

LAVORI DI SISTEMAZIONE IDROGEOLOGICA DEL
FIUME TESTENE NEL TRATTO DEL COMUNE DI
LAUREANA CILENTO
STUDIO INTERDISCIPLINARE

IMPORTO DELL'OPERA € 1.000.000,00

COMMITTENTE : COMUNE DI LAUREANA CILENTO

ELABORATO
STUDIO GEOLOGICO-IDRAULICO

I TECNICI:

Ing. Teresa Botti



dott. geol. Angelo Elia



IL RUP

TAV. N°

DATA
Maggio 2020

1 – PREMESSA

Il fiume Testene, con il suo bacino idrografico riveste un'importanza rilevante all'interno della costiera cilentana. Esso difatti sorge nel Comune di Castellabate dal rilievo denominato Tonno Pizzuto (quota 1036 m.s.l.m.), col nome di fiumara di Vatolla, attraversa poi il comune di Laureana Cilento sfociando nel golfo di Salerno nel comune di Agropoli.

Durante il suo percorso, lungo 4 Km circa, riceve a sinistra la fiumara San Nicola e via via una serie di piccoli e grandi affluenti. Anticamente il fiume veniva chiamato "Foce", il nome fu modificato a partire dai primi anni del '900.

Il fiume sin dall'antichità ha rivestito una importanza vitale per le località limitrofe, infatti i greci lo utilizzavano per gli scambi commerciali con le comunità interne della vallata.

Oltre ad offrire evidenti opportunità, il fiume ha spesso comportato una serie di difficoltà quali le numerose esondazioni e la malaria nel 1955.

Oggi, a seguito dello sviluppo costante e spesso incontrollato, il fiume ha riservato ancora delle problematiche importanti, comportando ingenti danni soprattutto nelle ultime piene del 2013, con esondazioni che hanno causato gravi danni a tutta l'area di influenza.

Il fiume Testene, per lunghi tratti percorre il territorio di Laureana Cilento, infatti circa il 90% (3,2 km dei 4,00 totali) ricadono nel territorio comunale dei "Lauri". Proprio in tale località, le numerose esondazioni, per ultima quella del novembre 2013, hanno causato ingenti danni alle attività agricole, industriali e commerciali presenti in zona "Archi", con distruzione di macchinari ed addirittura la morte di un elevato numero di capi di bestiame.

Alla luce di ciò, è desiderio dell'amministrazione intervenire sul corso d'acqua allo scopo di mitigare la probabilità di accadimento di ulteriori eventi calamitosi che possano compromettere la già carente economia locale.

Il presente studio interdisciplinare è stato redatto nell'ottica di risolvere le problematiche sollevate dal corso d'acqua.

2 - DESCRIZIONE DELLE AREE E VINCOLI ESISTENTI

L'area di intervento è localizzata nel fondovalle del fiume Testene (comune di Laureana), ed in particolare a partire dalla località Archi, fino alla confluenza con Vallone dell'Acquasanta.

In particolare, nella zona di interesse sono presenti *aree di versante, aree di conoide, aree di fondovalle* per cui, ai sensi dell'art. 8 comma 3 lettera "e" delle Norme di Attuazione del PSAI, l'esecuzione dei lavori è subordinata all'acquisizione del parere obbligatorio e vincolante dell'Autorità di Bacino, e pertanto è stato redatto uno studio integrato geomorfologico-idraulico, secondo le indicazioni riportate negli allegati delle citate Norme.

Nelle cartografie del PSAI sono state definite le aree di attenzione che rappresentano zone non sottoposte a modellazione idraulica né ricadenti nelle aree propriamente in frana, in cui si può manifestare sotto il profilo geomorfologico una interazione tra la dinamica gravitativa dei versanti e la dinamica del reticolo drenante di versante e di fondovalle.

L'art. 55 delle Norme di Attuazione del PSAI, che regolamenta dette aree, cita testualmente al comma 2: *“Nell'ambito di tali aree tutte le attività e gli interventi, fatta eccezione per gli interventi di cui al comma 1 lettera a), b) e c) dell'art. 3 del D.L. n. 380/2001, sono subordinati ad una previa verifica degli scenari di dissesto possibili da attuarsi attraverso uno studio interdisciplinare in cui le considerazioni di carattere geomorfologico di maggiore dettaglio devono essere oggettivate da uno studio idraulico-idrologico coerente con le fenomenologie prospettate”*.

Il fiume Testene è interessato da problematiche di tipo erosivo lungo le sponde nonché forte accumulo di materiale alluvionale nell'alveo che determina una riduzione della capacità di contenimento delle piene.

Scopo del presente lavoro è quindi quello di verificare, sotto l'aspetto geomorfologico, geologico ed idrogeologico, la possibilità di intervenire sul suddetto corso d'acqua in modo da prevenire le fenomenologie riscontrate ed impedire che in caso di piene eccezionali possano verificarsi fenomeni di alluvionamento delle zone di influenza del

corso d'acqua, ove sono presenti abitazioni e infrastrutture quali strade provinciali e comunali che potrebbero essere inevitabilmente coinvolte in fenomeni di alluvionamento su scala maggiore.

3 - GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DELL'AREA

3.1 - Inquadramento geologico dell'area

In tutto il fondovalle del fiume Testene affiorano estesamente terreni alluvionali organizzati in vari ordini di terrazzi, di cui quelli più antichi (terrazzi di secondo ordine) si presentano debolmente coesivi e/o cementati e sono costituiti da ghiaie, sabbie, ciottoli e blocchi eterogenei, generalmente arrotondati ed alterati.

Le alluvioni più recenti, organizzate in terrazzi di primo ordine, sono molto simili alle precedenti per quanto attiene l'aspetto granulometrico, ma risulta particolarmente abbondante la matrice sabbiosa, limosa e limo-argillosa, talvolta presente come lenti che si intercalano ai terreni più grossolani.

Nell'ambito dei corsi d'acqua si rinvencono, invece, estesi depositi di alluvioni attuali e recenti, costituiti da ammassi incoerenti di ciottoli e blocchi eterogenei immersi in una matrice sabbioso-limosa, talvolta costituita da sabbie grossolane. Tali litotipi formano i terrazzi più bassi delle aree golenali.

Lungo le fasce costiere affiora una successione torbiditica a componente arenaceo-marnoso-argillosa, nota come Flysch del Cilento.

La formazione di San Mauro, che costituisce la parte sommitale della suddetta serie flyschoide, è formata da torbiditi arenaceo-pelitiche e calcarenitico-marnose caratterizzate dall'alternanza ritmica di strati arenacei di spessore variabile dai 15 ai 60 cm e peliti con spessore variabile tra i 5 ed i 10 cm, nonché da marne grigie in strati e banchi di vario spessore.

Localmente, i termini arenaceo-pelitici subiscono una sensibile riduzione nello spesso ed un incremento della componente pelitica.

L'assetto strutturale è regolare, presentando una generale immersione degli strati verso ovest.

3.2 – Geomorfologia dell'area

Il bacino idrografico del Testene si imposta sui terreni flyschoidi della Formazione di San Mauro descritta ampiamente nello studio geologico allegato. Nelle aree collinari i versanti presentano una morfologia molto articolata con continue variazioni di pendenza, in conseguenza della natura flyschoidi dei terreni che vi affiorano.

In questo settore prevalgono affioramenti di litologie poco permeabili o impermeabili che determinano un regime fortemente legato al ruscellamento e quindi alla distribuzione ed all'entità delle precipitazioni. Questo è, ovviamente, molto elevato in periodi piovosi e quasi del tutto assente nei periodi estivi. Il raggiungimento di un proprio profilo di equilibrio si rileva dallo scarso approfondimento operato nell'ambito del proprio alveo dagli stessi corsi d'acqua e dalla presenza di una folta vegetazione che non di rado ne ostacola il normale deflusso delle acque.

Nella zona di piana (area di interesse), a partire dalla quota di 50,00 metri circa e fino alla quota 30 metri s.l.m. dell'ultimo attraversamento (confluenza del Vallone dell'Acquasanta nel Testene), il Testene si imposta su terreni di natura limo-sabbiosa, arenacea e localmente ghiaiosa, caratterizzati da un più alto grado di permeabilità. Inoltre, in corrispondenza di tali aree ed in particolare nel fondo valle si ha una diminuzione della pendenza sia del profilo longitudinale sia delle superfici che convergono verso il corso d'acqua. Ne consegue, pertanto che l'apporto di acque di ruscellamento provenienti dal versante è sicuramente minimo o trascurabile. Tale circostanza in concomitanza con la diminuzione delle pendenze implica una drastica riduzione della velocità della corrente e della capacità erosiva.

Di contro, tali caratteristiche costituiscono una possibile criticità in occasione di eventi pluviometrici eccezionali, ove, sia per il progressivo restringimento dell'alveo, sia per la folta vegetazione presente, non si escludono fenomeni di esondazione con invasione delle aree laterali, peraltro da considerare come zone di espansione dell'alveo stesso.

Da escludere, invece, scenari legati a frane di grosse dimensioni che potrebbero creare uno sbarramento a quote più alte rispetto alle aree di intervento, con effetti diretti

e\o indiretti a breve e medio termine sul quadro idrogeologico e morfologico dell'area indagata.

3.3 - Aspetti idrologici ed idraulici

L'area in studio si inserisce in un contesto morfologico ed idrologico caratterizzato dalla presenza del fiume Testene e dei suoi affluenti, costituiti prevalentemente da valloni a tempo che si dipartono dalle dorsali collinari culminanti rispettivamente nella cima Punta della Carpinina (quota 688 m s.l.m) o Monte Corvara (quota 910 metri s.l.m.).

Il bacino idrografico del fiume Testene è caratterizzato da una fitta rete idrografica distribuita in parte lungo i rilievi collinari e per buona parte su aree prevalentemente pianeggianti.

In particolare, affluenti di secondo, terzo e quarto ordine gerarchico solcano i versanti prossimi ai crinali disponendosi secondo la direzione di massima pendenza, mentre l'asta principale del Testene, per quanto attiene l'aspetto toponomastico, parte dalla confluenza dei valloni Archi e Vatolla, e prosegue fino alla foce in terreni prevalentemente pianeggianti. Il bacino idrografico sotteso si sviluppa interamente nei territori comunali di Perdifumo, Laureana e Castellabate.

Il sistema fluviale si presenta piuttosto stretto ed a tratti incassato nella parte iniziale, mentre mostra numerosi slarghi in quella intermedia e finale, ove dà origine ad una piana alluvionale che prosegue fino alla zona di foce.

Presenta un carattere prevalentemente torrentizio, con fasi di piena in occasione di eventi pluviometrici significativi e periodi di magra non appena questi cessano. Generalmente, le massime magre si hanno dalla primavera fino all'autunno, mentre i massimi valori di deflusso corrispondono ai mesi invernali. Il carattere torrentizio fa sì che le escursioni tra fasi di magra e di piena siano sempre notevoli.

La ricostruzione del bacino idrografico è stata ottenuta in ambiente GIS utilizzando i dati altimetrici della Carta Tecnica Regionale in Scala 1:5000. In tal modo è stato costruito un modello digitale del terreno, georeferenziato con equidistanza delle curve di livello di 5,00 metri. Utilizzando le potenzialità offerte dal programma di

analisi della superficie tridimensionale, sono state ricostruite le linee di deflusso superficiale che hanno consentito di delineare l'andamento del bacino idrografico di competenza.

Con riferimento al Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino Campania Sud (ex Sinistra Sele), in tutte le aree interessate dal corso d'acqua non grava il rischio frana, mentre sono presenti aree di attenzione quali quelle di versante, di conoide e di fondovalle.

Il rilevamento di superficie di tutta la zona interessata non ha riscontrato la presenza di dissesti in atto o potenziali tipo crolli o ribaltamenti frontali, scorrimenti traslativi o rotazionali, né di tipo erosivo, ad eccezione delle aree spondali ove in alcuni tratti l'attività erosiva del corso d'acqua genera lievi e localizzati fenomeni di dissesto.

4 - PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

Lungo il corso d'acqua oggetto di studio sono presenti delle aree di attenzione che sono state oggetto di un approfondito studio, di cui di seguito si relaziona.

In particolare, nel tratto di nostro ristretto interesse (Fig. 4) sono presenti:

- 1) *Aree di fondovalle;*
- 2) *Aree di conoide;*
- 3) *Aree di versante.*

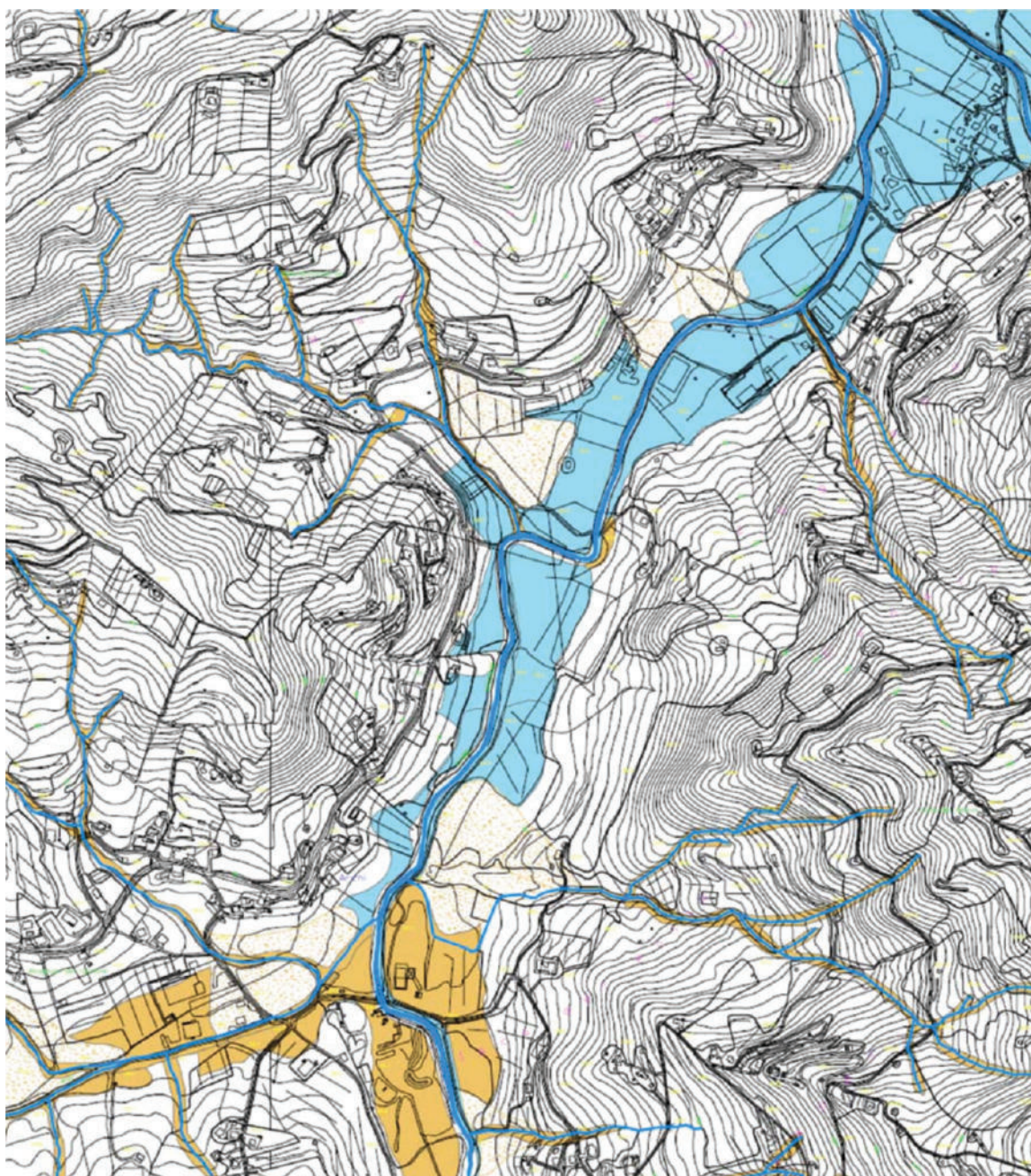


Fig. 1– Stralcio carta “Aree di Attenzione”

1) AREE DI FONDOVALLE

Queste aree sono localizzate lungo buona parte del corso del fiume Testene, ove la piana assume un andamento quasi completamente pianeggiante ed il corso d'acqua risente di eventuali ostacoli assumendo, in alcuni tratti, un andamento meandriforme.

In corrispondenza dei vari attraversamenti sono state eseguite un numero significativo di sezioni, ubicate soprattutto a monte ed in corrispondenza delle zone di attraversamento e di eventuali ponti o altre opere presenti lungo il corso d'acqua. Dette sezioni hanno consentito di verificare l'esistenza di eventuali criticità legate sia ad un sottodimensionamento delle opere esistenti, sia dei tratti in cui il fiume assume un andamento maggiormente meandriforme, con possibile rischio di esondazione in caso di piene eccezionali.

Sono state rilevate una serie di criticità legate alle problematiche appresso indicate:

In località Archi sono presenti due tributari del fiume Testene che presentano diffuse criticità legate in parte ad una scarsa manutenzione degli alvei, con vegetazione che ostruisce buona parte della sezione stessa, ed in parte ad un brusco restringimento della sezione, così come si osserva a partire dall'attraversamento della strada SP172 (fig. 2).

In particolare (vedi fig. 3), a monte della strada SP 172, l'intero alveo è stato oggetto di interventi di regimentazione, adeguamento della sezione e sistemazione spondale, mentre a valle di questa si osserva un brusco restringimento della sezione idraulica e la totale assenza di interventi di manutenzione e pulizia dell'alveo stesso.

Da non trascurare, inoltre, la sezione delle opere di tombinatura presenti in corrispondenza della strada provinciale, inadeguate per le portate del torrente in questione (tratto "A" in fig. 3).

Sempre in quest'area, ma in corrispondenza di un secondo tributario del fiume Testene, è emersa un'altra criticità legata al restringimento dell'alveo (tratto "B" in fig. 4) per la presenza di opere di contenimento proprio a ridosso dell'alveo stesso (foto 1).

In entrambi i casi, in episodi registrati in passato e per ultimo in data novembre 2013 i corsi d'acqua sono straripati ed hanno invaso l'intera area con ingenti danni alle infrastrutture presenti ed addirittura con la morte di animali da allevamento.



Fig. 2 – Inquadramento generale dei punti di maggior criticità



Fig. 3 – Particolare di uno dei punti di maggior criticità "attraversamento"



Fig. 4 – Particolare di uno dei punti di maggior criticità “restringimento dell’alveo”



Foto 1 – Alveo ristretto da muri in cls che ne riducono fortemente la sezione.
Sulla destra dell’alveo fluviale è visibile un ristagno d’acqua dovuto allo straripamento del torrente.

1. Altra criticità rilevata è legata all’andamento meandriforme del fiume Testene in un punto del suo percorso (fig. 5). In questa zona, infatti, a causa della brusca

diminuzione di velocità del filo della corrente, in caso di piogge violente e persistenti, l'alveo non riesce a contenere la piena che straripa ed invade le aree circostanti. Da non trascurare, inoltre, la scarsa distanza che divide una delle anse con la strada provinciale SP 267 ed alcuni fabbricati, essendo questa una zona in erosione da parte del filo della corrente.

Molto probabilmente, proprio per evitare lo scalzamento al piede del versante sovrastante, in epoche passate sono state realizzate opere di protezione spondale in sinistra orografica del corso d'acqua stesso (lato monte), che da un lato hanno protetto le sponde da erosione, ma dall'altra hanno contribuito a deviare il filo della corrente ed a determinare l'attuale andamento meandriforme che contribuisce a rallentare la velocità delle acque tanto che, in occasione di piene eccezionali, queste straripano invadendo le aree circostanti (vedi foto 2).

Da non trascurare, inoltre, la forte presenza di detrito e di vegetazione arborea nell'alveo che contribuiscono a ridurre la sezione ed a diminuire sensibilmente la capacità di contenimento delle piene (foto. 3).

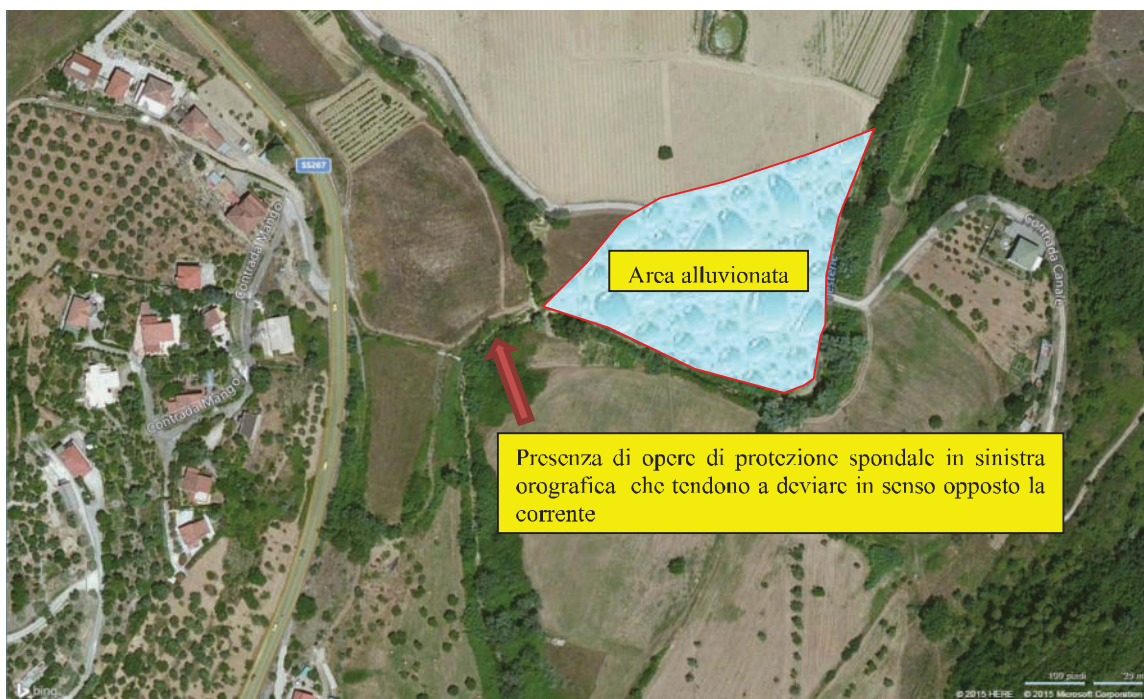


Fig. 5 – Meandro lungo il corso del fiume Testene. Si osserva una delle anse che si è avvicinata alla scarpata (lato sinistro), ove è presente la strada provinciale e numerose abitazioni



Foto 2 – Area invasa dall’acqua durante una piena eccezionale. La zona è situata frontalmente al meandro visibile in fig.4 (parte colorata contrassegnata con “area alluvionata”)



Foto 3 – Alveo invaso dalla vegetazione e forte accumulo di alluvioni a fondo alveo ed in prossimità delle sponde. Da notare la forte ostruzione della sezione

2) AREE DI CONOIDE ALLUVIONALE



Fig. 6– Area di conoide e di versante con ubicazione della sezione A-A'



Fig. 7– Area di conoide e di versante con ubicazione della sezione B-B'

Con riferimento alle aree di “*conoide*”, il rilevamento geomorfologico di dettaglio unitamente alle valutazioni numeriche derivanti dalla ricostruzione del modello tridimensionale dell’area su scala 1:5000 ha consentito di delineare in modo dettagliato le incisioni e le giaciture dei versanti in modo da definire le direzioni di flusso di un eventuale miscuglio acqua-sedimenti. Dalle risultanze dell’analisi geomorfologica è emerso chiaramente che è da escludere la presenza di aree interessate da potenziali distacchi di masse detritiche che possano evolvere in fenomeni di colata e/o colata rapida. Da escludere, inoltre, la possibilità che a seguito di piogge intense, le particelle più esposte all’azione della pioggia e al ruscellamento delle acque superficiali tendano a distaccarsi, andando via ad alimentare le portate idriche che affluiscono alle aree vallive, anche per la mancanza di una significativa copertura sciolta lungo il versante che si affaccia sulla valle del Testene.

Lo studio geo-morfologico esteso alle aree di “conoide” presenti nella zona (Figg. 6 e 7), ha dimostrato che le conoidi individuate nella carta delle aree di attenzione non sono altro che la sovrapposizione di depositi colluviali ed alluvionali di fondovalle su quelli flyschoidi di versante.

Ne sono una riprova sia la natura dei terreni che vi affiorano, costituiti prevalentemente da limi sabbiosi, di chiara origine alluvionale ed eluviale, per cui non legati in nessun modo a fenomeni di flusso detritico generati dall’interazione tra dinamica gravitativa di versante e dinamica del reticolo drenante.

I dati stratigrafici acquisiti mediante indagini dirette e trincee confermano tale ipotesi, avendo rilevato la presenza di terreni pedogenizzati in copertura, e depositi colluviali di natura limoso-sabbioso-argillosa fino ad almeno 6-7 metri di profondità che testimoniano, con ragionevole certezza, che la deposizione dei materiali avveniva in modo piuttosto tranquillo e non per colate detritiche o altra forma di sedimentazione violenta.



Fig. 7– Sezione stratigrafica eseguita lungo l’allineamento A-A’ (vedi fig. 5)

3) AREE DI VERSANTE

Le aree di versante riguardano una porzione di piana alluvionale prospiciente il fiume Testene, caratterizzata da una pendenza piuttosto bassa in quanto situata in corrispondenza di una zona di raccordo tra la piana alluvionale ed i versanti limitrofi (fig. 7). Questa è direttamente collegata con la zona di conoide descritta poc’anzi per cui valgono le stesse considerazioni per quanto riguarda l’aspetto morfologico-

evolutivo.

Riguardo possibili scenari di instabilità legati ad attività erosiva dei corsi d'acqua direttamente interessati, si è potuto rilevare che detti impluvi non presentano segni di attività erosiva lungo le sponde o sul fondo alveo, a dimostrazione del fatto che tutti i corsi d'acqua della zona hanno ormai raggiunto un proprio profilo di equilibrio (foto 4). Inoltre, lungo tutto il tratto interessato è presente una copertura vegetale che testimonia la scarsa attività dell'impluvio.



Foto4 – Corso d'acqua. Si osserva una scarsa attività erosiva sia lungo le sponde che sul fondo e modesto approfondimento dell'alveo, che non giustifica eventuali criticità legate a fenomeni di dissesto lungo le aree spondali.



Foto 5 – L'alveo appare sufficientemente incassato rispetto al piano viario. In alto a sinistra quella che dovrebbe essere la conoide alluvionale.

5 - MORFOMETRIA, PLUVIOMETRIA ED IDROMETRIA

5.1 - Morfometria

Per programmare in modo corretto i vari interventi lungo il corso del fiume Testene, si è proceduto allo studio dell'andamento delle portate idrometriche del corso d'acqua in relazione alle precipitazioni registrate nell'arco temporale 1920-1988.

Il bacino idrografico del fiume Testene è caratterizzato da una fitta rete idrografica distribuita in parte lungo i rilievi collinari e per buona parte su aree prevalentemente pianeggianti.

In particolare, affluenti di secondo, terzo e quarto ordine gerarchico solcano i versanti prossimi ai crinali disponendosi secondo la direzione di massima pendenza, mentre l'asta principale del Testene, per quanto attiene l'aspetto toponomastico, inizia a partire dalla confluenza dei valloni Archi e Vatolla, proseguendo fino alla foce in terreni prevalentemente pianeggianti. Il bacino idrografico da esso sotteso si sviluppa interamente nei territori comunali di Perdifumo, Laureana e Castellabate. La lunghezza dell'asta principale, dallo spartiacque fino all'area di interesse è di circa 12.05 chilometri. Quella dell'intero reticolo idrografico è di 125.6 chilometri (fig. 8)

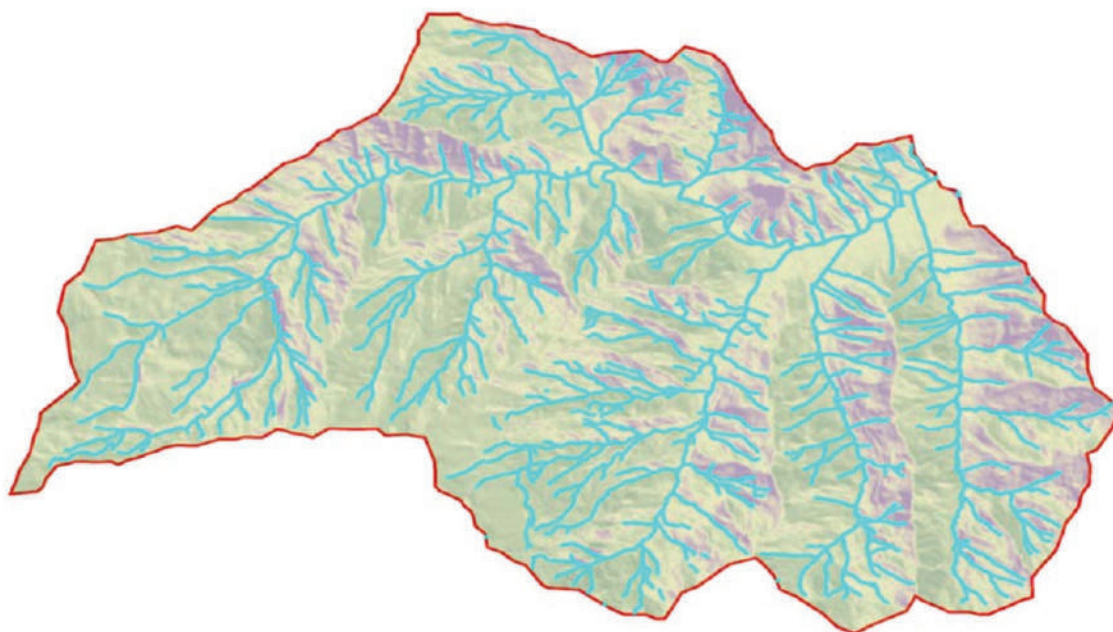


Fig. 8 – Bacino del fiume Testene e reticolo idrografico

Il sistema fluviale si presenta piuttosto stretto ed, a tratti, incassato nella parte iniziale, mentre mostra numerosi slarghi in quella intermedia e finale, ove dà origine ad una piana alluvionale che prosegue fino alla zona di foce.

Presenta un carattere prevalentemente torrentizio, con fasi di piena in occasione di eventi pluviometrici significativi e periodi di magra non appena questi cessano. Generalmente, le massime magre si hanno dalla primavera fino all'autunno, mentre i massimi valori di deflusso corrispondono ai mesi invernali. Il carattere torrentizio fa sì che le escursioni tra fasi di magra e di piena siano sempre notevoli.

L'analisi morfometrica del corso d'acqua, mediante la costruzione della curva ipsografica (Fig. 9) [STRAHLER, 1952], consente di evidenziare il grado di evoluzione morfologica. Il profilo della curva ipsografica, a generale andamento concavo-rettilineo, è sintomatico di uno stadio di maturità dei processi morfoevolutivi.

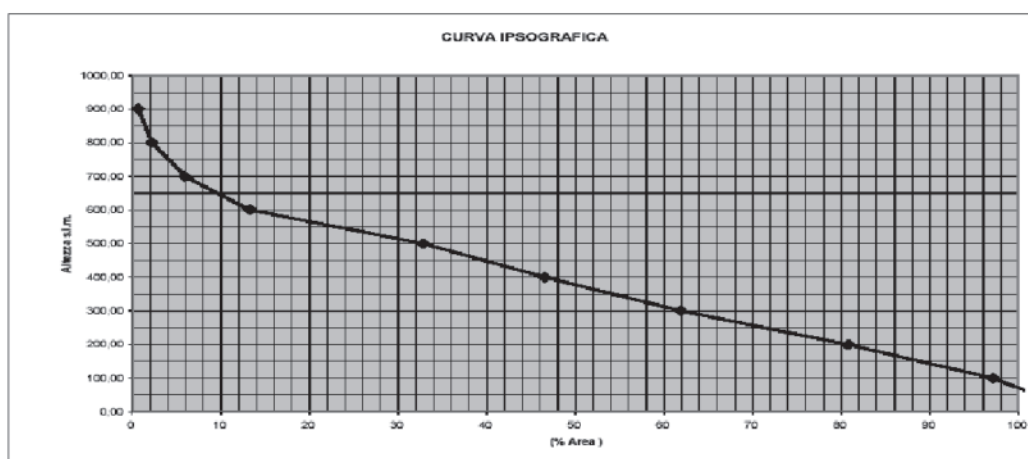


Fig. 9 – Curva ipsografica del bacino del fiume Testene

Per quanto riguarda i principali parametri idraulici, geometrici e morfologici che caratterizzano e condizionano il deflusso superficiale, sono stati presi in particolare considerazione la *densità di drenaggio*, il *fattore di forma* ed il *rapporto di circolarità*.

Il primo parametro si riferisce al rapporto tra la lunghezza totale del reticolo idrografico di un bacino imbrifero e la superficie del bacino stesso. Questa grandezza morfometrica risulta essere particolarmente utile in quanto assume generalmente valori molto alti nelle aree interessate dalla presenza di terreni impermeabili, perché su di essi il reticolo

idrografico si presenta molto più ramificato e, viceversa, molto contenuti nelle aree in cui ricadono terreni permeabili. Nel nostro caso assume un valore di 2.45 Km/Km².

Il bacino denuncia, inoltre, un fattore di forma, calcolato come il rapporto fra l'area del bacino con quella di un quadrato avente il lato L pari alla lunghezza del bacino, pari a **F_c**= 4.24.

Degno di attenzione è anche il rapporto di circolarità, in quanto la forma del bacino condiziona fortemente il ritardo dell'onda di piena. Infatti, il parametro in questione assume un valore unitario per bacini circolari, dove gli afflussi meteorici si trasformano rapidamente in deflusso superficiale, e valori inferiori all'unità in caso di bacini allungati, ove esiste una buona capacità di laminazione dell'onda di piena.

Nel caso particolare, il bacino del fiume Testene assume una forma particolarmente allungata (il rapporto di circolarità è pari a 0.55), ad indicazione che a causa della particolare conformazione delle aree drenate, gli afflussi meteorici non si trasformano rapidamente in deflusso superficiale.

BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME TESTENE

Parametri	
Superficie del bacino (Km ²)	51.128
Massima altitudine del bacino (m s.l.m.)	1019
Altitudine alla confluenza (m s.l.m.)	15
Altezza media del bacino (m s.l.m.)	360
Lunghezza totale del reticolo (Km)	125.6
Lunghezza asta principale (Km)	12.5
Perimetro spartiacque superficiale (Km)	34
Densità di drenaggio (Km/Km ²)	2.45
Fattore di forma	4.24
Rapporto di circolarità	0.55

5.2 - Pluviometria

Lungo il corso d'acqua in esame non sono presenti stazioni di misura idrografiche per cui, per la determinazione del deflusso superficiale, si è proceduto per via indiretta, attraverso i dati pluviometrici registrati alla stazione di Capaccio, per un periodo sufficientemente lungo che va dal 1920 al 1988 (fig. 3).

STAZIONE PLUVIOMETRICA DI CAPACCIO - Massimi annuali delle piogge giornaliere

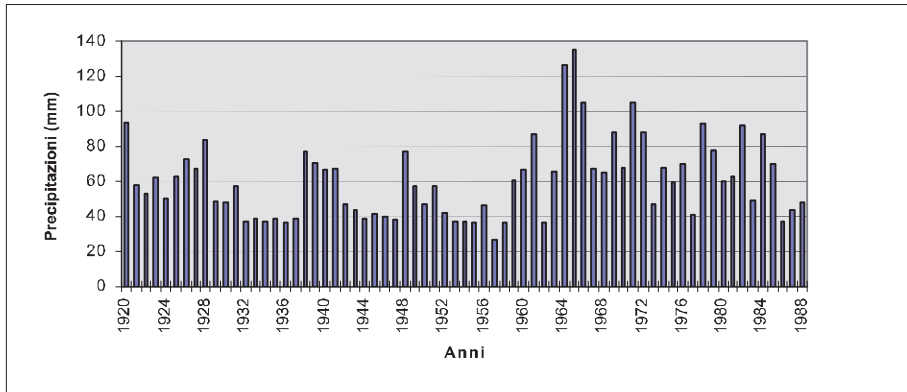


Fig. 10

In particolare, dagli annali idrologici, sono state estratte alcune serie storiche riferite rispettivamente:

- Ai massimi annuali delle piogge giornaliere;
- Alle massime precipitazioni che si sono verificate nell'arco dell'anno, riferite a periodi compresi tra 1 e 5 giorni.

Per quanto riguarda i massimi annuali delle piogge giornaliere, sono stati estratti solamente i valori di piovosità più significativi, ossia quelli superiori ai 70 mm. Tali valori sono stati inseriti in una tabella, in modo da avere un quadro immediato del tempo di ritorno della pioggia critica in funzione dei vari valori di piovosità. Come si rileva dalla fig. 10, il tempo di ritorno aumenta considerevolmente all'aumentare dell'altezza di pioggia, tanto da far registrare solamente due episodi consecutivi negli anni 1964 e 1965, nel caso di piogge di altezza superiore a 110 mm (rispettivamente 126 e 135 mm).

Per l'elaborazione statistica dei dati pluviometrici, attraverso la distribuzione asintotica dei massimi doppio esponenziale di Gumbel, si è fatto riferimento ai valori relativi alle altezze massime di pioggia (espresse in mm) con durata da 1 a 5 giorni consecutivi. Ne sono risultate 20 coppie di valori (considerati in 4 gruppi di 5 coppie) per uno stesso tempo di ritorno, rispettivamente di 10, 50, 100, 500 anni (tab. 1).

LEGGE DI PROBABILITA' CLIMATICA
(Pioggia di durata pari al tempo di corrvazione)

Tempo di ritorno (anni)	h (mm)
10	34.98
20	40.06
50	46.41
100	51.31
500	62.68

Tabella 1

Introducendo nella legge di probabilità climatica $h=a*t^n$ il tempo di corrvazione t_c (in ore), si ottiene il volume piovuto che rappresenta il massimo colmo di piena.

Come si evince dai dati di piovosità riportati nella tabella 1, i massimi giornalieri registrati dal 1920 al 1988 non hanno mai superato il valore di 130 mm, a dimostrazione dell'assenza, in tempi relativamente brevi, di eventi pluviometrici eccezionali. Oltretutto, tali eventi diventano sempre più distanti nel tempo, manifestando una forte irregolarità nella distribuzione delle piogge.

Altri dati che si rilevano dai valori di piovosità estratti dagli annali idrologici, sono la non ben definita cadenza temporale nei picchi di massima (vedi valori di piovosità nella stazione di Capaccio negli anni 1964 e 1965) e la quasi totale concentrazione delle precipitazioni nel semestre autunno-inverno.

5.3 - Idrometria

Lo studio delle caratteristiche idrometriche del bacino è stato effettuato in modo indiretto, attraverso i dati di piovosità estrapolati dagli annali idrologici, da cui è stata ricavata, in via statistica, la massima intensità di pioggia efficace e, di conseguenza, la massima portata di piena. Ciò in quanto il corso d'acqua è sprovvisto di stazioni di misura idrometriche.

Lo studio effettuato ha messo in evidenza che il bacino in questione presenta principalmente alcuni aspetti tipici, di seguito riassunti:

- I deflussi annuali che si registrano si traducono, in massima parte, con eventi di piena, in quanto le portate di magra sono scarse e, per buona parte dell'anno, assenti.
- L'esiguità delle portate di magra si spiega con la completa assenza, nel bacino, di quelle forme di accumulo e di lenta restituzione delle precipitazioni meteoriche che di

solito alimentano i flussi di magra. Da non trascurare, infine, le esigue dimensioni ed altimetrie del bacino in questione.

Per determinare la portata di massima piena del corso d'acqua, in modo da valutare se la sua attuale sezione sia adeguata a smaltire il quantitativo d'acqua eccedente, sono stati considerati due fattori concomitanti: intensità della pioggia critica ed invaso completamente saturo.

Gli elementi che determinano l'entità della portata di massima piena sono:

- *Intensità della pioggia critica;*
- *Tempo di corrivazione;*
- *Coefficiente di deflusso istantaneo.*

Il tempo di corrivazione è stato calcolato attraverso la formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4 * S^{0.5} + 1.5 * L}{0.8 * h^{0.5}} = 3.12$$

in cui:

S = *Superficie del bacino imbrifero (Km²)*

L = *Lunghezza massima del corso d'acqua (Km)*

h = *Dislivello medio del bacino imbrifero (m)*

Il calcolo della pioggia critica è stato effettuato mediante le equazioni di significatività climatica, da cui sono stati ricavati i coefficienti **a** ed **n** che variano in funzione del tempo di ritorno t.

La relazione utilizzata è la seguente: **P_{crit.} = a*tⁿ**

La pioggia considerata è quella di durata pari al tempo di corrivazione. Di seguito si riportano i valori massimi di portata del corso d'acqua, stimati per tempi di ritorno pari a 10, 20, 50, 100 e 500 anni e relativi alla pioggia critica calcolata.

TABELLA RIASSUNTIVA DELLE PORTATE DI PIENA ED ALTEZZE DI PIOGGIA

Superficie del bacino (Km²)	51.12				
Tempo di ritorno t	10	20	50	100	500
Fattore di crescita K_t	1.38	1.64	2.03	2.36	2.90
Portate in m³ calcolate con il metodo speditivo VAPI	137,26	163,12	201,91	234,73	288,44

I dati sopra riportati sono stati confrontati con il metodo specifico sviluppato nell'ambito del progetto VAPI del CNR GNDICI. Quest'ultimo, non effettua una trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi superficiali ma correla le portate con le principali caratteristiche geomorfologiche del bacino, quali superficie e permeabilità.

$$Q_t = m(Q) \cdot K_t$$

dove :

m(Q) = aAb valore della portata media (m³)

K_t = fattore di crescita in funzione del periodo di ritorno della pioggia critica

a, b= coefficienti della regressione semplice logaritmica, con **a=3.51** e **b=0.85**

PORTATE DETERMINATE CON IL METODO SPEDITIVO VAPI

Superficie del bacino (Km²)	51.12	
Lunghezza asta principale (Km)	12.05	
Tempo di corrivazione t_c(ore)	3.12	
Tempo di ritorno (anni)	h (mm)	Q_{max} (m³/s)
<i>10</i>	<i>37.35</i>	<i>135.93</i>
<i>20</i>	<i>42.72</i>	<i>155,45</i>
<i>50</i>	<i>49.42</i>	<i>179,85</i>
<i>100</i>	<i>54.60</i>	<i>198,69</i>
<i>500</i>	<i>66.61</i>	<i>242,39</i>

6 - INTERVENTI PREVISTI

Sulla base dei modelli e dei dati esposti in precedenza, è stato condotto lo studio idraulico del corso d'acqua, utilizzando il software HEC-RAS, licenza d'uso gratuita. Per i dettagli delle risultanze di tale studio si rimanda alla allegata relazione di calcolo idraulico. Nel corso di questa analisi, sono stati valutati gli effetti delle portate di piena per diversi periodi di ritorno Tr , quali 2 anni, 50 anni, 100 anni e 200 anni.

Qui ci si limita a relazionare lo studio per portate di piena corrispondenti ad un periodo di ritorno pari a $Tr= 200$ anni.

Dai dati prodotti dal software di calcolo, come evidenziato dal profilo altimetrico di deflusso dello stato di fatto (tavola 4.3), in alcune sezioni, in particolare nella sezione 2, 3, 4, 16, 17, 22 e 23, la capacità contenitiva del torrente non risulta soddisfare quella richiesta, con conseguenti possibili esondazioni, a conferma di quanto accaduto in anni passati e per ultimo in data novembre 2013.

La causa di tali problematiche è da ricondurre ad una serie di tematiche rilevanti, quali, la progressiva riduzione della sezione d'alveo in alcuni punti, con conseguente riduzione della portata massima ricevibile, oltre che a un diffuso problema di dissesto degli argini spondali, del tutto sprovvisti di ogni qualsivoglia opera di difesa.

Un ulteriore aggravante, riscontrata nella campagna di rilievo, ed evidente anche dalla documentazione fotografica a supporto, consiste nella cattiva o del tutto assente manutenzione dell'alveo. Difatti in diversi punti, sono stati riscontrati crescita di arbusti, sterpaglie e rovi che hanno ridotto la sezione d'alveo, molto spesso creando delle ostruzioni al normale deflusso.

Pertanto, riassumendo, le problematiche riscontrate possono essere sinteticamente riportate:

- Riduzione della sezione dell'alveo;
- Assente manutenzione;
- Erosione delle sponde.

Le problematiche riscontrate sono state analizzate sotto diversi aspetti e sono state puntualmente valutate. La soluzione prodotta ha tenuto conto di tutti i fattori che hanno concorso alla loro determinazione. Un fattore di non minore importanza, da tenere presente è il contesto paesaggistico e naturalistico in cui si opera. Di conseguenza la mitigazione del rischio è stata valutata, non potendo prescindere da opere di ingegneria naturalistica, scartando l'idea di utilizzare materiali impattanti e non compatibili al contesto, quali ad esempio il calcestruzzo.

Lo studio è quindi rivolto alla risoluzione delle problematiche mediante l'ausilio di materiali ecocompatibili e sostenibili, tuttavia la mitigazione delle esondazioni riscontrate dall'analisi, passa inevitabilmente attraverso un incremento della sezione d'alveo nei punti di criticità.

Pertanto è stato proposto un intervento sostenibile, attraverso le seguenti modalità:

- Pulizia del fondo alveo per eliminare il materiale in eccesso derivante dal trasporto, quali sterpaglie, accumuli eccessivi, materiale smottato ecc.;
- Pulizia delle sponde per eliminare il materiale e la vegetazione in equilibrio precario che potenzialmente potrebbe smottare nell'alveo e creare nuovi ostacoli al libero deflusso delle acque;
- Allargamento delle sezioni nei punti in cui presentano restringimenti innaturali o criticità specifiche;
- Realizzazione di opere di difesa spondale, laddove le pendenze eccessive non garantiscono la stabilità delle stesse;
- Innalzamento dell'argine di protezione nelle sezioni in cui i tre interventi precedenti non sono sufficienti ad ottenere una sezione di deflusso sufficientemente ampia.

6.1 - Tipologia degli interventi

L'intervento in progetto, dunque, interesserà i tratti dell'alveo dove si presentano ostruzioni, depositi di materiale sul fondo che in molti punti hanno innalzato in maniera innaturale il livello del fondo di uno spessore variabile tra i 30 e i 60, quindi si opererà per restituire all'alveo la quota naturale. Tali ostruzioni riguarderanno anche

restringimenti puntuali degli argini derivanti da cause differenti, quali erosione delle sponde, crescita incontrollata di arbusti, cattiva manutenzione o depositi artificiali. Pertanto, si opererà attraverso una **pulizia del fondo, decespugliamento e rimozione del materiale depositato**, ristabilendo le condizioni naturali di equilibrio dell'alveo.

Le lavorazioni prevedono, laddove vi sono stati chiari episodi di erosione spondali, un intervento mirato alla difesa ricorrendo all'ingegneria naturalistica, quale la realizzazione di viminate. Le viminate sono opere di consolidamento superficiale che utilizzano materiali vegetali vivi in legname o altro materiale (piantumazioni, viminata o graticciata, fascinata, gradonate, palificata, palizzata, grate) hanno un impatto ambientale molto ridotto. Infatti la loro costruzione non necessita di movimento terra significativi in grado di arrecare danni alla vegetazione o all'ecosistema. La struttura garantisce un rapido effetto di consolidamento delle scarpate in dissesto.

Se infatti il legno può marcire in tempi relativamente brevi, il radicamento e la crescita delle talee e delle piantine assicurano, nella fase successiva, la stabilità dei versanti.

Questi sistemi rappresentano una delle soluzioni più indicate nelle zone di particolare pregio ambientale, nelle quali occorre garantire, oltre che l'efficacia tecnico-funzionale dell'intervento anche gli aspetti ecologici, estetico paesaggistici e naturalistici, ad esso connessi.

Gli interventi stabilizzanti consentono un ottimo recupero naturale delle aree degradate, favorendo il consolidamento dei pendii e lo sviluppo successivo della copertura vegetale e il ripristino degli ecosistemi naturali danneggiati.

L'intervento altresì prevede l'innalzamento puntuale degli argini nei punti in cui, la capacità contenitiva dell'alveo è insufficiente, per diverse cause quali l'innalzamento fondo per depositi e/o erosione delle sponde. Di conseguenza laddove è stato possibile, si provvederà alla sola rimozione del materiale depositato, mentre nei casi in cui questo non risulti sufficiente, verranno realizzati (sezioni 22 e 23) degli interventi di ingegneria naturalistica, in particolare la messa a dimora di gabbionate.

Il "gabbione" è un elemento modulare, a forma di parallelepipedo, che costituisce una

difesa spondale elastica e deformabile particolarmente adatta in presenza di fenomeni di instabilità del piano di appoggio, infatti, le gabbionate hanno il vantaggio di adattarsi agevolmente ad una nuova configurazione di appoggio.

Data la loro elevata permeabilità i gabbioni facilitano lo scambio freatico tra il corso d'acqua ed i terreni limitrofi con i conseguenti vantaggi ecologici. Inoltre, le capacità drenanti del gabbione evitano la formazione di pericolose pressioni idrauliche a tergo dello stesso, responsabili di numerosi collassi di strutture arginali impermeabili (muri in calcestruzzo). Inoltre le gabbionate sono facilmente ripristinabili.

7 - NOTE CONCLUSIVE

L'analisi comparata dello studio di ortofoto e di carte aerofotogrammetriche con l'ausilio del rilevamento di campagna ha consentito di verificare capillarmente ed in scala a carattere dinamico, l'evoluzione geomorfologica del sito e del suo contesto, denotando variazioni poco significative, all'insegna dell'equilibrio idraulico-idrologico.

Con riferimento alle aree di fondovalle presenti lungo il fiume Testene, sono state rilevate alcune criticità legate sia alla scarsa manutenzione del corso d'acqua (forte presenza di vegetazione che ne ostruisce il deflusso e notevoli quantitativi di alluvioni che ne riducono la capacità di invaso), sia a restringimenti della sezione per interventi antropici che sono causa di straripamento ed alluvionamento delle aree circostanti.

Riguardo i corsi d'acqua tributari del fiume Testene, è stata rilevata la possibilità di esondazione di alcuni di essi sia per restringimento forzato dell'alveo, sia per deviazioni di carattere antropico.

Per quanto riguarda, invece, le aree di conoide e di versante, non sono state rilevate criticità degne di nota, così come di seguito relazionato:

Con riferimento alle **aree di conoide**, il rilevamento geomorfologico di dettaglio unitamente alle valutazioni numeriche derivanti dalla ricostruzione del modello tridimensionale dell'area su scala 1:5000, ha consentito di delineare in modo dettagliato le incisioni e le giaciture dei versanti in modo da definire la direzione di un ipotetico flusso del miscuglio acqua-sedimenti. Dalle risultanze dell'analisi geomorfologica è emerso chiaramente che è da escludere la presenza di aree interessate da potenziali distacchi di masse detritiche che possano evolvere in fenomeni di colata e/o colata rapida.

Inoltre, l'analisi granulometrica del materiale depositato ha indicato, senza alcun dubbio, che non si tratta di vere e proprii depositi di conoide ma di aree in cui è avvenuta, nel tempo, la sovrapposizione di colluvioni sul substrato flyschoide ad opera delle acque dilavanti.

Né è un esempio la natura del materiale, a prevalente componente limoso-sabbioso-argillosa e con scarsa componente detritica, che testimone l'assenza di un trasporto di massa rapido e violento da parte delle acque meteoriche.

Riguardo le **aree di versante**, non sono state rilevate criticità degne di nota nemmeno lungo i versanti che si affacciano sulla piana alluvionale in quanto, al di sotto di spessori poco significativi della copertura colluviale e/o detritica, affiora direttamente la formazione di base con strati di natura arenacea e pelitica particolarmente compatti. Tale circostanza porta ad escludere, pertanto, rischi legati a movimenti franosi di una certa importanza che potrebbero invadere le aree di intervento.

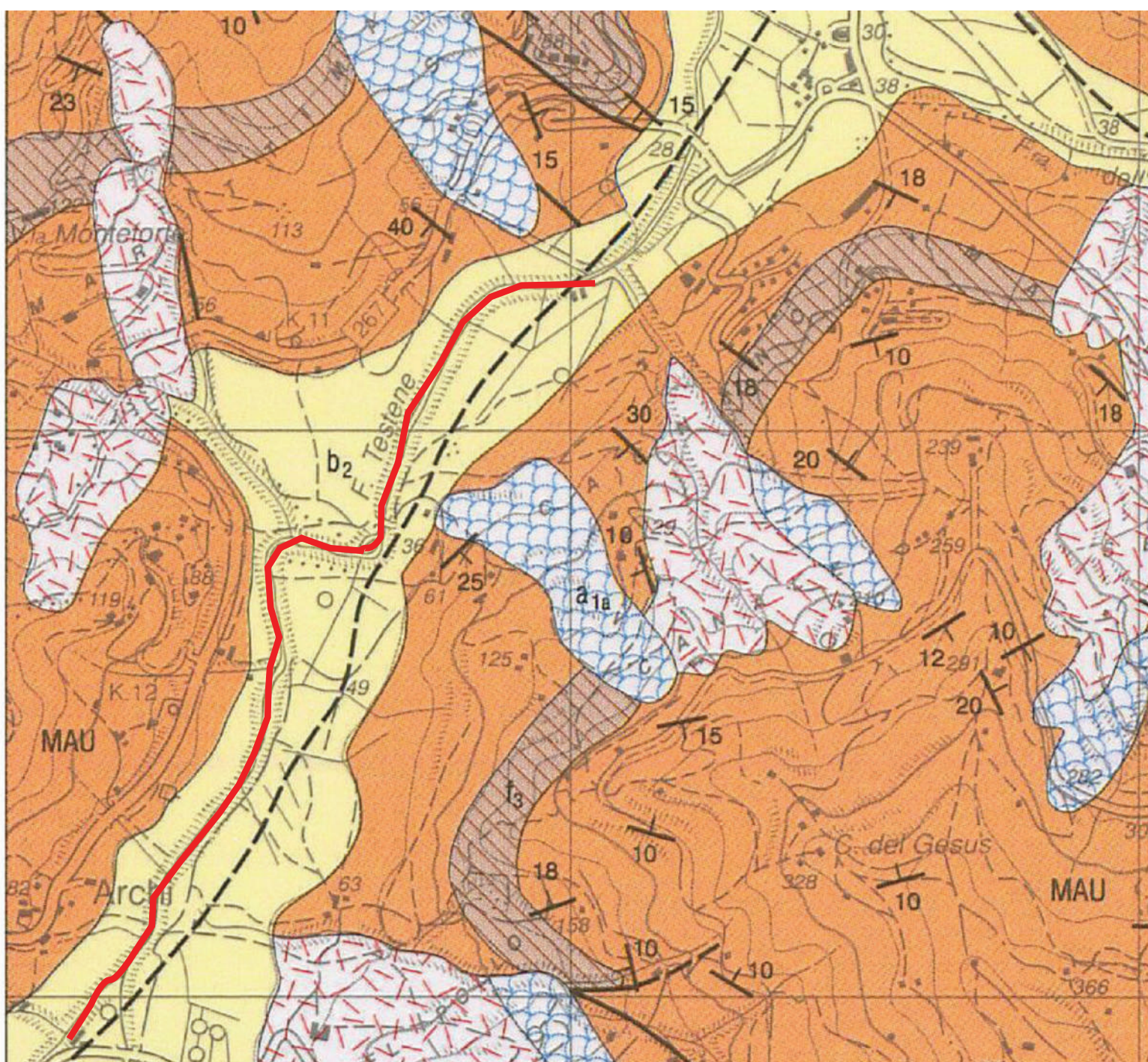
Lungo i corsi d'acqua non sono stati individuati elementi (quali ad es. sbarramenti, ecc) che possano ostacolare il normale deflusso della corrente o della traiettoria di un improbabile movimento gravitativo superficiale (colata, colata rapida di detrito, ecc.).

L'insussistenza di tali fenomenologie fa ritenere che la tipologia di intervento, così come prospettato, non implica effetti diretti ed indiretti a breve e medio termine sul quadro idrogeologico e morfologico dell'area indagata.

In definitiva si può tranquillamente asserire, a seguito delle risultanze emerse dal presente studio geologico-idraulico, che gli interventi da realizzare non costituiscono elementi tali da poter alterare il preesistente equilibrio idrogeologico dell'area interessata e dell'ambito geomorfologico di riferimento.






Gli interventi di mitigazione previsti consistono in un insieme sistematico di lavori di manutenzione straordinaria tendenti ad eliminare gli elementi che limitano la capacità di invaso e di deflusso del corso d'acqua, nonché di ripristino dello stato naturale dell'alveo, con eventuali innalzamenti di argini nei punti di maggiore criticità in cui gli interventi di pulizia non risultano sufficienti.





CARTA GEOLITOLGICA

LEGENDA

- 
FRANA QUIESCENTE
a_{1a} **PLEISTOCENE SUR-OLOCENE ANTICO**
- 
DETRITI DI VERSANTE S.L.
a **PLEISTOCENE MEDIO (?) - OLOCENE**
- GRUPPO DEL CILENTO**
- 
FORMAZIONE DI SAN MAURO
MAU **LANGHIANO-TORTONIANO INF.**
- 
strato di Perdifumo:
 megastrato marnoso, potente fino a circa 40 metri **SERRAVALLIANO SUP-TORTONIANO INF.**
- 
ARENARIE DI POLLICA
PLL **LANGHIANO**

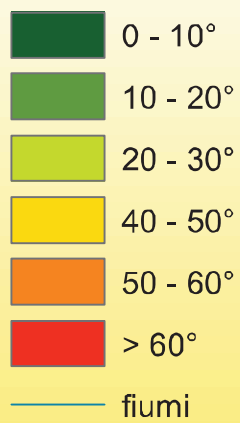
 **Area di intervento**

SCALA 1:10.000

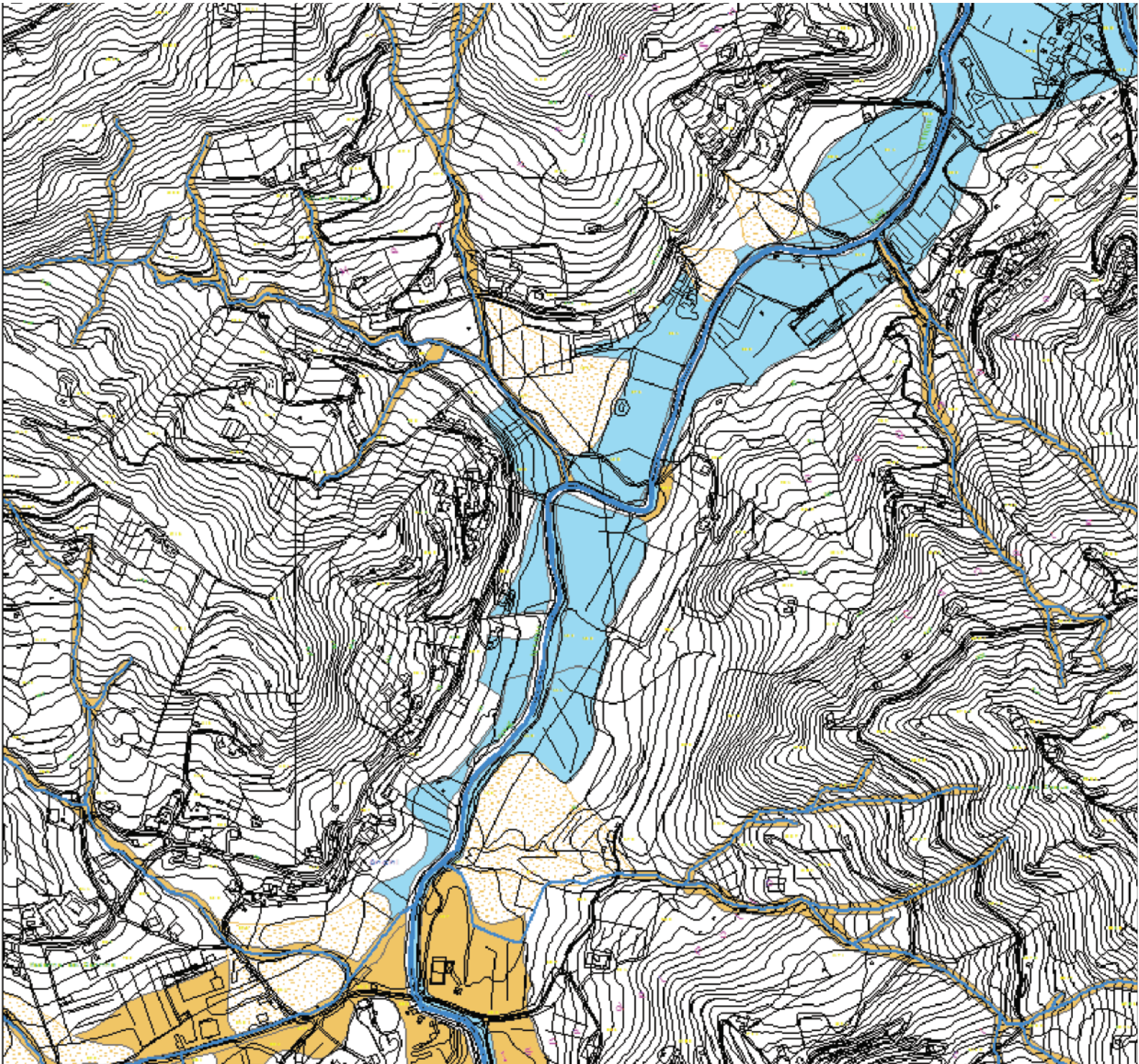


Legenda

Pendenze



SCALA 1:50.000



CARTA DELLE AREE DI ATTEZIONE

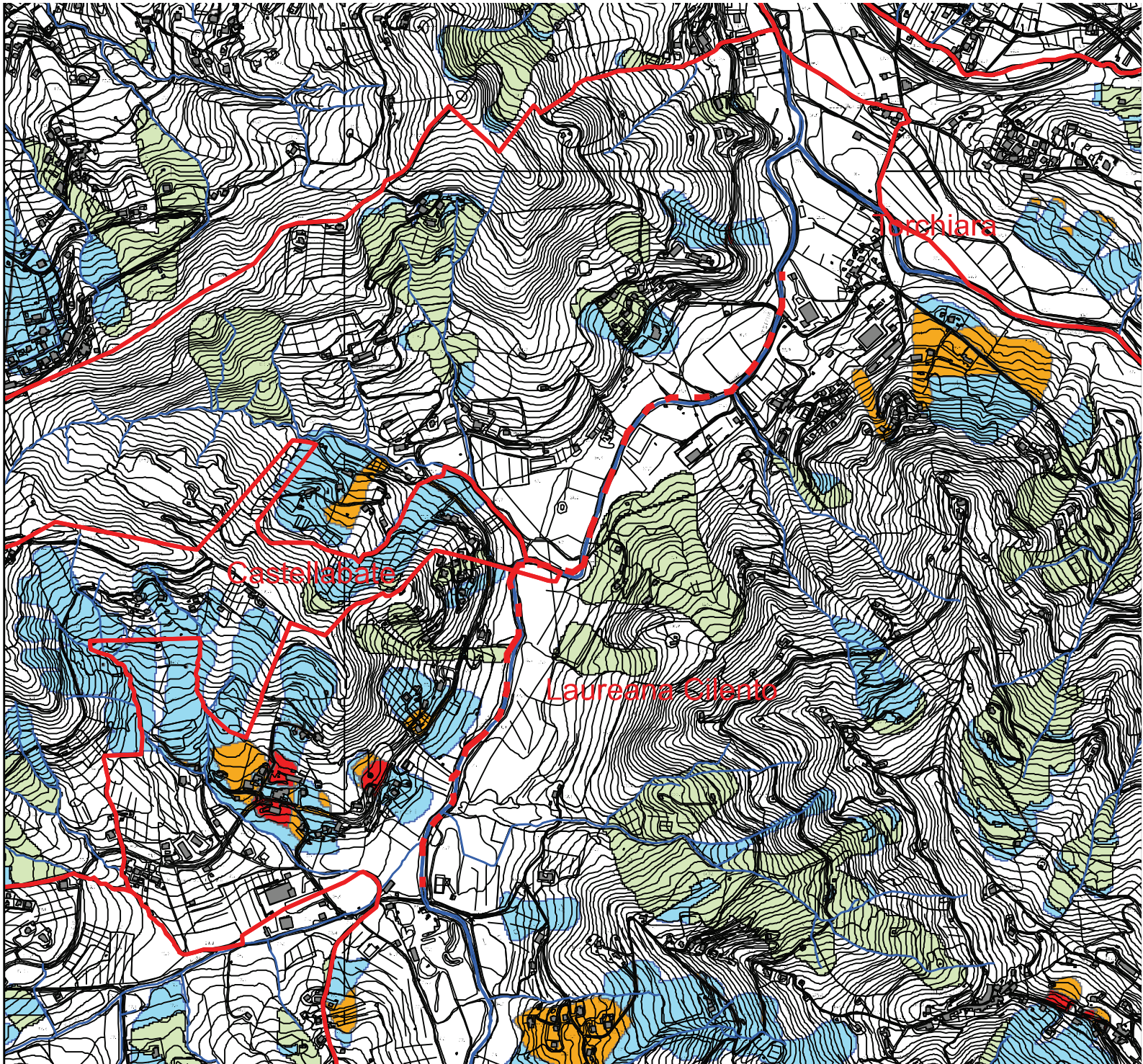
LEGENDA

Aree di Attenzione

TIPOLOGIA

-  AREE DI CONOIDE
-  AREE DI FONDOVALLE
-  AREE DI VERSANTE
-  Area di intervento

SCALA 1:10.000



COMUNE DI LAUREANA C.T.O

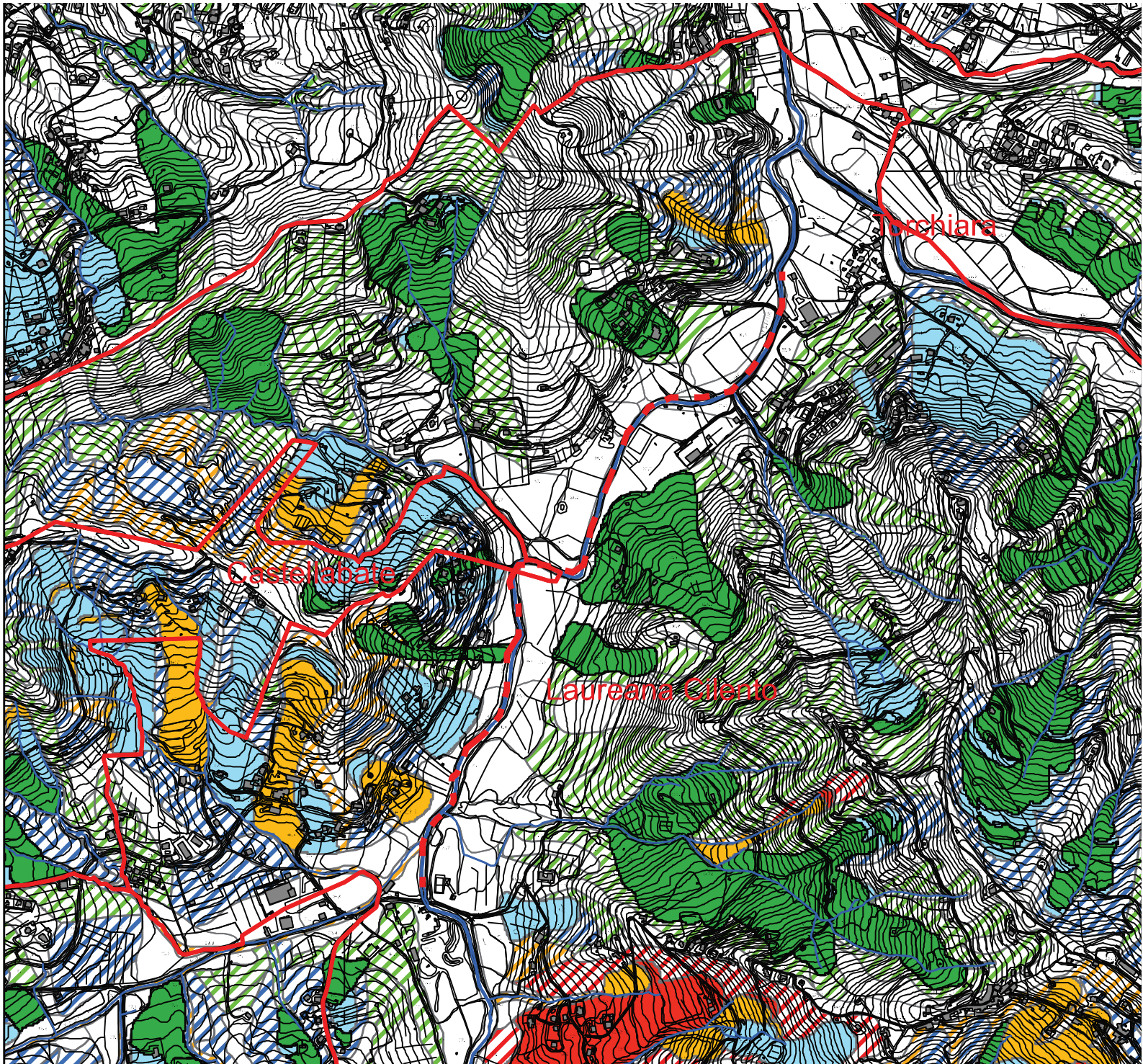
CARTA DEL RISCHIO FRANA

LEGENDA

	R1 - Moderato
	R2 - Medio
	R3 - Elevato
	R4 - Molto Elevato

- - - - - Tratto di competenza


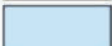
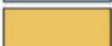

SCALA 1:10.000



COMUNEDILAUREANA C.T.O
CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA

LEGENDA

Classe

-  P1 - Moderata
-  P2 - Media
-  P3 - Elevata
-  P4 - Molto Elevata

 Tratto di competenza

Pericolosità d'Ambito

-  Pa1 - Modetata
-  Pa2 - Media
-  Pa3 - Elevata
-  Pa4 - Molto Elevata

SCALA 1:10.000