

REGIONE LOMBARDIA - PROVINCIA DI PAVIA



COMUNE DI
CANNETO
PAVESE

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLE OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL TORRENTE VERSA

CUP I57H21009070002 - CIG A02A178467

- PROGETTO ESECUTIVO -

Elaborato:

2

RELAZIONE GEOLOGICA

Data: 05/2024

R.T.P. composto da:

Capogruppo:



ANSELMO ASSOCIATI

Via Vittorio Emanuele 14 10023 Chieri (Torino)

Cod. Fisc. e Part. IVA 08798520014

Tel 011-9415835 Fax 011-0712923 e-mail: info@anselmoassociati.it

Ing. Virgilio Anselmo

Ordine degli Ingegneri di Torino n. 3365



Dott. Geol. Paola Sala

Ordine dei Geologi della Lombardia n. 1237

Dott.ssa Lucrezia Albera

Relazione geologica

Sommario

1	PREMESSA.....	2
2	APPROCCIO METODOLOGICO	2
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	3
4	INQUADRAMENTO METEO CLIMATICO	5
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE E LITOTECNICO	10
6	INQUADRAMENTO IDROGEOMORFOLOGICO	15
7	USO DEL SUOLO.....	21
8	IL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) VIGENTE	22
9	IDROGRAFIA	27
10	EVENTO METEORICO DEL 26-27/07/2022.....	28
11	GLI INTERVENTI PROPOSTI	34
12	ANALISI DI DETTAGLIO DELLE ZONE DI INTERVENTO.....	34
	12.1 Intervento 0.....	35
	12.2 Intervento 1.....	35
	12.3 Intervento 2.....	37
	12.4 Intervento 3.....	39
	12.5 Intervento 4.....	41

ANSELMO ASSOCIATI Via VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHERI (To) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO Via FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	1 -
--	--	-------------------------------

1 PREMESSA

L'analisi che segue, è stata redatta nell'ambito del progetto di *"Lavori di completamento delle opere di sistemazione idraulica del torrente Versa"*, con lo scopo di illustrare i risultati delle indagini geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche realizzate presso il Comune di Canneto Pavese - Provincia di Pavia, nonché al fine di verificare le condizioni idrauliche del T. Versa nel tratto compreso nel territorio comunale.

2 APPROCCIO METODOLOGICO

In ragione della natura dell'incarico, l'analisi è stata articolata come di seguito illustrato:

- A. analisi geologica e geomorfologica del contesto territoriale inserito nel Comune di Canneto Pavese;
- B. analisi idrologica con verifica delle condizioni di criticità del tratto di alveo ricadente nell'ambito del territorio comunale;
- C. definizione degli interventi da realizzarsi a completamento di quelli esistenti e già in progetto.

Per l'analisi di cui al punto B. le valutazioni illustrate hanno assunto come riferimento i dati idrologici prodotti nella progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento *"Ripristino sezione di deflusso mediante svasamento e consolidamento sponde e difese spondali lungo il Torrente Versa"* (affidata al R.T.P. Dott. Geol. Manuel Elleboro - Ing. Virgilio Anselmo nel settembre 2011), successiva all'approvazione del rispettivo progetto preliminare e ad integrazione dello *"Studio idrogeologico ed idraulico a scala di sottobacino del Torrente Versa finalizzato alla definizione degli interventi di sistemazione necessari sul tratto medio-inferiori del bacino"* (affidato al R.T.P. Ing. Giuseppe Barbero - Ing. Roberto Montagna realizzato nell'aprile 2011), nel seguito denominato semplicemente Studio.

Si fa presente che il Comune di Canneto Pavese ha attivato recenti indagini e progettazioni (2024-a; 2024-b) allo scopo di correggere gli inconvenienti verificatisi a seguito di eventi di particolare gravità come il nubifragio del 26-27 luglio 2022.

ANSELMO ASSOCIATI VIA VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHIERI (TO) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO VIA FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	2 -
---	--	-------------------------------

Relazione geologica

- vincolo ai sensi dell'art. 142 comma 1 lettera c del D.Lgs 42/2004 **"FIUMI, TORRENTI E CORSI D'ACQUA"**, in quanto tutti gli interventi sono all'interno dell'alveo del torrente Versa;
- vincolo ai sensi dell'art. 142 comma 1 lettera g del D.Lgs 42/2004 **"FORESTE E BOSCHI"**, in quanto il tratto oggetto di intervento ricade in un'area classificata come "area bosco" che si estende per alcuni tratti della sua lunghezza.

Non si riscontra la presenza di zone di particolare interesse naturalistico-ambientale.



Figura 3-1: ubicazione dell'area di intervento lungo il corso del torrente Versa in Comune di Canneto Pavese.

ANSELMO ASSOCIATI Via VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHIERI (TO) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO Via FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	4 -
---	--	--------

Relazione geologica

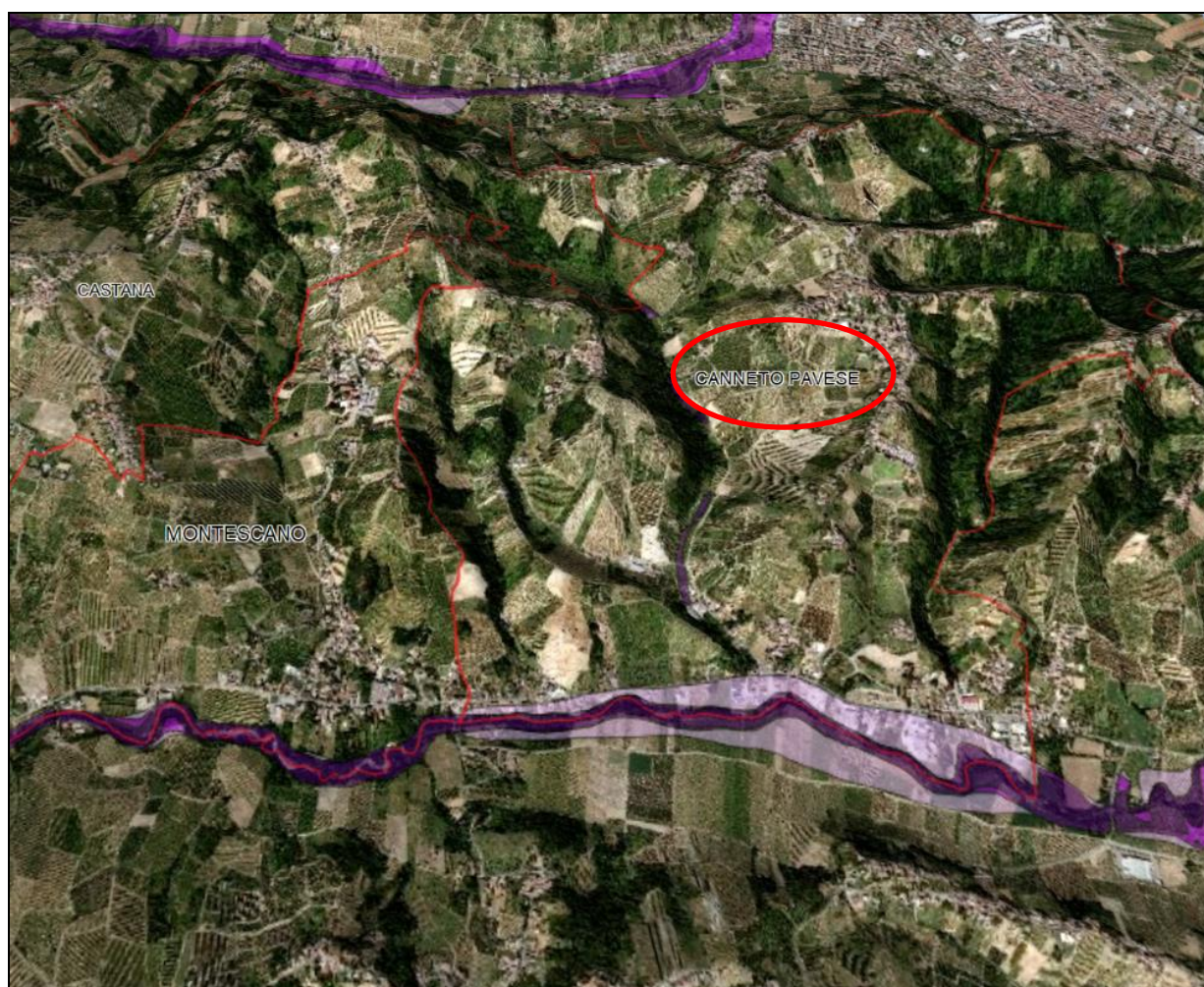


Figura 3-2: vista 3D del territorio comunale.

4 INQUADRAMENTO METEO CLIMATICO

L'analisi climatica del territorio si basa sui dati meteo registrati dalla stazione ARPA di Broni (Figura 4-) collocata a una quota di 77 m s.l.m.. Sono stati presi in considerazione i dati delle precipitazioni e delle temperature con cadenza giornaliera, per il periodo compreso tra marzo 2018, data di attivazione delle acquisizioni, a marzo 2021.

I dati di temperatura sono sintetizzati nella *Tabella 1*, con le temperature medie, le temperature massime, le temperature medie massime, le temperature minime e le temperature medie minime, su base mensile.

Relazione geologica

Tabella 1: regime annuo della temperatura [°C].

° C	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
T_{MAX}	15,6	21,4	24,2	28,1	28,4	39,4	37,6	37,2	32,1	27,9	17,9	16,1
m. T_{MAX}	6,4	11,9	15,5	19,8	22,4	28,6	31,5	31,4	26,4	18,9	11,9	7,3
T_{MEDIA}	1,7	6,1	8,9	13,8	17,2	22,5	25,2	25,0	20,1	14,3	8,9	3,8
m. T_{min}	-2,0	1,1	2,2	7,6	11,9	15,6	18,7	18,6	14,3	10,1	6,2	0,9
T_{min}	-9,3	-6,8	-3,6	-0,7	3,3	8,9	14,1	11,7	4,2	2,2	-2,8	-8,2

Il grafico in *Figura 4.1* descrive l'andamento giornaliero della temperatura massima, media e minima registrata nella stazione di Broni. I valori massimi di temperatura sono raggiunti nel mese di luglio, mentre i minimi nel mese di gennaio.

Considerando che, nel triennio analizzato, la temperatura media annuale risulta pari a 13,95 °C, i mesi in cui le temperature medie mensili sono superiori alla media annuale sono quelli che vanno da maggio a ottobre. I restanti mesi dell'anno, da novembre ad aprile, sono caratterizzati da una temperatura media mensile inferiore a quella annuale.

Rispetto all'analisi delle temperature condotte nel luglio del 2007 (v. *Tabella 2*) con i dati delle stazioni di Stradella e Montalto Pavese, si nota come le temperature medie mensili siano leggermente più alte.

Tabella 2: regime annuo della temperatura (Stazione di Stradella - m. 200 s.l.m.), dalla Relazione Geologica della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT (Geolsoil, 2007).

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
t. max	17,0	12,0	20,0	23,0	29,0	31,0	35,0	32,0	35,0	23,0	17,0	12,0	35,0
m. t. max	4,4	6,0	11,7	16,0	20,1	25,3	28,0	26,2	22,7	15,7	8,8	5,6	17,8
t. med	1,3	2,9	7,9	11,5	15,4	20,3	22,9	21,6	18,2	12,1	5,9	2,7	13,5
m. t. min	-1,8	-0,2	4,2	7,0	10,8	15,3	17,8	16,9	13,6	8,5	3,0	-0,2	9,1
t. min	-15,0	-7,0	-3,0	1,0	3,0	9,0	11,0	11,0	7,0	0,0	-4,0	-8,0	-15,0
es. m. m	6,2	6,2	7,5	9,0	9,3	10,0	10,2	9,3	9,1	7,2	5,8	5,8	8,7

Relazione geologica

Nella *Tabella 3* sono indicati i valori medi mensili delle precipitazioni registrate dalla stazione di Broni, mentre i successivi grafici mostrano l'andamento della piovosità su scala giornaliera (*Figura 4.2*), mensile (*Figura 4.3*), e media mensile per il triennio analizzato.

Tabella 3: precipitazione media mensile per il triennio 03/2018-03/2021 [mm].

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
[mm]	64,6	25,8	23,7	50,4	84,0	44,3	38,8	53,7	25,6	125,5	100,4	108,6

L'analisi dei dati della stazione meteo-climatica di Broni attesta che il clima dell'area collinare pavese è quello tipico continentale, con forti variabilità legate all'entità delle precipitazioni e al regime termico. Le precipitazioni mostrano il classico regime annuale caratterizzato da due massimi (Aprile-Maggio e Ottobre- Novembre) e due minimi (Gennaio e Luglio-Agosto). Le temperature sono invece caratterizzata da un solo minimo (Gennaio) e da un solo massimo (Luglio-Agosto).

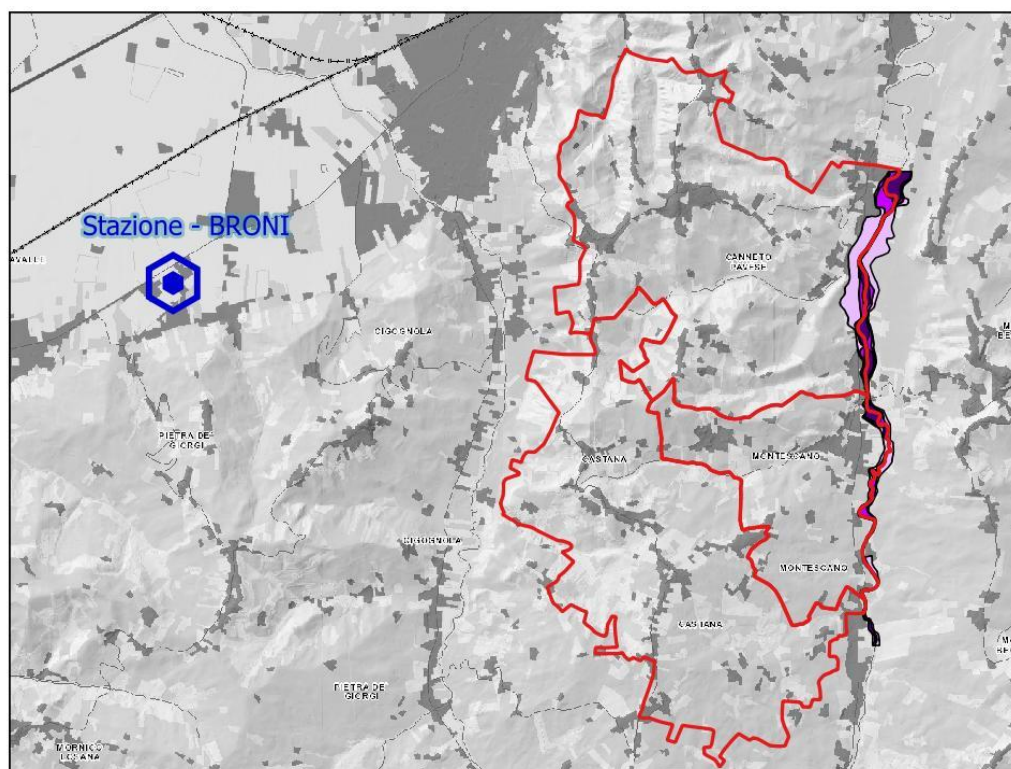


Figura 4-1: ubicazione della Stazione meteorologica di Broni (dati ARPA Lombardia).

Relazione geologica

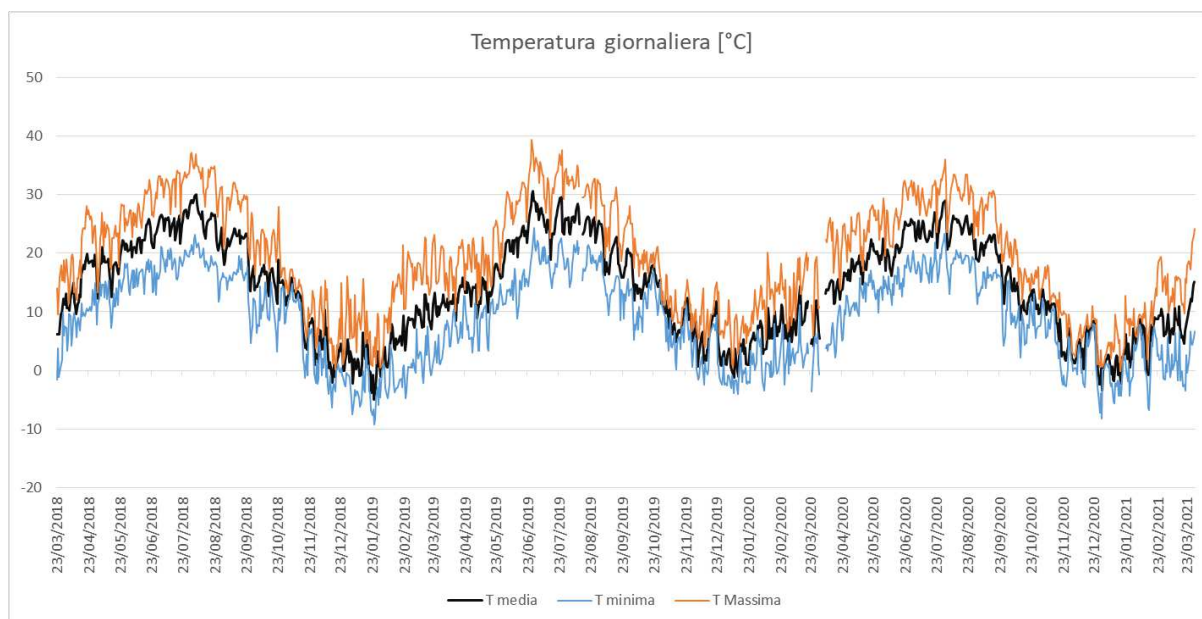


Figura 4-2: andamento giornaliero della Temperatura (Arpa Lombardia).

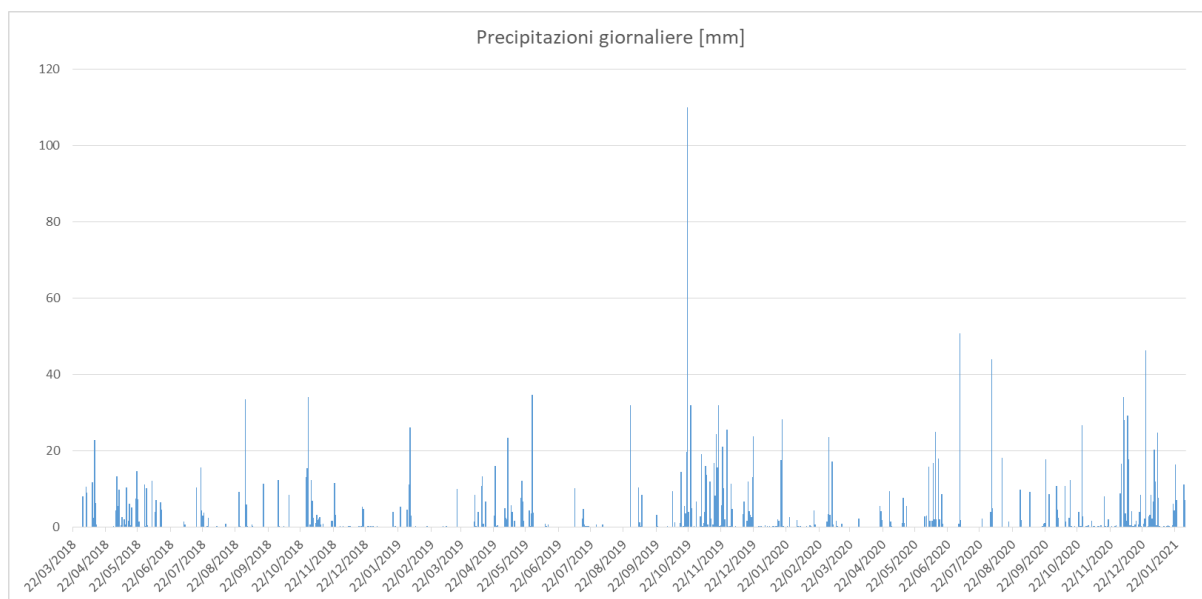


Figura 4-3: andamento giornaliero delle precipitazioni (Arpa Lombardia).

Relazione geologica

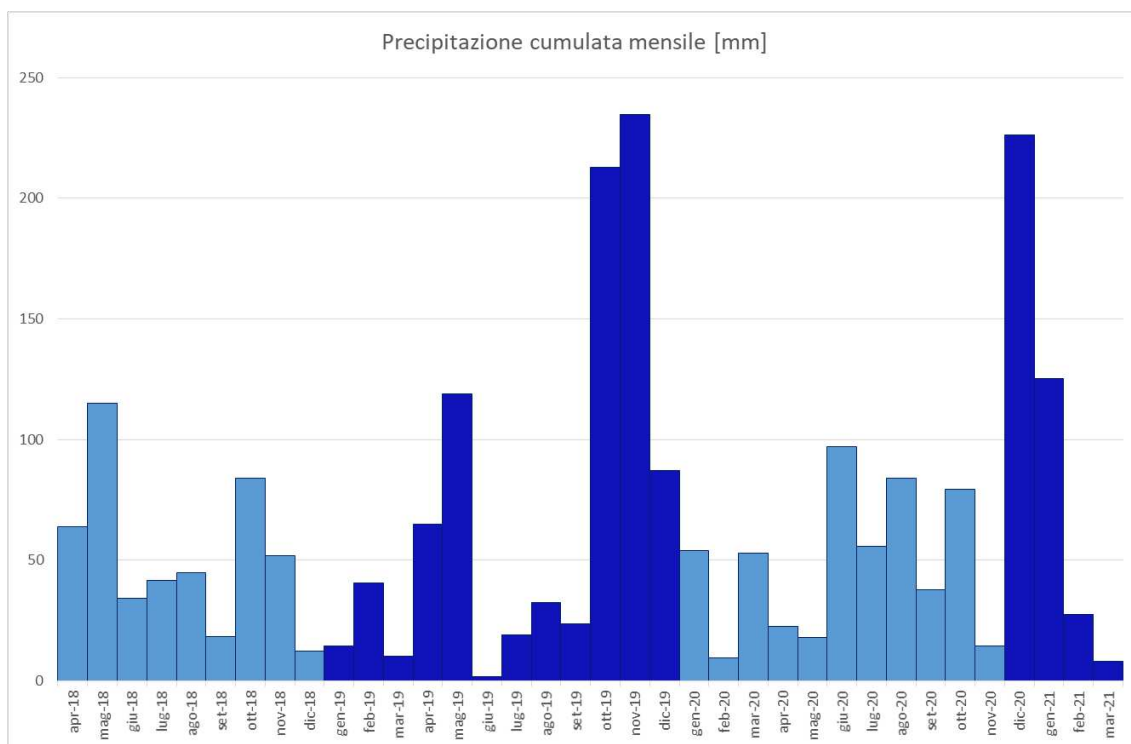


Figura 4-4: precipitazione cumulata mensile (Arpa Lombardia).

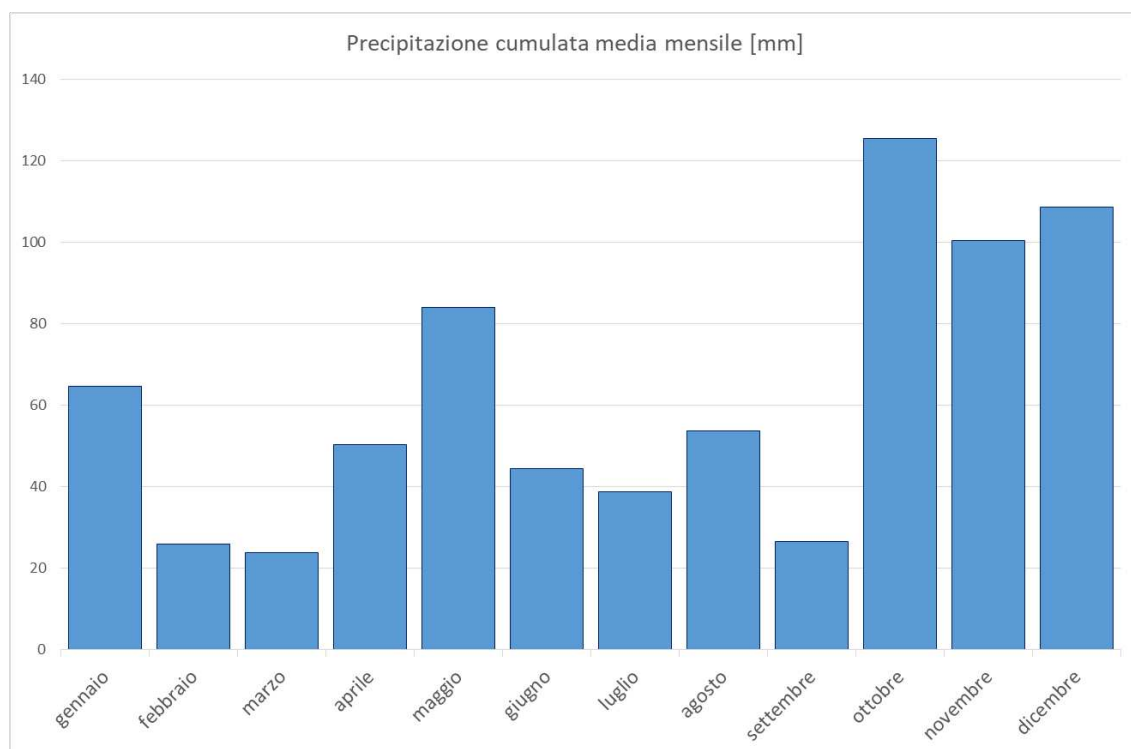


Figura 4-5: precipitazione cumulata media mensile (Arpa Lombardia).

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE E LITOTECNICO

Il territorio d'interesse risulta compreso nel settore collinare, modellato nell'ambito delle successioni dell'Appennino Pavese (estremità occidentale dell'Appennino Settentrionale), delimitato dalle aree di fondovalle del torrente Versa, caratterizzate a loro volta dalla presenza di depositi di copertura quaternaria di natura fluvioglaciale e alluvionale (*Foglio 59 - Pavia e Foglio 71 - Voghera della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000*).

L'area si sviluppa a Sud del cosiddetto Sperone di Stradella che costituisce, a tutti gli effetti, l'elemento strutturale presente più significativo. Esso, infatti, risulta caratterizzato dalla presenza di un sistema di faglie disposte in direzione Nord-Sud, che, intersecando le faglie dell'Appennino tortonese-vogherese e quelle dell'Appennino piacentino, costituisce una vera e propria linea di demarcazione rispetto ai due sistemi di lineamenti divergenti.

La presenza di faglie verticali o sub-verticali disposte in direzione Nord-Sud, risulta ben testimoniata dalle direttrici degli alvei dei torrenti che attraversano questo settore di Appennino Settentrionale, tra cui particolare rilevanza assumono i torrenti Versa (oggetto del presente studio) e Scuropasso e da alcuni caratteristici allineamenti di creste e di selle, che costituiscono la rappresentazione morfologica degli elementi strutturali descritti.

Dal punto di vista geologico, l'ambito territoriale in esame presenta una successione geologica e strutturale molto complessa, frutto di varie deformazioni che hanno interessato nel corso del tempo la zona d'interesse.

Ad ogni modo, la successione formazionale che è possibile riconoscere, è quella tipica dell'Appennino Settentrionale. Infatti, si è in presenza di una classica tettonica a falde di ricoprimento, riscontrabile, nello specifico, per la sovrapposizione fra grandi insiemi di unità formatesi in domini paleogeografici originariamente diversi, distinguibili per caratteristiche litologiche e strutturali.

È possibile così individuare la sovrapposizione tra la Successione Epiligure (Successione Bismantova - Ranzano - Monte Piano), l'Unità di Monte Cassio (cui viene associato il Complesso Ofiolitifero), l'Unità di Bettola - Luretta e l'Unità di Monte Penice. Queste unità sono state messe in posto attraverso varie fasi deformative, le quali hanno determinato l'accavallamento delle Unità Liguri Interne (in questo caso rappresentate dall'Unità di Monte Antola) sulle Unità

ANSELMO ASSOCIATI VIA VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHIERI (TO) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO VIA FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	10 -
---	--	----------------------------

Relazione geologica

Liguri Esterne (in questo caso rappresentate dall'Unità di Monte Cassio e dall'Unità di Bettola - Luretta), le quali a loro volta sono sovrascorse alle Unità Subliguri (in questo caso rappresentate dall'Unità di Monte Penice) e alle Unità Toscane.

L'insieme Esterno Umbro-Toscano costituisce lo zoccolo continentale della Placca Adriatica su cui poggiano, scollate e deformate, le successioni mesozoico-terziarie che ne rappresentano l'originale copertura sedimentaria.

L'insieme Interno Ligure-Emiliano (Liguridi) comprende una serie di unità tettoniche originatesi su crosta oceanica successivamente scomparsa per subduzione e quindi traslate in sovrascorrimento da Ovest verso Est sull'insieme Esterno; dell'insieme interno si distinguono due domini: il dominio Ligure Interno e il dominio Ligure Esterno separati da un contatto tettonico lungo il quale il primo si accavalla solo parzialmente sul secondo. Mentre le ofioliti nelle Liguridi Interne si trovano in posizione principale, vale a dire alla base della successione sedimentaria, rappresentando dunque frammenti del fondo marino mesozoico, le ofioliti delle Liguridi Esterne non costituiscono la base della successione, che è scollata dal suo substrato originario in corrispondenza di formazioni argillose note come Complesso di base, ma compaiono come masse isolate anche di notevoli dimensioni intercalate alle rocce della successione sedimentaria.

Con il termine "Successione Epiligure" vengono indicate le formazioni geologiche che si sono deposte, in discontinuità angolare, al di sopra delle coltri liguri, successivamente alla fase orogenetica dell'Eocene medio-superiore (fase ligure), in continuità sedimentaria più o meno regolare. Le caratteristiche geologiche del territorio sul quale è impostato il bacino del T. Versa sono pertanto da ricondurre alla posizione stratigrafico-strutturale di queste formazioni che hanno suturato, in discordanza angolare, strutture deformative e tettoniche presenti nei terreni più antichi, coinvolti nelle precedenti fasi orogenetiche.

Nell'Oltrepo Pavese le Toscanidi non sono presenti, mentre affiorano nella vicina "Finestra di Bobbio" in Val Trebbia, dove l'erosione e il denudamento tettonico d'Unità superiori hanno portato Unità sottostanti ad affiorare. Le Liguridi Interne pavesi sono rappresentate fondamentalmente dall'Unità del Monte Antola (flysch ad elmintoidi composti da strati di marne-calcaree, di argilliti e di arenarie). Le Liguridi Esterne caratterizzano parte della fascia montana (Monte Penice, Monte Alpe, Monte Calenzona) e parte della fascia collinare e sono costituite da Complessi di base d'età cretacea e da formazioni torbiditiche a dominante

ANSELMO ASSOCIATI VIA VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHERI (TO) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO VIA FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	11 -
--	--	------------------------------------

Relazione geologica

calcarea (Flysch ad elmintoidi) del Cretaceo superiore-Eocene medio ed ofioliti del Giurassico; la Formazione di Val Luretta, ampiamente rappresentata nell'area di diretto interesse, appartiene alle unità Liguridi Esterne e costituisce una unità a sé stante. Tra l'Eocene medio e l'Oligocene superiore sulle falde Liguridi Esterne già in movimento si sono depositate le formazioni sedimentarie che costituiscono la Successione Epiligure (Successione Bismantova - Ranzano - Monte Piano); tale successione è affiorante in tutta la fascia di bassa collina: le formazioni delle Arenarie di Ranzano e delle Marne di Monte Piano nell'ambito del territorio di studio, appartengono alla Successione Epiligure.

Per la descrizione litologica e stratigrafica dei litotipi affioranti nella porzione in esame del bacino del torrente Versa, si è fatto riferimento alla cartografia ufficiale d'Italia (*Foglio 59 - Pavia e Foglio 71 - Voghera della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000*). Di seguito vengono illustrate con maggior dettaglio le caratteristiche delle citate formazioni geologiche affioranti nel territorio in esame, seguendo l'ordine stratigrafico, dalla più recente alla più antica (v. *Figura 5-1*).

Alluvioni (*Quaternario*)

Si tratta di terreni essenzialmente rappresentati dalle alluvioni di fondo valle del T. Versa. Possono eventualmente essere distinti in Alluvioni Attuali e Alluvioni Recenti. Le prime si trovano all'interno dell'alveo attuale di ognuno del corso d'acqua e sono composte da ciottoli, ghiaie e sabbie, variamente distribuiti e con permeabilità elevata. Le seconde costituiscono i ripiani di fondo valle su cui sorgono gli agglomerati urbani della zona. Esse comprendono ghiaie, sabbie e limi argillosi, con permeabilità più ridotta.

Fluviale (*Quaternario*)

Si tratta di terreni costituiti da sedimenti di natura fluviale e fluvioglaciale, di natura ghiaiosa, sabbiosa e argillosa, variamente mescolati tra di loro e costituenti i ripiani terrazzati della Pianura Padana. Il Fluviale può essere ulteriormente suddiviso in Recente, Medio e Antico, a seconda dell'età e del grado di alterazione superficiale presentato dai sedimenti.

Conglomerati di Cassano Spinola (*Pliocene inf.-Messiniano*)

I Conglomerati di Cassano Spinola si sviluppano in lieve discordanza al di sopra della Formazione Gessoso-solfifera. Essi consistono in conglomerati e arenarie, nei quali si osserva la presenza di lenti ed intercalazioni marnoso-sabbiose, ricche di macrofossili. Nella formazione prevalgono i conglomerati per lo più grossolani, poligenici, a ciottoli arrotondati, con

ANSELMO ASSOCIATI VIA VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHIERI (TO) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO VIA FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	12 -
---	--	--------------------------------

Relazione geologica

prevalenza di elementi calcarei, calcareo-marnosi ed arenacei, non ben cementati. Le arenarie sono presenti in lenti discontinue, in quantità subordinata rispetto ai sedimenti clastici grossolani, a cui talora si intercalano le sabbie. Si tratta di rocce poco compatte e non ben cementate, relativamente erodibili. Tale formazione presenta un certo grado di permeabilità primaria in corrispondenza degli orizzonti poco cementati e delle coltri superficiali prodotte dall'alterazione meteorica. In corrispondenza delle zone in cui il grado di cementazione tende ad aumentare si instaurano circolazioni idriche per fessurazione.

Le caratteristiche litologiche dei Conglomerati di Cassano Spinola e in particolar modo l'elevata erodibilità e l'elevata tendenza all'ammollimento delle componenti argillose, determinano localmente la presenza di una potente coltre di copertura eluvio-colluviale che, tuttavia, nelle aree coincidenti con i crinali dei rilievi risulta ridimensionata. Nel complesso la formazione risulta costituita da depositi di natura terrosa composti da materiali a prevalente tessitura limosa, limoso-argillosa o limoso-sabbiosa, derivanti dall'alterazione degli orizzonti più superficiali delle locali successioni litologiche.

Formazione Gessoso-solfifera (Messiniano)

La Formazione Gessoso-solfifera stratigraficamente è a letto dei Conglomerati di Cassano Spinola e a tetto delle Marne di Sant'Agata Fossili. La Formazione Gessoso-solfifera consiste in argille, siltiti, arenarie fini straterellate, marne gessifere a fauna oligotipica, con lenti di gesso, a cui si associano localmente calcari cariati. Si tratta di rocce compatte, pseudocoerenti, porose e gelive, che in presenza di acqua tendono a divenire plastiche nelle porzioni superficiali assecondando l'attivazione di fenomeni gravitativi generalmente superficiali.

Mostrano, in genere, erodibilità elevata e conseguente ridotto sviluppo del suolo. Dal punto di vista idrogeologico si tratta di una formazione a permeabilità primaria scarsa o nulla. La permeabilità secondaria, per fessurazione, risulta assai ridotta, ma può subire localmente incrementi in corrispondenza di fenomeni di carsismo (depositi gessosi e calcari cariati). Nell'ambito delle evaporiti presenti nelle formazioni mioceniche, pur avendo il processo carsico un'evoluzione rapida, la presenza di strati argillosi impedisce l'estensione a larga scala del fenomeno.

Marne di Sant'Agata Fossili (Messiniano-Tortoniano)

Le Marne di Sant'Agata Fossili affiorano soltanto lungo il margine appenninico. La formazione poggia, in verosimile continuità stratigrafica, sulle Arenarie di Serravalle, anche se il contatto

ANSELMO ASSOCIATI VIA VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHIERI (TO) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO VIA FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	13 -
---	--	--------------------------------

Relazione geologica

fra queste due formazioni sembrerebbe piuttosto disturbato. Localmente le Marne di Sant'Agata Fossili poggiano direttamente sulle Arenarie di Ranzano. Sempre lungo il margine appenninico le Marne di Sant'Agata Fossili sono sormontate stratigraficamente dalla Formazione Gessoso-solfifera. Litologicamente, le Marne di Sant'Agata Fossili sono composte da marne grigio-azzurre, spesso sabbiose, con modeste intercalazioni sabbioso-arenacee verso il basso e passanti verso l'alto a marne argillose.

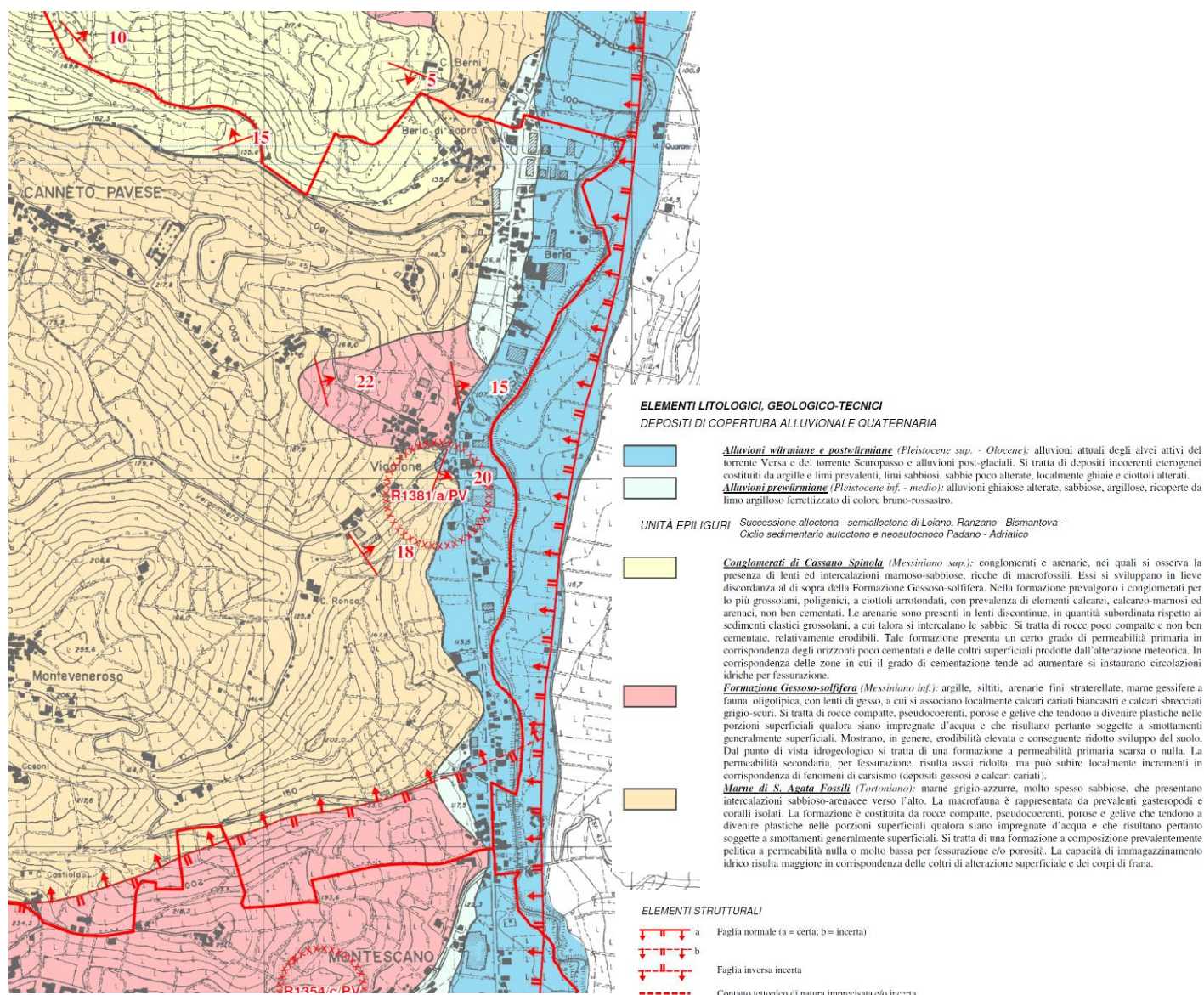


Figura 5-1: Inquadramento geologico-strutturale (stralcio tavola di INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE inserita nel PGT del Comune di Canneto Pavese).

6 INQUADRAMENTO IDROGEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico, le formazioni descritte nel capitolo precedente fanno capo a unità idrogeologiche generalmente caratterizzate dall'aver una permeabilità per fessurazione decisamente preponderante su quella per porosità. Questa, quindi, è la principale responsabile dei movimenti delle acque nel sottosuolo, che risultano estremamente variabili in funzione dell'intensità della fratturazione. Inoltre, la determinazione delle direzioni preferenziali di scorrimento delle acque nel sottosuolo è correlabile alla giacitura degli strati e, più in generale, delle superfici di discontinuità presenti. Anche se in minor misura, esiste comunque una permeabilità per porosità, strettamente legata alle tipologie litologiche presenti. Così, considerando i vari litotipi componenti le formazioni precedentemente descritte in ordine decrescente di permeabilità, si avranno: conglomerati, arenarie e calcareniti, marne calcaree, marne e marne argillose, argilliti.

Le caratteristiche litologiche del substrato e la conseguente formazione della potente coltre di copertura eluvio-colluviale, hanno condizionato l'attivazione delle principali reti di drenaggio superficiale e l'evoluzione morfologica dei versanti. La rete di drenaggio del bacino idrografico risulta caratterizzata da un collettore idrico principale rappresentato dal torrente Versa che, come illustrato, si sviluppa in direzione circa Nord-Sud, verso il quale confluiscono collettori idrici secondari e terziari.

Una caratteristica peculiare dei sistemi di flusso in sistemi torbidity è che, per la maggior parte, l'acqua di circolazione idrica sotterranea è recapitata direttamente nei torrenti e non in sorgenti isolate, quindi lo scarico del sistema di flusso nell'Appennino Settentrionale è focalizzato sui torrenti. La ragione di tale assetto idrogeologico è da ricercare nella sostanziale eterogeneità e frammentazione della distribuzione delle fasce fratturate a maggiore permeabilità in compresenza di una litologia, quale quella silico-clastica, da una parte non soggetta alla corrosione carsica e, dall'altra, non porosa o non alterabile fino a materiale incoerente e poroso-permeabile.

Date queste premesse, trova giustificazione la presenza di un reticolo fluviale ben sviluppato e profondamente inciso, che riesce comunque a catturare un notevole numero di fratture e fasce permeabili ricevendone adeguata alimentazione per sostenere un apprezzabile deflusso di base.

ANSELMO ASSOCIATI VIA VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHIERI (TO) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO VIA FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	15 -
---	--	--------------------------------

Relazione geologica

Per ciò che concerne il dissesto, la presenza di minerali argillosi fortemente attivi tra i componenti delle coperture detritico terrose, ha favorito l'attivazione di estesi processi gravitativi che hanno interessato i versanti, a partire dai crinali e sino in corrispondenza del fondovalle.

L'analisi geomorfologica si è concentrata soprattutto sull'individuazione e la delimitazione dei fenomeni gravitativi ed al loro stato di attività. I corpi di frana osservati corrispondono a più o meno estesi fenomeni di mobilitazione della coltre detritica eluvio-colluviale presente a rivestimento del substrato roccioso.

Nell'elaborato "*Inquadramento geomorfologico*" (scala 1:10.000) allegato alla parte geologica del PGT (v. stralcio in *Figura 6-1*), sono segnalati i corpi franosi principali che vengono classificati, sulla base delle informazioni reperite durante le indagini svolte, come frane attive, frane quiescenti e stabilizzate.

Lo stato di attività definisce, tramite informazioni di carattere geomorfologico, dendrogeomorfologico e storico, le caratteristiche dell'evoluzione temporale di un fenomeno franoso.

Ogni forma o deposito è caratterizzato da uno stato di attività il GNGFG 1987 distingue forme:

- **attive** se sono associate a processi in atto al movimento del rilevamento, o ricorrono con un ciclo il cui periodo massimo non supera quello stagionale;
- **quiescenti** forme non attive al momento del rilevamento, per le quali però esistono indizi che ne dimostrino un'oggettiva possibilità di riattivazione, in quanto esse non hanno esaurito la loro potenzialità di evoluzione;
- **inattive** se l'agente morfogenetico non è più presente al momento del rilevamento, in quanto ha esaurito la propria attività.

La caratterizzazione tipologica dei movimenti franosi analizzati è stata effettuata sulla base delle classificazioni di Varnes (1978) e di Civita (1982). In particolare, il primo distingue i fenomeni franosi, in funzione del tipo di movimento, in sei classi principali, come visualizzato nella figura sotto riportata (tali classi vengono ulteriormente suddivise in sottoclassi in base al tipo di materiale coinvolto nel dissesto).

ANSELMO ASSOCIATI VIA VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHERI (TO) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO VIA FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	16 -
--	--	--------------------------------

Relazione geologica

Qui di seguito vengono descritte, in termini generali, le principali tipologie di dissesto riscontrate:

- *scivolamento rotazionale/traslativo*: tale movimento comporta uno scivolamento per taglio lungo un "livello" sottile (frana di scivolamento rotazionale o scoscendimento) o lungo una o più superfici (frana di scivolamento traslativo). Questa tipologia di dissesto si riscontra in corrispondenza di settori del territorio impostati su litologie marnoso-argillose, pelitiche e pelitiche arenacee (Formazione della Val Luretta, Marne di Sant'Agata Fossili), interessando nel fenomeno le potenti coltri di alterazione eluvio-colluviali per profondità variabili, anche dell'ordine degli 8-10,0 m.
- *movimento prevalente di colamento lento*: le litologie maggiormente interessate da questo fenomeno sono le formazioni di natura argilloso-marnosa. Tali fenomeni, infatti, risultano interessante frequentemente i cosiddetti "terreni sensibili" caratterizzati da uno scadimento delle caratteristiche meccaniche (poco consolidati e con coesione molto bassa). In questa tipologia rientrano frane caratterizzate da movimenti lenti di materiale fine ad elevato indice di plasticità (Ip). Il fenomeno si riscontra in particolare in corrispondenza di versanti modellati in formazioni argilloso-marnose (Marne di Sant'Agata Fossili e Formazione Gessoso-solfifera), minutamente pieghettate e fratturate. Infatti, la presenza di minerali argillosi, fortemente attivi e ad elevata capacità di rigonfiamento (smectite), caratterizzati da valori di resistenza al taglio residua (τ_{res}) decisamente bassi, rappresenta un fattore determinante all'innescarsi di questo tipo di frane. Il corpo di frana si presenta spesso stretto ed allungato, occupa in genere depressioni ed incisioni del versante e può raggiungere spessori variabili da pochi metri (2-3,0 m), sino ad un massimo di 10,0 m. Il movimento risulta piuttosto complesso. Esso non avviene lungo una superficie ben definita e continua, ma attraverso processi di progressiva deformazione e rottura che si verificano a diverse profondità. La velocità di spostamento della massa coinvolta nel fenomeno risulta quindi maggiore al centro ed in superficie piuttosto che ai bordi ed in profondità. Nel corso dell'analisi fotointerpretativa sono state classificate come "colate" anche le frane derivate da fluidificazione dei terreni della copertura superficiale (le cosiddette soil slip). Tali dissesti si generano in seguito ad eventi piovosi di forte intensità, per saturazione e successiva fluidificazione dei terreni incoerenti di superficie. Spesso essi hanno origine a valle di aree meno acclivi, quali terrazzi morfologici, campi, strade e piazzali, che favoriscono la penetrazione di elevati quantitativi d'acqua nel sottosuolo. Tali fenomeni franosi si manifestano con uno scivolamento che evolve rapidamente in colata, spesso incanalata lungo incisioni torrentizie. In qualche caso viene coinvolta nel

Relazione geologica

movimento anche la porzione più superficiale del substrato roccioso. Quest'ultimo, infatti, nel caso in cui risulti molto fratturato, a seguito dell'infiltrazione dell'acqua nel sottosuolo, alimenta le sovrappressioni all'interfaccia suolo-roccia, a causa della differente permeabilità dei due orizzonti. La mobilitazione della coltre avviene con velocità elevate. Spesso non è visibile la zona di accumulo al piede della frana, a seguito dell'erosione e del trasporto del materiale operata dai corsi d'acqua.

- *complesso (scivolamento rotazionale passante a colata)*: tali dissesti interessano solitamente formazioni a prevalente componente coesiva. Si tratta di fenomeni gravitativi caratterizzati da più meccanismi di movimento. In genere, infatti, la zona di distacco risulta interessata da scivolamento rotazionale, lungo una superficie curva, che coinvolge la parte superficiale del substrato roccioso e/o la coltre d'alterazione di copertura dello stesso. Il meccanismo di tipo rotazionale è evidente, per il netto gradino morfologico generato in corrispondenza della nicchia. Nella porzione inferiore dei dissesti, invece, si verificano movimenti traslativi e/o colamenti di terra e di detrito. Ciò che è stato possibile osservare, nell'ambito dell'area indagata, è che tali fenomeni interessano spesso pendii di notevole lunghezza e caratterizzati da pendenze uniformi. Gli eventi risultano costituiti da un insieme di movimenti parziali che interagiscono tra loro e che si generano a causa del richiamo da monte dell'instabilità. La superficie di scivolamento che da origine al dissesto è generalmente concava, ma può anche essere formata da una combinazione di elementi curvi e piani lungo i quali si verificano traslazioni e rotazioni del materiale in frana. Gli aspetti premonitori di questa tipologia di frana sono solitamente evidenti fenomeni di fessurazione ed abbassamenti della zona sommitale. La velocità di spostamento della massa coinvolta è elevata nella fase di collasso. Uno dei principali fattori predisponenti è certamente la presenza di un substrato compatto fortemente inclinato, sormontato da una potente coltre detritico-terrosa incoerente. L'instabilità viene innescata dalle acque meteoriche di infiltrazione che, attraverso il corpo di frana, raggiungono il substrato con conseguente effetto di ridurre la coesione e di lubrificare la superficie di scivolamento.

La distinzione dei movimenti gravitativi, sulla base di tale classificazione, ha permesso di evidenziare importanti correlazioni tra la natura litologica della formazione costituente il substrato geologico, l'acclività e l'esposizione dei versanti interessati dai fenomeni gravitativi e la tipologia dei dissesti. Si riscontra infatti una chiara zonizzazione dei fenomeni franosi determinata dalla presenza di specifiche tipologie di frane nell'ambito di distinti settori del territorio oggetto di analisi. A tal proposito, risulta opportuno sottolineare come alcuni dei

ANSELMO ASSOCIATI VIA VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHIERI (TO) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO VIA FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	18 -
---	--	----------------------------

Relazione geologica

dissesti osservati si siano generati al limite tra formazioni geologiche differenti, caratterizzate da diverse proprietà geomeccaniche e di erodibilità.

Si fa presente inoltre che l'area di studio è molto suscettibile a fenomeni superficiali di dissesto di versante, corrispondenti a fenomeni di erosione a "rill" e frane superficiali indotti a seguito di intense precipitazioni meteoriche.

Le condizioni pluviometriche di innesco di frane superficiali e fenomeni erosivi nell'area di studio sono differenti. Le frane superficiali si innescano a seguito di piogge cumulate di almeno 30 mm in un giorno, che avvengono in periodi umidi con condizioni iniziali del suolo prossimi a completa saturazione. Tali periodi sono più frequenti nei mesi primaverili e autunnali-invernali (tra Novembre e Maggio).

I fenomeni di erosione si innescano, invece, soprattutto a seguito di eventi intensi e concentrati nel tempo, caratterizzati da breve durata (normalmente tra 4 e 11 ore) e da piogge cumulate superiori a 20 mm, con intensità orarie massime tra 12 e 60 mm/h. Questi eventi avvengono soprattutto nel periodo tra Aprile e Ottobre, anche con condizioni iniziali di suolo secche.

L'uso del suolo lungo i versanti dell'area di studio ha un effetto significativo sulla predisposizione al dissesto superficiale. I vigneti lavorati, oltre a presentare spessori del suolo inferiori rispetto a vigneti inerbiti e alternati e a boschi, sono i più suscettibili all'innescio di fenomeni di erosione e frane superficiali.

I boschi recenti, che si sono sviluppati in maniera incontrollata in corrispondenza di vigneti abbandonati nei 20-30 anni precedenti, sono molto suscettibili a frane superficiali.

ANSELMO ASSOCIATI VIA VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHIERI (TO) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO VIA FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	19 -
---	--	---------------------

Relazione geologica

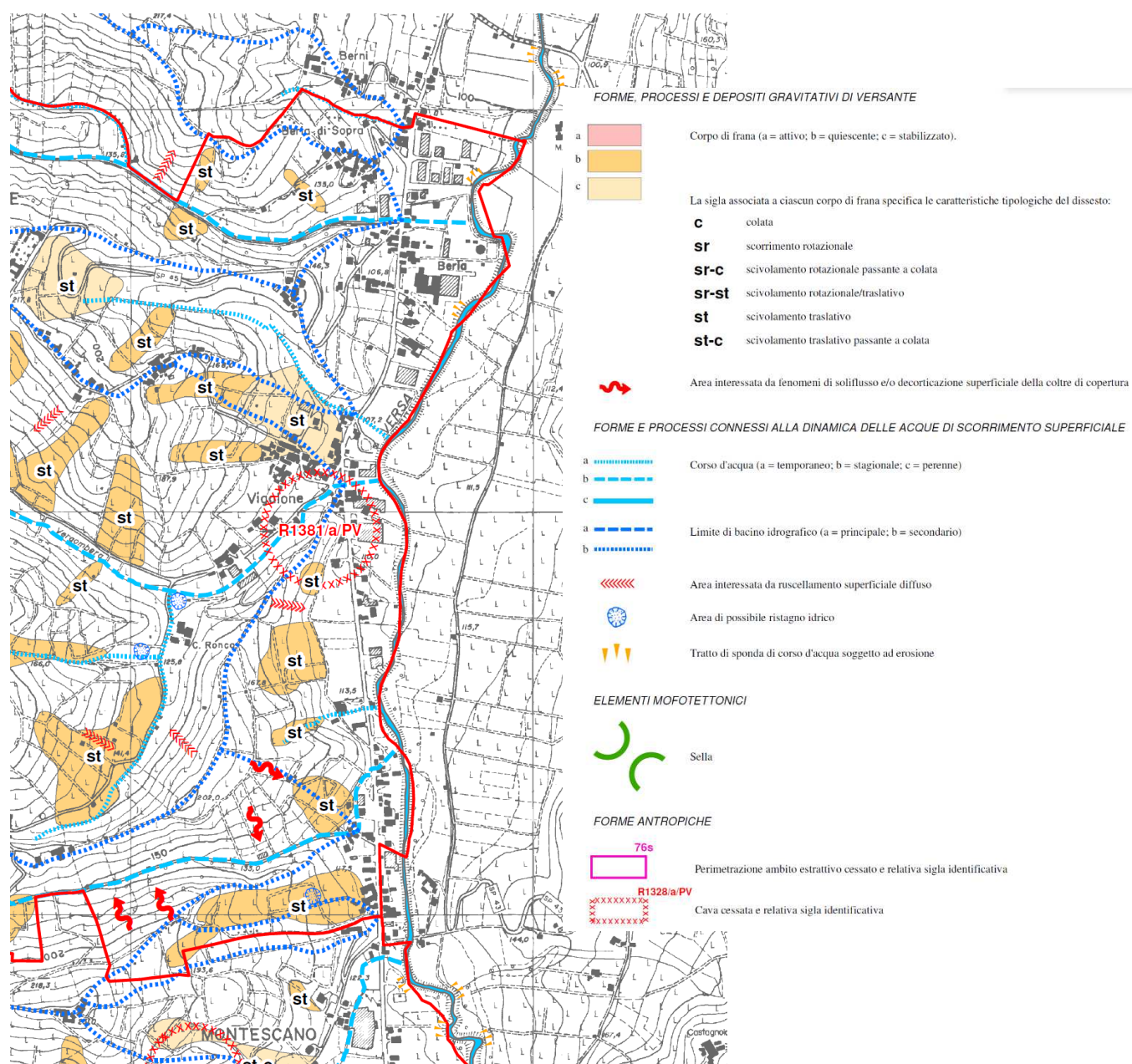


Figura 6-1: Inquadramento geomorfologico (stralcio tavola di INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO inserita nel PGT del Comune di Canneto Pavese).

7 USO DEL SUOLO

Il bacino del T. Versa si estende per oltre 15 km da Nord a Sud e occupa un'area di circa 58,751 km², distribuita in ambienti geografici molto diversi. Si passa infatti dalle zone tipicamente montane e collinari caratteristiche dell'Appennino Pavese, nella porzione meridionale del bacino, alle zone pedecollinari, caratterizzate da morfologie mediamente più blande, alla fascia dei conoidi (su cui si sono sviluppati i più importanti centri urbani della zona, quali Broni e Stradella), per arrivare infine alle aree subpianeggianti, tipiche della porzione settentrionale del bacino, in prossimità della confluenza del T. Versa nel F. Po.

Questa notevole varietà geografica e ambientale, si riflette in modo piuttosto marcato nell'uso del suolo e nel tipo di specie vegetali che vengono coltivate o che crescono spontanee sul territorio.

Nella porzione della Valle Versa che si sviluppa all'interno del Comune di Canneto Pavese, corrispondente alle zone di collina, c'è una prevalenza di coltura a vigneti (impianti di vite destinati alla produzione d'uva da tavola e da vino). Tale tipologia di coltura è nettamente prevalente su ogni altro tipo di coltivazione e si sviluppa soprattutto sui blandi versanti caratteristici dei rilievi di questo settore di Appennino Pavese.

Laddove invece le acclività sono maggiori (in corrispondenza delle creste o dei versanti con bedrock affiorante, lungo le scarpate presenti al contorno dei corpi franosi) e non consentono lo svilupparsi di pratiche agricole, o dove le medesime sono state abbandonate, prevalgono boschi di conifere a densità media e alta, boschi di latifoglie a densità media e alta e boschi di latifoglie a densità bassa, nonché cespuglieti in aree agricole abbandonate, o anche prati permanenti con presenza di specie arboree ed arbustive sparse.

Questa vegetazione arbustiva e arborea di tipo naturale (prevalentemente costituita da pioppi, robinie e querce) presenta tuttavia una distribuzione discontinua e molto frammentata sul territorio, proprio perché impostata su aree dove le attività antropiche non hanno modo di espandersi.

La distribuzione delle colture e della vegetazione spontanea, ha assecondato i già descritti caratteri di acclività dei versanti presenti nel bacino idrografico d'interesse. Così, in corrispondenza dei versanti meno acclivi e delle aree di fondovalle, trovano spazio anche le

ANSELMO ASSOCIATI VIA VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHIERI (TO) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO VIA FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	21 -
---	--	----------------------------

Relazione geologica

coltivazioni agricole, rappresentate dal seminativo semplice (terreno interessato da coltivazioni erbacee soggette all'avvicendamento o alla monocoltura, ad esclusione dei prati permanenti e dei pascoli, nonché terreno a riposo).

Quando si lascia il settore collinare e pedecollinare dell'Appennino Pavese, per entrare nell'ambito della classica morfologia pianeggiante o subpianeggiante padana, si assiste ad una netta prevalenza del seminativo semplice.

Da ultimo, è importante sottolineare la presenza di formazioni ripariali, costituita da vegetazione pioniera prevalentemente erbacea dei greti e delle sponde dei corsi d'acqua regolarmente o saltuariamente inondati.

8 IL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) VIGENTE

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PRGA), introdotto dalla Direttiva Europea 2007/60/CE (*"Direttiva Alluvioni"*), recepita dal D. Lgs. 49/2010, ha come finalità quella di ridurre le conseguenze negative derivanti dalle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali, individuando pertanto al suo interno le aree potenzialmente esposte a pericolosità per fenomeni alluvionali (mappe della pericolosità) e definendo il grado di rischio al quale sono esposti gli elementi che ricadono entro tali aree (mappe di rischio).

Il territorio comunale è interessato dagli scenari di pericolosità e rischio afferenti al reticolo secondario collinare e montano (**RSCM**), sia lungo il corso del torrente Versa, che presenta gli scenari più gravosi, che lungo l'asta del *Rio Rile di Valle Praga (Rile Vergombera)*, affluente di sinistra del precedente.

La cartografia del PGRA, redatta nel 2013 e aggiornata nel 2015, individua anche per il territorio intercomunale ricadente nell'ambito territoriale *"Reticolo secondario collinare e montuoso"* (**RSCM**), la delimitazione delle aree allagabili per i differenti scenari di pericolosità:

- aree **P3** (H nella cartografia) o aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti;
- aree **P2** (M nella cartografia) o aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti;
- aree **P1** (L nella cartografia) o aree potenzialmente interessate da alluvioni rare.

Relazione geologica

Le mappe di rischio definiscono invece per il territorio intercomunale i seguenti n. 4 gradi di rischio per gli elementi (zone urbanizzate, strutture strategiche, sedi di attività collettive, infrastrutture principali, insediamenti produttivi o impianti tecnologici potenzialmente pericolosi, ecc.) che ricadono entro le precedenti aree allagabili:

- **R1** - rischio moderato o nullo;
- **R2** - rischio medio;
- **R3** - rischio elevato;
- **R4** - rischio molto elevato.

Con D.G.R. n. X/6738 del 19 giugno 2017 - Allegato A *"Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla Variante adottata in data 7 dicembre 2016 con Deliberazione n. 5 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po"*, la Regione Lombardia ha provveduto a fornire le indicazioni operative per definire la revisione degli strumenti di pianificazione del territorio e, nello specifico, della componente geologica di supporto.

Le aree allagabili presenti nelle mappe del PGRA per l'ambito territoriale RSCM (nel quale l'Unione rientra) corrispondono in gran parte alle aree già classificate come Ee, Eb, Em, Ca, Cp e Cn dell'Elaborato 2 del PAI così come aggiornato dai Comuni tramite la procedura di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI, nonché alle aree a rischio idrogeologico molto elevato di tipo idraulico.

A tal proposito, si rammenta che nel 2009 il Comune di Canneto Pavese ha provveduto ad eseguire l'aggiornamento delle aree a pericolosità per esondazione mediante valutazioni di dettaglio condotte ai sensi dell'Allegato 4 della ex D.G.R. n. XIII/7374 del 28/05/2008, ritenute conformi da Regione Lombardia ai contenuti della verifica di compatibilità di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI (Prot. R.L. Z1.2010.0018757 del 27/07/2010).

La modellazione del corso d'acqua è stata svolta utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS 3.1.3, usando come base topografica la base aerofotogrammetrica comunale integrata con le quote della CTR e con evidenze riscontrate tramite sopralluogo ad hoc.

ANSELMO ASSOCIATI VIA VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHIERI (TO) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO VIA FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	23 -
---	--	--------------------------------

Relazione geologica

I risultati della modellazione idraulica, realizzata con T = 100 anni, hanno delimitato un'area allagabile Eb ad elevata pericolosità di esondazione, soggetta alle norme di cui all'art. 9, comma 6 delle N.d.A. del PAI. L'area allagabile individuata è inserita nell'Elaborato 8 - Carta PAI-PGRA.

Tali delimitazioni tuttavia non risultano inserite all'interno delle nuove mappe del PGRA (si rimanda alle note Z1.2015.0006012 del 16/06/2015 e Z1.2015.0012164 del 17/12/2015).

Infatti, per quanto riguarda il territorio in esame, le mappe del PGRA riportano le delimitazioni di aree allagabili derivanti dallo *"Studio idrogeologico e idraulico a scala di sottobacino del Torrente Versa finalizzato alla definizione degli interventi di sistemazione necessari sul tratto medio-inferiore del bacino"* (Barbero ed Ebner Srl, 2011).

Si rammenta che per il territorio comunale valgono le disposizioni di cui al punto 3.2.2 della D.G.R. n. X/6738 (*"Disposizioni relative al Reticolo secondario collinare e montano (RSCM)"*):

- le aree esondabili Ee (pericolosità molto elevata) e Eb (pericolosità elevata) già individuate nell'Elaborato 2 del PAI, così come aggiornato dai Comuni, mantengono la normativa vigente ai sensi dell'art. 9 commi 5 e 6;
- le nuove aree esondabili, riportate nelle mappe PGRA, che non derivano dall'Elaborato 2 del PAI, sono assoggettate alle norme di cui all'art. 9 delle N.d.a. del PAI e, in particolare:
 - nelle aree interessate da alluvioni frequenti (**aree P3/H**), vigono le limitazioni e le prescrizioni stabilite dall'art. 9 comma 5 per le aree Ee;
 - nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (**aree P2/M**), vigono le limitazioni e le prescrizioni stabilite dall'art. 9 comma 6 per le aree Eb;
 - nelle aree interessate da alluvioni rare (**aree P1/L**), vigono le limitazioni e le prescrizioni stabilite dall'art. 9 comma 6bis per le aree Em.

Nell'ultimo aggiornamento (non ancora vigente) della parte geologica del PGT e, nello specifico, degli elaborati inerenti la fattibilità del territorio, in coerenza con quanto contenuto nelle D.G.R. 2616/2011 e D.G.R. 6738/2017:

ANSELMO ASSOCIATI VIA VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHIERI (TO) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO VIA FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	24 -
---	--	------------------------------------

Relazione geologica

- alle aree allagabili per **P3/H** è stata associata la Classe di fattibilità 4 con le norme delle **Ee**, aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità molto elevata per esondazione torrentizia (art. 9 comma 5 delle N.d.A. del PAI);
- alle aree allagabili per **P2/M** è stata associata la Classe di fattibilità 3 con le norme delle **Eb** aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità elevata per esondazione torrentizia (art. 9 comma 6 delle N.d.A. del PAI);
- alle aree allagabili per **P1/L** la Classe di fattibilità 2 con le norme delle **Em** aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità media o moderata per esondazione torrentizia (art. 9 comma 6 bis delle N.d.A. del PAI).

Si fa presente che il comma 12 dell'art. 9 vige per tutte queste tipologie di aree.

ANSELMO ASSOCIATI VIA VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHERI (TO) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO VIA FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	25 -
--	--	--------------------------------

Relazione geologica

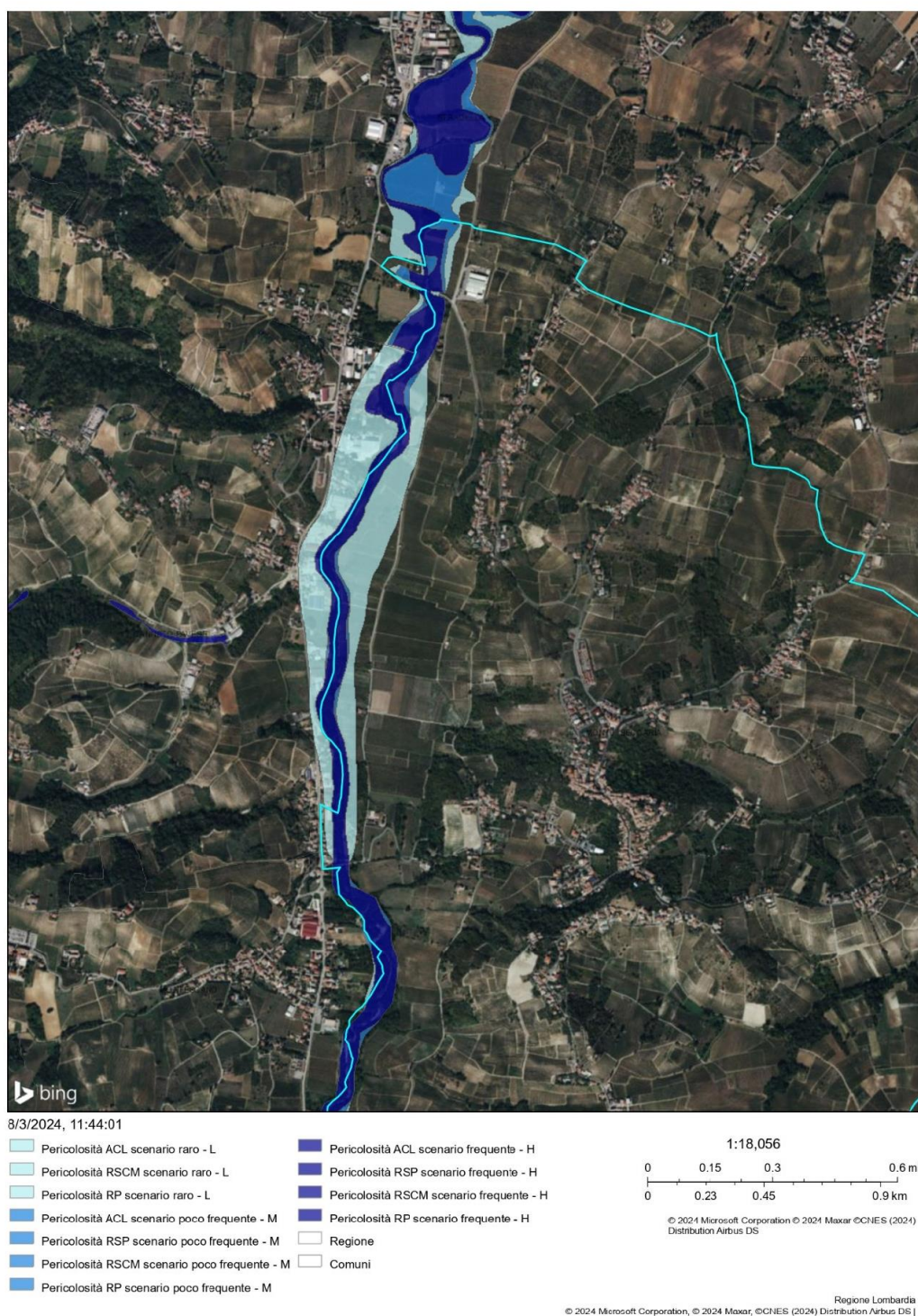


Figura 8-1: Estratto mappa Direttiva Alluvioni 2007/60/CE senza indicazioni relative alle aree allagabili per i diversi scenari di pericolosità/probabilità e le classi di rischio (vigente ma in fase di aggiornamento).

9 IDROGRAFIA

Il territorio in esame, come già esposto, è attraversato dal corso del torrente Versa, affluente di destra del Fiume Po. Il Versa si origina poco ad Est della fraz. Pometo nel comune di Colli Verdi (Pv) e confluisce nel Po all'altezza di Portalbera (Pv). Il corso d'acqua è lungo 24 km circa e scorre per i primi 20 km nel solco vallivo collinare e per i restanti 4 km nel settore pianeggiante dell'Oltrepò Pavese.

L'affluente principale è il torrente Versiggia, di sinistra in prossimità di Begoglio, 1 km a valle dell'abitato di Santa Maria della Versa.

Il bacino idrografico del torrente Versa è delimitato ad Ovest dal bacino del torrente Scuropasso, a Sud e Est dal bacino del torrente Tidone e dai bacini di alcuni affluenti minori del Po, tra cui il torrente Bardonezza. Ha un bacino idrografico che si sviluppa quasi interamente in ambiente collinare e sbocca in pianura all'altezza dell'abitato di Stradella (Pv).

Il suo bacino ha quote variabili dai 578 m s.l.m. di Moncasacco (Pc), sullo spartiacque con il bacino del Tidone ed i 60 m s.l.m. del punto di confluenza nel Po.

L'andamento planimetrico del corso d'acqua è circa da Sud a Nord nel tratto vallivo, fino a Stradella. Dopo lo sbocco in pianura, il corso d'acqua devia verso Nord Nord-Est e si dirige verso Portalbera e alla confluenza in Po.

Il tratto del Torrente Versa oggetto di intervento è quello che segna il confine fra i Comuni di Canneto Pavese e Montù Beccaria (v. *Figura 9-1*) e ha una lunghezza di circa 2,27 km.

Il corso d'acqua in corrispondenza del territorio comunale presenta un andamento lievemente meandreggiante che si accentua in località Camponoce.

Lungo tutto il tratto è presente una notevole sedimentazione su fondo alveo di accumuli di terreno, trovanti e materiale vegetale mentre le sponde sono ricoperte da una fitta vegetazione ripariale e arbustiva che limitano in maniera rilevante la sezione di deflusso del corso d'acqua.



*Figura 9-1: Tratto del torrente Versa rientrante nel territorio comunale di Canneto Pavese.
Data di acquisizione immagine satellitare 16/07/2023.*

Lungo il tratto in oggetto, sono presenti alcuni dissesti interessanti le sponde del torrente che comportano fenomeni di erosione e cedimenti spondali.

10 EVENTO METEORICO DEL 26-27/07/2022

L'evento registrato in data 26-27 luglio 2022 dal pluviografo di ARPA Lombardia situato a Broni, è da considerare un evento pluviometrico eccezionale poiché si è osservata una pioggia massima caduta in un'ora di 97,7 mm. A tale altezza oraria di pioggia si può assegnare sulla curva di possibilità pluviometrica ARPA un tempo di ritorno T_r superiore di circa 2000 anni, evento di elevata rarità.

Tale evento ha provocato la fuoriuscita di acqua del Rio di Valle Praga (Rile Vergombera) e dalla vasca di laminazione esistente (v. *Figura 10-1*) causando ingenti danni alle infrastrutture e alla attività produttive e residenziali in Frazione di Vigalone, in corrispondenza del settore sud-orientale del territorio comunale di Canneto Pavese (v. *Foto 1*). Tra le attività produttive maggiormente colpite è stata la Cantina Giorgi, devastata dal fango proveniente dal bacino del Rio Valle Praga (v. *Foto 2*).

Relazione geologica



Figura 10-1: Manufatto di attraversamento stradale e bacino di laminazione naturale realizzato nel 2012.

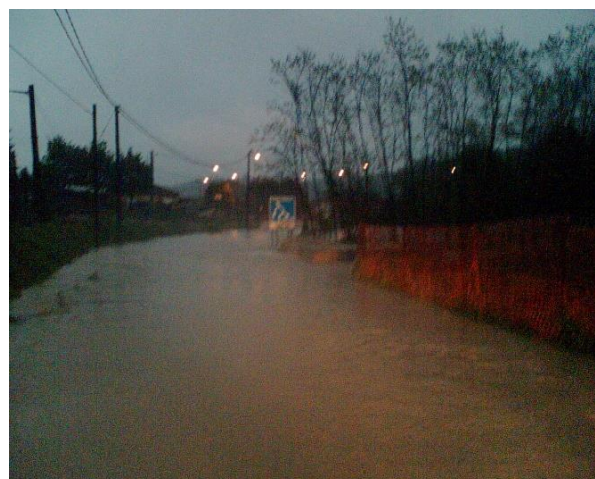


Foto 1: Esondazione del corso del Rio Rile di Valle Praga in data 26-27 luglio 2022 in località Vigalone.

Relazione geologica



Foto 2: Danni alle attività produttive e alle coltivazioni a seguito dell'evento del 26-27 luglio 2022 (immagini da Web).

Il Rio di Valle Praga (Rile Vergombera), collocato nel settore centro-orientale del territorio comunale di Canneto Pavese, rappresenta infatti un'ulteriore criticità del contesto territoriale considerato.

La sezione di chiusura del Rio Rile di Valle Praga (che confluisce nel corso del Versa) si colloca infatti in località Vigalone (v. Figura 10-2).

Il bacino è caratterizzato da una quota altimetrica massima di 321,4 m s.l.m. in corrispondenza del monte Azzolo e una quota altimetrica minima pari a 108,26 m s.l.m. in Località Vigalone.

All'interno del perimetro del bacino idrografico si evidenzia la presenza di alcune zone urbanizzate, ovvero il comune di Canneto Pavese, a nord, le località Fornace, Casabazzini e Vergombera, a ovest, le località Casa Zambianchi e Monteveneroso, a sud, e la località di Vigalone, a Est, proprio in quest'ultima si colloca la sezione di chiusura in corrispondenza del torrente Versa.

Nell'area, il substrato geologico è costituito dalla formazione delle Marne di Sant'Agata Fossili (Tortoniano-Messiniano Inferiore), appartenenti alla successione epiligure plio-pleistocenica (Serie del Margine).

Relazione geologica

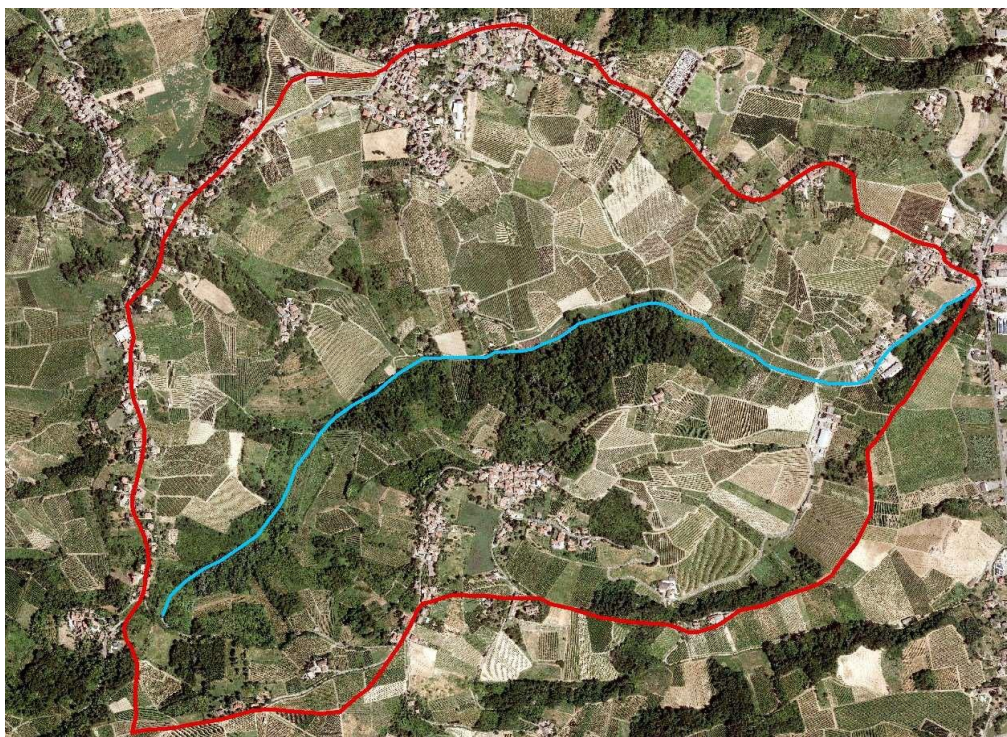


Figura 10-2: Inquadramento territoriale del corso d'acqua (tratto da AGEA Ortofoto BaseMap 2018). In azzurro viene evidenziato il corso del Rio di Valle Praga (Rile Vergombera), in rosso il perimetro del suo bacino idrografico.

La formazione delle Marne di Sant'Agata Fossili è composta da sedimenti argillosi e marnosi di colore giallo-azzurrognolo, a stratificazione mal distinguibile, con intercalazioni di arenaria poco cementata con presenza di bioturbazioni.

All'interno del bacino di studio esse affiorano localmente con immersione 30° N 20° , in strati disposti a reggipoggio (v. Foto 3).

La formazione è quasi interamente ricoperta da una coltre eluvio-colluviale prevalentemente limosa, derivata dall'alterazione del substrato, di spessore variabile fino a quasi 2 metri.

La presenza di minerali argillosi fortemente attivi tra i componenti delle coperture detritico terrose, ha favorito l'attivazione di estesi processi gravitativi che hanno interessato i versanti del bacino idrografico, a partire dai crinali e sino in corrispondenza del fondovalle.

Relazione geologica



Foto 3:Locale affioramento delle Marne di Sant'Agata Fossili.

Per la precisione la classificazione tipologica dei fenomeni gravitativi presenti, ha permesso di individuare quasi esclusivamente processi per scorrimento traslativo e un solo ed esteso processo per scorrimento traslativo evoluto in colata (nel tratto di versante compreso tra il Torrente Rile e il principale concentrico di Canneto Pavese).

Abbastanza generalizzata è risultata essere la presenza di soliflussi e di processi di decorticazione superficiale della coltre di copertura detritico terrosa. In particolare, questi ultimi sono risultati devastanti in occasione dell'ultimo evento alluvionale, quello appunto del luglio 2022.

Il corso d'acqua Rio di Valle Praga della lunghezza complessiva di 1900 m è compreso tra la Località Casa Bernini e l'abitato di Vigalone. Scorre entro un intervallo altimetrico compreso circa tra le quote 160 m e 110 m s.l.m. ca., lungo un pendio esposto a Sud-Est, contraddistinto da un'acclività media, pari a ca. 10°, che aumenta leggermente verso monte (15°). Se si esclude il collettore secondario proveniente da Località Monteveneroso (con direzione

Relazione geologica

SudOvest-NordEst), la maggior parte dei tributari del Torrente Rile provengono dal versante idrografico sinistro e dall'area di testata.

Tale circostanza deve essere ricondotta alla modalità di approfondimento del reticolo idrico in rapporto alla giacitura degli strati. Di fatto la giacitura degli strati ha condizionato la formazione di versanti con minore acclività, in sinistra idrografica, producendo di conseguenza lo sviluppo di assi drenanti secondari di maggiore estensione. Dal versante idrografico sinistro provengono quindi i maggiori apporti d'acqua al collettore primario.

Nel tratto di fondovalle, compreso tra l'ingresso meridionale alla Frazione di Vigalone (in corrispondenza della sezione di attraversamento della strada comunale) e l'immissione nel torrente Versa, l'alveo è stato completamente intubato (condotta interrata in cls di diametro interno Ø 100 mm), con la finalità di salvaguardare l'abitato da possibili esondazioni del corso d'acqua stesso, legate a fenomeni alluvionali eccezionali.

Inoltre, al fine di limitare le portate in uscita attraverso la tubazione, in prossimità del settore antropizzato è stata a suo tempo realizzata la vasca naturale sopra citata, che funge da "bacino di laminazione" di tutte le acque derivanti dalla valle Praga (v. Foto 4).



Foto 4: Ripresa fotografica del bacino di laminazione realizzato nel 2012.

Tale soluzione è stata messa in opera nel 2012 al fine di garantire il naturale adsorbimento nel terreno delle acque in ingresso ed un recapito verso il torrente Versa in concomitanza con eventi meteorici eccezionali.

ANSELMO ASSOCIATI VIA VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHIERI (TO) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO VIA FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	33 -
---	--	----------------------------

Relazione geologica

L'esondazione del corso d'acqua del 26-27/07/2022, verificatasi nel corso dell'evento è da ricondurre alla ridotta sezione della tubazione che risulta evidentemente insufficiente per lo smaltimento del deflusso meteorico.

A fronte di quanto accaduto, verificata la necessità di un potenziamento delle opere idrauliche attuali insistenti sul corso del Rio Rile Valle Praga, è stato stanziato un finanziamento per la progettazione e la realizzazione di ulteriori opere in grado di supportare la capacità di smaltimento delle acque meteoriche in casi eccezionali di piena.

11 GLI INTERVENTI PROPOSTI

Gli interventi proposti sono cinque ed illustrati nella *Relazione descrittiva* allegata al presente progetto. Gli interventi sono numerati da monte a valle e localizzati sulla corografia costituente l'Elaborato 4.

Le finalità degli interventi sono le seguenti:

- a) evitare la corrosione della sponda là dove può esserci pericolo per gli insediamenti presenti nei pressi del ciglio;
- b) ridurre l'asportazione di materiale litoide responsabile dei depositi in alveo, donde la periodica necessità di ricalibrare la sezione;
- c) correggere l'andamento planimetrico dell'alveo la cui curvatura può generare l'innescò di erosione a valle;
- d) evitare riduzioni di sezione per non ridurre le occasioni di laminazione (il criterio, vale, in particolare per l'Intervento 4) descritto nella *Relazione descrittiva*.

12 ANALISI DI DETTAGLIO DELLE ZONE DI INTERVENTO

L'analisi particolareggiata dell'assetto geomorfologico è stata condotta preliminarmente attraverso il censimento dei dissesti già individuati e classificati dagli strumenti della pianificazione urbanistica e territoriale (I.F.F.I., P.G.T., ecc.) e di rilevamenti sul terreno appositamente effettuati, al fine di verificare lo stato di conservazione e la funzionalità delle opere di difesa esistenti.

ANSELMO ASSOCIATI VIA VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHIERI (TO) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO VIA FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	34 -
---	--	--------------------------------

Relazione geologica

12.1 Intervento 0

L'intervento 0 prevede la rimozione degli individui vegetali di diametro rilevante presenti a valle del ponte della S.P. 43. L'intervento non è visualizzato nella corografia.

Si tratta di quattro individui vegetali di alto fusto in posizione tale da intercettare la corrente di piena deviandola contro la sponda. La loro eliminazione, senza asportazione della ceppaia che risulta utile al consolidamento della scarpata, torna utile per eliminare l'interferenza con la corrente ed il pericolo di avviare il processo erosivo ai danni della sponda.

12.2 Intervento 1

L'intervento è localizzato nel tratto del corso del torrente Versa compreso tra Roncole (a Sud) e Vigalone (a Nord), in cui l'alveo si avvicina alla strada provinciale S.P. 43 e presenta significative erosioni di sponda (Figura 12-1). Il sito si colloca a valle della confluenza tra il corso del Rio Rile della Valle dei Prussiani e il torrente Versa. Lo stato di fatto riscontrato, evidenzia come il tratto di valle (corrispondente alla confluenza tra il Rio Rile e il Versa) sia stato interessato da interventi di sistemazione mediante la realizzazione di un sistema di gabbionate collocate in sponda idrografica sx, sia a monte, che a valle della confluenza dei due corsi d'acqua.

Assetto geologico e geomorfologico di dettaglio

Dal punto di vista litologico nell'area sono presenti depositi alluvionali incisi dal corso d'acqua (Alluvioni Recenti e Antiche). I dissesti franosi che coinvolgono i versanti più prossimi sono da classificare come scivolamenti traslativi.

Criticità rilevate

In corrispondenza delle sponde sono stati rilevati i segni della ripresa dell'attività erosiva, con abbassamento generale al piede della sponda destra. L'erosione, con l'asportazione del materiale al piede delle sponde, destabilizza la vegetazione d'alto fusto.

Interventi proposti

Vista l'assenza di fenomeni franosi attivi o quiescenti di notevoli dimensioni si propone di:

- a) realizzazione di gabbionate di protezione su entrambe le sponde, in prolungamento a quella esistente in sponda sinistra. La realizzazione deve essere attuata in periodi di magra assoluta in modo da limitare la presenza di acqua nello scavo;

ANSELMO ASSOCIATI Via VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHIERI (TO) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO Via FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	35 -
---	--	------------------------------------

Relazione geologica

- b) la realizzazione dell'intervento di cui al punto a) prevede la rimozione degli individui vegetali aggettanti.

La descrizione dettagliata dell'intervento è riportata nella *Relazione descrittiva* allegata al progetto.



Figura 12-1 – Sito individuato per la proposta dell'Intervento 1 a causa della prossimità del corso d'acqua alla strada provinciale (ripresa dell'aprile 2021)

Relazione geologica

12.3 Intervento 2

L'intervento 2 si colloca in località Vigalone, in corrispondenza di un scarico di acque miste presente in sponda sinistra. Il sito di intervento si colloca pertanto in un contesto urbanizzato, interessato in passato da eventi di esondazione (Figura 12-2).

Assetto geologico e geomorfologico di dettaglio

Dal punto di vista litologico nell'area sono presenti depositi alluvionali incisi dal corso d'acqua (Alluvioni Recenti e Antiche).

Criticità rilevate

In questo tratto l'alveo manifesta una spiccata tendenza all'erosione di fondo determinata presumibilmente dalla riduzione della sezione e dal conseguente aumento della velocità media della corrente.

L'abbassamento del fondo è testimoniato dallo scalzamento mostrato dalla platea del manufatto dello scarico sopra citato, nonché da lunghi tratti in cui affiorano le radici al piede della sponda.

ANSELMO ASSOCIATI VIA VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHERI (TO) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO VIA FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	37 -
--	--	--------------------------------

Relazione geologica



Figura 12-2 - Sito individuato per la proposta dell'Intervento 2 a causa della prossimità del corso d'acqua agli insediamenti della località Vigalone (ripresa dell'aprile 2020)

Interventi proposti

- a) completamento della scogliera esistente verso monte per una lunghezza di 32 m circa e taglio della vegetazione presente. Sostituzione della vegetazione riparia presente mediante la realizzazione di scogliera rinverdata con inserimento di talee di salice in ragione di 3 talee/m². Si propone di utilizzare talee di *Salix purpurea* o *Salix eleagnos*.
- b) in sponda sinistra, il ripristino della berma di fondazione della scogliera esistente e lo stendimento della rete metallica inglobante la stessa;

Relazione geologica

- c) in sponda destra, il taglio e la rimozione delle ceppaie, per quanto possibile, in modo da arretrare la sponda destra di almeno due metri.

La descrizione dettagliata dell'intervento è riportata nella *Relazione descrittiva* allegata al progetto. Si fa presente che in questo settore del territorio comunale sono già in progetto opere idrauliche a potenziamento di quelle esistenti lungo il corso del Rio Vergombera, soggetto recentemente (2022) a fenomeni di esondazione determinati dall'evento meteorico riportato al paragrafo 10 della presente Relazione.

12.4 Intervento 3

L'intervento 3 si colloca in località Beria, in corrispondenza della tratto del torrente Versa che scorre nei pressi della Cantina di Canneto Pavese (Figura 12-3).

Si fa presente che nell'ambito dei lavori avviati con il progetto del 2012 (COMUNE DI CANNETO PAVESE, 2012), era stata definita la linea della sponda sinistra in località Beria, al confine con Montù Beccaria mediante realizzazione di una gabbionata alta 3 m sul piano della fondazione, che era stata dotata di rostri aventi lo scopo di allontanare la corrente dal piede dell'opera (Intervento L).

Assetto geologico e geomorfologico di dettaglio

Dal punto di vista litologico nell'area sono presenti depositi alluvionali incisi dal corso d'acqua (Alluvioni Recenti e Antiche).

Criticità rilevate

Come si osserva dall'immagine riportata in figura, il canale attivo di magra si è nuovamente spostato verso il centro, riprendendo l'originario percorso al centro della sezione, come evidente nel marzo 2022. Allo stato attuale i primi due rostri risultano fortemente inclinati essendosi sviluppata l'erosione di fondo per oltre 1 m di profondità. Di conseguenza i primi due rostri sono inclinati verso il basso e il tredicesimo rostro risulta debpolmente danneggiato per rottura del filo, mantenendo tuttavia la sua funzione. I materiali asportati dall'azione erosiva della corrente sono depositati più a valle.

ANSELMO ASSOCIATI VIA VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHIERI (TO) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO VIA FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	39 -
---	--	------------------------------------

Relazione geologica



Figura 12-1 - Sito dell'Intervento 3 ove venne realizzato l'Intervento L del progetto del Comune di Canneto (COMUNE DI CANNETO PAVESE, 2012) ovvero l'intervento 11.b dello studio generale (COMUNE DI CANNETO PAVESE, 2011). Situazione a marzo 2022. La corrente di magra ha ripreso l'originario percorso al centro della sezione abbandonando la lunata.

Intervento proposto

- a) intasamento dei vuoti fra i rostri e fino almeno a 1,50 m dal filo della gabbionata con massi provenienti dalla demolizione del rivestimento disarticolato e disomogeneo dell'Intervento 1.

La descrizione dettagliata dell'intervento è riportata nella *Relazione descrittiva* allegata al progetto.

Relazione geologica

12.5 Intervento 4

Il sito dell'Intervento 4 si colloca a valle della località Camponoce, propriamente in territorio di Montù Beccaria, ma è direttamente connesso con quanto avviene nel tratto di torrente costituente l'Intervento 3, ubicato in Comune di Canneto Pavese.

Assetto geologico e geomorfologico di dettaglio

Dal punto di vista litologico nell'area sono presenti depositi alluvionali incisi dal corso d'acqua (Alluvioni Recenti e Antiche).

Criticità rilevate

Le criticità rilevate riguardano la presenza di una lunata originatasi presumibilmente con la piena del novembre 2014. L'attività della corrente, non potendosi più sviluppare a spese della sponda sinistra a seguito della difesa realizzata nel 2013, si è sviluppata a spese della sponda destra. La lunata presenta, nella situazione attuale, abbondanti depositi di materiale fino e in alveo è presente un significativo deposito di materiali ciottolosi.

La sponda destra si è abbassata in misura significativa esponendo il piano campagna alla sommersione.

Interventi proposti

- a) contenimento della corrente di magra e di morbida entro l'alveo attivo mediante la realizzazione di una gabbionata lungo la sponda destra di altezza 2,0 m sul piano di fondazione;
- b) contenimento della corrente di piena mediante la realizzazione di una seconda gabbionata arretrata in modo da non ridurre la velocità di trasferimento delle piene, ma tale da impedire il ripristino della lunata in tutta la sua estensione ed evitarne l'eventuale ulteriore arretramento.

La descrizione dettagliata dell'Intervento 4 è riportata nella *Relazione descrittiva* allegata al progetto.

ANSELMO ASSOCIATI VIA VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHIERI (TO) TEL./FAX 011 9415835 e-mail. info@anselmoassociati.it	DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO VIA FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA TEL. 0382.13.91.008 paola.sala@tierrastudio.it lucrezia.albera@tierrastudio.it	41 -
---	--	----------------------------

Relazione geologica



Figura 12-4 - Sito individuato per la proposta dell'Intervento 4

ANSELMO ASSOCIATI

VIA VITTORIO EMANUELE, 14 – 10023 CHERI (TO)
TEL./FAX 011 9415835
e-mail. info@anselmoassociati.it

DOTT. GEOL. PAOLA SALA - TIERRA STUDIO
VIA FOLLA DI SOTTO 1C, 27100 PAVIA
TEL. 0382.13.91.008
paola.sala@tierrastudio.it
lucrezia.albera@tierrastudio.it