COMUNE DI SANREMO

Provincia di Imperia



INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO E IDROGEOLOGICO NELL'AMBITO DELLA "SISTEMAZIONE DEL MOVIMENTO FRANOSO IN LOCALITA' LA VESCA - PISTA CICLABILE - BIVIO S.S. 1 AURELIA KM 667+800 - POGGIO" NEL COMUNE DI SANREMO (IM) CONSISTENTE IN UN TRATTO DI SCOGLIERA A MARE: LOTTO N. 2

PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato

RELAZIONE GEOLOGICA

n. Elaborato **G1**

Consulente geologo:

Dott. Geol. Mauro ENOTARPI
Via De Sonnaz 69 - 18100 Imperia (IM)
e-mail : ingeoenotarpi@gmail.com
Tel. 0183/297585

Firmato digitalmente da:
ENOTARPI MAURO
Firmato il 28/09/2022 17:10
Seriale Certificato: 20115626
Valido dal 24/09/2020 al 24/09/2023
InfoCert Firma Qualificata 2

Scala -

Data 16 settembre 2022

Rev.

INDICE

1. PREMESSA

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

3. DOCUMENTAZIONE GEOLOGICA E GEOGNOSTICA REPERITA

4. INQUADRAMENTO TETTONICO-STRUTTURALE

5. SISMICITA' E CLASSIFICAZIONE SISMICA

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

***7.* IDROGEOLOGIA**

***8.* GEOMORFOLOGIA**

- ***8.1* Informazioni storiche sui fenomeni di instabilità**
- ***8.2* Informazioni più recenti sui fenomeni di instabilità**
- ***8.3* Studi e perimetrazioni geomorfologiche CARG-IFFI-PRG-PUC-PdB**
- ***8.4* Interferometria satellitare**
- ***8.5* Erosione ed instabilità scarpata a mare**
- ***8.6* Geomorfologia e caratteristiche del movimento franoso**

***9.* VINCOLISTICA GEOLOGICA**

***10.* FATTIBILITA' E COMPATIBILITA' GEOLOGICA**

11. CONCLUSIONI

Tavole di riferimento fuori relazione

- G4 Carta geologica-geomorfologica
- G5 Carta degli elementi di idrogeologia
- G6 Carta degli indizi di instabilità
- G7 Planimetria indagini geognostiche e sezioni stratigrafiche

1. PREMESSA

Il presente studio geologico riguarda gli "Interventi di mitigazione del rischio idraulico ed idrogeologico nell'ambito della "Sistemazione del movimento franoso in località La Vesca-Pista Ciclabile-Bivio S.S. n. 1 Aurelia km 667+800 Poggio" consistenti nella realizzazione di un tratto di scogliera a mare: Lotto 2".

Più in particolare tale secondo lotto di scogliera a mare fa parte, secondo quanto previsto nelle precedenti progettazioni redatte dal Comune di Sanremo nell'anno 2019, dell'insieme degli interventi necessari per la stabilizzazione del movimento franoso nel suo complesso che sono, oltre alla citata scogliera, una paratia tirantata in corrispondenza del lato valle della pista ciclabile, una paratia tirantata in corrispondenza del lato valle della S.S. n.1 Aurelia, un intervento di consolidamento del muro di sostegno di Via Duca d'Aosta ed alcuni interventi di drenaggio delle acque nel sottosuolo e di raccolta e controllo di quelle piovane di scorrimento superficiale.

Il tratto di scogliera in progetto (Lotto 2) avrà la funzione di protezione dall'erosione e dal rammollimento-imbibimento dei terreni provocati dai marosi e di appesantimento del piede della frana; l'intervento rappresenta quindi un ulteriore contributo di mitigazione del rischio idraulico ed idrogeologico del movimento franoso in località La Vesca.

La presente relazione analizza e descrive gli aspetti geologici del progetto della scogliera.

Più in particolare, nella prima parte della relazione, dopo una sintetica elencazione dei documenti geologici-geognostici di base reperiti, viene analizzato l'inquadramento tettonico-strutturale e sismico generale della zona ed il quadro geologico, idrogeologico e geomorfologico dell'area in frana interessata dall' opera in progetto.

A seguire, dopo l'illustrazione della vincolistica geologica, viene affrontato il tema della fattibilità geologica del progetto ai sensi della normativa ad oggi vigente in materia, con particolare riferimento alle NTC2018, alla normativa del vincolo idrogeologico ed alla zonizzazione ed alle norme di attuazione del Piano di Bacino e del Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.).

Per quanto non esplicitamente descritto ed illustrato nel presente lavoro si rimanda alla trattazione più completa riportata negli elaborati geologici del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica degli interventi di sistemazione del movimento franoso (aprile 2019) e del Progetto Esecutivo dei lavori di consolidamento del muro di sostegno di Via Duca d'Aosta (giugno 2019).

Si rimanda alla "Relazione di caratterizzazione geotecnica-sismica terreni e di monitoraggio" per la descrizione e la caratterizzazione dei diversi strati litostratigrafici.

Si rimanda invece agli elaborati di progetto e alle specifiche relazioni geotecnica e di calcolo per quanto riguarda le scelte progettuali e le verifiche geotecniche-idrauliche-strutturali della scogliera in progetto.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il presente lavoro sono state prese a riferimento le normative vigenti tra le quali le principali sono:

- D.M. Infrastrutture 17.01.2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"
- D.Lgs. 50/2016 (Codice degli Appalti)
- OPCM 3274 del 20.03.2003 e s.m.i. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- D.G.R. n. 216 del 17.03.2017 "OPCM 3519/2006. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria"
- L.R. 22/84 e s.m.i. Legge forestale regionale vincolo idrogeologico.

3. DOCUMENTAZIONE GEOLOGICA E GEOGNOSTICA REPERITA

Il presente lavoro è iniziato con la ricerca e raccolta del materiale bibliografico, cartografico e geognostico già esistente riguardante le caratteristiche geologiche della zona in esame; la documentazione reperita è servita come base sulla quale sviluppare lo studio mirato al progetto in esame.

I documenti reperiti sono:

- "Geologia delle Alpi Liguri" A.A.V.V. – Memorie della Società Geologica Italiana Volume XXVIII anno 1984
- Guide Geologiche Regionali "Alpi Liguri" a cura della Società Geologica Italiana anno 1990
- "Dati preliminari sulla neotettonica di parte dei fogli 102 (S.Remo) e 103 (Imperia) di A.Boni, P.Boni, G.F. Peloso e P.Vercesi (1978)
- "Sintesi delle conoscenze sulla sismotettonica della Liguria Occidentale ed influenza sui parametri di hazard" di C.Eva, P.Agugliera, E.Eva, S.Solarino, e D.Spallarossa (2000)
- Carta geologica del Progetto CARG "Foglio 258 Sanremo"
- studio geologico della Variante al PRG di Adeguamento al Rischio Sismico (1985) a firma geol A.Bellini e ing. L.Vallarino
- Documentazione geologica del progetto del Piano Urbanistico Comunale (PUC) di Sanremo (rev. 2021)
- Studio geologico Piano di Bacino Sanremese (Ambito n.3 S.Francesco)
- Inventario Fenomeni Franosi (IFFI)
- Rilievi geostrutturali Galleria Poggio Aurelia Bis
- Dati ed informazioni geostrutturali sullo scavo della Galleria Capo Verde del raddoppio ferroviario
- Articoli giornalistici sulla franosità storica della zona
- Progetto per il risanamento della frana avvenuta il 15.12.1916 in zona La Vesca, progetto redatto dalle Ferrovie dello Stato Compartimento di Genova e ritrovato presso l'Archivio di Stato sede di Imperia
- Progetto Comune di Sanremo del muro di sostegno della Via Duca d'Aosta
- Progetto ANAS 1983 del muro di sostegno di valle della S.S. n. 1 Aurelia

- Rapporto sui sondaggi geognostici, prove di laboratorio e monitoraggio strumentale redatto e a firma del geologo Fulvio Franco del Comune di Sanremo (anno 2010)
- Sequenza delle foto di Street View di Google relative alla evoluzione delle condizioni del tratto della S.S. n. 1 Aurelia in esame
- Studio geologico per il Progetto di fattibilità Tecnica ed Economica degli interventi "Sistemazione e consolidamento del movimento franoso in località La Vesca-Pista Ciclabile-Bivio S.S. n. 1 Aurelia km 667+800 Poggio" (aprile 2019 -elaborati vari)
- Studio geologico per il Progetto Esecutivo dei lavori di "Consolidamento del tratto di muro di sostegno di Via Duca d'Aosta in località La Vesca-Pista Ciclabile-Bivio S.S. n. 1 Aurelia km 667+800 Poggio" (giugno 2019 -elaborati vari)
- Rapporto campagna geognostica ANAS: sondaggi geognostici, indagini sismiche e prove di laboratorio (2020)

4. INQUADRAMENTO TETTONICO-STRUTTURALE

Il territorio in esame è inserito, alla grande scala, nel contesto tettonico delle Alpi Liguri, contesto formato da un insieme di unità tettoniche trasportate ed appilate verso l'esterno dell'arco alpino e poi coinvolte nelle deformazioni di età e direzione appenninica.

Fanno parte delle Alpi Liguri unità derivate:

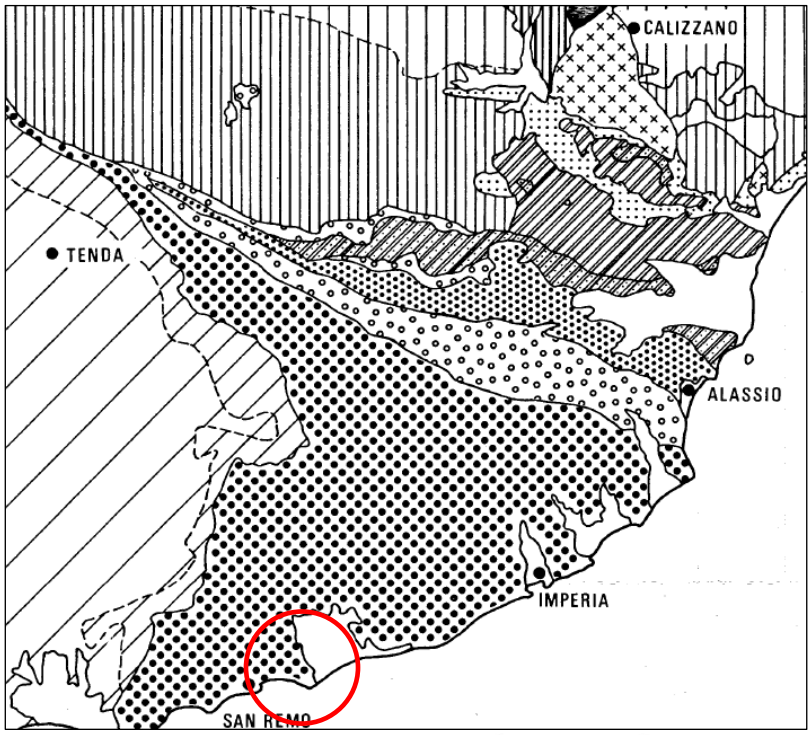
- dal continente paleo europeo: dominio delfinese provenzale, sub-brianzonese e brianzonese
- dal suo margine s.s.: dominio piemontese s.l. la cui parte più esterna è detta prepiemontese
- dall'oceano piemontese-ligure: successioni ofiolitifere pre-flysch e successioni dei flysch.

Più nello specifico la zona di Sanremo in esame ricade nell'area di affioramento delle successioni dei flysch ed in particolare dell'Unità di S.Remo-Monte Saccarello (rif. immagine pagina successiva tratta dallo schema tettonico semplificato allegato alla pubblicazione "Geologia delle Alpi Liguri: dati, problemi, ipotesi" di M.Vanossi, L.Cortesogno, B.Galbiati, B.Messiga, G.Piccardo e R.Vannucci" Memorie della Società Geologica Italiana Volume XXVIII anno 1984).

I flysch rappresentano dei depositi di natura torbiditica sedimentatisi, durante l'emersione del rilievo orogenetico alpino, in fosse di tipo oceanico.

Tali depositi flyschoidi hanno preso parte alle varie fasi dell'orogenesi alpina, strutturandosi secondo una modellistica di tipo essenzialmente duttile mentre successivamente, nel Plio-Quaternario, sono state interessate da deformazioni di natura fragile.

Durante l'orogenesi alpina le unità flyschoidi hanno subito una traslazione d'insieme dall'interno all'esterno della catena alpina secondo un modello a falde di ricoprimento; lo scollamento è avvenuto a livello dei complessi di base con successivi sovrascorrimenti ed accavallamenti tra le diverse falde dei flysch.



ALPI LIGURI

SCHEMA TETTONICO SEMPLIFICATO

ZONA DEGLI "SCHISTES A BLOCS" E DELLE UNITA' IN POSIZIONE SUBBRIANZONESE

ZONA DELFINESE-PROVENZALE

COPERTURA FORMANTE LE "CATENE SUBALPINE MERIDIONALI" (Carbonifero sup. - Oligocene?)

MASSICCIO CRISTALLINO DELL'ARGENTERA-MERCANTOUR (pre-Stefaniano)

ZONA DEI FLYSCH AD ELMINTOIDI Auct.

UNITA' DI BORGHETTO D'ARROSCIA-ALASSIO (Cretaceo sup.? - Eocene medio?) (Tav.II/12)

UNITA' DI MOGLIO-TESTICO (Cretaceo sup.? - Paleocene?)
(Peliti del Passo delle Saline?; Peliti del Passo di Prale?; Peliti di Colla Domenica?) Tav.II/13)

UNITA' DI S. REMO-M. SACCARELLO (Cretaceo sup. - Paleocene?) (Tav.II/14)

UNITA' PIEMONTESI IN POSIZIONE ESTERNA ("PREPIEMONTESI")
(Arnasco-Castelbianco; C.Tuberto)
TERRENI TRIASSICO-GIURASSICI PRE-RADIOLARITI
(Tav.II/5a,b e 4)
TERRENI GIURASSICO-EOCENICI

ZONA BRIANZONESE LIGURE
UNITA' MOLTO INTERNE
"MASSICCI" CRISTALLINI DI SAVONA, CALIZZANO, PALLARE, LOANO, ARENZANO (pre-Westfaliano)
(Bagnaschino; Calizzano-Savona)
UNITA' INTERNE
TEGUMENTO E/O COPERTURE MOLTO RIDOTTE (Namuriano?- Cretaceo sup.-(Eocene?)) (Tav.II/3)
ZOCCOLO PRE-NAMURIANO
(Pamparato-Murialdo; Deviglia? Bc Garofano?)
COPERTURE RIDOTTE ((Permiano) - Eocene)
(Castelvecchio-Cerisola; C.Volte) (Tav.II/2)
TEGUMENTO E COPERTURE RIDOTTE (Namuriano? - Eocene)
ZOCCOLO PRE-NAMURIANO
(Mallare; Ormea Interna)
UNITA' INTERMEDIE ESTERNE
TEGUMENTO E/O COPERTURE DA "NORMALI" A RIDOTTE (Carbonifero sup. - Priaboniano)
(Ormea intermedia e esterna; M.Carmo; Caprauna-Armetta) (Tav. II/1)

Contemporaneamente alla traslazione, le unità hanno subito una deformazione interna i cui meccanismi e tipi di strutture derivate sono caratteristiche del "livello strutturale superficiale" (valori minimi, geologicamente parlando, della pressione litostatica e della temperatura).

Ne è derivato uno "stile tettonico di copertura" in cui i materiali hanno reagito agli stress tettonici con deformazioni da duttili (pieghe) a solo parzialmente duttili che spesso evolvono in altre tipicamente fragili (es. pieghe-faglie).

Nell'ambito del quadro generale di evoluzione alpina sono state riconosciute tre principali fasi deformative essenzialmente duttili con formazione di pieghe da concentriche a serrate con vergenza verso ovest con successive retroflessione e rotazione delle stesse.

La sezione che segue rappresenta uno schema tettonico semplificato attraverso le Unità flyschoidi nel settore più prossimo alla costa (sezione ripresa da Guide Geologiche Regionali "Alpi Liguri" a cura della Società Geologica Italiana anno 1990.

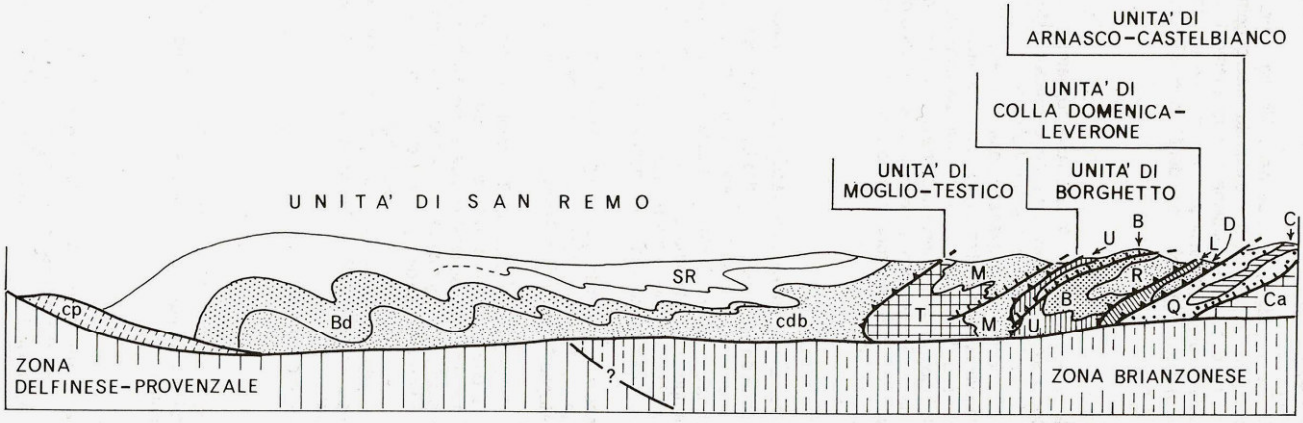
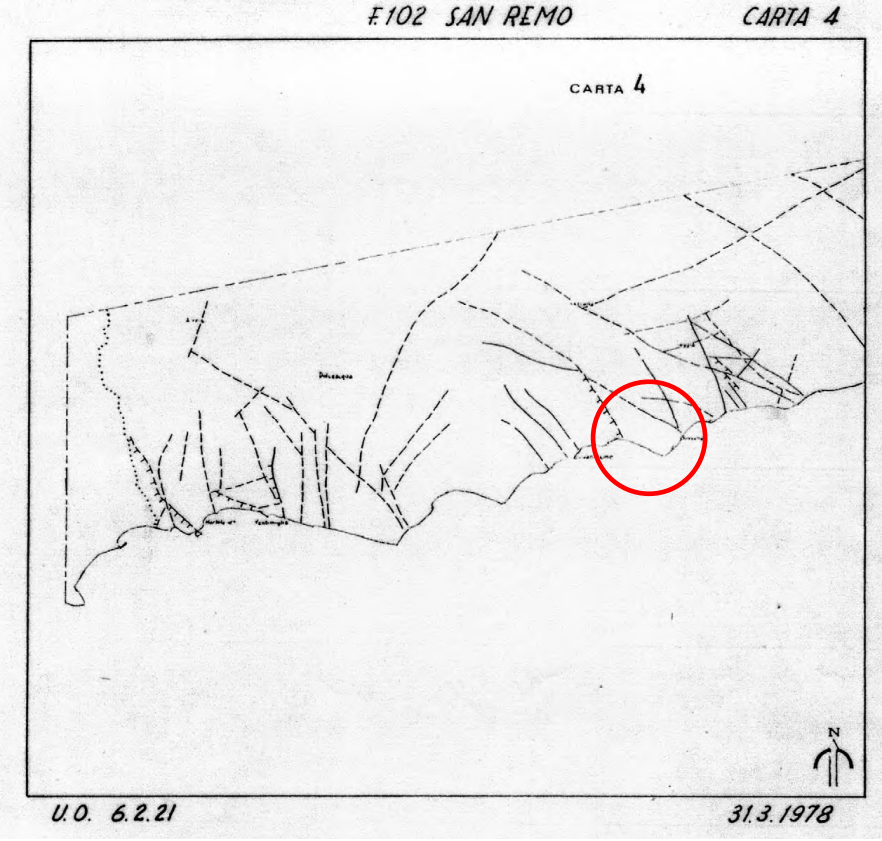


fig. 13. Sezione schematica interpretativa tracciata attraverso le Unità flyschoidi nel settore più prossimo alla costa.
La sezione illustra i rapporti reciproci di sovrapposizione tra le varie Unità flyschoidi e le relazioni geometriche tra queste e il loro substrato tettonico.
Risultano distinte nella figura, nell'ambito delle varie Unità, le seguenti Formazioni:
*Unità di Arnasco-Castelbianco: **C**= Calcari di Curenna-Montebello; **Q**= Arenarie di Leuso-Quartarole*
*Unità di Colla Domenica-Leverone: **D**= Peliti di Colla-Domenica; **L**= Formazione di Leverone*
*Unità di Borghetto: **R**= Peliti di Ranzo; **B**= Quarziti di M. Bignone; **U**-= Calcati di Ubaga*
*Unità di Moglio-Testico: **M**= Peliti di Moglio; **T**= Formazione di Testico*
*Unità di San Remo: **cdb**= "complesso di base" (corrisponde alla Formazione di S. Bartolomeo); **Bd**= Arenarie di Bordighera; **SR**= Flysch di San Remo*
Sono anche indicati i terreni:
***Ca**= successione triassico-giurassica di Castelbianco*

Alle fasi di corrugamento alpino è seguito, nel Pliocene-Quaternario, un'attività neotettonica di natura fragile in ambiente distensivo, correlata alla formazione e sviluppo di sistemi di faglie probabilmente già impostati con le fasi di piegamento appenninico.

Tali sistemi di faglie hanno smembrato, specialmente al livello strutturale superficiale dei Flysch, l'edificio alpino secondo blocchi in movimento relativo tra loro con fenomeni importanti di basculamento; tali eventi hanno condizionato e guidato i fenomeni geologici del ponente ligure, dalla trasgressione e sedimentazioni plioceniche fino al raggiungimento dell'assetto strutturale odierno dal quale è derivato la posizione della costa e del reticolo idrografico più recente.

La bibliografia scientifica di neotettonica segnala la presenza di alcuni allineamenti di faglia con piano di sviluppo sub-verticale aventi direzioni principali NNW-SSE e ENE-WSW e secondarie circa N-S; si riporta (rif. figura successiva) la carta degli allineamento tettonici di faglia riportati nel lavoro "Dati preliminari sulla neotettonica di parte dei fogli 102 (S.Remo) e 103 (Imperia) di A.Boni, P.Boni, G.F. Peloso e P.Vercesi (1978).



Gli studi sismotettonici recenti del settore ligure occidentale hanno evidenziato la presenza di faglie normali e trascorrenti offshore e di faglie trascorrenti onshore; tra queste ultime la più nota ed attiva, dal punto di vista sismico, è la Taggia-Saorge.

Si riporta, a seguire, la mappa strutturale semplificata proposta nel recente lavoro "Sintesi delle conoscenze sulla sismotettonica della Liguria Occidentale ed influenza sui parametri di hazard" di C.Eva, P.Agugliera, E.Eva, S.Solarino, e D.Spallarossa (2000).

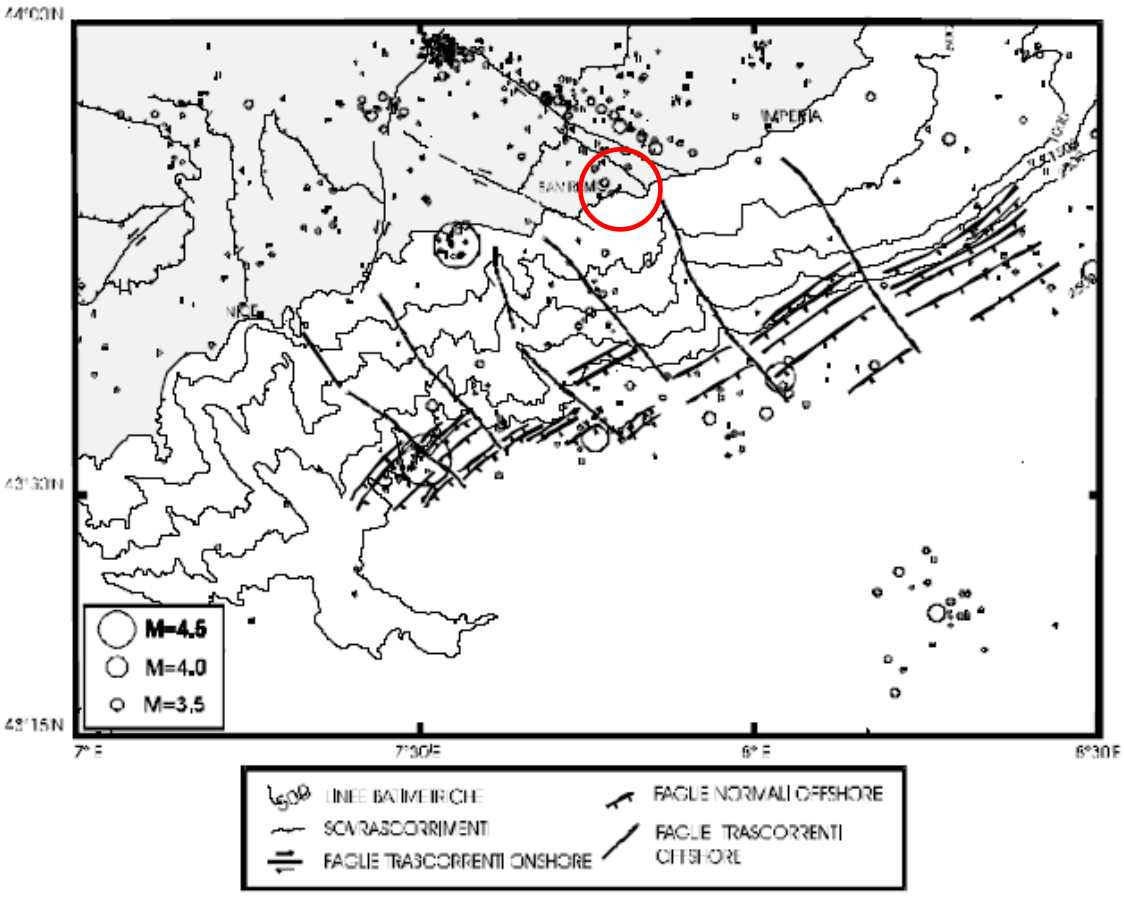
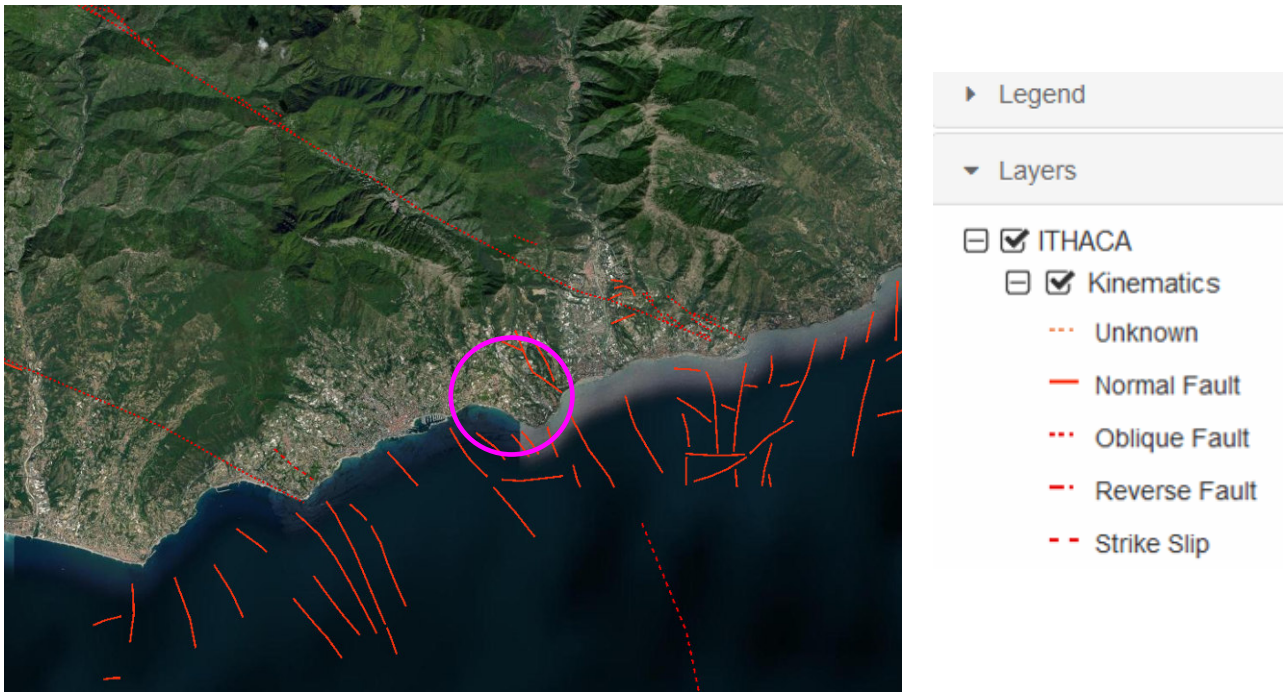
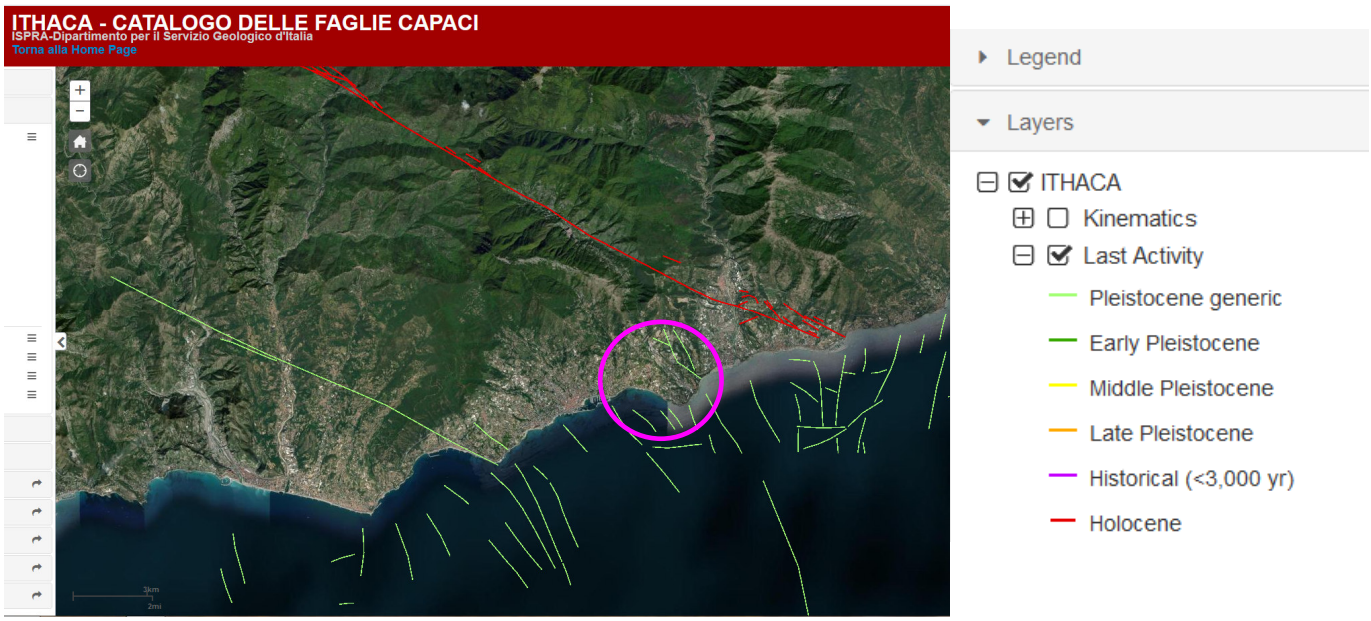


Fig. 3 - Mappa strutturale semplificata del margine Nord-Occidentale del Mar Ligure e mappa della sismicità.

La figura che segue, ripresa da "ITHACA – Catalogo delle Faglie Capaci" a cura di ISPRA Dipartimento del Servizio Geologico d'Italia, schematizza il cinematismo di faglie capaci nella zona tettonica in esame.

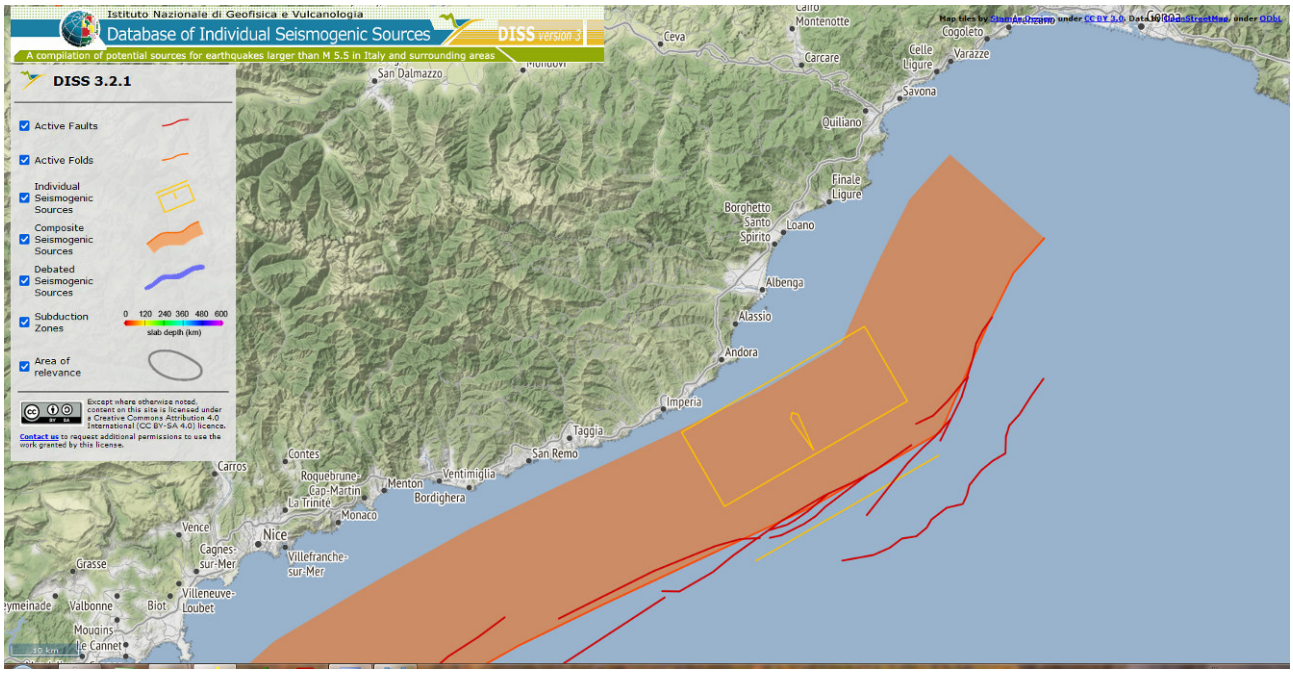


La figura che segue, sempre ripresa da "ITHACA – Catalogo delle Faglie Capaci", riporta la datazione di ultima attività delle faglie capaci presenti nella zona tettonica in esame.



La figura conferma che, in linea con lo schema sismotettonico proposto da C.Eva et al., l'area in esame è caratterizzata dalla faglia capace Taggia-Saorge risalente, come ultima attività, all'Olocene e quindi rientrante, sulla base delle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC)" del Dipartimento della Protezione Civile, nella famiglia delle faglie attive (faglia che si è attivata almeno una volta negli ultimi 40.000 anni).

L'INGV ha inoltre diffuso, nell'ambito del progetto DISS3, le informazioni riguardanti la distribuzione spaziale e le caratteristiche sismo-tettoniche delle Sorgenti Sismogenetiche presenti sul territorio nazionale che potenzialmente possono generare terremoti di magnitudo M superiori a 5,5; la carta subito sotto evidenzia le potenziali faglie sismogenetiche più vicine all'area in esame correlabili alle faglie normali offshore riportate nello schema sismotettonico proposto da C.Eva et al.



5. SISMICITA' E CLASSIFICAZIONE SISMICA

L'individuazione della sismicità storica e macrosismica dell'area in esame è definita dal Database Macrosismico dei Terremoti Italiani (DBMI15), utilizzato per la compilazione di CPTI15, redatto dall'INGV.

L'interrogazione del DBMI15 per la località di Sanremo, ha ottenuto i seguenti risultati tabellari in termini di effetti, di anno di accadimento, area epicentrale e magnitudo:

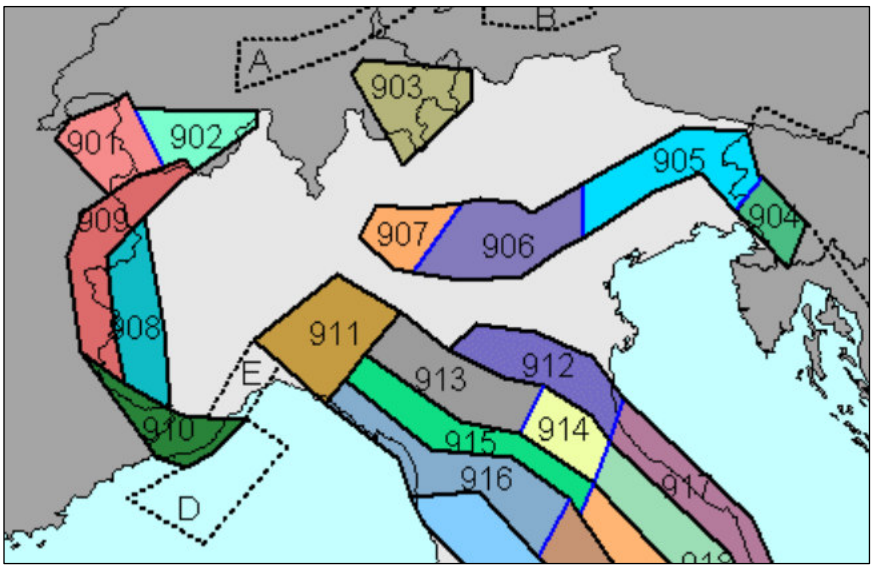
SANREMO

Effects	Reported earthquakes										
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
4-5	1564	07	20				Lantosque	15	8-9	5.80
F	1751	11	21				Liguria	6	4	3.70
5	1806	03	31				Liguria occidentale	6	5	4.62
5-6	1807	09	05	01	30		Liguria occidentale	10	5-6	4.81
7	1818	02	23	18	10		Liguria occidentale	45	7	5.32
6-7	1819	01	08	22	30		Liguria occidentale	5	6-7	4.86
F	1828	10	09	02	20		Oltrepò Pavese	110	8	5.72
3	1828	10	09	08			Oltrepò Pavese	6		
3-4	1828	10	10	01	30		Oltrepò Pavese	18		
7	1831	05	26	10	30		Liguria occidentale	33	8	5.56
F	1831	05	28	12	45		Liguria occidentale	7	6	4.73
5	1831	11	25	01	45		Liguria occidentale	1	5	4.16
6-7	1854	12	29	01	45		Liguria occidentale	86	7-8	5.72
5-6	1885	01	24	20			Liguria occidentale	4	5-6	4.40
8	1887	02	23	05	21	50	Liguria occidentale	1511	9	6.27
F	1887	03	11	14	45		Liguria occidentale	20		
3-4	1896	10	16				Liguria occidentale	55	6	4.91
4	1897	10	12				Liguria occidentale	13	5	4.34
2	1900	12	30	23	36	20	Alto Monferrato	36	5	4.35
4	1903	04	04	01	41		Liguria occidentale	20	5	4.45
5	1904	11	15	19	16		Liguria occidentale	17	5	4.16
4-5	1905	05	30	04	55		Cuneese	121	5-6	4.65
5	1906	08	11	09	58		Liguria occidentale	82	5	4.41
5	1909	05	27	06	10		Liguria occidentale	51	5-6	4.34
NF	1912	01	14	03	11		Liguria occidentale	19	4-5	3.89
NF	1913	03	27	02	25	44	Val Trebbia	58	4-5	4.24

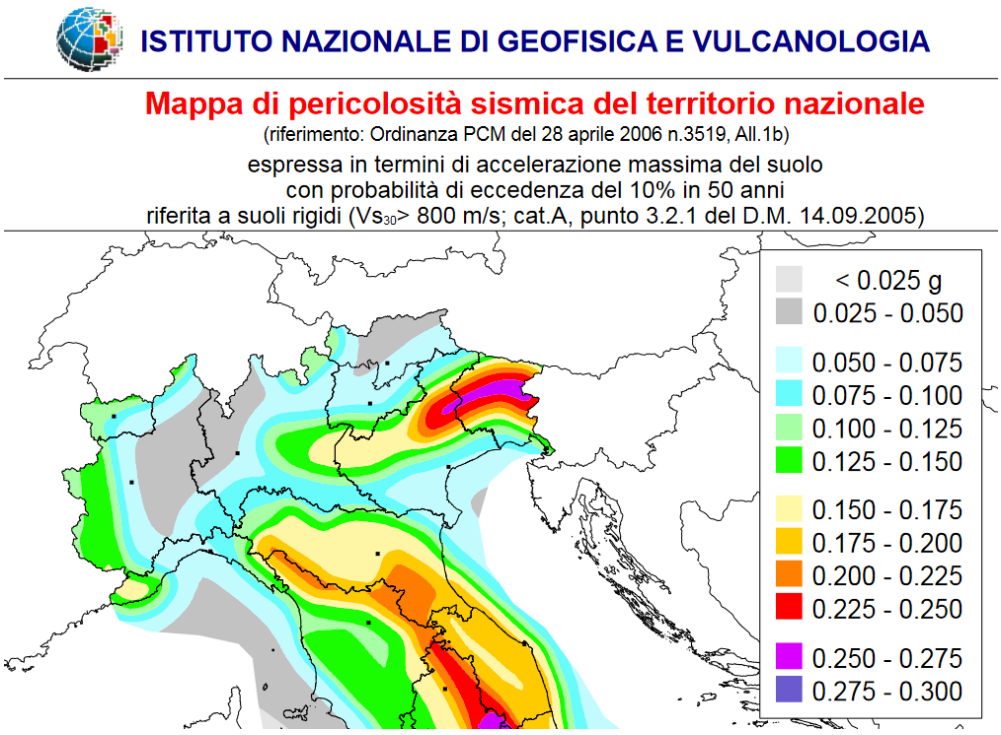
3	1914 10 26 03 43 22	Torinese	63	7 5.24
4	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7 5.63
3	1917 01 07 03 39	Savonese	32	5 4.35
4	1919 11 28 21 38	Alpi Marittime	24	5-6 4.92
3	1920 09 07 05 55 40	Garfagnana	750	10 6.53
2-3	1935 03 19 07 27 17	Embrunais	254	7 5.25
4-5	1956 03 20 00 35	Liguria occidentale	6	4-5 3.93
5	1957 03 08 04 13 02	Liguria occidentale	17	4 3.81
3	1958 10 13 13 50	Liguria occidentale	4	4 3.70
F	1963 07 27 05 58 22	Mar Ligure	9	4.98
4	1968 04 18 19 38 15	Liguria occidentale	51	7-8 4.93
3-4	1970 12 31 22 04 46	Liguria occidentale	79	6 4.62
2	1971 09 25 10 34 2	Mar Ligure	31	5-6 4.33
3-4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5 4.87
3-4	1981 04 22 04 26 2	Mar Ligure	14	4.43
2	1983 11 09 16 29 52	Parmense	850	6-7 5.04
NF	1984 04 29 05 02 59	Umbria settentrionale	709	7 5.62
4-5	1989 12 26 19 59 5	Mar Ligure	290	4.46
5	1995 04 21 08 02 5	Liguria occidentale	49	4.39
4	2001 02 25 18 34 4	Mar Ligure	59	4.44

In ottemperanza all'O.P.C.M. 3274/03, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (di seguito denominato INGV) ha realizzato una zonazione sismogenetica del territorio italiano, chiamata ZS9 (Zonazione sismogentica ZS9 Rapporto conclusivo Gruppo di Lavoro, 2004), risultato di modifiche, accorpamenti ed elisioni delle numerose zone di ZS4 e dell'introduzione di nuove zone.

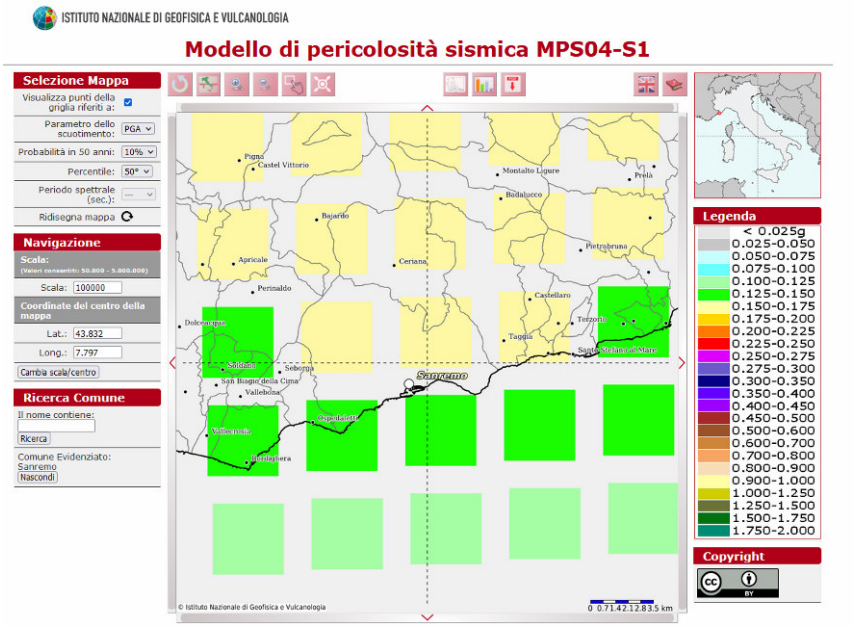
L'area in esame (rif. figura subito sotto) è ubicata nella zona sismogenetica 910 che INGV inquadra come zona di "svincolo" che consente l'arretramento dell'arco alpino occidentale; la magnitudo massima associata a questa zona sismogenetica è pari a 6,37 (Mwmax).



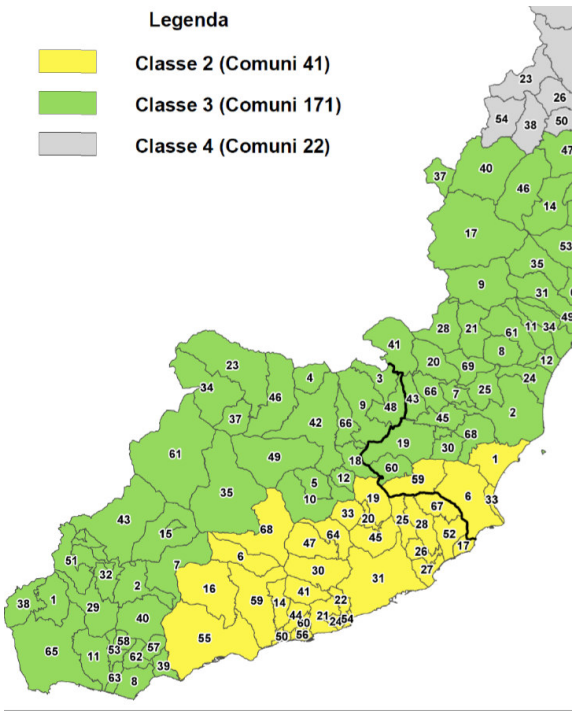
In termini di pericolosità sismica si fa riferimento, in termini generali, alla Mappa di Pericolosità Sismica (MPS04) (rif. figura a seguire) approvata della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile, mappa che descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante; la mappa associa, alla zona in esame, valori di Ag compresi tra 0,125 e 0,175.



La figura che segue raffigura nel dettaglio, per l'area in esame, la stessa informazione in termini di Ag.



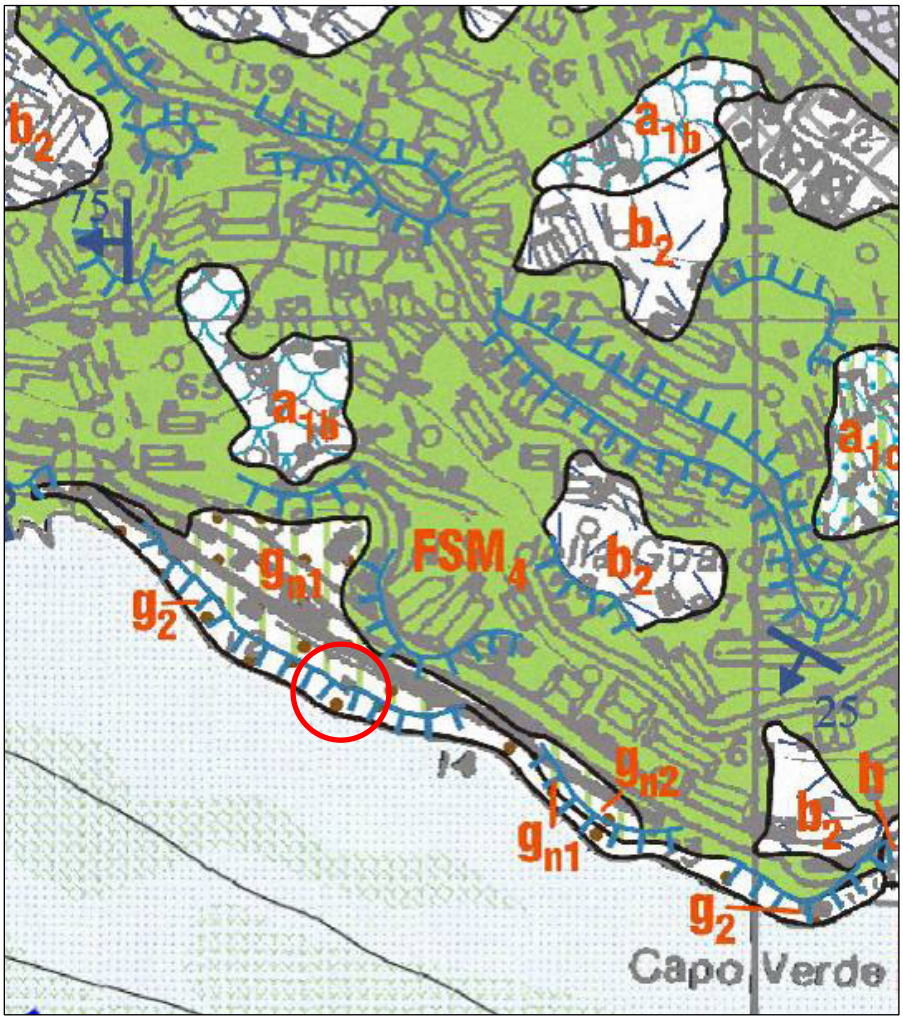
Dal punto di vista della classificazione sismica, il territorio del Comune di Sanremo (territorio n. 55 della figura che segue) ricade, secondo la classificazione regionale di cui alla D.G.R. n. 216 del 17.03.2017 "OPCM 3519/2006, in una zona 2 per la quale è fissata una accelerazione massima del suolo (ag max) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni di 0,25g.



6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

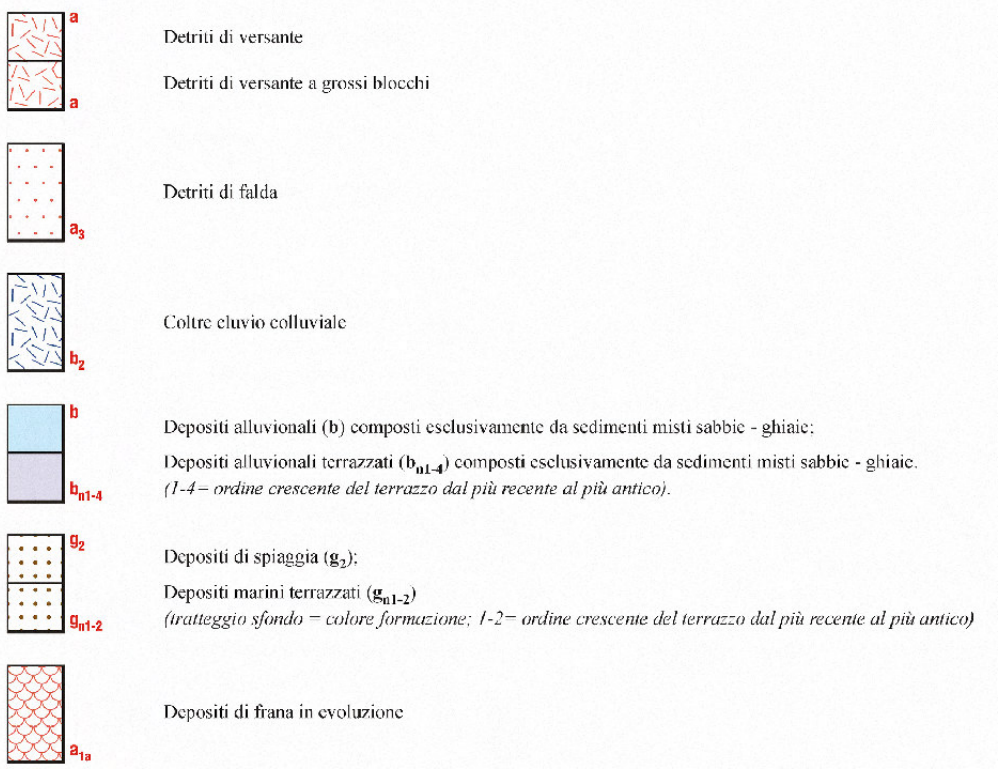
Il quadro geologico dell'area in esame può essere così sinteticamente descritto:

- **l'ossatura geologica** della zona di progetto è costituita da un ammasso roccioso stratificato caratterizzato da un'alternanza di prevalenti livelli di natura argillitica, marnosa-argillitica e di livelli arenaceo-siltitici, con intercalazioni secondarie marnose e calcilutitiche; tale ammasso appartiene alla facies FSM4 membro "San Lorenzo" del Flysch di Sanremo distinta nella carta geologica del Progetto CARG (rif. immagini subito successive), facies riconducibile alla litofacies D "San Lorenzo al Mare" di Sagri e alla formazione H2 del Foglio Sanremo della Carta Geologica d'Italia 1.100.000



Estratto Carta Geologica Progetto CARG

Estratto legenda Carta Geologica Progetto CARG





FLYSCH DI SAN REMO ($FSM_{1-2-3-4}$)
strati arenaceo - argillitici, con intercalazioni di calcilutiti e rari strati marnoso - arenacei (**FSM_4:** membro "San Lorenzo"); strati arenaceo - argillitici e calcilutitici nei quali si intercalano, ad intervalli regolari, "megaritmi" costituiti da megatorbiditi marnoso - arenacee (**FSM_3:** membro "San Michele"); marne ed arenarie calcaree costituenti strati torbiditici, con spessori inferiori rispetto a quelli della **FSM_1** di cui rappresenta la parte distale e superiore, sono inoltre presenti livelli calcilutitici passanti a strati marnoso - arenacei e strati arenaceo - argillitici (**FSM_2:** membro "Villa Faraldi" - *Foglio n. 259 "Imperia"*); marne ed arenarie calcaree costituenti spessi strati torbiditici, organizzati in sequenze positive, con la porzione terminale costituita da calcilutiti, sono inoltre presenti scarsi strati arenaceo - argillitici (**FSM_1:** membro "Capo Mele" - *Foglio n. 259 "Imperia"*);
FSM_4 è attribuito al ***MAASTRICHTIANO SUP.***
FSM_3 al ***MAASTRICHTIANO SUP.***
FSM_2 al ***CAMPANIANO SUP. - MAASTRICHTIANO SUP.***
FSM_1 al ***CAMPANIANO SUP. - MAASTRICHTIANO MEDIO.***

- nella zona del promontorio di Capo Verde-Valle Armea la bibliografia scientifica segnala la presenza di alcuni allineamenti di faglia con piano di sviluppo sub-verticale aventi direzione NNW-SSE come illustrato nella figura riportata nel paragrafo 4 "Inquadramento tettonico-strutturale" e ripresa dal lavoro "Dati preliminari sulla neotettonica di parte dei fogli 102 (S.Remo) e 103 (Imperia) di A.Boni, P.Boni, G.F. Peloso e P.Vercesi; anche la pubblicazione "Dati preliminari sulla neotettonica di parte del Foglio 102 (S.Remo) di S.Giammarino, A.Giuffre, D.Cortellesi, G.Scappini conferma la presenza di allineamenti di faglia nella zona in esame.
- la presenza di queste direttrici di faglia sembra essere coerente e quindi confermata anche da altri dati raccolti che sono:
    - le informazioni raccolte sugli scavi della Galleria Capo Verde del raddoppio ferroviario evidenziano, in corrispondenza dello stesso Capo e del rilievo collinare di Poggio, la presenza di un flysch tettonizzato con prevalente argillite intensamente laminata con superficie traslucida;
    - i rilievi geostrutturali dei fronti di scavo delle due canne della galleria Poggio dell'Aurelia Bis a partire dall'imbocco est lato Valle Armea; questi rilievi, eseguiti dallo scrivente durante lo scavo della galleria, hanno individuato un tratto più tettonizzato del Flysch in corrispondenza di un possibile allineamento di faglia verticalizzato che da Capo Verde risale verso la valle Armea con direzione NNW-SSE
    - anche il documento "Revisione ed integrazione delle indagini geologiche relative al Piano regolatore Generale" dello studio geologico della Variante al PRG di Adeguamento al Rischio Sismico (1985) evidenzia che "il settore di Poggio-Capo Verde presenta un maggior addensamento di fenomeni franosi ed una maggiora "fragilità geomorfologica" in ragione dell'intensità tettonica che lo ha interessato". E poi ancora "in versante destro della Valle Armea, il sondaggio, profondo 190 m, (campagna PROGET 1974), ha mostrato, al di sotto di pochi metri, di copertura detritica, uno spessore di 150 m di prevalenti argilloscisti tettonizzati e spesso alterati, con strati arenacei di norma sottili e fratturati". Ancora lo stesso studio evidenzia che, durante la esecuzione della galleria Capo Verde del raddoppio ferroviario "in

versante destro, si è reperita per una estensione di circa 500 metri, una fascia molto disturbata, costituita da argilloscisti inglobanti bancate discontinue di marne, arenarie, calcari marnosi, molto fratturati e ripiegati intensamente, con aspetti localmente caotici e giacitura tendenzialmente verticale"

- il rilevamento geologico del pendio, che dalla Vesca risale verso la Frazione di Poggio, ha evidenziato la ridotta o nulla presenza di affioramenti della formazione rocciosa locale che risulta mascherata da spessori detritici più o meno potenti
- l'unico "taglio", lungo il quale è stato possibile rilevare le caratteristiche del substrato, è rappresentato dalla scarpata più prossima al mare
- lungo tale scarpata è stato rilevato un tratto centrale (rif. tav. G4 Carta geologica-geomorfologica) in cui o non sono stati rilevati affioramenti rocciosi (sotto tratto in frana attiva (1)) o sono presenti affioramenti di roccia flyschoide tettonizzata ed alterata ((sotto tratto in frana attiva (2)). Questo tratto centrale, lungo circa 400m, potrebbe corrispondere, verosimilmente, ad un "corridoio di faglia" (corridoio di taglio tettonico) verticalizzato che risale verso il crinale del Poggio e che risulta caratterizzato da intensa tettonizzazione e maggiore debolezza dell'ossatura geologica del versante e che, non a caso, corrisponde al tratto sul mare in frana attiva
- l'osservazione geologica degli affioramenti (tratta di frana attiva (2)) ha evidenziato che all'interno di questo settore di faglia non si riconosce più il classico assetto stratificato del Flysch di Sanremo che risulta invece spesso completamente destrutturato con foliazione e pieghe riorientate secondo piani tendenzialmente sub-verticali; nel materiale riorientato prevalgono volumi di argillite frizionata, tettonizzata con superficie traslucida all'interno dei quali sono presenti isolati elementi rocciosi ("boudins") in genere arenacei più resistenti e molto fratturati
- il motivo geostrutturale appena descritto si ripropone nel sottosuolo del settore di faglia alle diverse scale e quindi sia alla scala dell'affioramento ma anche esteso, come già sopra precisato, alla scala del pendio che risale verso la Frazione di Poggio

- alla scala dell'affioramento, lungo la scarpata a mare, nel settore della frana attiva (2), sono stati rilevati e fotografati (rif. foto subito successive) alcuni esempi di "roccia molto alterata (cappellaccio)" e di roccia di faglia che può essere classificata come una "breccia di faglia" sino ad una vera e propria "cataclasite"





Affioramenti sulla scarpata a mare (settore frana attiva (2)) di flysch molto alterato (cappellaccio)



La scarpata, al piede del versante locale (settore frana attiva (2)), che degrada in mare e lungo la quale sono stati rilevati gli affioramenti della roccia di faglia



Breccia di faglia che a causa della notevole alterazione chimico-fisica ha la consistenza di una terra



Breccia di faglia poco alterata



Cataclasite completamente riorientata con assetto verticalizzato; prevale la componente argillitica grigia frizionata e tettonizzata con elementi arenacei budinati giallognoli



Piega di faglia con piano assiale circa verticale ed asse circa sub-orizzontale. Si riconosce un grosso banco arenaceo anch'esso circa verticalizzato; questo strato, preservato dall'azione di taglio più pervasiva, è comunque molto fratturato con discontinuità aperte



Dettaglio sulla piega di faglia, di cui alla foto precedente

- ai lati di questo "corridoio di faglia", sempre sulla scarpata prossima al mare, sono stati invece rilevati affioramenti rocciosi flyschoidi in migliore stato di conservazione che, verosimilmente, corrispondono ad una ossatura geologica locale del pendio più resistente e che, non a caso, delimitano l'estensione del tratto in frana sulla costa (rif. foto subito successive)



Affioramento arenaceo sulla scarpata a mare che delimita, sul lato ovest, la frana



Affioramento arenaceo-argillitico sulla scarpata a mare, al piede del muro di sostegno della pista ciclabile, che delimita, sul lato est, la frana

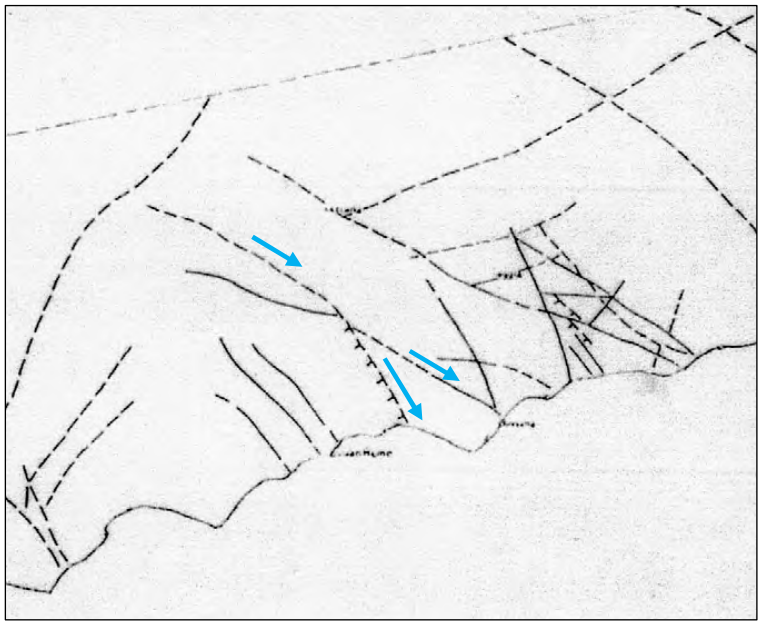
- in ultimo si evidenzia che questo motivo geostrutturale di corridoi tettonizzati più fragili alternati a corridoi rocciosi più resistenti, non si esaurisce all'area studiata nel presente lavoro ma potrebbe, verosimilmente, ripetersi anche ai lati dell'area studiata in questo lavoro e cioè verso Capo Verde e verso La Vesca.

7. IDROGEOLOGIA

Il quadro idrogeologico dell'area in esame può essere così sinteticamente descritto:

- il corridoio di faglia sub-verticale, che interessa il versante in studio e che dal mare risale sino al Poggio, andando anche oltre sino a raggiungere ed intersecare il corridoio di faglia dell'allineamento tettonico della Valle Armea, rappresenta un settore di richiamo di significative circolazioni d'acqua, da monte verso mare, come hanno documentato i dati storici e come confermano le diverse emergenze idrogeologiche sul pendio e l'esteso canneto presente, al piede del versante stesso, tra l'Aurelia ed il mare
- per l'alimentazione idrogeologica del corridoio di faglia che interessa il versante in studio, non può essere escluso il possibile contributo del Torrente Armea che, nel punto di intersezione delle due faglie, potrebbe sdoppiare l'alimentazione sotterranea ed alimentare anche il corridoio di faglia lungo il versante in frana esaminato (rif. schema semplificato successivo)

\



- nell'ambito del corridoio della roccia di faglia si ritiene che le porzioni arenacee e calcaree fratturate di maggiori dimensioni, meglio conservate e preservate dall'azione di stress tettonico, possano rappresentare dei volumi preferenziali di richiamo e circolazione dell'acqua

- il modello idrogeologico sotterraneo atteso non è sicuramente banale e potrebbe essere riconducibile ad uno schema a falde multiple, "sacche", "fusi" ed orizzonti acquiferi a più livelli verosimilmente tra loro spesso non comunicanti; l'effetto globale è quello comunque di un sottosuolo saturo d'acqua con una piezometrica che si ricarica e risulta più superficiale nei periodi di più lunga ed intensa piovosità
- sempre al riguardo delle circolazioni possibili in questo corridoio di faglia non possono essere escluse circolazioni in pressione e quindi con un certo grado di artesianità; si segnala, a tale riguardo, che il fontaniere, Sig.Adriano, del Consorzio Irriguo locale ha indicato allo scrivente la presenza in mare, di fronte al bar-ristoro della pista ciclabile, di una sorgente subacquea dolce nota ai "vecchi" della zona
- nella tavola G5 "Carta degli elementi di idrogeologia" sono stati cartografati e localizzati le principali informazioni relative ai percorsi ed emergenze delle acque circolanti nel sottosuolo e delle acque superficiali
- tra questi elementi si segnalano le trincee drenanti che vennero realizzate dalle Ferrovie dello Stato nell'ambito dei lavori di risanamento e sistemazione dell'importante evento franoso accaduto il 15 dicembre 1916 nella zona in esame (si rimanda la descrizione di tale evento franoso al capitolo successivo della geomorfologia); tali trincee ebbero la funzione di drenare e smaltire le acque delle aree di emergenza idrogeologica che si manifestarono a giorno dopo l'evento franoso (rif. carta G5). Più in particolare vennero realizzate n. 6 rami di trincee drenanti/canali denominati A,B,C,D,E e F; la sovrapposizione delle trincee sulla base cartografica attuale evidenzia che in prossimità dei rami C e D, il ramo principale sottopassa il Supermercato dotato di piano interrato, la cui realizzazione potrebbe aver interrotto e obliterato tale ramo, eventualità che dovrà essere oggetto di approfondimenti. Il punto terminale di recapito delle acque drenate è prossimo al mare ed è stato codificato con il numero 2 sulla Carta e di cui si riportano due fotografie; la portata dell'acqua è stata sommariamente stimata, al gennaio 2019 in assenza di precipitazioni, in 0,5-1 l/s. Il sistema di trincee drenanti descritto ed i relativi sistemi di smaltimento e scarico a mare dovranno essere oggetto di ispezioni di verifica dell'integrità e del corretto funzionamento ai fini della programmazione di eventuali interventi di manutenzione e/o ripristino

- sul limite occidentale del piazzale del bar-ristoro della pista ciclabile è presente un altro punto significativo (codificato come 1 sulla tav. G5 – vedi foto successive) di recapito finale di acque di probabile origine sotterranea; ad oggi non si hanno informazioni sulla ramificazione di tale linea a monte, aspetto che dovrà essere approfondito nelle successive fasi della progettazione. La portata dell'acqua è stata sommariamente stimata, al gennaio 2019 in assenza di precipitazioni, in 1 l/s





Punto 2, prossimo al mare, di recapito e fuoriuscita finale del sistema di trincee drenanti realizzato dopo l'evento franoso 1916





Punto 1, prossimo al mare, di recapito e fuoriuscita finale di acqua

- in prossimità del piezometro P1 è presente un altro punto di recapito di acque (codificato come 3 sulla tav. G5 – vedi foto successive) che raccoglie, verosimilmente, le acque meteoriche della sistemazione idraulica della pista ciclabile. In occasione dei diversi sopralluoghi questo recapito è risultato, in assenza di precipitazioni, sempre asciutto





Punto 3, prossimo alla ciclabile, di recapito acque

- Il piede del pendio, coincidente con quello della frana, è caratterizzato da circolazioni d'acqua significative e da numerose emergenze idrogeologiche in genere localizzate scarpata a mare che spesso è risultata impregnata d'acqua poco al di sotto del ciglio sommitale della scarpata stessa. Testimonianza di queste circolazioni diffuse è il canneto presente in questa zona (rif. tav. G5 – vedi foto successive)



Canneto presente sulla scarpata tra la SS n. 1 Aurelia e la pista ciclabile



Canneto presente tra la pista ciclabile ed il mare



Canneto e vegetazione idrofila varia presenti tra la pista ciclabile ed il mare



Canneto sulla scarpata che a mare lungo la quale è rilevabile una emergenza diffusa d'acqua



Trasudamenti ed impregnazione d'acqua dalla scarpata terrosa più prossima al mare



Emergenza, sotto forma di rivoli d'acqua, dalla scarpata a mare terrosa e impregnata d'acqua

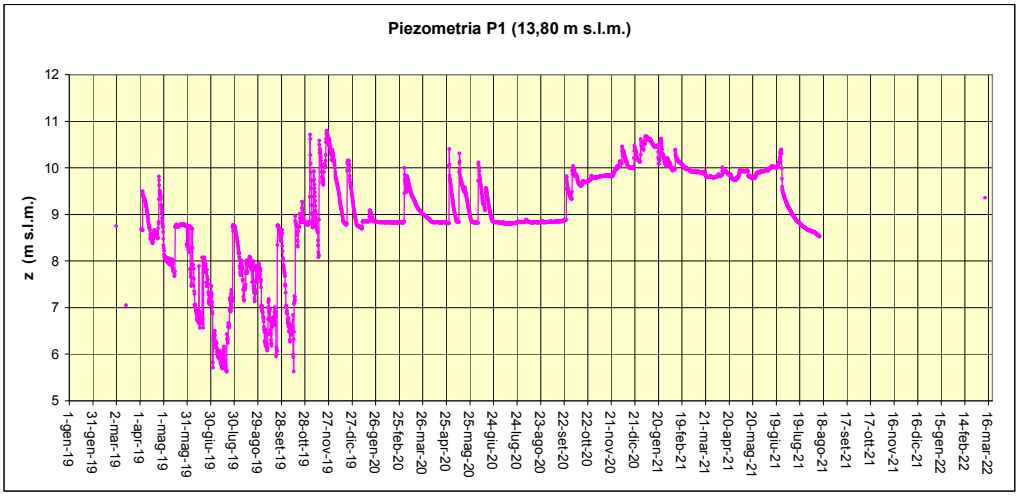


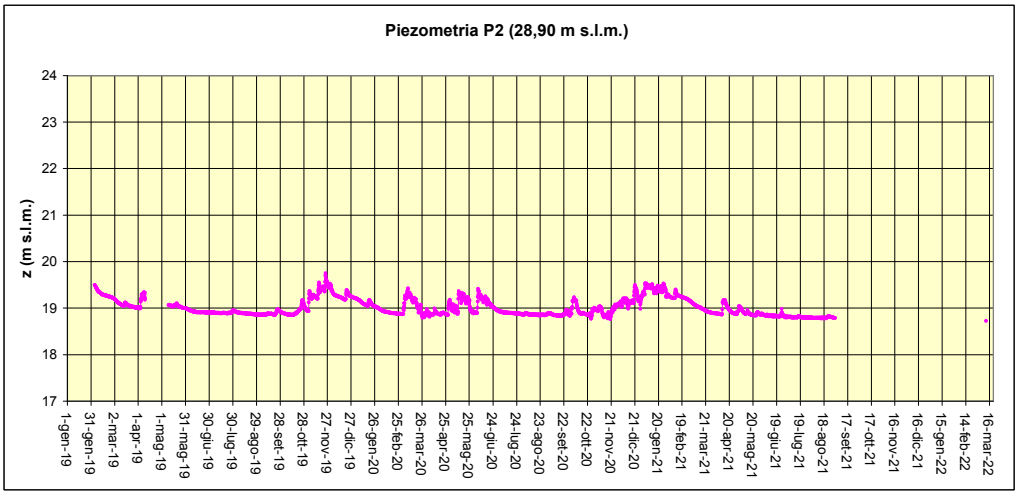
Dettaglio sui rivoli d'acqua emergenti dalla scarpata terrosa più prossima al mare

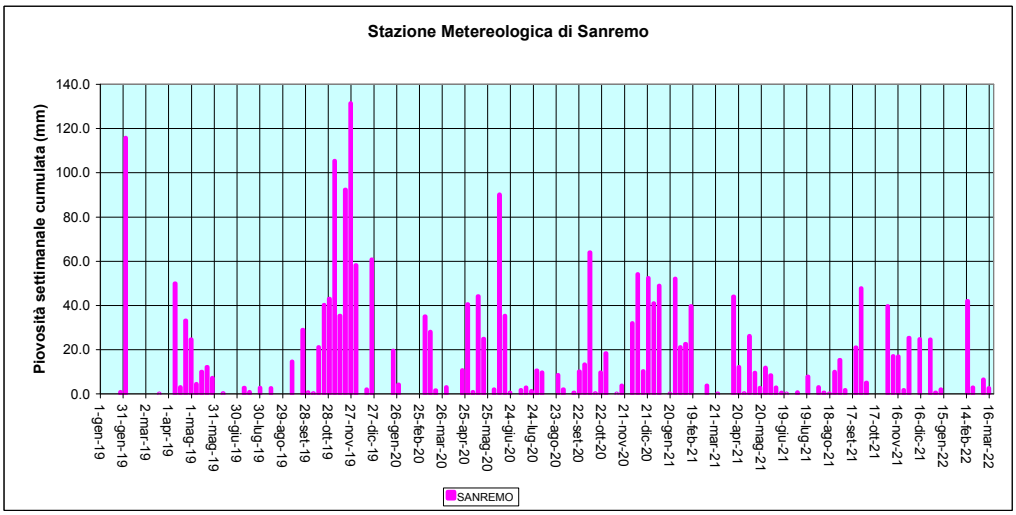


Dettaglio sui rivoli d'acqua emergenti dalla scarpata terrosa a mare

- si riportano i grafici della piezometrica registrata nei piezometri Pz1 e Pz2 (per l'ubicazione vedi tav. G7) in relazione alla piovosità del periodo 2019-2021; tra i due piezometri il Pz1 è quello più significativo in quanto caratterizzato da una buona correlazione tra il livello misurato e la piovosità del periodo.







- tra le possibili fonti di alimentazione della falda acquifera locale si segnalano anche i contributi di infiltrazione, spesso continuativi nel tempo, correlati alle colture intensive a fiori o a verde presenti sul pendio a monte della zona in frana; si evidenzia inoltre la presenza sul pendio di numerose vasche irrigue di accumulo dell'acqua piovana e non, i cui troppo pieni potrebbero non sempre essere correttamente incanalati e regimati
- la tavola G5 riporta in ultimo anche le strade/scalinate pedonali sedi dei principali deflussi di smaltimento delle acque meteoriche; tali percorsi sono riconosciuti in loco con il termine "difese" (rif. esempi in foto successive)





Esempi delle "difese" di versante di recapito e smaltimento delle acque meteoriche

- dalle informazioni raccolte è emerso che, in occasione di eventi piovosi intensi, lo stato attuale del sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche porta e convoglia velocemente verso valle le acque, arrivando ad interessare la pista ciclabile con arrivi d'acqua tipo "cascata" (rif. foto successive). Queste fenomeni di arrivi massivi d'acqua possono, non solo provocare danni lungo il loro percorso vorticoso, ma portano anche grandi quantità d'acqua verso e dentro il piede della frana attiva, di fatto indebolendolo





- per tutte le ragioni descritte nei punti precedenti, riconducibili in sintesi alla non corretta regimazione delle acque di falda e di quelle meteoriche senza escludere una parziale obliterazione degli scarichi dei drenaggi profondi eseguiti nel 1916 dalle FF.SS, la porzione inferiore di piede del versante è interessata, come dimostra il piezometro P1, da repentine risalite del livello della falda acquifera che raggiunge quote prossime alla superficie

- nell'ambito delle attività di progettazione dei successivi interventi di sistemazione del movimento franoso dovranno quindi anche essere studiati ed approfonditi gli aspetti relativi alle falde acquifere, compresi i contributi di infiltrazione legati alle colture intensive, all'integrità ed alla efficienza dei drenaggi profondi FF.SS e ai percorsi dei deflussi superficiali delle acque piovane da monte con la conseguente previsione e progettazione, se necessaria, delle necessarie opere di drenaggio e regimazione delle acque profonde e superficiali.

8. GEOMORFOLOGIA

La descrizione del quadro geomorfologico dell'area in esame sarà affrontato per passi successivi passando attraverso i necessari riferimenti ai numerosi documenti che sono stati reperiti e raccolti.

Per snellezza della presente Relazione, tali documenti sono solo ripresi come contenuto scritto mentre non sono inserite le immagini degli stessi che sono invece riportate e consultabili negli elaborati geologici del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica degli interventi di sistemazione del movimento franoso (aprile 2019) e del Progetto Esecutivo dei lavori di consolidamento del muro di sostegno di Via Duca d'Aosta (giugno 2019).

8.1 Informazioni storiche sui fenomeni di instabilita

Il versante in esame fu interessato, nel giorno 15 dicembre 1916, da un esteso movimento franoso del quale sono state trovate notizie giornalistiche, richiami su un testo riguardante la dinamica delle spiagge liguri e le tavole del progetto di sistemazione che venne proposto e realizzato dalle Ferrovie dello Stato.

Nell'archivio storico del Secolo XIX è stato ritrovato o interessante articolo che descrive lo stato dei luoghi dopo il movimento franoso e le probabili cause dello stesso.

Nella biblioteca di Diano Marina è stato ritrovato il testo del 1937 "Le spiagge della Riviera Ligure" di M.Ascari, L.Baccino e G.Sanguineti che nel paragrafo dedicato alle spiagge "Dal Capo Nero al Capo Verde (Sanremo; M.9050)" fa riferimento e descrive 'evento franoso del 1916; lo stesso paragrafo fa poi riferimento a nuovi slittamenti nel 1921 e nel 1923.

Nell'Archivio di Stato di Imperia è stato ritrovato un faldone (n.167) contenente la proposta del progetto di risanamento idrogeologico della frana del dicembre 1916; tale progetto venne redatto e poi realizzato dalle Ferrovie dello Stato Compartimento di Genova.

La planimetria di progetto riporta, come elementi più significativi, il limite della frana, i danni subite dalle infrastrutture (strada provinciale di allora, ora Aurelia, e ferrovia), le aree di emergenza idrogeologica venute a giorno a seguito del movimento franoso e le trincee drenanti in progetto (nelle pagine successive vengono allegate alcune immagini del progetto FFSS ritrovato).

Nel sito on-line dell'Istituto Geografico Militare (I.G.M.) sono state ritrovate ed acquistate dallo scrivente tue tavolette della zona di Capo Verde e più precisamente la tavoletta Serie 25V Foglio 102 II-NO Sanremo anno 1902 e la Serie 25V Foglio 102 II-NO Sanremo anno 1923.

Il confronto delle due tavolette, di una ante frana 1916 ed una post frana 1916, evidenzia la variante del tracciato dell'allora Strada Provinciale, ora S.S. n.1 Aurelia.

8.2 Informazioni più recenti sui fenomeni di instabilita

Nel presente paragrafo si segnalano alcuni elementi documentali che sono la testimonianza delle problematiche di instabilità manifestatesi in epoca più recente (dal 1980 al 2018) nella zona compresa tra il tratto terminale più basso della Via Duca d'Aosta e la pista ciclabile realizzata sul sedime della ex ferrovia ora dismessa (le immagini di tali documenti sono riportati negli elaborati geologici del PFTE e nel PE 2019).

Il primo elemento documentale è il progetto realizzato nel 1980 dal Comune inerente le "Opere di bonifica e sistemazione del movimento franoso di Via Duca d'Aosta in località Capo Verde in corrispondenza della progr. km 667+800 della S.S. n. 1 Aurelia".

Il secondo elemento documentale è il progetto realizzato nel 1983 dall'ANAS inerente la "Perizia dei lavori urgenti per il ripristino dei muri di sostegno tra i km 667+800 e km 668+000 della S.S. n.1 Aurelia in Comune di Sanremo".

Il terzo elemento documentale sono le foto di Street View di Google che illustrano la situazione del tratto di Aurelia prossimo al Bivio con Via Duca d'Aosta al km 667+800 nel periodo 2009-2019.

Tali foto illustrano principalmente le lesioni sul manto stradale dell'Aurelia, il progredire della lesione sul muro di sostegno della Via Duca d'Aosta e le diverse rifacimenti/ricariche del manto stradale dell'Aurelia a seguito del lesionamento ed abbassamento della stessa.

Il quarto elemento documentale è rappresentato dal "Rapporto sondaggi geognostici - Prove di laboratorio e Monitoraggio Strumentale" redatto, in data 12 ottobre 2010, dal geologo Fulvio Franco del Comune di Sanremo.

Questo rapporto illustra i risultati delle attività di indagine geognostica e di monitoraggio eseguite dal Comune di Sanremo a seguito di una segnalazione del Comando dei VVFF che così recitava "*a causa di una presumibile perdita d'acqua da una condotta gestita dalla ditta AMAIE avveniva un movimento franoso per una superficie di circa trenta metri quadri che investiva la pista ciclopedonale sottostante di proprietà della Società Area 24".*

La segnalazione dei VVFF si riferiva ai fenomeni di instabilità verificatisi a seguito di due rotture delle tubazioni acquedottistiche presenti al di sotto del sedime dell'Aurelia.

Il Rapporto è giunto ad una prima ricostruzione dei fenomeni di instabilità presenti nel sottosuolo tra il tratto più basso di Via Duca d'Aosta ed il mare.

L'ultimo elemento documentale è rappresentato da alcune fotogrammi dell'ottobre 2014, scattati dal collega F.Franco e relativi agli indizi di instabilità rilevati ad allora nella zona tra l'Aurelia e la pista ciclabile.

8.3 Studi e perimetrazioni geomorfologiche CARG-IFFI-PdB-PRG-PUC

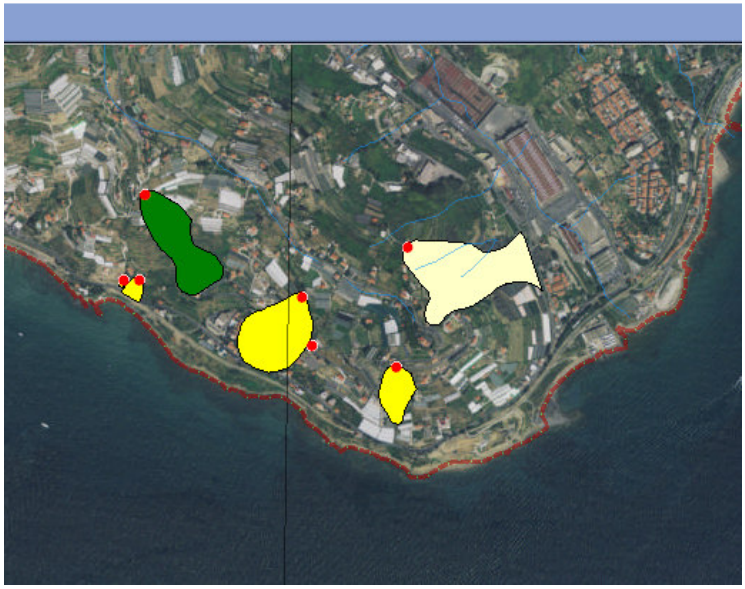
Nel presente paragrafo vengono sinteticamente descritte e confrontate tra loro le perimetrazione le perimetrazioni geomorfologiche delle aree in frana riportate, nella zona in esame, sulle carte geomorfologiche CARG-IFFI-PdB-PRG-PUC.

La carta del CARG (estratto riportato nel paragrafo "Inquadramento geologico") non evidenzia, nella zona in esame, fenomeni di instabilità particolari a meno di un'area classificata come "a1b" e cioè come "Depositi di frana senza indizio di evoluzione in atto".

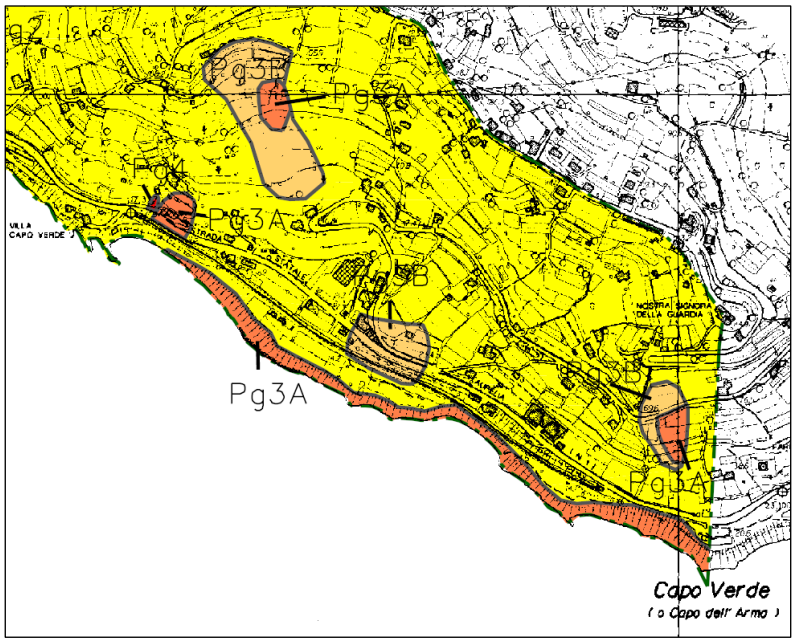
La carta IFFI (Inventario Fenomeni Franosi Italiani) evidenzia nella zona in esame un colamento lento attivo/riattivato/sospeso(frana verde) ed uno scivolamento rotazionale/traslativo quiescente (area gialla più grande).

La carta della sucettività del Piano di Bacino "Zona Sanremese" evidenzia, nella zona in esame, una fascia costiera in frana quiescente (Pg3A) ed una zona Pg3b con sucettività al dissesto elevata.

PROGETTO IFFI
Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia



PIANO DI BACINO "ZONA SANREMESE"

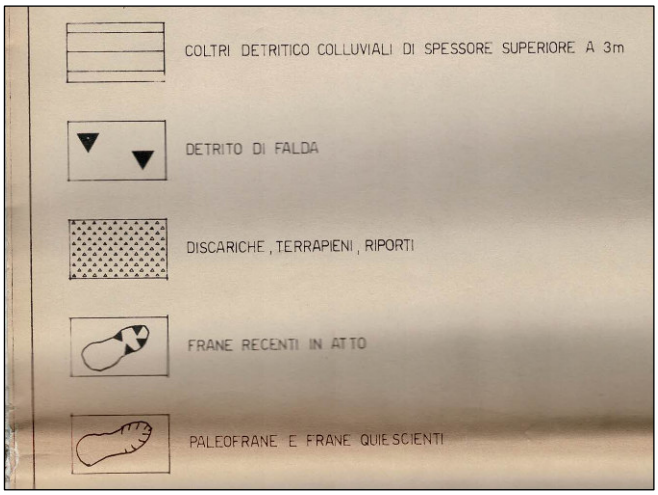


LEGENDA

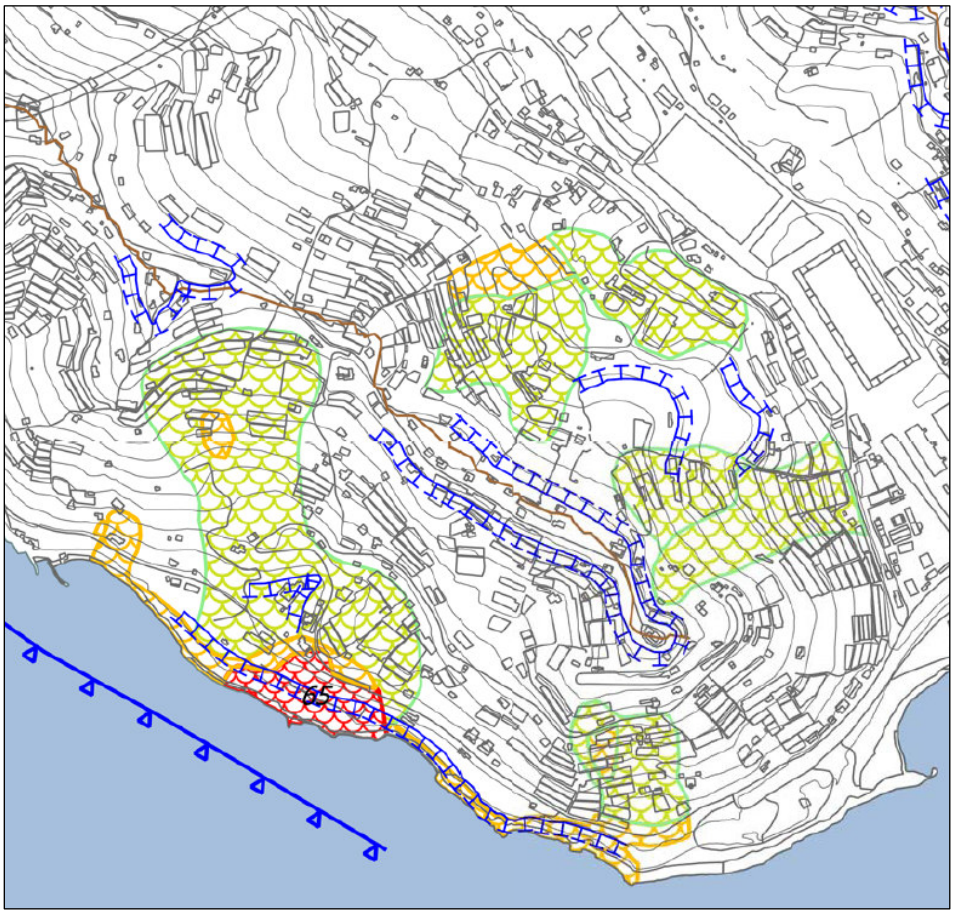
Pg0	Aree a pericolosita' e suscettivita' molto bassa
Pg1	Aree a pericolosita' e suscettivita' bassa
Pg2	Aree a pericolosita' e suscettivita' media
Pg3B / Pg3A	Aree a pericolosita' e suscettivita' alta
Pg4	Aree a pericolosita' e suscettivita' molto alta
A	Aree speciali di tipo A – corrispondenti alle aree di cave attive, miniere attive
A	Aree speciali di tipo A – corrispondenti alle aree di discariche in esercizio
B1	Aree speciali di tipo B1 – corrispondenti ad areali sedi cave attualmente cessate o in corso di sistemazione, i cui limiti sono derivati dagli elaborati del Piano Territoriale Regionale delle attivita' di cava o, qualora non oggetto di tale piano, desunti da rilievi di terreno
B2	Aree speciali di tipo B2 – corrispondenti alle aree di discariche dismesse e di riporti antropici
_ _ _ _	LIMITI DELL'AMBITO DI BACINO

La carta geomorfologica della Variante al PRG di Adeguamento al Rischio Sismico (1985) evidenzia, dal mare a risalire, un'area in frana attiva, un'area di accumulo colluviale ed un'area sommitale di distacco della paleofrana.





La Carta della Franosità Reale (S.04.9 revisione Agosto 2021) delle studio geologico del PUC segnala invece la presenza di un'area in "frana attiva" (perimetro e campitura rossi) che arriva sino al mare, circa corrispondente alla zona dove lo scrivente ha evidenziato le maggiori problematiche di instabilità; questa area attiva è contornata da un'area di "frana quiescente" (perimetro e campitura arancione) a sua volta inglobata in un'area molto estesa di "paleofrana e/o frana stabilizzata" (perimetro verde e campitura gialla).



LEGENDA

Movimenti franosi
- Aree in frana attiva
- Aree in frana quiescente
- Aree in paleofrane o frane stabilizzate

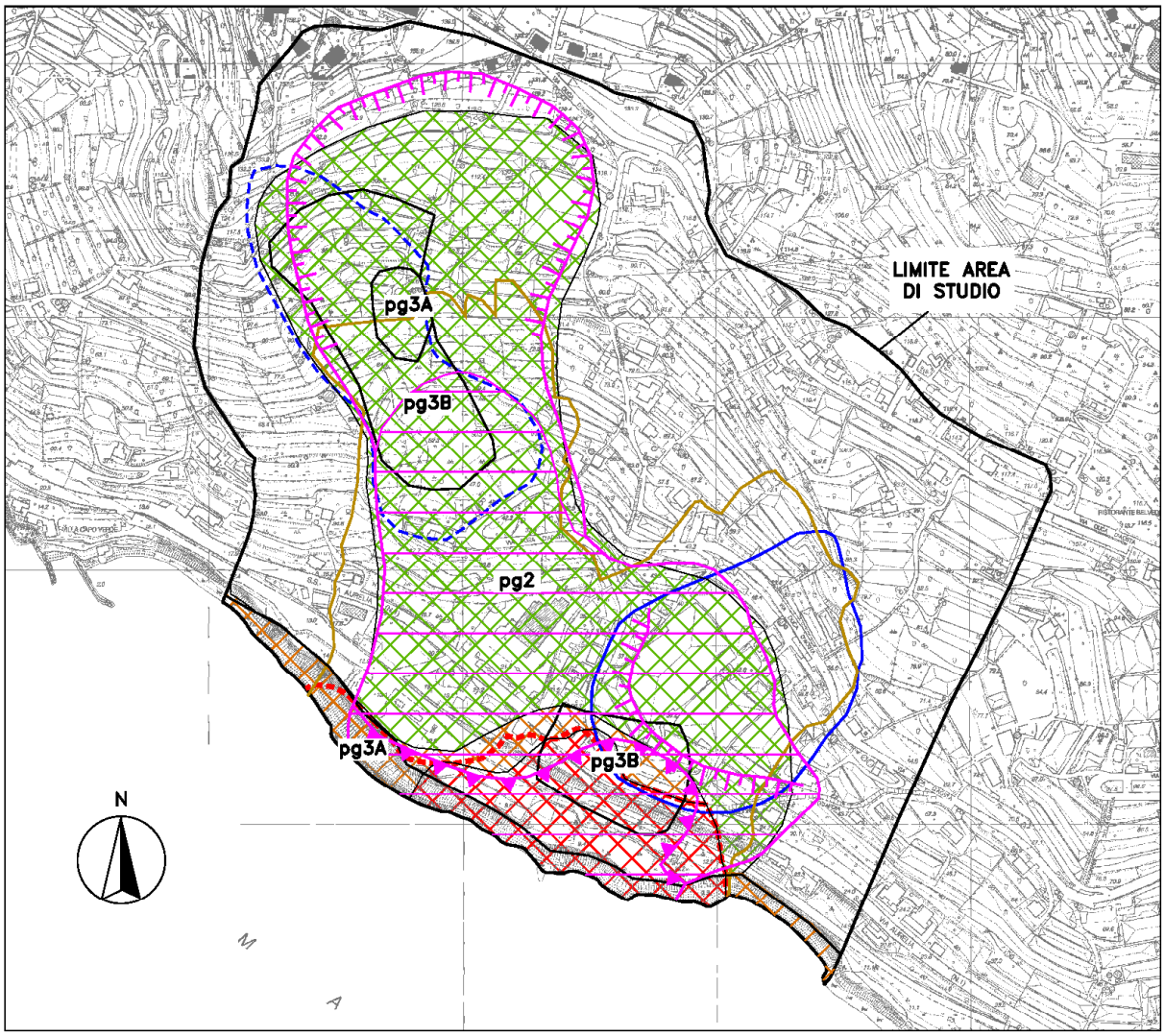
Elementi grafici morfologici puntuali e lineari
- Orlo di terrazzo
- Area calanchiva
- Erosione concentrata di fondo
- Erosione spondale
- Tratti di costa in erosione
- Crinali principali

Si riporta, di seguito, la carta della sovrapposizione delle perimetrazioni di frana delle carte appena sopra elencate e descritte alle quali vengono aggiunti anche il perimetro della frana 1916 ed i limiti delle zone di suscettività al dissesto del Piano di Bacino.

La sovrapposizione evidenzia che le perimetrazioni della frana 1916, della Variante al PRG e del PUC si "parlano" abbastanza ed hanno una impronta comune omogenea di perimetrazione.

Le perimetrazioni IFFI e della suscettività al dissesto del PdB risultano invece abbastanza scollegate rispetto alle altre perimetrazioni.

CARTOGRAFIE GEOMORFOLOGICHE PREGRESSE
SOVRAPPOSIZIONE LIMITI DI FRANA
scala 1:5000



LEGENDA

Limite della frana attiva del presente studio

PROGETTO IFFI

Colamento lento (attivo/riattivato/sospeso)

Scivolamento Rotazionale/Traslativo (quiescente)

PUC SANREMO (2021) – CARTA FRANOSITA' REALE

Aree in frana attiva

Aree in frana quiescente

Aree in paleofrana e/o franastabilizzata

Limite della frana del 1916

pg3a Piano di Bacino – Suscettivita' al dissesto

VARIANTE PRG SANREMO (1985)
CARTA GEOMORFOLOGICA

Paleofrana

Frane recenti in atto

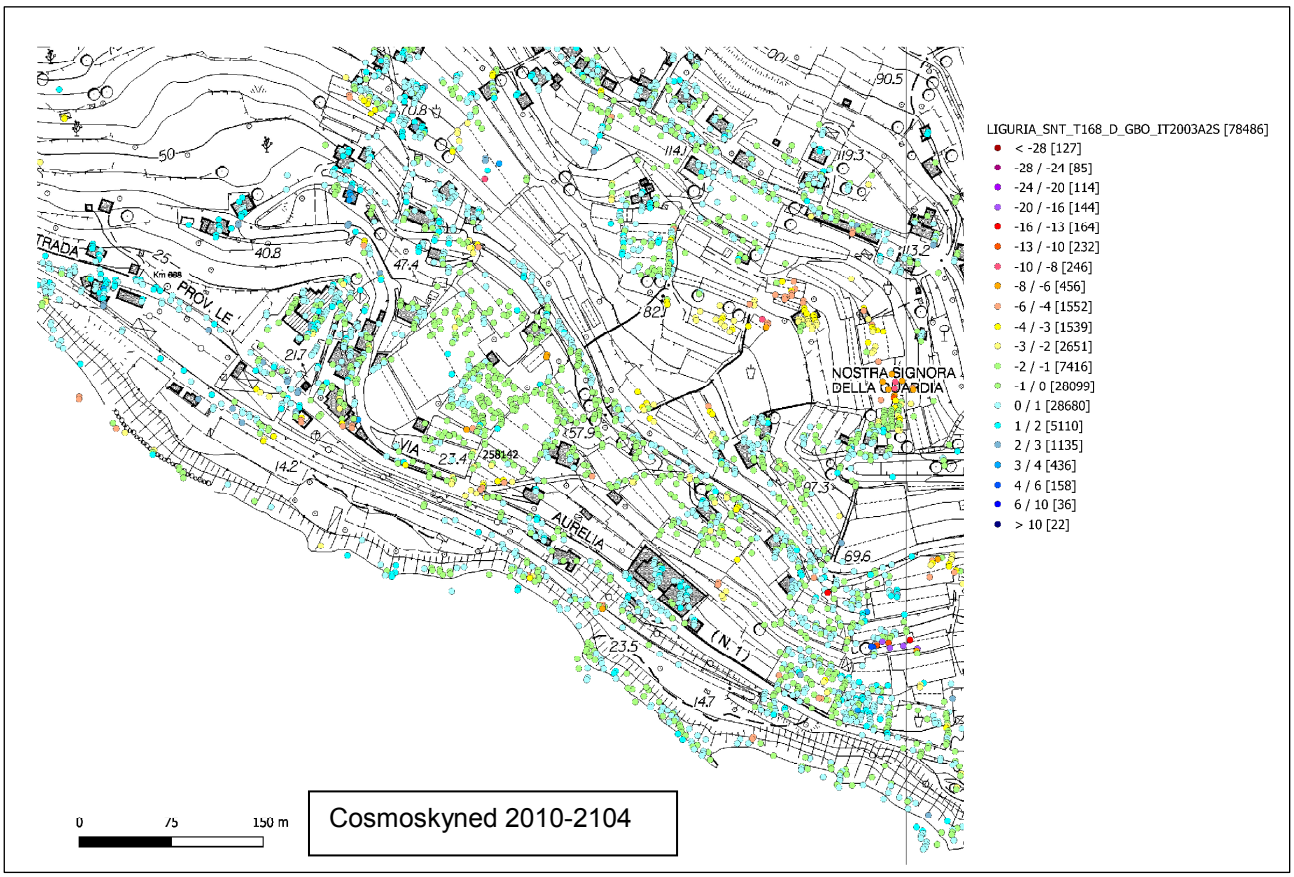
Orlo di terrazzo morfologico

Coltri detritico colluviali di spessore superiore a 3m

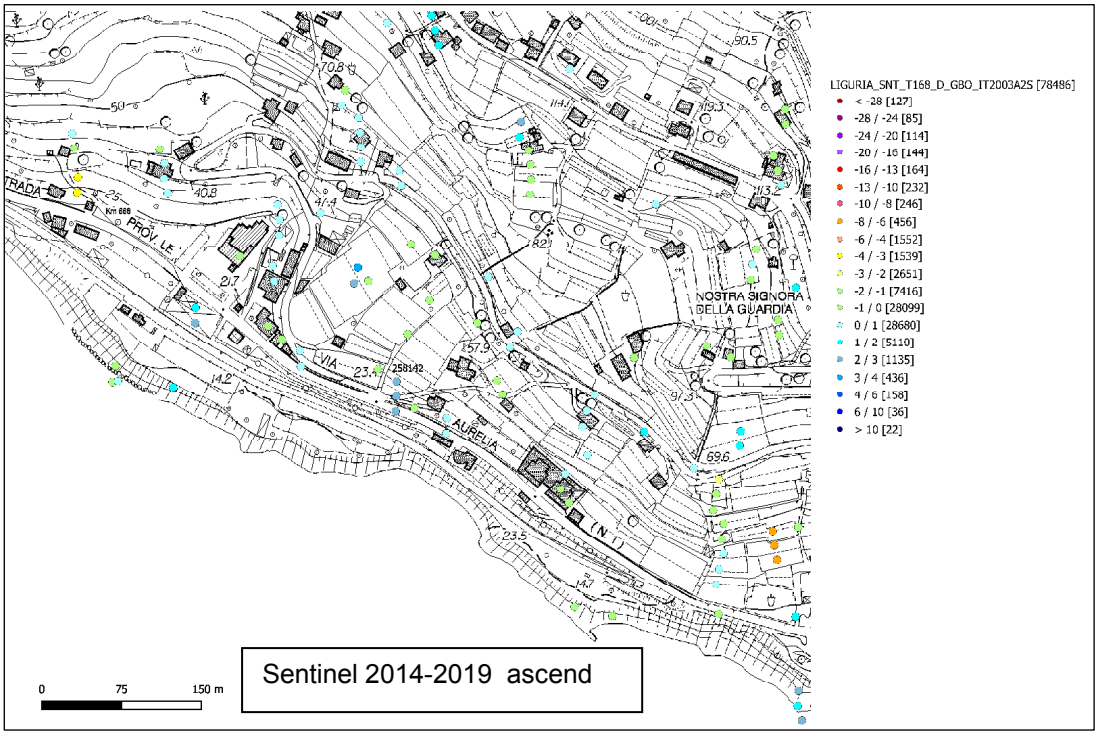
8.4 Interferometria satellitare

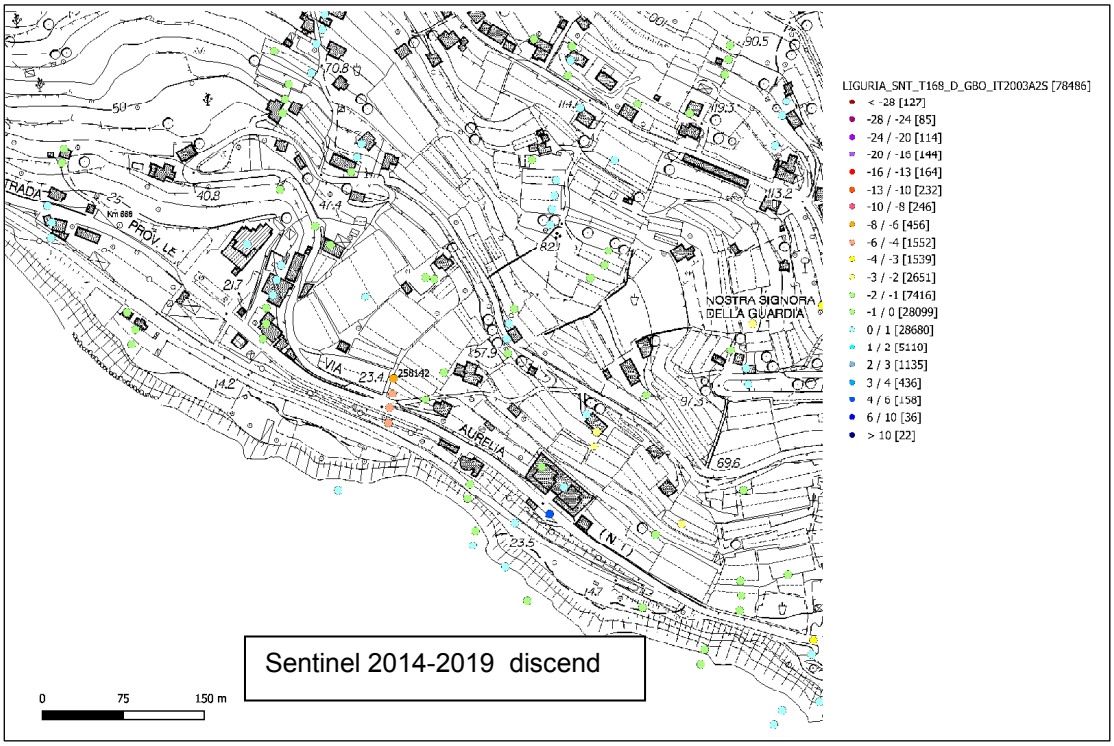
Nel presente paragrafo vengono riportati i dati di spostamento rilevatti nell'area in esame con la tecnica dell'interferometria satellitare (fonte Regione Liguria).

Si riportano di seguito le figure rappresentative dei dati Cosmoskyned del periodo 2010-2014 ed dei dati Sentinel, in orbita ascendente e discendente, del periodo 2014-2019.



I dati Cosmoskyned evidenziano spostamenti in abbassamento compresi tra 4-8 mm nella fascia a cavallo della S.S. n. 1 Aurelia; l'area sub-pianeggiante delle serre subito a monte del bivio Aurelia-Via Duca d'Aosta sembra interessata da un abbassamento minimo dell'ordine di 1-2 mm mentre è difficilmente valutabile l'area a valle dell'Aurelia in quanto povera di dati.





I dati Sentinel difficilmente commentabili in quanto poveri di "bersagli" controllati nell'area di maggiore interesse e cioè tra l'Aurelia ed il mare; i pochi punti rappresentati non sembrano evidenziare spostamenti significativi ad eccezione del sito prossimo al bivio Aurelia-Via Duca d'Aosta.

8.5 Erosione ed instabilità scarpata a mare

La scarpata a mare al piede del movimento franoso in esame è caratterizzata nell'insieme da una debolezza e scarsa resistenza intrinseca dei materiali costituenti che hanno una consistenza tipicamente terrigena.

Sullo sviluppo di tale tratto di costa il rilevamento geologico ha comunque permesso di distinguere due tratti con parziali differenti caratteristiche stratigrafiche.

Un primo tratto più a ponente, corrispondente alla scarpata a mare della "Frana attiva (1)" della Carta geologica-geomorfologica (elab. G4), caratterizzato da una scarpata pressoché interamente terrigena lungo la quale un primo "cappellaccio" parzialmente resistente compare solo alla base della scarpata stessa.

Le foto che seguono sono relative a tale tratto.





Un secondo tratto più a levante, corrispondente alla scarpata a mare della "Frana attiva (2)" della Carta geologica-geomorfologica (elab. G4), caratterizzato da una scarpata con uno spessore superiore terrigeno ed un piede caratterizzato da una parziale risalita del primo "cappellaccio" parzialmente resistente.

Le foto che seguono sono rappresentative degli affioramenti del cappellaccio rilevabili sul piede della scarpata.





Le caratteristiche di scarsa resistenza geotecnica della scarpata a mare la rendono vulnerabile nei confronti di differenti concause che sono:

- gli arrivi d'acqua piovani superficiali dai terreni a monte che vanno a concentrarsi ed ad infiltrarsi in testa alla scarpata (foto A pagina successiva)
- le circolazioni d'acqua nel sottosuolo (falda acquifera) provenienti dal pendio a monte che, nei periodi di maggiore e prolungata piovosità, tendono a saturare, imbibire e rammollire i terreni della scarpata (foto B pagina successiva)
- l'accentuato imbibimento e rammollimento dei terreni della scarpata generato dalle onde e dagli spruzzi del mare durante le mareggiate (foto C pagina successiva)
- l'erosione diretta della scarpata da parte delle onde durante le mareggiate (foto D pagina successiva); questo fenomeno erosivo è probabile sia andato accentuandosi dopo il 2001, anno di dismissione della ferrovia a partire dal quale è verosimile siano venuti meno gli interventi di ripascimento della scogliera ad oggi praticamente inesistente.

L'insieme di queste concause, agenti singolarmente o anche in concomitanza a secondo delle condizioni meteo, porta spesso la scarpata a mare in condizioni di instabilità con rilasci verso mare di materiale terroso.

Questi rilasci hanno poi come effetto quello di richiamare nuove instabilità verso la pista ciclabile con un effetto complessivo di arretramento dei fenomeni franosi; l'area compresa tra la ciclabile ed il mare è infatti oramai smembrata in più zolle con più ordini di cigli-scarpate di ribasso delle stesse.



Foto A



Foto B



Foto C



Foto D

Si segnala in ultimo che la consultazione del Geoportale della Regione Liguria sul tema dell'evoluzione della linea di costa ha evidenziato che il tratto di costa in esame non ha subito variazioni storiche significative del suo profilo; si riportano, a supporto di quanto appena detto, le immagini dell'evoluzione del profilo della linea di costa:

- del periodo storico 1944-2016
- del periodo 2003-2016, dopo l'avvenuta dismissione della linea ferroviaria (anno 2001) e quindi del periodo in cui non sono stati più realizzati ripascimenti della scogliera.

Questo mantenimento del profilo può verosimilmente essere spiegato, almeno a partire del 2001, con una condizione di compensazione tra gli effetti di arretramento dovuti all'erosione marina e la progradazione verso mare del movimento franoso.



1944-2016



2003-2016

8.6 Geomorfologia e caratteristiche del movimento franoso

L'area di studio (rif. tav. G4 Carta geologica-geomorfologica) è stata oggetto di rilevamento geologico-geomorfologico di terreno.

All'interno di questa attività di rilevamento particolare attenzione è stata data al rilievo degli indizi di instabilità dell'area compresa tra il tratto terminale più basso della Via Duca d'Aosta ed il mare dove sono manifesti i maggiori segni di instabilità geomorfologica; i risultati di queste ispezioni di dettaglio sono riportati nella tavola G6 "Carta degli indizi di instabilità".

L'analisi incrociata dei dati del rilevamento di terreno, di tutti i dati storici e più recenti circa le instabilità verificatesi nel tempo, degli indizi di instabilità rilevabili sul posto e dei dati del monitoraggio strumentale hanno permesso la redazione della tavola G4.

Questa Carta prevede la presenza e ne riporta la perimetrazione di 5 aree con diverse caratteristiche geomorfologiche; esse sono:

- Frana attiva (1): area di piede della paleofrana con evidenti indizi visivi e dati strumentali di movimento
- Frana attiva (2): area di piede della paleofrana con indizi di movimento ma meno marcati rispetto alla (1)
- Frana quiescente: area di accumulo della paleofrana (spessore medio >3m) potenzialmente soggetta a possibili riattivazioni
- Nicchia di distacco della paleofrana: area con copertura detritica di spessore medio <3m , in genere terrazzate, con indizi diffusi di instabilità superficiali (vasche ruotate, muri a secco spanciati/crollati, ecc)
- Area con copertura detritica di spessore medio <3m , in genere terrazzate, con indizi diffusi di instabilità superficiali (vasche ruotate, muri a secco spanciati/crollati, ecc).

Le perimetrazioni geomorfologiche riportate sulla Carta G4 sono sostanzialmente allineate con quelle della frana 1916 e con quelle degli studi geologici della Variante al PRG e del PUC.

La tavola G6 "Carta degli indizi di instabilità" sintetizza gli indizi geomorfologici che hanno guidato la perimetrazione dell'area in frana attiva riportata anche sulla tavola G4; l'entità degli indizi ed i dati del monitoraggio inclinometrico hanno poi

permesso di distinguere, nell'ambito dell'area della frana attiva, una sottoarea (1) con criticità più marcate ed una sottoarea (2) con criticità meno marcate.

Le concause predisponenti il movimento franoso sono la debolezza geologica-geotecnica intrinseca del versante, la non corretta disciplina delle acque di falda e meteoriche e l'erosione del mare al piede.

Storicamente il piede della paleofrana ha avuto diversi episodi di riattivazione tra i quali quello del 1916 è quello più significativo; più recentemente l'anno 2010 segna una importante riattivazione del movimento franoso che è proseguita e prosegue ancora sino ai giorni attuali.

Ad oggi, la zona di piede di tale paleofrana, compresa tra il tratto basso di Via Duca d'Aosta ed il mare, è interessata da una frana attiva che coinvolge importanti infrastrutture quali la stessa Via Duca d'Aosta, la S.S. n. 1 Aurelia, la pista ciclabile e gli importanti sottoservizi ad esse sottostanti (acquedotto del Roja, metanodotto, ecc).

Nell'ambito della frana attiva l'area che evidenzia i maggiori indizi di instabilità è quella comprendente l'Aurelia, il parcheggio dell'Hotel Montecarlo sino ad arrivare alla sottostante ciclabile; tale area è caratterizzata da un continuo abbassamento della topografia che, sulla sede della S.S.n. 1, viene sistematicamente compensato con periodiche ricariche dell'asfalto.

L'abbassamento di questa area provoca, per richiamo, l'instabilità della porzione di terreno subito a monte arrivando a coinvolgere la strada comunale Via Duca d'Aosta e, di conseguenza, il muro di sostegno della stessa.

A valle della ciclabile, complice anche l'effetto di richiamo generato dalle instabilità della scarpata a mare, il pendio è oramai smembrato in più zolle con più ordini di cigli-scarpate di ribasso delle stesse.

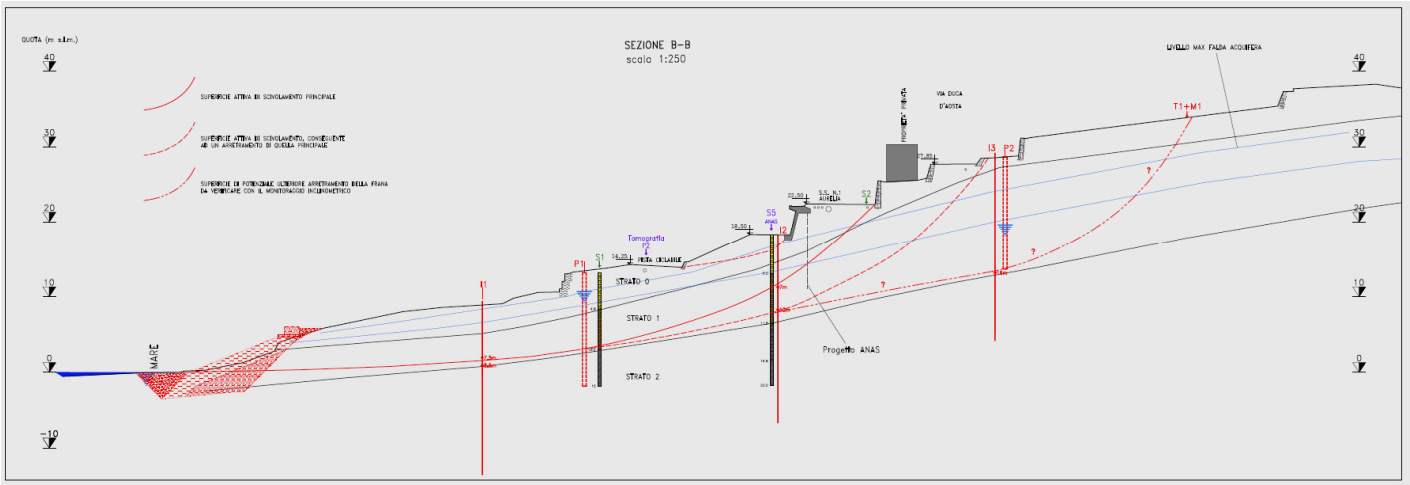
Il monitoraggio inclinometrico della frana (n. 5 tubi da I1 a I5), eseguito nel periodo compreso tra febbraio 2019 e marzo 2022, ha evidenziato quanto segue (i grafici inclinometrici sono riportati nell'elaborato G3 "Relazione di caratterizzazione geotecnica-sismica dei terreni e di monitoraggio"):

- i tubi inclinometrici I1 e I2 hanno monitorato l'area in frana attiva sino al dicembre 2019, data dopo la quale hanno subito una tale deformazione da impedire la prosecuzione delle misure; essi hanno rispettivamente evidenziato una superficie di scivolamento alla profondità di 8m e di 10 m con velocità di

spostamento comprese tra 0,11-0,19 mm/giorno, con spostamenti complessivi pluricentimetrici e secondo un vettore diretto verso mare. Il tubo I2 ha registrato alla profondità di 7m un livello deformativo associabile ad una ulteriore superficie di scivolamento

- il tubo inclinometrico I3 è ubicato sul passaggio tra l'area in frana attiva e quella in frana quiescente; questo tubo, a parte l'inclinazione dei primi 6 m correlabile alla deformazione del muro di sostegno di Via Duca d'Aosta, ha evidenziato un "ginocchio" millimetrico alla profondità di 16 m che potrebbe essere inquadrato come un segno embrionale della possibile impostazione di un cerchio più profondo di arretramento della frana, da tarare e riverificare con le prossime letture inclinometriche di controllo
- i tubi inclinometrici I4 e I5 sono ubicati nell'area che è stata classificata in frana quiescente. Le misure inclinometriche sembrano ad oggi sostanzialmente confermare questa classificazione; il tubo I4 ha infatti registrato una deformazione dell'ordine millimetrico "poco chiara" intorno ai 22 m che sembra partire ad una profondità superiore ai 25 m di fine tubo mentre il tubo I5 registra un ginocchio deformativo più evidente alla profondità di 15 m con uno spostamento complessivo in tre anni di circa 3 mm.

La sezione B-B che segue, riportata più in grande nella tavola G7, riassume le risultanze delle misure inclinometriche e rappresenta le diverse superfici di scivolamento rilevate.



Siamo di fronte quindi ad un movimento franoso complesso caratterizzato da più cerchi di scivolamento; la tendenza all'abbassamento della parte sommitale del movimento franoso, con particolare riferimento alla sede stradale dell'Aurelia, evidenzia un cinematismo classificabile come scivolamento rotazionale.

La progressione della frana può essere inquadrata secondo uno schema di coinvolgimento di successive zolle in arretramento sul pendio.

In tale schema, la superficie di scivolamento ritenuta principale delimita una zolla compresa tra il mare ed il lato monte della S.S. n. 1 Aurelia; lo spostamento di tale zolla ha poi richiamato il movimento di un'altra porzione di versante sino ad interessare la Via Duca d'Aosta.

Queste due zolle può essere considerato si muovano ad oggi insieme secondo una superficie di scivolamento di inviluppo delle due superfici singole.

In sezione l'area totale in movimento delle due zolle è pari a circa 780 mq; stimata poi la lunghezza media della frana attiva in circa 200 ml, in direzione parallela al mare, ne deriva un volume complessivo in movimento pari a circa 160.000 mc.

Si evidenzia ancora che lo spostamento millimetrico registrato nel tubo I3 alla profondità di 16 m potrebbe essere un indizio, se non saranno realizzati degli interventi di sistemazione e consolidamento, di un potenziale ulteriore arretramento della frana verso monte.

In ultimo, parlando di entità dello spostamento, si evidenzia che il tubo inclinometrico I2, prima di rompersi ed in corrispondenza di un periodo di precipitazioni significative, si è mosso con una velocità corrispondente ad uno spostamento di circa 7 cm/anno.

A causa della rottura dei tubi I1 e I2, non è stato possibile tarare la velocità di spostamento durante l'anno 2021 rivelatosi invece poco piovoso; gli indizi visivi rilevati hanno comunque evidenziato, seppur più rallentati, la prosecuzione dei movimenti anche in questo periodo.

Il monitoraggio ha mostrato quindi che la frana è in continuo movimento con accelerazioni in corrispondenza dei periodi piovosi più intensi e duraturi

9. VINCOLISTICA GEOLOGICA

La visione del Piano di Bacino "Zona Sanremese" Ambito n. 3 San Francesco (fonte: sito Ambiente in Liguria della Regione Liguria) ha evidenziato quanto segue (rif. estratti riportati nell'elab. G4 "Carta geologica-geomorfologica").

- la "Carta della suscettività al dissesto dei versanti" fa rientrare l'area di progetto della scogliera in una zona Pg3a descritta come "area a suscettività e pericolosità alta", con parziale sconfinamento in una zona Pg2 descritta come "area a suscettività e pericolosità media". E' quindi sovraordinata la classificazione dell'area in Pg3a per la quale le Norme di Attuazione di PdB recitano "Gli interventi ammessi sono basati su specifici studi che dettaglino le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche che determinano la suscettività elevata e che verifichino che la realizzazione delle opere non interferisca negativamente con le condizioni di stabilità dell'intera area e, in ogni caso, non aumenti la vulnerabilità delle strutture esistenti e le condizioni di rischio"
- l'area di intervento rientra nelle zone sottoposte a vincolo idrogeologico.

Nella "Carta della suscettività d'uso del territorio (Agg. S4.06_02 - Agosto 2021)", facente parte del Piano Urbanistico Comunale (PUC) di Sanremo, l'area di intervento ricade nella Classe 5g delle Frane Attive con suscettività d'uso limitata; le Norme di PUC evidenziano che in tali aree "non sono consentiti interventi edificatori eccedenti il mantenimento degli edifici esistenti. Sono, peraltro, da ritenersi compatibili tutti gli interventi necessari a ridurre la vulnerabilità delle opere esistenti e a migliorare la tutela della pubblica e privata incolumità, anche eccedenti la manutenzione straordinaria, purché strettamente finalizzati alla riduzione del rischio".

10. FATTIBILITA' E COMPATIBILITA' GEOLOGICA

Nel presente paragrafo viene valutata la fattibilità e compatibilità geologica della scogliera in progetto.

L'analisi incrociata dei dati storici e di quelli recenti sui fenomeni di instabilità della zona, dei risultati del rilevamento di terreno e dei dati geognostici-strumentali, pregressi e nuovi, ha permesso di inquadrare il contesto geologico-idrogeologico-geomorfologico del pendio locale.

Più in particolare, all'interno di una vasta area di paleofrana, è stata delimitata un'area di frana attiva che si estende tra il tratto più basso della Via Duca d'Aosta ed il mare e che interessa quindi importanti infrastrutture quali la stessa Via Duca d'Aosta, la S.S. n. 1 Aurelia e la pista ciclabile.

La porzione del pendio instabile è caratterizzata da un movimento franoso di tipo complesso che coinvolge un importante spessore del locale versante.

Le concause principali predisponenti il movimento franoso sono la debolezza geologica-geotecnica intrinseca del versante, la non corretta disciplina delle acque di falda e meteoriche e l'erosione del mare al piede.

Come illustrato nelle precedenti progettazioni redatte dal Comune di Sanremo nell'anno 2019, gli interventi di sistemazione e consolidamento della frana attiva dovranno orientarsi su un'ipotesi mista sia strutturale sia di drenaggio e regimentazione delle acque circolanti nel sottosuolo e di quelle meteoriche di superficie; particolare attenzione dovrà inoltre essere posta nella protezione dall'azione erosiva dei marosi ed appesantimento della scarpata a mare in corrispondenza del piede della frana.

Il tratto di scogliera in progetto (Lotto 2) avrà la funzione di protezione dall'erosione e dal rammollimento-imbibimento dei terreni provocati dai marosi e di appesantimento del piede della frana; si evidenzia che la pezzatura grossolana in massi della scogliera non ostacolerà il drenaggio delle acque di falda dalla scarpata a mare terrosa.

L'intervento in progetto rappresenta quindi un uletriore contributo di mitigazione del rischio idraulico ed idrogeologico del movimento franoso in località La Vesca.

Come aspetto realizzativo della scogliera, si prescrive che la realizzazione degli scavi propedeutici alla formazione della scogliera stessa venga organizzata a campioni secondo la tecnica dell' "apri e chiudi", nel senso che, scavato un campione, prima di iniziare lo scavo di quello successivo, dovrà essere costruito il tratto corrispondente di scogliera in modo da ripristinare, nel minor tempo possibile, la condizione di equilibrio dei terreni locali.

Con il rispetto della prescrizione illustrata è ammissibile l'inserimento delle opere in progetto nel contesto geologico-geomorfologico-idrogeologico esaminato; la realizzazione del progetto migliora l'attuale situazione geomorfologica dei terreni e dei luoghi, riducendo il rischio idraulico ed idrogeologico, e non turba il regime delle acque superficiali e sotterranee.

Si attesta quindi, con il rispetto della prescrizione illustrata, la fattibilità e compatibilità geologica delle opere in progetto ai sensi delle NTC2018, delle norme del Piano di Bacino, delle norme geologiche del PUC e della L..R. 4/99 e s.m.i. del vincolo idrogeologico.

12. CONCLUSIONI

L'analisi incrociata dei dati storici e di quelli recenti sui fenomeni di instabilità della zona, dei risultati del rilevamento di terreno e dei dati geognostici-strumentali, pregressi e nuovi, ha permesso di inquadrare il contesto geologico-idrogeologico-geomorfologico del pendio locale.

Più in particolare, all'interno di una vasta area di paleofrana, è stata delimitata un'area di frana attiva che si estende tra il tratto più basso della Via Duca d'Aosta ed il mare e che interessa quindi importanti infrastrutture quali la stessa Via Duca d'Aosta, la S.S. n. 1 Aurelia e la pista ciclabile.

Le principali concause predisponenti il movimento franoso sono la debolezza geologica-geotecnica intrinseca del versante, la non corretta disciplina delle acque di falda e meteoriche e l'erosione del mare al piede.

Il tratto di scogliera in progetto (Lotto 2) avrà la funzione di protezione dall'erosione e dal rammollimento-imbibimento dei terreni provocati dai marosi e di appesantimento del piede della frana.

Per la stabilizzazione del movimento franoso nel suo complesso, tale intervento dovrà necessariamente inserirsi nell'ambito di un programma di ulteriori successive opere sia di completamento della scogliera al piede, sia di tipo strutturale (paratie tirantate a più livelli) sia di drenaggio a più livelli sul versante delle acque di falda circolanti nel sottosuolo e di regimentazione di quelle meteoriche di superficie.

Si ritiene necessario, anche a fini di protezione civile, mantenere attivo e funzionante nella sua totalità il sistema di monitoraggio inclinometrico-piezometrico realizzato nel 2019 dal Comune sul pendio in frana, senza escludere la possibilità di implementarlo lungo ulteriori direttrici di monitoraggio della paleofrana.

A tale riguardo si evidenzia che, acquisiti i dati inclinometrici raccolti nel periodo 2019-2022 e conoscendo quindi le profondità di scivolamento, è possibile a questo punto implementare tale monitoraggio attrezzando i tubi con sonde inclinometriche fisse in grado di misurare in continuo gli spostamenti dei terreni della frana; la correlazione dei dati inclinometrici in continuo con quelli piezometrici in continuo (ora purtroppo limitati, come dati significativi, al piezometro P1, sarebbero quindi da implementare) potrebbe fornire utili informazioni e dati per la progettazione delle opere di drenaggio della falda acquifera.

Si rimarca in ultimo la presenza dei sottoservizi sotto l'Aurelia, la Via Duca d'Aosta e la pista ciclabile, quale elemento di possibile criticità in termini di effetti sulla frana conseguenti ad una eventuale rottura delle tubazioni degli acquedotti (sotto l'Aurelia) e della fognatura (sotto la Via Duca d'Aosta e sotto la pista ciclabile) con conseguente sversamento ed infiltrazione di ingenti quantità di liquidi nel corpo di frana; è evidente che eventuali rotture di queste condotte potrebbero causare una non auspicabile accelerazione improvvisa dei fenomeni di instabilità.

Per un problema invece di sicurezza si segnalano, sempre tra i sottoservizi, anche la tubazione del gas presente sotto l'Aurelia ed il metanodotto che corre sotto o sul lato valle alla/della pista ciclabile; è evidente che eventuali fughe di gas o formazioni di sacche di gas nei possibili vuoti presenti nel sottosuolo in movimento potrebbero potenzialmente rappresentare delle situazioni di rischio.

Si raccomanda quindi l'esecuzione di un monitoraggio e di ispezioni frequenti dello stato di integrità e salute delle tubazioni e dei sottoservizi onde prevenirne le possibili rotture.