

COMUNE DI STREVI**INTERVENTI URGENTI DI CONSOLIDAMENTO FRANA
E RICOSTRUZIONE PORZIONE DI CINTA MURARIA
MEDIEVALE IN FREGIO A VIA DELLA ROCCA****PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO**

Elaborato:

2

Oggetto:

RELAZIONE GEOLOGICA

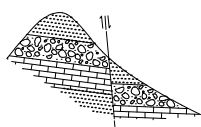
Scala:

Data:

Ottobre 2015

Revisioni:

Rev. n.	Data	Oggetto revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	10/2015	Emissione	LF	LF	LF

Il Sindaco:
Alessio MONTI**Il Responsabile del Procedimento:**
Geom. Paolo GUGLIERI**I Progettisti:****STUDIO TECNICO FOGLINO**

15010 - RICALDONE (AL) - via Cazzulini 15/A - tel. 0144/74163 - fax 0144/745914 - e-mail studio.foglino@gmail.com

INDICE

1. PREMESSA	3
2. CRONISTORIA DEL DISSESTO ED INTERVENTI REALIZZATI IN SOMMA URGENZA.....	3
3. INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO IN PROGETTO.....	5
3.1 Berlese di micropali tirantata	5
3.2 Muro in c.a. su pali.....	5
3.3 Rivestimento del muro in c.a.	6
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	7
5. CARATTERISTICHE GEO-MORFOLOGICHE DELL'AMBITO DI INTERVENTO.....	9
6. LINEAMENTI METEO-CLIMATICI	9
6.1 Caratteristiche e condizioni pluviometriche	9
6.2 Caratteristiche termometriche	11
6.3 Classificazione climatica	12
6.4 Precipitazioni critiche	12
6.5 Precipitazioni massime orarie	12
6.6 Determinazione della precipitazione di progetto secondo il modello ADBPO	13
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	16

Allegati nel testo:

- Stratigrafia sondaggio S1.

1. PREMESSA

Con la presente, a seguito dell'incarico conferito dal Comune di Strevi per la progettazione degli interventi urgenti di consolidamento frana e ricostruzione porzione di cinta muraria medievale in fregio a via della Rocca, viene di seguito relazionato in merito alle caratteristiche geologico-geomorfologiche del dissesto e alle caratteristiche idrologico-idrauliche relative alla porzione del territorio comunale in oggetto; vengono inoltre specificate le indagini geognostiche effettuate ed allegata la stratigrafia dei terreni dedotta dal sondaggio realizzato nell'aprile 2015.

2. CRONISTORIA DEL DISSESTO ED INTERVENTI REALIZZATI IN SOMMA URGENZA

L'area oggetto di intervento è ubicata nel Borgo Superiore del Comune di Strevi, in corrispondenza dell'antico fossato medievale.



Area di indagine (Digital Globe 2015).

L'evento dissestivo manifestatosi alle ore 4.10 del 24.03.2015 ha provocato il parziale crollo del muraglione del fossato medievale ed il franamento del terrapieno retrostante, con conseguente crollo dei muretti di cinta e di alcune porzioni di fabbricati (terrazzi adiacenti ai fabbricati principali) delle proprietà retrostanti. L'accumulo di frana si è adagiato alla base del muro interessando gran parte del sottostante fossato adibito a campo da calcio.

Il crollo ha interessato la zona centrale del muraglione per una lunghezza di circa 20 m ed un volume coinvolto nel dissesto stimabile in circa 500 m³.



Antico muro di cinta prima del dissesto (Google Street View 2011) e dopo l'evento (25.03.2015).

A seguito dell'ordinanza n. 5/2015 prot. 927 del 25.03.2015 del Comune di Strevi sono stati individuati, progettati ed attuati degli interventi di somma urgenza a salvaguardia dell'incolumità pubblica e della sicurezza delle infrastrutture.

Gli interventi attuati sono consistiti in:

- raccolta e allontanamento delle acque di gronda dei pluviali, collegati a tubazioni flessibili per evitare lo scarico delle acque in fregio al muro e quindi limitare le infiltrazioni localizzate nel corpo di frana che comporterebbero un aggravio delle precarie condizioni di stabilità dell'ammasso;
- copertura con teli impermeabili della zona di distacco e del corpo frana per evitare ulteriori infiltrazioni e aggravii delle condizioni di stabilità;
- demolizione controllata delle porzioni pericolanti dei fabbricati presenti lungo la nicchia di distacco;
- messa in sicurezza delle porzioni laterali del muraglione mediante tirantatura ed apposizione di idonee strutture di contrasto, per placcare la muratura ed evitare la progressione laterale del dissesto con conseguente regressione del fronte e coinvolgimento dell'abitato;
- realizzazione di un primo tratto di berlinese a sostegno della porzione di fondazione scalzata dell'edificio presente in prossimità della nicchia di distacco.

A supporto della progettazione degli interventi durante la prima fase di lavori in somma urgenza sono state eseguite delle indagini geognostiche, comprendenti un sondaggio a distruzione di nucleo e due prove penetrometriche SCPT.

3. INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO IN PROGETTO

I lavori eseguiti di somma urgenza a salvaguardia dell'incolumità pubblica e della sicurezza delle infrastrutture hanno consentito di limitare la pericolosità dell'area in un'ottica a breve termine. Tali interventi non risultano sufficienti per la stabilizzazione completa dell'area interessata dal fenomeno dissestivo che, rimanendo nelle condizioni attuali, a seguito di intense precipitazioni potrebbe essere interessata da nuovi fenomeni franosi, che comporterebbero un arretramento del fronte con potenziale ulteriore coinvolgimento dei fabbricati retrostanti.

Il presente progetto, basato sulle indagini geognostiche effettuate in concomitanza dei lavori di somma urgenza e della redazione della progettazione definitiva, è finalizzato al consolidamento della frana in oggetto e si articola nei seguenti interventi:

- completamento della berlinese di micropali tirantata;
- ricostruzione del muro con struttura in c.a. fondata su pali;
- rivestimento del muro in c.a..

Gli interventi, illustrati negli elaborati grafici ed approfonditamente descritti negli elaborati tecnici di progetto, sono riassunti nel seguito.

3.1 Berlinese di micropali tirantata

L'intervento contempla la realizzazione di una berlinese di micropali ubicata in corrispondenza del margine dell'edificio lungo la nicchia di distacco, ad integrazione del tratto di berlinese eseguita in somma urgenza. L'intervento ha l'obiettivo di realizzare un elemento di difesa attiva per il contenimento del terreno su cui sono edificati i fabbricati privati e per la riduzione degli effetti legati al detensionamento che, nel particolare contesto geotecnico, potrebbe determinare un arretramento della nicchia di distacco con potenziale coinvolgimento dei fabbricati stessi.

Tale opera è fondamentale per poter scavare al piede e ricostruire il muro in sicurezza, consentendo la rimozione del materiale franato per la porzione necessaria alla realizzazione delle fondazioni del muro, per la costruzione dell'opera di sostegno e per la formazione del drenaggio a tergo.

I micropali di diametro 300 mm e lunghezza di immorsamento 12 m, disposti ad interasse di 0.5 m, provvisti di armatura tubolare in acciaio S355 di diametro pari a 193.7 mm e spessore 10 mm, saranno collegati in testa da una trave in c.a., di dimensione 0.5 x 1 m. L'opera, che si sviluppa per circa 18 m, sarà collegata al tratto di berlinese già eseguito ed ancorata al terreno retrostante mediante doppia fila di tiranti distanziati 3.5 m l'uno dall'altro, di capacità nominale 30 t e lunghezza 16 m, inclinati di 15° rispetto all'orizzontale.

Ultimato il muro in c.a., pur rimanendo in opera la berlinese, il sostegno del terrapieno verrà completamente garantito dal muro stesso.

3.2 Muro in c.a. su pali

L'intervento prevede la costruzione di un muro in c.a. fondato su pali trivellati in corrispondenza della porzione di muraglione crollato o lesionato per uno sviluppo di circa 25 m.

Nello specifico, i pali trivellati di diametro 600 mm saranno distribuiti su due file con interasse sulla fila di 2.5 m e lunghezza 12 m. I pali saranno collegati in testa dalla fondazione del muro, di dimensione 2.30 m di larghezza e 0.9 m di altezza.

Il muro in elevazione avrà un'altezza di 6.2 m, con larghezza in testa di 0.3 m e larghezza alla base di 0.9 m. In sommità verrà realizzato il parapetto con struttura in c.a. di altezza 0.9 m e larghezza 0.2 m.

L'opera potrà essere realizzata solo a seguito del completamento della berlinese di micropali che di fatto costituisce l'intervento di messa in sicurezza del terrapieno necessario per poter procedere con la rimozione del materiale franato e lo scavo della fondazione del muro.

A tergo del muro in c.a. verrà realizzato un drenaggio mediante la posa di un tubo dreno micro-fessurato di diametro interno 180 mm e la formazione di un filtro in ghiaia di adeguate dimensioni.

L'acqua raccolta verrà convogliata in un pozzetto di collegamento e da lì allontanata dall'area mediante tubazioni in cls autoportanti. Completato il drenaggio a tergo del muro sarà possibile effettuare il riempimento con il terreno recuperato o con altro materiale ghiaioso-terroso adeguatamente compattato.

Per la regimazione delle acque di superficie si prevede la posa di mezzi tubi di cemento, che consentiranno la raccolta delle acque meteoriche ricadenti a tergo del muro per evitare che le stesse si infiltrino dietro l'opera di contenimento aumentando la spinta a carico della stessa. L'acqua così convogliata defluirà in due pozzetti di raccolta dai quali, mediante tubazioni in PEAD strutturato, si immetterà nel pozzetto di collegamento e verrà quindi allontanata con le tubazioni in cls autoportanti.

3.3 Rivestimento del muro in c.a.

Il crollo di una porzione dell'antico muro del fossato medievale ha comportato un danno per il Comune di Strevi anche dal punto di vista del patrimonio storico ed architettonico. Si rende pertanto necessario rivestire l'opera in c.a. con un paramento in mattoni vecchi e pietrame di recupero con l'uso di malta di calce nel rispetto della tipologia e tessitura del muro esistente.

Il rivestimento del nuovo tratto di muro in c.a. dovrà essere realizzato con mattoni vecchi e pietrame per integrare la nuova opera con il contesto in cui si colloca, nel più completo rispetto della tipologia costruttiva del vecchio muraglione.

È pertanto previsto il recupero e conseguente pulizia dei mattoni e del pietrame non danneggiati durante il crollo al fine di ripristinare per quanto possibile la muratura originaria.

Per quanto riguarda le porzioni di muro limitrofe a quella di intervento è prevista una fase di verifica dello stato di consistenza per individuare eventuali zone ammalorate o instabili. Tali porzioni ammalorate potrebbero richiedere un consolidamento e recupero funzionale per prevenire ulteriori crolli e garantire la stabilità nel tempo. Anche tali interventi dovranno essere eseguiti nel più completo rispetto del bene storico-architettonico.

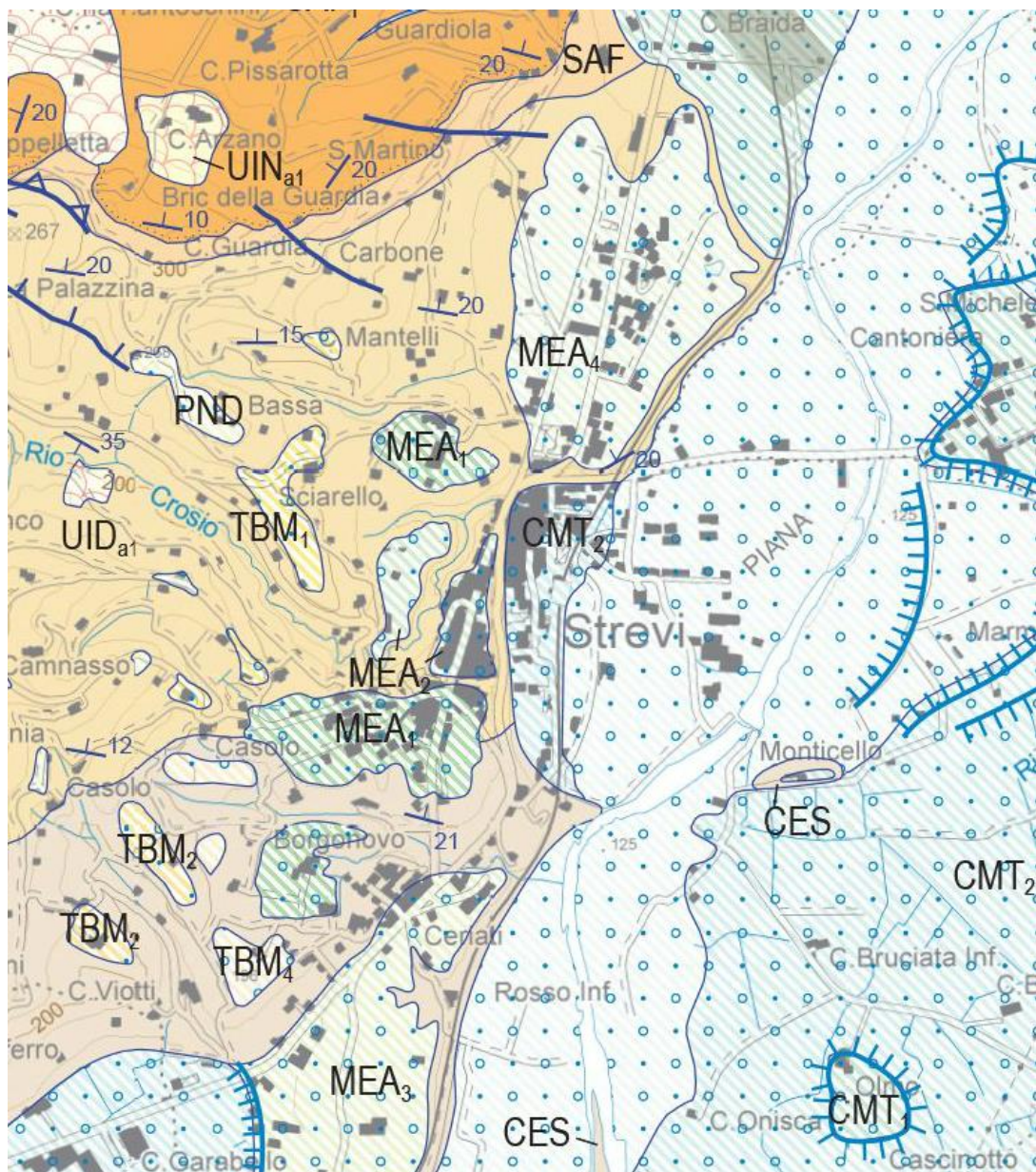
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio del Comune di Strevi appartiene alla terminazione settentrionale del settore collinare dell'Alto Monferrato ed è geologicamente rappresentato dalle tipiche litofacies mioceniche del Bacino Terziario Piemontese.

La zona di intervento rientra al margine della spianata dell'antico terrazzo morfologico pleistocenico del Fluviale Medio costituito da prevalenti sabbie siltoso-argillose con prodotti di alterazione giallastri e livelli ghiaioso-ciottolosi alla base.

Il substrato terziario è caratterizzato da peliti arenaceo conglomeratiche poco cementate in condizioni di incipiente diagenesi attribuibili alla Formazione di Serravalle.

Si tratta di un deposito di piattaforma interna riconducibile alla facies di Cassinasco con stratificazione immergente NNE di circa 20° di inclinazione.



Estratto Carta Geologica d'Italia 1:50.000 n° Acqui Terme F.194 (Ispra).

INTERVENTI URGENTI DI CONSOLIDAMENTO FRANA E RICOSTRUZIONE PORZIONE DI CINTA MURARIA MEDIEVALE IN FREGIO A
VIA DELLA ROCCA – COMUNE DI STREVI (AL)

Relazione Geologica – Progetto Definitivo-Esecutivo

SUCCESSIONE QUATERNARIA

UNITÀ NON DISTINTE IN BASE AL BACINO DI PERTINENZA

Unità ubiquitarie in formazione

Diametri con matrice variabile da silteo-argillosa a sabbioso-giaieosa e scheletro costituito da clasti e blocchi da arrotondati ad angolosi; porzioni di substrato allentate e disarticolate di dimensioni variabili (depositi di frana) (UID₁).
OLocene - ATTUALE

Unità ubiquitarie completamente formate

Diametri con matrice silteo-sabbiosa, poco o per nulla addensata, e scheletro in proporzioni molto variabili, formato da clasti e blocchi angolosi eterometrici, talora di grandi dimensioni, derivati dalla elaborazione di altre formazioni superficiali o del substrato (depositi di frana). In alcuni casi sono ancora riconoscibili le caratteristiche giaciture e litologiche del substrato originario (UIN₁).
PLEISTOCENE SUPERIORE - OLocene

SISTEMA DI MARANZANA ("Villafranchiano Aut.")

Ghiaie e sabbie ghiaiose mal selezionate, parzialmente cementate, organizzate in corpi piano-concavi canalizzati, che si tagliano l'un l'altro, in gran parte caratterizzati da laminazione obliqua planare. I clasti sono ben arrotondati e sono prevalentemente costituiti da serpentinelli e metabasiti (est del F. Bormida) e quarziti (ovest del F. Bormida). Si associano corpi lenticolari di silti e peliti. Potenza compresa tra 0 e 100 m. Depositi fluviali di tipo braided ghiaioso-sabbioso (MRZ).
PLEISTOCENE INFERIORE?

UNITÀ DISTINTE IN BASE AL BACINO DI PERTINENZA

Bacino del T. Belbo, del F. Bormida e del T. Orba

SISTEMA DI CAIRO MONTENOTTE

Subsistema di Rocchetta Cairo

Depositi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi a supporto di clasti, localmente a supporto di matrice, debolmente o per nulla alterati (2.5Y 6/3-4/3). Clasti di taglia centimetrico-decimetrica da subarrotondati a ben arrotondati. Talora sono presenti blocchi di dimensioni pluridecimetriche. Sono coperti da estese coltri di esondazione fluviale di spessore metrico (1-4 m), costituite da sabbie a laminazione piano-parallelata o ondulata e da silt e sabbie silteose massive con rari ciottoli. All'interno sono presenti blocchi di diametro generalmente inferiore a 100 cm. Le ghiaie sono localmente coperte da coltri di esondazione fluviale di spessore da decimetrico a metrico costituite da sabbie silteose massive o con laminazione piano-parallelata. Costituiscono lembi di superficie terrazzate sospese di circa 10-15 m rispetto ai fondovalli attuali. La potenza massima conservata dei depositi è valutabile in 15 m circa (CMT₁).
Parte terminale del PLEISTOCENE SUPERIORE - OLocene

Subsistema di Depo

Depositi fluviali costituiti da ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose, rispettivamente con struttura a supporto di clasti e di matrice, debolmente alterati (2.5Y 4/4 - 10YR 4/4). Ciottoli, da subarrotondati a ben arrotondati, di taglia centimetrico-decimetrica (30-40 cm). Sono inoltre presenti rari blocchi di diametro generalmente inferiore a 100 cm. Le ghiaie sono localmente coperte da coltri di esondazione fluviale di spessore da decimetrico a metrico costituite da sabbie silteose massive o con laminazione piano-parallelata. Costituiscono lembi di superficie terrazzate sospese di circa 10-15 m rispetto ai fondovalli attuali. La potenza massima conservata dei depositi è valutabile in 15 m circa (CMT₂).
Parte terminale del PLEISTOCENE SUPERIORE - OLocene

Subsistema di Saliceto

Depositi costituiti da ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose, rispettivamente con struttura a supporto di clasti e di matrice, a stratificazione mal definita, moderatamente alterati (10YR 4/6-4/3). Clasti di taglia centimetrico-decimetrica, da subarrotondati a ben arrotondati. All'interno sono presenti numerosi blocchi di taglia pluridecimetrica. Localmente sono coperti da coltri di esondazione di spessore decimetrico costituite da silt sabbiosi. Costituiscono lembi di superficie terrazzate sospese di circa 15-25 m rispetto ai fondovalli attuali. Lo spessore conservato dei depositi è valutabile in circa 15 m (CMT₁).
Parte terminale del PLEISTOCENE SUPERIORE

SISTEMA DI MERANA

Subsistema di Badia Vecchia

Depositi fluviali costituiti da ghiaie sabbiose a supporto di matrice o di clasti e sabbie ghiaiose, debolmente alterati (10YR 5/6 - 7.5YR 4/6). Clasti di taglia centimetrico-decimetrica da subarrotondati a ben arrotondati. All'interno sono presenti numerosi blocchi di taglia decimetrica. Localmente sono coperti da coltri di esondazione fluviale di spessore decimetrico costituite da silt sabbiosi massivi. Costituiscono lembi di superficie terrazzate sospese di circa 25-30 m rispetto ai fondovalli attuali. Lo spessore massimo conservato è valutabile in 15 m circa (MEA₁).
PLEISTOCENE SUPERIORE

Subsistema di Pian del Gatto

Depositi costituiti da ghiaie sabbiose a supporto di matrice o di clasti e sabbie ghiaiose. Clasti di taglia centimetrico-decimetrica a forma da subarrotondati a ben arrotondati. All'interno sono presenti numerosi blocchi di diametro inferiore a 100 cm. Sono caratterizzati da un discreto grado di alterazione (10YR 4/4 - 7.5YR 5/6) e, localmente, sono mascherati da coltri sabbioso-silteose di potenza da decimetrica a metrica (al massimo 1-2 m) presumibilmente legate ad episodi di esondazione fluviale. Costituiscono lembi di superficie terrazzate di discreta estensione sospese di circa 30-40 m rispetto ai fondovalli attuali. Lo spessore massimo conservato è valutabile in 20 m circa (MEA₂).
PLEISTOCENE SUPERIORE

Subsistema di Madonna della Neve

Depositi fluviali costituiti da ghiaie sabbiose a supporto di matrice o di clasti, contenenti livelli di spessore centimetrico di sabbie a laminazione piano-parallelata, e da sabbie ghiaiose. Clasti di taglia centimetrico-decimetrica da subarrotondati a ben arrotondati. Localmente sono presenti blocchi di dimensioni non superiori ai 80 cm. Mediamente alterati (10YR 10/6 - 7.5YR 5/6), sono sparsamente coperti da coltri di spessore metrico costituite da silt e silt sabbiosi connessi presumibilmente ad episodi di esondazione fluviale. Costituiscono lembi di superficie terrazzate sospese di circa 40-60 m rispetto ai fondovalli attuali. La potenza massima conservata dei depositi è stimabile in qualche metro di spessore (MEA₃).
PLEISTOCENE SUPERIORE

Subsistema di Acqui

Depositi fluviali costituiti da ghiaie sabbiose con struttura a supporto di matrice o di clasti e sabbie ghiaiose, mediamente alterati (10YR - 7.5YR). Clasti di dimensioni centimetrico-decimetriche da subarrotondati a ben arrotondati. Costituiscono lembi di superficie terrazzate sospese di circa 60-70 m rispetto ai fondovalli attuali. La potenza massima conservata dei depositi è stimabile in qualche metro di spessore (MEA₄).
Parte inferiore del PLEISTOCENE SUPERIORE

SISTEMA DI TORRE BORMIDA

Subsistema di Monte

Depositi fluviali costituiti da sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose con struttura a supporto di matrice, localmente a supporto di clasti, mediamente alterati (7.5YR 5/6-4/6). Clasti di taglia centimetrico-decimetrica da subarrotondati a ben arrotondati. Localmente sono presenti blocchi di dimensioni pluridecimetriche. Talora i corpi ghiaiosi sono coperti da coltri silteose e siltoso-sabbiose di spessore decimetrico. Costituiscono lembi di superficie terrazzate sospese di circa 65-75 m rispetto ai fondovalli attuali. La potenza massima conservata dei depositi è stimabile in 3-4 m circa di spessore (TBM₁).
Parte superiore del PLEISTOCENE MEDIO - Parte inferiore del PLEISTOCENE SUPERIORE?

Subsistema di Cassine

Depositi fluviali costituiti da sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose con struttura a supporto di matrice, localmente a supporto di clasti, mediamente alterati (7.5YR 5/6). Clasti di dimensioni centimetrico-decimetriche da subarrotondati a ben arrotondati. Talora i corpi ghiaioso-sabbiosi sono coperti da coltri silteose e siltoso-sabbiose di spessore decimetrico. Costituiscono lembi di superficie terrazzate sospese di circa 60-85 m rispetto ai fondovalli attuali. La potenza massima conservata dei depositi è stimabile in qualche metro di spessore (TBM₂).
PLEISTOCENE MEDIO?

Subsistema di Mombaldone

Depositi fluviali costituiti da sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose con struttura a supporto di matrice, localmente a supporto di clasti, mediamente alterati (7.5YR 5/6). Clasti di dimensioni centimetrico-decimetriche da subarrotondati a ben arrotondati, localmente sono presenti blocchi non superiori a 60 cm. Costituiscono lembi di superficie terrazzate sospese di circa 90-100 m rispetto ai fondovalli attuali. La potenza massima conservata dei depositi è stimabile in qualche metro di spessore (TBM₃).
PLEISTOCENE MEDIO?

Subsistema di Spigno Monferrato

Depositi fluviali costituiti da sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose a prevalente struttura a supporto di matrice, localmente a supporto di clasti, mediamente alterati (7.5YR 5/6 - 5YR 5/8). Clasti di taglia centimetrico-decimetrica da subarrotondati a ben arrotondati. Costituiscono lembi di superficie terrazzate sospese circa 115-125 m rispetto ai fondovalli attuali. La potenza massima conservata dei depositi è stimabile in qualche metro di spessore (TBM₄).
PLEISTOCENE MEDIO?

Pleistocene inf.

SISTEMA DI PIANDENDICE

Depositi fluviali costituiti da ghiaie sabbiose con struttura a supporto di clasti e ghiaie ciottolose, da discretamente a ben alterati (7.5YR 4/4 - 2.5YR 5/8), sovente ricoperti da patine di ossidi di ferro e manganese. Clasti di dimensioni centimetrico-decimetriche di forma arrotondata. Silt, generalmente ben alterati (5YR 4/6 - 2.5YR 5/8), su cui si è sviluppato un suolo abbastanza evoluto con frequenti concrezioni carbonatiche. Costituiscono lembi di superficie terrazzate sospese di circa 60-180 m rispetto ai fondovalli attuali. La potenza massima conservata dei depositi è stimabile in alcune decine di metri di spessore (PND).
Parte superiore del PLEISTOCENE INFERIORE?

SISTEMA DI MORIRANO

Depositi fluviali costituiti da ghiaie sabbiose con struttura a supporto di clasti, localmente a supporto di matrice, da discretamente a ben alterati (7.5YR 4/6 - 5YR 6/8). Clasti di dimensioni centimetrico-decimetriche e di forma da subarrotondata a ben arrotondata. Costituiscono lembi di superficie terrazzate sospese di circa 100-245 m rispetto ai fondovalli attuali. La potenza massima conservata dei depositi è stimabile in 3-4 m circa di spessore (MIA).
Parte superiore del PLEISTOCENE INFERIORE?

Discontinuità stratigrafica (DS₁)

Formazione della Vena del Gesso

Membro di Nizza Monferrato: argille, silti e subordinate arenarie a stratificazione centimetrica e laminazione millimetrica, cui è intercalato un livello di gesso cumulo-laminato, di spessore massimo pari a 2,5 m, che si assottiglia, fino a chiudersi verso Est. Sono diffusi livelli da stupi, intensamente digenizzati; presenza di numerose masse digenizzate carbonatiche e solfatiche. Contenuto fossilifero rappresentato da abbondanti resti vegetali, resti di pesci, larve e resti di esemplari adulti di libellula; a vari livelli si osservano lamine e gruppi di lamine diafotiche. Potenza massima 50 m. Depositi eunotici ed evaporitici di scarpata (VGS₁).
MESSENIANO p.p.

Marne di S. Agata Fossili

Marne argillose passanti a marne calcaree omogenee di colore grigio a stratificazione mal distinta, bioturbate, con ricca associazione a foraminiferi bentonici e planctonici e con intercalazioni, nella parte sommitale, di livelli pellici laminari nerastri (SAF). Nella parte basale della formazione si intercalano intervalli pluridecimetrici diafotici e caratteristici livelli siliceizzati finemente laminati (contenenti abbondanti resti di squame di pesce e di vegetali). Questi particolari sedimenti sono ben sviluppati soprattutto verso Est, al di sotto della superficie basale del Membro calcarenitico (SAF), ove inoltre sono associati ad arenarie spongiformi e livelli costituiti interamente da cristalli di dolomite primaria. Bizzozza a nanofossili calcarei MNNS-MNN11. Potenza compresa tra 0 e 250 m. Depositi empigiaci di scarpata. *TORTOLIANO - MESSENIANO INFERIORE*

Membro calcarenitico

Alternanza tra livelli calcarei passanti verso l'alto a calcirudi-calcareni e gruppi di strati costituiti da diafotici, arenarie spongiformi e marne dolomitiche. I livelli calcarei (potenza massima 10 m) sono costituiti da blocchi di localizzabilità e da intracalci diafotici, immersi in una matrice arenacea poco consolidata; le calcirudi-calcareni riccamente fossilifere (bivalvi, gasteropodi, briciole, alghe coralline, frammenti e radici di echinidi, subordinati frammenti di coralli solitari, anellidi e foraminiferi bentonici e planctonici) sono organizzate in strati tabulari centimetrico-metrici, a laminazione piano-parallelata o in corpi lenticolari metrici a laminazione obliqua a media scala. Potenza compresa tra 0 e 150 m. Depositi redimentari provenienti da un vicino ambiente di rampa carbonatica (SAF₁).
TORTOLIANO p.p.

Complesso caotico di Rocca Grimalda

Complesso caotico costituito da una "massa di fondo" (CGF) vistosamente deformata, composta da zolle di sedimenti massivi e massicci arenacei (in gran parte marne di Cessole), o localmente da breccie a matrice arenacea-pellica ad intracalci arenacei, e da blocchi compatti (sa) di dimensioni da metriche ad etometriche, costituiti da alternanze arenaceo-pelliche, riferibili alla formazione di Serravalle. Costituiscono un corpo a geometria lenticolare, di spessore compreso tra 0 e 600 m. Depositi da sovraccarico gravitativo in massa, legato ad instabilità sedimentaria. *TORTOLIANO p.p.*

Discontinuità stratigrafica (D4)

Formazione di Cassinasco

Arenarie da medie a molto grossolane in strati spessi e molto spessi per lo più amalgamati o alternati a sottili livelli pellici. Subordinate intercalazioni di alternanze arenaceo-pelliche in strati medi e spessi. Gli strati arenacei amalgamati sono di regola gradati normalmente e laminati. Nel complesso formano corpi sedimentari di spessore da plurimetrico a pluridecimetrico a geometria generalmente tabulare separati da spessori variabili di alternanze arenaceo-pelliche in strati medi, subordinatamente spessi. Nella parte sommitale diminuisce il rapporto arenaceo-pellico. Bizzozza a nanofossili calcarei MNNS-MNN15a. Potenza compresa tra 0 e 500 m. Depositi torbidici bacinali di conoidi esterna sovrallimentata (CSI).
SERRAVALLE - TORTOLIANO INFERIORE

Formazione di Serravalle

Alternanza di arenarie medio-grossolane e silti in strati medi, intensamente bioturbati, a stratificazione mal definita. Sia gli strati arenacei che quelli pellici hanno spessori compresi tra 10 e 20 cm e costituiscono gruppi di strati di potenza plurimetrica. Gli strati arenacei mostrano corti di base netti e gradazione normale e una laminazione piano-parallelata mal definita; nelle silti sono presenti isolate lamine da ripple. Le arenarie contengono abbondanti bioclasti rappresentati da bivalvi e scotopodi. Bizzozza a nanofossili calcarei MNNS e MNN7. Potenza compresa tra 0 e 100 m. Depositi di piattaforma (SEV).
SERRAVALLE

Marne di Cessole

Marne e marne silteose omogenee, bioturbate, in strati decimetrico-metrici, con intercalati livelli arenaceo-siltosi centimetrico-decimetrichi che aumentano verso l'alto. Nel settore est del foglio, nella parte alta della formazione si intercalano livelli pluridecimetrichi di arenarie medio-fini gradate e bioturbate. Bizzozza a nanofossili calcarei MNNSa-MNN5b. Potenza variabile da 100 a 600 m. Depositi di piattaforma esterna passanti verso ovest a sedimenti di ambiente più profondo (CES).
LANGHIANO SUPERIORE p.p.

Miocene sup.

SAF

SAF₁

SE

CGF

Miocene medio

SEV

CES

stratificazione dritta	-----	contatto stratigrafico certo, inerte
stratificazione orizzontale	-----	contatto stratigrafico inconforme
superficie di clivaggio o scissosità inclinata		livello guida
superficie di clivaggio o scissosità orizzontale	-----	contatto tettonico
conoidi alluvionali e da debris flow	-----	faccia certa, incerta o sepolta
orlo di terrazzo fluviale	-----	faccia diretta certa, incerta o sepolta
grotta, principale cavità ipogea	-----	faccia inversa certa, incerta o sepolta
cava attiva	-----	faccia con prevalente componente trascorrente (sinistra)
cava inattiva	-----	faccia con prevalente componente trascorrente certa, incerta o sepolta
sorgente	-----	faccia trasversiva sinistra
sorgente minerale con indicazione del tipo di mineralizzazione	-----	sovraccarico principale
sorgente termominerale con indicazione del tipo di mineralizzazione e della temperatura	-----	traccia di superficie assiale di anticlinale
pozzo per acqua con indicazione della profondità in metri	-----	traccia di superficie assiale di sinclinale
pozzo per acqua termominerale con indicazione della profondità in metri, del tipo di mineralizzazione e della temperatura	-----	traccia di sezione geologica
discarica, accumulo di origine antropica	-----	
area di alterazione idrotermale	-----	

SOVRASIMBOLI DELLE UNITÀ SUPERFICIALI

deposito di frana (a1)		deposito fluviale limoso-sabbioso (b)	
deposito fluviale ghiaioso (b)		deposito fluviale limoso (b)	
deposito fluviale ghiaioso-sabbioso / sabbioso-ghiaioso (b)			

Estratto Carta Geologica d'Italia 1:50.000 n° Acqui Terme F.194 - legenda (Ispra).

5. CARATTERISTICHE GEO-MORFOLOGICHE DELL'AMBITO DI INTERVENTO

Il muro interessato dal franamento ridefinisce la scarpata dell'antico terrazzo morfologico in corrispondenza del versante nord di una antica valletta di erosione relitta del Rio Crosio.

Sulla base delle prime indagini la frana è attribuibile al cedimento del muraglione in mattoni e pietrame per effetto dell'imbibizione del terrapieno a seguito delle intense precipitazioni meteo.

Il cinematisimo si è sviluppato in un arco temporale di qualche ora probabilmente con velocità progressivamente crescenti fino alla rottura generale secondo un processo di tipo composito con compresenza di scivolamento roto-traslazionale, crollo e colamento lento. Il fenomeno si è reso più complesso per il coinvolgimento, oltre che del muraglione, anche di porzioni di edificio che sono crollate progressivamente con l'arretramento della nicchia di distacco.

Attualmente si può ritenere che il fenomeno dissestivo sia pseudo sospeso. Si possono manifestare lesioni e crepe per effetto del detensionamento lungo la zona di nicchia; possibili riattivazioni possono manifestarsi a seguito di intense/prolungate precipitazioni meteoriche in concomitanza delle quali occorre una particolare vigilanza e l'eventuale attuazione di provvedimenti di inagibilità a tutela della pubblica e privata incolumità.

6. LINEAMENTI METEO-CLIMATICI

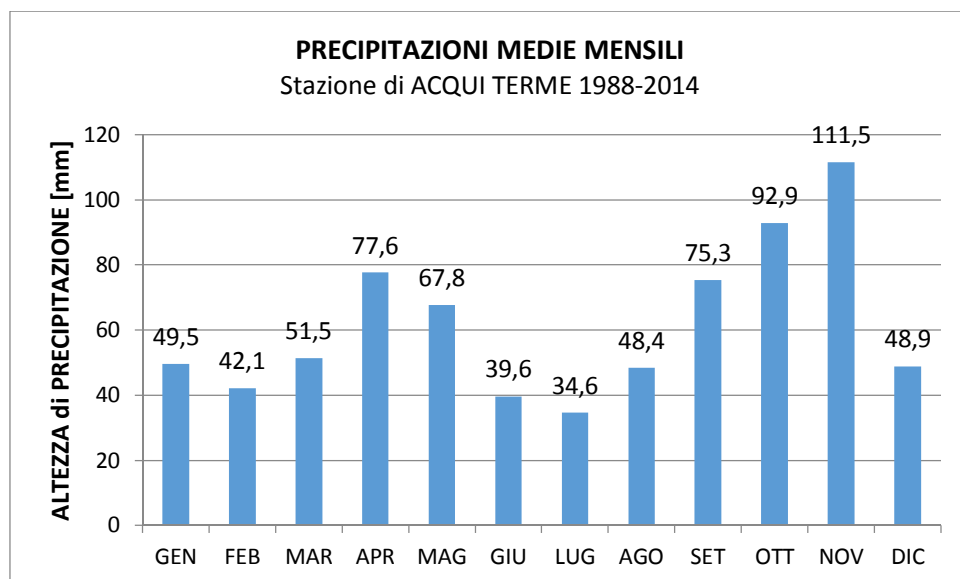
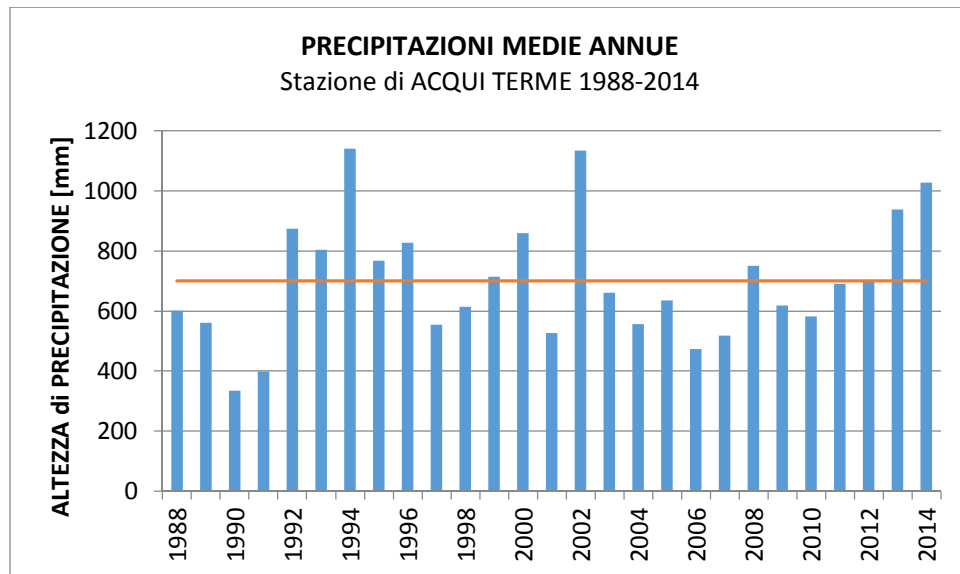
Data la sostanziale influenza dei fattori meteo-climatici nei processi geomorfologici di versante, vengono analizzati i dati pluviometrici e di temperatura relativi alle stazioni ubicate nell'ambito della zona in esame. In particolare, la stazione meteo considerata è quella di Acqui Terme (coordinate UTM X: 458845 Y: 4947584, altitudine 215 m s.l.m.), prossima alla zona di interesse per cui sufficientemente rappresentativa.

6.1 Caratteristiche e condizioni pluviometriche

I dati analizzati sono quelli reperiti dalla banca dati meteorologica di Arpa Piemonte, riferiti al periodo 1988-2014. Sono stati inoltre utilizzati i dati pluviometrici della stazione meteorologica di Valle Boidi ad Alice Bel Colle (AL), sito strumentato con una colonna DMS per il monitoraggio di stabilità, per la validazione di alcuni dati mensili di precipitazione. In particolare, il dato di Arpa Piemonte relativo alla precipitazione mensile del luglio 2013, a seguito del confronto con i valori registrati dalla stazione Valle Boidi, risulta non attendibile ed è pertanto stato sostituito con il valore ottenuto dalla precipitazione giornaliera (dati Arpa Piemonte).

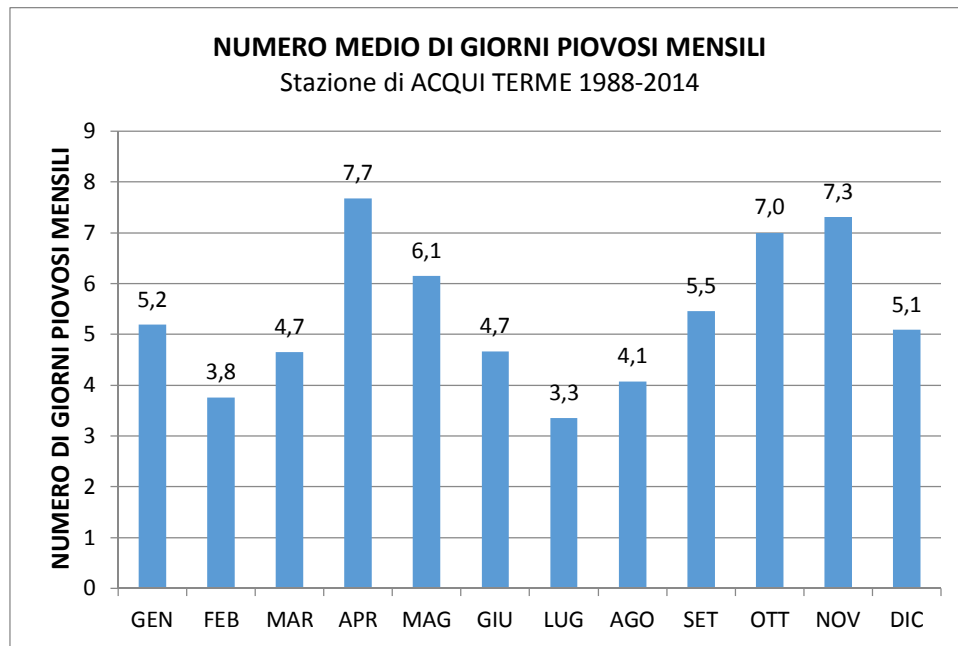
La precipitazione media annua riferita alla stazione pluviometrica di Acqui Terme si attesta intorno a 700 mm. Nel corso del periodo in esame (1988-2014) si osservano però numerosi scostamenti dal valore medio, alternandosi anni caratterizzati da abbondanti precipitazioni (quali ad esempio il 1994 con 1140,4 mm, il 2002 con 1135,2 mm e il 2014

con 1019,0 mm) ad annate particolarmente siccitose (come il 1990 con 334,8 mm, il 1991 con 398,2 mm e il 2006 con 473,8 mm).



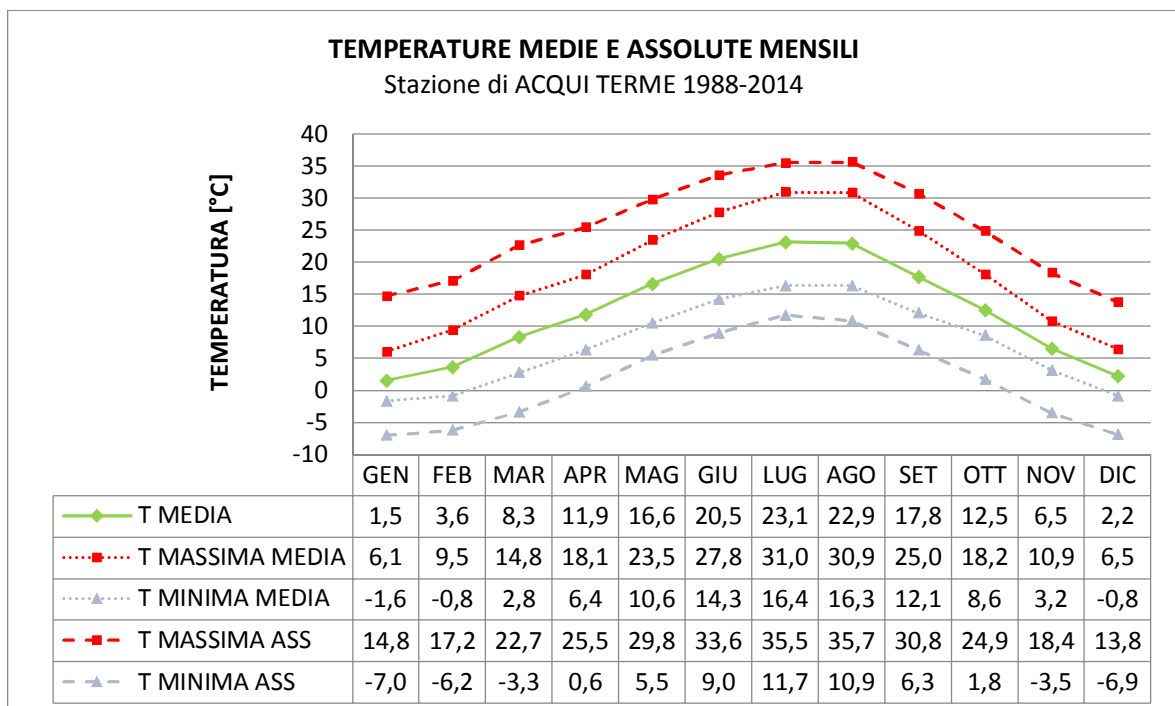
Analizzando nel dettaglio i dati di pioggia mensili è stato possibile constatare come le precipitazioni maggiori siano concentrate nella stagione autunnale, con valori massimi nei mesi di ottobre e novembre, nei quali si raggiungono rispettivamente 92,9 mm e 111,5 mm, e minimi nella stagione estiva, in particolare nel mese di luglio (34,6 mm).

Il numero medio di giorni piovosi mensili raggiunge un picco nei mesi di aprile (8 giorni), ottobre e novembre (7 giorni).



6.2 Caratteristiche termometriche

Nel periodo compreso tra il 1988 e il 2014 la stazione di Acqui Terme ha registrato una temperatura media annua di 12,3 °C, con una massima media annua pari a 31,0 °C, riferita al mese di luglio, e una minima media annua pari a -1,6 °C relativa al mese di gennaio.



6.3 Classificazione climatica

Secondo la classificazione di W. Koppen (1936), funzione solamente di temperatura e piovosità, il clima appartiene alla classe Cfa, ovvero è un clima mesotermico o temperato, caratterizzato dall'assenza di una stagione arida e da temperature del mese più caldo superiori ai 22 °C.

6.4 Precipitazioni critiche

Nel Comune di Strevi e più in generale in tutto il bacino del F. Bormida (e relativi sottobacini), sono stati registrati eventi pluviometrici di particolare intensità che hanno fornito valori elevati di portate specifiche.

Sono stati analizzati i dati relativi alle stazioni limitrofe più significative, vale a dire di Mombaruzzo (321 m s.l.m.), Nizza Monferrato (137 m s.l.m.) ed Acqui Terme (167 m s.l.m.), per il periodo compreso tra il 1937 e il 1994.

STAZIONI PLUVIOMETRICHE	2 NOV 1937	7-12 NOV 1951	23 SET 1956	12-13 NOV 1961	15-16 OTT 1966	1-9 NOV 1968	7-10 OTT 1977	22-27 SET 1992	23-24 SET 1993	2-6 NOV 1994
MOMBARUZZO		212*		130	120*	195*				
NIZZA MONF.TO		203*		89.2*	135	209.6		311.4*	224*	209.2*
ACQUI TERME	84.6	220.8*	123	99.4*	137.2	194*	303.6*	103*	134*	145.2

* valori cumulativi di più giorni.

Tab. 1: Eventi pluviometrici critici del periodo 1937-1994.

Precedentemente all'evento alluvionale del 1966, sono stati registrati dalle stazioni pluviometriche due eventi alluvionali nel novembre 1951 e nel novembre 1961 (evento caratterizzato da un'intensità di precipitazione minore rispetto agli altri considerati). Altri eventi critici furono registrati nel 1968, nell'alluvione dell'ottobre 1977, e, più recentemente, durante le alluvioni del 1992, 1993 e 1994.

Nella maggior parte dei casi, fatta eccezione per l'evento del 16 ottobre 1966, si tratta di precipitazioni sviluppatesi nell'arco di più giorni, caratterizzate da altezze d'acqua decisamente significative se rapportate alle medie annue: nell'alluvione del 1977, per esempio, in soli 4 giorni (dal 7 al 10 ottobre) l'altezza della colonna d'acqua rilevata dalla stazione pluviometrica di Acqui Terme raggiunse il 30 % della totale annua, mentre nel 1966 in un unico giorno, le tre stazioni pluviometriche considerate, stimarono un'entità di precipitazione compresa tra il 15 e il 19 % del totale annuo.

6.5 Precipitazioni massime orarie

Per valutare le precipitazioni massime orarie sono stati analizzati i dati riferiti alla stazione di Nizza Monferrato (altitudine: 137 m s.l.m.), relativi al periodo compreso tra il 1951 e il 1973, riportati nell'allegato 2 della Direttiva sulla piena di progetto da assumere

per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica, oltre alle misure effettuate dalla stazione di Acqui Terme riferite ai periodi 1952-1986 (allegato 2 della Direttiva sulla piena di progetto) e 1988-2010 (banca dati di ARPA Piemonte).

Le registrazioni vengono suddivise nelle 5 classi orarie di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Con riferimento alla stazione di Acqui Terme, la massima precipitazione oraria è stata registrata nel 1989 (67,4 mm), mentre la massima precipitazione oraria relativa ad un intervallo di tempo di 3 h è stata registrata nel 1966 (120 mm). Le precipitazioni massime orarie relative a intervalli di 6, 12 e 24 ore si riferiscono invece all'evento alluvionale del 1977 e valgono rispettivamente 134, 214 e 246,2 mm.

1h	3h	6h	12h	24h
67,4	120	134	214	246,2
61,4	109,8	130	141	143
60	75	123	131,8	138,8

Tab. 2: Precipitazioni massime orarie, in mm, registrate nella stazione di Acqui Terme nei periodi 1952-1986 / 1988-2009.

1h	3h	6h	12h	24h
41,6	41,6	66,4	82	123,2
30	38	56	81	91,8
26,8	32	49	74	89

Tab. 3: Precipitazioni massime orarie, in mm, registrate nella stazione di Nizza Monferrato nel periodo 1951-1973.

6.6 Determinazione della precipitazione di progetto secondo il modello ADBPO

Per poter definire in modo efficace una precipitazione di progetto occorre correlare l'altezza di precipitazione alla sua durata per un assegnato tempo di ritorno. La curva di possibilità pluviometrica, che mette in relazione queste tre grandezze (altezza di pioggia, durata e tempo di ritorno dell'evento), viene comunemente espressa mediante una legge di potenze del tipo:

$$h_{d,T} = a_T \cdot d^{n_T}$$

con h_d : altezza di precipitazione relativa alla durata d e al tempo di ritorno T ;
 d : durata della precipitazione;
 a_T e n_T : parametri funzione del tempo di ritorno T .

L'Autorità di bacino del fiume Po ha definito i parametri a_T e n_T per la stima delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica nella Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica (allegato 3).

Tali parametri sono stati determinati mediante un'interpolazione spaziale con il metodo del kriging, discretizzati in base ad un reticolo di 2 km di lato, per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.

I parametri utilizzati per l'area oggetto di studio si riferiscono alla cella CD126 (coordinate UTM X: 453000, Y: 4949000).

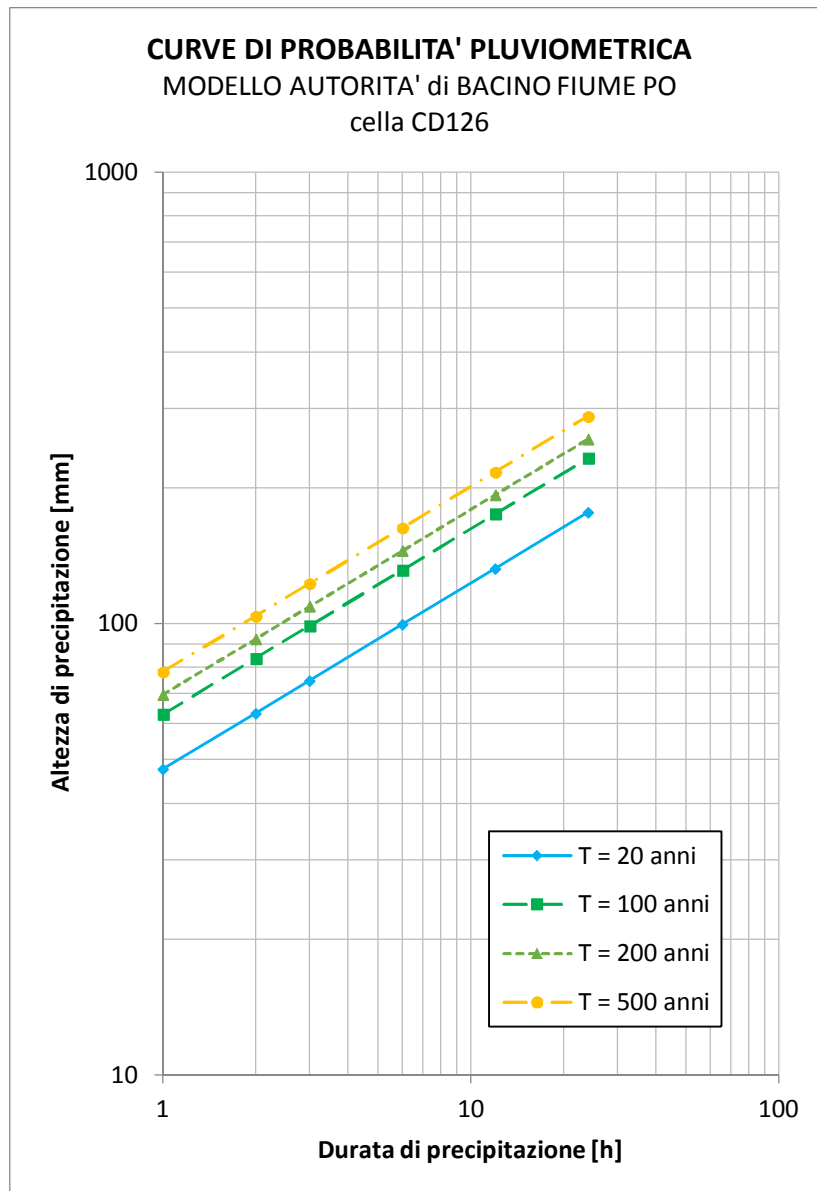
parametri	tempo di ritorno			
	20 anni	100 anni	200 anni	500 anni
a	47,61	63,08	69,67	78,36
n	0,412	0,411	0,410	0,410

Tab. 4: Parametri per la definizione delle curve di possibilità pluviometrica riferiti alla cella CD126.

Nella tabella e nel diagramma seguenti vengono riportate le altezze di precipitazione per le durate di 1, 2, 3, 6, 12 e 24 ore e tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.

durata [h]	tempo di ritorno			
	20 anni	100 anni	200 anni	500 anni
1	47,6	63,1	69,7	78,4
2	63,3	83,9	92,6	104,1
3	74,9	99,1	109,3	122,9
6	99,6	131,7	145,2	163,4
12	132,5	175,2	193,0	217,0
24	176,3	232,9	256,4	288,4

Tab. 5: Altezze di precipitazione, in mm, riferiti alla cella CD126.



7. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per caratterizzare il terreno sono state condotte due campagne di indagini, la prima nell'aprile 2015, in concomitanza con l'esecuzione degli interventi di somma urgenza, e la seconda nel luglio 2015, a supporto della progettazione definitiva degli interventi.

Nel dettaglio, sono state inizialmente eseguite n. 2 prove SCPT (SCPT 1 e SCPT 2) ed un sondaggio a distruzione di nucleo; successivamente sono state eseguite n. 2 ulteriori prove SCPT (SCPT 3 e SCPT 4) e n. 2 indagini sismiche di tipo MASW.



Immagine satellitare con ubicazione sondaggio S1, punti di prova SCPT e MASW.

La stratigrafia dei terreni è stata desunta dai risultati del sondaggio S1 effettuato con carotaggio a distruzione di nucleo. Durante la perforazione è stata osservata la presenza di falda idrica ad una profondità di circa 9.40 m da p.c. in corrispondenza di un livello ghiaioso.

La stratigrafia, riportata graficamente in allegato, può essere così schematizzata:

da 0 m p.c. a 1.50 m p.c.	Terreno di riporto con detriti di laterizi e clasti litoidi di arenarie in abbondante frazione sabbioso-limosa.
da 1.50 m p.c. a 7.50 m p.c.	Argilla tenera color nocciola debolmente limosa.
da 7.50 m p.c. a 9.00 m p.c.	Sabbia argilloso-limosa marrone/rossiccia da sciolta a poco consistente.
da 9.00 m p.c. a 11.00 m p.c.	Ghiaia alterata e sabbia medio grossolana con limi e argilla rossa.

S1

[illegible]

da 11.00 m p.c. a 18.00 m p.c. Marne siltose compatte e dure alternate a strati arenaceo ñ conglomeratici di potenza 30÷50 cm in condizione di incipiente diagenesi.

Per quanto riguarda i risultati delle indagini geognostiche (SCPT e MASW) e la caratterizzazione geotecnica e sismica, basata sui risultati delle prove predette, su osservazioni in situ e sui risultati di precedenti indagini effettuate in terreni in condizioni geo-litostratigrafiche ben assimilabili a quelle in oggetto, si rimanda all'elaborato 3 "Relazione geotecnica"