

ALLEGATO 4:

**STABILITÀ DEI VERSANTI:
METODOLOGIA DA ADOTTARE COME
“STANDARD PROVINCIALE” PER LA
REALIZZAZIONE DELLA CARTA
DELLA STABILITÀ POTENZIALE
INTEGRATA DEI VERSANTI AI SENSI
DELLA DCR 94/85.**

Allegato 4: Stabilità dei versanti: Metodologia da adottare come “standard provinciale” per la realizzazione della Carta della stabilità potenziale integrata dei versanti ai sensi della DCR 94/85.

1. Premessa

Al fine di indicare un metodo pratico e speditivo per la realizzazione della Carta della stabilità dei versanti, indispensabile per definire successivamente la *Carta della Fattibilità* (vedi Fig. 1), si è selezionato un metodo che richiede una cartografia piuttosto dettagliata e a grande scala, tale da risultare uno strumento fondamentale ai fini dei PRG e dei PS.

Il metodo pratico e speditivo indicato tiene conto di alcune informazioni sul territorio quali la costituzione litologica, la giacitura degli strati, l’acclività dei versanti, il tipo di copertura vegetale ed inoltre le caratteristiche geomorfologiche e i dati sismici.

Tale metodo è già stato sperimentato nel 1977 da Amadesi et alii, nel 1978 e nel 1985 da Amadesi e Vianello che hanno fornito una guida per la realizzazione di una carta della stabilità dei versanti; essa ha lo scopo di permettere la compilazione di una carta previsionale, a scala medio-grande, della stabilità dei versanti per mezzo dello studio delle foto aeree, integrata da rilievi sul terreno, seguendo una metodologia semplice ma nello stesso tempo completa e ben definita in tutti i particolari.

Uno studio analitico del metodo da noi proposto porta alla compilazione di elaborati cartografici specifici che rappresentano delle fasi intermedie del lavoro e che tramite l’attribuzione di un valore numerico alle varie classi identificate riconosce le varie classi di stabilità potenziale che verranno poi incrociate con quelle dell’uso del suolo.

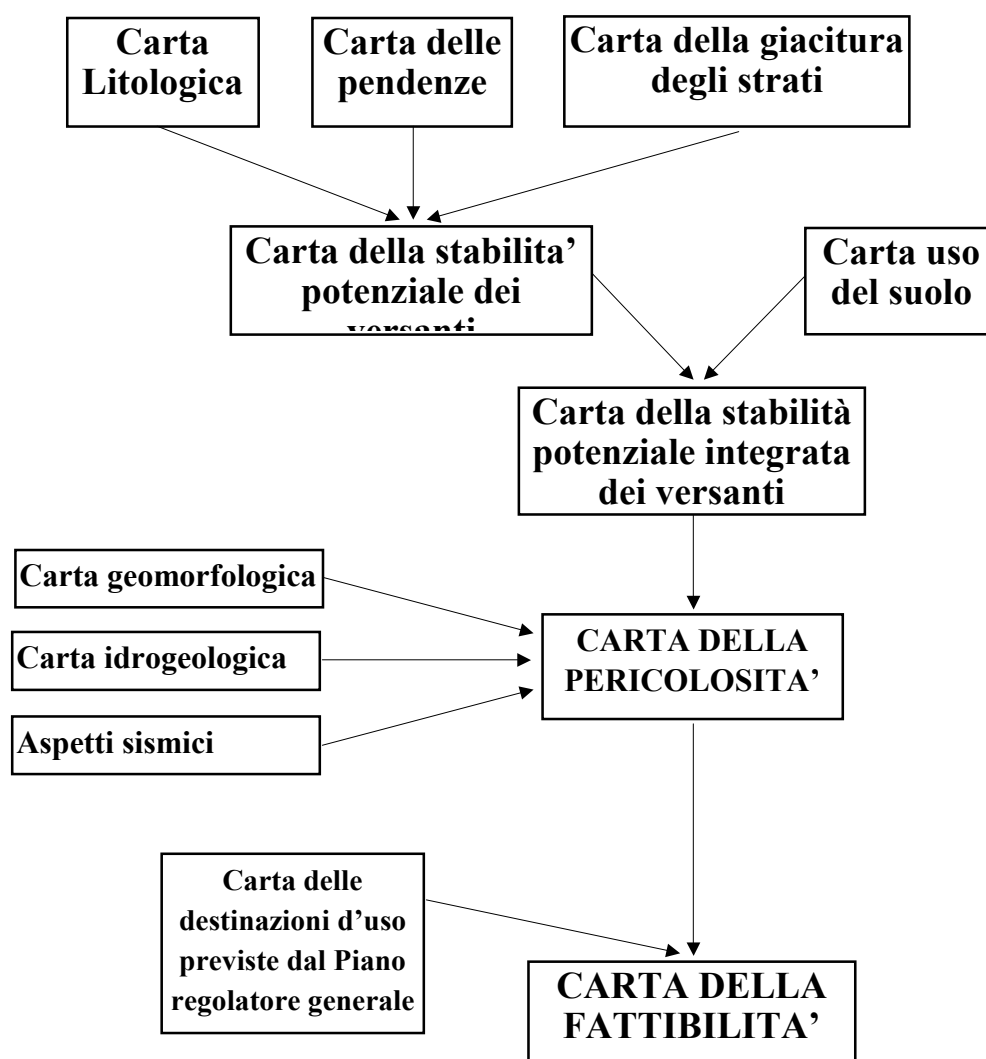
Prima di giungere ad una descrizione dettagliata del procedimento è necessario descrivere per grandi linee come vengono costruite le carte tematiche che stanno alla base della *Carta della stabilità*.

2. Modalità di redazione della Carta litologica.

Per la realizzazione di tale carta è necessario prendere in esame non solo la natura litologica dei terreni affioranti ma anche tutta una serie di caratteristiche fisiche che vanno dalla compattezza o grado di cementazione alla porosità, dall’angolo di attrito interno alla coesione, alla presenza di strutture sedimentarie e tettoniche. La distinzione di fondo contemplata in questa classificazione è tra rocce coerenti, incoerenti, pseudocoerenti e semicoerenti, dove per rocce coerenti si intendono i cosiddetti materiali lapidei caratterizzati da elevati valori di della resistenza

meccanica e del modulo di elasticità. Le rocce incoerenti sono invece rappresentate da quei materiali sciolti che hanno coesione uguale a zero. Per rocce pseudocoerenti e semicoerenti si intendono infine quelle con caratteristiche fisico-meccaniche intermedie rispetto a quelle considerate in precedenza.

FIG. 1. SCHEMATIZZAZIONE DELL'ITER OPERATIVO DELLA BOZZA DI METODOLOGIA STANDARD PROVINCIALE PER LA REDAZIONE DELLA CARTA DELLA FATTIBILITÀ AI SENSI DELLA DCR 94/85.



La classificazione delle rocce, tenuto conto delle loro più frequenti possibilità di associazione, è pertanto quella che viene di seguito elencata, facendo presente che il numero progressivo che contraddistingue la classe ne esprime anche l'influenza o peso ai fini della stabilità:

1. roccia incoerente priva di qualunque struttura in condizione di indifferenziato caotico
2. roccia pseudocoerente con sporadiche intercalazioni di roccia coerente
3. roccia coerente con o senza stratificazione, sovrastante a roccia semicoerente o pseudocoerente o comunque di minor coesione
4. roccia pseudocoerente non stratificata o con stratificazione poco accentuata
5. roccia incoerente
6. roccia semicoerente
7. roccia coerente e pseudocoerente a strati alternati
8. roccia coerente con sottili interstrati di roccia semicoerente o pseudocoerente
9. roccia coerente stratificata
10. roccia coerente massiccia

3. Modalità di redazione della Carta della pendenza dei versanti

L'importanza di tale carta viene messa in evidenza dalla considerazione che l'aumento progressivo della pendenza di un versante corrisponde in molti casi ad un aumento del suo grado di instabilità. Una maggiore inclinazione del versante favorisce l'erosione superficiale e quindi facilita il trasporto a valle da parte dell'acqua di materiale detritico e di frammenti litologici distaccatisi dalla roccia in posto.

Dall'altra parte il diminuire della pendenza dei versanti favorisce eventuali fenomeni chimici e chimico-fisici di alterazione del suolo e del substrato litologico.

La difesa naturale che impedisce il verificarsi di tali fenomeni è rappresentata dalla copertura vegetale la cui permanenza comunque diviene più difficoltosa all'aumentare dell'inclinazione del versante.

Il metodo che si propone di utilizzare comprende le seguenti classi:

1. $> 50 \% = -2$
2. $50-35 \% = -1$
3. $35-20 \% = 0$
4. $20-10 \% = +1$
5. $< 10 \% = +2$ (con la possibilità di suddivisione in tre sub-classi con pendenza: 0-2% - 2-5% - 5-10%, raccomandabile per le aree pianeggianti.)

4. Modalità di redazione della Carta della giacitura degli strati

L'andamento geometrico di uno strato roccioso rispetto al pendio riveste un'importanza fondamentale al fine di definire la stabilità per lo meno teorica di un versante e cioè la probabilità che uno strato possa scivolare per gravità sul suo substrato. L'orientamento delle superfici di discontinuità presenti in una unità litologica, rispetto al sistema valle-crinale, ci fornisce un primo dato sulle condizioni più o meno favorevoli di stabilità del pendio, sia che si tratti di stratificazione che di scistosità e di fessurazione.

Le situazioni giaciturali che si possono presentare in natura sono molteplici e ad ognuna di esse viene attribuito un peso o valore numerico che esprima la predisposizione più o meno accentuata di quello strato alla stabilità o instabilità.

Nella carta vengono indicati i dati relativi agli strati (direzione di strato e pendenza) tentando di raggrupparli secondo valori di pendenza in poche classi significative. Vengono inoltre aggiunte tutte le indicazioni relative ad eventuali disturbi tettonici: faglie, fratture e linee di sovrascorrimento.

Si delimitano quindi le aree appartenenti alle diverse classi per quanto riguarda la giacitura alle quali poi vengono assegnati numeri crescenti al crescere della sicurezza della giacitura dello strato (ad esempio avranno un numero basso le unità prive di strutture mentre avranno un numero alto gli strati a reggipoggio e rocce massicce prive di stratificazione). La classificazione utilizzata è la seguente:

1. Unità litologiche prive di stratificazione ed in condizioni di massima caoticità ed eterogeneità
2. Strati fortemente piegati, fratturati, rovesciati e con giacitura caotica
3. Strati a franapoggio (inclinazione strati da 30° a 60°) e strati a traverpoggio ($\varphi = 30^\circ-60^\circ$, $\alpha = 0^\circ-10^\circ$)
4. Strati a reggipoggio con fessurazione a franapoggio
5. Strati a franapoggio (inclinazione strati da 5° a 30°) e Strati a traverpoggio ($\varphi = 5^\circ-30^\circ$, $\alpha = 0^\circ-10^\circ$)
6. Strati a traverpoggio ($\varphi = 30^\circ-60^\circ$, $\alpha = 10^\circ-60^\circ$)
7. Strati a traverpoggio ($\varphi = 5^\circ-30^\circ$, $\alpha = 10^\circ-60^\circ$)
8. Strati verticali (inclinazione strati tra 85° e 90°)
9. Strati a franapoggio (inclinazione strati da 60° a 85°) e strati a traverpoggio ($\varphi = 30^\circ-60^\circ$, $\alpha = 60^\circ-90^\circ$)
10. Strati orizzontali (inclinazione strati tra 0° e 5°) e strati a traverpoggio ($\varphi = 5^\circ-30^\circ$, $\alpha = 60^\circ-90^\circ$)
11. Strati a reggipoggio e rocce massicce prive di stratificazione

5. La redazione della Carta della stabilità potenziale dei versanti

Dalla combinazione riscontrabile in una matrice (*vedi tabella allegata come esempio*) della *Carta litologica*, della *Carta della giacitura degli strati* e della *Carta delle pendenze* si ottiene la *Carta della stabilità potenziale dei versanti* attribuendo ad aree omogenee dal punto di vista litologico dell'acclività e della giacitura degli strati, un valore numerico o peso dato dalla somma dei corrispondenti valori attribuiti alle classi delle singole carte tematiche. Nel metodo applicato compaiono cinque classi di instabilità che sono:

- 0-4 Instabilità massima
- 5-8 Instabilità forte
- 9-12 Instabilità media
- 13-16 Instabilità limitata
- 17-23 Situazione stabile

La carta che risulta da tale incrocio viene in una fase successiva incrociata con la *Carta dell'uso reale del suolo* in modo tale da considerare nello studio il peso dovuto all'influenza del tipo di colture vegetativa, del tipo di coltivazione o gli eventuali sfruttamenti ed interventi antropici.

Tale peso viene sommato algebricamente al valore ottenuto precedentemente dall'incrocio delle tre carte di base sopra descritte; è possibile in tal modo ottenere una carta che è il risultato dell'incrocio dei primi tre parametri (litologia, pendenze naturali e strutture geologiche) non influenzabili in alcun modo dall'attività umana corretti dal valore dell'impedenza relativo alla copertura vegetale e quindi alle opere positive o negative dell'uomo.

6. La redazione della Carta della stabilità potenziale integrata dei versanti

Due sono i parametri fondamentali che forniscono una corretta lettura del territorio ai fini della stabilità dei versanti: la copertura vegetazionale e l'attività umana: inteso al senso il presente paragrafo indica le modalità di incrocio tra la Carta della stabilità potenziale dei versanti (Par. 5) con la Carta dell'uso reale del suolo.

È facilmente osservabile come l'azione antropica abbia notevolmente alterato il paesaggio naturale dando luogo talvolta a fenomeni di erosione accelerata che generano situazioni di instabilità. I fattori che hanno creato questo disequilibrio consistono principalmente nel disboscamento, nell'indiscriminata urbanizzazione e nell'abbandono dei territori rurali.

Una carta che rappresenti tali caratteristiche non è facile da elaborare in quanto l'uso del territorio può cambiare destinazione nell'arco di breve tempo; essa viene interpretata di solito grazie alla disponibilità di foto aeree che, viste in visione

stereoscopica, forniscono una chiave di lettura piuttosto precisa.

Le classi di uso del suolo devono comunque essere raggruppate in cinque gruppi ai quali viene attribuito un peso che va da un valore di impedenza -2 (in cui l'impedenza ai movimenti franosi è nulla) ad un valore +2 (in cui l'impedenza è massima).

Un primo utile documento di riferimento per la costruzione di detta cartografia può essere la *Carta dell'uso del suolo* Corine-Land Cover fornita dal Sistema Informativo Territoriale della Regione Toscana (comunque disponibile presso il SIT della Provincia di Siena) la cui scala di acquisizione 1:100.000 risulta però di dettaglio non adeguato per l'analisi della stabilità a livello di PRG o PS.

7. Le successive integrazioni della Carta della stabilità potenziale integrata dei versanti

Nel metodo utilizzato una volta eseguito questo passaggio, si perviene ad un risultato quasi completo da integrare con i dati relativi alla *Carta geomorfologica* e a quella caratterizzante i *fenomeni sismici* per i comuni soggetti a rischio sismico.

Per quanto riguarda la differenziazione delle indagini nei comuni classificati sismici nella DCR 94/85 occorre dire che, per i comuni in *Classe 2*, è necessario evidenziare le condizioni e le caratteristiche dei terreni suddivise per tipo di fenomeno che possono subire: amplificazione per effetti morfologici, amplificazione per effetti litologici, instabilità dinamica per cedimenti e cedimenti differenziali, instabilità dinamica per fenomeni franosi; per quelli che rientrano in *Classe 3*, instabilità dinamica per cedimenti e cedimenti differenziali ed instabilità dinamica per fenomeni franosi.

Questa fase ha lo scopo di confermare tutte le ipotesi fatte sulla instabilità di alcune zone, ma soprattutto quello di evidenziare l'evoluzione nel tempo di certi fenomeni che, per esempio, non hanno subito ancora l'effetto massimo di degradazione del versante.

L'evoluzione geomorfologica prevista in senso negativo può far sì che la valutazione già fatta in una certa zona subisca un notevole decremento numerico per quanto riguarda il peso attribuitole precedentemente. Infatti il significato del dato geomorfologico è duplice: verificare la validità della carta della stabilità e rivelare situazioni anomale, in genere di interesse locale.

Questa carta in tal modo elaborata può essere utilizzata, come indica la normativa, al fine di redigere la *Carta della Pericolosità* le cui caratteristiche sono indicate nel paragrafo precedente sulla interpretazione della DCR 94/85; tale carta incrociata con le destinazioni d'uso previste dal Piano Regolatore comunale sarà indispensabile per la elaborazione della *Carta della Fattibilità*.

Giacitura degli strati rispetto al versante	Pendenza versanti > 50% = - 2 50 - 35% = - 1 35 - 20% = 0 20 - 10% = + 1 < 10% = + 2	Caratteristiche litologiche									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Terreno incoerente per indifferenziato caotico (Argille scagliose)	Roccia pseudocoerente con strati di roccia coerente	Roccia coerente stratificata o no su roccia semicoerente	Roccia pseudocoerente con fessure stratificazione (Argille, limi)	Roccia incoerente (Sabbie, ghiaie, detriti)	Roccia semicoerente (Arenarie friabili, tufo)	Roccia coerente e pseudocoerente a strati alterni (Flysch)	Roccia coerente con sottili interstrati di roccia semicoerente	Roccia coerente stratificata (Calcari, arenarie, gneiss)	Roccia coerente massiccia (Calcari, dolomie, graniti)
1. Unità litologiche prive di strutture c/o in condizioni di massima caoticità ed eterogeneità	> 50%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
	50 - 35%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	35 - 20%	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	20 - 10%	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	< 10%	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2. Strati fortemente piegati, fratturati, rovesciati e con giacitura caotica	> 50%		2	3	4	5	6	7	8	9	
	50 - 35%		3	4	5	6	7	8	9	10	
	35 - 20%		4	5	6	7	8	9	10	11	
	20 - 10%		5	6	7	8	9	10	11	12	
	< 10%		6	7	8	9	10	11	12	13	
3. Strati a franapoggio (inclinazione strati da 30° a 60°) Strati a traverpoggio (φ = 30° - 60°, α = 0° - 10°)	> 50%		3	4	5	6	7	8	9	10	
	50 - 35%		4	5	6	7	8	9	10	11	
	35 - 20%		5	6	7	8	9	10	11	12	
	20 - 10%		6	7	8	9	10	11	12	13	
	< 10%		7	8	9	10	11	12	13	14	
4. Strati a reggipoggio con fessurazione a franapoggio	> 50%		4	5	6	7	8	9	10	11	
	50 - 35%		5	6	7	8	9	10	11	12	
	35 - 20%		6	7	8	9	10	11	12	13	
	20 - 10%		7	8	9	10	11	12	13	14	
	< 10%		8	9	10	11	12	13	14	15	
5. Strati a franapoggio (inclinazione strati da 5° a 30°) Strati a traverpoggio (φ = 5° - 30°, α = 0° - 10°)	> 50%		5	6	7	8	9	10	11	12	
	50 - 35%		6	7	8	9	10	11	12	13	
	35 - 20%		7	8	9	10	11	12	13	14	
	20 - 10%		8	9	10	11	12	13	14	15	
	< 10%		9	10	11	12	13	14	15	16	
6. Strati a traverpoggio (φ = 30° - 60°, α = 10° - 60°)	> 50%		6	7	8	9	10	11	12	13	
	50 - 35%		7	8	9	10	11	12	13	14	
	35 - 20%		8	9	10	11	12	13	14	15	
	20 - 10%		9	10	11	12	13	14	15	16	
	< 10%		10	11	12	13	14	15	16	17	
7. Strati a traverpoggio (φ = 5° - 30°, α = 10° - 60°)	> 50%		7	8	9	10	11	12	13	14	
	50 - 35%		8	9	10	11	12	13	14	15	
	35 - 20%		9	10	11	12	13	14	15	16	
	20 - 10%		10	11	12	13	14	15	16	17	
	< 10%		11	12	13	14	15	16	17	18	
8. Strati verticali (inclinazione strati tra 85° e 90°)	> 50%		8	9	10	11	12	13	14	15	
	50 - 35%		9	10	11	12	13	14	15	16	
	35 - 20%		10	11	12	13	14	15	16	17	
	20 - 10%		11	12	13	14	15	16	17	18	
	< 10%		12	13	14	15	16	17	18	19	
9. Strati a franapoggio (inclinazione strati da 60° a 85°) Strati a traverpoggio (φ = 30° - 60°, α = 60° - 90°)	> 50%		9	10	11	12	13	14	15	16	
	50 - 35%		10	11	12	13	14	15	16	17	
	35 - 20%		11	12	13	14	15	16	17	18	
	20 - 10%		12	13	14	15	16	17	18	19	
	< 10%		13	14	15	16	17	18	19	20	
10. Strati orizzontali (inclinazione strati tra 0° e 5°) Strati a traverpoggio (φ = 5° - 30°, α = 60° - 90°)	> 50%		10	11	12	13	14	15	16	17	
	50 - 35%		11	12	13	14	15	16	17	18	
	35 - 20%		12	13	14	15	16	17	18	19	
	20 - 10%		13	14	15	16	17	18	19	20	
	< 10%		14	15	16	17	18	19	20	21	
11. Strati a reggipoggio e rocce massicce prive di stratificazione Alluvioni terrazzate	> 50%		11	12	13	14	15	16	17	18	19
	50 - 35%		12	13	14	15	16	17	18	19	20
	35 - 20%		13	14	15	16	17	18	19	20	21
	20 - 10%		14	15	16	17	18	19	20	21	22
	< 10%		15	16	17	18	19	20	21	22	23

Fig. 2. - Correlazione LITOLOGIA-PENDENZA DEI VERSANTI-GIACITURA DEGLI STRATI per la costruzione della carta della STABILITA' secondo il metodo Amadesi (da Amadesi et Al. 1978)