

PIANO OPERATIVO
AI SENSI DELL'ART. 95 DELLA L.R. 65/2014

Arch. Giovanni Parlanti
Capogruppo progettista

Arch. Gabriele Banchetti
Co-progettista e responsabile VAS

Pian. Emanuele Bechelli
Collaborazione al progetto

PFM srl. società tra professionisti
Studi ambientali e agronomici

GEOPROGETTI Studio Associato
Geol. Emilio Pistilli
Studi geologici

H.S. Ingegneria srl
Ing. Simone Pozzolini
Studi idraulici

Geom. Rosario Navarra
Responsabile del procedimento

Massimo Muti
Garante per l'informazione

Gabriella Allori
Sindaco

Giovanni Martini
Assessore Urbanistica, lavori pubblici e demanio



Tav:	GEO	APPROFONDIMENTI LEGATI AL TRASPORTO SOLIDO A VALLE DELLE CONOIDI ALLUVIONALI
	H2	

Scala
1:5.000

Adottato con Delibera CC. nr. del

INDAGINI GEOLOGICHE DI SUPPORTO AL POC
PIANO OPERATIVO COMUNALE
ADOZIONE
APPROFONDIMENTI LEGATI AL TRASPORTO SOLIDO A VALLE
DELLE CONOIDI ALLUVIONALI

1 - PREMESSA

Il comune di Marciana Marina è solcato da numerosi torrenti, generalmente a carattere effimero che, in ragione dell'elevata acclività dei versanti del monte Capanne, hanno elevata energia di trasporto e durante gli eventi piovosi più intensi possono evolvere a colata detritica. Come riportano testimonianze storiche questo è avvenuto nell'abitato di Marciana Marina il 31 ottobre 1899 e poi nel 1907 quando l'energia del fluido straripato dagli uviali di S. Giovanni e di Marciana fu tale da asportare l'ala occidentale del cimitero. Dal rilievo di campagna emerge come depositi di conoide veri e propri siano presenti solo nel tratto finale dell'uviale di Marciana e del fosso della Nivera. Relativamente ai bacini minori, di seguito denominati bacino del fosso delle Orticaie, bacino del fosso dell'Acqua Calda e bacino di Sprizze, la chiusura del bacino di alimentazione è stata posta in prossimità della linea di costa. In questi casi la conoide alluvionale, prosegue sotto il livello del mare.

Nella presente relazione viene proposta una valutazione del potenziale di franosità e del tipo di meccanismo atteso (*debris flow* o *flash flood*) per 4 bacini idrografici.

Non esistendo al momento alcuno specifico riferimento normativo sulla metodologia da applicare per questo tipo di studi, abbiamo ritenuto di applicare la metodologia semiquantitativa proposta nel PTC della Provincia di Lucca per la stima del potenziale di franosità; per ognuno dei bacini è stato calcolato inoltre il "numero di Melton", che permette di stimare il tipo di meccanismo di trasporto atteso.

Viene inoltre proposta una stima del volume estremo di trasporto solido torrentizio secondo quanto proposto da D'Agostino V. nel 1996 ("*Analisi quantitativa e qualitativa del trasporto solido torrentizio nei bacini montani del trentino orientale*", Associazione Italiana di Ingegneria Agraria).

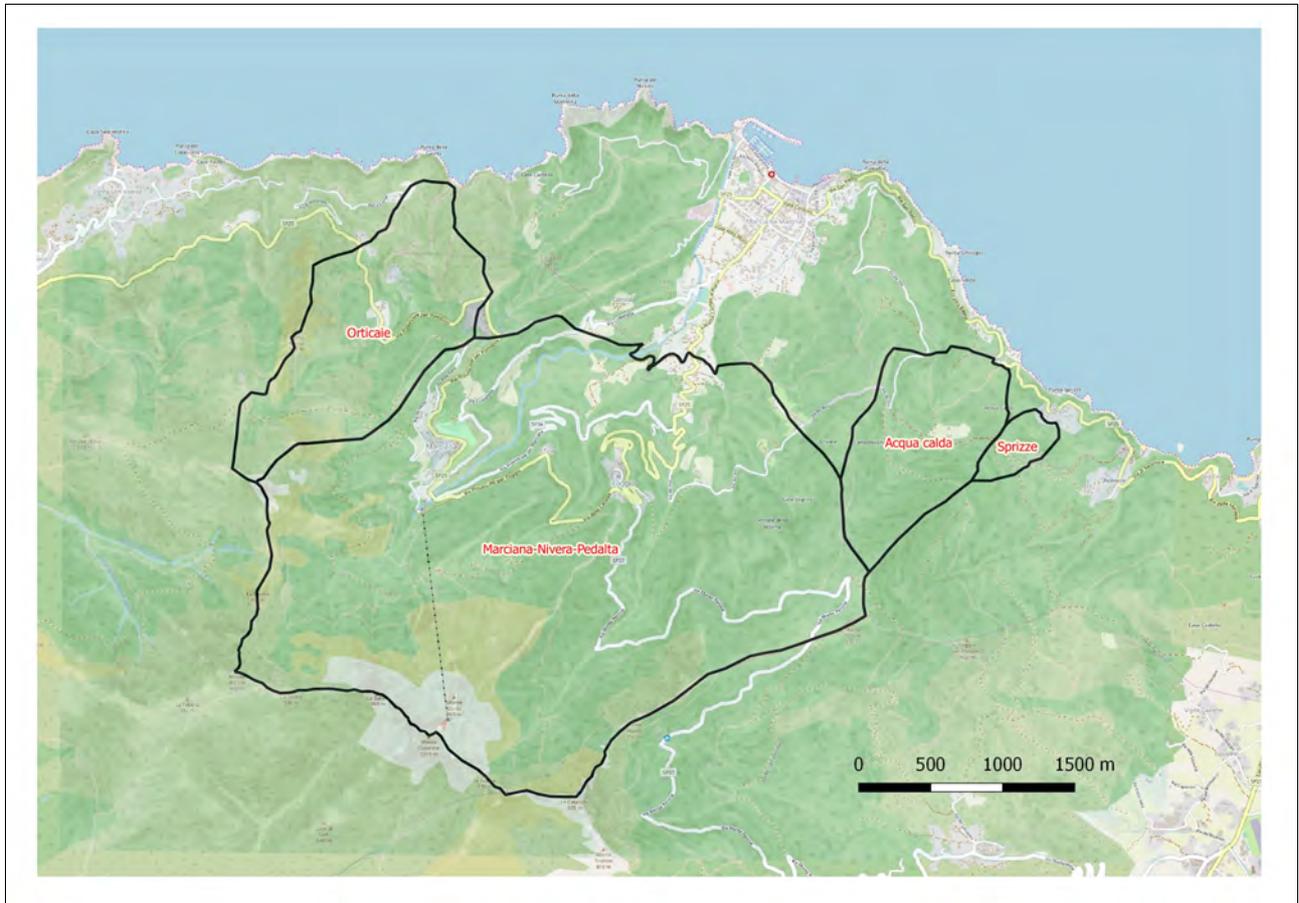
2 - ANALISI MORFOMETRICA DELLE CONOIDI ALLUVIONALI E DEI BACINI IDROGRAFICI

2.1 - Metodologie

L'analisi del livello di fragilità geomorfologica delle aree di fondovalle prossime ai corsi d'acqua che incidono i rilievi montani, si basa sulle caratteristiche morfologiche e morfometriche dei bacini idrografici che li alimentano.

In ciò che segue sono state sviluppate due differenti metodologie di analisi semiquantitative atte a caratterizzare sia il tipo di fenomeno idrogeologico atteso (metodo del Numero di Melton), sia il potenziale di franosità dei bacini (metodo del P.T.C. della Provincia di Lucca).

Le due metodologie sono state applicate in ambiente GIS su 4 bacini idrografici a monte della costa del comune di Marciana Marina, ubicati lungo il versante settentrionale del Monte Capanne. Ad ogni bacino è stato attribuito un identificativo univoco (ID) come evidenziato nella figura seguente.



2.1.1 – Tipo di fenomeno atteso

Secondo la letteratura, un parametro morfometrico importante per la definizione del regime di flusso alluvionale atteso sulla conoide, o genericamente nel fondovalle di un impluvio ad elevata energia, è il “*numero di Melton*”:

$$Me = (H_{\max} - H_{\min}) A_b^{-0,5}$$

dove

H_{\max} = quota massima del bacino (m s.l.m.)

H_{\min} = quota minima del bacino (m s.l.m.)

A_b = area planimetrica del bacino (km²)

Questo parametro racchiude in se le principali informazioni morfometriche del bacino di alimentazione e può essere calcolato anche per quei bacini imbriferi che non recapitano ad una vera e propria conoide alluvionale.

Per l'indice di Melton è stabilito un valore di soglia pari a 0,5 sotto il quale si attendono, per il bacino in esame, fenomeni di alluvionamento rapido di acqua e fango chiamati *flash flood* o *debris flood*, ed al di sopra del quale ($Me \geq 0.5$) si attendono flussi di detrito ad elevata viscosità (*debris flow*).

2.1.2 – Potenziale di franosità

Un elemento molto importante per lo sviluppo di una colata detritica è la presenza di copertura incoerente, pseudocoerente o semicoerente. Altri parametri molto importanti sono la tipologia di copertura vegetazionale presente e quindi l'uso del suolo, nonché la tipologia di roccia affiorante e l'acclività.

Per la determinazione del grado di pericolosità potenziale di un'area relativamente al fenomeno delle colate detritiche, è stato utilizzato come riferimento quanto suggerito dal PTC della Provincia di Lucca.

Si tratta di un metodo parametrico a punteggi e pesi basato sulla valutazione dei fattori principali che favoriscono l'innescio di colate detritiche.

Alle varie caratteristiche geomorfologiche del bacino viene attribuito un punteggio che viene “pesato” in relazione alla importanza che ha quella caratteristica al manifestarsi di un movimento gravitativo. Dalla somma dei punteggi pesati ne deriva una stima del potenziale di franosità.

La valutazione ha comportato l'analisi dei seguenti punti e tematismi:

- Superficie interessata da copertura detritica (frane s.l. + coltri detritiche significative)
- Uso del suolo
- Acclività media dei versanti

- Litologia del substrato

Le operazioni sono state sviluppate in ambiente GIS (Esri Arcview e Qgis 2.16) analizzando i vari shapefiles tematici ed estrapolando i principali parametri morfometrici.

La copertura detritica "efficace", è stata stimata a partire degli shapefiles del continuum geologico, dalle osservazioni di campagna, che hanno mostrato una estesa copertura di terrazzi agricoli in disuso, e dalle foto aeree. Ricomprende le coltri detritiche, i ravaneti, le frane attive e quiescenti e le sassaie. In base alla percentuale calcolata sull'intero bacino è stato poi attribuito un punteggio complessivo sulla base della tabella seguente:

<i>% di bacino ricoperto da detrito</i>	<i>Punteggio</i>
0-25%	1
25-50%	2
51-75%	4
>75%	8

L'uso del suolo prevalente è direttamente derivato dalla "Carta dell'uso del suolo" a disposizione sul sito della Regione Toscana. Le classi sono state riadattate alla metodologia in uso distinguendo le seguenti tipologie ed attribuendogli il seguente punteggio:

<i>Classe secondo il metodo</i>	<i>Tipologie da Carta Uso del Suolo Regione Toscana</i>	<i>Punteggio</i>
Aree boscate	Zone boscate	1
Colture arboree	Colture permanenti	1
Seminativo	Zone agricole eterogenee, Zone urbanizzate	2
Prati e pascoli	Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea	4
Degradato	Zone aperte con vegetazione rada o assente	6

L'acclività dei versanti, analizzata attraverso un grid delle pendenze realizzato dalla Regione Toscana a scala 1:10.000, è stata suddivisa in 4 classi definite nella seguente tabella. La frazione areale di bacino occupata da una determinata classe è stata moltiplicata per il punteggio corrispondente, ottenendo quindi un valore di punteggio medio pesato per ogni bacino.

<i>Classi di acclività %</i>	<i>Punteggio</i>
0-20	0
20-40	1

40-60	2
60-100	4

La composizione litologica all'interno del bacino è stata valutata a partire dalla carta geologica del Continuum geologico della Regione Toscana. Le varie formazioni sono state collocate all'interno delle macro classi previste dalla metodologia.

<i>NOME CONTINUUM GEOLOGICO</i>	<i>DESCRIZIONE</i>	<i>CLASSE DI ASSEGNAZIONE METODOLOGIA</i>	<i>PUNTEGGIO :</i>
APA - Argille a Palombini	Argilliti grigie e calcilutiti	ARGILLITI	7
CCL – Calcari a calpionelle	Calcilutiti grigio chiare con intercalazioni di argilliti e marne	FORMAZIONI CALCAREE	2
BRG – Basalti apillows lava	Basalti con strutture a pillow-lava	FORMAZIONI IGNEE MAFICHE *	3
PRN - Peridotiti	Peridotiti serpentizzate con filoni gabbrici e basaltici. (Serpentiniti)		3
DSD - Diaspri	Radiolariti rosso-scure o verdi, sottilmente stratificate, localmente con interstrati argillitici.	QUARZITI, CONGLOMERATI E SCISTI METAMORFICI	8
MCM – Rocce metamorfiche di contatto	Rocce metamorfiche di contatto, da protolite magmatico o sedimentario.		
Fe1 – Porfido di S. Martino	Filoni porfirici a composizione monzogranitica (7,4-7,2 M.a.) con megacristalli di K-feldspato (sanidino) fino a 15cm talvolta disorientati dal flusso magmatico.	FORMAZIONI IGNEE ACIDE *	1
Fe2 – Porfido di Portoferraio	Filoni porfirici a composizione monzogranitica-sienogranitica (8,2 M.a.) con fenocristalli di K-feldspato da pochi mm fino a 2cm.		
Fe3 – Porfido di Orano	Dicchi mafici di colore tipicamente bruno-grigio scuro, talvolta verdi, grigio chiari fino a bianchi a composizione da granodioritica a quarzo-monzodioritica.		
Fe5 – Aplite porfirica di Capo Bianco	Aplite microcristallina con rari fenocristalli di K-feldspato e quarzo.		
CAPb – Monzogranito di Monte Capanne, facies di Sant'Andrea	Mozogranito a tessitura granulare ipidiomorfa porfirica con numerosi megacristalli di ortoclasio peritico e inclusi microgranulari mafici.		
CAPa - Monzogranito di Monte Capanne, facies di San Francesco	Mozogranito a tessitura granulare ipidiomorfa a grana medio fine.		
DEPOSITI SCIOLTI di origine alluvionale			

* Non essendo disponibili riferimenti relativi al punteggio delle rocce ignee nella documentazione del PTC di Lucca a nostra disposizione si è stimato un punteggio basandosi sulle indicazioni di D'Agostino (1996) relative alla determinazione dell'Indice Geologico.

Per tutti i parametri la metodologia prevede che, per ogni bacino, il punteggio di ogni riga sia attribuito alla percentuale di territorio (riportata a 1) effettivamente ricoperta da quella classe. Ad esempio nel caso si abbia il 30% di bacino ricoperto da area boscata ed il 70% ricoperto da seminativo si ha:

$$\text{punteggio uso suolo} = 0,3 \times 1 + 0,7 \times 2 = 1,7$$

Con i parametri suddetti, seguendo le indicazioni del PTC, è stato possibile stimare il **valore del potenziale di franosità di ogni bacino**, come somma dei punteggi dati a ciascun parametro (Potenziale di franosità = *punteggio copertura detritica* + *punteggio uso suolo* + *punteggio acclività* + *punteggio composizione litologica*). Il potenziale di franosità è pertanto da considerare elevato per i bacini che presentano un valore maggiore di 15, medio per quelli che presentano un valore compreso tra 10 e 15 e basso per quelli che presentano un valore inferiore a 10.

<i>Somma dei punteggi</i>	<i>Potenziale di Franosità</i>
< 10	<i>basso</i>
$10 \leq Pf < 15$	<i>medio</i>
≥ 15	<i>elevato</i>

3 – ESITI DELLE ANALISI DEL POTENZIALE DI FRANOSITA'

I risultati delle analisi sono sinteticamente riportati nella Tabella a seguire.

I bacini analizzati risultano in gran parte dominati da processi di Debris Flow.

Eventi di tipo *Flash flood* sono attesi unicamente nel bacino più grande (bacino di Marciana-Nivera-Pedalta); gli altri 3 bacini analizzati sono morfologicamente più propensi allo sviuppo di meccanismi di tipo *Debris flow*.

Non sono stati rilevati potenziali di franosità elevati.

Num. bacino	Nome	Indice di acclività	Indice Litologia del substrato	Indice Copertura detritica	Indice Uso del Suolo	Potenziale di franosità	Indice di Melton Me	Considerazioni
1	Orticaie	2,12	1,15	4	1,69	8,96 BASSO	0,63 Debris Flow	Zona di accumulo prevalentemente sotto il livello del mare
2	Marciana-Nivera-Pedalta	2,21	1,97	4	2,12	10,3 MEDIO	0,30 Flash-flood	Zona di accumulo prevalentemente sopra il livello del mare
3	Acqua calda	1,66	2,96	8	1,00	13,62 MEDIO	0,54 Debris Flow	Zona di accumulo prevalentemente sotto il livello del mare
4	Sprizze	1,38	1,00	8	1,00	11,38 MEDIO	0,62 Debris Flow	Zona di accumulo prevalentemente sotto il livello del mare

4 – STIMA DEL VOLUME DI TRASPORTO SOLIDO ECCEZIONALE

In letteratura esistono numerose formule, sviluppate in varie parti del mondo, che tentano di stimare il volume di trasporto solido atteso alla base di un bacino montano in seguito a fenomeni meteorici eccezionali.

Tali formule utilizzano molto spesso unicamente il valore dell'area del bacino, come ad esempio la formula di Takei (1984). Altre integrano l'informazione dell'inclinazione dell'asta fluviale (i) e/o l'indice di trasporto (IT, Aulitzky 1982), che è funzione del tipo di meccanismo fluidodinamico atteso (*debris flow*, *debris flood*, *trasporto di fondo*). D'agostino, in un articolo del 1996 relativo ai bacini montani del Trentino orientale, ha sviluppato una formula più accurata, che tiene di conto anche della tipologia di substrato. Ciò attraverso un Indice Geologico tabellato (IG) derivante, secondo i medesimi criteri utilizzati dal PTC della provincia di Lucca (vedasi capitolo precedente), da una media pesata delle superfici affioranti all'interno del bacino.

Preso atto delle informazioni disponibili nella tabella seguente si riporta una stima del volume di trasporto solido atteso sui 4 bacini.

	A [kmq] Area del bacino	Gs [mc] Volumi estremi di trasporto solido attesi su base areale secondo Takei (1984). Gs=13600A ^{0,61}	IG indice geologico dipendente dal substrato secondo D'Agostino V. (1996)	IT indice dipendente dal tipo di trasporto atteso 1 per debris flow 2 per debris flood 3 per trasporto di fondo	I [%] Pendenza media dell'asta torrentizia	Gs [mc] Volumi estremi di trasporto solido attesi secondo D'Agostino V. (1996). Gs=39A i ^{1,5} (IG) (IT) ^{-0,3}
<i>Orticaie</i>	1,786227	19,4 x 10 ³	0,1444	1	24,3	1,67 x 10³
<i>Marciana- Nivera-Pedalta</i>	9,472953	53,6 x 10 ³	0,864	2	20,1 (media aste)	23,4 x 10³
<i>Acqua calda</i>	1,137650	14,7 x 10 ³	1,958	1	30,2	10,4 x 10³
<i>Sprizze</i>	0,165082	4,5 x 10 ³	0,0016	1	27,7	< 100

STATO DEI LUOGHI

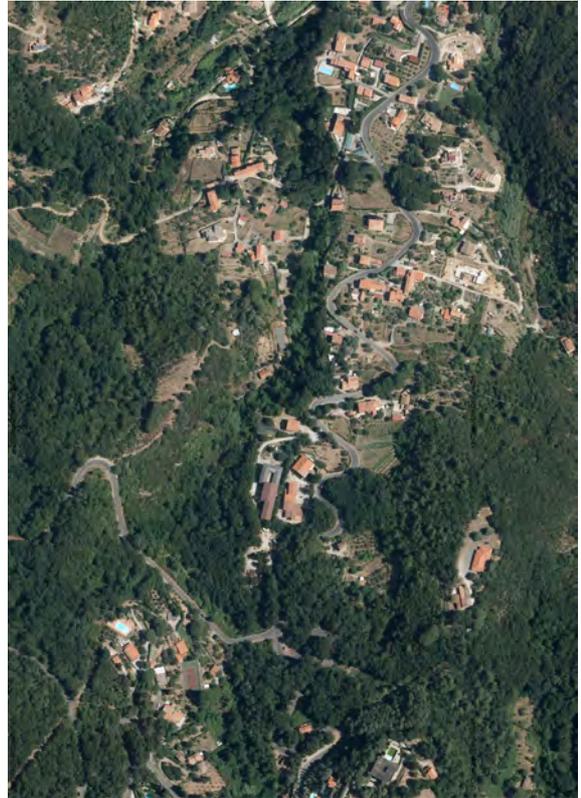
Nelle foto aree che seguono si mette a confronto lo stato dei luoghi al 1954 (foto in bianco e nero sulla sinistra) e quello al 2016 (foto a colori sulla destra). Le trasformazioni morfologiche sono evidenti.



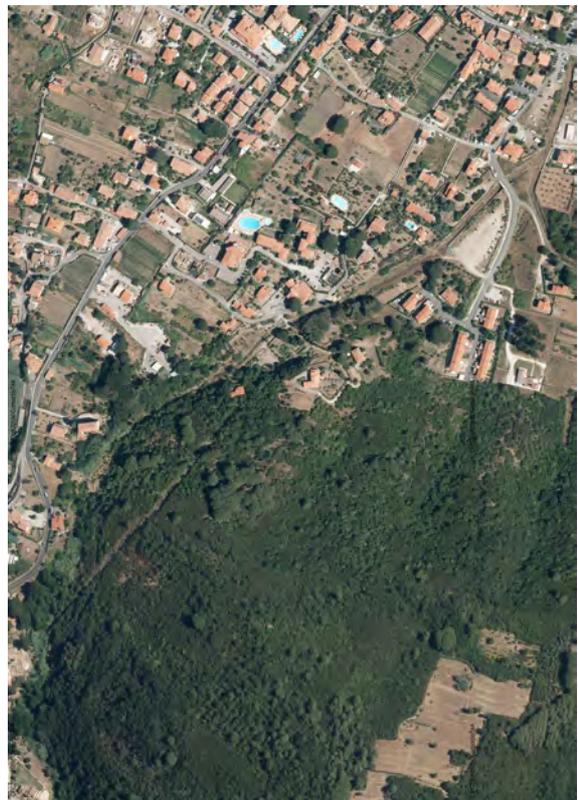
F1: Versante a nord dell'abitato di Poggio. Il bosco e la macchia mediterranea hanno preso il posto dei vigneti. Si noti anche come l'alveo dell'Uvale di Marciana, bene evidente nella foto del 1954 (a sinistra), è completamente invaso dalla vegetazione nella foto del 2016 (a destra).



F2: Panoramica del tratto finale dell'Uvale di Marciana. Nel 1954 (a sinistra) la larghezza dell'alveo era compresa tra 100 e 120 metri. Attualmente l'alveo è incanalato e la distanza tra le sponde non è mai superiore a 13 metri.



F3: Panoramica del versante a monte dell'abitato di Marciana. Anche in questo caso è bene evidente l'abbandono dei vigneti e dei terrazzamenti. Si noti anche come alcune urbanizzazione si sono avvicinate pericolosamente al ciglio di sponda dell'Uviale.



F4: Panoramica di un tratto dell'Uviale di San Giovanni. Nel 1954 (a sinistra) la larghezza dell'alveo era compresa tra 60 e 80 metri. Attualmente l'alveo è incanalato e la distanza tra le sponde non è mai superiore a 10 metri. Le pendici del monte Lavacchio, oggi completamente boscate, erano interamente terrazzate e coltivate.

Se si percorrono a piedi i luoghi delle precedenti foto aeree, si ha la percezione di come la trasformazione dei luoghi, da intensamente coltivati e mantenuti, ad abbandonati e colonizzati dai boschi sia ancora oggi in divenire.



F5: I muretti in abbandono, presentano diffusi fenomeni di cedimento, in evidente evoluzione. La sparizione dell'originaria regimazione idraulica capillare di ogni terrazzo favorisce la rimobilizzazione verso gli alvei di enormi quantità di terreno e pietrame.



F6: Sulla sinistra un esempio di come il pietrame derivante dal disfacimento dei muretti stia lentamente invadendo gli alvei dei corsi d'acqua. Sulla destra invece l'alveo è invaso da pietrame derivante dal disfacimento di roccia in posto.

E' chiaro che stante così il permanere dei luoghi, le condizioni di fragilità da possibili fenomeni di trasporto solido in occasioni di eventi alluvionali, non possono far altro che peggiorare.

E' altresì chiara la difficoltà di intervenire in queste condizioni, innanzitutto perché la questione non è legata ad un singolo appezzamento di terreno, o al Comune di Marciana Marina, ma è ben più estesa ed interessa tutti gli abitati dell'Isola d'Elba posti sulle conoidi.

L'utilizzo di sistemi di trattenimento passivi delle possibili colate di fango e detriti da porre in opera lungo i corsi d'acqua è certamente un valido sistema passivo per il trattenimento dei detriti. Tuttavia questi sistemi necessitano oltre che di un corretto dimensionamento anche di continua manutenzione.

Fortunatamente negli ultimi anni si sta verificando il ritorno all'utilizzo dei terreni a fini agricoli e agrituristici, con il ripristino dei muretti a secco, delle viabilità e della regimazione idraulica. Questa alternativa, grazie al presidio umano permette consente il ritorno a condizioni di stabilità e deve essere in tutti i modi favorita dalle Amministrazioni comunali.



F7: Panoramiche di zone in cui sono stati ripristinati i muretti a secco e l'originaria regimazione idraulica.

I

CONCLUSIONI

I risultati ottenuti non sono allarmanti, poiché il potenziale di franosità non è risultato mai elevato.

Tuttavia è necessario specificare che l'approccio alla problematica dei fenomeni detritici torrentizi non è ancora stato codificato dalla Regione Toscana, per cui i metodi utilizzati sono stati scelti sulla base della personale esperienza.

Non è da escludere che un approccio ancora più dettagliato, che metta in campo ad esempio lo stato di manutenzione dei terreni, l'entità delle piogge attese anche in funzione dell'acuirsi dei fenomeni atmosferici, e dettagli maggiormente il reticolo idraulico superficiale, possa giungere a risultati differenti da quelli da noi prodotti.

Ad esempio, un fattore di principale importanza per valutare correttamente la pericolosità del trasporto solido dei corsi d'acqua, è la quantità dei detriti potenzialmente mobilizzabili durante un evento meteorico eccezionale. Tale valore potrebbe essere sensibilmente maggiore di quanto calcolato, sulla base di due osservazioni condotte in campagna:

- 1) sui alcuni talweg dei corsi d'acqua è stata rilevata una gran quantità di materiale, favorita dalla re-incisione delle stesse conoidi. Questo fenomeno è ben osservabile sulle sponde dei torrenti, come ad esempio lungo il Sentiero dei Profumi;
- 2) in passato i versanti erano intensamente coltivati e terrazzati. Con l'abbandono dei terreni, avvenuto a partire dalla fine degli anni '60, la macchia mediterranea ed il bosco hanno ricolonizzato la gran parte dei versanti e l'assenza di manutenzione ha favorito il disfacimento dei muri ed il collasso dei suoli a tergo; come conseguenza, lungo alcuni versanti sono presenti enormi quantità di terreno e pietrame potenzialmente instabile.

Se si associano altri parametri quali:

- l'elevata energia potenziale del sistema idraulico che dalla sommità del monte Capanne (1016m slm) giunge al livello del mare in soli 4,5km (in linea d'aria)
- il restringimento dell'alveo dei due Uviali di Marciana Marina
- la scarsa permeabilità della roccia in posto, la cui fratturazione è beante solo fino a scarse profondità, favorendo il deflusso superficiale piuttosto che l'infiltrazione

è chiaro che lo stato dei luoghi è tale da far insorgere qualche preoccupazione.

D'altra parte in altre zone dell'Isola d'Elba, in contesti uguali a quelli dei versanti di Marciana Marina, si sono già verificati episodi alluvionali del tipo Flash flood che hanno provocato seri danni.

Il bacino di maggior interesse si conferma essere quello di Marciana-Nivera-Pedalta in quanto si sviluppa a monte di un abitato importante e presenta un "medio potenziale di franosità" dovuto a possibili fenomeni di alluvionamento rapido (flash flood), con volumi di trasporto massimi attesi superiori a tutti gli altri bacini (23.400mc).

Il bacino col più alto valore di potenziale di franosità è invece quello del fosso dell'Acqua Calda a nord di Sprizze (potenziale di franosità = 13,62) il quale, in rapporto all'area del bacino, presenta anche il maggior volume di detrito atteso per eventi eccezionali.

L'approfondimento di studio condotto in questa sede, è solo lo spunto per una ulteriore analisi da condurre a livello intercomunale, di concerto anche con gli Uffici Regionali e con

quelli dell'Autorità di Bacino Distrettuale, in modo da condividere le modalità di studio e definire nel dettaglio tutte le zone fragili.

Una precedente esperienza in merito è già stata condotta dalla Regione Toscana nel periodo 2005/2011 , lungo l'asta del Fiume Serchio e dei suoi affluenti, in collaborazione con il Prof. Enio Paris del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università di Firenze.

Geol. Emilio Pistilli

Ponsacco, settembre 2019