettaglio peraltro non è indicata la classe *P.F.1*.

Come si può notare i due livelli di analisi sono ben differenti tra loro: mentre nel livello di dettaglio sono indicate le aree in frana e l'intorno spaziale in cui si possono eventualmente risentire gli effetti del movimento, nel livello di sintesi l'intero territorio collinare e montano viene suddiviso in classi di propensione al dissesto mediante l'elaborazione di vari dati tra cui quelli litologici, geomorfologici, di uso del suolo, di pendenza. Come indicato questo tipo di analisi deriva essenzialmente dall'elaborazione dei dati contenuti nei *P.T.C.* rielaborati attraverso sopralluoghi e interpretazione di foto aeree.

Gli sviluppi

Il quadro disegnato con i due livelli di sintesi e di dettaglio è ben lungi dall'essere esaustivo e completo e proprio per tale motivo sono in corso di realizzazione molte iniziative che intendono ampliare notevolmente il quadro conoscitivo. Fra queste è bene ricordare:

- la realizzazione del modello digitale del terreno con passo 10 metri già menzionato precedentemente, opportunamente elaborato sia per i fini geomorfologici che per i calcoli idraulici;
- l'acquisizione in formato vettoriale degli originali d'autore alla scala 1:25.000 da cui è stata

redatta la seconda serie della Carta Geologica d'Italia, svolta in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Siena;

- la realizzazione di una zonazione della pericolosità da frana del bacino alla scala sinottica (1:100.000) che trova origine dall'indicizzazione di alcuni parametri predisponenti ritenuti fondamentali quali litologia, pendenze ed uso del suolo;
- la realizzazione di un progetto di ricerca, in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze, che ha l'obiettivo di creare, partendo dalle elaborazioni fatte per il PAI, una banca dati geografica della pericolosità e del rischio da frana per tutto il bacino, sviluppata con metodologia tale da rispettare requisiti di scientificità, applicabilità, trasparenza, ripetibilità e aggiornabilità.

Gli ultimi due punti appaiono particolarmente importanti e significativi del lavoro attualmente in corso all'Autorità di Bacino.

L'indicizzazione dei parametri predisponenti

Dell'indicizzazione dei parametri predisponenti l'instabilità dei versanti ne è stato parlato in precedenza. In questo testo. Credo sia necessario aggiungere che il lavoro svolto, già completato per l'intero territorio del bacino e disponibile su supporto digitale, nasce dall'esigenza di ricercare metodi applicativi semplificati, alla scala sinottica, che facciano riferimento alla metodologia sviluppata dall'ENEA e dal Ministero dell'Ambiente applicata in

maniera estesa nel sottobacino del T. Virginio. Il cosiddetto metodo "eneaminamb" è un processo di valutazione della suscettibilità da frana estremamente rigoroso e con una forte base scientifica. La sua applicabilità alla scala del bacino dell'Arno, peraltro, risulta di una qualche complessità e necessita di molte informazioni e di tempi lunghi. L'indicizzazione dei parametri predisponenti è invece una applicazione semplificata del metodo che partendo dall'analisi di pendenze, uso del suolo e litologia ricava una descrizione speditiva ma efficace della pericolosità di frana a scala di bacino. Naturalmente risulta di fondamentale importanza la variabile indipendente necessaria per l'indicizzazione ovvero l'insieme dei dissesti compresi nella banca dati. Questi devono essere un insieme significativo come qualità dell'informazione e come popolazione del dato. Maggiore è naturalmente il numero e la qualità dei valori registrati nella banca dati dei dissesti e maggiore sarà la qualità dell'indicizzazione e, di conseguenza, della determinazione delle pericolosità.

Il programma comune di ricerca per la determinazione del rischio di frana

Il progetto con il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze è invece un programma dettagliato di ricerca che ha lo scopo, nel tempo stabilito di tre anni, proprio di giungere all'applicazione, opportunamente calibrata per il bacino, della metodologia sperimentale affrontata nel Torrente Virginio, iniziando da una approfondita e dettagliata ricognizione e censimento dei dissesti esistenti nel territorio.

Tabella 1 – Organizzazione in Work Packages del progetto di ricerca

WP	Descrizione attività
WP1	Carta inventario delle frane
WP2	Carta di copertura del territorio
WP3	Mappatura della pericolosità da frana
WP4	Mappatura del rischio da frana
WP5	Elaborazione di linee guida per la stabilizzazione delle frane e strategie di mitigazione del rischio da frana

Obiettivo delle attività in oggetto al Progetto Comune fra Autorità e Dipartimento è l'aggiornamento dei risultati inerenti la pericolosità di frana presentati nel PAI. Ciò avverrà mediante la creazione, partendo dalla perimetrazione della pericolosità da processi geomorfologici di versante elaborata nel progetto di Piano, di una banca dati geografica della pericolosità e del rischio da frana su tutto il bacino dell'Arno, sviluppata secondo una metodologia tale da rispettare requisiti di scientificità, applicabilità, e aggiornabilità. Inoltre, per una corretta azione nella mitigazione del rischio, rientra nell'obiettivo finale redigere delle linee guida per la progettazione degli interventi di sistemazione e consolidamento delle aree in frana e di presidio agli elementi a rischio.

Tabella 2 – Tipologie di frana considerate per l'analisi di pericolosità

Classe	Tipologie di frana	Esempi
A	Fenomeni di scivolamento e colata definibili come riattivazioni di frane già mobilitatesi nel passato;	Scivolamento di terra, rotazionale, traslativo e composto; Colate di terra lente;
B	Fenomeni di scivolamento e colata definibili come frane di neoformazione (o di prima attivazione);	Scivolamento di terra, rotazionale, traslativo e composto; Colate di terra lente;
C	Fenomeni di crollo e ribaltamento	Crolli, ribaltamenti
D	Fenomeni di colata rapida;	Colate detritiche; Flussi; Colate di fango Valanghe di roccia

Lo studio si articolerà sostanzialmente in cinque distinti pacchetti di lavoro (Work Package), strettamente interconnessi tra loro e corrispondenti ad altrettanti prodotti di progetto.

La carta inventario delle frane

La prima fase sarà diretta alla realizzazione della carta inventario delle frane, l'elemento conoscitivo fondamentale su cui impennare lo studio di zonazione del rischio da frana. Il lavoro, attualmente in corso di svolgimento, viene realizzato attraverso la combinazione di tre criteri:

- **Fotointerpretazione:** in cui si utilizzano i voli

più recenti a disposizione dell'Autorità di Bacino e della Regione Toscana e Umbria. I risultati della fotointerpretazione saranno informatizzati utilizzando come supporto cartografico i fotopiani digitali commissionati nel 1998 per scopi fotointerpretativi da A.I.M.A (Agenzia Interventi Ministeriali in Agricoltura). Questa modalità consentirà di migliorare il riporto dei risultati della fotointerpretazione e di giungere ad una migliore comprensione dell'attività dei dissesti gravitativi.

- **Indagini di campagna:** i sopralluoghi serviranno alla validazione di campagna di quanto interpretato da foto aerea, con particolare riferimento alla determinazione della loro tipologia e attività.

- **Ricerche bibliografiche:** saranno acquisiti tutti i documenti inerenti la tematica delle frane pubblicati dagli enti preposti alla tutela del territorio e ne verrà effettuata la loro informatizzazione, previa selezione eseguita tenendo presente il loro contenuto in termini di contributo scientifico.

Le frane individuate nel WP1 saranno raggruppate ai fini della successiva valutazione della pericolosità (WP3) in quattro grandi classi (Tabella 2), di cui 3 individuate sulla base delle tipologie di dissesto che più frequentemente si possono rinvenire nell'ambito del Bacino del Fiume Arno e una quarta relativa ai dissesti di "neoformazione".

Tabella 3 - Schema per la valutazione del rischio

	D0	D1	D2	D3	D4
P0	R0	R0	R0	R0	R0
P1	R0	R1	R1	R1	R2
P2	R0	R1	R2	R2	R2
P3	R0	R1	R2	R3	R3
P4	R0	R2	R2	R3	R4

La carta di copertura del territorio

In questa fase sarà realizzata la carta di copertura del territorio con lo scopo sia di costituire un elemento conoscitivo utilizzabile come fattore di dissesto, sia di fornire un quadro generale sui potenziali elementi a rischio, la cui identificazione è necessaria per la base di valutazione del rischio descritta nel WP4.

Verrà realizzata una banca dati geografica di copertura del territorio, con dettaglio di scala non inferiore a 1:25.000, mediante interpretazione di immagini telerilevate da satellite, (immagini Landsat 7 ETM+ - Enhanced Thematic Mapper Plus) seguendo in prima approssimazione la metodologia messa a punto durante il progetto CORINE Land Cover completato a metà degli anni '90. Partendo dalla carta di copertura del territorio prodotta nell'ambito del progetto CORINE, essa verrà aggiornata sia nel dettaglio spaziale, passando ad una scala da 1:100.000 a 1:25.000, sia nella sostanza evidenziando i cambiamenti avvenuti nei diversi ambiti territoriali negli ultimi anni: verranno infatti sottolineati aspetti quali l'espansione di aree urbane, l'evoluzione di zone agricole, il recupero di zone di cave o di cantieri, i mutamenti nelle aree boscate. Anche questa fase è attualmente in corso di svolgimento.

La valutazione della pericolosità da frana

Scopo di questa fase è la valutazione della pericolosità da frana che rappresenta il primo livello del più articolato processo di valutazione del rischio di frana. La pericolosità, come è noto, va correttamente interpretata come la probabilità di accadimento di un di data "intensità". Pertanto per una valutazione completa in termini probabilistici sono necessarie informazioni dettagliate e, soprat-

tutto, uniformemente distribuite sul territorio, sulla ricorrenza temporale dei fenomeni franosi e/o sulle loro cause (precipitazioni, sismi, erosione, azioni antropiche).

Operativamente la valutazione della pericolosità da frana si articolerà in tre fasi principali:

- individuazione UTO (Unità territoriali omogenee per fattori di franosità);
- analisi della pericolosità differenziata per le classi di tipologie di frane individuate nel WP1;
- elaborazione di una carta di sintesi con suddivisione del territorio in 4 diversi livelli di pericolosità (più un livello di pericolosità nulla).

La zonazione del territorio avverrà facendo riferimento al concetto, già enunciato in precedenza, di UTO (Unità Territoriale Omogenea per fattori di franosità) a cui si giunge attraverso l'intersezione, tramite analisi GIS, delle carte tematiche relative ai diversi fattori della franosità ed ovvero pendenze, litologia e coperture del territorio. A differenza di quanto fatto per l'indicizzazione del territorio, in questo progetto cambia sostanzialmente la scala di riferimento che diventa 1:25.000 per litologia e uso del suolo, mentre il DEM sarà, come indicato, con passo 10 metri.

Questi tematismi sono in parte in via di acquisizione da parte dall'AdB (DEM e carta litologica) e in parte (copertura del territorio) rappresentano un prodotto di questo programma comune.

Le classi di fattori di franosità saranno attribuite sulla scorta di considerazioni di statistica descrittiva modulate dal confronto fra la distribuzione dei dissesti e i fattori medesimi. Per quanto riguarda la determinazione dell'intensità o magnitudo di una frana bisogna premettere che non esiste una definizione analitica universalmente riconosciuta di questo parametro.

Per la determinazione dell'intensità, nell'ambito di questo progetto di ricerca, verrà utilizzato un criterio che prenda in esame area e velocità delle frane, adottando un approccio che si presta molto bene ad essere trattato per mezzo di analisi GIS.

Prodotto finale del WP3 sarà un unico elaborato in cui ciascuna area individuata come omogenea dal punto di vista della pericolosità, sarà caratterizzata da due attributi: il primo relativo al livello di probabilità di occorrenza (P) di una frana e il secondo sull'intensità (I) attesa del dissesto.

La valutazione del rischio di frana

Questa fase della ricerca è rivolta alla stima del rischio inteso in termini relativi. Il bacino verrà diviso sulla base dei diversi livelli di rischio di frana, senza però effettuare valutazioni sul rischio espresso in termini monetari che richiederebbero considerazioni di carattere socio-economico, non uniformemente acquisibili su così vasta scala. Gli elementi a rischio verranno classificati in funzione del concetto di "valore relativo" che tiene conto sia del valore intrinseco delle strutture e delle infrastrutture, che dei criteri legati alla presenza di vite umane o di attività. Gli elementi a rischio, saranno gerarchizzati in 4 classi caratterizzate da livelli di esposizione crescente.

Dopo questa stima dell'esposizione del territorio sarà valutata la vulnerabilità, definita come il grado di perdita prodotto su un certo elemento o gruppo di elementi, esposti agli effetti di un fenomeno naturale di data Intensità. La vulnerabilità è espressa in una scala da 0 (nessuna perdita) a 1 (perdita totale) ed in pratica, esprime il raccordo fra l'intensità del fenomeno e le sue possibili conseguenze.

L'incrocio mediante una matrice di correlazione della vulnerabilità e degli elementi a rischio consentirà il calcolo del "danno potenziale" che è indipendente dalla probabilità di occorrenza del fenomeno, ovvero dalla pericolosità. Esso esprime in sostanza l'aliquota del valore dell'elemento a rischio che può venire compromessa in seguito al verificarsi del fenomeno franoso.

Il risultato finale di questa fase sarà la valutazione del rischio. R che dipende pertanto dall'incrocio del "danno potenziale" e della probabilità di occorrenza del fenomeno franoso. La valutazione del rischio si realizza pertanto attraverso la matrice di Tabella 3.

Le linee guida per la progettazione di interventi

Lo scopo di questa fase di lavoro è l'elaborazione di linee guida per la progettazione degli interventi di sistemazione dei movimenti franosi e la messa a punto di strategie di mitigazione del rischio da frana. Il fine è quello di fornire a enti locali e operatori uno strumento aggiornato alle tecnologie più recenti e in linea con gli ultimi disposti normativi.

Le linee guida saranno articolate secondo i seguenti punti:

- metodi per l'analisi di stabilità dei versanti e la caratterizzazione di aree in frana;
- misure di salvaguardia per la riduzione del rischio di frana;
- metodi per la verifica dell'efficacia delle opere progettate sulla stabilità complessiva delle aree in frana e ridefinizione del livello di rischio;
- esame delle tecniche di monitoraggio delle opere di consolidamento, anche in funzione della realizzazione di sistemi di allertamento.

Lo stato di avanzamento del lavoro

Il Progetto Comune è entrato nella sua fase operativa già dal Gennaio 2002. Il primo anno di attività è interamente dedicato all'acquisizione degli elementi conoscitivi del territorio oggetto del WP1 e WP2 che occuperanno anche buona parte del secondo anno.

Ritengo sia importante riportare un dato estremamente significativo e cioè che nei 9 mesi intercorsi dalla data di attivazione del Progetto comune sono state mappate e vettorializzate come poligoni oltre 3500 frane a fronte delle 235 perimetrazioni e 936 informazioni puntuali che costituivano il dato originario di partenza contenuto nel progetto di PAI.

Conclusioni

In queste note ho cercato di mostrare come il Piano per l'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno non sia uno strumento fisso ed immutabile, ma come invece rappresenti un *work in progress* in continua evoluzione e aggiornamento, aperto sia al continuo arricchimento del quadro conoscitivo, sia a quei suggerimenti e contributi che presentino requisiti scientifici documentati. Contributi che possono e devono venire sia dal mondo degli enti locali a cui è rivolta la pianificazione, sia dai professionisti e da chi opera nel campo della difesa del suolo. In tal senso ricordo come il recente accordo tra l'Autorità e l'Ordine dei Geologi Toscani si collochi proprio in questa direzione con l'obiettivo di giungere sia ad una maggiore funzionalità degli strumenti pianificatori, nel rispetto della programmazione locale lì dove questa è svolta con efficacia, sia ad una crescita ulteriore e comune della sensibilità della categoria professionale verso temi che, come citato in premessa, rivestono una valenza sociale oramai riconosciuta ed affermata.