RegioneLombardia

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

COMUNE DI BELLAGIO

PROVINCIA DI COMO

Componente geologica, idrogeologica e sismica di supporto al Piano di Governo del Territorio

DOCUMENTI TECNICI DI AGGIORNAMENTO

RELAZIONE TECNICA DI AGGIORNAMENTO

RECEPIMENTO PARERE REGIONE LOMBARDIA

IL TECNICO INCARICATO:
STUDIO DI GEOLOGIA
TECNICA ED AMBIENTALE

dott. geol. Claudio Depoli
Via Villatico 11
23823 Colico (Lc)
tel_fax: 0341.933011
e_mail: tecnico@studiogeoteam.com

DOCUMENTI DI PIANO

DATA:	SCALA:	ALL.:	ELAB.:
aprile 2012 Agg: dicembre 2012	///	E	

SOMMARIO

1. COMMENTO INTRODUTTIVO 3

1.1. Tipologie modifiche/integrazioni richieste 3

2. AGGIORNAMENTO ANALISI SPECIFICA DELLE ZONE SOGGETTE A FRANA QUIESCENTE (Fq del PAI) 6

2.1. Sintesi di aggiornamento attuato 6

2.1.1. Area d'interesse 6

2.2. PROCEDURE DI DEFINIZIONE PRELIMINARE DELLA PERICOLOSITÀ 8

2.3. PROCEDURE DI DETTAGLIO PER LA VALUTAZIONE E LA ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO DI FRANA 8

2.4. La zonazione della pericolosità generata da colate di terreno e da scivolamenti che evolvono in colate. 9

3. MODELLAZIONE ED ANALISI NUMERICA DELLA STABILITÀ DEL PENDIO 13

3.1. Metodo per il calcolo della stabilità globale di versante- pendio indefinito 13

3.2. Software utilizzato verifica pendio 14

3.2.1. Commento 14

3.3. Dati geotecnici di rif. Bibliografico 20

3.4. Software utilizzato distanze massime percorse 21

3.5. Ambiti di revisione 21

3.5.1. Sintesi delle stazioni di rilievo aggiornate con verifica di cui al punto 2.2.2 21

3.6. Nuova Verifica stabilità Pendio indefinito 22

3.6.1. Pendio indefinito: tabelle di verifica 22

3.7. Sintesi analisi 26

3.8. Distanze massime percorse 26

4. AREA 1 – LOC. BRENO 28

5. AREA 5 – LOC. ROVENZOLA 33

6. AREA 6 – LOC. MONTE FOPA 38

7. AREA 7 – LOC. MONTECCHIO / PRA FILIPPO 43

8. AMBITO 2 MULINO DEL PERLO 50

9. INTEGRAZIONE Norme geologiche AMBITO 3A 55

10. ALTRI AGGIORNAMNETI SUL TERRITORIO COMUNALE 55

10.1. Integrazione TAV 2 con dati SIRVAL. 55

10.2. Coerenza con gli ambiti di Frana Attiva e quiescente del comune di Civenna 57

10.3. Segnalazioni a titolo puramente indicativo 58

10.3.1. Ubicazione indagini geognostiche di riferimento 58

10.3.2. Carta delle pendenze sull'intero territorio 59

10.3.3. Integrazione elementi di difesa idraulica 59

10.3.4. Codifica dei pozzi e sorgenti 59

10.3.5. Aggiornamento pag 52 allegato A (relazione) 59

10.3.6. Rappresentazione dei Geositi 61

11. ALLEGATI: 62

1. COMMENTO INTRODUTTIVO

Lo studio di aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica redatto per il territorio comunale di Bellagio, provincia di Como, è stato oggetto di richiesta di "modifica ed integrazione" da parte della Regione Lombardia.(rif. Nota n. 7512 del 28 maggio 2012 – con richiesta pervenuta nel mese di novembre 2012)

1.1. Tipologie modifiche/integrazioni richieste

Fra i differenti punti di integrazione/modifica o di semplice segnalazione a titolo "collaborativo" un aspetto di verifica attiene le aree di studio di approfondimento del documento PAI, ovvero.

(estratto parere regionale)

Studi di approfondimento

Con lo studio in esame il comune di Bellagio propone parziali modifiche all'Elaborato 2 del PAI precedentemente aggiornato, **relative a 9 ambiti.** Su 8 ambiti territoriali (Allegati B, C e D: Analisi delle aree in dissesto Fq del P.A.I. - Relazione di studio – Cartografia – Verifiche geotecniche), precedentemente classificati come aree Fq (frana quiescente) e in parte Fa (frana attiva), sono stati condotti approfondimenti secondo le metodologie indicate nell'Allegato 2 alla d.g.r. IX/2616 al fine di dettagliarne la pericolosità e di conseguenza modificarne la classificazione secondo la legenda PAI, la fattibilità geologica e la normativa associata.

L'estensione degli ambiti non viene modificata (con l'eccezione dell'ambito in loc. Ronco); le porzioni che, alla luce dello studio di dettaglio risultano aventi pericolosità H1 vengono riclassificate in Fs (frana stabilizzata); le porzioni con pericolosità H2 e H3 rimangono classificate come Fq ma con una normativa specifica (sottoclasse 3A) che consente la realizzazione di tutti gli interventi previsti nello strumento urbanistico.

A tale proposito si fa presente che la Scrivente Struttura si esprime unicamente in merito alla congruità dei criteri adottati nella valutazione della pericolosità e del rischio ai sensi dei criteri attuativi della l.r. 12/2005. Si sottolinea pertanto che è piena responsabilità dell'Amministrazione Comunale ogni scelta in merito all'utilizzazione del suolo relativamente aree escluse dalle perimetrazioni vigenti attualmente e/o riclassificate con un vincolo meno cautelativo di quello vigente, che tenga conto del rischio residuo. E' inoltre responsabilità del Comune, una volta recepita la riperimetrazione e riclassificazione all'interno dello strumento urbanistico, garantire nel tempo il mantenimento delle condizioni assunte a base della proposta di riperimetrazione stessa (monitoraggio, efficienza delle opere esistenti).

Riguardo alla metodologia seguita per la zonazione della pericolosità, vista la tipologia di dissesti presenti sul territorio comunale di Bellagio, si suggerisce di verificare gli approfondimenti fatti anche utilizzando le procedure proposte per le colate di terreno e da scivolamenti che evolvono in colate (punto 2.2.2. dei citati criteri).

Si esprimono alcune perplessità sull'area di studio 2 (loc. Mulino del Perlo) dove gli approfondimenti effettuati hanno evidenziato due porzioni a pericolosità H4 nella carta di pericolosità finale. Tali porzioni sono state correttamente riclassificate come Fa, ma nello studio non è stata verificata la possibile prosecuzione oltre la perimentrazione vigente, al fine di includerle in quest'ultima o quantomeno di escludere con sicurezza che su altri ambiti territoriali sia presente un rischio al momento non valutato.

Si fa presente che nella normativa della sottoclasse 3A occorre comunque inserire il riferimento all'art. 9, comma 3 delle N.d.A. del PAI, attualmente non presente, in merito agli interventi comunque esclusi (ultima alinea del comma 3, art. 9) indipendentemente dall'analisi di pericolosità effettuata.

Ulteriori indicazioni di aggiornamento attengono ai seguenti aspetti: (estratto parere)

Altri aggiornamenti sul territorio comunale
Lo studio geologico del territorio comunale è stato aggiornato anche sulla base del recente aggiornamento del SIRVAL relativo alla provincia di Como. Tuttavia si rileva che, rispetto al SIRVAL, non vengono riportate nella Tavola T2 alcune aree di valanga nel settore a S e SE della loc. San Primo pur trattandosi di valanghe rilevate e non desunte da fotointerpretazione. Si chiede di integrare la Tav. 2 oppure di motivare adeguatamente la mancata rappresentazione.

Si fa presente che a Nord di S. Primo, il comune di Civenna ha individuato un esteso ambito di frana attiva (quiescente alla base) che si interrompe bruscamente in corrispondenza del confine amministrativo con il comune di Bellagio. Si suggerisce di verificare con attenzione la prosecuzione di tale ambito all'interno del comune di Bellagio.

Studio geologico nel PGT
Relativamente alla posizione dello Studio geologico nel P.G.T., si fa presente che il documento di piano deve contenere lo studio geologico nel suo complesso (non solamente gli elaborati di analisi, come risulterebbe dalla documentazione trasmessa), anche al fine di consentire alla Provincia territorialmente competente la verifica di compatibilità della componente geologica del PGT con il proprio PTCP. Del Piano delle Regole devono far parte (come correttamente effettuato) le carte di Sintesi, dei Vincoli, di fattibilità, del dissesto con legenda uniformata PAI e le norme geologiche di Piano.

Infine, a titolo collaborativo si segnala: (estratto parere)

Infine, a puro titolo collaborativo, si segnala che:

- nella Tavola T1 Cartografia degli elementi geologici e geologico-tecnici, oltre alla sintesi dei parametri geotecnici delle principali unità geologiche individuate sul territorio comunale (riportata anche nella relazione), sicuramente utile, la normativa di riferimento prevede che sia riportata anche l'ubicazione delle indagini geognostiche e geotecniche effettuate. La relazione, poi, deve contenere in allegato i relativi dati geotecnici e stratigrafici;
- considerato che gran parte dei fenomeni franosi avvenuti nel passato in comune di Bellagio si sono innescati su terreni con pendenze maggiori di 20°, come viene ripetutamente affermato nello studio, sarebbe stata utile la redazione di una carta dell'acclività dei versanti, estesa all'intero territorio comunale, come richiesto nei citati criteri;
- nella relazione vengono citate opere di difesa idraulica e arginature delle quali manca la rappresentazione sia nella Tavola T3 Cartografia degli elementi idrogeologici, idrografici, idrologici e idraulici , sia nella Tavola 7 Carta di sintesi;
- la Tavola T3, inoltre, contiene la rappresentazione di pozzi, sorgenti e derivazioni ma non è presente la relativa codifica per cui non è possibile associare le informazioni alfanumeriche (riportate in Relazione) con quelle geografiche;
- a proposito di quanto affermato a pag. 52 della Relazione (Allegato A – ultimo paragrafo) relativamente alla componente sismica, si specifica che anche nelle Zone 4 (non solo nelle zone 2 e 3) la normativa prevede che nella progettazione si tenga conto degli effetti di amplificazione sismica;
- a proposito inoltre di quanto affermato a pag. 54 della relazione (penultimo paragrafo) e pag. 55 (secondo paragrafo, primo punto dell'elenco puntato) si specifica che nelle zone Z5 non è necessaria la valutazione quantitativa del 3^ livello in quanto tale scenario, inerente le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse, esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi;
- i beni geologici già soggetti a forme di tutela (Geositi) descritti nella relazione devono essere rappresentati nella Tavola T5 Carta dei vincoli e non nella Carta di sintesi.

Per i differenti aspetti di seguito nei capitoli di aggiornamento, si è provveduto ad analizzare le integrazioni/suggerimenti/ e richieste contenute nel suddetto parere regionale.

La revisione proposta ha permesso anche un'ulteriore analisi critica personale al documento apportando piccole modifiche (es limiti graficismi più coerenti alla realtà morfologica dei luoghi) che consentono una più corretta definizione cartografica.

2. AGGIORNAMENTO ANALISI SPECIFICA DELLE ZONE SOGGETTE A FRANA QUIESCENTE (Fq del PAI)

2.1. Sintesi di aggiornamento attuato

Come indicato nella relazione redatta a supporto degli approfondimenti la metodologia di studio è stata attuata con riferimento all'allegato 2 della d.g.r. 8/7374/08 e succ. integrazioni e modifiche.

Parte della tipologia dei dissesti passati che hanno interessato il territorio comunale è caratterizzata da scollamenti superficiali di modesta entità (frequenti soil slip – scivolamento del suolo, ovvero movimenti interessanti lo strato superficiale del pendio).

In genere tale tipologia di dissesto si viene a generare proprio a causa di abbondanti e persistenti precipitazioni che saturano il terreno e che una volta liquefattosi scivola verso valle. Alla base di un soil slip è frequente osservare una colata di fango e detriti ; in partenza lo spessore non supera in genere 50 cm.

Partendo da tale considerazione, discussa anche verbalmente con il funzionario regionale che ha redatto il parere, è stato suggerito di verificare gli approfondimenti attuati anche utilizzando le procedure di cui al punto 2.2.2 dei criteri regionali, ovvero "*zonazione della pericolosità generata da colate di terreno e da scivolamenti che evolvono in colate"*

Tale metodo comprende anche la verifica del fattore di sicurezza Fs usando il metodo del pendio indefinito, metodo comunque utilizzato nella zonazione della pericolosità attuata sulle 9 aree ma forse poco esplicitato negli elaborati; ad integrazione di tale analisi prevedono anche la possibile definizione della pericolosità nelle aree di accumulo mediante la definizione delle distanze massime di arresto dei materiali franati.

Recependo pertanto il suggerimento si è provveduto ad integrare l'approfondimento tecnico relativamente a quegli ambiti territoriali che possono offrire (su base di riferimento storico locale) parziali condizioni al contorno tali di generare processi di soil slip.

Infatti lo schema di pendio indefinito è applicabile nel caso di frane di scorrimento superficiale allungate in cui l'influenza delle porzioni di sommità e di piede è trascurabile; la stabilità delle colti in siffatta situazione, di piccolo spessore rispetto alla lunghezza della frana poste su terreno più rigido è di norma trattata con lo schema di pendio indefinito.

In alcuni dei settori esaminati tali condizioni trovano unicamente nello spessore limitato di coltre in movimento una congruenza al quadro di applicazione; dal punto di vista morfologico infatti non si ha continuità elevata del pendio interrotto da terrazzamenti, ambiti boscati, substrato subaffiorante, elementi antropici, ecc che rendono applicabile l'analisi (non unica) solo in sporadici settori.

Infatti i queste circostanze l'elemento naturale (es radici nelle aree boscate) offre una maggiore resistenza alla traslazione dell'ipotetico spessore superficiale

2.1.1. Area d'interesse

Sebbene l'applicazione della stabilità mediante analisi del pendio indefinito sia stata attuata a tulle le aree, fra gli ambiti di studio solo alcuni sono ritenuti validi quale analisi della pericolosità nell'area di accumulo valutandone la massima distanza raggiungibile.

In particolare dei 9 ambiti di studio specifico:

- *Area 1 – Loc. Breno*
- *Area 2- loc. Gorla/Mulino del Perlo*
- *Area 3 – loc. Mulino del Perlo*
- *Area 4 – loc. Brogno*
- *Area 5 – loc. Rovenzola*
- *Area 6 – loc. Monte Foppa*
- *Area 7 – loc Montecchio/Pra Filippo*
- *Area 8 – loc. Ronco*
- *Area 9 – Monte Lumaga*

In tali settori solo alcuni sono stati reputati oggettivamente adeguati alla procedura di verifica consigliata ovvero:

SETTORI	***VERIFICA CON PROCEDURA 2.2.2***	- ***Motivazioni***
Area 1 – Loc. Breno	SI	- Presenta parziali caratteri morfologici , vegetazionali e litologici per lo sviluppo di soil slip (spessori max 0,5 m)
Area 2- loc. Gorla/Mulino del Perlo	- NO	- Riscontro tipologico dei disseti (evento 2002) e per opere di stabilizzazione effettuate-
Area 3 – loc. Mulino del Perlo	- NO	- Riscontro tipologico dei disseti (evento 2002)
Area 4 – loc. Brogno	- NO	- Diffuso substrato affiorante/subaffiorante e pendenze prevalenti inferiori a 20°
Area 5 – loc. Rovenzola	- SI	- Presenta parziali caratteri morfologici , vegetazioneli e litologici

		per lo sviluppo di soil slip spessori max 0,5 m)
Area 6 – loc. Monte Foppa	- SI	- Presenta parziali caratteri morfologici , vegetazionali e litologici per lo sviluppo di soil slip spessori max 0,5 m)
Area 7 – loc Montecchio/Pra Filippo	- SI	- Presenta parziali caratteri morfologici , vegetazionali e litologici per lo sviluppo di soil slip spessori max 0,5 m)
Area 8 – loc. Ronco	- NO	- La situazione litologica unita alla tipologia di vegetazione -
Area 9 – Monte Lumaga	- NO	- Ambito Cn solo modifiche legate alla morfologia/topografia

In tutti comunque i settori si conferma la validità delle procedute di analisi effettuate in precedenza per la definizione del grado di pericolosità

2.2. PROCEDURE DI DEFINIZIONE PRELIMINARE DELLA PERICOLOSITÀ

Le procedure di definizione preliminare della pericolosità forniscono uno standard, che a partire dei dati contenuti nella carta inventario dei dissesti, permette di definire un'area di pericolosità delle frane ed in particolare la loro possibile zona di espansione, mediante metodi rapidi, generalmente pubblicati in letteratura.

Si conclude affermando pertanto che per la revisione delle aree in dissesto Fq esaminate, e di seguito approfondite, si procederà alla stesura di una carta della pericolosità per ogni singolo ambito franoso.

2.3. PROCEDURE DI DETTAGLIO PER LA VALUTAZIONE E LA ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO DI FRANA

Il metodo di studio attuato nel primo documento consegnato è stato sviluppato tenendo conto delle indicazioni delle legge sul governo del territorio della Regione Lombardia (l.r. 12/05).

Si tratta di un metodo speditivo di valutazione della pericolosità da frana che permette di zonare il territorio secondo classi di pericolosità e di rischio relativi differenti. Questa zonazione è rivolta ad aree limitate e circoscritte (vedi capitolo "individuazione delle aree di studio").

La pericolosità viene valutata in n. 2 fasi. Una prima fase tiene in considerazione i fattori preparatori e definisce un a pericolosità preliminare, la seconda considera i fattori che indicano l'attività o le cause innescanti e permette di valutare la pericolosità finale.

All'interno di questa categoria ricadono gli scivolamenti, scivolamenti-colate e colate con spessori superiori ai 2 metri e con volumetrie superiori ai 1000 mc o con spessori inferiori che si sviluppano con piccola volumetria (fino a 1000 mc)

La prima tipologia è' stata ritenuta idonea all'analisi di tutti gli ambiti di approfondimento tecnico, sulla base dei riferimenti riscontrati durante l'alluvione del 2002 e dei riscontri locali di potenziale evoluzione.

In riferimento alla richiesta regionale, la seconda tipologia ritenuta coerente per alcuni ambiti, la procedura integrativa di analisi è la seguente:

La procedura per la zonazione della pericolosità fa riferimento, per lo studio del territorio in esame, a scivolamenti, scivolamenti-colate e colate di grandi dimensioni; ora per l'aggiornamento attuato la verifica è la seguente:

2.4. La zonazione della pericolosità generata da colate di terreno e da scivolamenti che evolvono in colate.

Rappresenta l'aggiornamento tecnico attuato in alcuni settori che (anche se solo parzialmente) sono ritenuti dallo scrivente validi per l'applicazione del metodo.

2.2.2 La zonazione della pericolosità generata da colate di terreno e da scivolamenti che evolvono in colate

Questa procedura viene applicata alle colate e agli scivolamenti in terreno che possono evolvere in colate. Si tratta di fenomeni diffusi su ampie aree e generalmente di piccola volumetria (fino a 1000 m³), che interessano la parte superiore dei depositi superficiali (in generale fino a un massimo di 2 m di spessore).
Per valutare la probabilità di innesco di colate e scivolamenti, si devono individuare le aree coperte dai depositi superficiali che possono essere rimobilizzate in caso di forti piogge, prendendo in considerazione l'intero versante, fino eventualmente alla cresta. Una volta individuate, queste aree devono essere suddivise in zone a pendenza e caratteristiche di resistenza al taglio (valutate in base alla litofacies e alla granulometria riconosciuta in sito, o eventualmente tramite analisi granulometriche) omogenee.
Per la definizione della granulometria si consiglia di utilizzare la classificazione dei terreni U.S.C.S. (Unified Classification System for Soils). Nel caso in cui vi siano depositi che presentano mescolanze di varie classi granulometriche viene considerata la classe granulometrica più rappresentata (valori modali) oppure quella di granulometria inferiore (argilla e limo), se presente in percentuali superiori al 25% o se forma orizzonti continui di spessore almeno centimetrico.
Per quanto riguarda la pendenza devono essere individuate almeno 3 classi in funzione delle caratteristiche morfologiche del versante (naturalmente solo per le aree in terreno).
Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza al taglio, queste dovranno essere valutate (in termini di coesione e attrito) per ogni litofacies riconosciuta. A questo scopo, si utilizzino se possibile dati derivati da prove di laboratorio sulle litologie del sito indagato. In mancanza di questi dati, possono essere utilizzate correlazioni empiriche che mettono in relazione i risultati di semplici prove in sito con i parametri di resistenza al taglio, come ad esempio Vane test e pocket-penetrometer per la coesione non drenata (C_u) per i terreni coesivi. Per i terreni non coesivi si possono utilizzare correlazioni tra la densità relativa e l'angolo di attrito (allegato 12).
La sovrapposizione dei due tipi di aree sopra definite fornirà una serie di aree omogenee ciascuna caratterizzata da classi di valori di pendenza, angolo d'attrito e coesione. Questi valori vengono utilizzati per ricavare speditivamente il fattore di sicurezza (Fs) usando il metodo del pendio indefinito, di facile applicazione mediante l'utilizzo di sistemi GIS, oppure le carte di stabilità più adatte alle condizioni morfologiche, idrogeologiche e geomeccaniche del versante. Naturalmente, se sono disponibili dati più dettagliati e affidabili, è possibile procedere ad analisi di stabilità con metodi più rigorosi.
A questo punto è possibile procedere alla valutazione preliminare della pericolosità, che è funzione del fattore di sicurezza ricavato:
Fs = 1.40 - 2.00 - pericolosità preliminare = H2
Fs = 1.20 -1.40 - pericolosità preliminare = H3
Fs = 1.00 - 1.20 - pericolosità preliminare = H4
Per valutare la pericolosità finale dell'area vanno presi in considerazione altri due parametri: possibili concentrazioni d'acqua e tipologia della vegetazione.
Per quanto riguarda le concentrazioni di acqua andrà verificata la presenza di:

- condizioni morfologiche sfavorevoli (es. piccoli impluvi, vallecole, ecc.) tenendo anche conto, ove possibile, della morfologia sepolta (forma del substrato roccioso, paleovalvei, ecc.)
- livelli argillosi o variazioni di permeabilità nel terreno;
- interventi antropici (muretti a secco, canalette, tornanti stradali, fossi, scarichi, etc.)

Per quanto riguarda la tipologia della vegetazione andrà diversificata in funzione della profondità degli apparati radicali della vegetazione d'alto fusto.
Nel caso in cui siano presenti uno o più fattori di concentrazione delle acque, il valore della pericolosità preliminare viene aumentato di 1. Solo nel caso in cui si ritenga che la profondità dell'apparato radicale della vegetazione presente sia superiore a quella delle potenziali superfici di scivolamento, sarà possibile diminuire di 1 il valore della pericolosità preliminare. Questa variazione di pericolosità va effettuata su tutta l'area omogenea se i fattori sopra elencati sono diffusi su tutta l'area; limitatamente alla zona di influenza del fenomeno se il fattore interessa solo alcune porzioni dell'area omogenea.
Infine occorre calcolare la pericolosità nelle zone di accumulo delle frane qui prese in considerazione. In generale si possono presentare due casi: scivolamenti non incanalati e colate o scivolamenti che evolvono in colate incanalate. La valutazione della pericolosità delle zone di accumulo va fatta solo nei casi in cui le zone di potenziale distacco si trovino in classe a pericolosità totale media-alta (3, 4 e 5).
Vanno considerati per primi gli scivolamenti non incanalati. In questo caso lo spostamento è in genere limitato e il volume dell'accumulo non è molto superiore al volume della massa staccatasi, in quanto non viene presa in carico ulteriore materiale durante il movimento. Quindi per questi fenomeni può essere considerato sufficiente calcolare la distanza massima raggiungibile dalla frana. La formula più semplice e di immediata applicazione per la stima della distanza massima (L, in metri) di arresto dei materiali franati in relazione all'altezza (H, in metri) del punto di distacco è:

L=46.91 * log(H+3) – 22.38

dovuta a Gove et al. (1985). L'altezza H viene valutata come il dislivello tra il punto topograficamente più alto dell'area di possibile distacco e una zona sottostante, a bassa pendenza o pianeggiante, in cui è possibile l'accumulo. Nel caso in cui l'area di possibile distacco sia particolarmente ampia si valuterà l'altezza H e quindi la lunghezza L su più sezioni.
Una volta calcolata la distanza massima, si delimita l'area di possibile espansione che avrà ampiezza minima pari a quella della nicchia da cui il distacco è stato ipotizzato. Il valore di pericolosità di questa zona d'accumulo sarà pari a quello della zona di distacco.
Le colate o gli scivolamenti che evolvono in colate incanalate, presentano percorsi prevedibili a fronte di notevole lunghezza; inoltre i volumi possono subire incrementi nel caso in cui venga asportato materiale lungo l'impluvio. Per ogni singolo impluvio va

Riguarda tipologie di modesta entità che coinvolgono generalmente lo strato superiore del terreno (da esperienze personali dirette tali tipologie prevalentemente attivano la cotica erbosa per spessori max di 30 – 50 cm) scivolando in condizioni sature sul pendio sottostante, disperdendosi nelle aree a pendenza moderata o incanalandosi all'interno di impluvi.

dapprima individuata l'area pianeggiante di possibile accumulo (in genere in fondovalle o alla confluenza) e quindi si procede alla zonazione concentrica dell'area di accumulo. L'estensione dell'accumulo è funzione dello spessore del terreno nella zona di distacco, della quantità di materiale asportabile lungo il canale e/o immesso nell'asta principale dai tributari o proveniente da altri eventi franosi verificatisi in impluvi confluenti, e dalla morfologia della zona di accumulo. La zonazione viene effettuata secondo tre classi di pericolosità decrescenti verso l'esterno, in cui la massima pericolosità sarà pari a quella della zona di distacco. Nel caso in cui il materiale appartenente ad aree di possibile distacco a pericolosità diversa confluisca nello stesso impluvio, il valore massimo dell'accumulo sarà quello dell'area a pericolosità più elevata. Lo stesso valore andrà anche attribuito alla zona di transito della colata (impluvio) e ad eventuali zone in cui è ipotizzabile una fuoriuscita del materiale dall'impluvio. Nel caso in cui lungo l'impluvio siano presenti opere di sistemazione, si dovrà verificare la corrispondenza dimensionamento delle opere in funzione della quantità di materiale mobilizzabile e la loro efficienza (stato di manutenzione). Se l'opera viene ritenuta efficace, il valore di pericolosità massimo dell'accumulo e quello lungo l'impluvio saranno diminuiti di 1.
La valutazione dell'area di accumulo della colata può essere effettuata con metodi semiempirici, quali quelli per la mappatura della zona di accumulo del materiale solido in prossimità di un improvviso cambiamento di pendenza (Takahashi & Yoshida, 1979; Liu, 1996). In alternativa alla zonazione dell'area di accumulo, qualora questa fosse di difficile applicazione o non significativa, si deve considerare tutta l'area di accumulo della colata e assegnare ad essa il valore massimo di pericolosità ricavato come sopra.
Le varie fasi dello studio andranno descritte in una relazione geologica che deve sviluppare i seguenti punti.

1. Inquadramento geologico-geomorfologico: geologia e geomorfologia di un intorno significativo dell'area in esame; dati esistenti sulle frane già avvenute; dati sulla piovosità.
2. Caratterizzazione delle aree omogenee: descrizione accurata delle litofacies dei depositi superficiali e valutazione della loro granulometria e caratteristiche di resistenza al taglio; scelta delle classi di pendenza; descrizione dell'analisi speditiva di stabilità.
3. Condizioni del versante: analisi delle condizioni idrogeologiche del versante e degli impluvi; descrizione delle sorgenti e delle zone di concentrazione d'acqua; tipologia della vegetazione.
4. Zone di accumulo delle colate: descrizione dei metodi utilizzati per la delimitazione delle aree di accumulo.
5. Discussione dei risultati e conclusioni.

Allegati alla relazione sono previsti i seguenti elaborati cartografici e schede:

1. carta di inquadramento geologico-geomorfologico, con unità geologiche e principali elementi strutturali e geomorfologici (scala 1:10000) che può essere desunta da dati preesistenti a scala adeguata;
2. carta dei dissesti con elementi morfologici, in cui vanno riportati gli elementi morfologici dei dissesti, l'idrogeologia, le opere di difesa o di sistemazione, ecc., come da legenda allegata (scala 1:1000 - 1:5000);
3. carta litotecnica, in cui sono riportate le classi litologiche individuate con le rispettive caratteristiche di resistenza al taglio (scala 1:500 – 1:2000);
4. carta delle aree omogenee, in cui sono da riportare le diverse aree omogenee (scala 1:500 – 1:2000);
5. carta della zonazione preliminare della pericolosità, con la zonazione della pericolosità delle aree omogenee e delle zone di accumulo (scala 1:500 – 1:2000);
6. carta della pericolosità finale, con la zonazione della pericolosità delle aree omogenee e delle zone di accumulo (scala 1:2000);
7. scheda colata per ogni singola area omogenea (allegato 6.3);
8. scheda frane dal Servizio Geologico per ogni frana già avvenuta nell'area considerata (allegato 6).

Per la corretta analisi si rimanda comunque necessariamente alle analisi ed approfondimenti contenuti nella relazione di studio dell'aprile 2012 a cui si fa esplicito riferimento (es carte delle pendenze, carte litologiche, pericolosità preliminare ecc.) nella nuova verifica.

La fase di analisi , oltre alla verifica diretta dei luoghi ,presuppone una raccolta bibliografica degli elementi geologici disponibili; in tale senso è di importanza notevole il recente studio del prof A. Clerici et al.i "*Precipitazioni critiche e fenomeni franosi del novembre 2002 in provincia di Lecco e nel comune di Bellagio (CO)*" pubblicato sulla rivista "geologia tecnica ed ambientale del 4/2005.

La raccolta dati locali nei disseti dell'area del Triangolo Lariano comparata con i dati pluviometrici dell'evento ed i riferimenti bibliografici per le soglie d'innesco dei movimenti franosi, risultano importanti nella fase di approfondimento dell'Fq.

A ciò si aggiungono altri riferimenti bibliografici, quali:

- *Progetto definitivo – esecutivo opere di consolidamento frana Giardini di Villa Melzi. Arch. A. Mazzeri – prof. Geol. Pier Luigi Vercesi- 2003*
- *I movimenti franosi del novembre 2002 nel comune di Bellagio – Sitazione al febbraio 2005. Pro Alberto Clerici – 2005*
- *Opere di sistemazione e consolidamento versanti in loc. Gorla- comune di Bellagio- Arch Tiziano Maranesi dott. Clerici A. - maggio 2003*
- *Condizioni dei versanti in loc. Gorla- Relazione geologico tecnica- fabbraio 2005 – Prof A. Clerici*
- *Comune di Bellagio. Valutazione preliminare del grado di rischio geologico connesso ai vecchi lavori minerari tra le frazioni di Vergonese e Guggiate – Dott. M. Riva ottobre 2008*
- *Comune di Bellagio. Valutazione preliminare del grado di rischio geologico connesso ai vecchi lavori minerari nella proprietà Big Stuf s.r.l e del rischio idrogeologico del torrente limitrofo Loc. Vergonese – Dott. M. Riva – dicembre 2010*
- *Studio del reticolo idrico minore Relazione geologica e tav. 1 carta geomorfologica- Studio dott G. Attardo – Aprile 2005*
- *Indagine geognostica Hotel Villa Serbelloni – Dott. S. Ghilardi 1990 (coll Dott. Depoli)*
- *Appli s.r.l Indagini geognostiche in comune di Bellagio (2008)*
- *Indagini geologiche territoriali varie (es. Relazione geologica ampliamento depuratore, Relazioni progetti privati, ecc- 2005 – 2008 – 2011)*
- *Misure in sito della Cu (Depoli anni 2005 – 2012)*
- *Schede frane alluvione 2002 – (dott. Geol Flavio Rossini – Ing.Giovalli Luca Guaresi)*

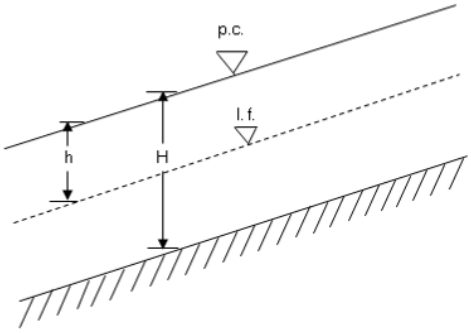
3. MODELLAZIONE ED ANALISI NUMERICA DELLA STABILITÀ DEL PENDIO

La fase di successiva analisi, dopo aver predisposto la tavola delle classi omogenee è stata dapprima la definizione della pericolosità preliminare e successivamente della pericolosità definitiva.

3.1. Metodo per il calcolo della stabilità globale di versante- pendio indefinito

L'analisi attuata è lo sviluppo successivo alla discretizzazione delle aree omogenee effettuato nel settore in esame.

Ogni ambito presenta una sovrapposizione fra pendenza omogenea e parametri meccanici; la successiva fase di verifica di stabilità, attuata con un foglio di calcolo, prevede la verifica del pendio indefinito mediante la seguente formula:



$$Fs = \frac{c'}{(h_w \times \gamma_{sat} + \gamma \times h) \times \text{sen}\alpha \times \cos\alpha} + \frac{(h_w \times \gamma' + \gamma \times h) \times tg\varphi'}{(h_w \times \gamma_{sat} + \gamma \times h) \times tg\alpha}$$

Dove

γ	Peso dell'unità di volume
γ_s	Peso specifico dei grani
γ_w	Peso specifico dell'acqua
γ_{sat}	Peso dell'unità di volume saturo
γ'	Peso dell'unità di volume immerso
c'	Coesione efficace
ϕ'	Angolo d'attrito interno efficace
β	Angolo d'inclinazione del pendio
H	Spessore dello strato dei terreni della coltre superficiale eluvio-colluviale
h	Profondità del pelo libero della falda dal piano campagna
h_w	Altezza della falda = H-h

Va evidenziato come in generale:

$$FS = \frac{\tan \varphi'}{\tan \beta}$$

FS = 1 corrisponde a condizioni di equilibrio limite ovvero quando la pendenza β è pari alla resistenza del terreno espressa in termini di ϕ

Deve evidenziarsi come comunque nei pendii naturali al pendenza β può essere > di ϕ per effetto di cementazione (c), effetto delle radici, minima coesione ecc

In particolare il valore di coesione non drenata misurato in sito (scissometro tascabile) durante i sopralluoghi nelle aree in esame ha sempre evidenziato valori medi > 0.2 Kg/cmq.

Relativamente a tale aspetto possono essere considerate nelle verifiche condizioni DRENATE o condizioni NON DRENATE.

I terreni granulari ed incoerenti sono quelli che maggiormente sono sottoposti a tensioni in condizioni drenate (sabbie, ghiaie).

Quelli a matrice più fine (limo, argilla), rappresentano i terreni coesivi e facilmente sottoposti a tensioni in condizioni non drenate.

Fatta eccezione che per alcuni rari casi, il terreno naturale (come quello riscontrato nelle aree in esame) è composto da diversi materiale di pezzatura differente. Compongono il terreno naturale "miscele" di sabbia, argilla, ghiaia e limo delle più diverse proporzioni tra loro (sabbia limosa, argilla sabbiosa, limo sabbioso con ghiaia, ecc). Una percentuale anche solo del 10 % di frazione fine nel terreno potrebbere portare le condizioni da drenate a non drenate, e quindi la necessità di adottare parametri geotecnici differenti (Ci o Cu).

La presenza di materiale fine influenza radicalmente le condizioni di drenaggio del terreno, ma, un terreno naturale non può essere per sempre non drenato, dopo qualche anno potrebbe verificarsi la condizione drenata.

3.2. Software utilizzato verifica pendio

Per frane di scorrimento superficiale le procedure di verifica di stabilità di un pendio indefinito rappresentano un'utile metodologia per l'analisi della stabilità del pendio fornendo risultati validi.

Per tale analisi, utilizzando la formula di verifica del pendio indefinito sono stati utilizzati differenti software a titolo di controllo dei risultati, ovvero:

- *Programma in excel (verpendnat) per la formula canonica (consente una elevata versatilità di verifica delle combinazioni geometriche e geologiche)*

3.2.1. Commento

Il riferimento bibliografico di cui sopra consente di meglio analizzare gli ambiti territoriali Fq del comune e, oltre a definire i dati fisico/meccanici delle terre utilizzati nelle analisi, indirizza anche le possibili tipologie d'intervento evidenziando gli spessori massimi coinvolti nei dissesti.

Unica mancanza diretta di tale analisi è un riferimento alla possibile interazione fra pluviometria – parametri fisico-meccanici e pendenza delle aree.

Si è pertanto cercato di valutare tale variabilità nell'analisi del pendio indefinito, incrociando i parametri con la pendenza; nel capitolo successivo si riportano i diagrammi di tali analisi.

Le variabili in gioco sono molteplici:

- L'estrema variazione della pendenza . In ambiti di pendio spesso terrazzati l'elemento critico può essere rappresentato dalla scarpata di valle del terranno o dalla stabilità dell'opera di sostegno o dalla tipologia di coltura in atto (es prato stabile, frutteto, oliveto ecc) elementi questi che difficilmente possono essere contemplati nella verifica di pendio.
- La saturazione dello strato superiore ovvero l'assenza di acqua, variabili che influenzano notevolmente il valore di FS (es il valore di FS rispetto ad un pendio asciutto, nel caso di moto di filtrazione è ridotto della metà)

Ne deriva anche una estrema variabilità delle possibili condizioni al contorno che devono comunque essere "interpretate e considerate" nei possibili risultati.

A chiarimento si allegano alcune foto relative ai dissesti del 2002

Soil slip dovuti anche a collasso del muro (Bellagio 2002 – pendio > 20°

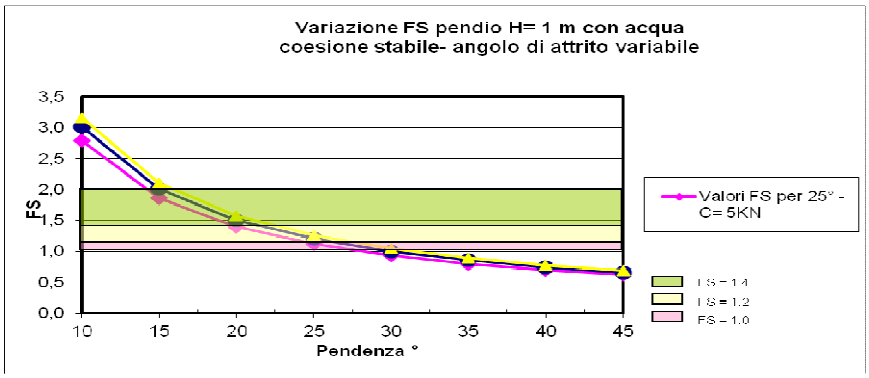
Soil slip (Bellagio 2002 – pendio > 30°)

Soil slip (Bellagio 2002 – pendio > 30°)

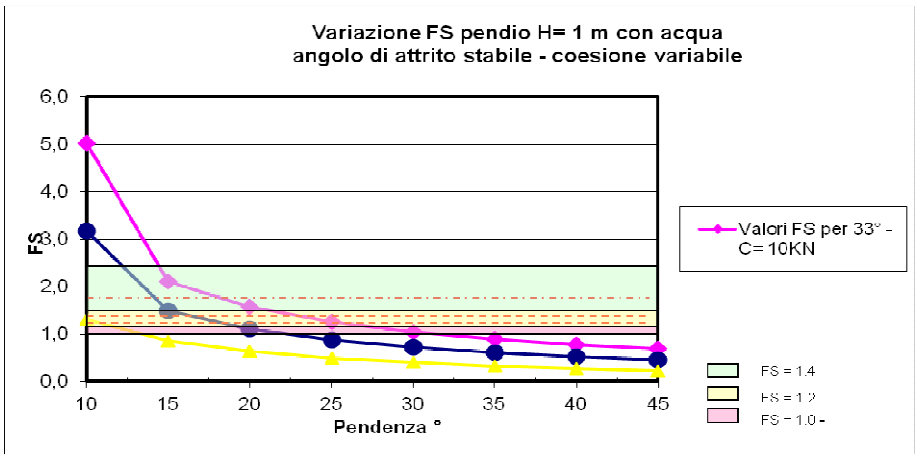
Esempio di situazioni attualmente stabili (loc. Vergonese – Bellagio) senza (sopra) e con opere di terrazzamento (sotto), condizioni che possono modificarsi ad es. per mancata manutenzione dei siti, ecc

Tale variabilità è ben definita nei grafici allegati **al precedente documento** di analsi geologica (e di seguito nuovamente allegati) ove è stata fatta variare sia la resistenza al taglio, sia il valore di coesione contestualmente al variare della pendenza del pendio indefinito

Pendenza	fs con phi 25° C 5KN	Fs con phi 30° C 5 KN	Fs phi 33° C 5 KN
10,0	2,8	3,02	3,2
15,0	1,9	2,01	2,1
20,0	1,4	1,51	1,6
25,0	1,1	1,20	1,3
30,0	0,9	1,00	1,0
35,0	0,8	0,85	0,9
40,0	0,7	0,75	0,8
45,0	0,6	0,66	0,7



Pendenza	Fs con phi 33° C 10KN	Fs phi 33° C 5 KN	Fs phi 33° C 0 KN
10,0	5,0	3,16	1,307
15,0	2,1	1,48	0,860
20,0	1,6	1,10	0,633
25,0	1,3	0,88	0,494
30,0	1,0	0,72	0,399
35,0	0,9	0,61	0,329
40,0	0,8	0,53	0,275
45,0	0,7	0,46	0,230



In generale si osserva che la soglia limite per FS< 1 avviene nella fascia di pendenza maggiore di 20°, tale soglia presenta una maggiore suscettibilità al variare del valore di coesione piuttosto che al variare della resistenza al taglio.

Ciò implica determinare il valore della saturazione delle terre.

Tale analisi è confermata anche dallo studio condotto dal Prof. Clerici nell'area di loc. Gorla;l'instabilità del pendio è legata all'apporto eccezionale di piogge che porta ad un rapido calo del fattore di sicurezza.

3.3. Dati geotecnici di rif. Bibliografico

Per le analisi sono stati considerati **Valori Caratteristici** i seguenti dati.

γ Peso dell'unità di volume = 1.7 T/mc

γ_s Peso specifico dei grani = 2.7 T/mc

c' Coesione efficace drenata = 0.2 t/mq

c_u Coesione non drenata = 0.5 t/mq

ϕ' Angolo d'attrito interno efficace 30°

H Spessore dello strato dei terreni della coltre superficiale eluvio-colluviale = 0,5 M

La coesione non drenata , misurata in differenti settori , è sintetizzata dalle seguenti tabelle:

0	**min**	**med**	**max**	**mod**
staz.1	0,60	1,45	2,00	2,00
staz.2	1,00	2,90	5,00	2,00
staz.3	2,50	2,83	3,20	2,50
sintesi	1,37	2,39	3,40	2,17

0	**min**	**med**	**max**	**mod**
staz.4	0,60	1,50	2,00	1,80
staz.5	1,20	2,83	5,00	2,50
staz.6	2,50	2,87	3,10	3,00
sintesi	1,43	2,40	3,37	2,43

3.4. Software utilizzato distanze massime percorse

E' stata modellata la relazione di Govi et al. (1985) mediante foglio di calcolo in excel ; ciò ha permesso una immediata rappresentazione della possibile distanza percorsa dal materiale in scivolamento, in rapporto al dislivello fra punto di partenza ed ambiti di potenziale arresto.

$$L=46,91 * \log(H+3) - 22,38$$

3.5. Ambiti di revisione

Nella aree scelte si è provveduto ad implementare l'analisi dell'area Fq mediante la metodologia di cui al punto 2.2.2 della normativa regionale, come suggerito nel parere del servizio Direzione generale Territorio ed Urbanistica.

L'individuazione delle aree di studio e la relativa analisi caratterizza in maniera puntuale il versante definendo i parametri principali.

3.5.1. Sintesi delle stazioni di rilievo aggiornate con verifica di cui al punto 2.2.2

Come detto in precedenza le aree di analisi, o stazioni di rilievo, sono quantificate nel numero di 4 e riprendono come area gli ambiti in dissesto quiescente e attivo, classificati attualmente secondo la legenda PAI, Fq e Fa.

Sono state numerate e individuate secondo un ordine di localizzazione, di avvicinamento all'area, nonché di quota media.

- ***Area 1 – loc. Breno***

Una piccola porzione di versante soprastante la frazione. di Breno, attualmente è compita in ambito Fq del PAI; in parte interessata nella porzione centrale dalla presenza di reticolo idrico minore.

- ***Area 5 – loc. Rovenzola***

E' un ampio settore in sinistra idrografica della Valle del Perlo, caratterizzato da abitazioni rurali sparse e da settori prativi adibiti a pascolo o da ambiti di bosco stabile.

Ben percorribile nella sua interezza per la presenza di viabilità comunale e interponderale, offre in differenti ambiti la visione diretta delle coperture e del substrato semi affiorante.

- ***Area 6 – loc. Monte Foppa***

Tale settore di ambito Fq contempla una modesta fascia di versante sinistro idrografico del T. Perlo, compreso fra la quota 920 e la quota 980 m.s.l.m, immediatamente a monte della viabilità comunale.

- ***Area 7 – loc. Montecchio/Pra Filippo***

E' un ambito caratterizzato da bassa o modesta pendenza, prevalentemente boscato, (eccezion fatta per l'area di pertinenza dell'unico fabbricato – residenza estiva, esistente) con alberi stabili.

Unica evidenza in sito, la presenza di un modesto impluvio che taglia da monte a valle il settore e che rappresenta l'unico elemento di potenziale morfodinamica.

3.6. Nuova Verifica stabilità Pendio indefinito

In tutte di approfondimento Fq è stata attuata tale analisi (vedi precedente relazione); tale analisi è stata attuata considerando un generico pendio indefinito e la sua variabilità di pendenza.

Per i parametri meccanici si è fatto riferimento a dati bibliografici, oltre alle personali conoscenze di verifica territoriale; in particolare si ritiene comunque caratterizzabile la copertura come terreno glaciale , fluvio-glaciale con elevata matrice fine che garantisce in condizioni normali, una elevata coesione.

Anche nel caso di terreni umidi tale coesione è sempre presente; unica eccezione l'eccesso di acqua durante particolari situazioni.

I nuovi grafici allegati, mostrano il variare del fattore di sicurezza, al variare delle pendenza del versante, ed al variare dei parametri meccanici in condizioni di falda.

3.6.1. Pendio indefinito: tabelle di verifica

La verifica delle condizioni di equilibrio delle coltri di copertura, di natura eluvio-colluviale, viene effettuata riferendosi allo schema di pendio indefinito, in cui le possibili superfici di scorrimento risultano essere pian-parellele alla superficie topografica.

Nell'ipotesi, inoltre, che si instaurino lungo il pendio condizioni di filtrazione rettilinea, con linee di flusso parallele al pendio stesso, il coefficiente di sicurezza nei confronti della rottura è rappresentato dalla seguente relazione:

$$Fs = \frac{c'}{(h_w \times \gamma_{sat} + \gamma \times h) \times \text{sen}\alpha \times \cos\alpha} + \frac{(h_w \times \gamma' + \gamma \times h) \times tg\varphi'}{(h_w \times \gamma_{sat} + \gamma \times h) \times tg\alpha}$$

I calcoli sono stati sviluppati nelle varie ipotesi di presenza (h < H) ed assenza (h = H) di falda idrica, a pressione atmosferica, con la profondità h della superficie libera variabile tra il p.c. (h = 0) e la superficie di contatto con il sottostante bed-rock locale (h = H).

I pendii naturali presi in considerazione sono quelli cui corrispondono le condizioni più sfavorevoli sotto il profilo stratigrafico e morfologico, essendo, altresì, possibile, fermi restando gli altri parametri geometrico-stratigrafici, procedere alla verifica per classi di pendenza (angolo d'inclinazione variabile del pendio).

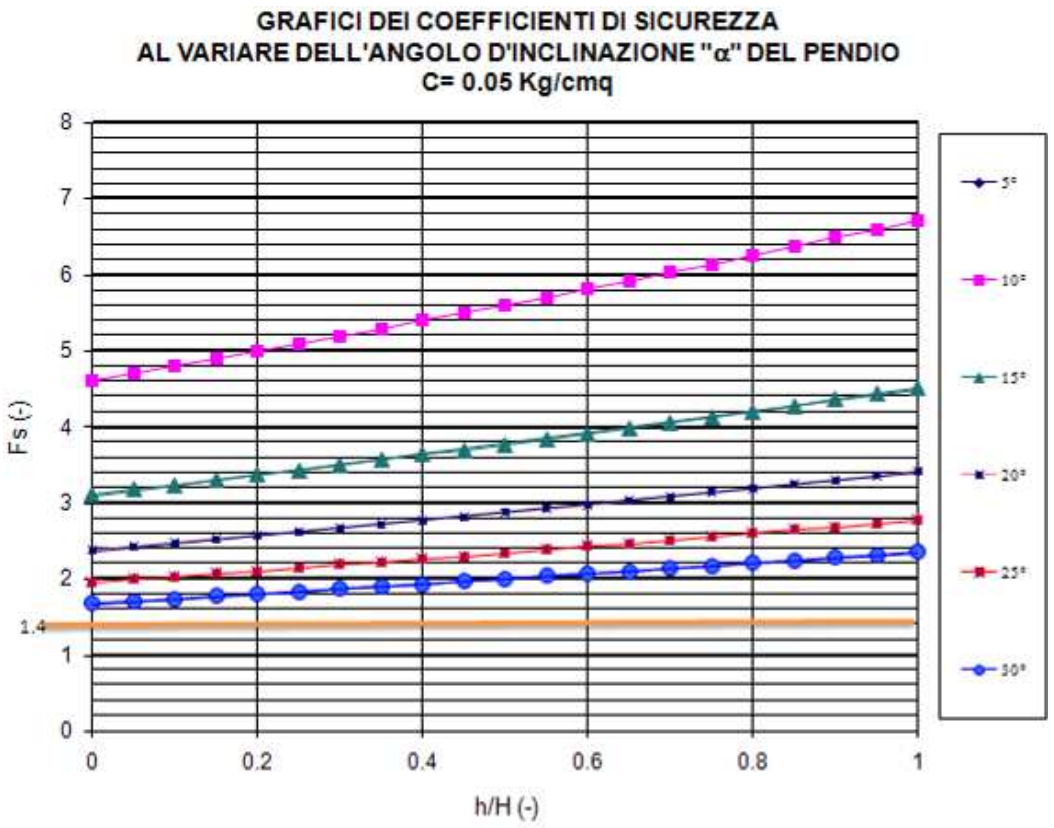
Il calcolo viene effettuato con Excel, in cui si riconoscono tre fogli.

Nel primo (Input dati) si procede alla fase di inserimento dati.

Nel secondo (tabella coefficienti di sicurezza) vengono esposti in forma tabellare i valori dei coefficienti di sicurezza calcolati, nel terzo si espongono gli stessi coefficienti di sicurezza diagrammati.

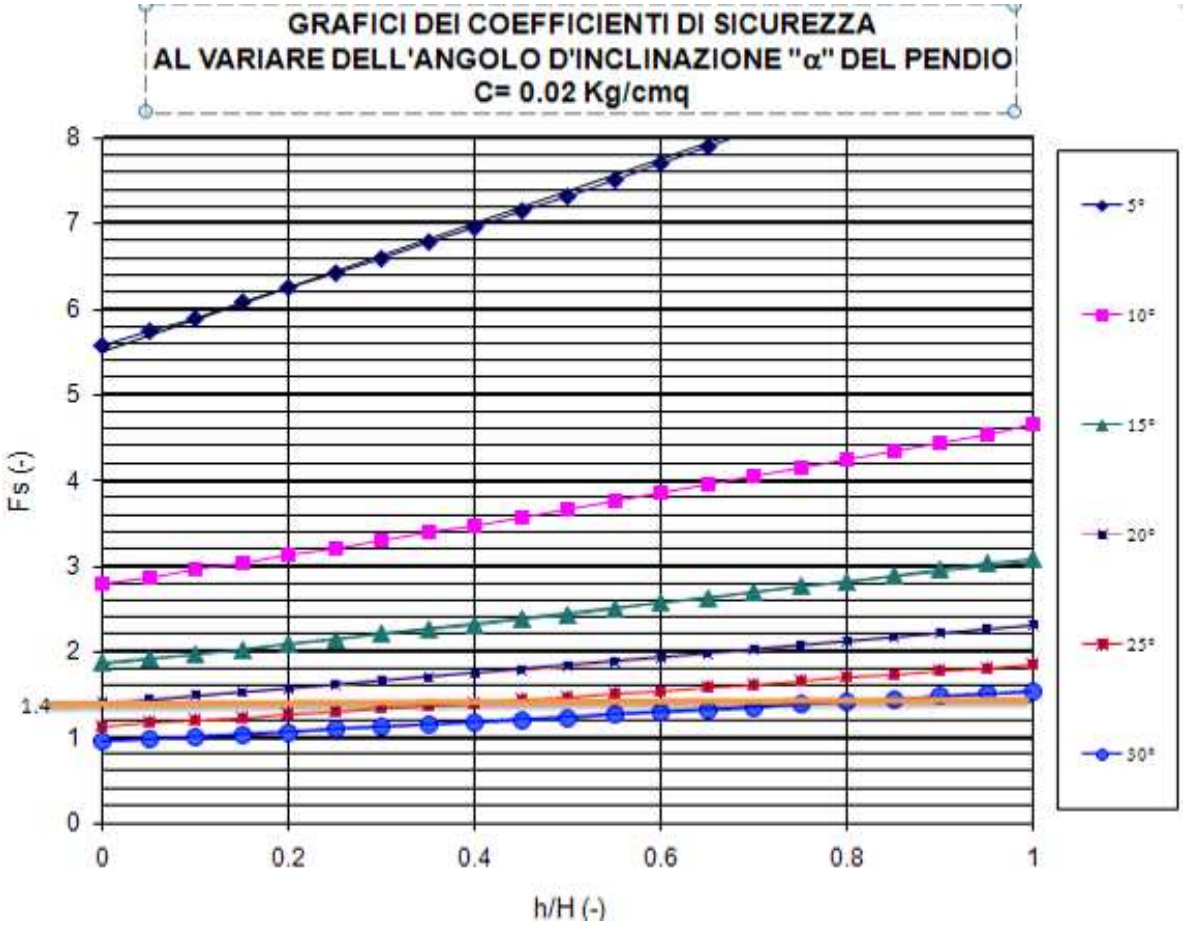
IPOTESI 1: CONDIZIONI NON DRENATE DRENATE

TABELLA DEI VALORI CALCOLATI DEI COEFFICIENTI DI SICUREZZA "F_S" AL VARIARE DEL RAPPORTO "h/H"											
α = 5°		α = 10°		α = 15°		α = 20°		α = 25°		α = 30°	
h/H (-)	Fs (-)	h/H (-)	Fs (-)	h/H (-)	Fs (-)	h/H (-)	Fs (-)	h/H (-)	Fs (-)	h/H (-)	Fs (-)
0.00	9.16	0.00	4.61	0.00	3.12	0.00	2.38	0.00	1.95	0.00	1.68
0.05	9.35	0.05	4.71	0.05	3.18	0.05	2.43	0.05	1.99	0.05	1.71
0.10	9.54	0.10	4.80	0.10	3.24	0.10	2.47	0.10	2.03	0.10	1.74
0.15	9.73	0.15	4.90	0.15	3.30	0.15	2.52	0.15	2.06	0.15	1.77
0.20	9.92	0.20	4.99	0.20	3.37	0.20	2.57	0.20	2.10	0.20	1.80
0.25	10.12	0.25	5.09	0.25	3.43	0.25	2.62	0.25	2.14	0.25	1.84
0.30	10.32	0.30	5.19	0.30	3.50	0.30	2.67	0.30	2.18	0.30	1.87
0.35	10.52	0.35	5.29	0.35	3.56	0.35	2.71	0.35	2.22	0.35	1.90
0.40	10.72	0.40	5.39	0.40	3.63	0.40	2.76	0.40	2.26	0.40	1.93
0.45	10.93	0.45	5.50	0.45	3.70	0.45	2.82	0.45	2.30	0.45	1.97
0.50	11.14	0.50	5.60	0.50	3.77	0.50	2.87	0.50	2.34	0.50	2.00
0.55	11.35	0.55	5.71	0.55	3.84	0.55	2.92	0.55	2.38	0.55	2.03
0.60	11.56	0.60	5.81	0.60	3.91	0.60	2.97	0.60	2.42	0.60	2.07
0.65	11.78	0.65	5.92	0.65	3.98	0.65	3.02	0.65	2.46	0.65	2.10
0.70	12.00	0.70	6.03	0.70	4.05	0.70	3.08	0.70	2.51	0.70	2.14
0.75	12.22	0.75	6.14	0.75	4.13	0.75	3.13	0.75	2.55	0.75	2.17
0.80	12.45	0.80	6.25	0.80	4.20	0.80	3.19	0.80	2.59	0.80	2.21
0.85	12.68	0.85	6.37	0.85	4.28	0.85	3.24	0.85	2.64	0.85	2.25
0.90	12.91	0.90	6.48	0.90	4.35	0.90	3.30	0.90	2.68	0.90	2.28
0.95	13.14	0.95	6.60	0.95	4.43	0.95	3.36	0.95	2.73	0.95	2.32
1.00	13.38	1.00	6.72	1.00	4.51	1.00	3.42	1.00	2.77	1.00	2.36



IPOTESI 2: CONDIZIONI DRENATE

TABELLA DEI VALORI CALCOLATI DEI COEFFICIENTI DI SICUREZZA "Fs" AL VARIARE DEL RAPPORTO "h/H"											
α = 5°		α = 10°		α = 15°		α = 20°		α = 25°		α = 30°	
h/H (-)	Fs (-)	h/H (-)	Fs (-)	h/H (-)	Fs (-)	h/H (-)	Fs (-)	h/H (-)	Fs (-)	h/H (-)	Fs (-)
0.00	5.56	0.00	2.79	0.00	1.87	0.00	1.41	0.00	1.14	0.00	0.96
0.05	5.73	0.05	2.87	0.05	1.92	0.05	1.45	0.05	1.17	0.05	0.99
0.10	5.90	0.10	2.95	0.10	1.98	0.10	1.49	0.10	1.20	0.10	1.01
0.15	6.07	0.15	3.04	0.15	2.03	0.15	1.53	0.15	1.23	0.15	1.04
0.20	6.24	0.20	3.13	0.20	2.09	0.20	1.57	0.20	1.27	0.20	1.07
0.25	6.42	0.25	3.21	0.25	2.15	0.25	1.62	0.25	1.30	0.25	1.09
0.30	6.59	0.30	3.30	0.30	2.20	0.30	1.66	0.30	1.33	0.30	1.12
0.35	6.77	0.35	3.39	0.35	2.26	0.35	1.70	0.35	1.37	0.35	1.15
0.40	6.95	0.40	3.48	0.40	2.32	0.40	1.75	0.40	1.40	0.40	1.18
0.45	7.14	0.45	3.57	0.45	2.38	0.45	1.79	0.45	1.44	0.45	1.21
0.50	7.32	0.50	3.66	0.50	2.44	0.50	1.84	0.50	1.47	0.50	1.23
0.55	7.51	0.55	3.76	0.55	2.51	0.55	1.88	0.55	1.51	0.55	1.26
0.60	7.70	0.60	3.85	0.60	2.57	0.60	1.93	0.60	1.55	0.60	1.29
0.65	7.89	0.65	3.95	0.65	2.63	0.65	1.97	0.65	1.58	0.65	1.32
0.70	8.09	0.70	4.04	0.70	2.69	0.70	2.02	0.70	1.62	0.70	1.35
0.75	8.28	0.75	4.14	0.75	2.76	0.75	2.07	0.75	1.66	0.75	1.38
0.80	8.48	0.80	4.24	0.80	2.83	0.80	2.12	0.80	1.69	0.80	1.42
0.85	8.69	0.85	4.34	0.85	2.89	0.85	2.17	0.85	1.73	0.85	1.45
0.90	8.89	0.90	4.44	0.90	2.96	0.90	2.22	0.90	1.77	0.90	1.48
0.95	9.10	0.95	4.55	0.95	3.03	0.95	2.27	0.95	1.81	0.95	1.51
1.00	9.31	1.00	4.65	1.00	3.10	1.00	2.32	1.00	1.85	1.00	1.54

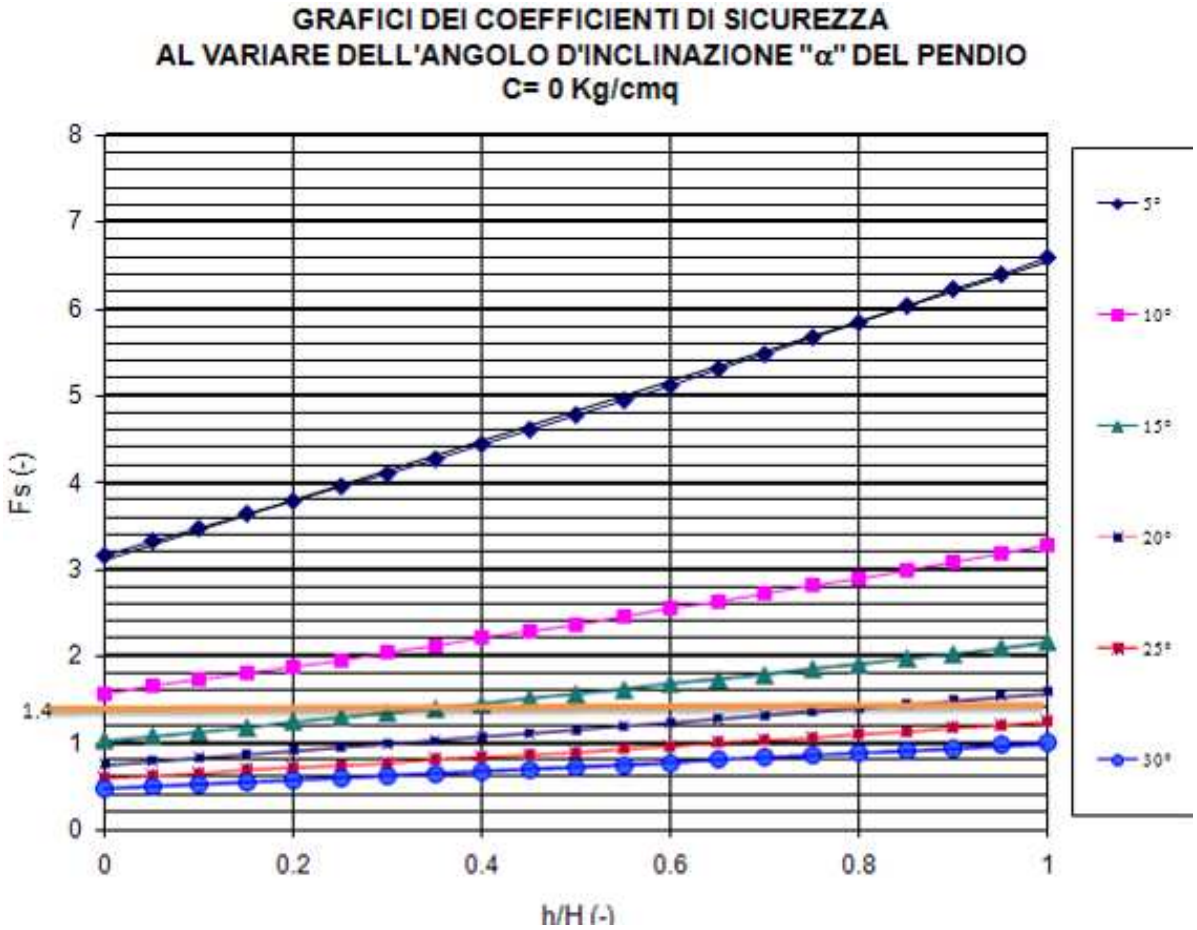


IPOTESI 3: CONDIZIONI non drenate con sovrapressioni

(Aumento pressione neutra con decadimento coesione)

TABELLA DEI VALORI CALCOLATI DEI COEFFICIENTI DI SICUREZZA "Fs" AL VARIARE DEL RAPPORTO "h/H"

α = 5°		α = 10°		α = 15°		α = 20°		α = 25°		α = 30°	
h/H (-)	Fs (-)	h/H (-)	Fs (-)	h/H (-)	Fs (-)	h/H (-)	Fs (-)	h/H (-)	Fs (-)	h/H (-)	Fs (-)
0.00	3.17	0.00	1.57	0.00	1.03	0.00	0.76	0.00	0.59	0.00	0.48
0.05	3.32	0.05	1.65	0.05	1.08	0.05	0.80	0.05	0.62	0.05	0.50
0.10	3.47	0.10	1.72	0.10	1.13	0.10	0.84	0.10	0.65	0.10	0.53
0.15	3.63	0.15	1.80	0.15	1.19	0.15	0.87	0.15	0.68	0.15	0.55
0.20	3.79	0.20	1.88	0.20	1.24	0.20	0.91	0.20	0.71	0.20	0.57
0.25	3.95	0.25	1.96	0.25	1.29	0.25	0.95	0.25	0.74	0.25	0.60
0.30	4.11	0.30	2.04	0.30	1.34	0.30	0.99	0.30	0.77	0.30	0.62
0.35	4.27	0.35	2.12	0.35	1.40	0.35	1.03	0.35	0.80	0.35	0.65
0.40	4.44	0.40	2.20	0.40	1.45	0.40	1.07	0.40	0.83	0.40	0.67
0.45	4.61	0.45	2.29	0.45	1.50	0.45	1.11	0.45	0.86	0.45	0.70
0.50	4.78	0.50	2.37	0.50	1.56	0.50	1.15	0.50	0.90	0.50	0.72
0.55	4.95	0.55	2.46	0.55	1.62	0.55	1.19	0.55	0.93	0.55	0.75
0.60	5.12	0.60	2.54	0.60	1.67	0.60	1.23	0.60	0.96	0.60	0.78
0.65	5.30	0.65	2.63	0.65	1.73	0.65	1.27	0.65	0.99	0.65	0.80
0.70	5.48	0.70	2.72	0.70	1.79	0.70	1.32	0.70	1.03	0.70	0.83
0.75	5.66	0.75	2.81	0.75	1.85	0.75	1.36	0.75	1.06	0.75	0.86
0.80	5.84	0.80	2.90	0.80	1.91	0.80	1.40	0.80	1.10	0.80	0.89
0.85	6.03	0.85	2.99	0.85	1.97	0.85	1.45	0.85	1.13	0.85	0.91
0.90	6.22	0.90	3.08	0.90	2.03	0.90	1.49	0.90	1.17	0.90	0.94
0.95	6.41	0.95	3.18	0.95	2.09	0.95	1.54	0.95	1.20	0.95	0.97
1.00	6.60	1.00	3.27	1.00	2.15	1.00	1.59	1.00	1.24	1.00	1.00



3.7. Sintesi analisi

Coesione >0

Considerando tale condizione, i risultati indicativi di situazioni normalmente in atto nelle aree in esame, denotano condizioni di stabilità, con FS >1.4 per pendenze almeno sino a 20°, in ogni condizione di saturazione dello strato superiore in esame. (ANCHE SATURAZIONE TOTALE)

Questa condizione è quella caratteristica delle aree esaminate

Condizioni particolari

Sola la perdita di elementi di resistenza (es nell'ipotesi di pioggia breve intensa con formazione di pressione neutra e perdita dei resistenza C = 0) induce sensibili variazioni nella stabilità del pendio.

Questo dipende dal tipo di suolo in esame è cioè del grado di saturazione delle terre.

Sino ad acclività di 20° la stabilità (1.2 <Fs<1.4) avviene per saturazioni max di 20 cm (su 0.5 m di terreno) ;Con saturazione pari a 40 cm Fs è > = 1

3.8. Distanze massime percorse

La formula di calcolo, diagrammata in excel consente di avere , in relazione ai dislivelli fra punto di distacco ed ambito di arresto/cambio pendenza, una serie di valori di distanza percorsa dalle colate.

FORMULA DI GOVI et. Al.

Distanza massima	*parametro*	*Dislivello*	*parametro*	*parametro*
L	46.91	H	3	22.38
29.88	46.91	10	3	22.38
41.50	46.91	20	3	22.38
48.85	46.91	30	3	22.38
54.25	46.91	40	3	22.38
58.51	46.91	50	3	22.38
62.03	46.91	60	3	22.38
65.03	46.91	70	3	22.38

Con tali considerazioni , mediante l'approccio attuato, si è provveduto alla ridefinizione della pericolosità preliminare e finale (con conferma o modifica) delle aree selezionate nell'area comunale di Bellagio.

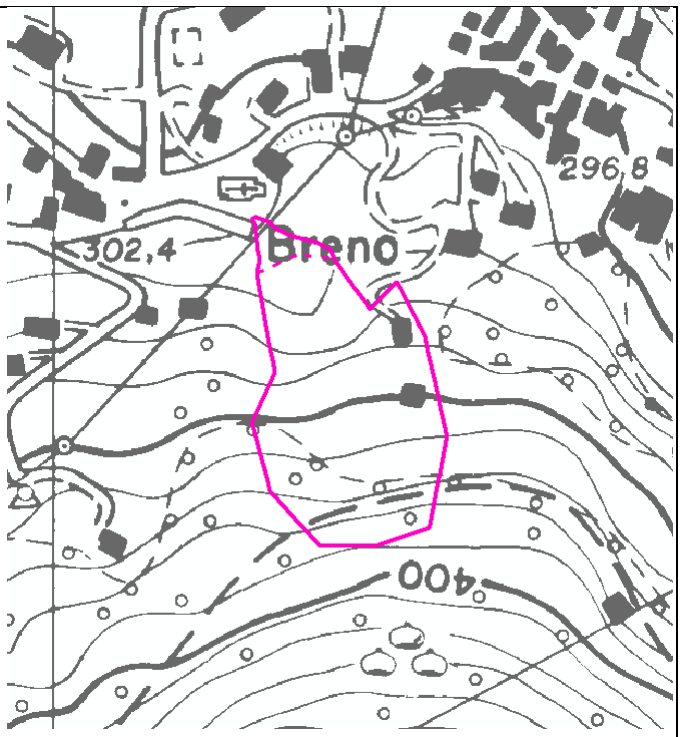
Le schede di seguito allegate sintetizzano i risultati di tale modifica/aggiornamento.

4. AREA 1 – LOC. BRENO

INQUADRAMENTO TERRITORIALE:

- *Comune di Bellagio (CO)*
- *Sez. CTR :* B4c1
- *Superficie della stazione investigata:* 0.01km^2
- *Quota media:* 350 m.slm
- *Descrizione geografica dell'area:*

Una piccola porzione di versante soprastante la frazione. di Breno, attualmente è compita in ambito Fq del PAI; in parte interessata nella porzione centrale dalla presenza di reticolo idrico minore.



L'area di studio viene rivista alla luce del sopralluogo del 5 dicembre 2012, la linea tratteggiata indica il limite dell'ambito di studio precedente..

CARATTERISTICHE PRINCIPALI (da rilievo):

- *Antropizzazione:* presenza di edifici (< n.5) e viabilità comunale
- *Bosco*: si.
- *Prato*:si
- *Aste vallive, ruscellamenti, corsi d'acqua*: si
- *Descrizione dell'area e documentazione fotografica*

Il settore presenta una prevalente copertura glaciale con porzioni eluviali e substrato affiorante sul lato E; la morfologia è variabile con una porzione bassa di modesta acclività un una di più accentuata variazione nell'area di monte.

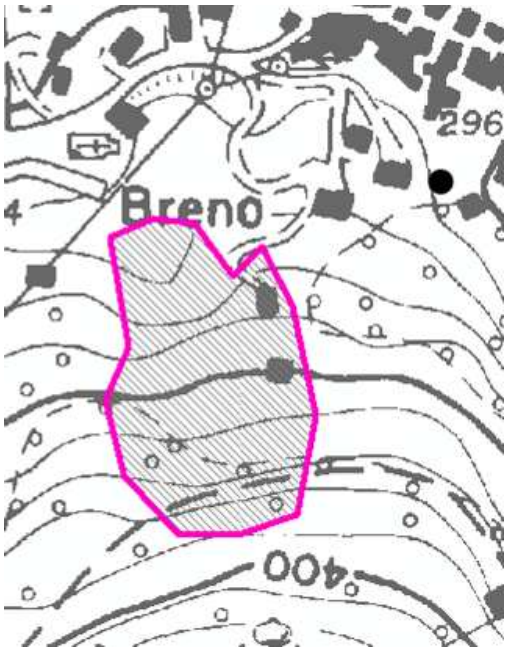
Non sono presenti evidenze morfologiche di recente o passata attività morfodinamica. L'intero settore si presenta stabile, in parte utilizzato a prato (giardino) ed in parte boscato.

Le aree sono caratterizzate dalla presenza di depositi glaciali con spessori variabili nel settore di medio basso pendio e depositi eluviali compresi tra 0,5 m e 2 m nel settori di monte

Le caratteristiche dei terreni (comparate con riferimenti locali e misurati in sito con scissometro) sono quelle di depositi glaciali prevalentemente semi coerenti con livelli superficiali caratterizzati da abbondante matrice fine.

STATO DEL DISSESTO (CARTA PAI ATTUALE):

- *Frana quiescente su tutta l'area investigata*



Frane

Area di frana attiva (Fa)

Area di frana quiescente (Fq)

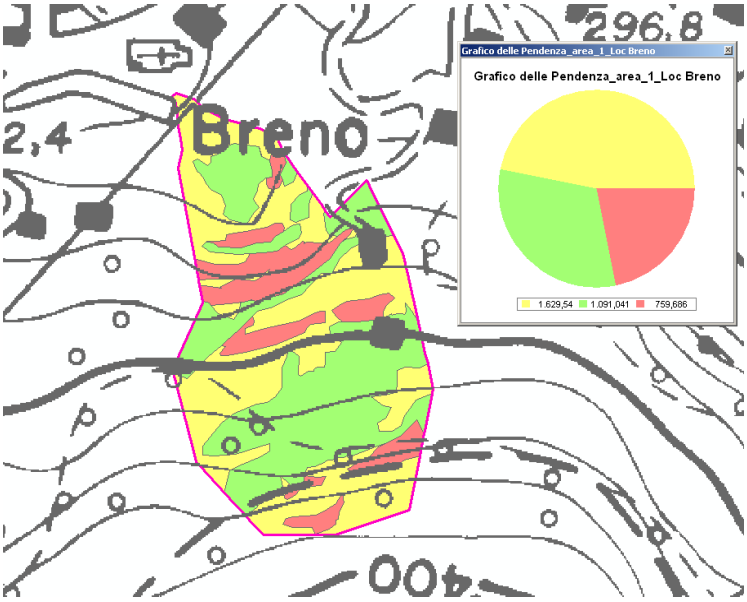
Area di frana relitta (Fr)

Area di frana attiva non perimetrata (Fa)

Area di frana quiescente non perimetrata (Fq)

CARTA DELLE PENDENZE:

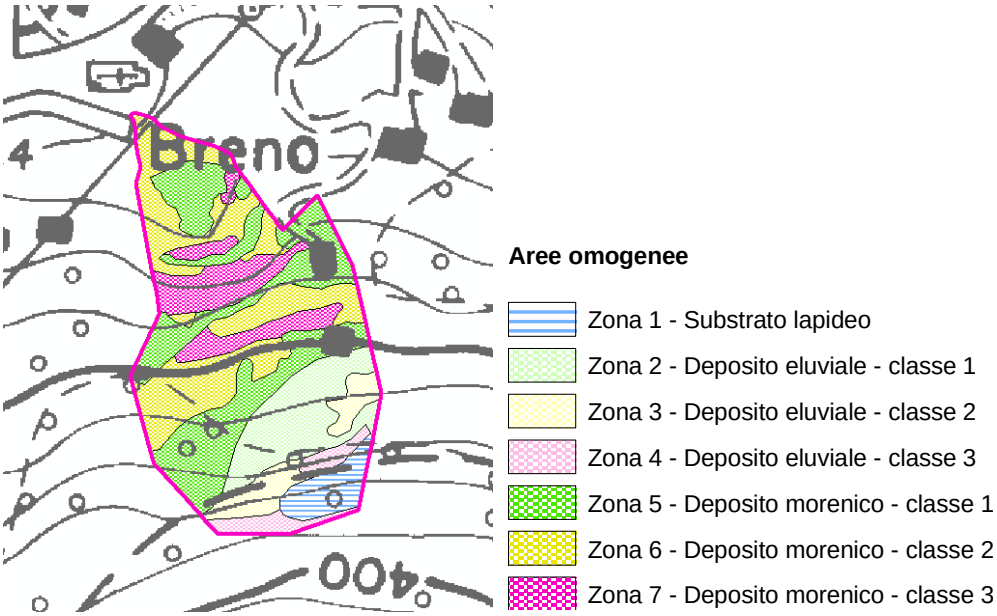
- *L'ambito di rilievo presenta le seguenti classi pendenza con indicato il numero di pixel presenti nell'area di indagine:*



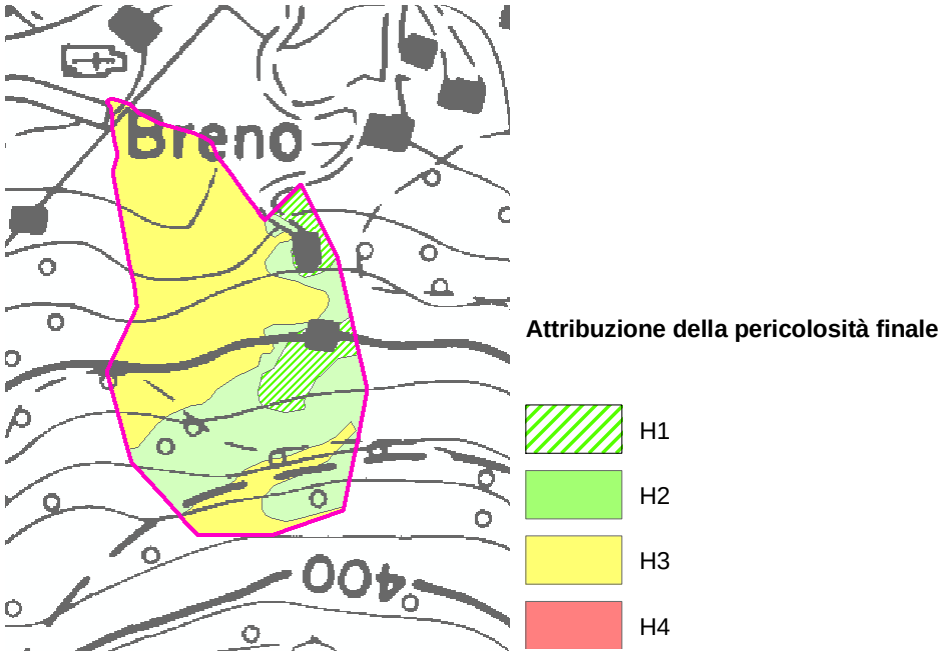
Classe 1
Classe 2
Classe 3

CARTA DELLE ZONE OMOGENEE:

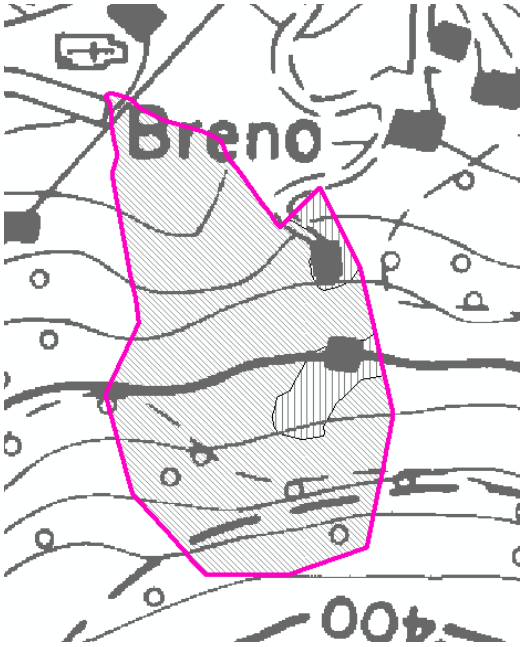
- *L'ambito di rilievo presenta principalmente la zona omogenea n.1*



CARTA DELLA PERICOLOSITA':



PROPOSTA DI RIPERIMETRAZIONE DEGLI AMBITI IN DISSESTO (agg. dic. 2012)



Frane

- Area di frana attiva (Fa)
- Area di frana quiescente (Fq)
- Area di frana relitta (Fr)
- Area di frana attiva non perimetrata (Fa)
- Area di frana quiescente non perimetrata (Fq)

Come si può osservare dalla carta l'ambito in dissesto viene rivisto:

- gli ambiti antropizzati come verificato in sito presentano una realtà riconducile a un ambito di frana relitta.

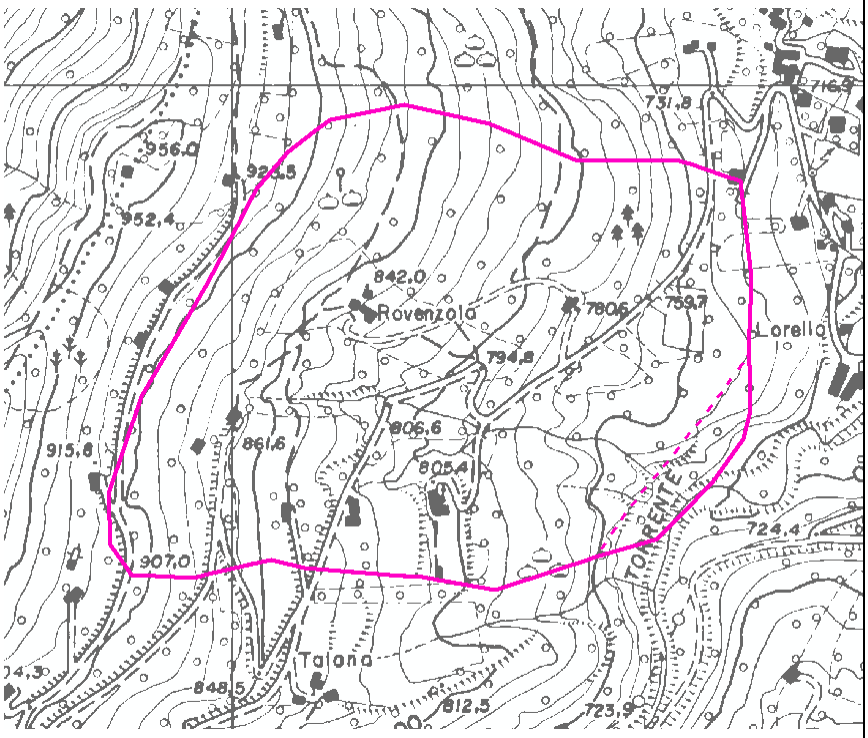
5. AREA 5 – LOC. ROVENZOLA

INQUADRAMENTO TERRITORIALE:

Comune di Bellagio (CO)

- *Sez. CTR :* B4c2
- *Superficie della stazione investigata:* 0.24 km^2
- *Quota media:* 800 m.slm
- *Descrizione geografica dell'area:*

E' un ampio settore in sinistra idrografica della Valle del Perlo, caratterizzato da abitazioni rurali sparse e da settori prativi adibiti a pascolo o da ambiti di bosco stabile.



L'area di studio viene rivista alla luce del sopralluogo del 5 dicembre 2012, la linea tratteggiata indica il limite dell'ambito di studio precedente.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI (da rilievo):

Antropizzazione: presenza di edifici (> n.5) e viabilità comunale

Bosco: si.

Prato:si

Aste vallive, ruscellamenti, corsi d'acqua: si

Descrizione dell'area e documentazione fotografica

Ben percorribile nella sua interezza per la presenza di viabilità comunale e interponderale, offre in differenti ambiti la visione diretta delle coperture e del substrato semi affiorante.

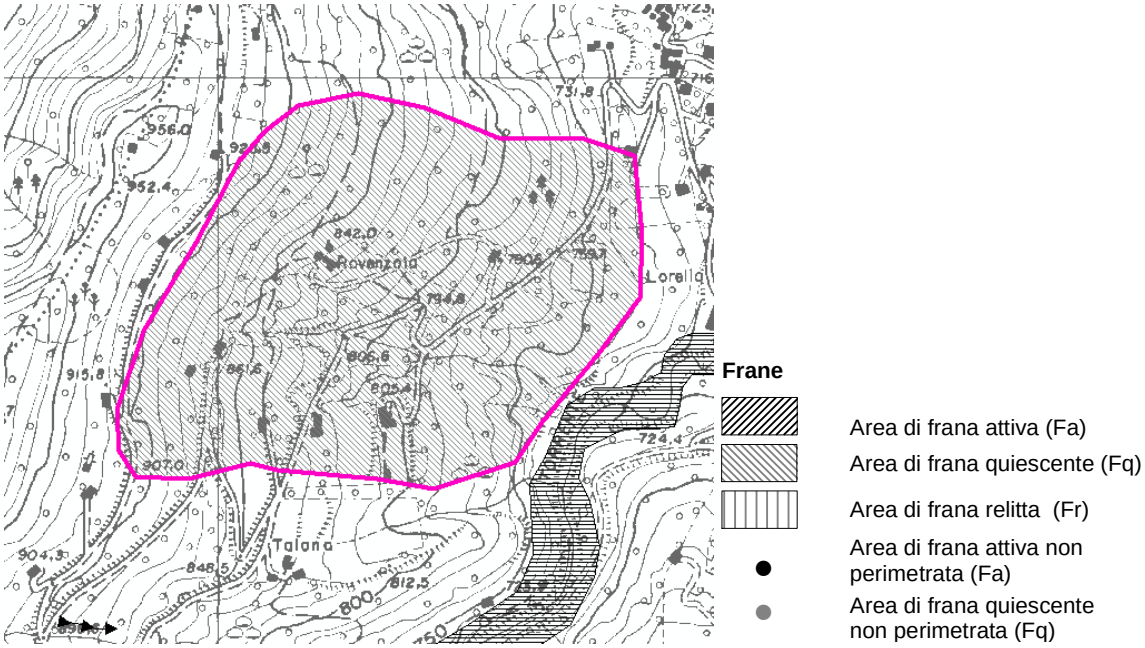
Non sono stati riscontrati elementi correlabili a dinamica attiva o quiescente; l'esiguo spessore della coltre eluviale, soprattutto nella porzione più a N non determina processi di instabilità, ad eccezione di possibili fenomeni di scorrimento superficiale di acque per la limitata permeabilità del substrato o della copertura.

Tutto il settore non presenta pendenze elevate attestandosi su valori massimi

compresi nella fascia di 20°-30°.

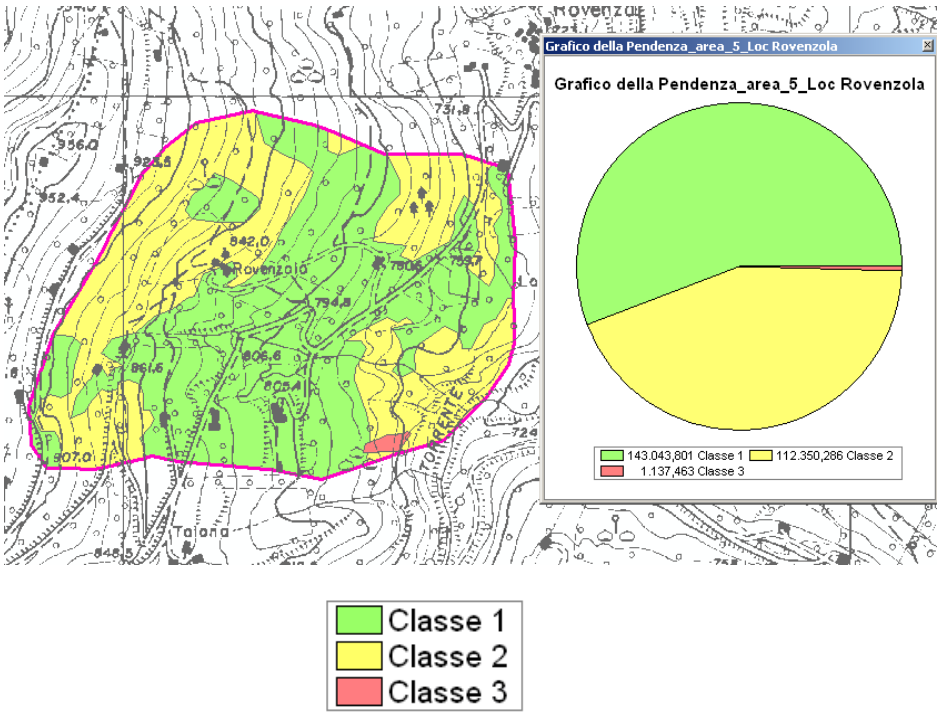
STATO DEL DISSESTO (CARTA PAI ATTUALE):

- *Frana quiescente su tutta l'area investigata*



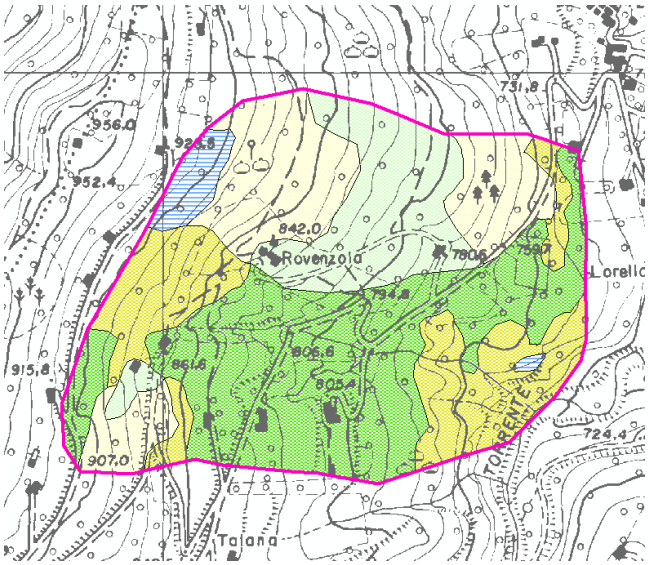
CARTA DELLE PENDENZE:

- *L'ambito di rilievo presenta le seguenti classi pendenza con indicato il numero di pixel presenti nell'area di indagine:*



CARTA DELLE ZONE OMOGENEE:

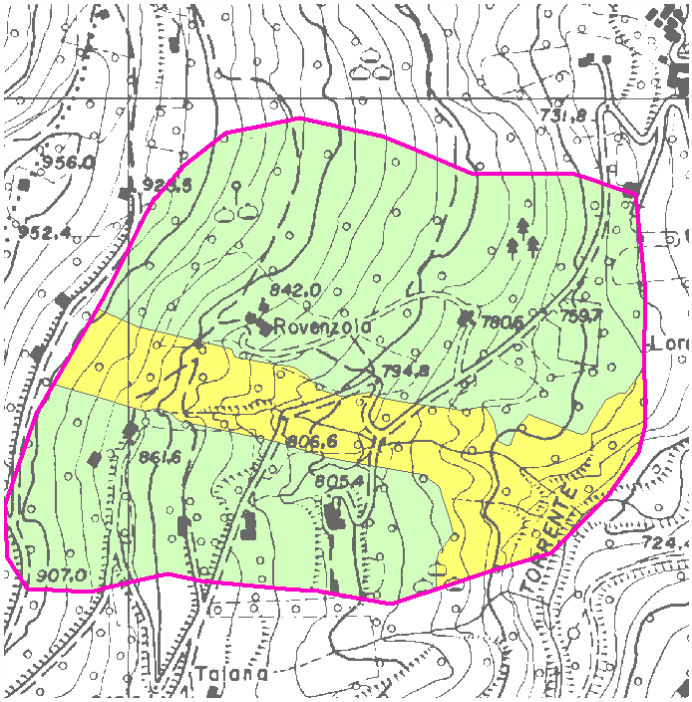
- *L'ambito di rilievo presenta principalmente la zona omogenea n.5*



Aree omogenee

- Zona 1 - Substrato lapideo
- Zona 2 - Deposito eluviale - classe 1
- Zona 3 - Deposito eluviale - classe 2
- Zona 4 - Deposito eluviale - classe 3
- Zona 5 - Deposito morenico - classe 1
- Zona 6 - Deposito morenico - classe 2
- Zona 7 - Deposito morenico - classe 3

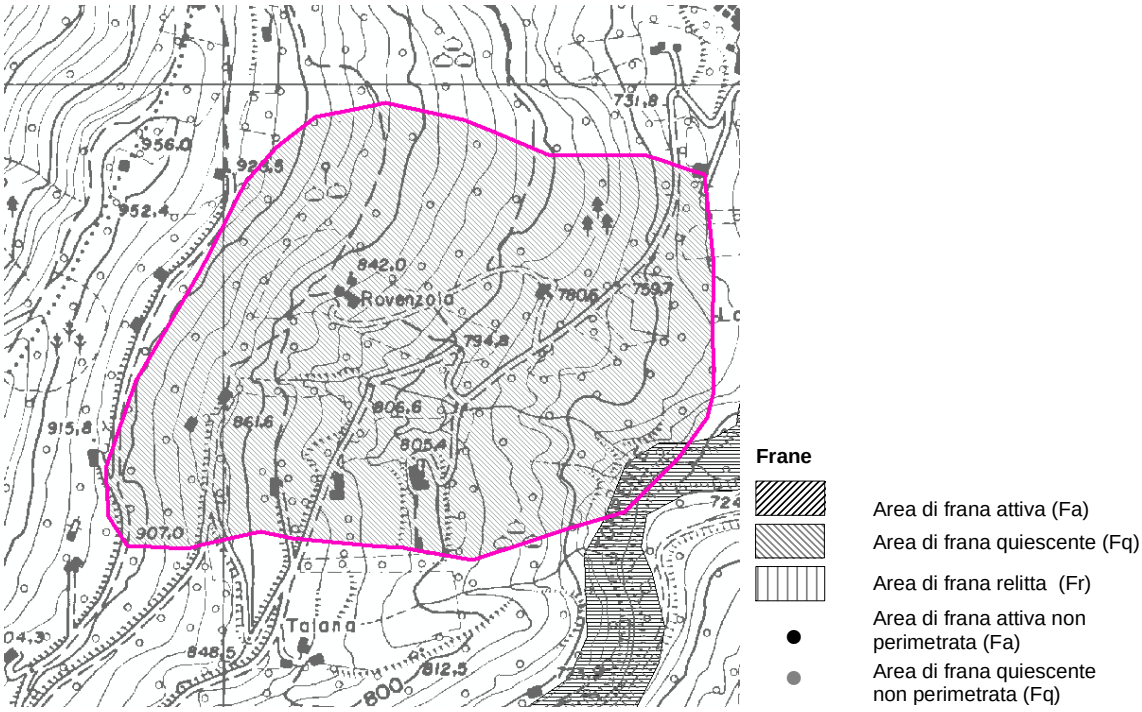
CARTA DELLA PERICOLOSITA':



Attribuzione della pericolosità finale

- H1
- H2
- H3
- H4

PROPOSTA DI RIPERIMETRAZIONE DEGLI AMBITI IN DISSESTO (agg. dic. 2012)

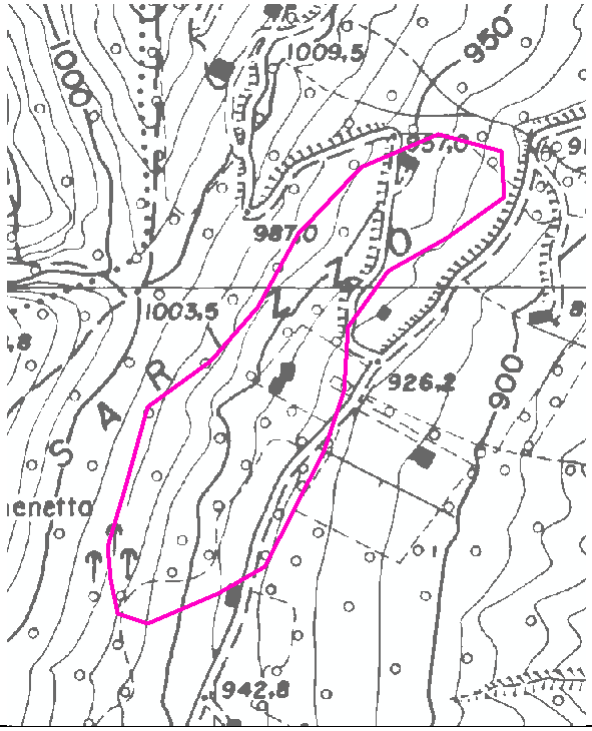


6. AREA 6 – LOC. MONTE FOPA

INQUADRAMENTO TERRITORIALE:

- *Comune di Bellagio (CO)*
- *Sez. CTR :* B4c2
- *Superficie della stazione investigata:* 0.04 km^2
- *Quota media:* 950 m.slm
- *Descrizione geografica dell'area:*

Tale settore di ambito Fq contempla una modesta fascia di versante sinistro idrografico del T. Perlo, compreso fra la quota 920 e la quota 980 m.s.l.m, immediatamente a monte della viabilità comunale.



CARATTERISTICHE PRINCIPALI (da rilievo):

Antropizzazione: presenza di edifici (< n.5) e viabilità comunale

Bosco: si.

Prato:si

Aste vallive, ruscellamenti, corsi d'acqua: no

Descrizione dell'area e documentazione fotografica

Già dal primo riscontro in sito non emergono elementi morfologici locali tali da giustificarne l'inserimento in ambito Fq ;il piccolo settore , che non presenta acclività elevate (max 30°) è caratterizzato dalla presenza continua di coltre glaciale con massi e blocchi affioranti all'interno di una elevata matrice fine.

Gli ambiti prossimi ai pochi fabbricati adibiti ad abitazioni estive, sono coltivati a prato e/o giardino; la restante porzione è ricoperta con continuità da vegetazione arborea.

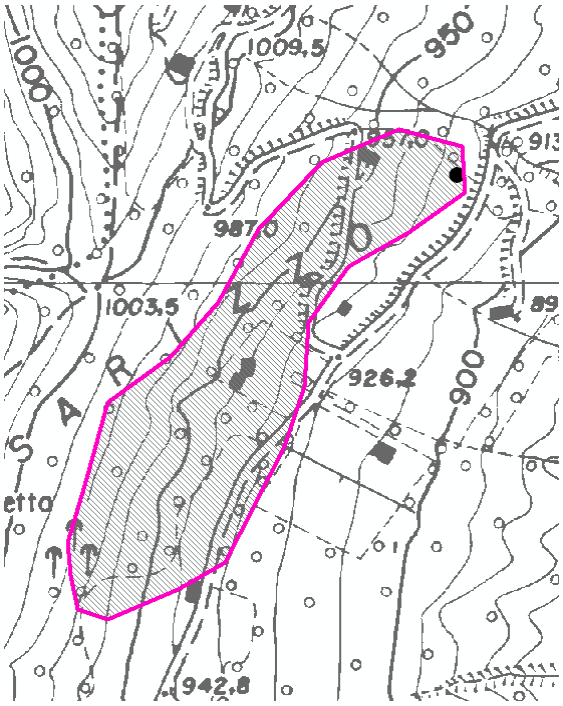
Non sono osservabile nemmeno processi di scorrimento superficiale di acque o soliflusso nella cotica erbosa

2011/09/23

2011/09/23

STATO DEL DISSESTO (CARTA PAI ATTUALE):

- *Frana quiescente su tutta l'area investigata*

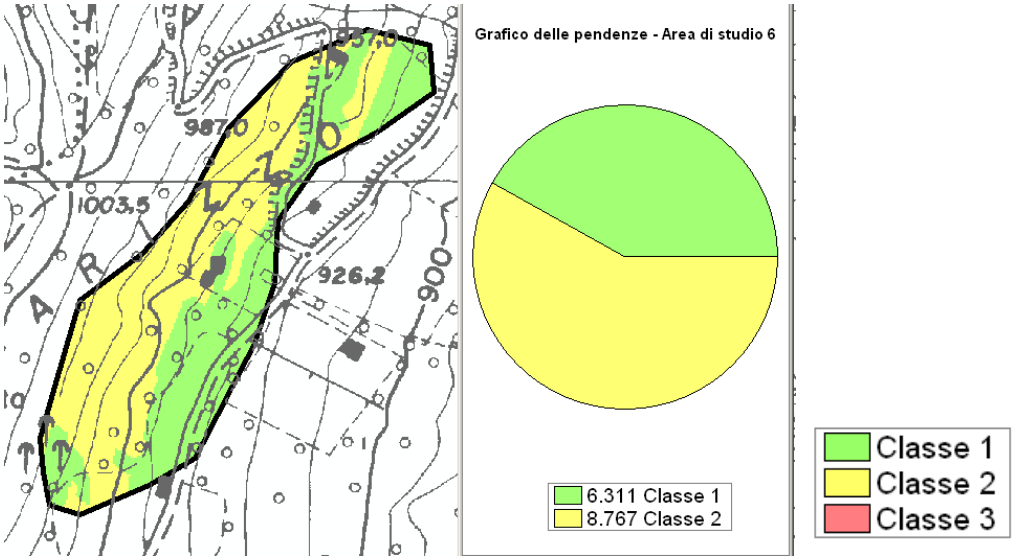


Frane

- Area di frana attiva (Fa)
- Area di frana quiescente (Fq)
- Area di frana relitta (Fr)
- Area di frana attiva non perimetrata (Fa)
- Area di frana quiescente non perimetrata (Fq)

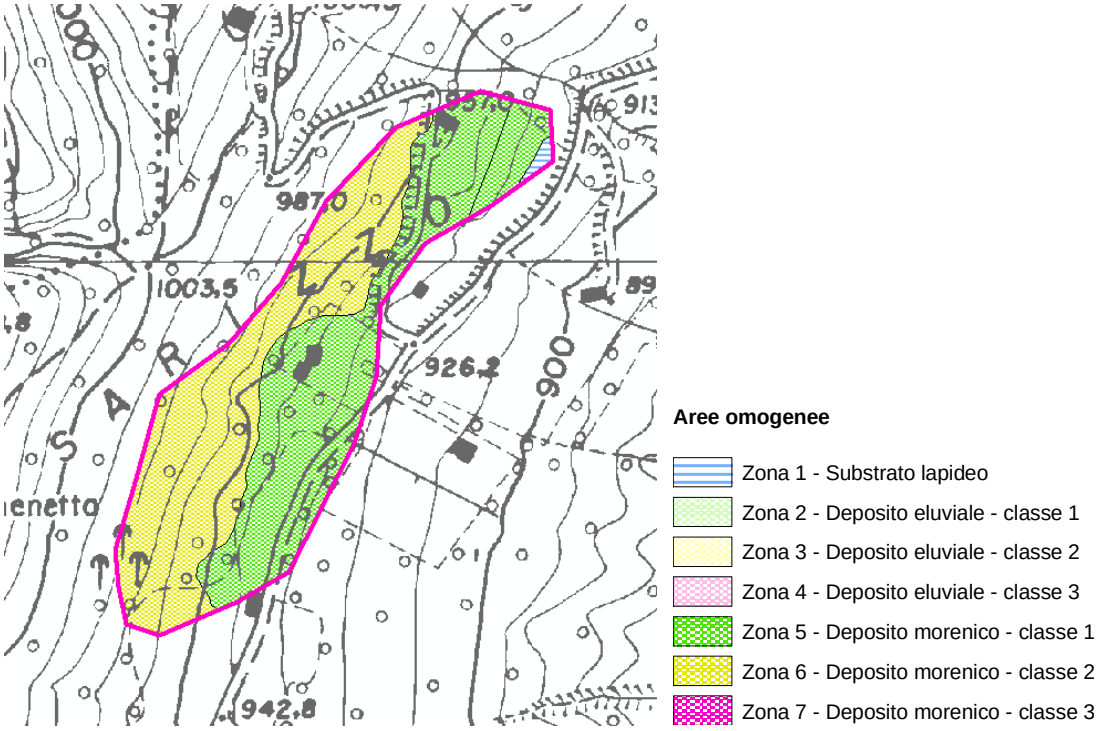
CARTA DELLE PENDENZE:

- *L'ambito di rilievo presenta le seguenti classi pendenza con indicato il numero di pixel presenti nell'area di indagine:*

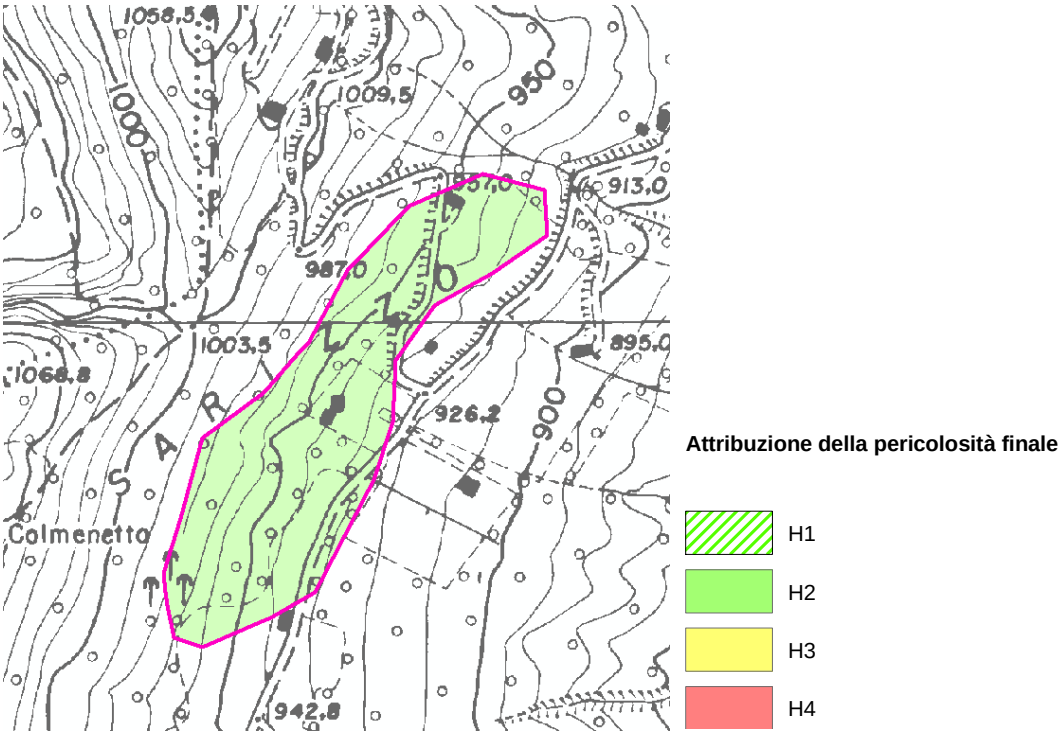


CARTA DELLE ZONE OMOGENEE:

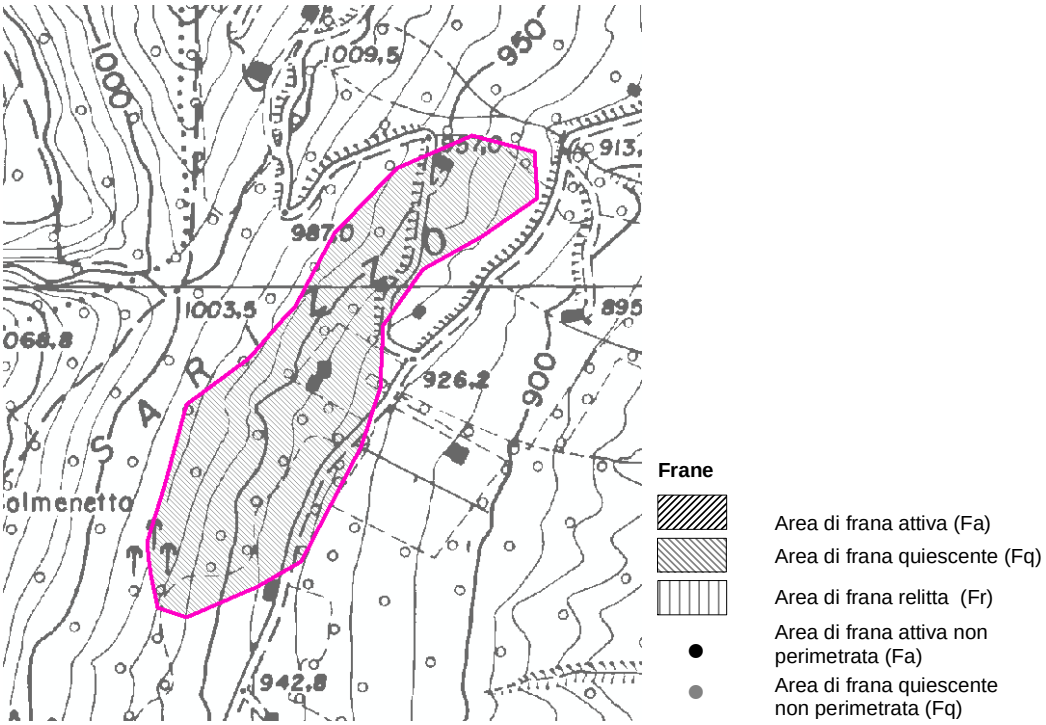
- *L'ambito di rilievo presenta principalmente la zona omogenea n.1*



CARTA DELLA PERICOLOSITA':



PROPOSTA DI RIPERIMETRAZIONE DEGLI AMBITI IN DISSESTO (agg. Nov. 2011)



Come si può osservare dalla carta l'ambito in dissesto viene rivisto:

- gli ambiti antropizzati e le basse pendenze come verificato in sito presentano una realtà riconducile a un ambito di frana relitta.

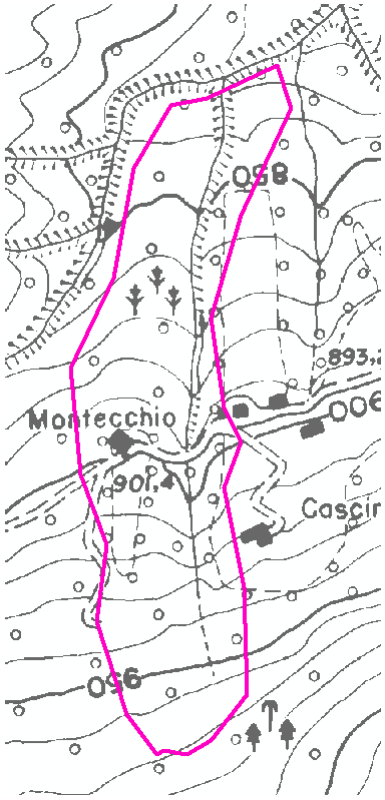
7. AREA 7 – LOC. MONTECCHIO / PRA FILIPPO

INQUADRAMENTO TERRITORIALE:

- *Comune di Bellagio (CO)*
- *Sez. CTR :* B4c2
- *Superficie della stazione investigata:* 0.05 km^2
- *Quota media:* 900 m.slm
- *Descrizione geografica dell'area:*

E' un ambito caratterizzato da bassa o modesta pendenza, prevalentemente boscato,(eccezion fatta per l'area di pertinenza dell'unico fabbricato – residenza estiva, esistente) con alberi stabili.

Unica evidenza in sito, la presenza di un modesto impluvio che taglia da monte a valle il settore e che rappresenta l'unico elemento di potenziale morfodinamica.



CARATTERISTICHE PRINCIPALI (da rilievo):

Antropizzazione: presenza di edifici (< n.5) e viabilità comunale

Bosco: si.

Prato:si

Aste vallive, ruscellamenti, corsi d'acqua: si

Descrizione dell'area e documentazione fotografica

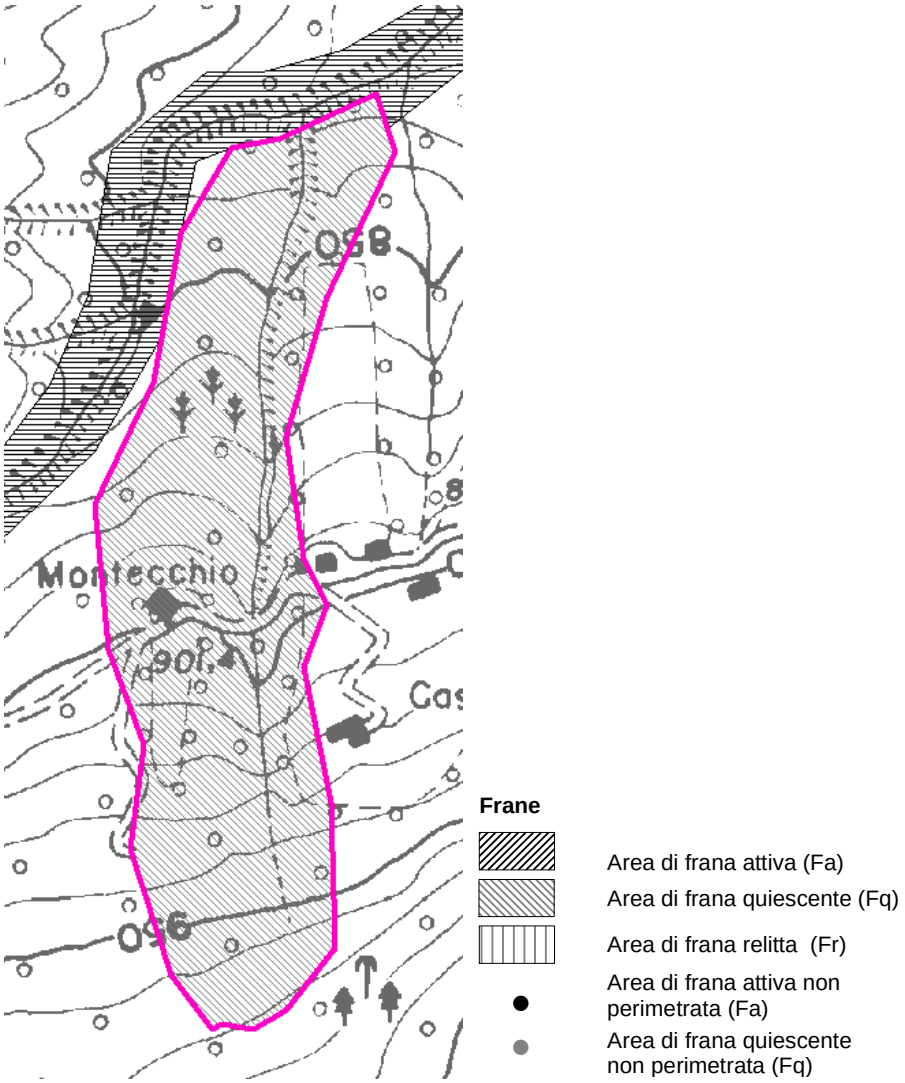
La presenza di acqua in limitate risorgive è probabilmente l'indice di maggior rilevanza locale, in un contesto caratterizzato da una modesta pendenza (la maggior parte del settore non supera i 20°).

Anche l'elemento singolo di dissesto individuata nella carta PAI (non fedelmente cartografabile) non risulta più leggibile.

Anche tutto il versante, prima e dopo il settore in esame, non offre spunti di differenziazione con l'ambito Fq; tutta la copertura terrigena (misto glaciale /eluviale) grazie alla elevata matrice fine offre notevole stabilità al pendio.

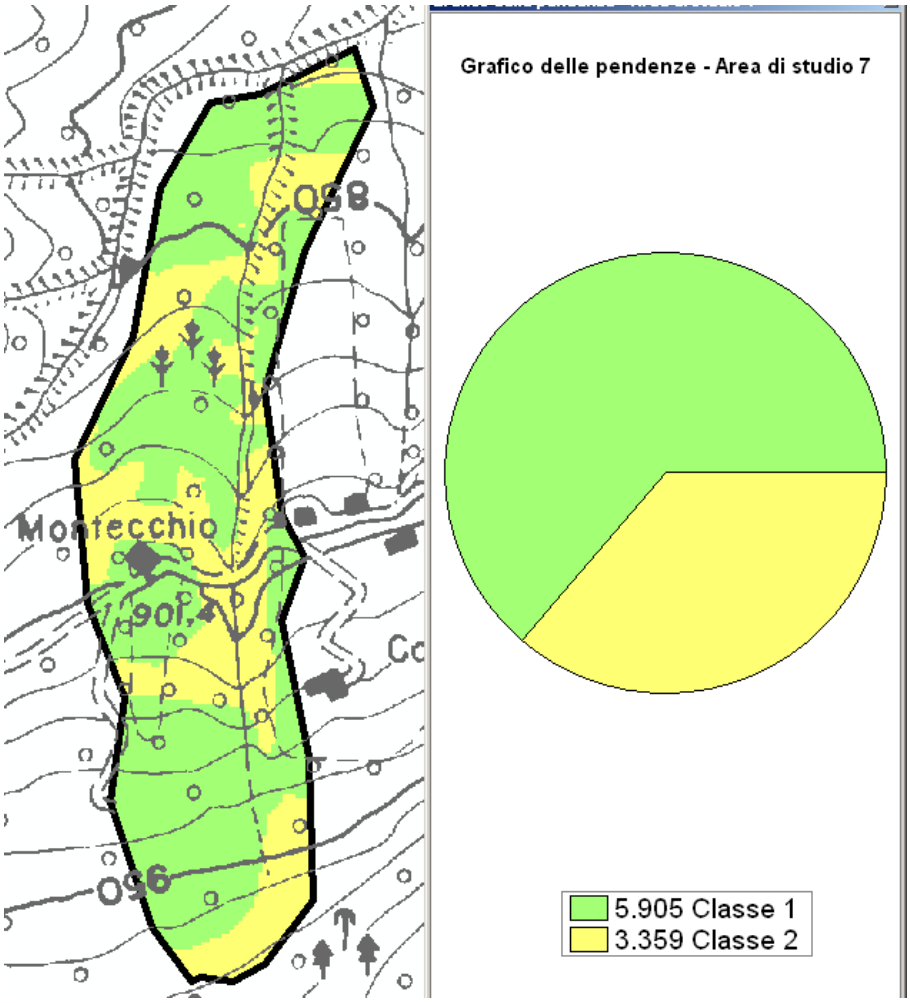
STATO DEL DISSESTO (CARTA PAI ATTUALE):

- *Frana quiescente su tutta l'area investigata*



CARTA DELLE PENDENZE:

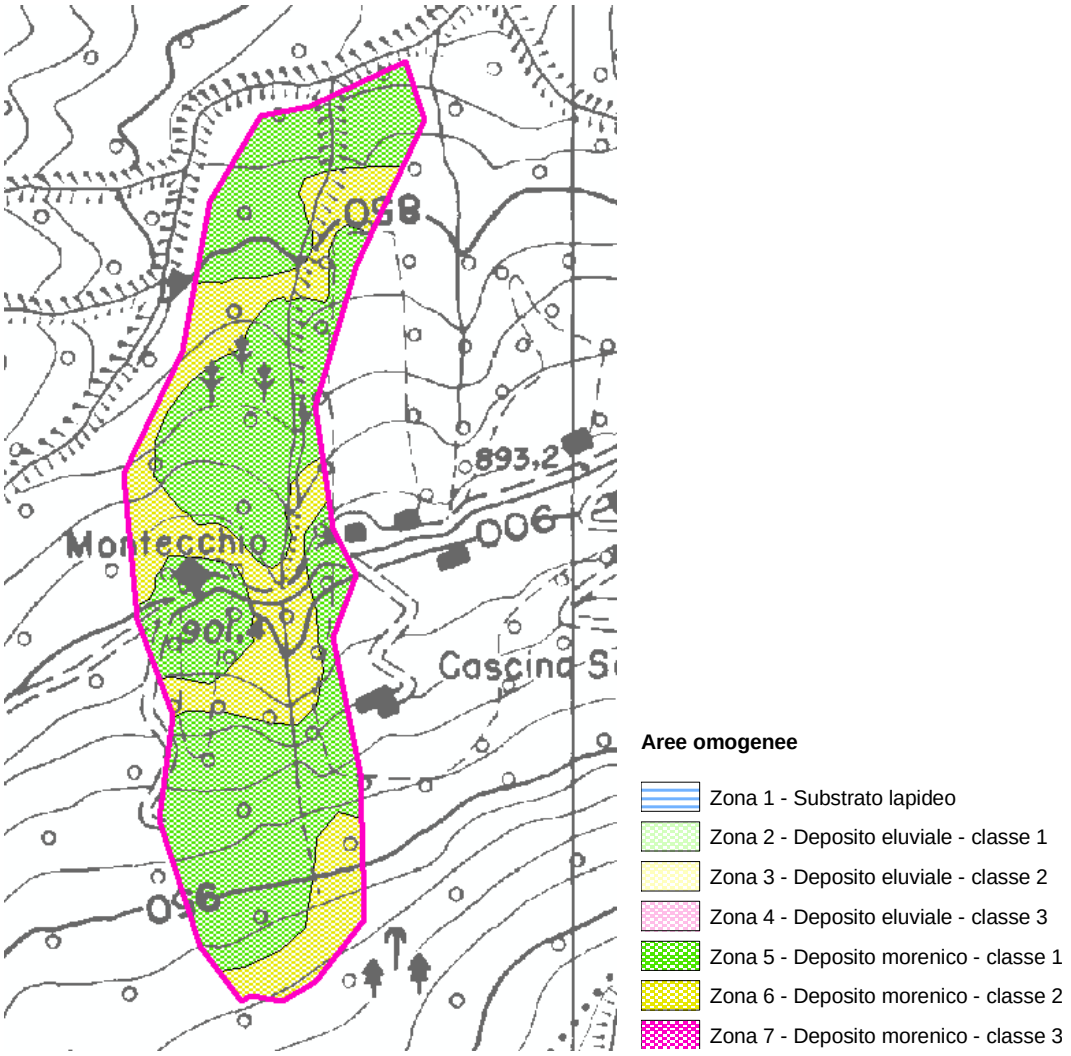
- *L'ambito di rilievo presenta le seguenti classi pendenza con indicato il numero di pixel presenti nell'area di indagine:*



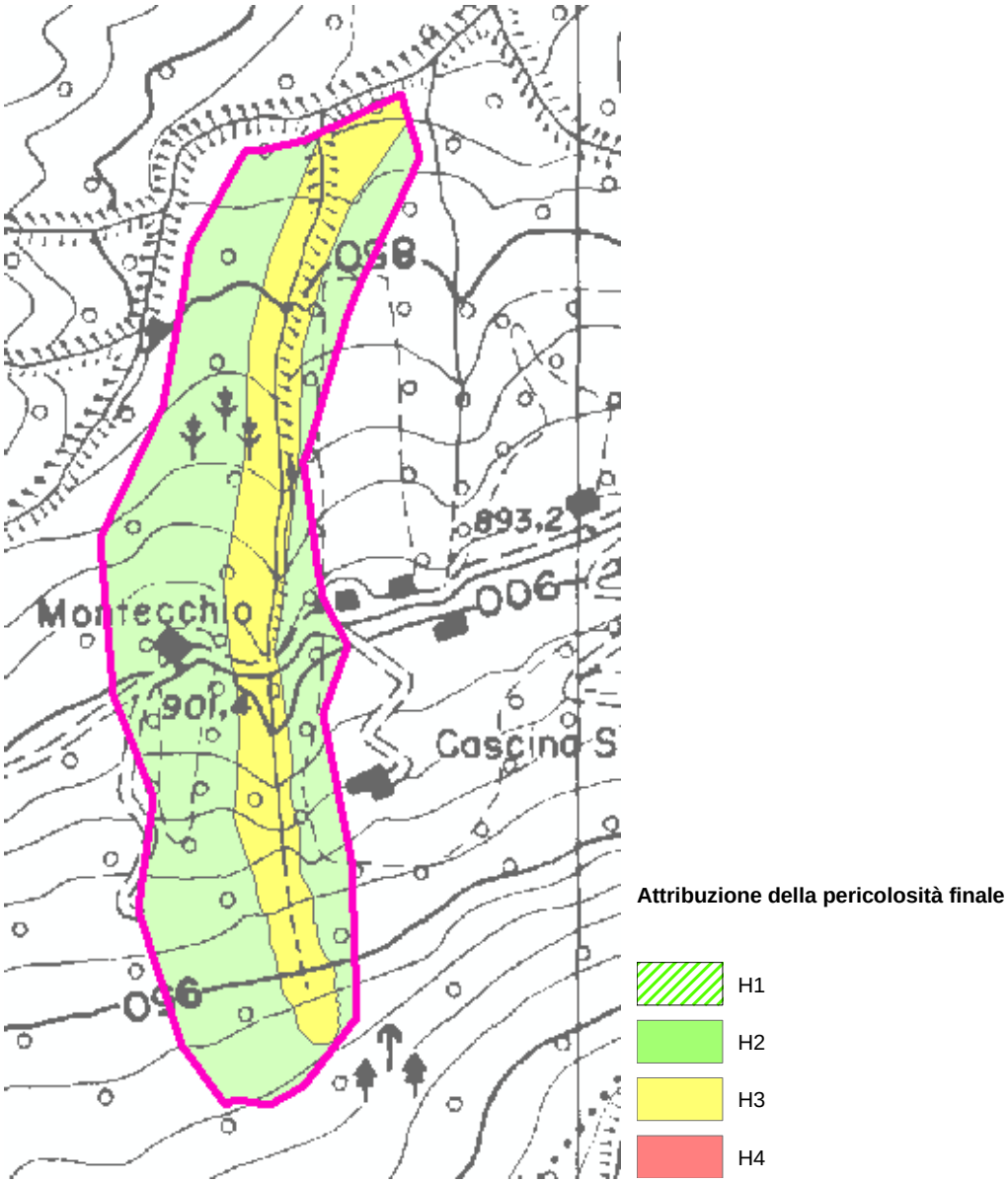
Classe 1
Classe 2
Classe 3

CARTA DELLE ZONE OMOGENEE:

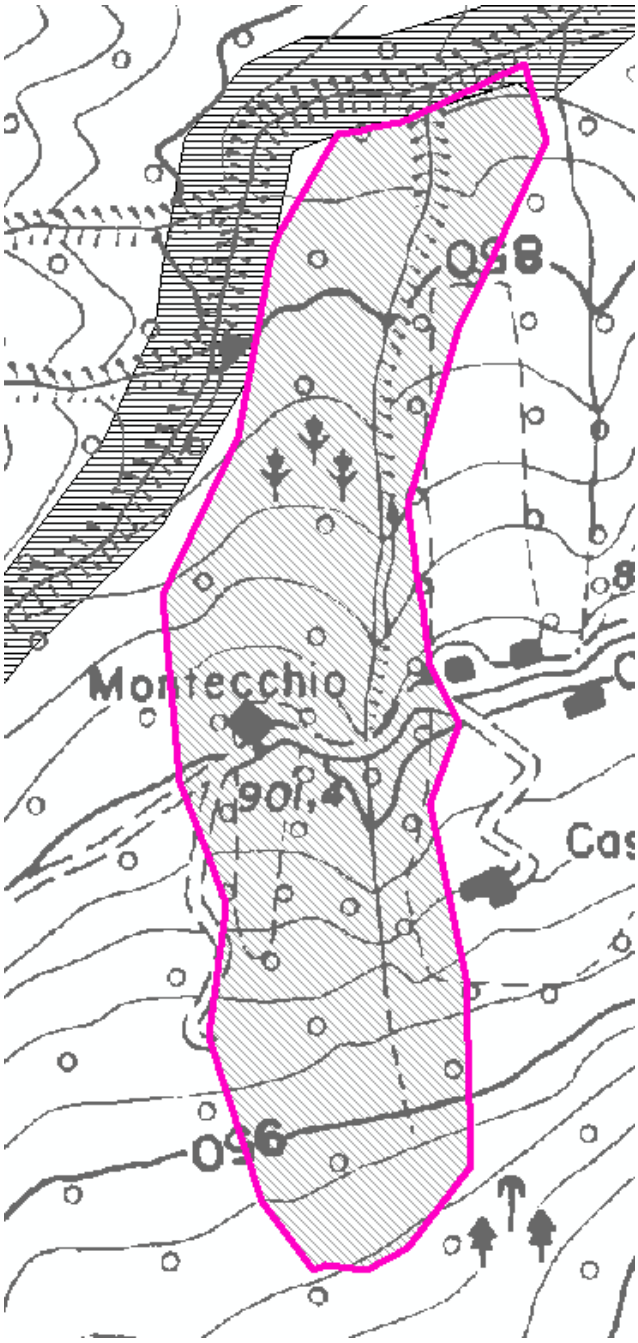
- *L'ambito di rilievo presenta principalmente la zona omogenea n.1*



CARTA DELLA PERICOLOSITA':



PROPOSTA DI RIPERIMETRAZIONE DEGLI AMBITI IN DISSESTO (agg. dic. 2012)



Frane

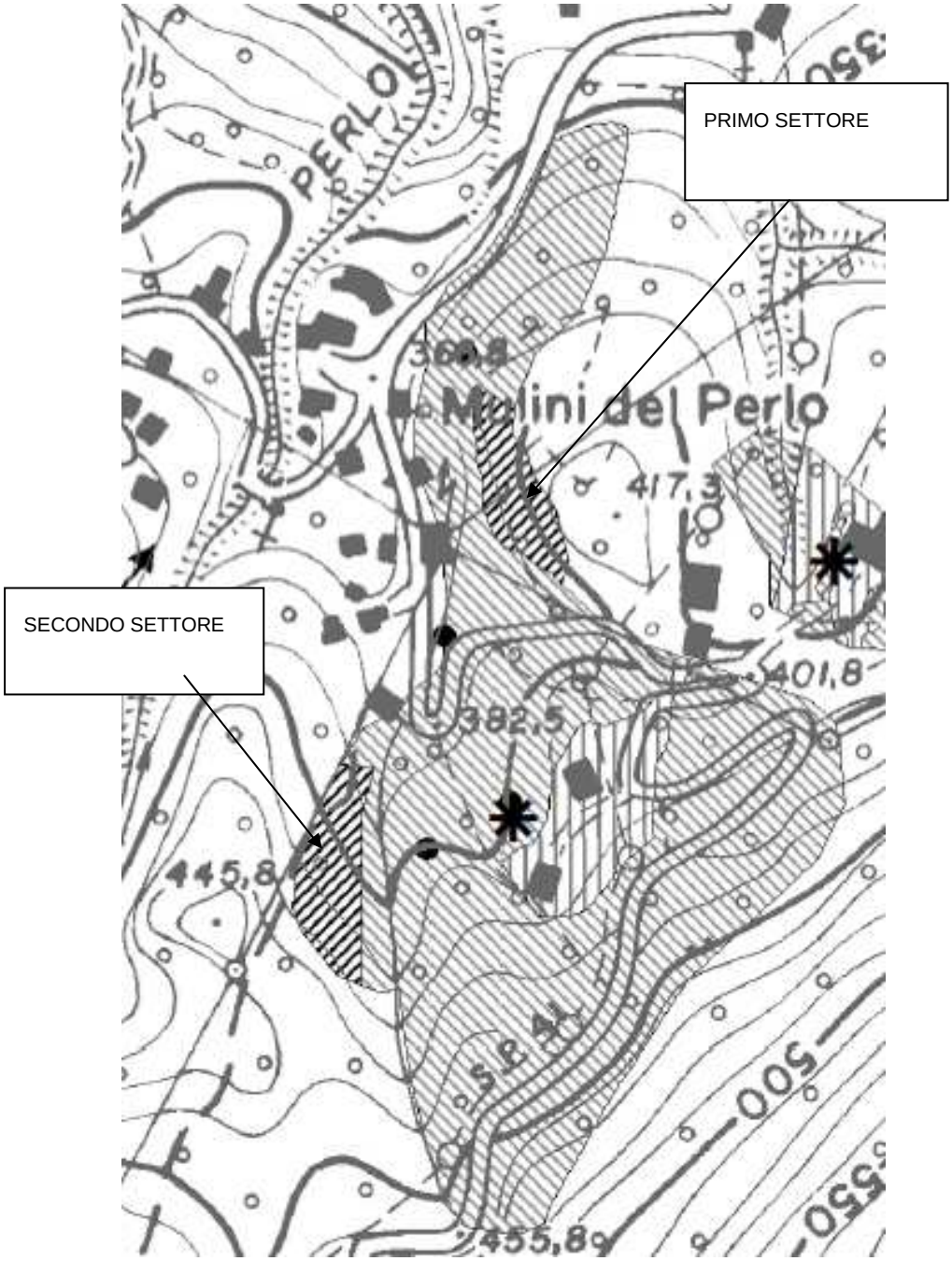
- Area di frana attiva (Fa)
- Area di frana quiescente (Fq)
- Area di frana relitta (Fr)
- Area di frana attiva non perimetrata (Fa)
- Area di frana quiescente non perimetrata (Fq)

8. AMBITO 2 MULINO DEL PERLO

La richiesta attiene la possibile verifiche di prosecuzione dell'attuale delimitazione di Fa.

Per tale aspetto un più accurato sopralluogo nell'area ha permesso di definire la segunte caratterizzazione locale.

I settori attualmente inseriti in Fa sono due piccoli ambiti, rispettivamente in destra e sinistra della strada provinciale.



PRIMO SETTORE

Stato dei luoghi

Il primo è situato comprende un piccolo ambito delle pendici di un dosso morenico parzialmente interessato da dissesto nel 2002.

Evento 2002 ambito di Fa e Fq

Il sopralluogo effettuato sulla restante porzione di dosso non ha evidenziato processi in atto, quiescenti o relitti,; il dosso in sommità si presenta stabile, coltivato a prato e frutteto.

Sommità del dosso

La rimanente porzione è caratterizzata dall'orlo e scarpata di antica erosione/modellamento ove i processi, non attivi, si possono principalmente instaurare per l'elevata pendenza (> di 35-40°) con il collasso di alberi (come probabilmente accaduto nel 2002). Tale ambito è stato inserito in area Fq.

Tipologia dei dissesti

Attualmente tutto il pendio è ricoperto da vegetazione arborea ed arbustiva.

Solo il settore di disseto del 2002 è riconoscibile vagamente per l'acclività

Coerenza fra attuale limite di PAI

Il riscontro dei luoghi conferma la perimetrazione definita di ambito Fa e Fq.

SECONDO SETTORE

Stato dei luoghi

Il secondo è situato comprende un ambito della sinistra idrografica di un piccolo affluente in destra idrografica del T. Perlo.

E' un ambito acclive, caratterizzato da vegetazione arborea d'alto fusto, impostato su coltre glaciale prima di stradi superficiali e ricca i matrice fine.

Il riscontro effettuato al fine di valutare l'ampliamento delle aree Fa/Fq ha effettivamente consentito la corretta riperimetrazione cartografica nell'area sia dell'area Fa (una nicchia di frana a monte di fabbricato con fuoriuscita di acqua alla base del pendio) sia di un ambito di Fq che interessa un settore di versante boscato con numerosi schianti di alberi e modesti potenziali processi di erosione superficiale.

Tipologia dei dissesti

Attualmente tutto il pendio è ricoperto da vegetazione arborea ed arbustiva e presenta evidenze dei passati dissesti (anche se coperti da vegetazione) ed ambiti di “accidenti” morfologici con acqua.

Coerenza fra attuale limite di PAI

Il riscontro dei luoghi conferma la perimetrazione definita di ambito Fa e Fq (studio precednete) ma consente una modifica con ampliamento della Fa e del limite di Fq.

Viene redatta la carta della pericolosità finale per l’ambito analizzato (Vedi allegato)

9. INTEGRAZIONE Norme geologiche AMBITO 3A

Relativamente a tale aspetto è stata recepita la richiesta di integrazione della noma di classe 3A con riferimento all'rt. 9 comma 3 delle NdA del PAI.

Si rimanda alle Norme geologiche allegate.

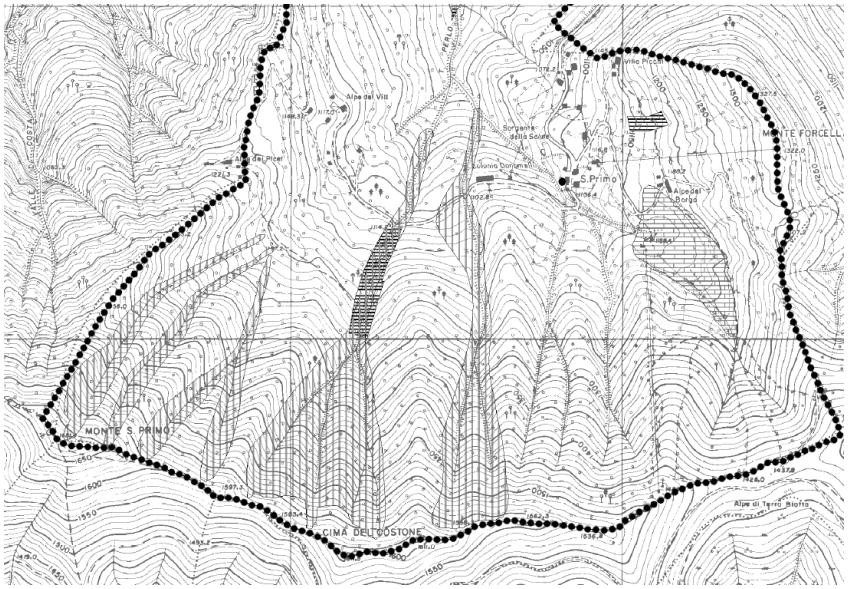
10. ALTRI AGGIORNAMNETI SUL TERRITORIO COMUNALE

Ulteriori richiesta sono stata oggetto di verifica.

10.1. Integrazione TAV 2 con dati SIRVAL.

Si prende atto della segnalazione e si riporta la perimetrazione indicata nel SIRVAL relativamente alle aree di valanga in loc. San Primo.

CARTA DEI DISSESTI PAI – APRILE 2012



Frane

- Area di frana attiva (Fa)
- Area di frana quiescente (Fq)
- Area di frana relitta (Fr)
- Area di frana attiva non perimetrata (Fa)
- Area di frana quiescente non perimetrata (Fq)

Esondazione e dissesti morfologici a carattere torrentizi

- Area a pericolosita molto elevata non perimetrata (Ee)
- Area a pericolosità molto elevata (Ee)

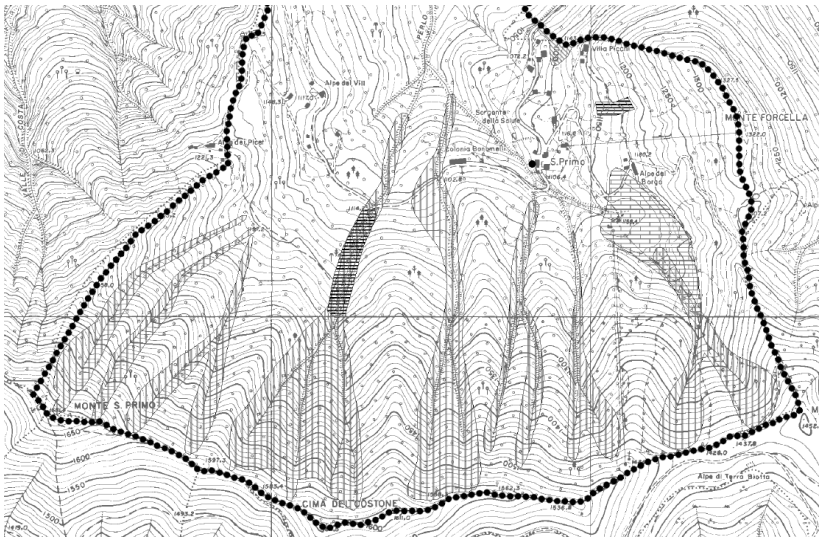
Trasporto di massa sui conoidi

- Ambito di conoide attiva non protetta (Ca)
- Ambito di conoide non recentemente riattivatisi o completamente protette da opere di difesa (Cn)

Valanghe

- Area a pericolosità media o moderata (Vm)

CARTA DEI DISSESTI PAI – DICEMBRE 2012



Frane

- Area di frana attiva (Fa)
- Area di frana quiescente (Fq)
- Area di frana relitta (Fr)
- Area di frana attiva non perimetrata (Fa)
- Area di frana quiescente non perimetrata (Fq)

Esondazione e dissesti morfologici a carattere torrentizio

- Area a pericolosita molto elevata non perimetrata (Ee)
- Area a pericolosità molto elevata (Ee)

Trasporto di massa sui conoidi

- Ambito di conoide attiva non protetta (Ca)
- Ambito di conoide non recentemente riattivatisi o completamente protette da opere di difesa (Cn)

Valanghe

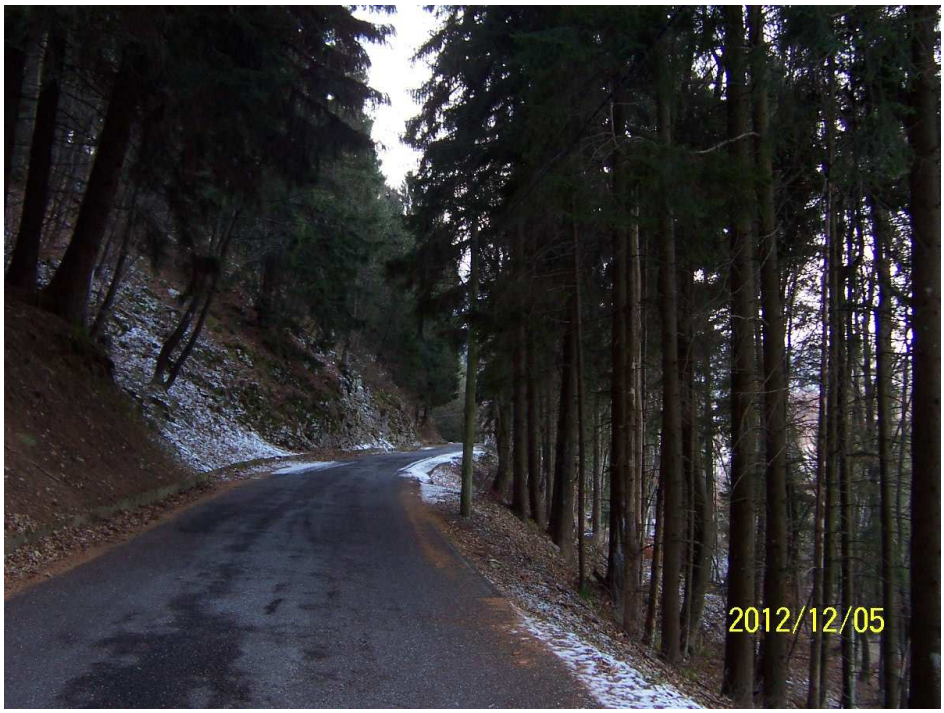
- Area a pericolosità media o moderata (Vm)

10.2. Coerenza con gli ambiti di Frana Attiva e quiescente del comune di Civenna

Il sopralluogo esperito nell'area ha evidenziato quanto segue.

Gli ambiti di Fq e Fa del comune di Civenna sono caratterizzati da un versante di media acclività completamente boscato con essenze d'alto fusto ove l'unica possibile dinamica riscontrata è rappresentata dal potenziale rotolamento di piccoli massi.

Settore prossimo al confine fra Civenna e Bellagio



Il versante: a monte il comune di Civenna in Fq/Fa e sotto starda il comune di Bellagio.

Nel settore comunale di Bellagio al confine con quello di Civenna, l'analisi ha evidenziato un pendio parzialmente urbanizzato, boscato e di media pendenza, che, oltre ad alcune gibbosità non evidenti particolari processi geomorfologici.

Unica eccezione la presenza di abbondanti venute d'acque anche in un periodo invernale circoscritte in alcuni settori del pendio; canali artificiali intercettano ed allontanano tali acque.

Tale elemento ha portato lo scrivente ad aggiornare in questo ambito la carta PAI inserendo al limite con il confine di Civenna, una piccola area potenzialmente instabile in ambito di Fq.

10.3. Segnalazioni a titolo puramente indicativo

Sono state totalmente recepite nell'aggiornamento le osservazioni formulate nel parere della Regione Lombardia, ovvero:

10.3.1. Ubicazione indagini geognostiche di riferimento

Sono riportate tali indicazioni, con ambito e numero relativo che fa riferimento alla seguente tabella:

N 1 *Progetto definitivo – esecutivo opere di consolidamento frana Giardini di Villa Melzi. Arch. A. Mazzeri – prof. Geol. Pier Luigi Vercesi- 2003*

N 2 *I movimenti franosi del novembre 2002 nel comune di Bellagio – Sitazione al febbraio 2005. Pro Alberto Clerici – 2005*

N 2 *Opere di sistemazione e consolidamento versanti in loc. Gorla- comune di Bellagio- Arch Tiziano Maranesi dott. Clerici A. - maggio 2003*

N 2 *Condizioni dei versanti in loc. Gorla- Relazione geologico tecnica- fabbraio 2005 – Prof A. Clerici*

- ***N 5*** *Comune di Bellagio. Valutazione preliminare del grado di rischio geologico connesso ai vecchi lavori minerari tra le frazioni di Vergonese e Guggiate – Dott. M. Riva ottobre 2008*
- ***N 3*** *Comune di Bellagio. Valutazione preliminare del grado di rischio geologico connesso ai vecchi lavori minerari nella proprietà Big Stuf s.r.l e del rischio idrogeologico del torrente limitrofo Loc. Vergonese – Dott. M. Riva – dicembre 2010*
- ***N 7*** *Indagine geognostica Hotel Villa Serbelloni – Dott. S. Ghilardi 1990 (coll Dott. Depoli)*
- ***N 8*** *Appli s.r.l Indagini geognostiche in comune di Bellagio (2008)- prove penetrometriche dinamiche continue*
- ***N 6-4*** *Indagini geologiche territoriali varie (es. Relazione geologica ampliamento depuratore, Relazioni progetti privati, ecc- 2005 – 2008 – 2011)*

- ***N varie*** *Misure in sito della Cu (Depoli anni 2005 – 2012)*

Trattandosi di numerosa documentazione si ritiene sufficiente il riferimento bibliografico, anche perché la maggior parte della documentazione è stata fornita dall'Amministrazione comunale.

10.3.2. Carta delle pendenze sull'intero territorio

E' stata redatta una carta delle pendenze (Tav n. 10) su l'intero territorio comunale., sulla base del nuovo DTM del comune.

10.3.3. Integrazione elementi di difesa idraulica

E' stata implementata la tav. T3 e T7 con quanto richiesto

10.3.4. Codifica dei pozzi e sorgenti

Nel limite dei dati a disposizione è stata integrata la Tav T3, modificandola anche in relazione alle nuove aree di salvaguardia fornite dal comune.

10.3.5. Aggiornamento pag 52 allegato A (relazione)

Il paragrafo è aggiornato nel seguente modo: (aggiornamento in grassetto corsivo)

"

"Dalla primavera del 2004 è stata approvata una normativa sismica che individua sul territorio nazionale quattro classi di sismicità.

La prima classe è quella più critica che interessa le aree centro - meridionali particolarmente coinvolte da terremoti, mentre il territorio lombardo, tutto classificato sismico, rientra nelle classi di sismicità 2, 3 e 4 presentando gradi di sismicità differente a seconda delle province. Le aree ad alto e medio rischio (zona 2 e 3) riguardano diversi comuni della provincia di Brescia, Bergamo, Cremona e Pavia. La classe 4 a basso rischio interessa invece il resto del territorio.

Il comune di Bellagio ricade in zona 4.

Nelle due classi più critiche ***compresa anche nella classe 4 di pericolosità sismica*** la normativa prevede che nella progettazione di edifici ed opere infrastrutturali si tenga conto degli effetti di amplificazione sismica dati dalla natura dei terreni e delle rocce in modo da realizzare strutture in grado di sopportare gli effetti delle scosse."

Il riferimento a pagg 54 e 55 :

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e per le zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2 e Z5 della Tabella 1 dell'Allegato 5) non è prevista l'applicazione degli studi di 2^ livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3^ livello, come specificato al punto successivo.

Nel territorio comunale di Bellagio all'interno delle previsioni di piano NON è programmata la realizzazione di nuovi edifici strategici.

***3^ livello**: definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite. Al fine di poter effettuare le analisi di 3^ livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati, rese disponibili sul SIT regionale.*

Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:

- *quando, a seguito dell'applicazione del 2^ livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5);*
- *in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2 e Z5).*

<u>È sostituito con:</u>

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e per le zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2 della Tabella 1 dell'Allegato 5) non è prevista l'applicazione degli studi di 2^ livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3^ livello, come specificato al punto successivo.

Nel territorio comunale di Bellagio all'interno delle previsioni di piano NON è programmata la realizzazione di nuovi edifici strategici.

3^ livello: definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite. Al fine di poter effettuare le analisi di 3^ livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati, rese disponibili sul SIT regionale.

Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:

- quando, a seguito dell'applicazione del 2^ livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5);
- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione (zone Z1, Z2).

10.3.6. Rappresentazione dei Geositi

Si è provveduto alla rappresentazione dei geositi nella carta dei Vincoli.

Colico, dicembre 2012

Depoli dott. Claudio

11. ALLEGATI:

Parere Regione Lombardia, Genio Civile di Como, dicembre 1997, prot. 309029 per area di rispetto di un pozzo

CARTOGRAFIA

Carta delle aree omogenee/ pericolosità preliminare e finale per aree di studio n. 1/5/6/7

Carta della pericolosità finale per area di studio per area di studio n. 3

G... -COMO
31 GEN 1998
PR... 80

RegioneLombardia

4271
9

Milano, lì 11 DIC. 1997

Giunta Regionale

Servizio Geologico e Tutela delle Acque
Ufficio Idrogeologia e Tutela delle Acque

PCe/BM/lf

prot. n. 389029

All'Ufficio del
Genio Civile
Via Lucini, 1

22100 - C O M O

OGGETTO: Parere in ordine alla definizione dell'area di rispetto di un pozzo pubblico nel Comune di Bellagio (Co)

rif. nota 2 giugno 1997, prot. n. 4155

Dall'esame della relazione presentata dal Comune di Bellagio e redatta dal P.M.I.P. di Como, concernente la ridefinizione delle aree di salvaguardia per i pozzi comunali ad uso potabile siti in località S. Giovanni, emerge quanto segue:

- l'acquifero sfruttato dai due pozzi non presenta protezione alcuna sia per quanto riguarda gli afflussi da monte (conoide del T. Perlo) sia per gli afflussi da lago. Pertanto è opportuno definire l'estensione della zona di rispetto utilizzando il criterio temporale per entrambe le direzioni di flusso;

- le isocrone a 60 giorni, riferite ai due pozzi e alle due direzioni di flusso, sono state ricalcolate utilizzando in modo cautelativo i parametri idrogeologici riportati in relazione. La zona di rispetto che dovrà essere adottata risulta essere leggermente pù estesa di quella proposta ed è stata delimitata con una linea a tratto-punta nella carta allegata. Si precisa inoltre che l'estensione della zona di rispetto definita con il criterio temporale è funzione della portata di emungimento del pozzo e dovrebbe pertanto essere calcolata utilzzando la portata massima di esercizio prevista. Nel caso in esame la portata è stata assunta pari a quella di esercizio attuale (10 l/sec) e pertanto, in caso di aumento della portata di esercizio in uno o in entrambi i pozzi utilizzati, la zona di rispetto dovrà essere ridefinita.

Distinti saluti.

IL DIRIGENTE DEL SERVIZIO
(dott.geol. Michele Presbitero)

Allegato 1

4274

034321689

RegioneLombardia

Como 09 GIU. 1998

Direzione Generale Affari Generali

Servizio Tecnico Amministrativo
Provinciale
Via Sinigi, 1
22100 Como
Tel. 031/320.1
Telefax 031/300.769

AL COMUNE DI
22021 BELLAGIO

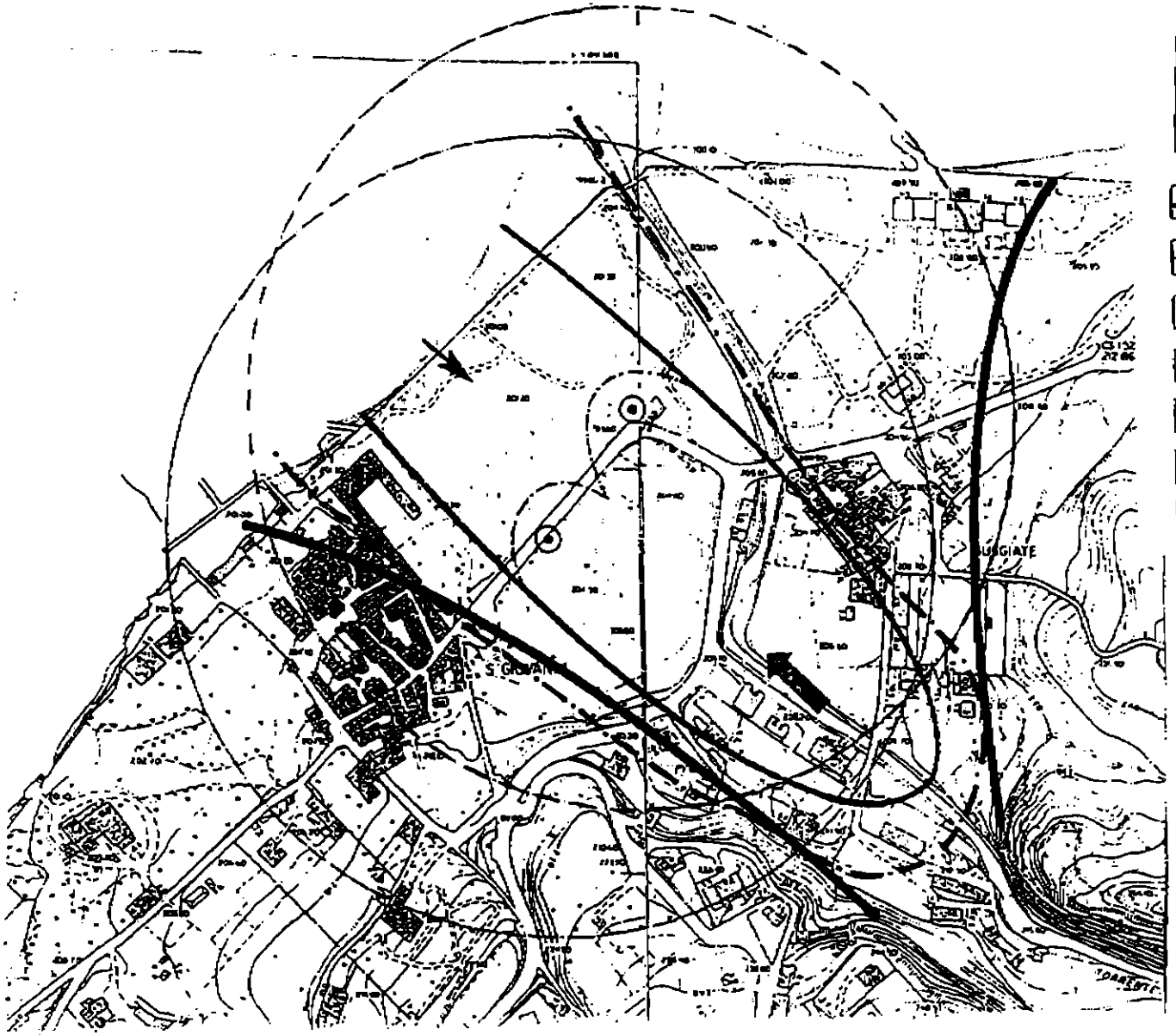
Oggetto
Prot.n. 2153 /GCAT/cc
Pratica n.B/619

OGGETTO: Ridefinizione aree di rispetto.

Per quanto in oggetto si trasmette copia del parere del Servizio Geologico che viene fatto proprio dall'ufficio scrivente. Rammentando che l'area proposta è stata leggermente ampliata come da allegato, si raccomanda l'amministrazione richiedente di recepirla nel proprio strumento urbanistico con i relativi vincoli derivanti.

Distinti saluti.

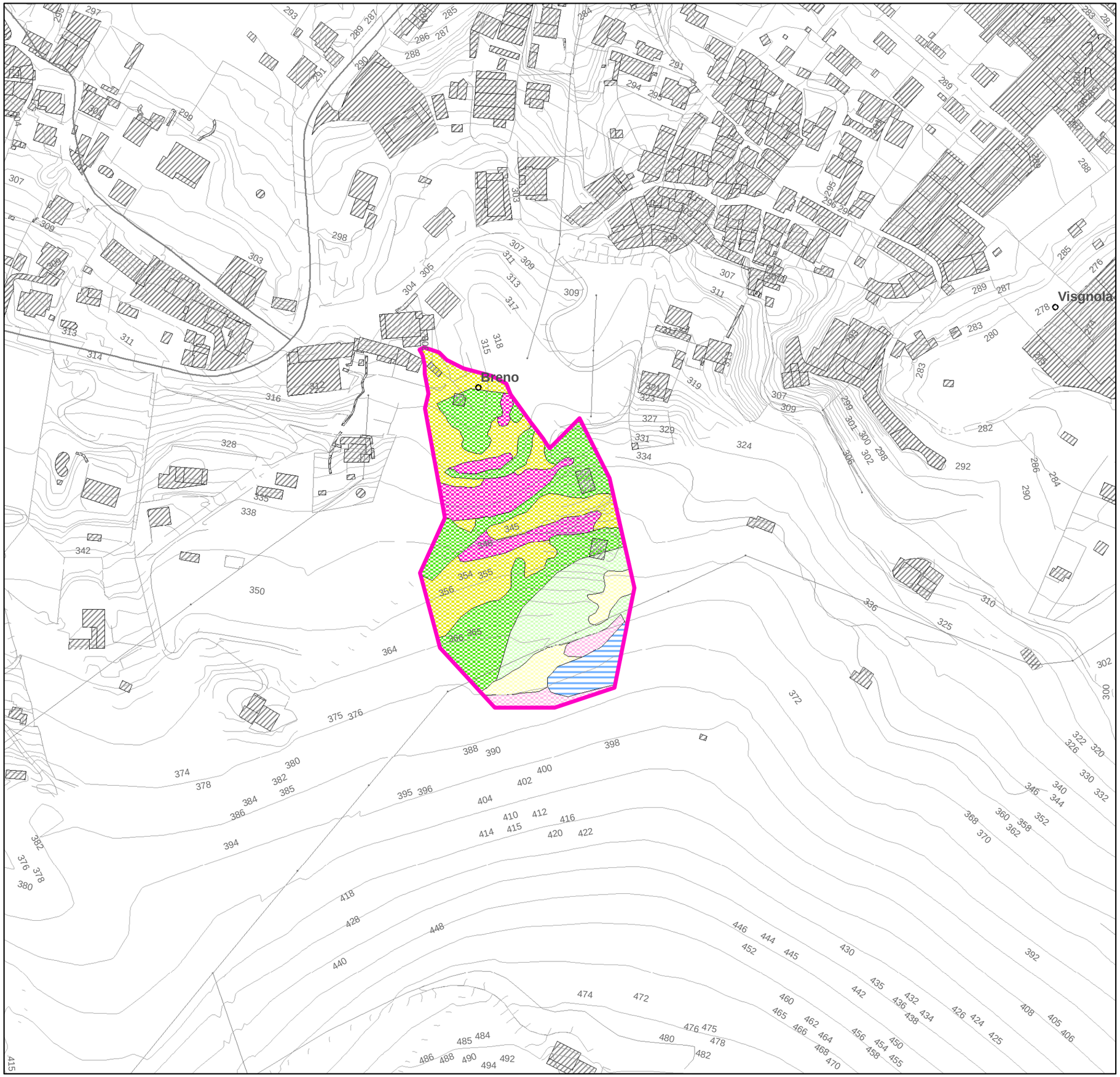
IL DIRIGENTE DELL'UFFICIO
(Dott.Ing. Rocco Pezzano)



AZIENDA U.S.S.L.

DATA:	25/11/96	TAV
RIF.:	RIDEFINIZIONE AREA DI RISP.	
OGGETTO:	AREA DI RISPETTO	
SCALA:	1:2000	firma:

- Zona di rispetto proposta
- Zona di rispetto con criterio geometrico
- Limite del conoide
- Isocrona 60 gg apporti da monte
- Direzione di flusso sotterranea (apporti da monte)
- Direzione di flusso sotterranea (apporti dal lago)
- pozzo



CARTA DELLE AREE OMOGENEE
Scala 1:2000

Area di studio 1 - loc. Breno

LEGENDA:

Ambito di analisi aree Fq - dissesti PAI

Limite amministrativo

Classi di pendeza

CLASSE 1 : Pendenza 0 - 20 °

CLASSE 2 : Pendenza 20 - 30 °

CLASSE 3 : Pendenza > 30 °

Parametri geomeccanici

DEPOSITO ELUVIALE

γ= 1.6 T/m^3

γ sat = 1.8 T/ m^3

φ=28°

DEPOSITO MORENICO

γ= 1.95 T/m^3

γ sat = 2.1 T/ m^3

φ=33°

SUBSTRATO LAPIDEO

γ= 2.44 T/m^3

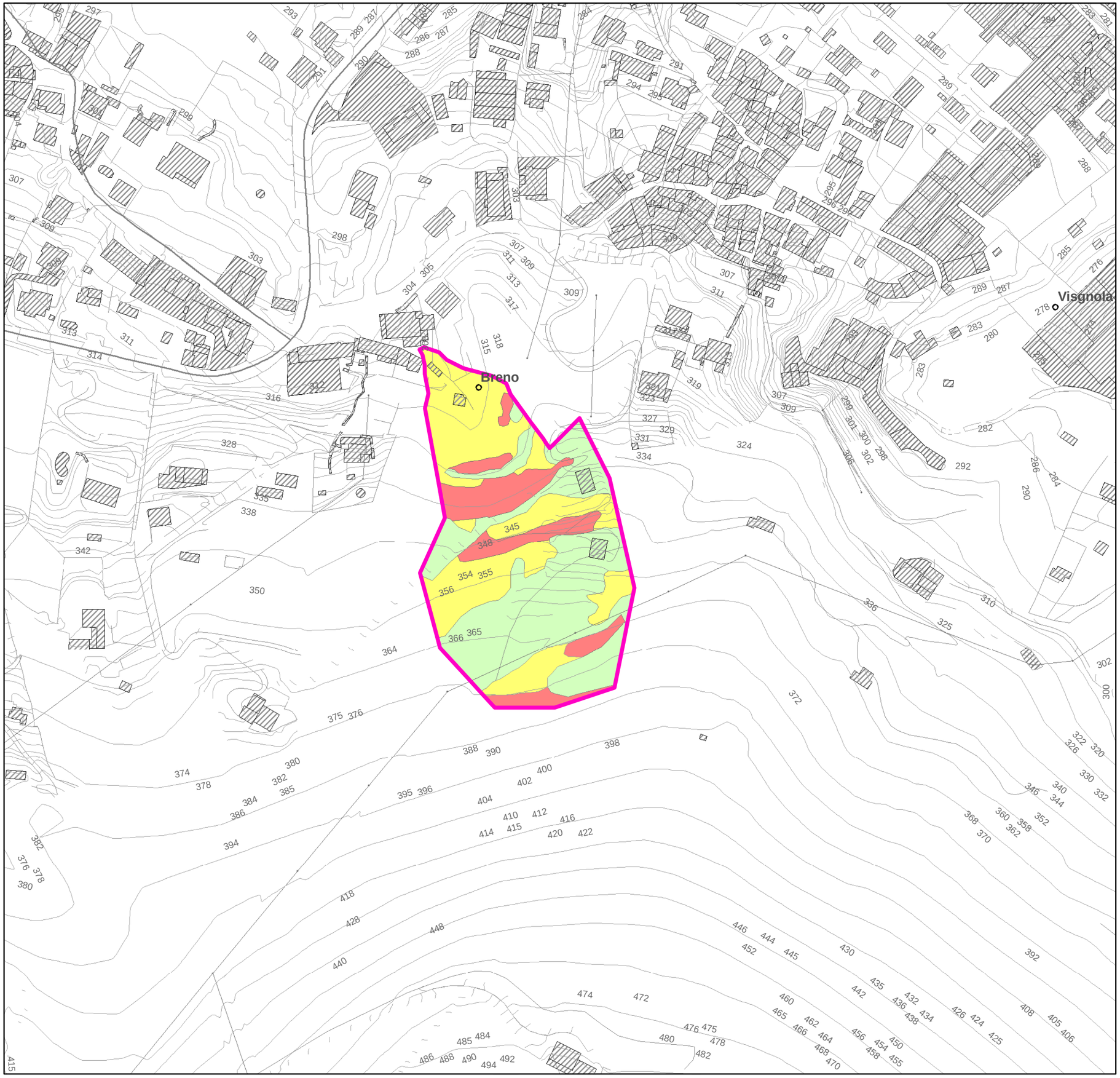
φ=45°

Aree omogenee

- Zona 1 - Substrato lapideo
- Zona 2 - Deposito eluviale - classe 1
- Zona 3 - Deposito eluviale - classe 2
- Zona 4 - Deposito eluviale - classe 3
- Zona 5 - Deposito morenico - classe 1
- Zona 6 - Deposito morenico - classe 2
- Zona 7 - Deposito morenico - classe 3

N
W E
S

CARTA DELLA PERICOLOSITA' PRELIMINARE
Scala 1:2000



Area di studio 1 - loc. Breno

LEGENDA:

Ambito di analisi aree Fq - dissesti PAI

Limite amministrativo

Attribuzione della pericolosità alle aree omogenee

H2	CLASSE 1 : Pendenza	0 - 20 °
H3	CLASSE 2 : Pendenza	20 - 30 °
H4	CLASSE 3 : Pendenza	> 30 °

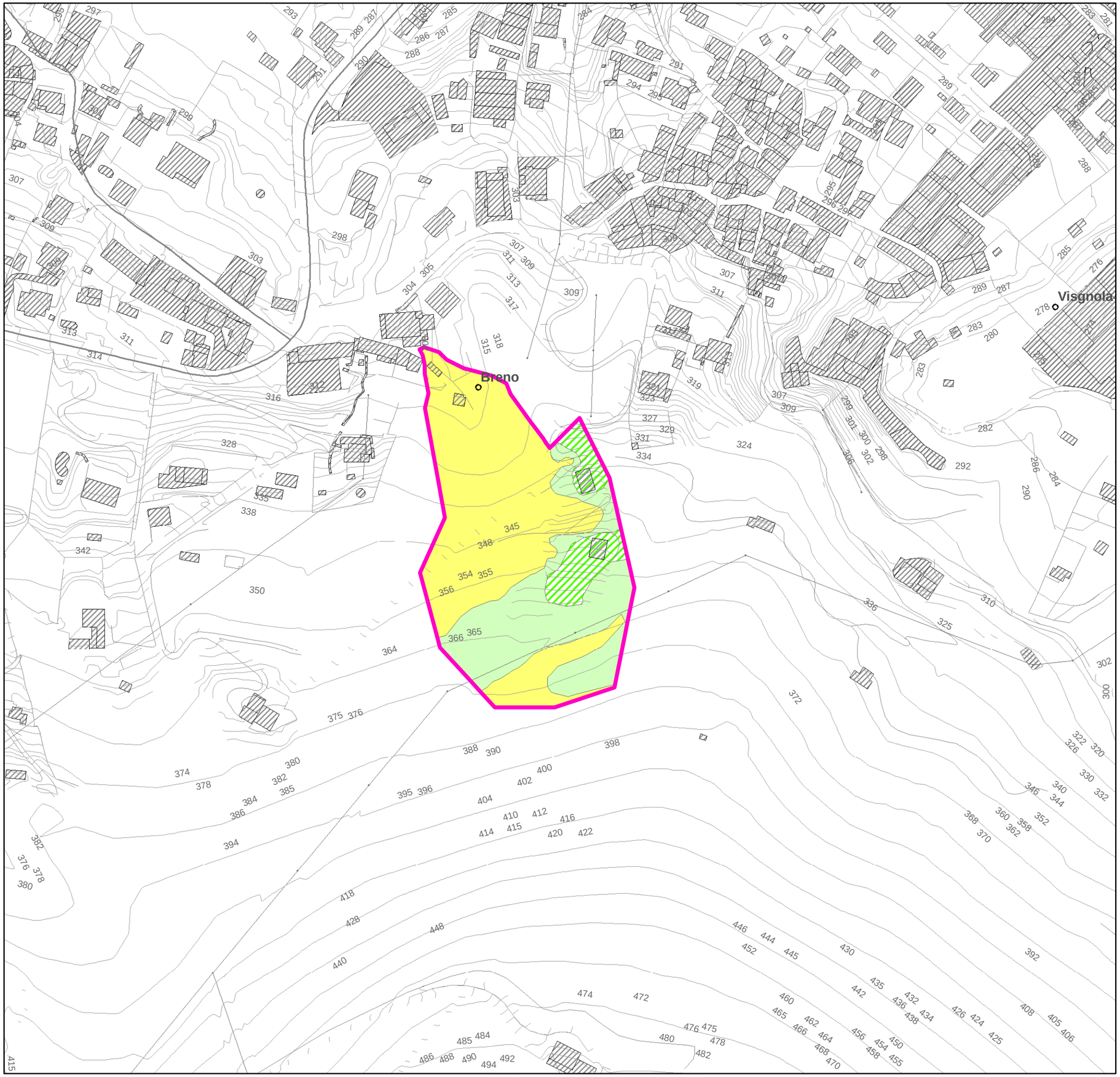
Attribuzione della pericolosità all'analisi di stabilità

H2	Fs = 1.4 - 2.0
H3	Fs = 1.2 - 1.4
H4	Fs = 1.0 - 1.2

N
W E
S

CARTA DELLA PERICOLOSITA' FINALE
Scala 1:2000

Area di studio 1 - loc. Breno



LEGENDA:

Ambito di analisi aree Fq - dissesti PAI

Limite amministrativo

Attribuzione della pericolosità finale

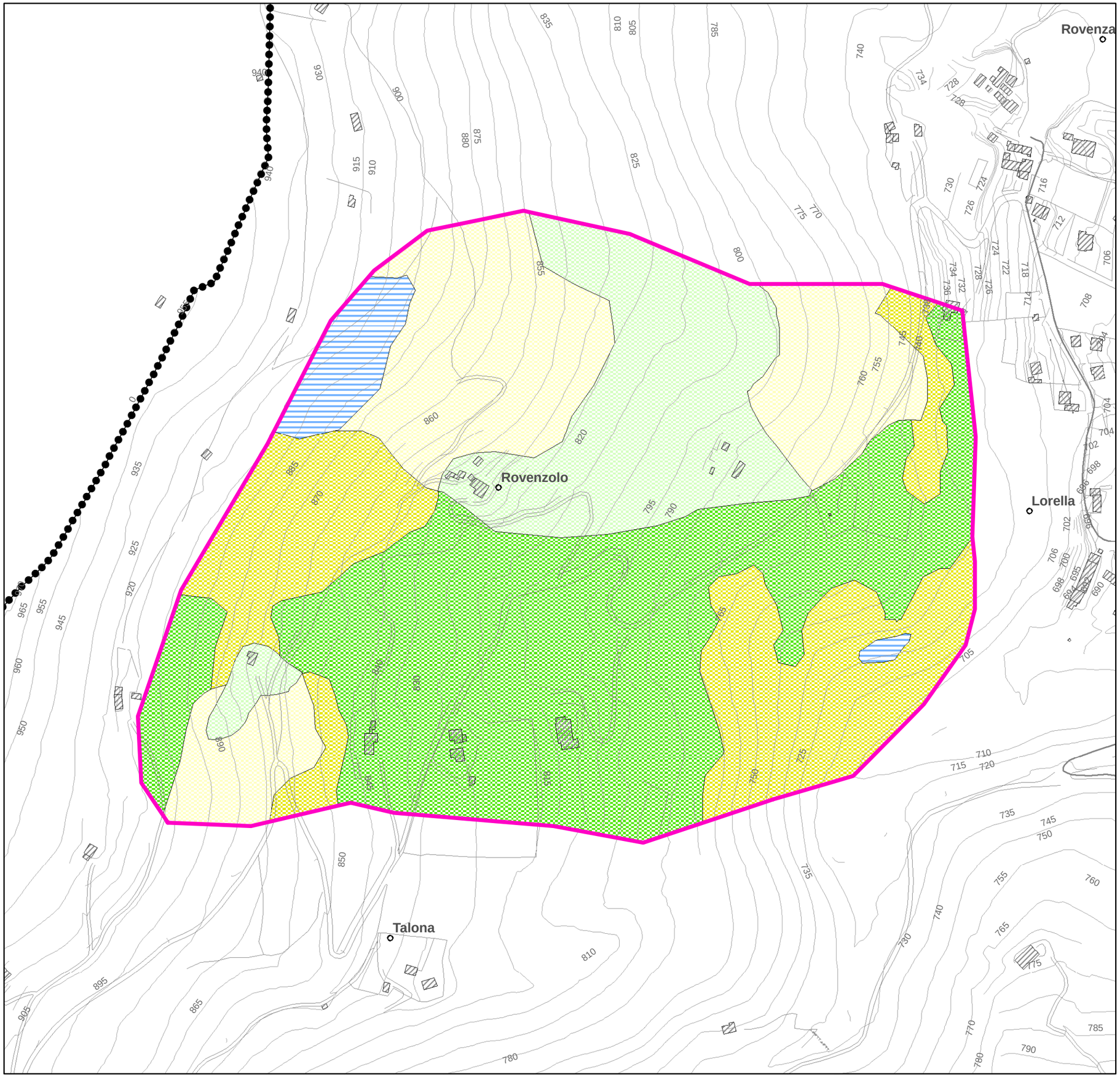
H1

H2

H3

H4

N
W
E
S



CARTA DELLE AREE OMOGENEE
Scala 1:3000

Area di studio 5 - Loc. Rovenzola

LEGENDA:

Ambito di analisi aree Fq - dissesti PAI

Limite amministrativo

Classi di pendeza

CLASSE 1 : Pendenza 0 - 20 °

CLASSE 2 : Pendenza 20 - 30 °

CLASSE 3 : Pendenza > 30 °

Parametri geomeccanici

DEPOSITO ELUVIALE

γ= 1.6 T/m^3

γ sat = 1.8 T/ m^3

φ=28°

DEPOSITO MORENICO

γ= 1.95 T/m^3

γ sat = 2.1 T/ m^3

φ=33°

SUBSTRATO LAPIDEO

γ= 2.44 T/m^3

φ=45°

Aree omogenee

Zona 1 - Substrato lapideo

Zona 2 - Deposito eluviale - classe 1

Zona 3 - Deposito eluviale - classe 2

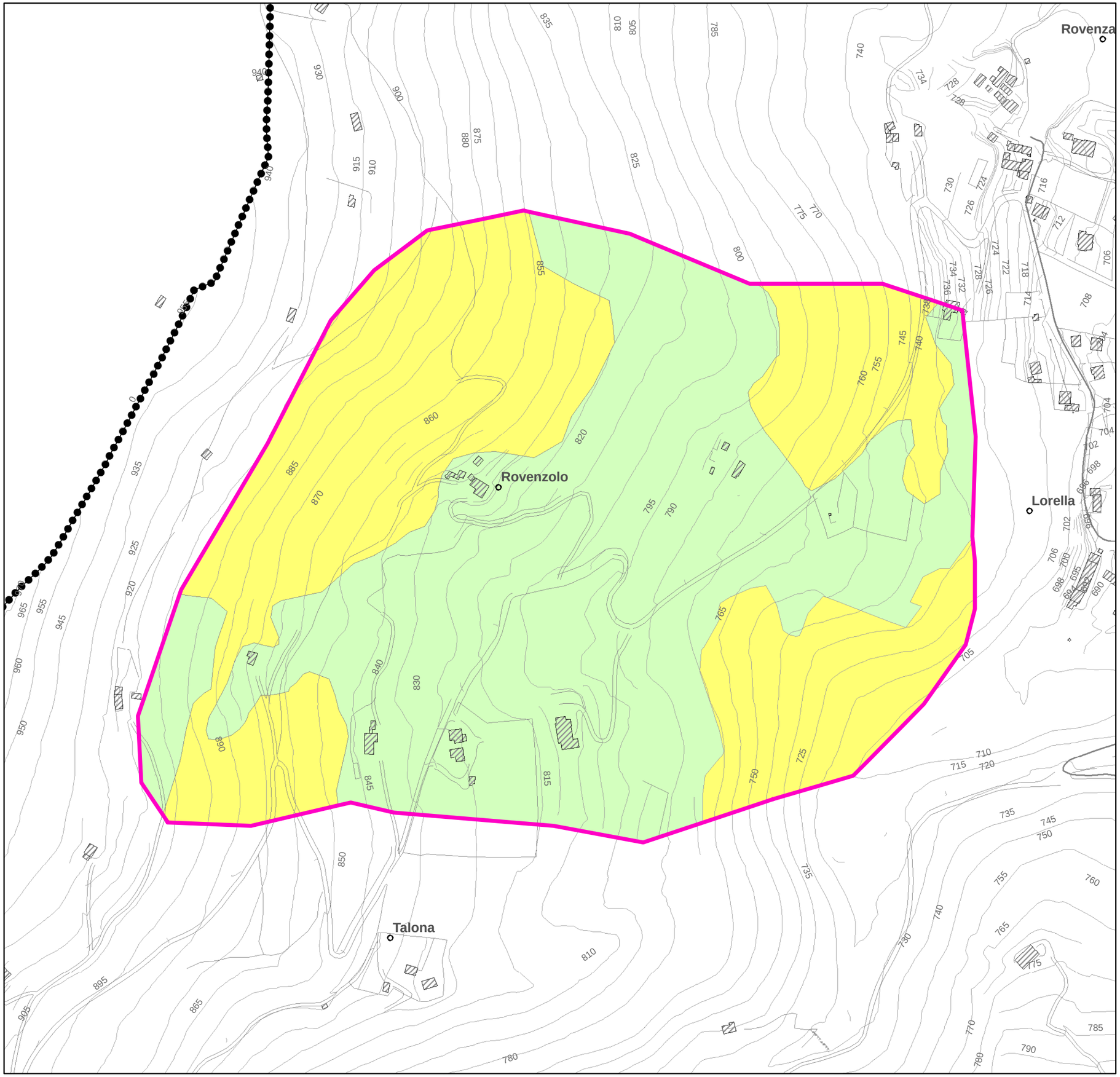
Zona 4 - Deposito eluviale - classe 3

Zona 5 - Deposito morenico - classe 1

Zona 6 - Deposito morenico - classe 2

Zona 7 - Deposito morenico - classe 3

N W E S



CARTA DELLA PERICOLOSITA' PRELIMINARE
Scala 1:3000

Area di studio 5 - Loc. Rovenzola

LEGENDA:

Ambito di analisi aree Fq - dissesti PAI

Limite amministrativo

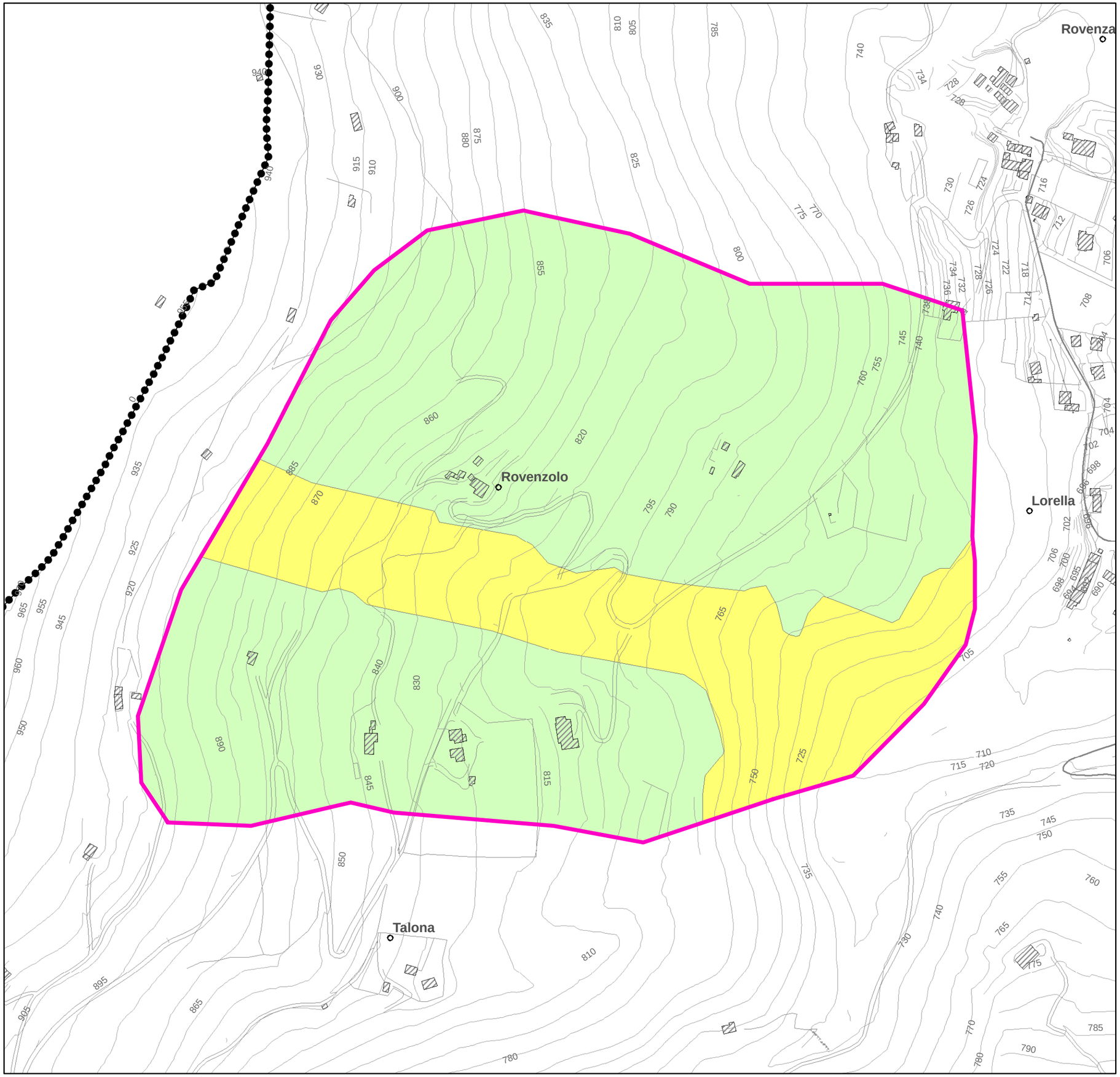
Attribuzione della pericolosità alle aree omogenee

H2	CLASSE 1 : Pendenza	0 - 20 °
H3	CLASSE 2 : Pendenza	20 - 30 °
H4	CLASSE 3 : Pendenza	> 30 °

Attribuzione della pericolosità all'analisi di stabilità

H2	Fs = 1.4 - 2.0
H3	Fs = 1.2 - 1.4
H4	Fs = 1.0 - 1.2

N
W E
S



CARTA DELLA PERICOLOSITA' FINALE
Scala 1:3000

Area di studio 5 - Loc. Rovenzola

LEGENDA:

Ambito di analisi aree Fq - dissesti PAI

Limite amministrativo

Attribuzione della pericolosità finale

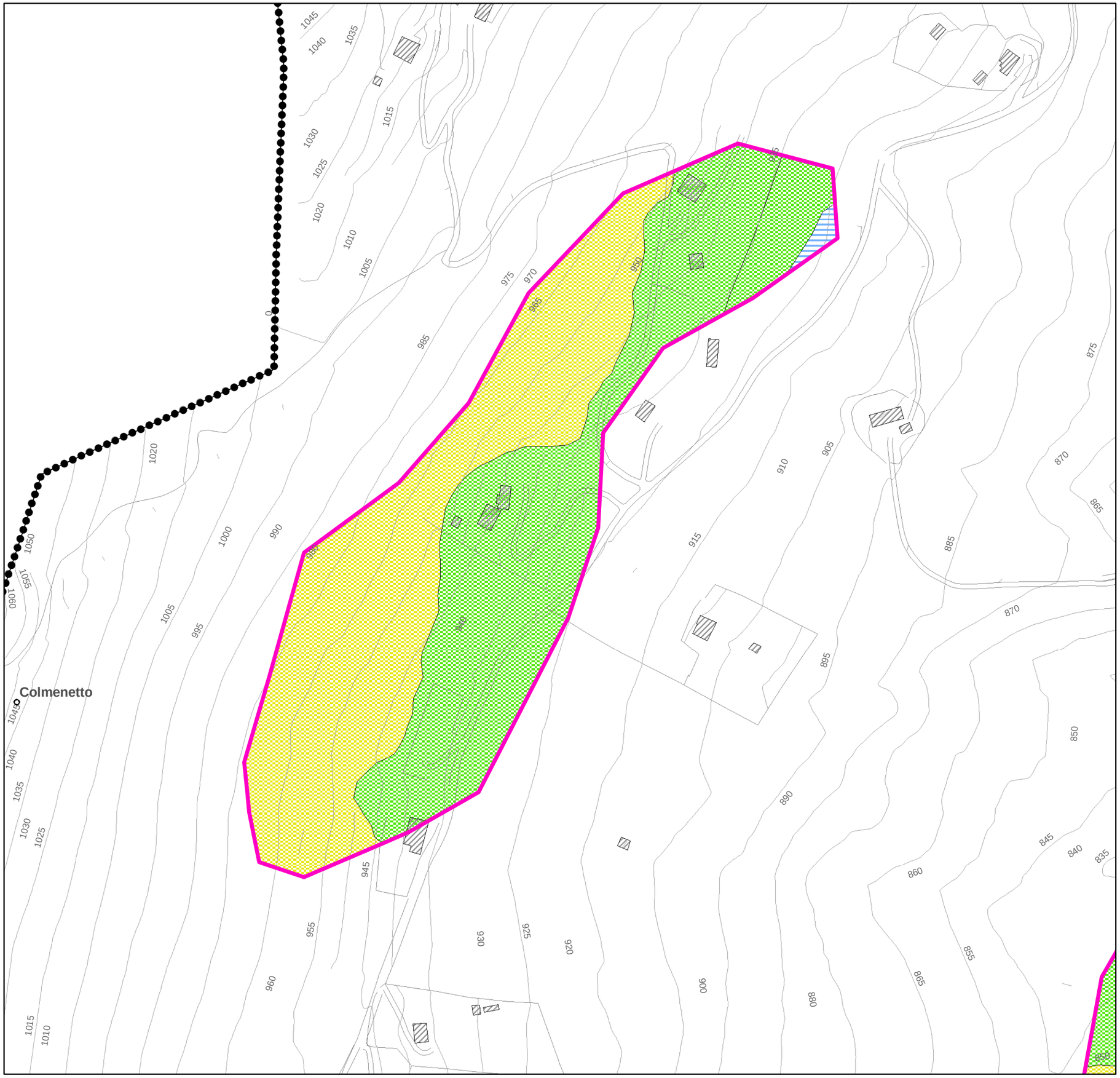
H1

H2

H3

H4

N
W E
S



CARTA DELLE AREE OMOGENEE
Scala 1:2000

Area di studio 6 - Loc. Monte Fopa

LEGENDA:

Ambito di analisi aree Fq - dissesti PAI

Limite amministrativo

Classi di pendeza

CLASSE 1 : Pendenza 0 - 20 °

CLASSE 2 : Pendenza 20 - 30 °

CLASSE 3 : Pendenza > 30 °

Parametri geomeccanici

DEPOSITO ELUVIALE

γ= 1.6 T/m^3

γ sat = 1.8 T/ m^3

φ=28°

DEPOSITO MORENICO

γ= 1.95 T/m^3

γ sat = 2.1 T/ m^3

φ=33°

SUBSTRATO LAPIDEO

γ= 2.44 T/m^3

φ=45°

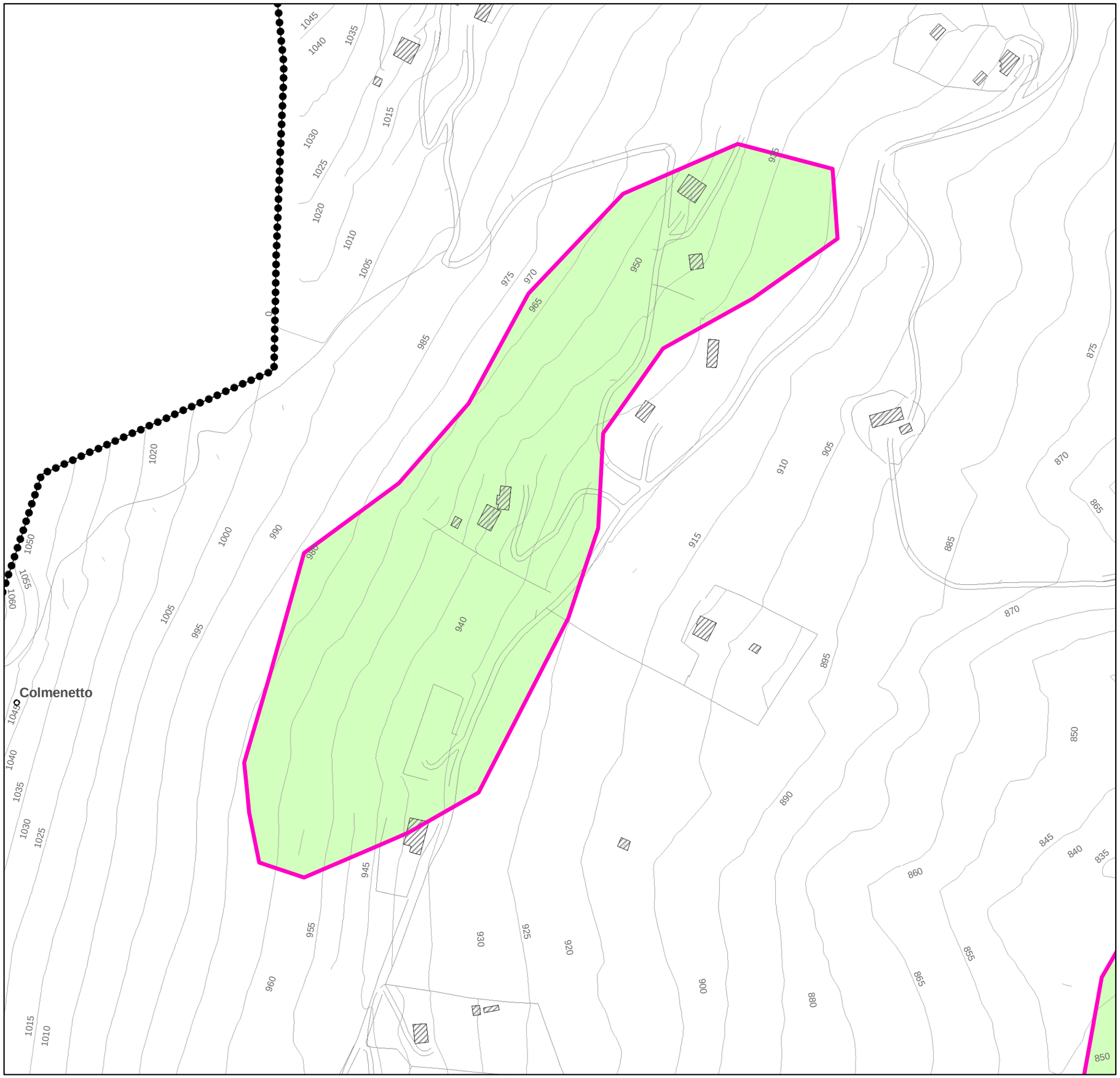
Aree omogenee

- Zona 1 - Substrato lapideo
- Zona 2 - Deposito eluviale - classe 1
- Zona 3 - Deposito eluviale - classe 2
- Zona 4 - Deposito eluviale - classe 3
- Zona 5 - Deposito morenico - classe 1
- Zona 6 - Deposito morenico - classe 2
- Zona 7 - Deposito morenico - classe 3

N W E S

CARTA DELLA PERICOLOSITA' FINALE
Scala 1:2000

Area di studio 6 - Loc. Monte Fopa



LEGENDA:

Ambito di analisi aree Fq - dissesti PAI

Limite amministrativo

Attribuzione della pericolosità finale

H1

H2

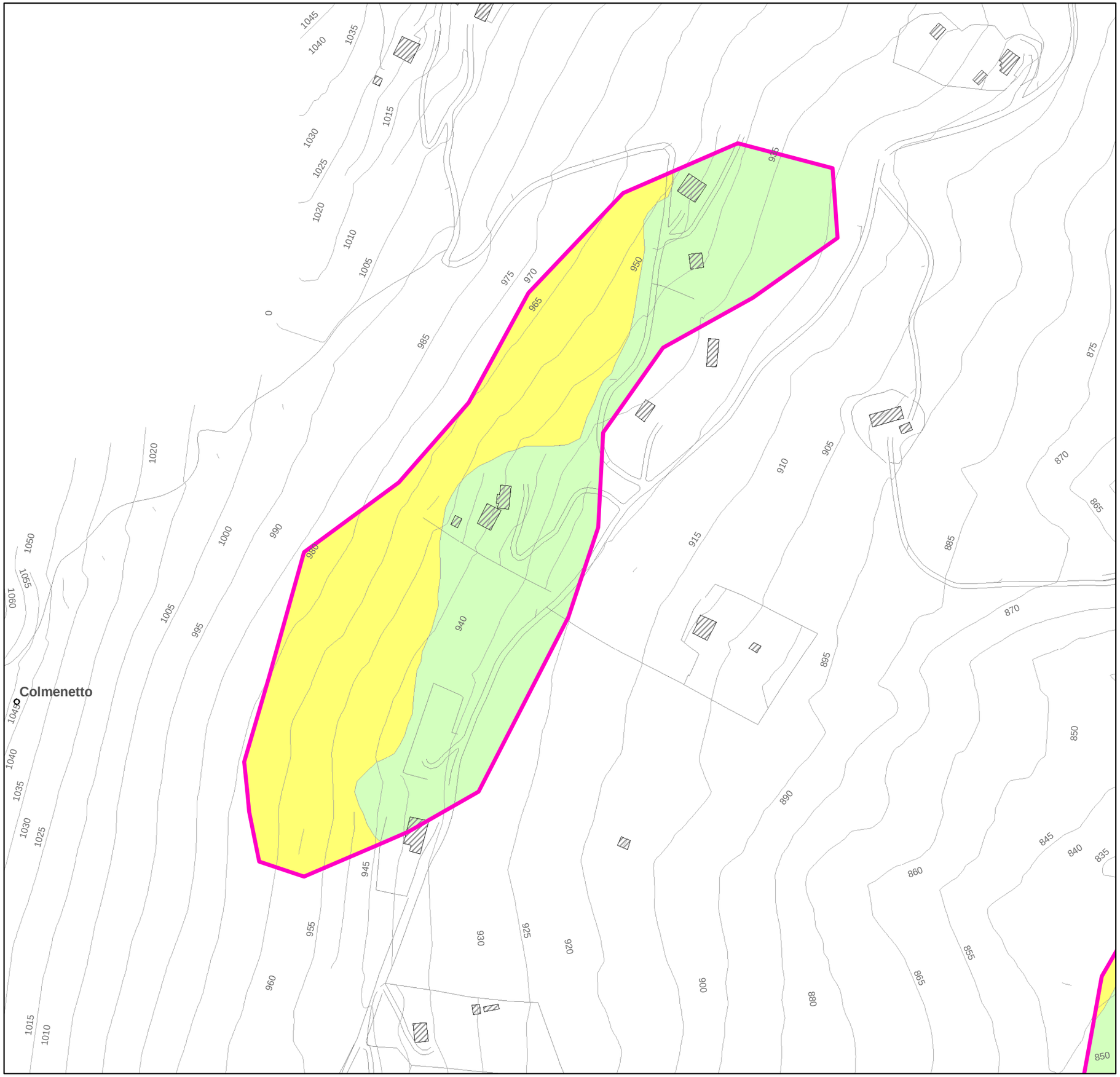
H3

H4

N
W
E
S

CARTA DELLA PERICOLOSITA' PRELIMINARE
Scala 1:2000

Area di studio 6 - Loc. Monte Fopa



LEGENDA:

Ambito di analisi aree Fq - dissesti PAI

Limite amministrativo

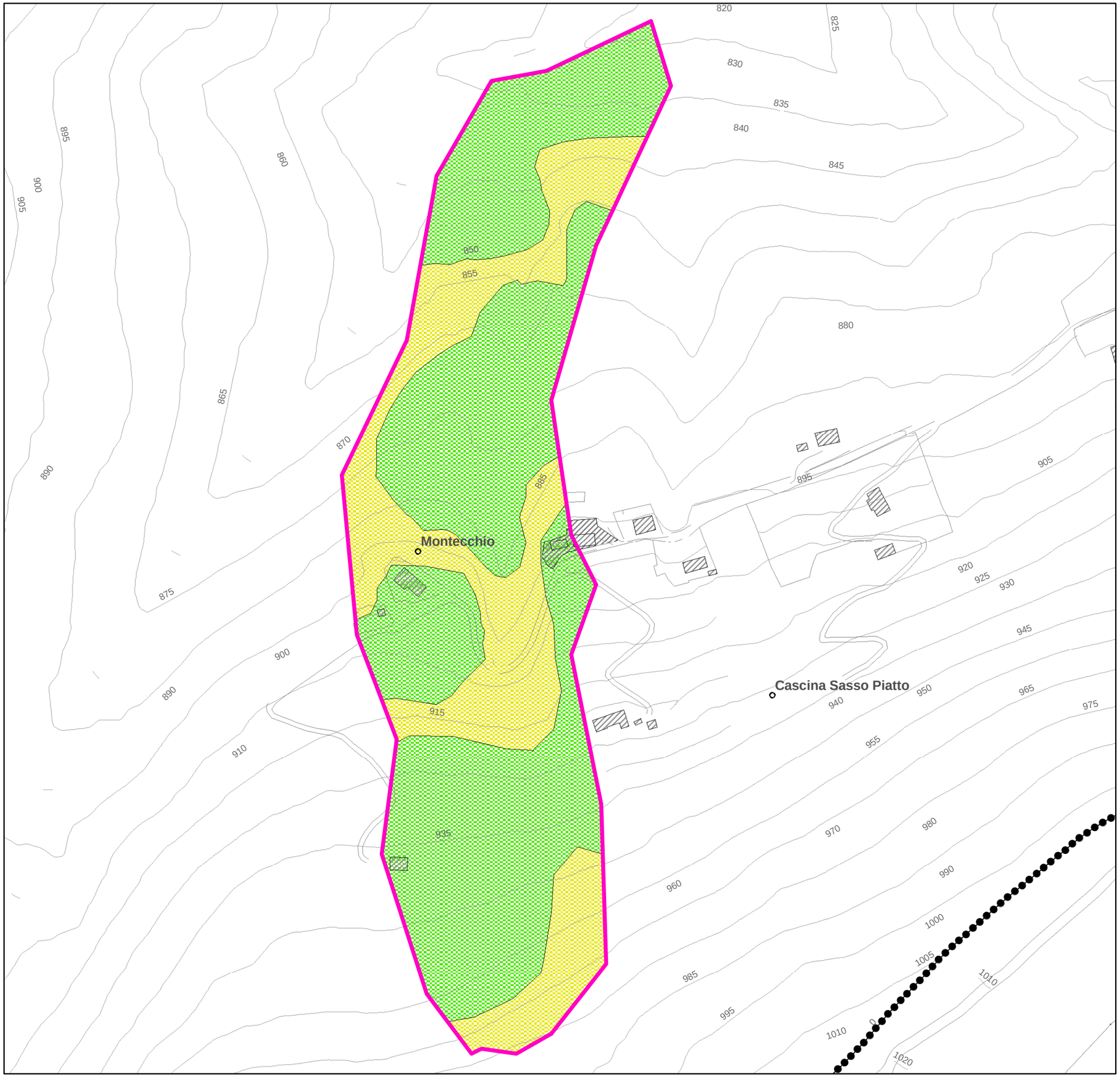
Attribuzione della pericolosità alle aree omogenee

H2	CLASSE 1 : Pendenza	0 - 20 °
H3	CLASSE 2 : Pendenza	20 - 30 °
H4	CLASSE 3 : Pendenza	> 30 °

Attribuzione della pericolosità all'analisi di stabilità

H2	Fs = 1.4 - 2.0
H3	Fs = 1.2 - 1.4
H4	Fs = 1.0 - 1.2

N
W E
S



CARTA DELLE AREE OMOGENEE
Scala 1:2000

Area di studio 7 - Loc. Pra Filippo

LEGENDA:

Ambito di analisi aree Fq - dissesti PAI

Limite amministrativo

Classi di pendeza

CLASSE 1 : Pendenza 0 - 20 °

CLASSE 2 : Pendenza 20 - 30 °

CLASSE 3 : Pendenza > 30 °

Parametri geomeccanici

DEPOSITO ELUVIALE

γ= 1.6 T/m^3

γ sat = 1.8 T/ m^3

φ=28°

DEPOSITO MORENICO

γ= 1.95 T/m^3

γ sat = 2.1 T/ m^3

φ=33°

SUBSTRATO LAPIDEO

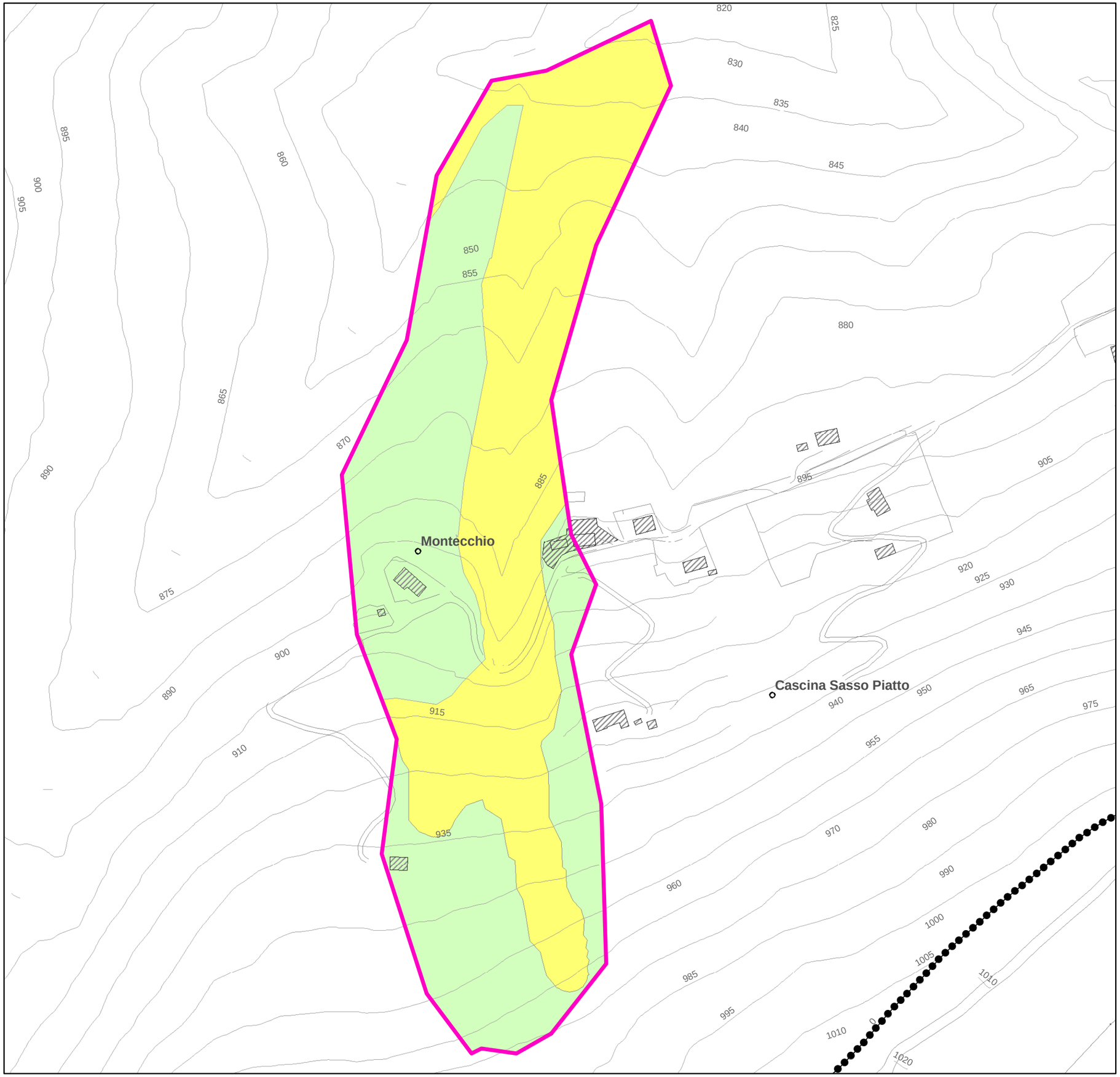
γ= 2.44 T/m^3

φ=45°

Aree omogenee

- Zona 1 - Substrato lapideo
- Zona 2 - Deposito eluviale - classe 1
- Zona 3 - Deposito eluviale - classe 2
- Zona 4 - Deposito eluviale - classe 3
- Zona 5 - Deposito morenico - classe 1
- Zona 6 - Deposito morenico - classe 2
- Zona 7 - Deposito morenico - classe 3

N
W E
S



CARTA DELLA PERICOLOSITA' PRELIMINARE
Scala 1:2000

Area di studio 7 - Loc. Pra Filippo

LEGENDA:

Ambito di analisi aree Fq - dissesti PAI

Limite amministrativo

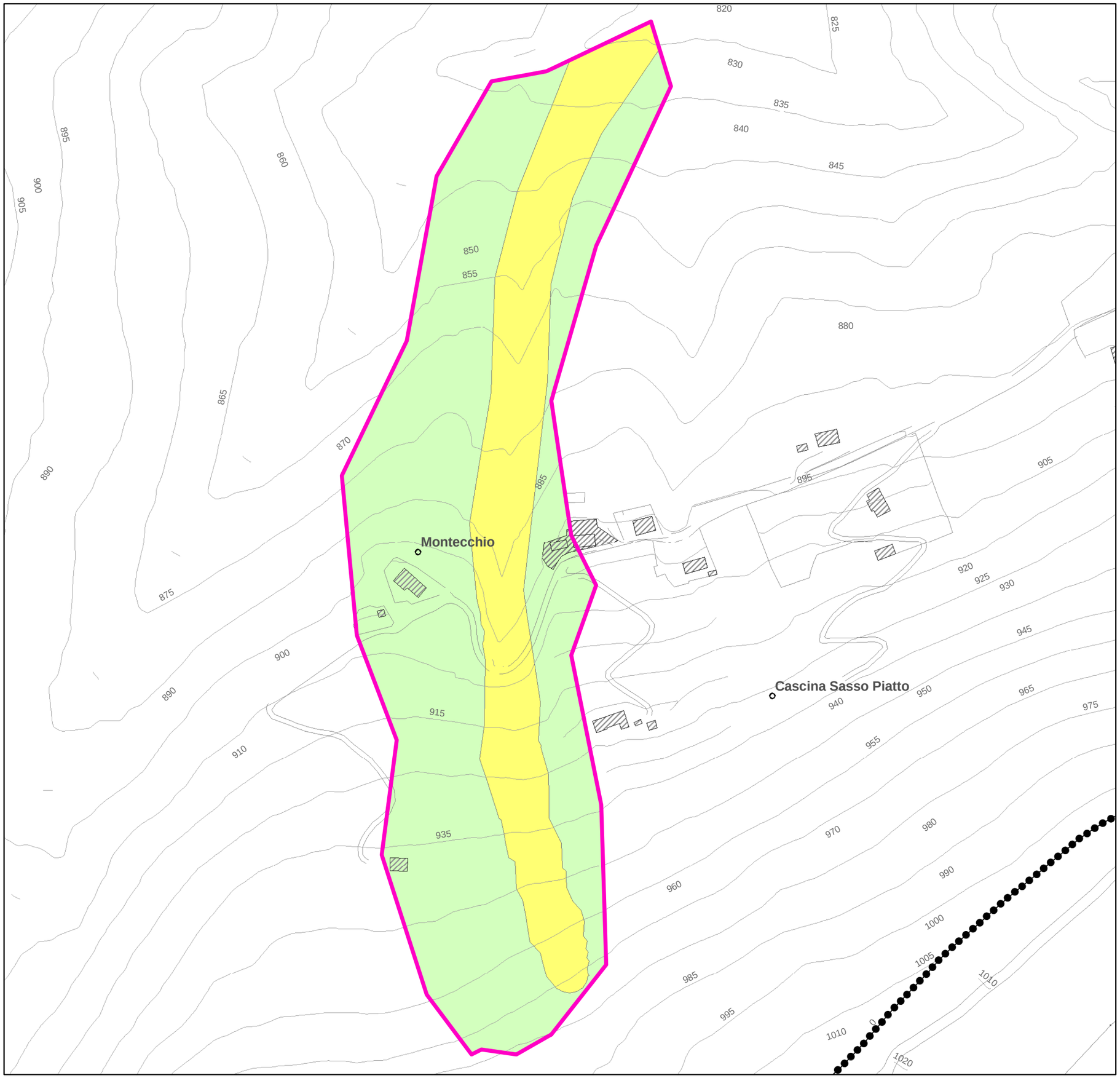
Attribuzione della pericolosità alle aree omogenee

H2	CLASSE 1 : Pendenza	0 - 20 °
H3	CLASSE 2 : Pendenza	20 - 30 °
H4	CLASSE 3 : Pendenza	> 30 °

Attribuzione della pericolosità all'analisi di stabilità

H2	Fs = 1.4 - 2.0
H3	Fs = 1.2 - 1.4
H4	Fs = 1.0 - 1.2

N
W E
S



CARTA DELLA PERICOLOSITA' FINALE
Scala 1:2000

Area di studio 7 - Loc. Pra Filippo

LEGENDA:

Ambito di analisi aree Fq - dissesti PAI

Limite amministrativo

Attribuzione della pericolosità finale

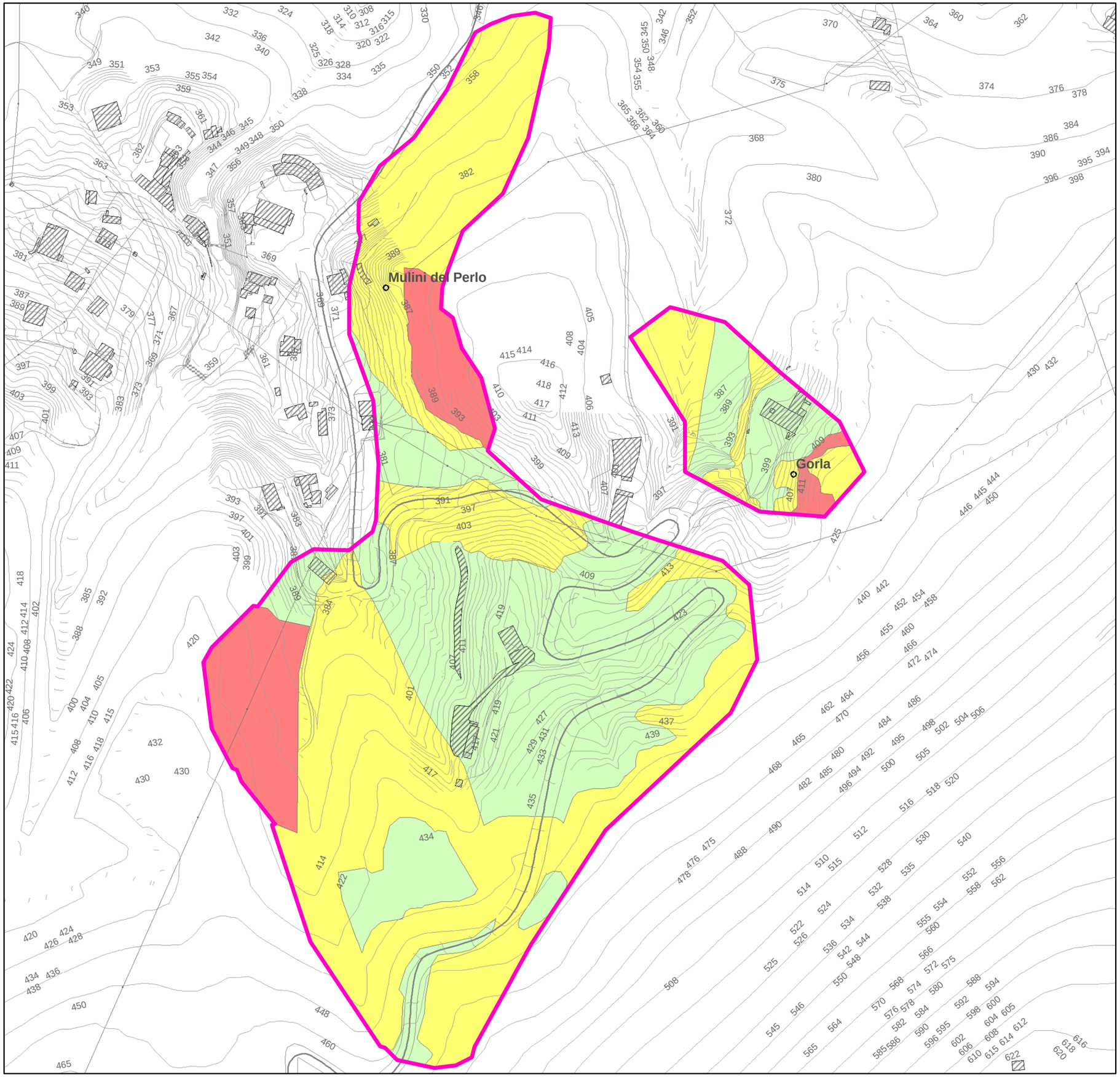
H1

H2

H3

H4

N
W E
S



CARTA DELLA PERICOLOSITA' FINALE
Scala 1:2000

Area di studio 2 - loc. Mulino del Perlo
Area di studio 3 - loc. Mulino del Perlo

LEGENDA:

Ambito di analisi aree Fq - dissesti PAI

Limite amministrativo

Attribuzione della pericolosità finale

H1

H2

H3

H4

N
W E
S