



Provincia di Pistoia

Servizio infrastrutture di comunicazione, viarie, ferroviarie,
espropri, patrimonio immobiliare, edilizia scolastica e
sportiva, protezione civile e sicurezza

Piazza S. Leone n. 1 - 51100 PISTOIA. C.F. 00236340477 - ☎ 0573-3741 - Fax 0573-374547

Programma di Sviluppo Rurale 2007 – 2013
Regolamento CE 1698/2005

Misura 226 – ricostruzione del potenziale forestale ed interventi preventivi

**RICOSTITUZIONE DI SOPRASSUOLI DANNEGGIATI
DA DISSESTO IDROGEOLOGICO SUI VERSANTI
DELLA VAL DI LIMA**

C.U.P. 598797

PROGETTO DEFINITIVO



ELABORATO:

2. RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOTECNICA

PROGETTAZIONE INTERVENTO: UFFICIO TECNICO PROVINCIALE

Geom. GIACOMO BALLERI

Geom. BEATRICE TOPAZZI

Geol. ANDREA BARTOLINI

PIANO PER LA SICUREZZA E COORDINAMENTO: UFFICIO TECNICO PROVINCIALE

Geom. FEDERICO ANZUINI

IL DIRIGENTE PROVINCIALE – R.U.P.

Pistoia, agosto 2014

Ing. ALESSANDRO MORELLI MORELLI

RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA GEOTECNICA

L'attuale progetto di interventi di stabilizzazione di alcune parti di pendice che interessano la S.P. 20 con opere di ingegneria naturalistica (palificate e palizzate in legname e talee) ed opere di stabilizzazione corticale del profilo di versanti denudati (reti metalliche a maglia sciolta stese in aderenza), si colloca nell'ambito dei territori comunali di Cutigliano e Piteglio, all'interno dei rilievi montuosi posti in destra idrografica del T. Lima, tra gli abitati di Popiglio e Pian degli Ontani, e lungo i versanti sui cui transita la S.P. 20 Popiglio -Fontana Vaccaia.

Il territorio della montagna pistoiese in cui ricade l'areale di studio, può suddividersi, dal punto di vista **geologico**, in tre principali contesti differenziati per la diversa costituzione litologica delle formazioni geologiche che li contraddistinguono; in particolare si possono distinguere:

- una fascia centrale con direzione nord-sud che segue in linea generale il corso del T. Lima, con affioramenti riferibili ad argilliti e marne ed alle arenarie di M. Modino.
- una zona ad ovest della suddetta fascia, con affioramenti riferibili prevalentemente alle arenarie "macigno" ed alle arenarie di M. Modino.
- una zona ad est i cui affioramenti sono riferibili alle arenarie di M. Cervarola, che rappresentano la formazione geologicamente più giovane (Oligocene superiore - Miocene inferiore) tra quelle rilevabili nella zona.

Ad occidente dell'area studiata, in Provincia di Lucca, affiorano i termini calcarei e silicei della parte mesozoica della Serie Toscana, non coinvolte negli interventi esaminati in questa sede.

In linea generale le formazioni geologiche prevalenti nell'area studiata sono le seguenti:

Arenarie di M. Cervarola

Alternanza di strati di arenarie quarzoso-feldspatiche in genere a grana medio-fine e di strati sottili di siltiti; sono presenti con una certa frequenza ma con spessori limitati quasi sempre non cartografabili, intercalazioni di marne siltose e argilliti. Le arenarie si presentano competenti e ben cementate e risultano prevalenti rispetto alle altre componenti litologiche, con strati di spessore in genere non superiori a 50 cm; strati di arenaria a grana medio grossa di potenza anche superiore al metro sono presenti come intercalazioni, talvolta con frequenza ritmica evidente. Tale formazione non interessa la zona in cui si collocano i siti di intervento, ma affiora ad Est del T. Lima.

Arenarie di M. Modino

Arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatiche a grana medio-grossa, spesso in grossi banchi, alternati a sottili livelli di argilliti e siltiti. Le arenarie, ben cementate, sono prevalenti rispetto alle altre componenti litologiche.

La giacitura degli strati è alquanto irregolare. Strati rovesciati sono osservabili in sponda destra del T. Lima, a testimonianza dei notevoli disturbi tettonici subiti dalla formazione. Notevole è anche il grado di fratturazione, in gran parte dovuto alla grande faglia che corre lungo il corso del T. Lima.

Arenarie “macigno”

Arenaria a grana media o medio-grossa, in strati anche di significativo spessore, con elevato grado di cementazione ed alternati con buona regolarità a sottili strati di siltiti e, raramente, di calcareniti. La giacitura degli strati è abbastanza regolare, con direzione NO-SE ed immersioni verso i quadranti di NE.

In lembi dislocati localmente da faglie di sovrascorrimento ed altri temi tettonici di dislocazione, sono presenti situazioni di affioramento, in giaciture rese complesse dalle dinamiche di loro posizionamento, di lembi argillitico – marnosi che nelle varie evoluzioni di caratterizzazione geologica hanno assunto i nomi di *Complesso eterogeneo prevalentemente argillitici (cb)*, *Marne di Pievepelago (fP2)*, *Olistostroma basale (ol)*, *Argilliti di Fiumalbo-Marne di Le Piastre (fP1)* e che nella veste attribuita loro dalla cartografia CARG hanno assunto, nell’area degli interventi nn. 3 e 4 dove sono presenti, la sigla AVP e AVPc (**successione argilloso – calcarea pre Campaniana**): si tratta in tutti i casi di formazioni composte prevalentemente da argilliti grigio-scure con blocchi calcarei e più raramente con pacchi di strati di arenarie siltose e da marne siltose grigie talora fissili o con sottile stratificazione.

Nelle cartografie riproposte in stralci in Appendice, sono infine rappresentate le **coperture detritiche** eluvio-colluviali delle formazioni precedentemente descritte e che rappresentano il prodotto dell’evoluzione geomorfologia del territorio, presentando costituzione e spessori molto variabili in ragione delle dinamiche che li hanno prodotti e delle caratteristiche dei substrati in cui si sono generati.

In linea generale, facendo riferimento alle conoscenze generali del territorio di Piteglio – Cutigliano, nelle zone di affioramento delle Arenarie di M. Cervarola questi depositi sono costituiti da sabbie limose con numerosi frammenti arenacei di dimensioni estremamente variabili. Nelle zone di affioramento della arenarie di M. Modino e delle arenarie “macigno” sono costituiti da sabbie più grossolane, generalmente poco limose, inglobanti blocchi arenacei spigolosi anche di grosse dimensioni. In quelle infine dove affiorano le formazioni argillitiche e marnose, le coltri di copertura sono composte in prevalenza da argille più o meno limose che inglobano i componenti detritici.

Sono infine rappresentate in carta le aree di accumulo di materiali di **corpi di frane** attive e quiescenti presenti nelle parti concave di versante, quali prodotti dei processi gravitativi di massa

che hanno interessato le aree di minor stabilità e maggior fragilità delle rocce di base, sottoposte a franamenti e formazione di accumuli sciolti detritici con matrice, talora di estese proporzioni.

Nel dettaglio delle singole aree di intervento le **considerazioni geologiche e geomorfologiche** che possono essere espresse, tenendo anche conto delle cartografie di riferimento costituite dai rilievi CARG e dalle Carte della franosità del Piano di Bacino del F. Serchio della relativa Autorità di Bacino, sono le seguenti:

Intervento 1

Riguarda un versante acclive caratterizzato da un substrato di Arenarie di M. Modino in parte mascherate da coperture detritiche al cui interno si sono attivate situazioni di instabilità localizzate sia di tipo areale quali frane attive e quiescenti cartografate, che più specifiche e relative alle infrastrutture ed edifici esistenti nell'area. Nello specifico l'intervento proposto riguarda un tratto di strada provinciale sede nel passato di lesionamento e cedimento della carreggiata, contrastato nel tempo da un intervento di realizzazione di un muro a blocchi prefabbricati a monte e da una paratia di micropali con cordolo di collegamento in testa a sostegno del guard rail nella parte esterna della viabilità. Nonostante questo, la particolare acclività della scarpata a valle strada e l'abbandono generalizzato della manutenzione del territorio boscato ed agricolo di montagna in generale, hanno determinato il progressivo abbassamento del pendio aderente alla struttura di collegamento delle teste pali, rendendo necessario provvedere alla stabilizzazione di tale porzione apicale di pendice che per la notevole pendenza non permette la posa in opera di terreni sciolti senza un qualche loro sostegno, individuato nella realizzazione di una palizzata in legname e talee che nel tempo renda possibile la stabilizzazione di tale parte di pendio.

Intervento 2

Riguarda un tratto di pendice di monte strada interessato da una recente frana di crollo della parte più superficiale del materiale detritico e di roccia fratturata che lo contraddistingue, producendo una scarpata denudata, a profilo regolare, priva di copertura vegetazionale e tendenzialmente passibile di produrre ulteriori rilasci di materiali detritici per dilavamenti ed erosioni da parte delle piogge. Sotto il profilo geologico la roccia di substrato è costituita da strati arenacei appartenenti alla formazione "macigno" che si presenta in giacitura a reggi poggio e pertanto strutturalmente stabile. La presenza di uno stato fessurativo secondario delimita la stratificazione in modo tale da renderla potenzialmente erodibile in alcune sue parti se non protetta e confinata lungo scarpata in modo da permettere un successivo attecchimento della vegetazione.

Quanto sopra costituisce l'obiettivo dell'intervento proposto, consistente nella posizione in aderenza al pendio di una rete metallica a maglia sciolta ancorata al terreno per permetterne una sua stabilizzazione e protezione dall'erosione e distacco di detrito.

La configurazione geomorfologica dell'area pone il punto di intervento al di fuori di altre tipologie di processi evolutivi di versante, presenti in altre zone limitrofe costituite da accumuli di detriti e di corpi di frane.

Interventi 3 e 4

Si tratta di due siti limitrofi caratterizzati da analoghe condizioni geologico – geomorfologiche e di interessamento dei processi morfoevolutivi nei confronti della viabilità provinciale. Nel dettaglio si tratta di due tratte in frazione La Casetta, contraddistinte da un substrato argillitico – marnoso riferibile alla formazione denominata “successione argilloso calcarea pre-Campaniana”, un tempo classificata come formazione delle “Argilliti di Fiumalbo – Marne di Le Piastre” di età Oligocene sup. e collocata alla base della formazione di Monte Modino.

Si tratta nel complesso di materiali a componente principale argillitico – marnosa in scaglie e strati sottili, talora con associati orizzonti arenacei fini e siltitici, talora in assetto scompaginato dall'essere sovente coinvolte nelle strutture plicative e di scorrimento che caratterizzano le zone di sovrapposizione tra la Serie Toscana e le Unità di M. Modino/M. Cervarola e quelle più francamente liguri. Nel caso della dorsale di Costa Crocetta sui cui lati si collocano i due punti di intervento, l'area di presenza delle litologie argillitico-marnose costituisce una stretta fascia di territorio ai cui lati sono presenti litologie di “macigno” ad Ovest e di “M. Modino” ad Est, delimitate da faglie di scorrimento.

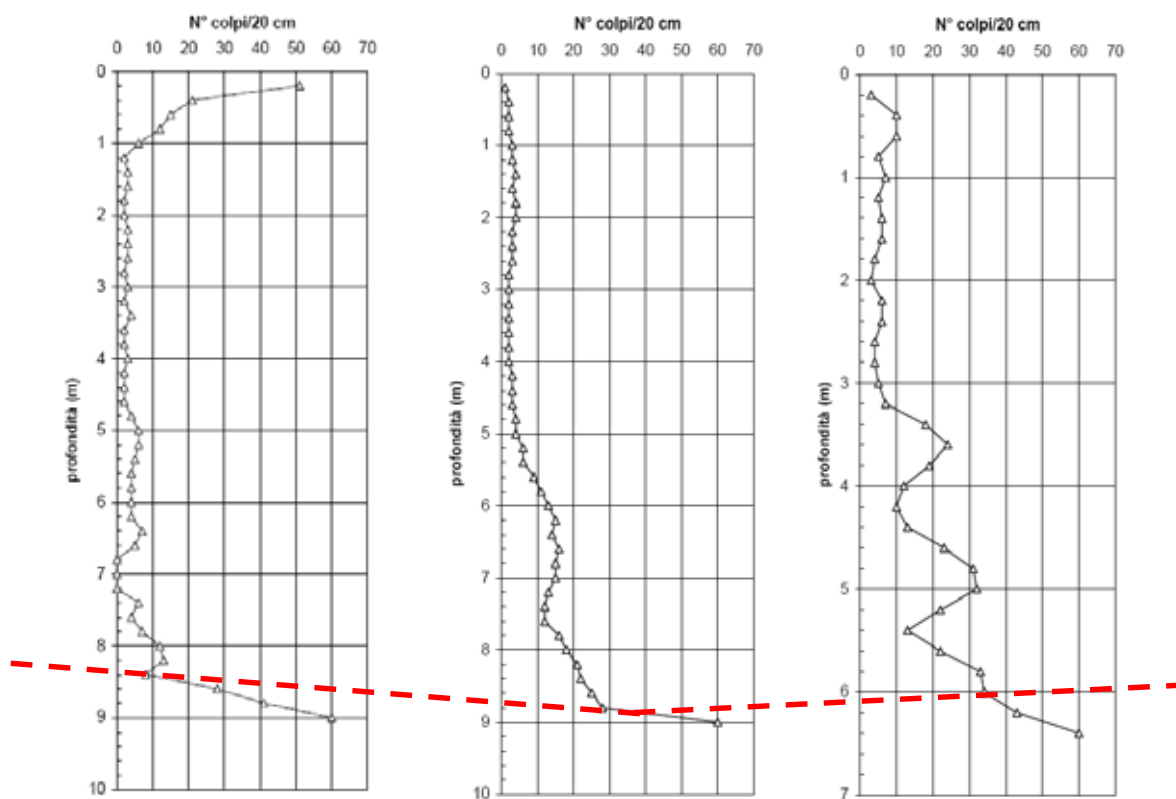
Nello specifico delle aree a blanda morfologia concava di intervento, queste sono caratterizzate da coltri di frane quiescenti ed attive su cui sono impostati impluvi di scorrimento delle acque di ruscellamento e di riemersione idrica di sottosuolo.

Relativamente al sito più a sud (intervento 3) si rileva l'esistenza di un indebolimento della parte più superficiale del terreno di valle strada su cui poggia la scarpata del rilevato stradale che corre a mezza costa rispetto al blando declivio presente, con formazione di una serie di lesioni di abbassamento della parte esterna della strada e di generalizzato cedimento di tale porzione di viabilità, in corrispondenza di un attraversamento dell'impluvio che scende da NW verso SE. Tale processo di scivolamento-cedimento della parte di pendio posto subito a valle strada può, se non contenuto con una opera di stabilizzazione, tendere ad ampliarsi coinvolgendo anche la parte di monte strada attualmente priva di segni di instabilità ma, come rilevabile dalla carta del PAI, costituita da un accumulo di paleofrana quiescente.

Relativamente al sito posto a settentrione (intervento 4), questo è contraddistinto dalla parte di versante compresa tra la sede viaria ed un impluvio alla base, in un contesto di morfologia poco acclive ma con segni di presenza di coltri di materiali di accumulo detritici e/o di frane quiescenti – paleofrane; il movimento franoso ha interessato la parte esterna della sede viaria, con creazione di lesionamenti e scivolamenti della parte di pendice posta a valle.

Relativamente alla sede viaria sono state effettuate da parte della Amm.ne Provinciale opere di stabilizzazione della stessa e di regimazione delle acque di superficie e di primo sottosuolo provenienti da monte, mentre risulta importante operare la stabilizzazione della parte di terreno di valle più direttamente coinvolto nelle dinamiche di dissesto e che riguarda la porzione più a diretto contatto ed influenza degli effetti di dilavamenti e filtrazioni idriche prodotte dai ruscellamenti non regimati superficiali.

In sede di esame delle condizioni territoriali della tratta dissestata della S.P. erano stati effettuati accertamenti geognostici consistenti in più prove penetrometriche dinamiche superpesanti D.P.S.H. effettuate lungo la sede viaria nei punti di dissesto, registrando condizioni diffuse di presenza di uno spessore dell'ordine di alcuni metri (variabile da 6 a 9 m) di terreni con matrice, posti al di sopra del substrato impenetrabile dalle prove D.P.S.H.



Quanto proposto in questa sede intende affrontare la possibilità di stabilizzare con il sostegno di palificate in legname e talee e con la relativa azione drenante nei confronti delle acque di filtrazione, la porzione superiore del sottosuolo nella zona di terreno più a diretta influenza nei

confronti della viabilità e dei processi di instabilità che la stanno coinvolgendo, producendo anche un effetto di stabilizzazione più generale nei confronti della pendice che scende verso il fosso che scorre al piede.

Intervento 5

Riguarda un tratto di pendice di monte strada interessato periodicamente da distacchi e rotolamenti sulla sede stradale di materiale detritico e di roccia fratturata che lo contraddistingue, in un contesto di scarpata acclive posta al di sopra di un muro a retta di monte strada, in cui nel tempo non si è resa possibile la presenza di una copertura vegetazionale e di cotico erboso stabile protettiva nei confronti della pendice, tendenzialmente passibile di produrre ulteriori rilasci di materiali detritici per dilavamenti ed erosioni da parte delle piogge.

Sotto il profilo geologico la roccia di substrato è costituita da strati arenacei appartenenti alla formazione “macigno”, al contatto con una estesa area di accumulo di materiali detritici di depositi di versante e corpi di frane relitte che ne mascherano l’affioramento diretto in parete.

L’obiettivo dell’intervento proposto consiste nella posizione in aderenza al pendio di una rete metallica a maglia sciolta ancorata al terreno per permetterne un confinamento ed una sua stabilizzazione e protezione dall’erosione e rilascio di detrito, con conseguente attivazione di un processo di successivo attecchimento della vegetazione e definitiva stabilizzazione del soprassuolo.

La configurazione geomorfologica dell’area pone il punto di intervento al di fuori di altre tipologie di processi evolutivi di versante rispetto a quelli descritti, posizionandosi in sinistra idrografica di una incisione idrografica che da SW indirizza le acque di scorrimento verso NE nel T. Sestaione.

Riguardo alle interrelazioni tra gli interventi e le **norme del P.A.I. dell’Autorità di Bacino del F. Serchio**, si richiamano gli stralci della Carta della Franosità del suddetto P.A.I. (D.P.C.M. 26/7/2013) da cui risulta che, in funzione della presenza delle diverse tipologie di elementi geomorfologici riscontrati, i singoli interventi ricadono nelle seguenti condizioni di pericolosità e di vigenza degli articolo di Norme di Piano da rispettare:

intervento 1	pericolosità P3	– art 13
intervento 2	pericolosità P1	– art. 15
intervento 3	pericolosità P4	– art. 12
intervento 4	pericolosità P3	– art 13
intervento 5	pericolosità P1	– art. 15

Dalle Norme di Piano risulta che gli *interventi di stabilizzazione di pendici e consolidamento di movimenti franosi finalizzati alla riduzione del rischio* risultano fattibili, previo parere favorevole e vincolante dell’Autorità di Bacino nei confronti di quelli ricadenti nelle condizioni degli artt. 12 e 13 e quindi riferiti agli interventi nn. 1, 3 e 4.

Per quanto attiene al rapporto tra gli interventi ed il contesto **idrogeologico** delle aree, le opere proposte sono caratterizzate da elevata naturalità sia per l’uso di legname e pietre (palizzate – palificate), che per essere di tipologia tale da consentire la facile rinaturazione e rinverdibilità dei terreni interessati (reti corticali a maglia sciolta), in quanto prevedono l’utilizzazione di talee nelle opere di contenimento, mentre la stesa di reti metalliche a maglia sciolta in aderenza al pendio, permette il facile ricaccio delle essenze radicate nel versante consentendone il rapido mascheramento ed attecchimento di cotico vegetazionale.

Nel complesso gli interventi intendono incrementare la stabilità dei versanti sia rendendo possibile una captazione e controllo delle acque di filtrazione nel primo sottosuolo, che contenendo e confinando la parte più superficiale di esso ed eliminarne la tendenza allo scivolamento – solifluzione in terreni argillitico – argillosi a blanda pendenza (interventi con palificate) od al distacco-crollo di materiali in fronti denudati detritico-rocciosi fratturati acclivi (interventi con le reti protettive in aderenza scarpata).

Relativamente alle **caratteristiche stratigrafico – geotecniche** delle aree di intervento, queste sono differenziabili tra due distinte condizioni riferite alle zone di presenza di substrati di tipo arenaceo o di tipo argillitico.

Nel caso delle **aree destinate alle opere con reti metalliche** corticali, siamo in presenza di fronti di scarpata ove la presenza di roccia sub-affiorante fratturata e di detrito di modesto spessore, rende possibile pensare ad una installazione di rete con chiodature di aggancio della lunghezza di 3,0 m, da ritenersi sufficiente per un ancoraggio stabile dei punti di incrocio e tenuta dei cavi di tesatura in aderenza al versante della rete a maglia sciolta posta in opera.

Nel caso delle **aree in cui verranno realizzate le palizzate in legname**, queste riguardano la zona della Casetta ove sono contraddistinte da un substrato argillitico – marnoso riferibile alla formazione denominata “successione argilloso calcarea pre-Campaniana”, un tempo classificata come formazione delle “Argilliti di Fiumalbo – Marne di Le Piastre” di età Oligocene sup. e collocata alla base della formazione di Monte Modino.

Facendo riferimento alla Carta di ubicazione in scala 1:1.000 allegata ed alla conseguente redazione di Sezioni stratigrafico – geotecniche in scala 1:100, queste rappresentano il risultato di

una interpretazione correlativa di alcune prove penetrometriche dinamiche superpesanti D.P.S.H. eseguite lungo la S.P. 20 all'atto del manifestarsi dei dissesti lungo di essa e che hanno permesso la caratterizzazione del sottosuolo interessato dai due interventi.

L'attrezzatura utilizzata per le prove è un penetrometro abilitato ad eseguire sia prove statiche che dinamiche, modello TG 63-200 PAGANI GEOTHECNICAL EQUIPMENT.

La prova penetrometrica dinamica continua DPSH-ISSMFE consiste nella infissione, mediante una massa battente, di una batteria di aste munita all'estremità di una punta conica e nella registrazione del numero di colpi (N_{20}) necessari all'approfondimento di tratti consecutivi di 20 cm della prova; le caratteristiche tecniche dell'attrezzatura utilizzata sono le seguenti:

- | | |
|--|---------|
| - peso del maglio | 63,5 Kg |
| - altezza di caduta | 75 cm |
| - diametro della punta conica | 5,05 cm |
| - angolo al vertice della punta conica | 60° |

I risultati delle prove effettuate hanno consentito di elaborare il grafico del numero di colpi (N_{20}) registrati durante la infissione della punta e di ricavare da essi il corrispondente valore di N_{SPT} da utilizzare poi nella caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del sottosuolo secondo abachi e formule esistenti in letteratura, mediante la seguente relazione:

$$N_{SPT} = N_{30} = 1,5 N_{20}$$

Sulla scorta delle risultanze delle suddette prove e dei rilievi geologici di superficie, sono stati individuati nel sottosuolo i seguenti livelli stratigrafici posti al di sotto di uno spessore di 60-100 cm di massiciata stradale e terreno compattato di sottofondo:

SEZIONE intervento 3

- **argilla sabbiosa:** presente sino a -3,5 m dal piano viario, con valori di $N_{SPT} = 6-10$ colpi costituisce il livello più plastico del sottosuolo indagato;
- **sabbia argillosa e detrito minuto:** rilevato sino a 5,6 m dal piano viario con valori di resistenza penetrometrica $N_{SPT} = 18-26$ colpi rappresenta materiale compatto;
- **argillite e detrito:** rappresenta la base della successione stratigrafica indagata al cui tetto le prove eseguite hanno incontrato il rifiuto all'ulteriore approfondimento per la notevole resistenza offerta con $N_{SPT} 30-50 > 60$ colpi, costituendo il tetto del substrato litico argillitico – marnoso presente nella zona.

SEZIONE intervento 4

- **argilla limosa:** presente per uno spessore di ca. 4,5 m con valori di $N_{SPT} = 2-4$ colpi, costituisce il livello meno consistente del sottosuolo indagato
- **argilla sabbiosa:** presente sino a profondità di 6-7 m dal p.c., con valori di $N_{SPT} = 6-10$ colpi;
- **argilla:** costituisce un piccolo livello di 50 cm di materiale plastico poco consistente prevedibilmente relitto della paleo superficie di scivolamento della paleo frana esistente nell'area, con valori di $N_{SPT} = 0-1$ colpi
- **sabbia argillosa e detrito minuto:** rilevato da 6-7 m sino a ca. 8 m dal p.c. con valori di resistenza penetrometrica $N_{SPT} = 18-26$ colpi, rappresenta materiale compatto;
- **argillite e detrito:** rappresenta la base della successione stratigrafica indagata al cui tetto le prove eseguite hanno incontrato il rifiuto all'ulteriore approfondimento per la notevole resistenza offerta con $N_{SPT} 30-50 > 60$ colpi, costituendo il tetto del substrato litico argillitico – marnoso presente nella zona.

Le sezioni elaborate rappresentano la interpretazione delle ipotizzate superfici di scivolamento attive (soliflussi e scivolamento superficiali), quelle profonde di paleo frana ed il contatto copertura-substrato.

Sulla base delle correlazioni empiriche e semiempiriche proposte dalla letteratura specializzata per interpretare e correlare le prove penetrometriche dinamiche superpesanti D.P.S.H. con le caratteristiche geomeccaniche dei terreni, si sono attribuiti i seguenti parametri geotecnici medio-minimi di ciascun livello individuato; in particolare, oltre al peso di volume, è stata definita la resistenza a taglio “drenata” dei materiali.

Trattandosi di terreni provenienti dal disfacimento in sito di materiali litici di substrato, oltre che di accumuli detritici in matrice, la loro configurazione sedimentologica li definisce prevalentemente di tipo granulare - detritico, pur in presenza di una frazione argillosa di matrice frutto dell'alterazione di litologie argillitiche e marnose-siltitiche di base.

Nel caso della resistenza a taglio del materiale si è quindi assunto che per le parti di copertura con matrice debbano essere tenute di conto anche frazioni di comportamento residuo coesivo associato alla parte attritiva del materiale che, pur in presenza di assunzione di comportamento a lungo termine, rimangono comunque presenti nel terreno sollecitato.

In particolare, richiamando le sezioni di caratterizzazione di ciascuna area di intervento, si ha la seguente parametrizzazione, che costituisce il modello geotecnico del sottosuolo di ciascun sito:

SEZIONE intervento -3-				
LIVELLO	N_{SPT}	γ (kN/mc)	c' (kPa)	φ' (°)
Argilla sabbiosa	6-10	18.5	5.0-10.0	29-30
Sabbia argillosa e detrito minuto	18-26	19.5	0.0	34-35
Argillite e detrito	30>60	20.5	0.0	39-42

SEZIONE intervento -4-				
LIVELLO	N_{SPT}	γ (kN/mc)	c' (kPa)	φ' (°)
Argilla limosa	2-4	18.0	10.0-15.0	26-27
Argilla sabbiosa	6-10	18.5	5.0-10.0	29-30
Argilla	0-1	18.0	5.0-10.0	23-24
Sabbia argillosa e detrito minuto	18-26	19.5	0.0	34-35
Argillite e detrito	30>60	20.5	0.0	39-42

con:

N_{SPT} = valore di Standard Penetration Test caratteristico per il livello

γ = peso di volume del terreno asciutto

c' = coesione drenata relativa alla assunzione di comportamento drenato del materiale caratterizzato

φ' = angolo di attrito interno relativo alla assunzione di comportamento drenato del materiale caratterizzato

Parametri geotecnici caratteristici per le verifiche di stabilità – D.M. 14.01.2008

La normativa vigente impone la utilizzazione, nelle varie sedi di verifica geotecnica, i parametri “caratteristici” del terreno (f_k), desumendoli dai valori medi (f_m) ricavati dalle indagini geognostiche. Le istruzioni del *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici* indicano che nelle valutazioni che il tecnico deve svolgere per pervenire ad una corretta scelta dei valori caratteristici appare giustificato il riferimento a **valori prossimi ai valori medi** quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (come nel caso di fondazioni superficiali) con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità tale a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti.

Le stesse istruzioni indicano invece di fare riferimento ai **valori minimi** quando siano coinvolti modesti volumi di terreno (fondazioni su pali, verifica a scorrimento di un muro di sostegno) con concentrazione del volume significativo o nel caso in cui la struttura a contatto con il

terreno non sia in grado di trasferire forze dagli strati meno resistenti a quelli più resistenti a causa dell'insufficiente rigidità della struttura .

Ai fini della analisi delle condizioni di stabilità dei terreni da effettuare in questa sede, sono stati definiti i seguenti **parametri caratteristici** riferiti alla condizione “drenata” della resistenza a taglio nelle due aree di intervento:

PARAMETRI CARATTERISTICI – resistenza a taglio “DRENATA”

SEZIONE intervento -3-			
LIVELLO	γ_{κ} (kN/mc)	c'_{κ} (kPa)	ϕ'_{κ}
Argilla sabbiosa	18.5	5.0	29°
Sabbia argillosa e detrito minuto	19.5	0.0	34°
Argillite e detrito	20.5	0.0	39°

SEZIONE intervento -4-			
LIVELLO	γ_{κ} (kN/mc)	c'_{κ} (kPa)	ϕ'_{κ}
Argilla limosa	18.0	10.0	26°
Argilla sabbiosa	18.5	5.0	29°
Argilla	18.0	5.0	23°
Sabbia argillosa e detrito minuto	19.5	0.0	34°
Argillite e detrito	20.5	0.0	39°

VERIFICHE DI STABILITÀ DELLA PENDICE

L'analisi di **stabilità di pendii naturali** viene eseguita ai sensi delle norme contenute nel punto **6.3 del D.M. 14/01/2008**, le quali impongono una attenta ricostruzione stratigrafica del sottosuolo, l'accertamento della presenza di falda, la adozione dei parametri “caratteristici” dei livelli di terreno ricostruiti nel pendio indagato, la assunzione di metodi di calcolo che pongano in rapporto tra loro la resistenza a taglio disponibile e lo sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento effettiva o potenziale, la individuazione del grado di sicurezza ritenuto accettabile in ragione del livello di conoscenze raggiunto dalle indagini e delle condizioni generali del sito, oltre all'azione del sisma.

In considerazione delle caratteristiche stratigrafiche e geologiche delle aree di intervento e della inclinazione del pendio, sono state attribuite la *classe di suolo “E”* e la *classe topografica “T2”* ai siti di studio, cui corrispondono i seguenti parametri sismici:

Comune: Cap:

Provincia:

Coordinate WGS84

Latitudine: °

Longitudine: °

Isole:

(1) Coordinate ED50

Lat: 44.089968 Long: 10.742280

Classe dell'edificio:

Vita nominale:

Opere provvisorie: Opere ordinarie:

Grandi opere:

Interpolazione:

44,089014, 10,741279

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

(1)* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati è comunque possibile inserire direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.

Stato Limite	Tr [anni]	β_s [g]	Fo	Tc [s]
Operatività (SLO)	30	0,061	2,441	0,250
Danno (SLD)	60	0,079	2,457	0,255
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,200	2,408	0,281
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,257	2,410	0,285
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Calcolo dei coefficienti sismici

Muri di sostegno Paratie

Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

H (m):

us (m):

Categoria sottosuolo:

Categoria topografica:

	SLO	SLD	SLV	SLC
β_s^*	1,60	1,60	1,47	1,32
Amplificazione stratigrafica				
Co *	2,00	1,99	1,91	1,90
Coef. funz. categoria				
β_t^*	1,20	1,20	1,20	1,20
Amplificazione topografica				
Personalizza azione massima attesa al sito [m/s 2]: <input type="text" value="0,6"/>				

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,023	0,030	0,099	0,114
k_v	0,012	0,015	0,049	0,057
a_{max} [m/s 2]	1,148	1,484	3,464	3,997
Beta	0,200	0,200	0,280	0,280

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche, viene eseguita in questa sede mediante metodo pseudostatico, in cui l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV) le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h W$ ed $F_v = k_v W$, assunti in questa sede in $k_h = 0,099$ e $k_v = 0,049$:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad (7.11.3)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.4)$$

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

Sulla base della caratterizzazione geometrica e geotecnica del sottosuolo effettuata, sono state eseguite verifiche di stabilità lungo sezioni in asse al versante di ciascun sito di intervento, desumendo l'andamento dell'inclinazione del terreno dalla carta topografica regionale e sviluppando i profili di verifica per l'intero tratto di versante in una qualche misura interessato dalla analisi di stabilità globale.

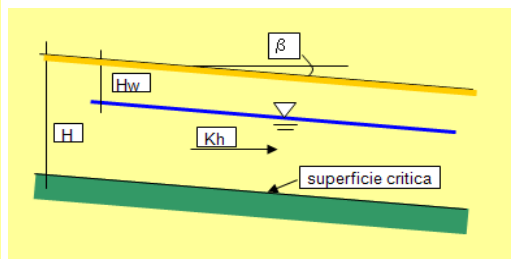
Riferendosi alle sezioni geologiche e di caratterizzazione stratigrafico-geotecnica redatte per le due aree di intervento in rapporto alle prove ed ai rilievi geologici di campagna, è emerso che la omogenea condizione di pendenza del versante caratterizzato nelle sezioni, unitamente alla continuità dello spessore della coltre sciolta di copertura del substrato, permette di assimilare l'analisi di stabilità della pendice alla condizione di *verifica di stabilità di pendii infinitamente estesi* che, seguendo il criterio di "Lambe, Whitman (1968) e Hadj-Hamou, Kavazanjian (1985)", collega la condizione di equilibrio allo spessore ed alla resistenza geomeccanica della copertura sciolta, in rapporto all'eventuale livello di falda, angolo di inclinazione del pendio e della sollecitazione sismica (verifiche in termini di sforzi efficaci – condizione sismica).

$$F_s = \frac{c' + \gamma_t \cdot (1 - m \cdot \frac{\gamma_w}{\gamma_t}) \cdot z \cdot \cos^2 \beta \cdot \text{tg} \phi'}{\gamma_t \cdot z \cdot \cos \beta \cdot \sin \beta}$$

$$F_s = \frac{c' + [\gamma_t \cdot z \cdot \cos \beta \cdot (\cos \beta - k_h \cdot \sin \beta - m \cdot \frac{\gamma_w}{\gamma_t} \cdot \cos \beta) - \Delta u] \cdot \text{tg} \phi'}{\gamma_t \cdot z \cdot \cos \beta \cdot (\sin \beta + k_h \cdot \cos \beta)}$$

essendo:

- c' intercetta di coesione apparente (FL⁻²)
- φ' angolo di resistenza al taglio (°)
- γ_t peso di volume unitario umido del terreno (FL⁻³)
- z spessore dello strato di terreno (L)
- β pendenza media sull'orizzontale del pendio (°)
- γ_w peso di volume unitario dell'acqua (FL⁻³)
- m (z-h_w)/z (-)
- h_w quota della falda rispetto al piano campagna (L)
- Δu sovrappressione interstiziale indotta dal sisma (FL⁻²)
- k_h a_h/g=coefficiente sismico orizzontale (-)
- a_h accelerazione orizzontale (LT⁻²)
- g accelerazione di gravità (LT⁻²)



In particolare il metodo utilizzato individua, come coefficiente di sicurezza F_s (a cui veniva imposto dalla normativa D.M. LL.PP. 11/03/1988 il valore minimo di 1.30 per potersi considerare positivamente verificata la condizione di stabilità), il rapporto tra la resistenza al taglio del terreno e l'azione di spinta gravitativa mobilitata, valore che si ritiene di poter assumere anche in questa sede di analisi per poter dichiarare stabile il versante.

Lo schema generale delle verifiche effettuate risulta sintetizzabile come segue.

Sezione intervento 3						Coefficiente sicurezza	
inclinazione	spessore	Peso volume	coesione	angolo di attrito	falda	statico	sismico
14°	6,0 m	1,85 kN/mc	5 kPa	$(29+34)/2=31^\circ$	-2 m	F _s = 1,05	F _s = 0,79
14°	3,5 m	1,85 kN/mc	5 kPa	29°	-2 m	F _s = 1,49	F _s = 1,10
14°	3,5 m	1,85 kN/mc	5 kPa	29°	-0 m	F _s = 0,99	F _s = 0,72

Da quanto sopra emerge che l'intero pacchetto di copertura del substrato (il cui valore di resistenza geomeccanica è stato definito quale media tra i due livelli che lo compongono), con l'assetto di falda come rilevabile dalle misurazioni effettuate, è in quiescenza statica ed insufficienza di sicurezza in senso sismico; lo spessore dei primi metri di sottosuolo interessato dall'intervento proposto e che si prefigge lo scopo sia di drenare le acque di filtrazione dalla superficie che di offrire contributo alla stabilizzazione del terreno più direttamente interessato dallo scivolamento – soliflusso registrato, è in condizioni di stabilità statica se si considera la falda stabilmente posta a – 2 m dal p.c., mentre risulta instabile nel caso si ipotizzi un innalzamento di questa al piano campagna.

Le condizioni di potenziale attivazione di instabilità per l'intero corpo di copertura del substrato esulano dagli obiettivi dell'intervento progettato, mentre il mantenimento abbattuto del livello delle acque nei primi metri di sottosuolo determineranno una stabilizzazione dello stesso.

Sezione intervento 4						Coefficiente sicurezza	
inclinazione	spessore	Peso volume	coesione	angolo di attrito	falda	statico	sismico
19°	7,0 m	1,85 kN/mc	5 kPa	26°	-3 m	F _s = 1,10	F _s = 0,82
19°	3,0 m	1,85 kN/mc	5 kPa	26°	-3 m	F _s = 1,71	F _s = 1,29
19°	3,0 m	1,85 kN/mc	5 kPa	26°	-0 m	F _s = 0,94	F _s = 0,69

Da quanto sopra emerge che l'intero pacchetto di copertura del substrato, con l'assetto di falda come rilevabile dalle misurazioni effettuate, è in quiescenza statica ed insufficienza di sicurezza in senso sismico; lo spessore dei primi metri di sottosuolo interessato dall'intervento proposto e che si prefigge lo scopo sia di drenare le acque di filtrazione dalla superficie che di offrire contributo alla stabilizzazione del terreno più direttamente interessato dallo scivolamento – soliflusso registrato, è in condizioni di stabilità se si considera la falda stabilmente posta a – 3 m dal p.c., mentre risulta instabile nel caso si ipotizzi un innalzamento di questa al piano campagna.

Le condizioni di potenziale attivazione di instabilità per l'intero corpo di copertura del substrato esulano dagli obiettivi dell'intervento progettato, mentre il mantenimento abbattuto del livello delle acque nei primi metri di sottosuolo determineranno una stabilizzazione dello stesso.

TERRE E ROCCE DA SCAVO

Per quanto concerne lo scavo ed il possibile riutilizzo in sito delle terre prodotte dalle lavorazioni, questa opportunità può essere perseguita nel caso degli interventi n. 3 e 4 che, prevedendo la realizzazione di palificate in legname, determineranno un volume di terre sciolte e detriti naturali riutilizzabili per i rimodellamenti morfologici ed il rinterro nell'ambito della sistemazione finale delle aree di lavoro.

Nel caso dell'intervento n. 3 la volumetria di prima stima prevista è dell'ordine di 100 mc, mentre nel caso dell'intervento n. 4 si attendono produzioni dell'ordine di 70 mc di terre movimentate prodotte dagli scavi.

Lo scavo di progetto si svilupperà, in entrambi i casi, nell'ambito della profondità media di ca. 1,5 m dal piano campagna e, in via cautelativa, si ritiene possibile addivenire ad una corretta caratterizzazione delle terre mediante prelievi da effettuarsi in cumuli prodotti da saggi di scavo da effettuarsi con escavatore alle profondità di progetto e appositi campionamenti ed accertamenti analitici da laboratorio abilitato, da effettuarsi a supporto del progetto esecutivo degli interventi.

I saggi di scavo avverranno all'interno della pianta della prevista realizzazione delle palificate e i conseguenti accertamenti saranno finalizzati alla verifica della assenza di contaminazioni nella misura consentita dall' art. 185 del Dlgs 152/2006 così come modificato dal D.lgs 205/2010 e ss.mm.ii. per poter escludere dall'ambito di applicazione della parte quarta del suddetto decreto i materiali scavati non contaminati riutilizzati nel loro stato naturale nello stesso sito di generazione (comma 1.c).

Si prevede, per la omogenea situazione di ciascun sito e per la modesta dimensione volumetrica degli scavi, che occorrerà prelevare 2-3 incrementi di terreno superficiale per confezionare n. 2 campioni complessivi, uno per ciascun sito di intervento.

In assenza di specifiche condizioni di sito che possano far presumere l'esistenza di elementi contaminanti specifici, per ciascun campione confezionato si prevede di effettuare il protocollo previsto dal D.M. 161/2012 e consistente nelle seguenti determinazioni:

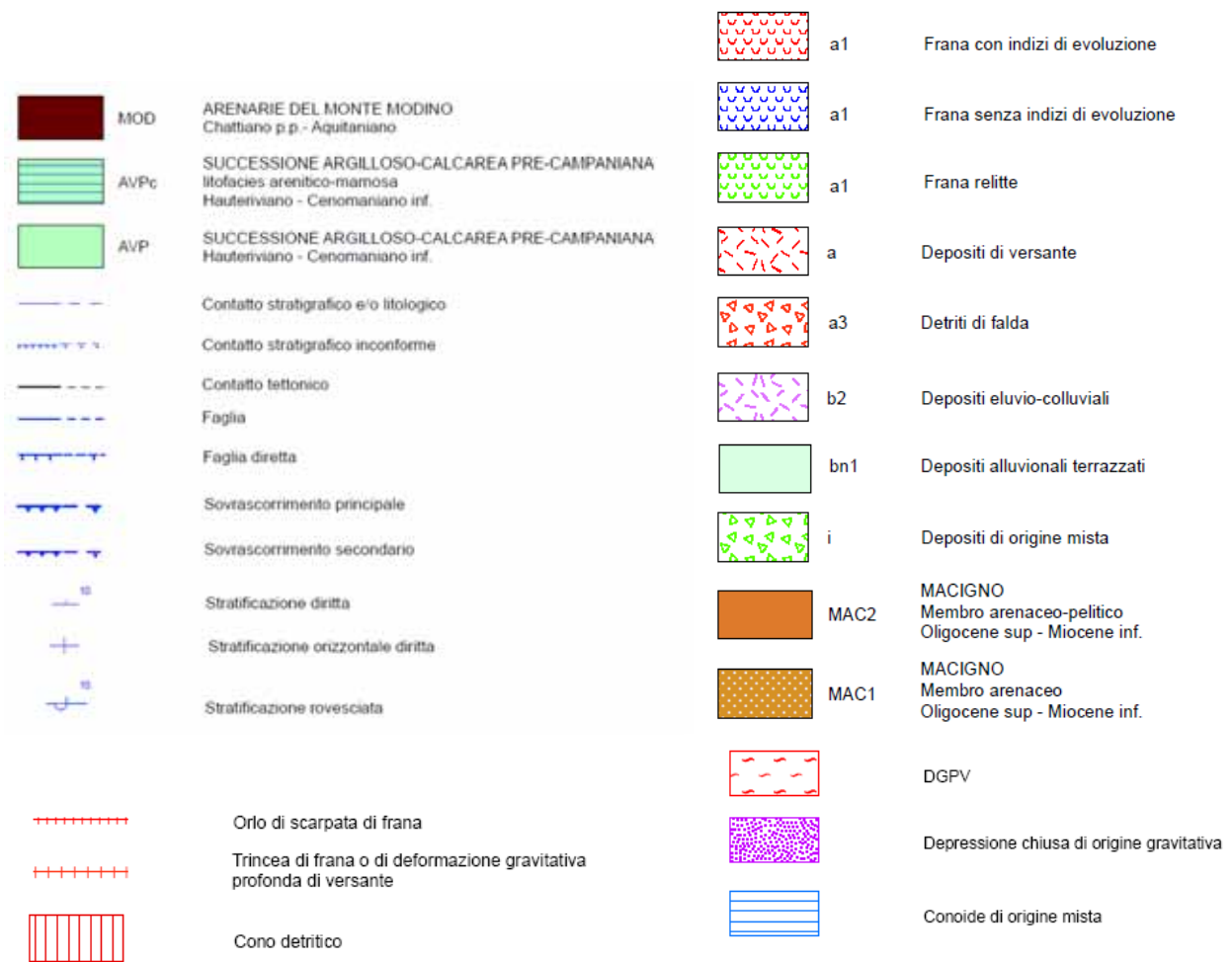
Arsenico, Cadmio, Cobalto, Nichel, Piombo, Rame, Zinco, Mercurio, Idrocarburi, Cromo totale, Cromo VI, Amianto

Trattandosi di interventi in terreni naturali agricolo – boscati, i riferimenti per la definizione della condizione di “non contaminazione” sono i limiti di CSC indicati dal Dlg 3/4/2006 n. 152 - Tab.1 col. A dell'All. 5 Tit. V parte IV.

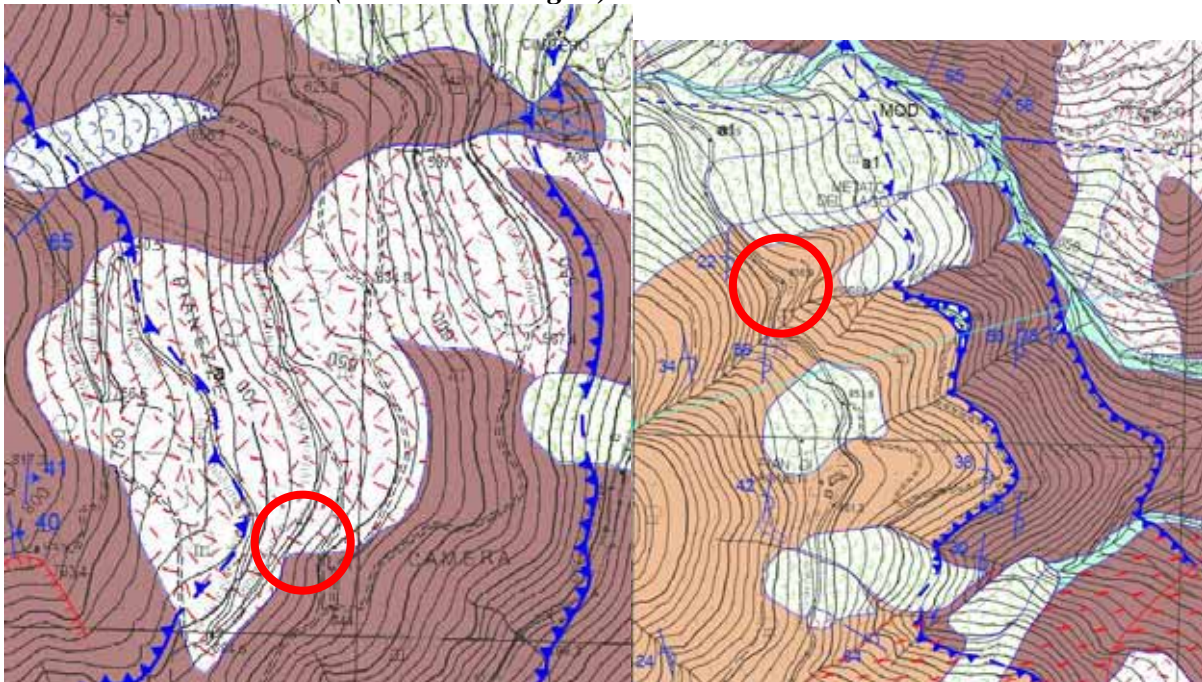
Riferendosi agli interventi nn. 1, 2 e 5, questi non determineranno volumi di materiali definibili terre da scavo di cui ne sia prevista in progetto la riutilizzazione, ma i prodotti della lavorazione di realizzazione del piano di imposta della palizzata lato cordolo strada (int. 1) e quelli lapidei e vegetali di risulta dei disgaggi e tagli di vegetazione propedeutici alla stesa delle reti metalliche di protezione di scarpata (int. 2 e 5) verranno smaltiti a discarica.

CARTE GEOLOGICHE DELLE AREE DI INTERVENTO

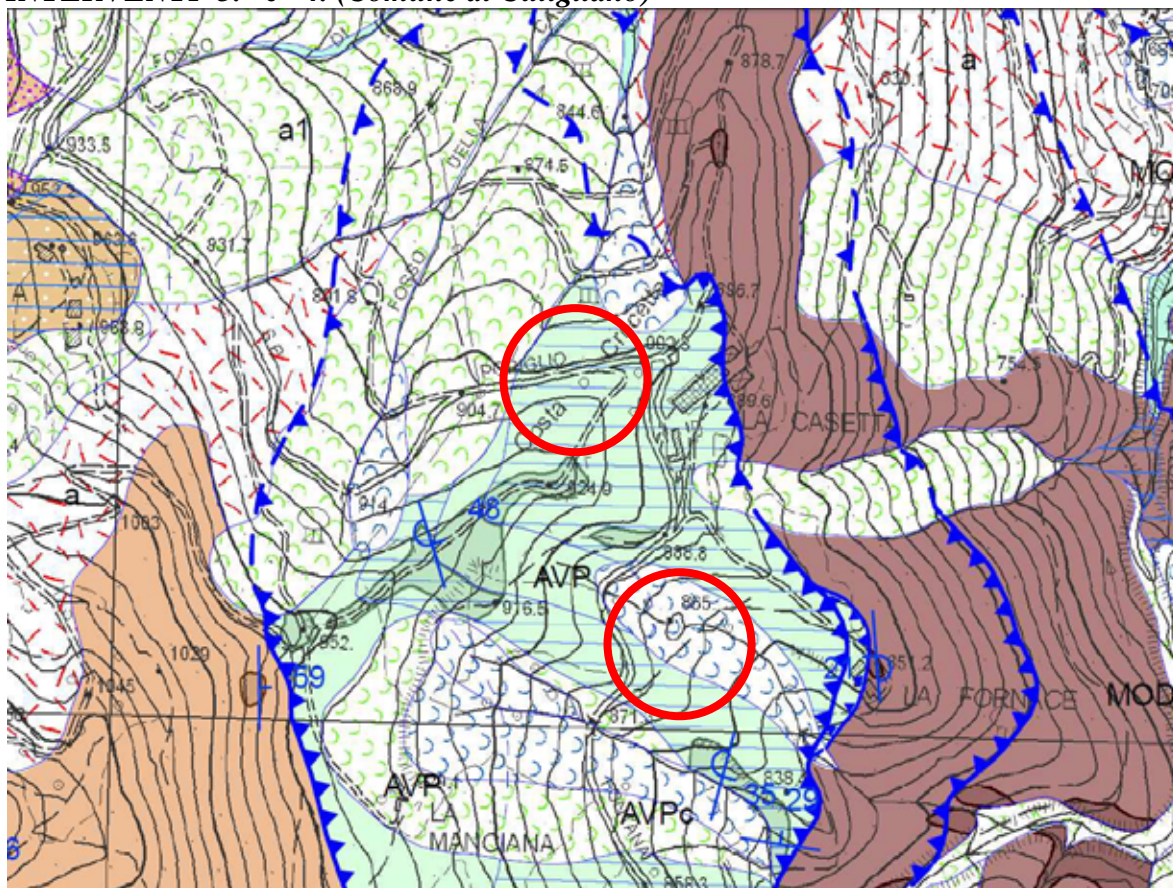
Tratte da C.A.R.G. Regione Toscana



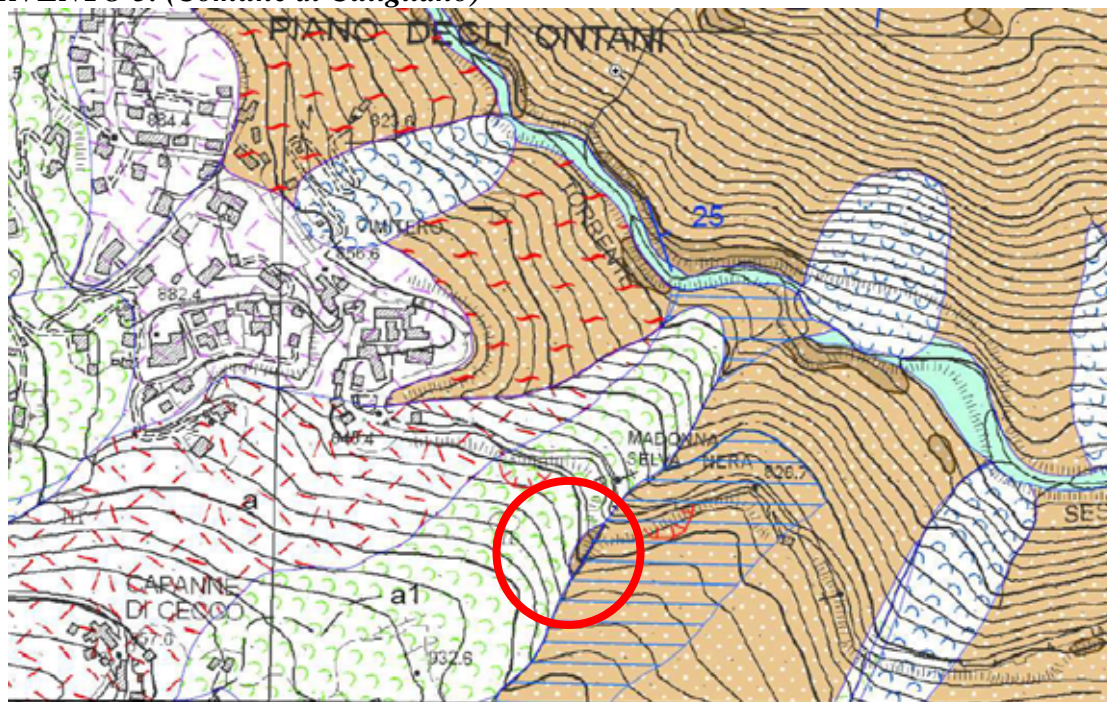
INTERVENTI 1. e 2. (Comune di Piteglio)



INTERVENTI 3. e 4. (Comune di Cutigliano)

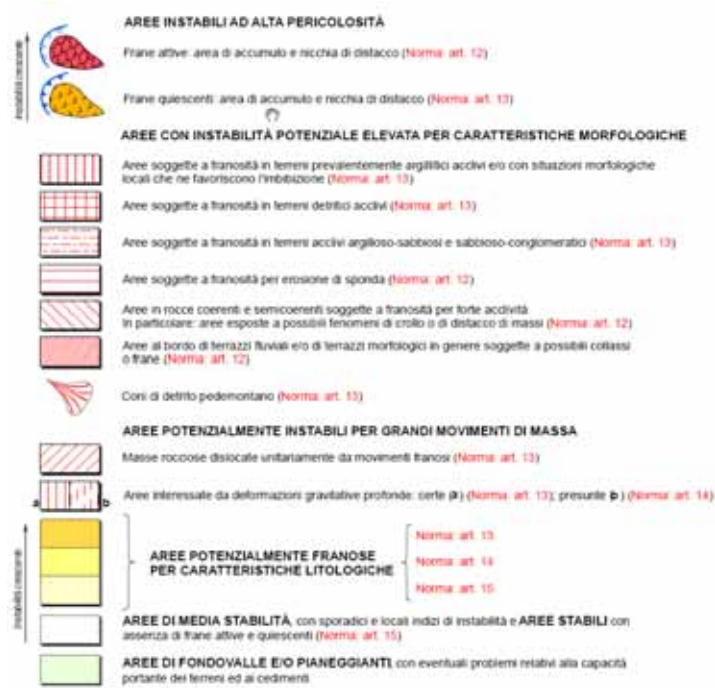


INTERVENTO 5. (Comune di Cutigliano)



CARTA DELLA FRANOSITA' DEL BACINO DEL FIUME SERCHIO

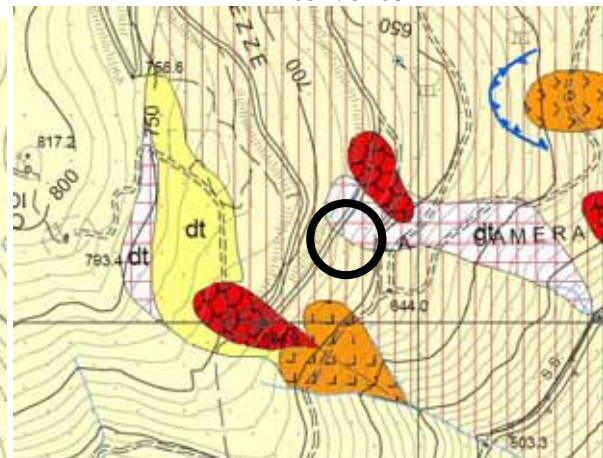
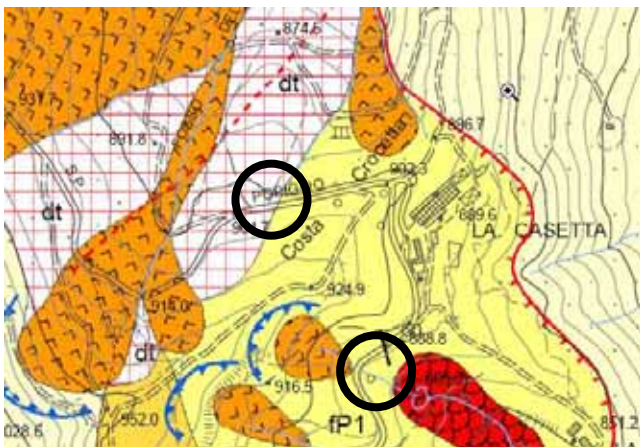
P.A.I. – D.P.C.M. 26/7/2013 (G.U. 34 11/2/2014)



Intervento 4

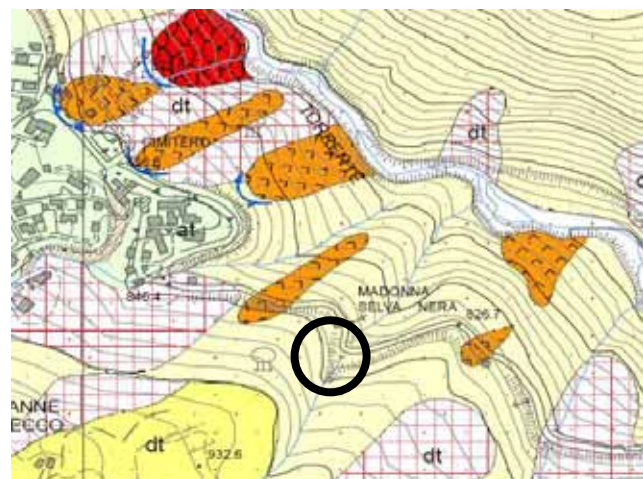
intervento 3

intervento 1



Intervento 2

intervento 5



CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA - GEOGNOSTICA
 planimetria scala 1:2.000 sezioni scala 1.100

