



COMUNE DI COMO
Via Vittorio Emanuele II – n. 97
COMO

STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO ED IDRAULICO
PER LA DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA'
DEL TORRENTE COSIA
CON RIDETERMINAZIONE DEI CONTENUTI RELATIVI ALL'ART. 106
DELLE DISPOSIZIONI ATTUATIVE DEL PGT

OTTOBRE 2014

	NOME	FIRMA	DATA
REDAZIONE	S. Frati		
VERIFICA	S. Frati		
APPROVAZIONE	S. Frati		

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA PROFESSIONALE:

CAPOGRUPPO/MANDATARIO:

MANDANTE

MANDANTE

Dott. Geol. STEFANO FRATI

 **Studio Frati**
geologia applicata

Via P. M. Faverio n° 4
22079 Villa Guardia CO

Tel e fax 031-563148
E-mail frati@geologi.it

ETATEC

STUDIO PAOLETTI

ETATEC STUDIO PAOLETTI S.r.l.

SOCIETA' DI INGEGNERIA

Via Bassini, 23 - 20133 MILANO (IT)

Tel.+39 02 26681264 - Fax +39 02 26681553

etatec@etatec.it - etatec@pec.etatec.it

www.etatec.it



Sistema Certificato
UNI EN ISO 9001
SC 06-67/24, 24



Dott. Ing. SIMONE MELOCCHI

Via Don Minzoni, 3
24040 Arcene (BG)
Tel. 3291979160
simone.melocchi@ingpec.eu

ORDINE DEGLI INGEGNERI
della Provincia di Bergamo
n. 3717

UN DIRETTORE TECNICO :

Dott. Ing. GIOVANNI BATTISTA PEDUZZI

TITOLO

RELAZIONE GEOLOGICA

Revisioni	N°	Descrizione	Data
	1		
	2		

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	2
2.1 ASPETTI STRATIGRAFICI.....	2
2.2 ASPETTI TETTONICI.....	8
2.3 ASPETTI GEOMORFOLOGICI	10
3. USO DEL SUOLO	12
4. STATO DEL DISSESTO	12
4.1 GEOIFFI - INVENTARIO DELLE FRANE E DEI DISSESTI IDROGEOLOGICI	13
4.2 CARTOGRAFIA PAI	15
4.3 INTERFEROMETRIA RADAR DA SATELLITE	15
4.4 DISSESTI STORICI.....	17
4.5 ANALISI DIRETTA.....	19
5. CARTA DELLA ERODIBILITA'	21
6. CARTA DELLA PRODUZIONE DEI SEDIMENTI.....	22
7. CONCLUSIONI	27

1. PREMESSA

Il torrente Cosia è un corso d'acqua appartenente al reticolo idrico principale. Con tale termine si individuano i corsi d'acqua di maggiore significatività in termini di estensione del bacino, lunghezza dell'asta o di potenziali problematiche sotto il profilo idraulico ed idrogeologico. Appartengono al reticolo idrico principale i corsi d'acqua già iscritti negli elenchi delle acque pubbliche di cui al R.D. 1775/33, quelli assimilabili ad acque pubbliche, i fiumi e torrenti in cui sono state realizzate nel tempo opere idrauliche da parte degli Enti Pubblici, o quelli soggetti a derivazioni significative.

Il reticolo idrico principale è definito nella d.g.r. 31/10/2013 n. X/883 – Allegato A – *Individuazione del reticolo idrico principale*.

In tale delibera, l'asta del torrente Cosia appartenente al reticolo idrico principale viene definita come sintetizzato in Tabella 1.

Tabella 1 – Torrente Cosia, definizione reticolo principale

<i>Comuni attraversati</i>	<i>Foce o sbocco</i>	<i>Tratto classificato come principale</i>	<i>Elenco AA. PP</i>
Albavilla, Albese con Cassano, Como, Tavernerio	Lago di Como	Dallo sbocco alla diga di Leana ¹	159

Le funzioni di Autorità idraulica² e l'attività di polizia idraulica sul reticolo idrico principale sono attribuite a Regione Lombardia.

Ai sensi della d.g.r. 15/12/2010 n.9/2010 il torrente Cosia, nel tratto dall'abitato di Tavernerio e sino alla foce a lago, e pertanto nei comune di Como e di Tavernerio, è passato dalle competenze di AIPo a quelle di Regione Lombardia.

¹ Diga ad arco gravità sita in comune di Albavilla, a quota di circa 700 m s.l.m. utilizzata in passato a scopo di accumulo acqua e approvvigionamento idrico del comune. Attualmente in disuso.

² Autorità deputata allo svolgimento dell'attività di polizia idraulica ai sensi R.D. n.523/1904.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il torrente Cosia costituisce il principale elemento idrografico che drena la estrema porzione sud-occidentale del Triangolo Lariano. Le sorgenti del Cosia sono poste lungo le pendici meridionali del Monte Bolettone, in comune di Albavilla. Il corso d'acqua mostra decorso Nord-Sud per circa 2,5 km. In prossimità del confine comunale con Albese con Cassano si osserva una decisa variazione di tracciato. Da tale punto, e sino quasi la foce, posta nel lago di Como, il corso d'acqua mostra prevalente orientazione Est-Ovest.

Tale zona è posta al raccordo tra i rilievi montuosi prealpini del Triangolo Lariano, costituiti da formazioni sedimentarie depositatesi in un intervallo di tempo che va dal Triassico superiore al Cretaceo inferiore (220-70 Milioni Anni), e la fascia collinare pedemontana caratterizzata da vaste coperture di depositi quaternari, prevalentemente di origine glaciale.

Nella Tavola 2 sono riportate le unità affioranti e subaffioranti nell'area, i principali lineamenti strutturali ed una sezione geologica, orientata circa N-S, che ben descrive l'assetto geologico dell'area esaminata.

2.1 ASPETTI STRATIGRAFICI

La serie stratigrafica affiorante nel bacino del torrente Cosia costituisce uno dei più completi esempi di successione stratigrafica mesozoica.

Di seguito si riporta una descrizione della formazioni rocciose affioranti, dalla più recente alla più antica.

➤ **Formazione di Pontida** (Turoniano): si tratta di arenarie e lutiti, in tipica sequenza flyschoidale, spesso completa. Si caratterizzano per una colorazione grigiastra. L'unico affioramento presente nell'area in esame si colloca lungo l'incisione del torrente Cosia a valle della località di Lora.

➤ **Formazione di Gavarno** (Cenomaniano - Turoniano): è un'unità costituita da peliti nere ricche di materia organica, di aspetto massivo o laminato fino a scaglioso (peliti nere superiori), cui fanno seguito arenarie quarzose a grana media, disposte in sottili strati tabulari, da planari ad ondulati, alternati a marne laminate e scagliose di colore rosso acceso nella parte bassa passanti a grigio-rosate verso l'alto (Peliti Rosse). Nel settore in esame affiorano a Sud della località S. Bartolomeo in comune di Tavernerio, e si riferiscono al solo membro delle Peliti Rosse.

➤ **Formazione di Sorisole** (Cenomaniano): si tratta di un'unità che raggruppa una serie di litozone informali utilizzate per la cartografia di dettaglio della successione cretacea

(BERSEZIO et alii, 1990). In particolare, incorpora le “marne rosse” (FSEa), i “banchi caotici” e le “torbiditi sottili” di BERSEZIO & FORNACIARI (1988), coincidendo con la “Sequenza Cenomaniana” dei medesimi AA. Affiora a SW della località Cascina San Bartolomeo, in comune di Tavernerio. Si compone delle seguenti unità :

- **Torbiditi Sottili** Arenarie e marne siltose grigio scuro in sottili strati planari, con frequente laminazione sequenza Bouma Ta-Tc
 - **Calcari Marnosi** Calcari marnosi torbiditici ben stratificati, colore grigio scuro – ocrea (azzurro-giallognolo). Livelli in rilievo di 2 cm associati a strati <1 cm laminati. Marne da grigie a rosse con stratificazione da sottile a media (Affioramento Alpe Grasso)
 - **Marne Rosse** Marne e calcareniti fini in strati decimetrici grigio-rosato nella parte bassa, rosato verso l’alto. Laminazioni e gradazioni tipo Td Bouma. Aspetto massivo o scaglioso, dove la stratificazione piano parallela e la laminazione sono sovente percepite con difficoltà a causa della bioturbazione. Rara sfaldatura a saponetta.
- **Sass de la Luna** (Albiano): Calcari marnosi, calcareniti a matrice micritica e marne grigie a tipica sfaldatura concoide in strati maldefiniti, localmente gradati. Verso l’alto aumentano intercalazioni di calcareniti fini. Colore grigio bluastrò, plumbeo, azzurrognolo o nocciola in frattura fresca; diventa tipicamente bianco opaco in alterazione. Affiora nell’estremo lembo meridionale del comune di Tavernerio.
- **Marne del Bruntino** (Aptiano- Albiano): Marne e argilliti scagliettate, da nerastre a verde a rossa. Prevalente colore rosso vinato e grigio scuro sino a nerastro. Qualche sottile intercalazione di areniti fini, debolmente gradate quarzose. Scagliosa. Sottili livelli più calcarei in rilievo immerse in abbondanti marne fissili fogliettate.
- **Maiolica** (Tithoniano - Barremiano): calcari bianchi compatti con noduli e liste di selce di colore grigio scuro o bluastrò, caratterizzati da stratificazione di spessore decimetrico. Sono comuni strutture stilolitiche parallele ai piani di stratificazione. In superficie tale litotipo presenta una caratteristica patina di alterazione di colore grigiastro. Lo spessore di tale formazione varia in genere tra 130 e 160 m. Strati generalmente sottili ma spesso rinsaldati in pacchi di 1 m.
- **Gruppo del Selcifero Lombardo.** Tale gruppo comprende le seguenti formazioni:
- **Rosso ad Aptici** (Kimmerdgiario – Tithoniano): è costituito da calcari marnosi e marne con rare intercalazioni silicee, con presenza di Aptici. La colorazione tipica di tali rocce è rossastra, talora con venature verdi. Poca selce in noduletti rossi. Strati in spessore medio di 10-20 cm.
 - **Radiolariti (Kalloviano – Kimmerdgiario):** si tratta di radiolariti (rocce sedimentarie a composizione silicea) di colorazione varia ed in genere molto accesa, quale verde, rossa, grigio azzurra, a cui si intercalano marne silicee ed argilliti. Gli spessori di tale

formazione variano tra pochi metri e 50 m. Sono localmente intercalate marne silicee ed argilliti.

- **Rosso Ammonitico Lombardo** (Toarciano – Aaleniano): Calcari rosati nodulari. Noduli calcarei e clasti calcarei rosati chiari centimetrici in argilliti e marne rossastre. La stratificazione è data da allineamenti dei noduli appiattiti e dei livelli di marne. Presenza di rari noduli verdastri. Colore vinaccia in frattura fresca. Localmente ricca di biotite lungo i piani di stratificazione. Strati medio-sottili.
- **Calcare di Morbio** (Domeriano - Toarciano): l'unità è costituita da strati di calcari marnosi nodulari, di colore rosato o rosso, più raramente verdastro, ben suddivisi da marne e localmente ricchi di ammoniti.
- **Calcare di Domaro** (Giurassico inferiore): calcari marnosi grigio chiari, talora nocciola, biancastri in alterazione, poco bioturbati e con rare liste di selce bionda, organizzati in una ciclica alternanza di banchi metrici, generati dal rinsaldamento di più strati, e di orizzonti marnosi di spessore decimetrico. Presenza nei calcari di noduli ferruginosi ed ammoniti. Superfici di strato planari o nodulose. Sono talora intercalati livelli di marne ed argille grigio verdi, spesso rossastre. Possono comparire rari strati in cui i noduli calcarei sono fasciati da marne rosate. In zone di paleoalto si presentano sottoforma di calcari marnosi rossastri a stratificazione nodulare e diffuse ammoniti.
- **Calcare di Moltrasio** (Giurassico): calcari selciferi con colorazione tipica sulle tonalità del grigio scuro e con patina di alterazione nocciola. Sono presenti interstrati marnoso-argillosi di spessore variabile, talora di diversi centimetri. Nella zona di studio la silice si presenta sia come costituente della roccia sottoforma di cemento o spicole, che in liste e noduli di selce. La roccia è ben stratificata ed alterna strati di spessore centimetrico con strati che possono superare i 50 cm. Si osserva la presenza di laminazione millimetrica o centimetrica, da planare ad ondulata. In alcuni casi sono osservabili delle discordanze stratigrafiche interne alla formazione date da terminazioni laterali di strati che originano una morfologia a becco di flauto. All'interno della successione del Calcare di Moltrasio, abbastanza monotona, vi sono variazioni litologiche significative dovute alle locali condizioni paleogeografiche di sedimentazione. Nell'area in esame, conformemente alla bibliografia geologica, sono distinte le seguenti litozone:
 - **MOTa**: megabrecce e brecce, localmente dolomitizzate, con clasti e olistoliti extraformazionali derivanti dallo smantellamento delle sottostanti unità retiche ed hettangiane. Segnalate negli adiacenti settori bergamaschi (JADOUL & DONISELLI, 1987, JADOUL et alii, 2000), sono state riconosciute e cartografate

separatamente in corrispondenza dell'affioramento più significativo, nella Valle del Lambro (Asso, e.g., ROSSI et alii, 1991).

- **MOTb:** Corrisponde alle litofacies 1 - 3 di BERNOULLI (1964). Prevalenti calcilutiti massive bioturbate e calcareniti, di colore da grigio chiaro a nerastro, organizzate in strati planari di spessore da 10 a 70 cm frequentemente intercalati con interstrati marnosi da millimetrici a centimetrici. Presenta strutture interne costituite da laminazioni pianoparallele, oblique o convolute. Spesso sono presenti, e distintive, bioturbazioni di tipo Helmintoides. Si osserva di frequente la presenza di una struttura gradata, all'interno degli strati, segnata dalla diminuzione della frazione marnosa, dal basso verso l'alto, a partire dal giunto marnoso alla base dello strato o, alternativamente, dalla presenza di una frazione grossolana alla base, bioclastica o litoclastica, che diminuisce verso l'alto fino a scomparire. Le superfici di strato sono in genere nette, con giunti marnosi ed argillitici molto sottili a spessi fino ad un massimo di 20 cm, talora bituminosi. Solitamente manca di selce che, se presente, è in piccoli noduli o lamine.
- **MOTc:** Corrisponde alla Litofacies 4 di BERNOULLI (1964). Calcere selcifero grigio nerastro, chiaro in alterazione, ben stratificato, con strati di spessore variabile (10-20 cm). Presenta giunti marnosi sottili, spessi al massimo pochi millimetri o addirittura assenti. La selce, che deriva essenzialmente da diagenesi di spicule di spugne silicee, è caratterizzata da un aspetto più o meno vetroso e traslucido e di colore tipicamente nero o grigiastro. Essa si presenta in grossi noduli o liste spesse, in genere posti al centro dello strato. I noduli ed i letti di selce presentano bordi netti e generalmente chiudono a lente oppure in sottili livelli continui o alternativamente in piccoli noduli di spessore centimetrico e contorno irregolare. La loro posizione nello strato è indifferentemente al letto, al centro o al tetto dello strato. Spesso queste lamine di selce giungono a rinsaldarsi generando anche livelli più spessi. Il passaggio tra MOTb e MOTc è di solito graduale, caratterizzato dall'alternanza delle due litozone.
- **MOTd:** Corrisponde alle Litofacies 5 e 6 di BERNOULLI (1964). E' costituito da calcare grigio chiaro, talora tendente al nocciola, con selce in grossi banchi o grossi noduli spessi 20-40 cm. Sono scarsamente marnosi e non presentano interstrati marnosi o, se presenti, sono estremamente ridotti. Si arriva ad avere strati costituiti praticamente da sola selce, disposta al letto ed al tetto degli strati, con al centro dei piccoli noduli di calcare. La selce è di aspetto traslucido, vetroso, di colore chiaro variabile dal latteo al grigio chiaro al marroncino al verde oliva. In alterazione questa facies assume un colore arancione ed un aspetto fortemente alterato.

Il substrato roccioso risulta coperto da spessori variabili di depositi quaternari. Essi mostrano spessori contenuti lungo i versanti montuosi che dalla linea delle colme scendono in direzione Sud. In corrispondenza del settore pedemontano si osservano spessori plurimetrici e talora pluridecametrici di coperture detritiche.

In dettaglio nel bacino idrografico del torrente Cosia si possono riconoscere i depositi ascrivibili alla seguente unità neogenico-quaternarie:

- **Sintema del Po** (Unità Postglaciale Indifferenziata) (POI): è costituito per la maggior parte da depositi di versante (depositi di versante s.l., falde e coni detritici, depositi di frana,

depositi da debris –flow), depositi alluvionali, depositi di origine mista (alluvionale e gravitativa), localizzati per lo più all'interno di conoidi, e depositi lacustri;

➤ **Sintema di Cantù:** comprende i depositi glaciali relativi all'ultima glaciazione (Episodio Cantù – Last Glacial Maximum, o LGM), e pertanto riferibili al Pleistocene superiore. Sono costituiti da depositi glaciali (till di alloggiamento e di ablazione, till di fondo, depositi di contatto glaciale, depositi lacustri, depositi fluvioglaciali) fino a quote intorno a 1000 m s.l.m.. Nella fascia pedemontana è possibile riconoscere tre sottounità: il Subsintema di Fino Mornasco (LCN1), il Subsintema di Cucciago (LCN2) e il Subsintema della Ca' Morta (LCN3). I termini litologici di tali unità abbracciano un vasto spettro in funzione delle condizioni originarie di sedimentazione. Hanno in genere colorazione grigiastra o grigio giallognola, presentano orizzonti di alterazione superficiali di limitato spessore, ed i clasti presenti sono in genere poco alterati.

- **Il Subsintema di Fino Mornasco è costituito da depositi glaciali, in particolare da till di ablazione:** diamicton massivi a supporto di matrice. La matrice è costituita da sabbie limose. Sono presenti clasti carbonatici non alterati, granitoidi in parte alterati. Abbondanti ciottoli striati. Colore 10YR. Affiora in territorio di Albese con Cassano.
- **Subsintema di Cucciago:** sono costituiti da depositi fluvioglaciali, glaciali e di contatto glaciale.
 - Depositi fluvioglaciali. Ghiaie a supporto di matrice sabbiosa, localmente debolmente cementate. Clasti isorientati ed embricati. Presenza di lenti costituite da sabbie da medie a grossolane.
 - Till di alloggiamento. Diamicton massivi a supporto di matrice, sovraconsolidati.
 - Till di ablazione. Diamicton massivi a supporto di matrice con presenza anche di grossi erratici.
 - Till di colata. Diamicton massivi a supporto di clasti, diamicton a supporto di clasti, con vaga stratificazione e ciottoli allineati, ghiaie a supporto di matrice alternate a livelli di ghiaie fine e sabbie grossolane; sabbie e ghiaie fini gradate; sabbie massive o vagamente laminate. Clasti locali alterati ed esotici, sia arrotondati sia a spigoli vivi; presenza di ciottoli striati. La matrice è costituita da sabbie medio grossolane di colore 10YR.
 - Depositi di contatto glaciale. Sabbie e ghiaie fini gradate con lenti cementate. Sabbie massive o vagamente laminate. Affiorano nel settore pedemontano tra Brunate e Tavernerio.
- **Subsintema della Cà Morta:** si caratterizza per la grande abbondanza di sabbia in tutte le facies osservate.
 - Depositi fluvioglaciali. Alternanze di livelli di ghiaie in matrice sabbiosa grossolana, ghiaie pulite con sabbie da medie a fini e sabbie da medie a grossolane. Sabbie da medie a grossolane con laminazione pianoparallela e incrociata.
 - Till di colata. Diamicton massivi a supporto di matrice con allineamento di clasti. Diamicton massivi a supporto di matrice sabbiosa; clasti localmente allineati, granulometria grossolanamente inversa ciottoli striati abbondanti. Talora è

presente una grossolana struttura stratificata. Alternanze di ghiaie in matrice sabbiosa grossolana, spesso in letti con ciottoli più piccoli. Ghiaie pulite, sabbie grossolane con laminazione incrociata a basso angolo, sabbie fini e limi con laminazione piana o ondulata. Alcuni livelli sabbiosi sono cementati.

- Till indifferenziati. Diamicton massivi a supporto di matrice, talvolta con orizzonti sovraconsolidati. Clasti carbonatici sia sani sia alterati, cristallini alterati. Clasti striati. La matrice è costituita da sabbie di colore 10YR.
- Depositi di contatto glaciale. Alternanze di ghiaie a matrice sabbiosa grossolana e lenti di sabbie da medie a grossolane, massive o a laminazione incrociata. Parzialmente cementate, presenza di calcite secondaria. I livelli e le lenti appaiono deformati. Sabbie da grossolane a fini con limi in lamine pianoparallele o incrociate a basso angolo. Rari livelli di ciottoli. Limi argillosi laminati.
- Depositi lacustri proglaciali. Limi e argille laminati e in strati pianoparalleli. Lo spessore degli strati è variabile dal centimetro a 10-15 centimetri. Si alternano strati scuri argillosi e strati chiari limosi. Presenza di lenti di sabbie con lamine da pianoparallele a incrociate a basso angolo. E' presente in prossimità della conca di Como.

➤ **Supersintema della Colma (CM):** raggruppa tutti i depositi relativi a glaciazioni più antiche dell'Episodio Cantù, riferibili al Pleistocene inferiore-superiore, che, nelle valli montane, diversamente a quanto accade negli anfiteatri, non possono essere correlate tra loro. Si tratta di till e tilliti di ablazione e di alloggiamento: depositi glaciali, costituiti da ghiaie e sabbie, talvolta cementati: depositi fluvioglaciali. Comprende inoltre sabbie limose a laminazione piano parallela con livelli ciottolosi a clasti arrotondati e allineati.; sabbie limose in parte sovraconsolidate con laminazione a diversa intensità, chiare e scure, piano parallele, parzialmente deformate a tetto: depositi lacustri proglaciali. Alternanze di ghiaie a matrice sabbiosa grossolana e lenti di sabbie da medie a grossolane, massive o a laminazione incrociata: depositi di contatto glaciale. La superficie limite superiore poligenica e polifasica, caratterizzata da alterazione variabile a seconda delle unità: da molto spinta, con fantasmi di ciottoli, a modesta. Tale unità affiora unicamente in territorio di Albese con Cassano ed Albavilla, in prevalenza in sinistra idrografica del torrente Cosia.

- **Conglomerati di Sella del Ceppo:** è una sottounità che comprende conglomerati stratificati con orizzonti sabbiosi subordinati, conglomerati massivi a supporto di matrice: depositi fluvioglaciali e depositi fluvioglaciali prossimali. Alterazione variabile localmente, a volte anche molto spinta, con clasti locali generalmente non alterati e clasti cristallini molto alterati.

2.2 ASPETTI TETTONICI

Il quadro geologico del bacino del torrente Cosia, già abbastanza articolato e complesso a causa del ricco assetto stratigrafico, è ulteriormente complicato dall'assetto tettonico dell'area.

L'assetto d'insieme dei terreni cretacei è fortemente condizionato dalla presenza di una potente coltre di sedimenti Giurassici che occupano l'intera porzione occidentale del Triangolo Lariano, dal Monte S. Primo al Monte Boletto-Bolettone. Queste unità rappresentano la piattaforma liassica del Monte San Primo-Monte Generoso, estesa dal lago di Lugano alle Grigne e caratterizzata nell'area in esame da ripetizioni di anticlinali e sinclinali fagliate (vedi Figura 1). L'intensità delle deformazioni subite dai terreni cretacei del Triangolo Lariano cresce spostandosi verso est, in prossimità dell'accavallamento tettonico che ha dato origine all'edificio delle Grigne.

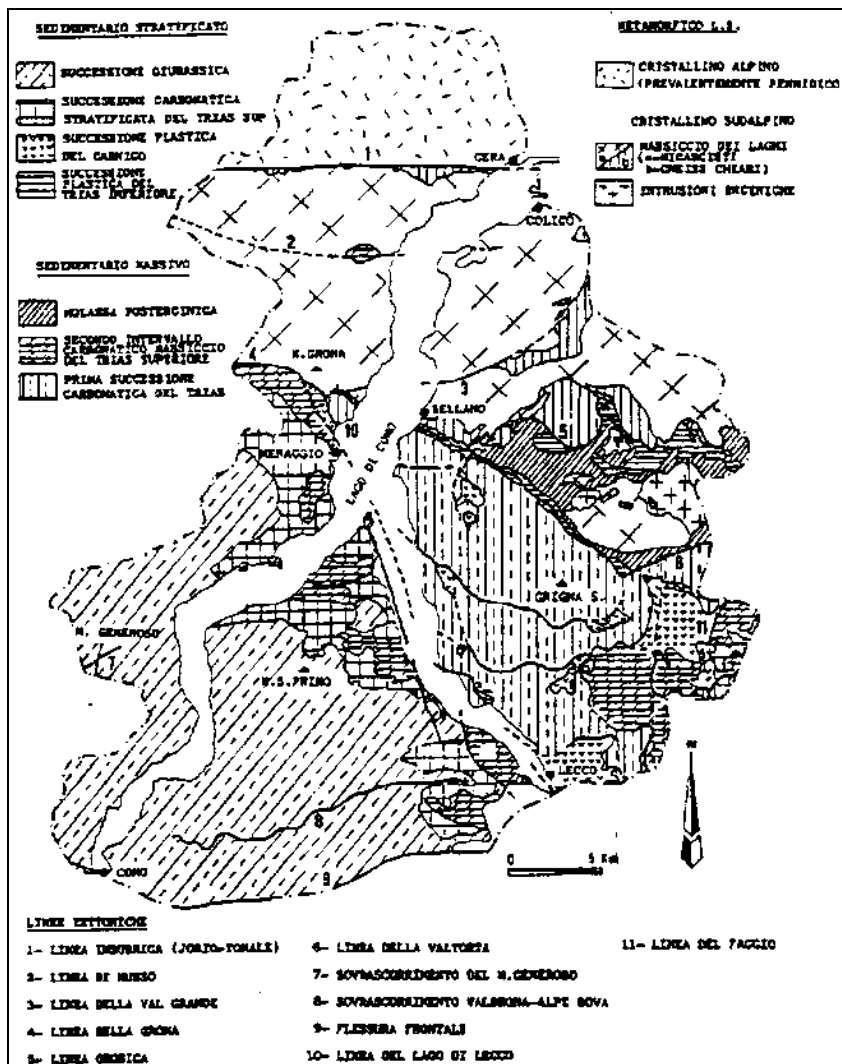


Figura 1: schema dell'assetto geologico-strutturale dell'area delle Alpi Lariane (da Gianotti, Perotti e Piccio, 1986)

Al margine meridionale del Triangolo Lariano si osserva il passaggio dal contesto dei rilievi montuosi alpini e prealpini al sistema dei rilievi collinari pedemontani. Al passaggio tra tali ambiti si osserva la struttura definita come “flessura marginale” (De Sitter & De Sitter Koomans, 1949). In corrispondenza della flessura, le successioni mesozoiche delle Prealpi Lariane si immergono al di sotto delle successioni recenti dell’alta pianura lombarda (vedi Figura 2). Nella parte alta dei bacini invece gli strati disegnano blande pieghe con asse diretto grossomodo E-W e con strati con inclinazione medio – bassa. Localmente, la presenza di tale faglia determina il disturbo tettonico delle unità a margine del sovrascorrimento.

L’assetto delle formazioni rocciose è quello tipico della flessura pedemontana: lungo la porzione meridionale dei versanti gli strati immergono a franapoggio, verso S e SW, con inclinazione medio alta.



Figura 2: Sezione geologica, orientata N-S, in comune di Tavernerio

La porzione meridionale del Triangolo Lariano è interessata da un sovrascorrimento di notevole continuità, identificato in genere come Sovrascorrimento del Monte Bolettone.

Come riportato nella Tavola 2, tale sovrascorrimento interessa il settore nord-orientale del bacino del torrente Cosia. Tale faglia porta a sovrascorrere i calcari di Moltrasio (giurassici) sui calcari della Maiolica (cretacici) e sulle unità ad essa sottostanti, provocando la parziale ripetizione della serie stratigrafica in località Alpe del Vicerè di Albavilla (vedi Figura 3). Si osserva inoltre la verticalizzazione degli strati a motivo del disturbo tettonico correlato a tale faglia.

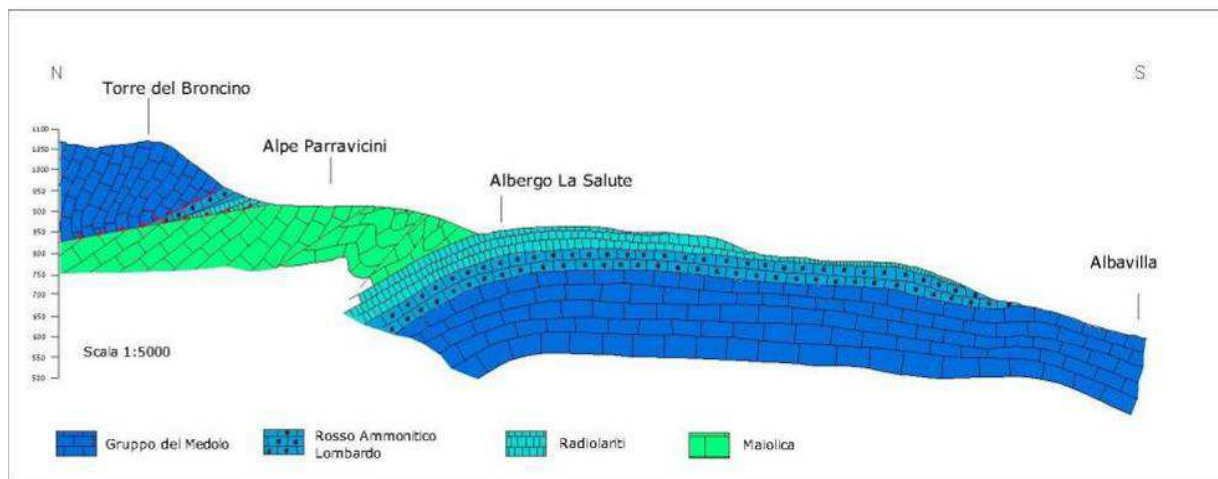


Figura 3: Sezione geologica, orientata N-S, in località Alpe del Vicerè, comune di Albavilla

Il passaggio della faglia è marcato, lungo il versante S del M. Bolettone, da una serie di terrazzi strutturali e selle morfologiche.

Lungo il margine sud-occidentale dell'area di studio, esternamente al bacino del torrente Cosia oggetto di analisi, si palesa il retroscorrimento nord-vergente che interessa le unità terziarie, e che porta a retrocorrere il cuneo sedimentario oligo-miocenico della Gonfolite sulle unità giurassiche e cretacee (Retroscorrimento di M. Olimpino o “Gonfolite Backthrust”). Tale lineamento tettonico mostra allineamento generale WNW-ESE.

2.3 ASPETTI GEOMORFOLOGICI

Il bacino del torrente Cosia si pone al raccordo tra i primi rilievi prealpini e la porzione settentrionale della fascia collinare, nella zona denominata, sotto il profilo strutturale, flessura pedemontana.

La morfologia generale del bacino richiama una chiara impronta strutturale, leggibile nello sviluppo del reticolato idrografico dell'asta principale e dei suoi tributari maggiori.

In tale contesto strutturale infatti gli strati rocciosi si inflettono verso Sud, in direzione delle pianure. La presenza di rocce con giacitura monoclinale a franapoggio determina l'instaurazione di reticolato idrografico con pattern ortoclinale, in cui i torrenti descrivono brusche curve ad angolo retto. Si susseguono cioè tratti in cui il torrente scorre parallelamente alla direzione di massima pendenza degli strati (Nord-Sud), a tratti paralleli alla direzione della stratificazione (Est-Ovest). Ove l'alveo scorre in roccia nel senso di immersione degli strati si vengono a formare delle vasche naturali di pochi metri di

lunghezza, localmente chiamate “bottini”. Ove maggiormente espressi tali vasche costituiscono una forma geologica tipica del territorio. Si cita a tal proposito la valle dei Bottini (Valle dei Ponzati), in cui si osservano vasche naturali di qualche metri di ampiezza, incise nella formazione della Maiolica.

Il torrente Cosia riceve i maggiori apporti dagli affluenti siti in destra idrografica. Tali corsi d'acqua presentano sviluppo assai maggiore rispetto agli affluenti in sinistra idrografica, che sono caratterizzati da brevi aste ad andamento rettilineo e con lunghezza massima di poche centinaia di metri. Tale assetto è chiaramente riconducibile all'impronta strutturale del reticolato idrografico.

Il torrente Cosia mostra pertanto un decorso abbastanza articolato, caratterizzato da brusche curve, spesso ad angolo retto. In alcune tratte il corso d'acqua scorre inoltre incassato nelle alte pareti rocciose scavate dall'azione del torrente. Tali contesti possono giocare un ruolo determinante nella dinamica torrentizia, ponendo possibili punti di sbarramento al deflusso. Situazione di tale tipologia, con alveo molto inciso, sono presenti a valle della località San Bartolomeo, in comune di Tavernerio, ove il torrente scorre profondamente inciso nei conglomerati fluvioglaciali di Sella del Ceppo. Analogo assetto morfologico è riscontrabile poco a monte del nucleo storico di Tavernerio, in località Cascina Poè, ove nel 1951 è avvenuto un dissesto alla scala del versante che, a causa dell'assetto morfologico locale, ha causato la temporanea ostruzione del flusso idrico in alveo e la formazione di sbarramento effimero.

L'influenza strutturale sulle forme dei versanti, come già richiamato al paragrafo precedente, è riscontrabile inoltre nelle selle morfologiche impostate lungo i dossi principali e presenti a quota media di 800 - 850 m s.l.m. Tali terrazzi morfologici presenti lungo i crinali sono riconducibili alla presenza del sovrascorrimento del Monte Bolettone.

Le morfologie glaciali mostrano scarsa espressione nella parte montana del bacino. Sono invece maggiormente diffuse e riconoscibili nella sponda idrografica destra, a quote inferiori a 600 m s.l.m.. I rilievi posti in comune di Tavernerio, Albese, Como e Lipomo ricalcano la morfologia del substrato roccioso, sepolto sotto spessori decametrici di depositi quaternari. Si osservano spesso morfologie di dossi morenici, costituiti da rilievi allineati che presentano in genere morfologia arcuata in pianta. Nel territorio in esame essi presentano prevalente allineamento N-S o NE-SW. Tali dossi risultavano perpendicolari al flusso del ghiacciaio che dal ramo di Como risaliva lungo la valle del Cosia sino alla piana di Albese. Lungo i fianchi con esposizione meridionale della valle del torrente Cosia, le morene hanno

orientazione subparallela al versante, trattandosi di morene laterali.

Per quanto attiene le conoidi alluvionali, l'analisi geomorfologica consente di individuare le conoidi dei tributari minori del torrente Cosia, e più in particolare del torrente Valle di Scott, della Valle di Ponzate. In comune di Tavernerio è inoltre riconoscibile la conoide del torrente Cosia.

3. USO DEL SUOLO

Nella Tavola 3 è riportata la distribuzione dell'uso del suolo dell'intero bacino del fiume Cosia. Tale data base è stato ricavato dal sistema informativo regionale, ed in particolare del DUSAF 4.0.

A partire dall'analisi effettuata negli anni '90, nell'ambito del Programma Europeo CORINE LAND COVER, Regione Lombardia ha realizzato uno strumento di analisi e monitoraggio dell'uso del suolo (DUSAF), omogeneo su tutto il territorio nazionale e condiviso nell'ambito dell'Infrastruttura per l'Informazione Territoriale (IIT) tramite il Geoportale. Dusaf 4.0 è ottenuto da fotointerpretazione delle foto aeree Agea del 2012, su tutto il territorio regionale.

Tutti i livelli informativi sono confrontabili in quanto utilizzano la stessa legenda, articolata in 3 livelli principali coerenti con le specifiche CORINE LAND COVER, il primo dei quali comprende le 5 maggiori categorie di copertura (Aree antropizzate, Aree agricole, Territori boscati e ambienti seminaturali, Aree umide, Corpi idrici), progressivamente dettagliate al 2° e 3° livello. Due ulteriori livelli (4° e 5°) di ambito locale rappresentano le specificità del territorio lombardo.

Nella Tavola 3 - Uso del suolo, si osserva la preponderante distribuzione dell'uso a boschi di latifoglie, estese nel settore montano del bacino.

4. STATO DEL DISSESTO

Lo studio è stato focalizzato all'analisi dello stato del dissesto del bacino e dei conseguenti riflessi sull'apporto di sedimento e sulla possibile interazione con la dinamica del torrente Cosia. Per tale motivo si è proceduto alla ricerca delle informazioni bibliografiche disponibili circa lo stato del dissesto per il territorio dei comuni ricadenti nel bacino del torrente Cosia. Sono stati reperiti ed analizzati gli studi geologici di tutti i comuni ricadenti nel bacino del torrente Cosia. Sono inoltre stati analizzati e valutati i data base cartografici

disponibili sul geoportale di Regione Lombardia. Nei seguenti paragrafi viene dettagliatamente analizzato quanto riscontrato.

4.1 GEOIFFI - INVENTARIO DELLE FRANE E DEI DISSESTI IDROGEOLOGICI

Di notevole interesse sono le informazioni relative all'inventario dei dissesti e fenomeni franosi (**GeoIffi**).

Il progetto nazionale IFFI - Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia, nasce nel 2000 con una convenzione fra tutte le regioni italiane e il Servizio Geologico d'Italia (ora confluito in ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). Tale progetto ha costituito, per la Regione Lombardia, un'occasione per uniformare le informazioni relative alle frane del proprio territorio in un unico database. Dal 1998, la Regione Lombardia, avvalendosi dell'esperienza di istituti scientifici specializzati nel campo del dissesto idrogeologico e del trattamento e restituzione dei dati realizza appositi progetti (progetto strategico, convenzione con IreR nel 1999). In questo modo il lavoro acquista sistematicità, metodologia, continuità e coordinamento tecnico - scientifico, consentendo di disporre, dall'inizio del 2002, di un Inventario delle Frane e dei dissesti idrogeologici per tutto il territorio montano e collinare regionale. In questo contesto il Progetto IFFI ha consentito di omogeneizzare ulteriormente i dati riconsiderando tutti i fenomeni franosi secondo un'unica legenda con criteri univoci per la digitalizzazione ed organizzazione degli stessi.

Regione Lombardia ha quindi inserito il sistema informativo tematico GeoIffi nella banca dati del SIT della Regione Lombardia. Tale data base è reperibile sul portale della Regione medesima. Esso costituisce documentazione di base di riferimento nell'analisi dello stato del dissesto del territorio, il quale può venire integrato ed aggiornato in fase di redazione dello studio geologico comunale.

In tale studio sono indicati alcuni dissesti del tipo scivolamento rotazionale interessanti le valli che si affacciano sui principali tributari del torrente Cosia. Si tratta di dissesti, parte quiescenti e parte stabilizzati, di estensione media inferiore ad 1 ettaro ed interessanti principalmente il substrato roccioso.

Gli ambiti di franosità superficiale diffusa sono principalmente individuati alla testata del bacino, nei settori orograficamente più rilevati.

Tale tipologia di dissesto interessa usualmente i ridotti spessori di coperture eluviali poggianti sul substrato roccioso. Si osserva a tale proposito che a quote superiori a circa 900 m s.l.m. risultano pressoché assenti le coperture glaciali. Pertanto tale tipologia di dissesti,

sebbene realmente estesa, comporta un ridotto contributo in termini volumetrici al trasporto solido del torrente Cosia. Nel recente passato (primo decennio del 2000) si è verificato un evento di franosità superficiale diffusa in prossimità del crinale del Monte Boletto – Capanna San Pietro. Tale evento è stato connesso a sovrappasciamento di greggi ovine. Una volta rimossa la causa ed istituito il divieto di pascolo, si è osservata una rapida stabilizzazione della coltre detritica superficiale.

Sono inoltre segnalati ambiti che palesano fenomeni di crollo. Tali settori si localizzano in prossimità dei settori con pareti rocciose esposte, ove le pendenze medie dei versanti risultano elevate. In tali ambiti si osservano distacchi diffusi di elementi lapidei, che interessano il primo spessore del substrato roccioso, maggiormente esposto all'azione degli agenti atmosferici.

Larga parte del reticolato idrografico secondario è indicato essere soggetto a fenomeni di colata rapida, per larga parte di tipo quiescente. La sola valle di Tavernerio è indicata essere interessata da colate rapide di tipo attivo. Effettivamente, i rilievi diretti in sito per tale ambito hanno confermato la presenza di dissesti superficiali e l'apporto di sedimento nell'asse vallivo. I dissesti riscontrati in sito sono principalmente correlati a ribaltamento di piante e piccoli dissesti della sottile coltre detritica. Sono state riscontrate tracce di potenziale colata detritica.

In merito a tale aspetto va rimarcato che i corsi d'acqua affluenti del torrente Cosia ed il torrente principale stesso mostrano alternanza di tratti con pendenza medio-alta a settori in cui la pendenza longitudinale cala drasticamente. Tale assetto comporta la deposizione di detrito, che difficilmente riesce ad essere ripreso in carico dagli eventi successivi. Una situazione di tale tipologia è osservabile nella valle di Albese, alla confluenza tra il torrente Cosia ed il torrente Valloni (Loc. Roccolo del Curato), in cui l'asta torrentizia si presenta sovralluvionata a causa della consistente deposizione di detrito in alveo. Il tratto con pendenza contenuta ha sviluppo di circa 350 m. Ulteriore settore si riscontra immediatamente a monte della confluenza con il torrente valle di Tavernerio, ove è presente, lungo l'alveo del torrente Cosia, una briglia selettiva, di altezza pari a circa 4 m, che ha comportato la deposizione di consistenti quantitativi di detrito. Per una lunghezza di circa 90 m è presente detrito che colma la valle, e comporta una drastica diminuzione della pendenza longitudinale in alveo. A tale aspetto si associa, nel tratto descritto, la diminuzione del flusso di acqua in alveo, probabilmente per la presenza di circuiti carsici che intercettano il deflusso in alveo.

I conoidi alluvionali delle valli secondarie sono presenti in numero assai limitato. Si localizzano allo sbocco della valle di Ponzate, in località Campora, e ad Ovest della valle di Camnago (loc. Domus Mariae).

4.2 CARTOGRAFIA PAI

E' stata consultata la carta del dissesto con legenda uniformata PAI aggiornata dei comuni afferenti al bacino del torrente Cosia.

I dissesti attivi occupano settori limitati del bacino. Si evidenziano alcuni dissesti, di tipo superficiale, alla testata del bacino in località Monte Boletto, estesi su una superficie di circa 18 ettari. E' inoltre indicata la presenza di dissesti attivi in prossimità della profonda incisione del torrente Cosia a valle dell'abitato di Tavernerio, su estensione di circa 25 ettari. In tale caso è stato indicato il settore dell'incisione torrentizia, in cui le elevate pendenze, la presenza di coltri detritiche con spessore plurimetrico, e la dinamica torrentizia possono innescare fenomeni di dissesto. In realtà il rilievo di terreno non ha indicato per tale settore la presenza di dissesti attivi di tale estensione, quanto una diffusa predisposizione all'innescare di dissesti superficiali che singolarmente presentano area assai ridotta.

Le frane con grado di attività quiescente sono principalmente individuate in scivolamenti rotazionali di modesta estensione diffusi lungo i versanti prospicienti i principali tributari del torrente Cosia. Ambiti di maggiore estensione vengono individuati a monte dell'abitato di Civiglio, nelle incisioni del torrente che solca tale località. In effetti si tratta di ambiti in cui sono diffusi depositi di natura glaciale (in prevalenza di contatto glaciale) su spessori consistenti, e soggetti a profonda reincisione da parte delle aste torrentizie. I fenomeni di erosione e trasporto solido risultano però, per tali ambiti, di entità in generale contenuta. Si tratta di due ambiti con estensione di 12 ettari ciascuno.

Le aste torrentizie con propensione al trasporto solido sono individuate principalmente lungo la testata del torrente Cosia, in comune di Albavilla, e lungo il torrente Valloni in comune di Albese. Sono inoltre indicati gli affluenti in destra idrografica provenienti dalle località Civiglio.

4.3 INTERFEROMETRIA RADAR DA SATELLITE

Le analisi svolte hanno preso in considerazione anche i dati derivanti da monitoraggio satellitare tramite interferometria radar da satellite (tecnica dei Diffusori Permanenti - Permanent Scatterers, PS) disponibili sul portale informatico della Regione Lombardia.

Tale tecnica consente di misurare gli spostamenti millimetrici del bersaglio rispetto al sensore del satellite e nel campo geologico risulta particolarmente efficace nel monitoraggio di fenomeni di deformazioni a bassa velocità quali ad esempio le frane di scivolamento. Sul portale regionale sono disponibili i PS derivanti dai processing delle immagini dei satelliti ERS-1 e ERS-2, relative ad un arco temporale di 10 anni (1992 – 2001) e le immagini del satellite RSAT-1, relative ad un arco temporale di 5 anni (2003 – 2007). In generale, i PS caratterizzati da velocità medie di deformazione inferiori a $\pm 1,5$ mm/anno sono quelli che vengono considerati stabili, per cui non sono riconosciuti movimenti al suolo. La legenda indica gli spostamenti al suolo, in mm/anno. I dati negativi indicano un abbassamento del suolo, quelli positivi un innalzamento del suolo. I bersagli di tale tecnica di monitoraggio satellitare sono in genere costituiti da superfici riflettenti quali edifici, pareti rocciose esposte, elementi metallici, etc.

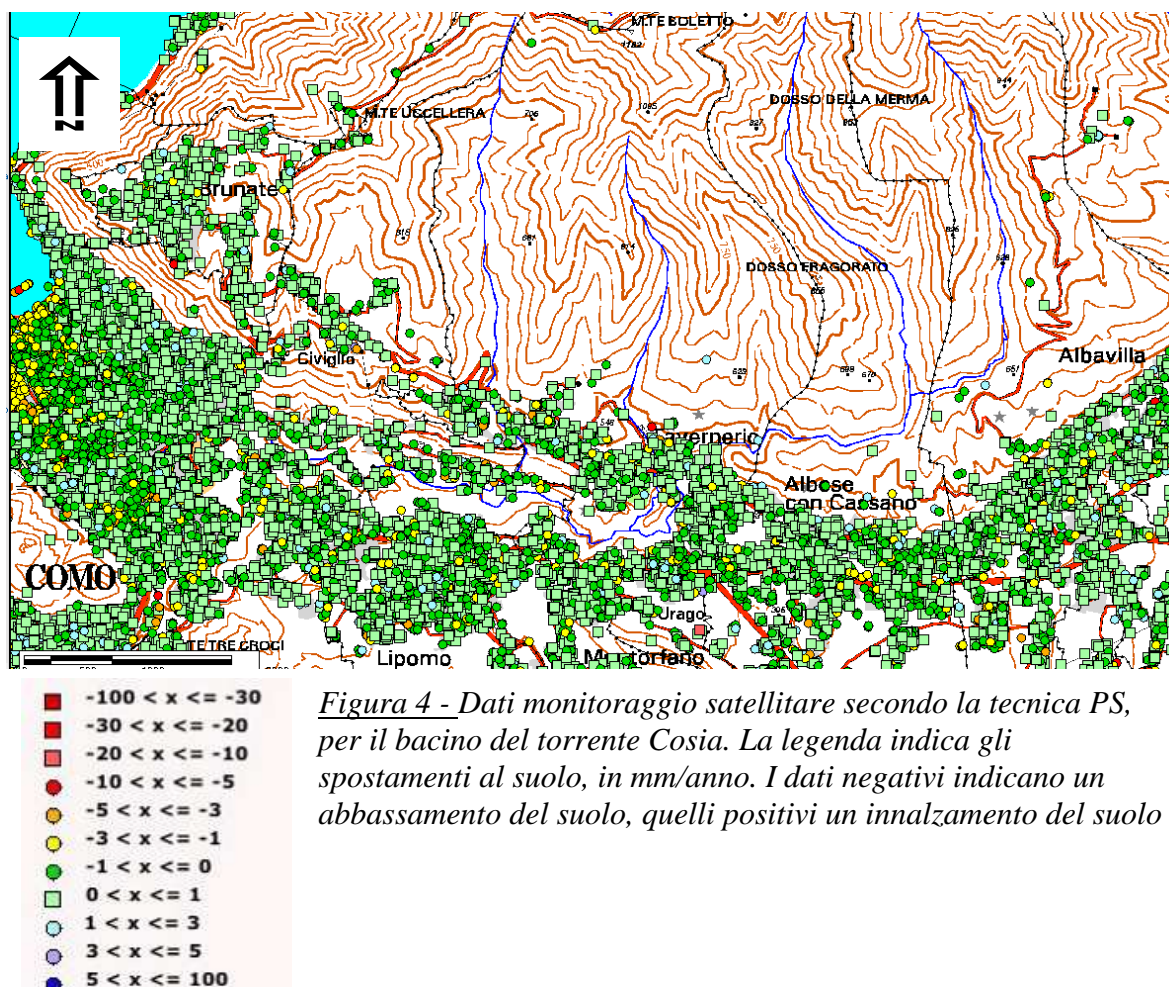


Figura 4 - Dati monitoraggio satellitare secondo la tecnica PS, per il bacino del torrente Cosia. La legenda indica gli spostamenti al suolo, in mm/anno. I dati negativi indicano un abbassamento del suolo, quelli positivi un innalzamento del suolo

Si osserva una generale scarsità di punti di controllo nella porzione montana del bacino, a causa della presenza di pochi riflettori. I dati riferibili al settore pedemontano indicano una assenza di anomalie e quindi una sostanziale stabilità di tali ambiti. Ciò conferma il generale

grado di stabilità delle aree in esame.

4.4 DISSESTI STORICI

L'evento di maggiore entità che ha interessato il bacino del torrente Cosia è la frana verificatasi in comune di Tavernerio nell'anno 1951.

A seguito di piogge intense, l'8 novembre 1951 dalle pendici montuose site alle spalle dell'abitato di Tavernerio, in località Cascina Poè, si verificato un dissesto di tipo scivolamento, che ha interessato sia la coltre detritica, costituita da depositi glaciali alterati, che il substrato roccioso.

La frana si è verificata in un tratto ove il torrente Cosia scorre incassato entro ripide pareti. La morfologia locale ha comportato lo sbarramento del torrente, che si trovava in piena a causa delle copiose precipitazioni. L'invaso creatosi a monte della frana è collassato in poco tempo, dando origine ad un'onda impulsiva che ha causato la distruzione delle abitazioni site in fregio al torrente all'altezza della via Diaz e causando 16 vittime.

L'evento di piena ha esaurito la propria forza distruttiva nel tratto sito in comune di Tavernerio. Non sono state riportate segnalazioni di danni significativi nel tratto di asta ricadente in comune di Como.



Figura 5 – Fotografia del T. Cosia a seguito dell'alluvione del 1951, all'altezza del ponte di via Diaz in comune di Tavernerio (fonte: sito comune Tavernerio)



Figura 6 – Vista panoramica dell’area del dissesto del 1951. Si osservi l’estensione areale della frana (fonte: sito comune Tavernerio)



Figura 7 – Vista panoramica dell’abitato di Tavernerio, scattata alcuni anni dopo l’evento del 1951. E’ ben individuabile l’area del dissesto, oggetto di interventi di sistemazione e consolidamento (fonte: sito comune Tavernerio)

4.5 ANALISI DIRETTA

In aggiunta ai dati bibliografici, valutati criticamente, si è proceduto ad analisi diretta dello stato del dissesto.

Ciò è stato svolto mediante un'analisi preliminare delle fotografie aeree disponibili per l'area in esame, sottoposte a fotointerpretazione tramite osservazione stereoscopica dei fotogrammi. Si è quindi proceduto al rilievo diretto dei siti con maggiori evidenze di criticità o di maggiore interesse. Gli esiti di tali rilievi, e dell'analisi bibliografica, sono sintetizzati nella Tavola 5. In merito al rilievo diretto dei siti, oltre a quanto già commentato nei precedenti paragrafi, si riportano di seguito i caratteri salienti riscontrati.

In prossimità delle sponde del torrente Cosia, nel tratto in comune di Como sono stati riscontrati dissesti minori, riferibili ad erosioni spondali, di estensione limitata.

Si ritiene opportuno evidenziare la presenza di situazioni particolari che interessano o potrebbero interessare il deflusso delle acque.

Circa 700 m a valle del punto dove il torrente Cosia entra in comune di Como, in prossimità della confluenza del corso d'acqua denominato Valletto Cantinera (vedi figura 8), è presente in sponda sinistra una situazione che merita di essere evidenziata.



Figura 8 – Tratto della sponda idrografica sinistra del T. Cosia in corrispondenza della confluenza del Valletto Cantinera. Versante antropico in frana.

Sono state apportate delle modifiche morfologiche mediante riporto di terreni a ridosso della sponda. Tali materiali sono interessati da modesti dissesti determinati dallo scorrimento ed

erosione del flusso idrico al piede. Localmente sono presenti delle opere di contenimento messe in opera in emergenza per limitare tali fenomeni. Un eventuale collasso del pendio antropico potrebbe determinare un parziale sbarramento del corso d'acqua con tutto ciò che ne consegue.

In prossimità del confine comunale tra Como e Tavernerio, il torrente Cosia scorre incassato entro alte pareti incise nel substrato roccioso. In sinistra idrografica si osservano alte pareti rocciose impostate nelle Marne Rosse della Formazione di Sorisole, interessate da fenomeni di crollo (vedi figura 9).



Figura 9 – Tratto della sponda idrografica sinistra del T. Cosia in comune di Lipomo, ove si osservano fenomeni di crollo ed alterazione superficiale nelle marne rosse della Formazione di Sorisole

Fenomeni di tale tipologia sono diffusi lungo l'asta del torrente Cosia, ove lo stesso scorre incassato entro ripidi versanti rocciosi.

E' meritevole di descrizione quanto osservato in corrispondenza del sito interessato dalla frana del 1951.

Il pendio posto in destra idrografica presenta elevate pendenze. Si osserva la presenza di orlo di scarpata morfologica, sopraelevato di una trentina di metri rispetto all'alveo. Lungo tale scarpata affiorano depositi di origine gravitativa, costituiti da blocchi disarticolati di roccia calcarea, angolosi, di diametro pari a diverse decine di centimetri, immersi in matrice limoso sabbiosa color ocra (vedi Figura 10). Si tratta probabilmente di parte dell'accumulo del

dissesto accaduto nel 1951. Lungo tale scarpata si osservano diffusi dissesti superficiali. A monte dell'orlo di scarpata morfologica si osservano pendenze più contenute ed indizi di rimaneggiamento antropico.

Il substrato roccioso in posto affiora solo lungo l'alveo e si caratterizza giacitura degli strati verso Sud-Ovest ($205^{\circ}/38^{\circ}$).



Figura 10 – Tratto della sponda idrografica destra del T. Cosia in comune di Tavernerio, in corrispondenza del sito interessato dalla frana del 1951. Si osservano accumuli detritici conglobanti blocchi lapidei disarticolati.

Le situazioni sopra descritte rendono conto delle condizioni tipologiche maggiormente diffuse riscontrate durante i rilievi in sito. In sostanza lo stato del dissesto entro il bacino del torrente Cosia risulta contenuto a situazioni circoscritte e realmente poco estese.

Durante il rilevamento di terreno è stato anche analizzato in dettaglio l'alveo al fine di fornire indicazioni utili e necessarie alla modellazione idraulica del corso d'acqua. In particolare, è stata effettuata una stima della granulometria dei materiali sedimentati. Si è quindi suddiviso il tratto in esame in settori caratterizzati da valori simili di D_{50} (diametro dei clasti corrispondente al 50% del passante nelle analisi granulometriche).

Il rilievo di terreno ha inoltre dato modo di evidenziare situazioni particolari, caratterizzate da sezioni di deflusso limitate o con basse difese spondali. Tali situazioni sono state poi analizzate e studiate in dettaglio mediante specifici rilievi strumentali.

5. CARTA DELLA ERODIBILITA'

Dall'analisi dei dati bibliografici esistenti validati da rilievi di terreno è stata prodotta la Tavola 4 - Carta della Erodibilità del suolo in cui sono stati classificati i depositi di

copertura e il substrato roccioso presenti nell'area di studio in base alla loro attitudine ad essere erosi, all'uso del suolo e alla presenza o meno di fenomeni di dissesto.

Come si nota, nell'area compresa dal bacino idrografico in esame prevalgono litotipi resistenti all'erosione (rappresentati in larga parte da Calcare di Moltrasio, Maiolica, Calcare del Domaro e gruppo del Selcifero Lombardo), seguiti da materiali incoerenti (depositi morenici e di contatto glaciale, depositi di versante) e rocce poco resistenti all'erosione affioranti nell'area di fondovalle.

6. CARTA DELLA PRODUZIONE DEI SEDIMENTI

Si è proceduto alla valutazione della produzione di sedimenti all'interno del bacino del torrente Cosia, al fine di valutare l'entità del trasporto solido.

A tal fine è stato applicato il metodo quantitativo empirico di Gavrilovic e Zemljic (1971). Tale metodo consente sia la stima del volume di materiale che annualmente si produce, nell'ambito del bacino idrografico, per l'azione dei processi erosivi, sia la quantità di materiali trasportati dai corsi d'acqua alla sezione di chiusura del bacino stesso.

Il metodo è basato su di una relazione empirica nella quale vengono considerati parametri meteorologici (temperatura, precipitazioni), fisico-geografici (area del bacino, acclività), geologici (presenza di dissesti, litologia del substrato), e il tipo di utilizzo del suolo (copertura vegetale, colture presenti).

La valutazione quantitativa dell'erosione media annua in mc di sedimento si ottiene con la seguente formula analitica:

$$W = T * h * \pi * F * Z^{3/2}$$

Dove:

- W è la quantità annua media di materiale prodotto per erosione in mc/anno
- T è il coefficiente di temperatura e risulta $T = [(t'/10) + 0.1]^{1/2}$ con t' temperatura media annua per il bacino considerato (°C)
- h è la precipitazione media annua in mm
- F è la superficie del bacino in kmq
- Z è il coefficiente di erosione relativa determinabile con la seguente espressione analitica:

$$Z = X * Y * (\Phi + I^{1/2})$$

Dove:

- X è un fattore di protezione del suolo ad opera della vegetazione;
- Y è un fattore geolitologico di erodibilità del suolo (funzione della litologia);
- Φ è il coefficiente di degradazione del suolo che esprime tipo e grado di processo erosivo in atto;
- I è la pendenza percentuale media del bacino.

I valori dei coefficienti X, Y e Φ sono stati valutati per ogni sub-area bacinale fino ad ottenere valori medi ponderati sull'area totale del bacino.

L'attribuzione dei valori ai coefficienti X, Y e Φ è avvenuta mediante l'uso di tabelle proposte dagli autori (Zemljic 1971) e sulla base di stime delle superfici dei diversi bacini in funzione dei fattori uso del suolo e/o copertura vegetale, geologia, processi geomorfologici.

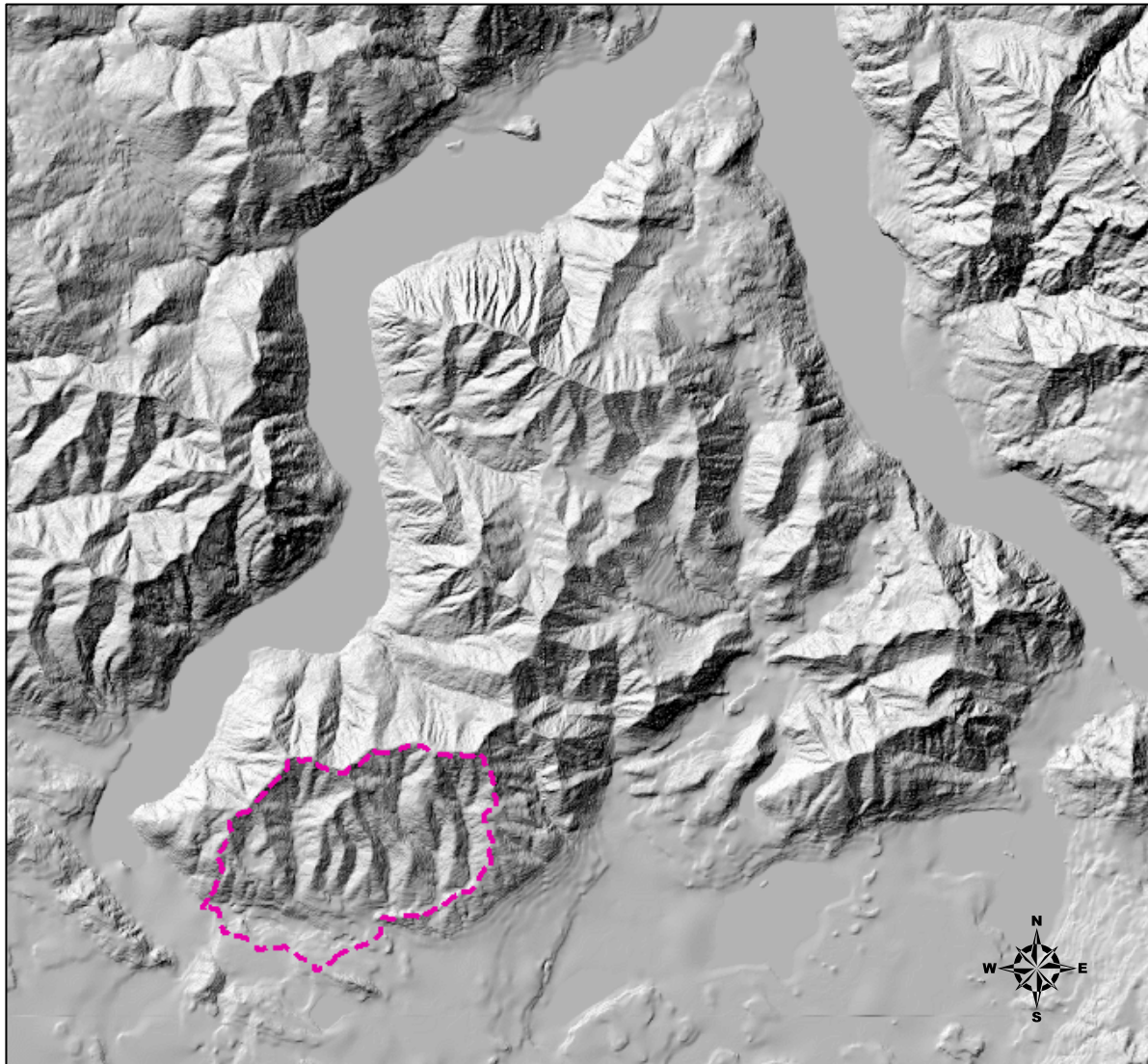
Nella Tavola 5 sono esplicitati i coefficienti attribuiti a ciascuna categoria delle seguenti carte tematiche, utilizzate per addivenire alla stima dell'entità dell'erosione nel bacino:

- a) Carta dell'uso del suolo;
- b) Carta di erodibilità del suolo;
- c) Carta del dissesto;
- d) Carta delle pendenze.

Le carte a), b), e c), derivano da rielaborazione delle cartografie di base, già descritte ai paragrafi precedenti.

La carta delle pendenze d) è stata ottenuta mediante elaborazioni a partire dal DTM (Digital Terrain Model) con maglia 20 m x 20 m, ricavato per un'area di estensione significativa comprendente l'intero bacino in esame.

Nella Figura 11 è riportato un estratto del modello ombreggiato (*hillshade*) mentre nella Figura 12 è riportata la carta delle pendenze (*slope map*) del bacino idrografico considerato.



*Figura 11 - Modello ombreggiato del terreno elaborato da DTM
(in magenta bacino idrografico di riferimento)*

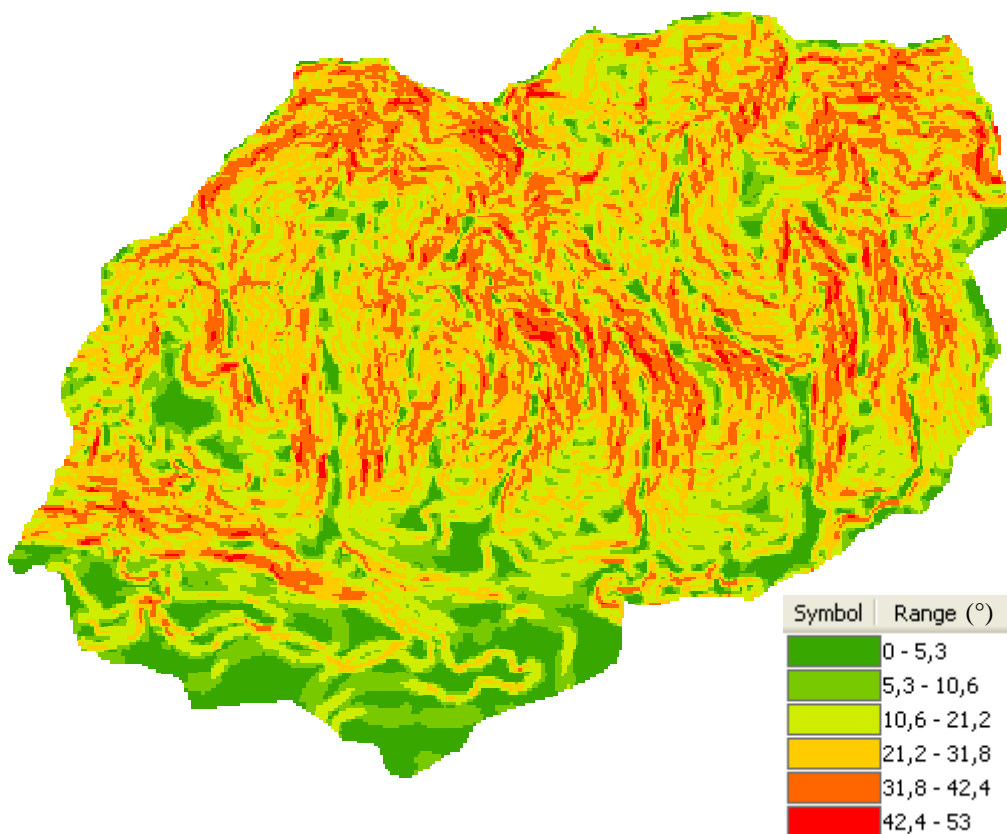
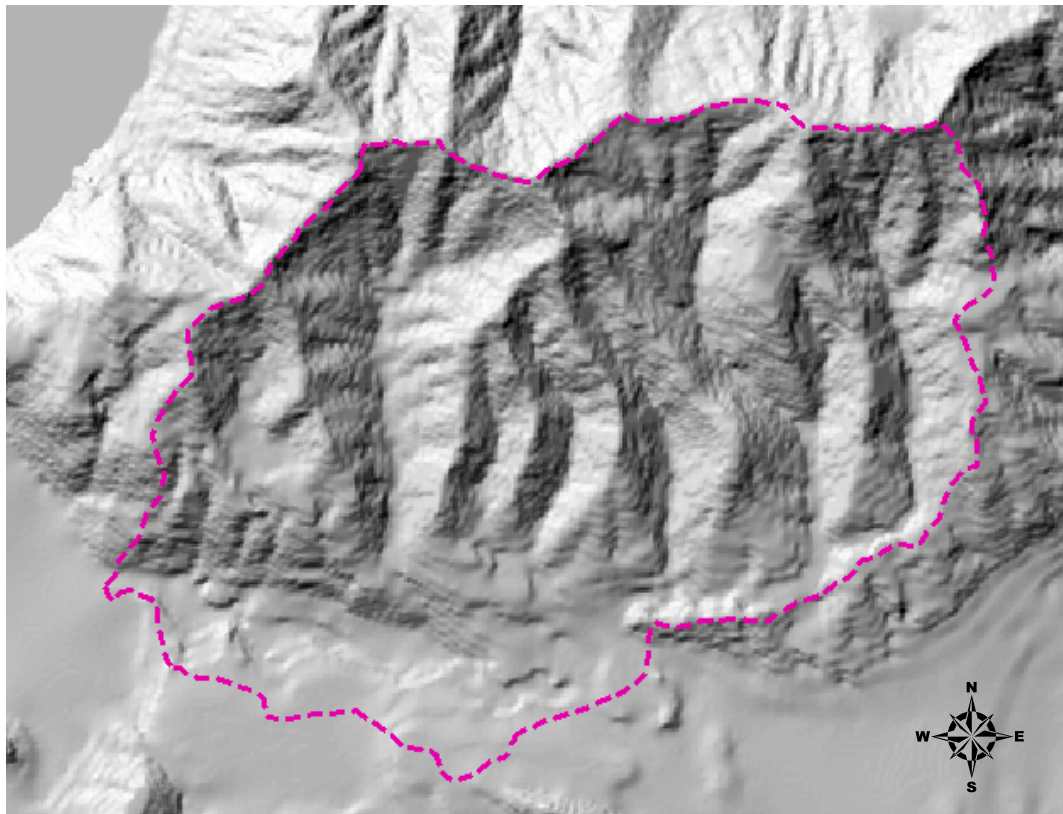


Figura 12 – Dettaglio hillshade bacino idrografico del Torrente Cosia considerato e relativa carta delle pendenze, rielaborati da DTM.

I coefficienti ricavati dall'analisi svolta sono riportati di seguito.

- X (coefficiente di protezione del suolo ad opera della vegetazione) pari a **0,14**;
- Y (coefficiente di erodibilità del suolo) pari a **0,84**;
- Φ (coefficiente di degradazione del suolo) pari a **0,5**;
- I (coefficiente in funzione della pendenza del bacino) pari a **0,42** (vedi figura 13)

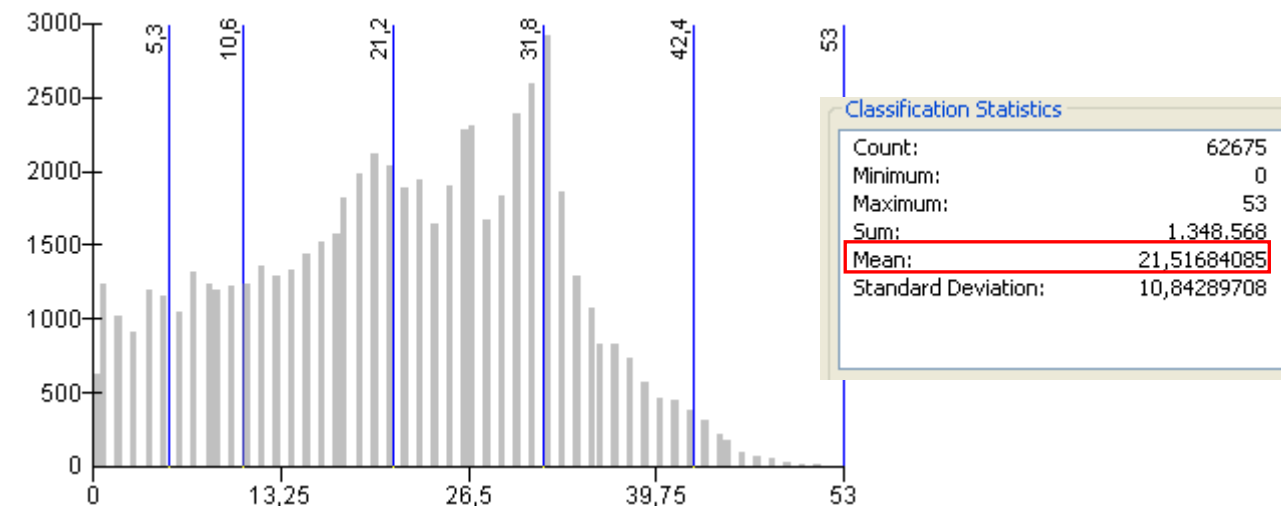


Figura 13 – Istogramma carta delle pendenze con individuazione del valore medio (espresso in gradi) della pendenza del bacino considerato e corrispondente al coefficiente I pari a 0,42

Tali valori consentono la determinazione di un valore di Z pari a 0,13.

Considerando:

- t' (temperatura media annua per il bacino considerato) pari a 13.2° C;
- h (altezza di precipitazione media) pari a 1571 mm/anno;
- F (area del bacino) pari a 25 kmq

si ottiene una quantità media annua di materiale prodotto per erosione W pari a 7.300 mc.

L'intensità di erosione, intesa come lo spessore di materiale per unità di superficie che abbandona il bacino in esame in un anno, è definita dalla seguente relazione:

$$E = G / (F * 1000)$$

Ove:

E = intensità di erosione (mm/anno);

G = volume annuo medio di materiale prodotto per erosione in mc/anno;

F = area del bacino (kmq)

Nel caso in esame, si è ottenuto un valore medio di intensità di erosione pari a 0,29

mm/anno. Tale valore è in linea con i valori medi riportati in bibliografia per le Alpi Venete (Benini, 2000), per cui vengono indicati valori compresi tra 0,2 e 0,4 mm/anno.

7. CONCLUSIONI

Nella presente analisi vengono espone le risultanze degli studi e ricerche relative ai caratteri geologici, geomorfologici e dello stato del dissesto del bacino del torrente Cosia, finalizzate alla stima della propensione e quantificazione del trasporto solido in alveo.

I dati a disposizione ed i rilievi effettuati permettono di ricavare una sostanziale stabilità generale dei versanti montuosi costituenti il bacino in esame. Non si ravvisano cioè situazioni di dissesto croniche in grado di apportare sensibili quantitativi di sedimento in alveo. Sono altresì presenti una serie di ambiti che manifestano dissesti più o meno estesi. La tipologia di dissesto maggiormente ricorrente è costituita da scivolamenti di tipo rotazionale o planare quiescenti. Sono inoltre diffusi dissesti superficiali interessanti le coltri detritiche ove le pendenze dei versanti risultano sensibili. Si associano inoltre fenomeni di crollo e di alterazione del substrato roccioso ove lo stesso risulta esposto in pareti rocciose.

La stima del quantitativo medio annuo di sedimento prodotto dal bacino, applicando il metodo empirico di Gavrilovic e Zemljic (1971) ha portato a valutare tale dato in 7.300 mc.

Villa Guardia, 23/10/2014

Dott. Geol. Frati Stefano