



ACQUA NOVARA.VCO S.p.A.

Sede Legale

Via Triggiani Leonardo, 9
28100 Novara -NO- Italia

Tel. +39 0321 413111
Fax +39 0321 458729

TITOLO COMMESSA:

COLLEGAMENTO FOGNARIO DELL'ABITATO DI CAMERIANO E FRAZIONE CASE SPARSE ALLA FOGNATURA DI NOVARA

OGGETTO:

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

AVANZAMENTO PROGETTO:

PROGETTO DEFINITIVO

Rev. N°	Modifiche	Data	Iniziali		
1	—	-/-	Disegnato da: -	Verificato da: -	Approvato da: -
2	—	-/-	Disegnato da: -	Verificato da: -	Approvato da: -
3	—	-/-	Disegnato da: -	Verificato da: -	Approvato da: -

Operatori:



IPB INGEGNERIA S.r.l.
c.so XXIII marzo 229
28100 novara - italia
tel./fax 0321/407294
p.i./c.f. 02283650030
p.e.c. ipbingegneria@pec.it
mail: info@ipbingegneria.it



Tavola N°:
R03

Rif. N° Commessa: IPB I 6/36

File: R03 Geologica e Geotecnica.pdf

Data Rev. N° 0:

novembre 2016

Scala:

—

PROPRIETÀ RISERVATA

QUESTO DISEGNO NON PUO' ESSERE RIPRODOTTO NE' COMUNICATO A TERZI SENZA AUTORIZZAZIONE DI ACQUA NOVARA.VCO s.p.a.

COMUNE DI NOVARA COMUNE DI CASALINO

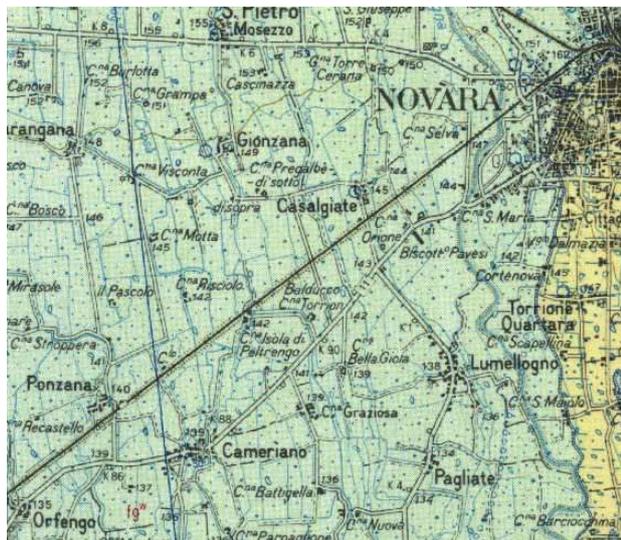
COMPLETAMENTO RETE FOGNARIA

COMMITTENTE:

ACQUA NOVARA.VCO
Via Triggiani 9
28100 Novara

ELABORATO:

**5. RELAZIONE GEOLOGICA
e GEOTECNICA**



DATA:

luglio 2016

AGG.:

Antonello RIVOLTA
GEOLOGO

Via S. Giovanni 27, 28047 Oleggio (NO)
antonello.rivolta@geologipiemonte.it
PEC: antonello.rivolta@epap.sicurezza postale.it
339-7783543

1. PREMESSA

A supporto del nuovo progetto per il completamento della rete fognaria del Comune di Casalino, frazione Cameriano, con immissione nell'impianto di depurazione sito in Comune di Novara, è stata redatta la presente relazione geologica e geotecnica.

La presente relazione è stata redatta in ottemperanza a quanto previsto dal Testo Unico NTC 14.01.08 e dalla normativa geologica del PRGC dei Comuni di Casalino e Novara, interessati dal nuovo tracciato in progetto.

2. NORMATIVA GEOLOGICA DI PRGC

Comune di Casalino

Il nuovo tracciato ha origine tra i canali irrigui denominati Cavo Sabbione e Roggia Molinara. Tali alvei sono delimitati da fasce di rispetto inserite in Classe IIIa1 di pericolosità geomorfologica ed idoneità all'utilizzazione urbanistica (cfr. stralcio cartografico seguente non in scala, della Carta di Sintesi della Pericolosità geomorfologica ed idoneità all'utilizzazione urbanistica, redatta dal collega geologo G. Romano nel febbraio 2010).

Le aree inserite in Classe IIIa1 sono *“Aree comprese nelle fasce di rispetto dei canali demaniali, come previste dall'art. 96 – punto f) del R.D. n° 523/1904, pari a 50 m per lato per la Roggia Busca e la Roggia Biraga e pari a 10 m per le altre rogge e cavi anche se non graficamente indicato.”*.

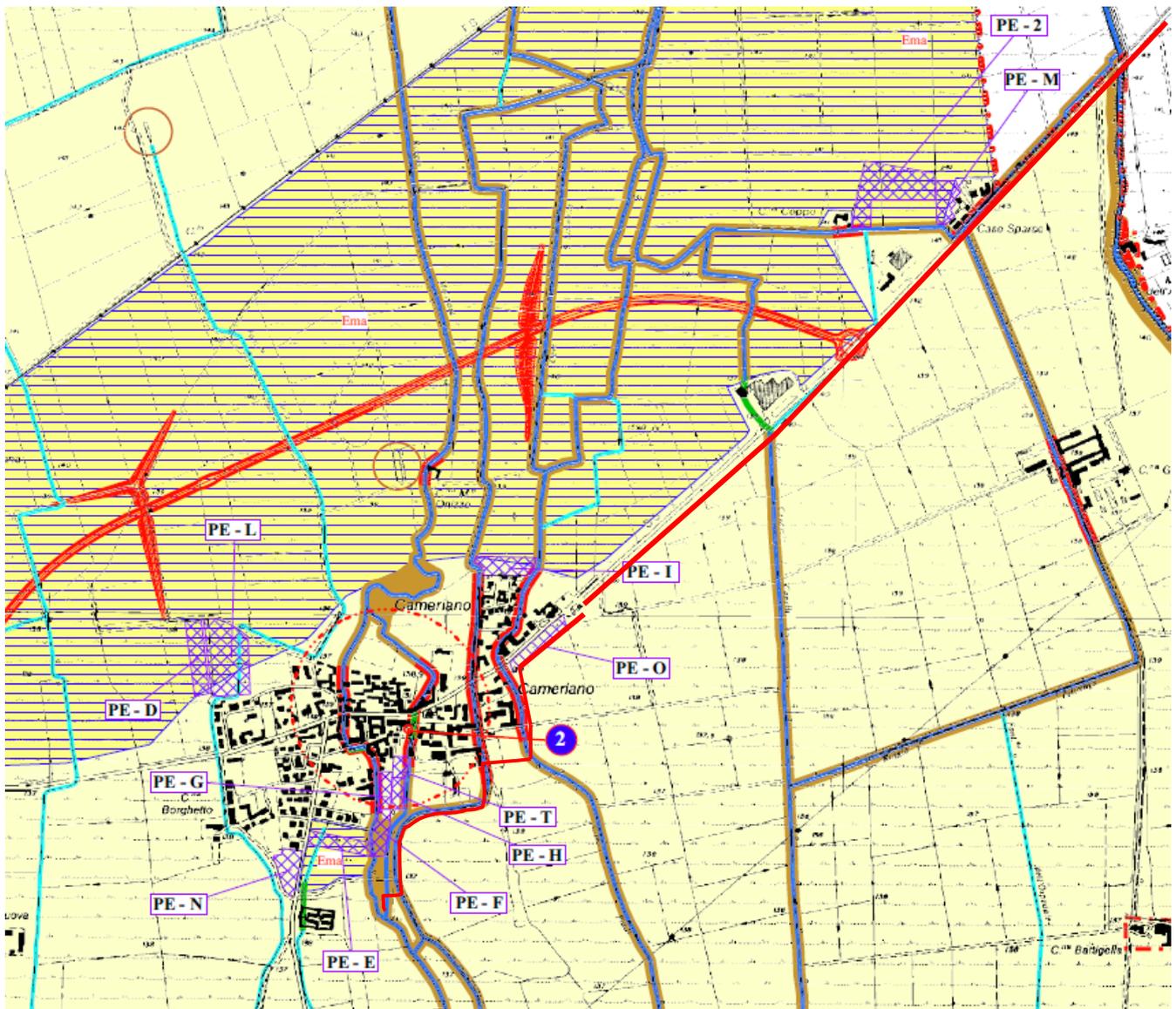
Dalle N.T.A. del P.R.G., art. 4.4.2, lett. C) si legge, per tale classe: *“Classe III -Porzioni di territorio nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio, derivanti questi ultimi dalla urbanizzazione dell'area, sono tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate, richiedendo, viceversa, la previsione di interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio esistente. - Classe IIIa1 Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti. Rientrano in questa classe le aree, non edificate, comprese nella Fascia di rispetto dei corsi d'acqua prevista dal R. D. 523/1904.*

La restante parte del tracciato fognario si snoda in territorio inserito in classe IIa, ad eccezione delle fasce di rispetto in classe IIIa che delimitano gli altri cavi irrigui: Roggia Bacchella, Cavo Laura, Roggia Molinara Casalino, Cavo Cavaccio, Roggia Peltrenga e Roggia Biraga.

Le NTA per la classe IIa prevedono le seguenti limitazioni:

A) Classe IIa: Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante.

Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionarne la propensione all'edificabilità. La costruzione di parti interrato negli edifici è ammessa e si consiglia di valutare la possibilità di procedere ad impermeabilizzazioni sulla base delle risultanze della indagine geologica ed idrogeologica; il primo piano utile degli edifici stessi (ossia il primo piano “abitabile”) dovrà essere realizzato ad una quota superiore di almeno 0,50 m rispetto alla quota del piano campagna naturale e, comunque, non inferiore alla quota del piano della strada di riferimento. In questa zona dovranno essere eseguite indagini geognostiche puntuali con lo scopo di definire la caratterizzazione geotecnica dei terreni e indagini idrogeologiche per la puntuale verifica della soggiacenza della falda. In caso di nuova edificazione si ricorda che è comunque necessario attenersi a quanto prescritto nelle norme tecniche per le costruzioni.



Classi di idoneità		Condizioni di pericolosità	Pericolosità ai sensi della Circolare 7/LAP
II	a	Aree caratterizzate dalla presenza di terreni sabbioso-ghiaiosi con caratteristiche geotecniche buone e/o da scarpate con altezza compresa tra 0,5 metri e 3,0 metri. La falda freatica ha soggiacenza pari o inferiore a 3,0 metri ed è periodicamente sub-affiorante. Aree soggette a fenomeni di ristagno idrico per difficoltà di drenaggio delle acque meteoriche verso le linee di deflusso superficiale	<i>Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate al D. M. 11 Marzo 1988 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio. Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionarne la propensione all'edificabilità.</i>
	d	Aree caratterizzate da condizioni di moderata pericolosità geomorfologica in aggiunta alle condizioni proprie della sottoclasse IIa. Aree potenzialmente allagabili per fenomeni di tracimazione del reticolato idrografico, eventualmente associati a possibili rigurgiti della rete fognaria. Falda freatica prossima al p.c..	

III	a ₁	Aree comprese nelle fasce di rispetto dei canali demaniali, come previste dall'Art. 96 - punto f) del R. D. n°523/1904, pari a 50 m per lato per la Roggia Busca e la Roggia Biraga e pari a 10 m per le altre rogge e cavi anche se non graficamente indicato. Sono comprese in questa classe anche le aree con indice di pericolosità Eba.	Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inidonee a insediamenti (aree dissestate, in frana, potenzialmente dissestabili o soggette a pericolo di valanghe, aree alluvionabili da acque di esondazione ad elevata energia). Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili (con specifico riferimento ad es. ai parchi fluviali) vale quanto già indicato dall'Art. 31 della L. R. 56/77.
	b ₄	Aree edificate comprese nelle fasce di rispetto dei canali demaniali, come previste dall'Art. 96 - punto f) del R. D. n°523/1904.	Porzioni di territorio edificate nelle quali gli elementi di pericolosità geologica e di rischio sono tali da imporre in ogni caso interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico a tutela del patrimonio urbanistico esistente. In assenza di tali interventi di riassetto saranno consentite solo trasformazioni che non aumentino il carico antropico quali, a titolo di esempio, interventi di manutenzione straordinaria, risanamento conservativo, ecc.; per le opere di interesse pubblico non altrimenti localizzabili varrà quanto previsto dall'Art. 31 della L.R. 56/77. Anche a seguito della realizzazione di opere di sistemazione per la difesa dell'esistente, non sarà possibile alcun incremento del carico antropico. Gli strumenti attuativi del riassetto idrogeologico e i piani comunali di Protezione Civile dovranno essere reciprocamente coerenti.

Comune di Novara

La parte di tracciato che interessa in territorio di Novara si colloca prevalentemente in Classe I di pericolosità geomorfologica, secondo lo stralcio non in scala delle tavole 18C e 18D redatta dal collega geologo M. Carmine nel 2007, ad eccezione della fascia di rispetto in Classe IIIa1 relativa all'alveo della Roggia Biraga e alla fascia di rispetto in Classe IIIa2 di un fontanile oltre che ad un limitato settore in Classe IIa.

Le N.T.A. presentano le seguenti prescrizioni:

Art. 35 Classe II

35.1 Ai sensi della Circ. P.G.R. n.7/LAP la Classe II riguarda «Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione e il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di Norme di attuazione ispirate al D.M. 11 Marzo 1988 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto. Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionare la propensione all'edificabilità».

35.2 In tutte le zone del territorio comunale soggette a Classe II sono possibili, di norma, interventi edilizi e infrastrutturali di ogni tipo, **con le limitazioni specificate dalle Norme di attuazione**, ma ogni nuova opera sarà obbligatoriamente preceduta da approfondite verifiche locali di carattere geologico, geotecnico e idrogeologico che individuano le condizioni esecutive per la realizzazione delle opere stesse secondo quanto previsto dalle norme di cui al presente articolo, dalla Relazione geologicotecnica di cui all'Art. 2 delle presenti norme, in coerenza con il D.M. 11 Marzo 1988.

35.3 In ognuna delle sottoclassi individuate sono state campite con un apposito retino tutte le aree interessate da episodi di allagamento per tracimazione delle rete irrigua locale o per rigurgito della rete fognaria; la delimitazione di tali aree è stata effettuata sulla base di dati acquisiti per via indiretta (danni segnalati in aree agricole, comunicazioni di Servizio OO.PP.), quindi sono state retinate aree relative ad interi lotti catastali.

35.4 Pertanto, in fase di progettazione del singolo intervento, dovrà essere effettuata un'indagine specifica che individui le cause locali che hanno provocato gli allagamenti ed essere intraprese delle soluzioni progettuali, che consentano una messa in sicurezza degli interventi edificatori rispetto a tali fenomeni.

35.5 Sulla base delle tipologie di pericolosità geologica sono definite inoltre le seguenti sottoclassi, nelle quali oltre alle norme generali per la classe II sono previste norme specifiche:

35.6 Classe IIa: in essa ricadono quelle porzioni di territorio interessate da allagamenti per tracimazione della rete irrigua locale o da rigurgiti della rete fognaria **che interessano anche le classi IIb, IIc e IId così come individuate nelle Tavole della serie 18.**

35.7 L'edificazione in tali aree è condizionata dalla verifica puntuale delle modalità di allagamento (tracimazioni rete irrigua o rigurgito rete fognaria) e da una serie di accorgimenti costruttivi o risoluzione delle cause di allagamento, qualora risolvibili alla scala del singolo lotto edificatorio, che pongano in sicurezza le nuove costruzioni.

35.8 Le verifiche effettuate e le soluzioni costruttive attuate dovranno essere oggetto di una specifica Relazione **idrogeologico geologico-tecnica**, comunque obbligatoria nei territori classificati in classe II **di supporto al progetto edilizio.**

Art. 37 Classe IIIA

37.1 Ai sensi della Circ. P.G.R. n.7/LAP la Classe IIIa riguarda: «Porzioni di territorio inedificate che presentano carattere geomorfologici o idrogeologici che le rendano inidonee a nuovi insediamenti (aree dissestate, in frana, potenzialmente dissestabili o soggette a pericolo di valanghe, aree alluvionabili da acque di esondazione ad elevata energia). Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili (con specifico riferimento ad es. ai parchi fluviali) vale quanto già indicato all'Art.31 della L.R. 56/77».

37.2 Sulla base delle tipologie di pericolosità geologica sono state definite le seguenti sottoclassi:

37.3 Classe IIIa1: riguarda le seguenti porzioni di territorio:

- aree inedificate all'interno delle Fasce A e B del P.A.I.;
- aree comprese nella zona di esondazione individuata dagli approfondimenti idraulici eseguiti per conto della Provincia di Novara nello Studio idrodinamico di dettaglio e messa a punto del Piano per l'Assetto Idrogeologico a scala provinciale dei torrenti Agogna e Terdoppio redatto da Hydrodata (2000) ed adottate dal PAI nell'Aprile 2001, e individuate sulle Tavole 3.3, 3.4, 3.5 - "Carta delle aree esondabili e proposta di Variante al piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Po" (scala 1:10.000) con la dicitura "Aree di esondazione per Q.T.R. 100" per il Torrente Terdoppio e "Aree di esondazione per Q.T.R. 200" per il Torrente Agogna caratterizzate da allagamenti per tracimazione torrentizia con tiranti idraulici e energia da modesta ad elevata, sono riportati sulle Tavole 2A, 2B, 2C – Carta geomorfologica e dei dissesti con la dicitura "Aree esondabili in naturalità di Torrente Agogna e Torrente Terdoppio".
- aree comprese nelle fasce di rispetto di 10 metri dei corsi d'acqua naturali iscritti all'elenco delle acque pubbliche;
- aree comprese nelle fasce di rispetto di 10 metri dei corsi d'acqua artificiali principali aventi alveo demaniale;
- aree comprese nelle fasce di rispetto di 10 metri dei corsi d'acqua artificiali minori aventi alveo demaniale, **di cui all'art. 32.3, punto i).**
- aree comprese nelle fasce di rispetto di 5 metri dei corsi d'acqua artificiali aventi alveo privato, **di cui all'art. 32.3, punto i).**
- aree interessate da esondazione nel corso dell'alluvione del Maggio 2002 direttamente rilevate in sito, considerate rappresentative delle aree esondabili ai fini della valutazione della pericolosità.

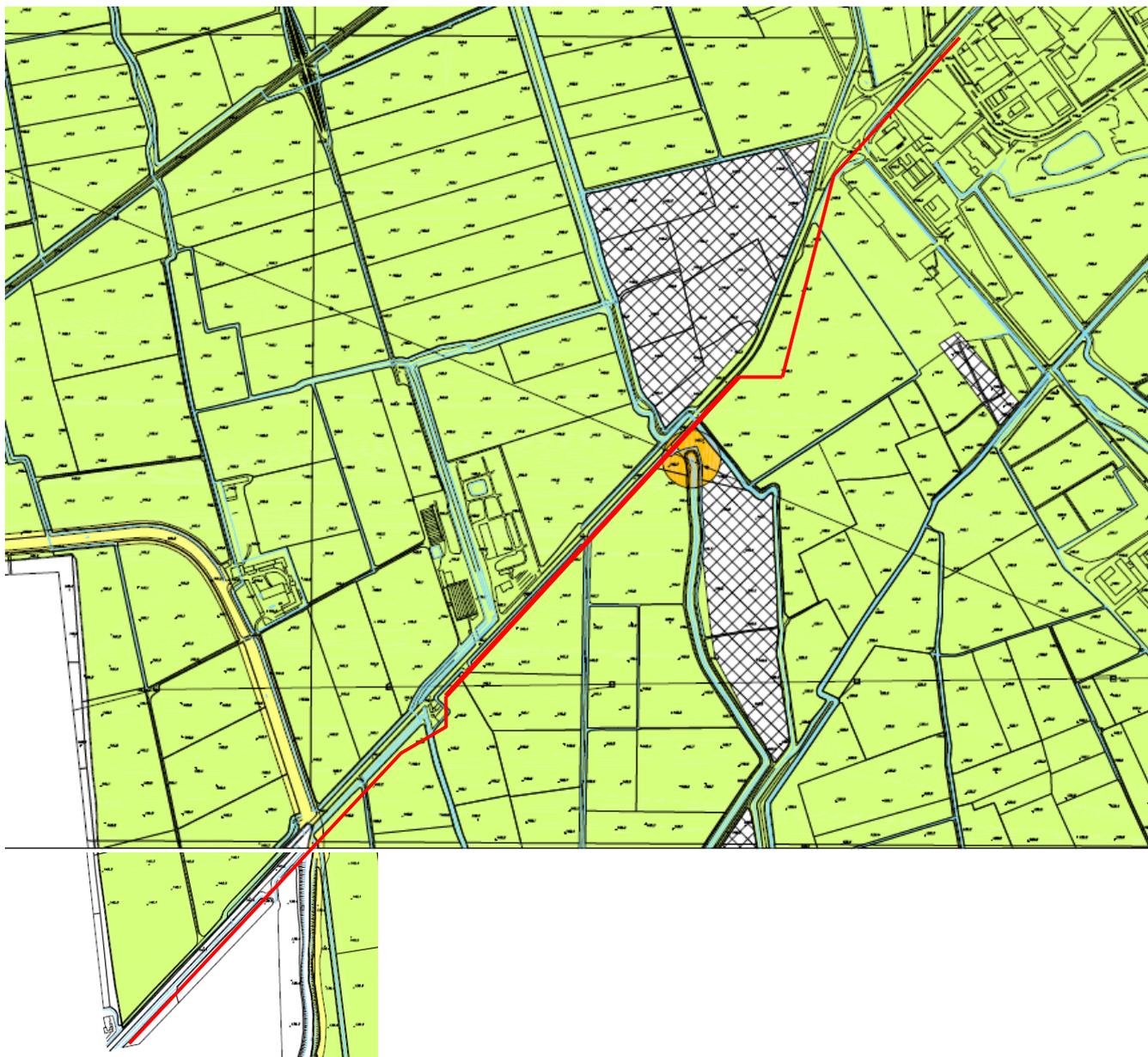
37.4 Le aree comprese nelle fasce di rispetto di 10 e 5 metri, non sono rappresentate nella sintesi al 10.000, ma si riferiscono ai corsi d'acqua individuati nell'Elaborato 5 Carta del reticolo idrografico e pertanto in sede di concessione edilizia sarà cura del progettista individuare la reale demanialità del corso d'acqua e la singola fascia di rispetto.

37.5 Classe IIIa2: riguarda aree inedificate individuate dalle fasce di rispetto dei fontanili per un raggio di 50 metri dalla "testa" del fontanile.

37.7 Qualora non in contrasto con le norme del PAI, nelle sottoclassi IIIa1, IIIa2, IIIa3 sono tuttavia ammessi anche i seguenti interventi, i cui progetti siano stati redatti sulla base di rigorosi accertamenti geologici, geotecnici, idrogeologici e idraulici che stabiliscano gli accorgimenti tecnici atti a garantire la fattibilità degli interventi stessi nell'ambito di requisiti di sicurezza propria e tali da non aggravare la situazione di pericolosità esistente:

- a) le opere previste dalla Pianificazione territoriale sovraordinata e quelle che abbiano conseguito la dichiarazione di pubblica utilità;
- b) le opere pubbliche o di interesse pubblico non altrimenti localizzabili attinenti alla viabilità, alla produzione e al trasporto dell'energia, alle reti e agli impianti di depurazione, alle telecomunicazioni o ad altre attrezzature per l'erogazione di pubblici servizi;

LEGENDA		
Classe di idoneità	Condizioni di Pericolosità	Pericolosità ai sensi circ. 7/LAP
I	Aree senza limitazioni d'uso di tipo geologico	Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche; gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11 Marzo 1988.
II	a 	Aree caratterizzate da allagamenti per tracimazione della rete irrigua locale o rigurgio della rete fognaria
	b 	Aree caratterizzate dalla presenza di terreni argilloso-sabbiosi ed eluvio-colluviali con caratteristiche geotecniche medio-basse o da scarpate con altezza <3 m o da pendii di modesta entità, sovente rimodellati dall'attività agricola; testate delle valicoles presenti nei terreni del Pleistocene medio-sup., poco incise; aree caratterizzate dai processi della Classe IIa (settori retinai)
	c 	Aree caratterizzate dalla presenza di terreni sabbioso-ghiaiosi e soggiacenza della falda freatica a 3 m e aree caratterizzate dai processi della Classe IIa (settori retinai)
	d 	Aree comprese nella Fascia C del P.A.I., caratterizzate sia dagli elementi penalizzanti di cui alla Classe IIc sia da allagamenti per tracimazione torrentizia con tiranti idraulici moderati, scarsa o nulla energia e aree caratterizzate dai processi della Classe IIa (settori retinai)
a₂	a₁ 	Aree comprese nelle Fasce A e B del P.A.I. e soggette alle norme di cui agli artt. 29, 30, 39, Titolo II N.d.A. del P.A.I.; fasce di rispetto dei corsi d'acqua pubblici o con alveo demaniale (ai sensi dell'art. 96 del R.D. 523/1904)
	a₂ 	Aree inedificate comprese nelle fasce di rispetto dei fontanili
		Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti (aree dissestate, in frana, potenzialmente dissestabili o soggette a pericolo di valanghe, aree alluvionabili da acque di esondazione ad elevata energia). Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili (con specifico riferimento ad es. ai parchi fluviali) vale quanto già indicato all'Art. 31 della L.R. 56/77.



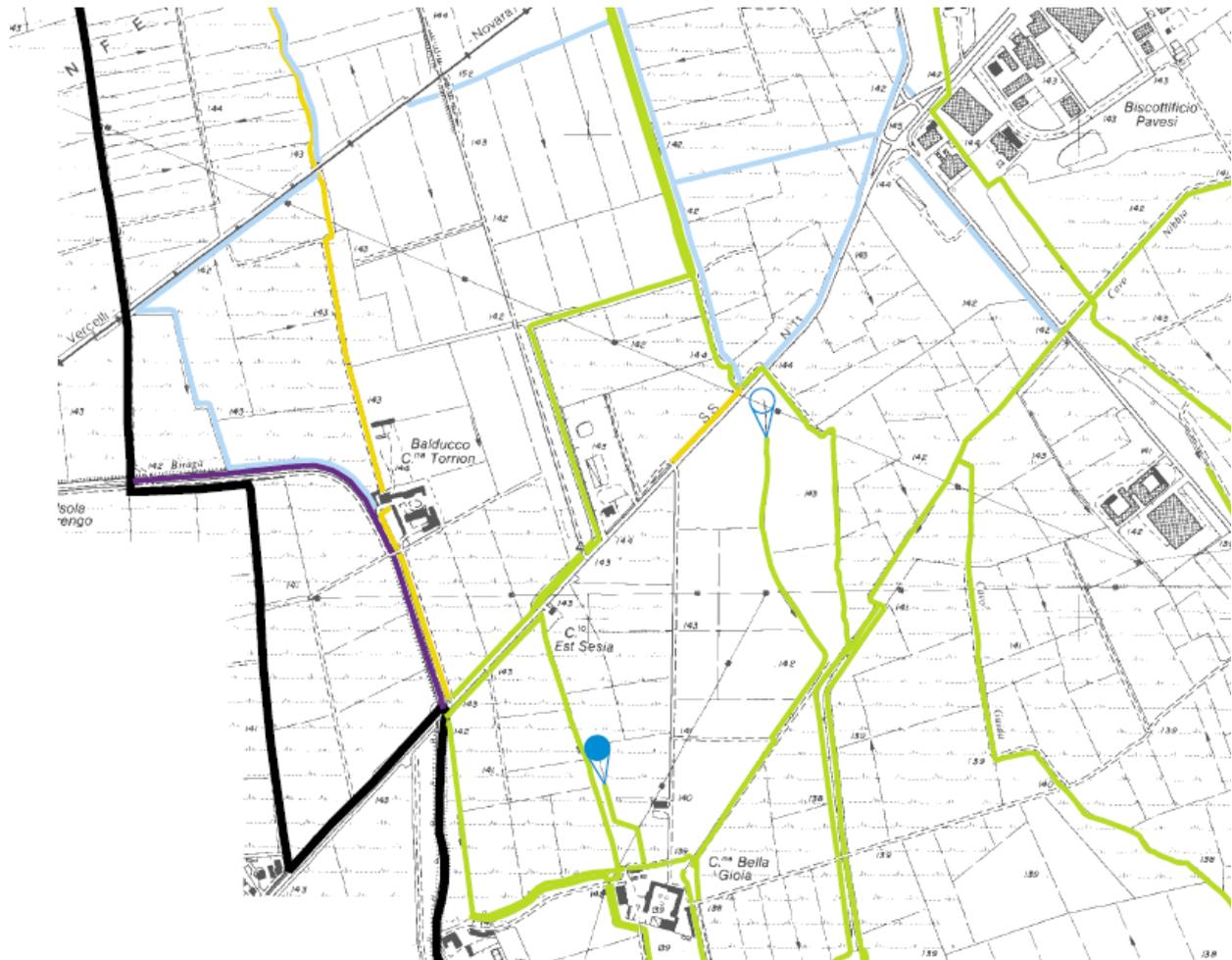
Relativamente alle fasce di rispetto dei corsi d'acqua si riporta l'articolo seguente:

32.3 Lungo gli alvei dei corsi d'acqua e sulle fasce spondali si applicano le seguenti norme a tutti i corsi d'acqua presenti sul territorio comunale anche in difformità di rappresentazione cartografica.

j) Le aree comprese nelle fasce di rispetto di 10 e 5 metri si riferiscono ai corsi d'acqua individuati nell'Elaborato 5, Carta del reticolo idrografico. Pertanto, in sede di richieste per interventi edilizi sarà cura del progettista individuare la reale demanialità del corso d'acqua e la singola fascia di rispetto. Tali aree sono da intendersi classificate in Classe IIIA1 se inedificate ed in classe IIIB4 se edificate.

Tra i corsi d'acqua indicati in cartografia di PRG con sedime demaniale, il tracciato fognario intercetta i seguenti cavi irrigui: Roggia Biraga (al confine con Casalino), Roggia Molinara dell'Argine, Cavo Cattedrale, F.na Andreis, Cavo Orione.

Di seguito lo stralcio dell'elaborato 5 citato e relativa legenda.



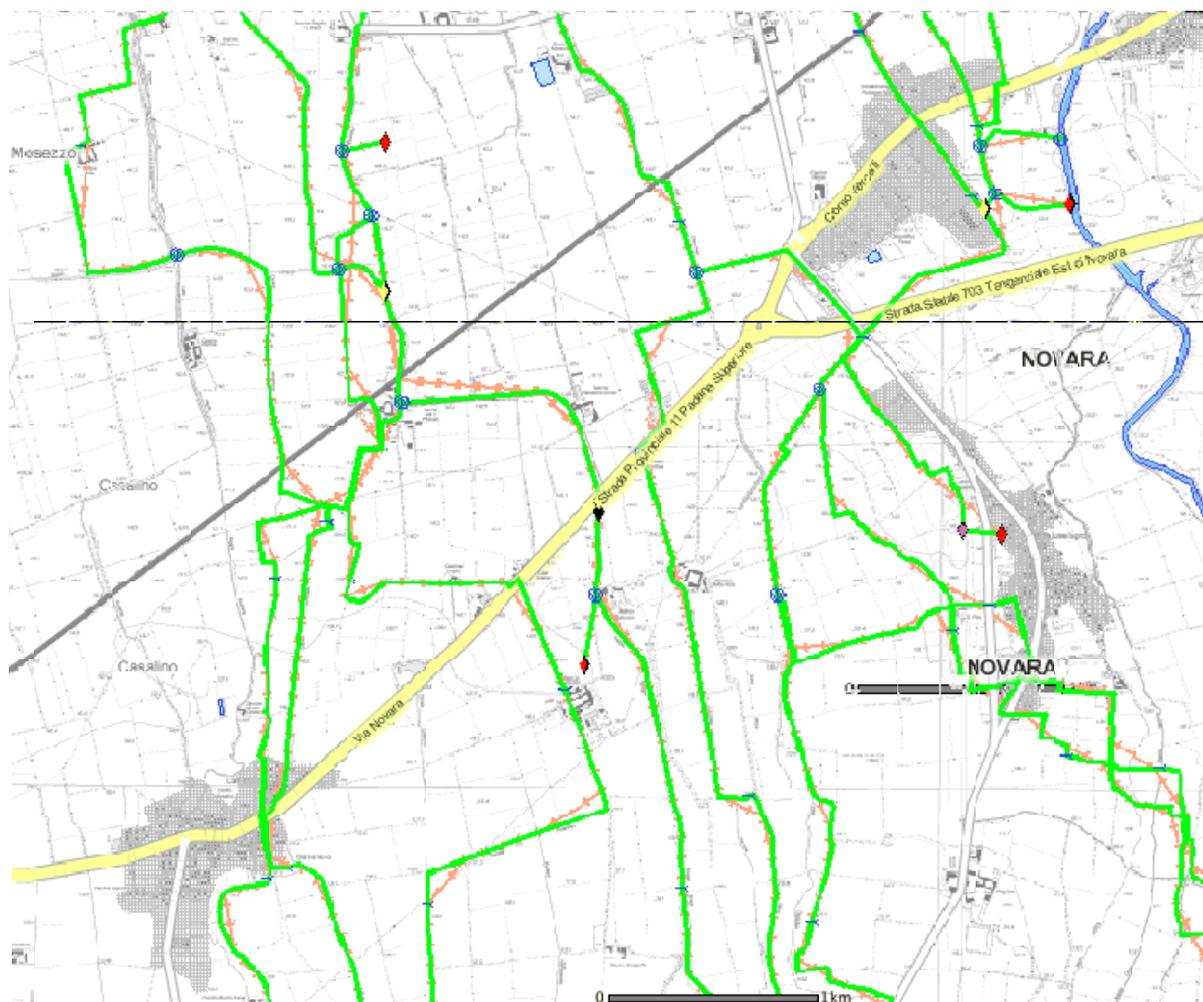
LEGENDA

-  CORSI D'ACQUA NATURALI PRINCIPALI ISCRITTI ELENCO ACQUE PUBBLICHE ai sensi del R.D. Del 25/07/1904 n. 523
 -  CORSO D'ACQUA NATURALE MINORE ISCRITTO ELENCO ACQUE PUBBLICHE MA CON ALVEO NON DEMANIALE
 -  CORSI D'ACQUA ARTIFICIALI PRINCIPALI CON ALVEO DEMANIALE
 -  CORSI D'ACQUA ARTIFICIALI MINORI CON ALVEO PRIVATO
 -  CORSI D'ACQUA ARTIFICIALI MINORI CON ALVEO DEMANIALE
 -  ADACQUATORI E COLATORI CON ALVEO PRIVATO
 -  CORSI D'ACQUA INTUBATI CON ALVEO PRIVATO
 -  CORSI D'ACQUA INTUBATI CON ALVEO DEMANIALE
-  FONTANILI

Per la definizione del reticolo idrografico è stato consultato il servizio di cartografia dinamica SIBI WEB, realizzato grazie alla collaborazione tra **Regione Piemonte**, Direzione 11 - Agricoltura e **CSI-Piemonte**. Il servizio permette di **consultare** i dati geografici e alfanumerici relativi a **infrastrutture irrigue** del territorio regionale che sono stati rilevati, informatizzati e caricati nel Sistema Informativo Bonifica e Irrigazione (SIBI).

Il servizio SIBI WEB permette di ottenere informazioni in merito alle infrastrutture irrigue e alle attività della Direzione 11.

La mappa derivata da WebGis è rappresentata di seguito e mostra il reticolo irriguo in gestione all'Associazione Irrigazione Est-Sesia. I canali interferenti con il tracciato fognario, risultano: Roggia Bacchella/Cavo Laura, Roggia Molinara Casalino, Roggia Peltrenga, Roggia Biraga, Cavo Cattedrale, Cavo Orione, tutti indicati come canali derivativi.

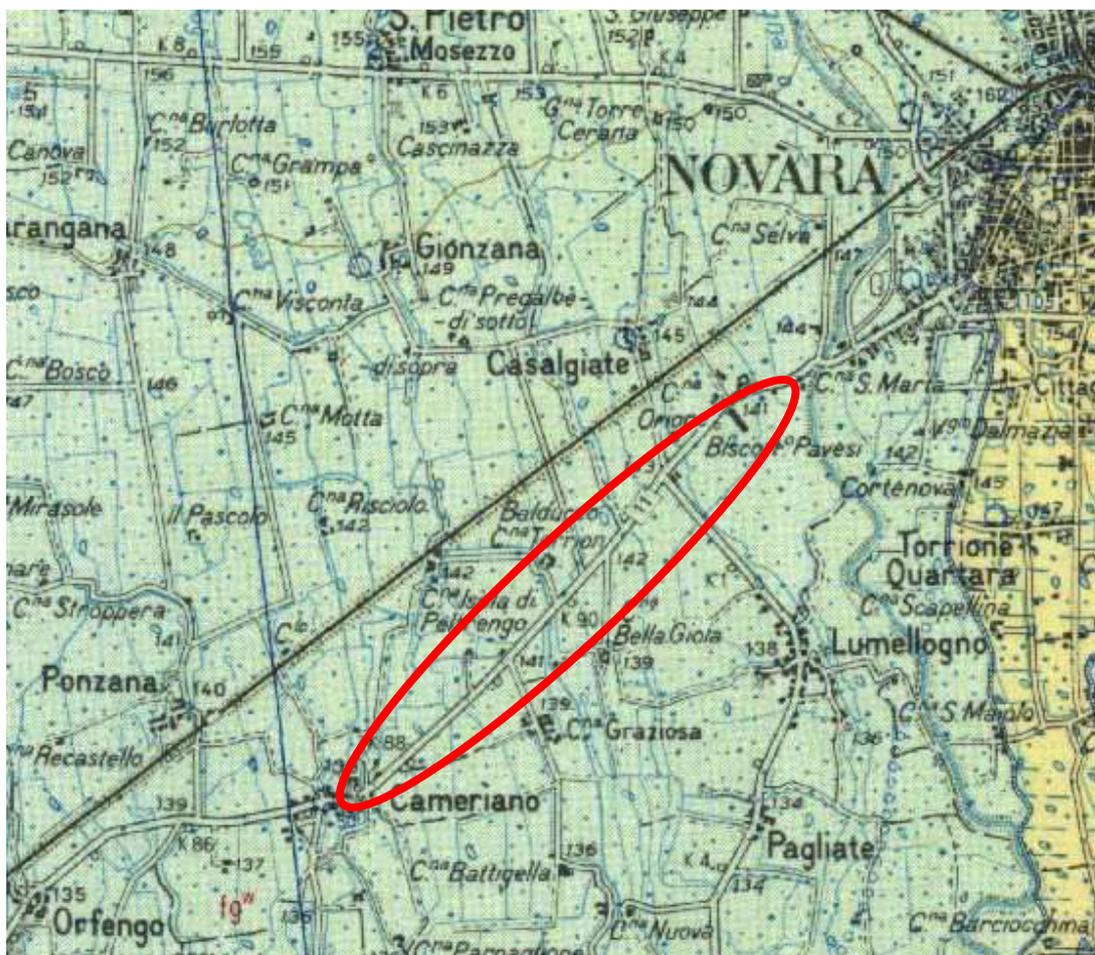


Per quanto riguarda i vincoli di natura idraulica, ai corsi d'acqua pubblici e demaniali si applicano le norme del R.D. 523/1904, con particolare riferimento all'art. 96 lett. f), ad esclusione dei cavi irrigui appartenenti a consorzi di bonifica ed irrigazione, per i quali si applica invece quanto disposto dall'art.133 lett. a) del R.D. 8 maggio 1904 n. 368, così come integrato, per le distanze di rispetto, dall'art. 14 comma 7 delle N.d.A. del PAI.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area in oggetto è situata tra i Comuni di Casalino, frazione Cameriano e periferia ovest di Novara (C.so vercelli), ed è rappresentata nella tavoletta I.G.M. 44 III S.O. "Borgovercelli" e nelle sezioni n° 137030, 116150, 116160 della Carta Tecnica Regionale del Piemonte alla scala 1:10.000 (C.T.R.).

Per quanto riguarda la cartografia geologica, il territorio ricade nel Foglio n° 44 "Novara" della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:100.000.



L'area è compresa nel settore di media pianura situata tra i corsi dei fiumi Sesia e Ticino, con quote medie che si attestano intorno ai 140 m s.l.m.; l'aspetto fisiografico generale è caratterizzato dalla presenza di tre elementi ben riconoscibili, che riflettono la propria genesi e la propria natura geologica, riassumibili come segue:

- terrazzo fluvio-glaciale pleistocenico, indicato sulla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 come: "Alluvioni fluvio-glaciali ghiaiose, alterate in terreni argillosi giallo-ocracei per uno spessore massimo di 3 metri. RISS p.p."
- "Livello Fondamentale della Pianura", designato come "Alluvioni ghiaiose, sabbiose, limose limitate al fondo dei solchi vallivi secondari e non ricollegabili agli apparati morenici PLUVIALE WÜRME e Alluvioni fluvio-glaciali ghiaioso-ciottolose (Terrazzi superiori del Ticino) e fluviali prevalentemente sabbioso-limose (a valle del limite settentrionale dei fontanili), con debole strato di alterazione brunastro WÜRME".

- incisioni dei corsi d'acqua recenti ed attuali: non rappresentati sul Foglio geologico n° 44 e corrispondenti alle fasi più recenti di modellamento della Pianura Padana, indotte dalla dinamica fluviale olocenica.

La genesi dell'area è riconducibile alle fasi di espansione glaciale verificatesi nel corso del Pleistocene. Il modellamento del territorio avviene mediante l'azione combinata delle meccaniche deposizionali ed erosive, legate alla presenza delle masse glaciali pleistoceniche: da un lato l'azione d'accumulo esercitata dai ghiacciai pleistocenici che, mobilizzando considerevoli quantità di materiale proveniente dal proprio bacino d'alimentazione, è responsabile della formazione di cordoni morenici, ben evidenti alcune decine di km a Nord del capoluogo; dall'altro, l'azione erosiva dei torrenti proglaciali che, rimodellando la superficie topografica durante la fase di ritiro dei ghiacciai, danno luogo a morfologie depresse dalla tipica forma di valloni, a fondo debolmente concavo.

Connessa alle dinamiche erosive, è la genesi dei terrazzi che, insieme ai rilievi morenici ed alle depressioni, caratterizzano l'aspetto del territorio di origine glaciale.

Il paesaggio periglaciale, che costituisce un ambiente climatico di tipo arido freddo, è soggetto all'azione di intense correnti eoliche, favorita dalla scarsità di vegetazione: nelle zone di accumulo, costituite da aree riparate dal vento, si determina la sedimentazione di materiali fini e molto ben classati, denominati *loess*. Tali depositi sono caratterizzati dalla netta predominanza nella composizione tessiturale di limi, dal tipico colore giallastro, ed assumono talora spessore pluri-metrico. Il diverso grado di alterazione dei *loess* e la pedogenesi ad essi connessa, sono un buon indice dell'età dei depositi glaciali *s.l.* cui sono correlati, favorendo così la ricostruzione della cronologia degli eventi susseguitisi nell'area.

Più in dettaglio, nell'area in esame sono presenti le seguenti unità (tav. 1 Carta geologica e geomorfologica):

Depositi fluvioglaciali (Pleistocene medio-sup.): costituiscono l'elemento morfologicamente più rilevato dell'area, con una quota massima pari a 163 m s.l.m., posta nel centro storico di Novara. Il terrazzo rissiano si estende dal nucleo centrale dell'abitato di Novara, culminante a Nord con un apice arrotondato, che si eleva per una decina di metri rispetto al livello circostante della pianura e si allarga lateralmente verso Sud fino al territorio comunale di Garbagna e Vespolate. Nella porzione meridionale il pianoro è inciso da un reticolo di corsi d'acqua minori, talora a carattere effimero, che individua modeste scarpate, con altezze dell'ordine di 3-5 metri.

Dal punto di vista litologico, i sedimenti che lo costituiscono consistono di sabbie e ghiaie arrotondate, alterate, a matrice sabbioso-limosa debolmente argillosa, talora con lenti intercalate limoso-argillose. La copertura è costituita da consistenti depositi loessici e sottostanti paleosuoli policiclici argillificati e rubefatti, con profilo AB₁C (Alfisuoli, secondo la *Soil Taxonomy*), ben osservabili in corrispondenza delle sezioni naturali presenti nella parte meridionale di questa unità fisiografica. Il terrazzo del Pleistocene medio-superiore si raccorda al *Livello Fondamentale della Pianura* mediante sottili fasce colluviali, di mediocri caratteristiche geotecniche e di limitata estensione areale, data la scarsa energia di rilievo.

Depositi fluvioglaciali e fluviali (Pleistocene superiore): costituiscono il *Livello Fondamentale della Pianura*, nell'accezione introdotta da Petrucci e Tagliavini (1969), per definire i depositi riferibili all'ultima fase di colmamento della pianura, avvenuta nel corso del Pleistocene superiore, ad opera di apparati fluviali di notevoli dimensioni. Studi condotti successivamente da M. Cremaschi (1987), permettono di datare in maniera più circostanziata, in funzione di osservazioni pedologiche e paleontologiche, la messa in posto di

questi depositi, attribuendoli al tardo Pleistocene, in concomitanza con la formazione delle morene frontali dell'apparato gardesano e, in particolare, con la fase di Solferino. Inoltre gli studi morfologici proposti da M. Marchetti (1990) individuano i principali corsi d'acqua attuali della Pianura Padana come *underfit streams*, ovvero corsi d'acqua sotto-alimentati rispetto alle dimensioni dei corrispondenti solchi vallivi pleistocenici; tali studi, applicabili anche all'ambito del Ticino e quindi dei suoi affluenti, rivelano la presenza, nel tardo Pleistocene, di corsi d'acqua a canali multipli intrecciati, con portate anche di 20 volte maggiori rispetto a quelle attuali. L'assetto definitivo della pianura si realizza in concomitanza della messa a regime dei bacini lacustri prealpini che, riducendo la portata liquida e solida dei fiumi, comporta, nel periodo pre-Atlantico, un'intensa fase erosiva con conseguente incisione dei solchi vallivi attuali.

I sedimenti del *Livello Fondamentale della Pianura* sono costituiti da ghiaie e sabbie, da poco a per nulla alterate, ben classate e discretamente arrotondate. I ciottoli hanno dimensioni medie intorno a qualche cm, con matrice generalmente sabbiosa grossolana, di colore grigio-giallastro. I clasti sono prevalentemente di natura cristallina e metamorfica. I sedimenti presentano una copertura pedogenetica metrica o sub-metrica, costituita da Inceptisuoli. La morfologia di questo terrazzo è caratterizzata dalla uniformità delle quote topografiche, attestate in questo specifico settore interessato dall'opera in progetto, intorno ai 138-142 m s.l.m. ed a tratti interrotta dalle incisioni oloceniche dei corsi d'acqua attuali.

Depositi fluviali (Olocene): occupano gli ambiti morfologicamente più depressi del territorio in esame e comprendono i depositi più recenti, di età olocenica, connessi all'attività dei corsi d'acqua attuali.

I sedimenti sono composti in prevalenza da sabbie e ghiaie con rari ciottoli, poco o per nulla alterati, per quanto riguarda gli alvei dei corsi d'acqua e da sabbie limose, in percentuale variabile, per quanto riguarda le aree golenali. Le coperture pedologiche sono caratterizzate da Entisuoli, di spessore generalmente molto limitato; nelle aree a dinamica attiva, la copertura pedogenetica è assente.

4. DISSESTI TORRENTIZI

Comune di Novara

Relativamente alla porzione di territorio comunale interessata dall'opera in progetto, si segnala la presenza di una limitata area agricola, ubicata in prossimità dell'intersezione con il Cavo Cattedrale, soggetta nel 2002 ad allagamento per tracimazione del reticolo irriguo.

Tale area è stata inserita in classe IIa nella Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica del PRGC di Novara, come evidenziato in precedenza e soggetta a prescrizioni specifiche per le nuove edificazioni.

L'attuazione della Direttiva 2007/60/CE (Direttiva Europea Alluvioni) con D.Lgs 49/2010, ha portato all'elaborazione da parte di AdBPo e Regione Piemonte di mappe di pericolosità e di rischio da alluvione con associato il Progetto di Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, di cui si riporta in stralcio, nella Carta geomorfologica allegata, la porzione cartografica che interessa il tracciato in progetto.

Una recente comunicazione della Regione Piemonte fornisce un'interpretazione cautelare delle nuove norme del PAI, attualmente in fase di adozione, emanate per il coordinamento tra pianificazione di bacino esistente (PAI) ed i contenuti del PGRA (Piano Gestione Rischi Alluvione).

Nello specifico, per il reticolo idrografico secondario dei Comuni con strumento urbanistico già adeguato al PAI, valgono le norme di uso del suolo contenute nello strumento urbanistico, secondo la seguente codifica:

- Aree Ee del PAI = aree H delle mappe di pericolosità del PGRA;
- Aree Eb del PAI = aree M delle mappe di pericolosità del PGRA;
- Aree Em del PAI = aree L delle mappe di pericolosità del PGRA.

Nello stralcio cartografico della Carta della pericolosità da alluvione, inserito nella tav.1 Carta geomorfologica allegata alla presente relazione, risulta indicata come **L-Rara** l'area allagata per tracimazione del reticolo irriguo precedentemente citata, in piena congruenza con la perimetrazione del PRG, a cui si associa la disciplina normativa contenuta nelle NtA per la Classe IIa.

Comune di Casalino

Per il tratto considerato, non risultano dissesti segnalati nelle tavole di PRG o in quelle della Direttiva Alluvioni.

5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico, l'area è sita poco a monte della cosiddetta *linea dei fontanili*, alimentata da una falda freatica superficiale, con marcate oscillazioni su base stagionale influenzate dalle pratiche irrigue. L'andamento generale della falda freatica è NNW-SSE (tav. 2 carta Geoidrologica), contraddistinto da locali e talora marcate diversioni, con un evidente asse drenante sotterraneo collocato ad est di Cameriano.

Il gradiente idraulico medio dell'acquifero freatico è nell'ordine del 2-3‰, con un valore di permeabilità stimato pari a $9 \times 10^{-5} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ed un valore di trasmissività uguale a $2 \times 10^{-3} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$.

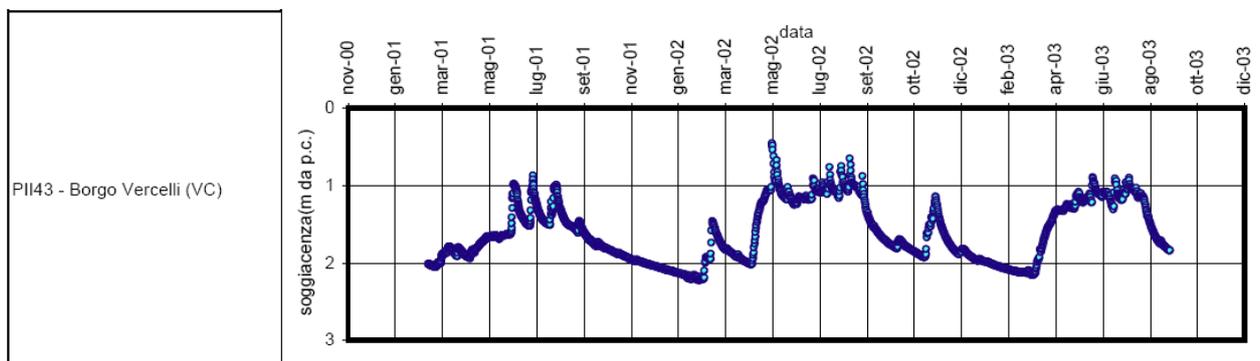
Il confronto tra freatimetria desunta dagli elaborati tematici di PRG e l'elaborato del PTA (Piano Tutela Acque) relativo all'acquifero superficiale mostra una differenza nell'andamento delle isolinee in corrispondenza dell'asse del Torrente Agogna. Negli elaborati di PRGC del Comune di Novara la falda freatica presenta un andamento piuttosto regolare; nell'elaborato del PTA appare una spiccata inflessione in corrispondenza del T. Agogna.

Tale differenza rispetto alla freatimetria del PRG può essere imputabile alle diverse condizioni dei rapporti reciproci tra falda e corso d'acqua, funzione di differenti epoche di misurazione della soggiacenza e della variabilità nel regime delle portate del corso d'acqua.

Si possono dunque presentare le condizioni con falda e T. Agogna in sostanziale equilibrio, con una lieve tendenza dell'Agogna ad alimentare la falda, oppure con la falda soggetta ad azione drenante da parte del corso d'acqua.

La soggiacenza media risulta bassa, essendo nell'ordine di 2 m circa a Cameriano a 4 m circa nel settore ovest di Novara ed è caratterizzata da oscillazioni stagionali nell'ordine di almeno 1-2 m.

Per ricostruire le oscillazioni della falda freatica si è fatto riferimento, innanzitutto, al grafico contenuto nelle schede del PTA regionale, il quale mostra l'andamento della falda nel periodo febbraio 2001 – settembre 2003 per il vicino piezometro di Borgo Vercelli (vedi sotto). Dal grafico si nota come i picchi di risalita della falda siano localizzati nel periodo aprile-settembre, in concomitanza con la stagione irrigua, mentre i massimi di soggiacenza sono attestati nel periodo invernale, con occasionali risalite nel mese di novembre. Dal grafico si evince inoltre che la soggiacenza si avvicina, nei periodi di minima, al piano campagna.



Sono stati inoltre esaminati i dati di soggiacenza relativi al piezometro di monitoraggio dell'AIES di Novara, di seguito proposti, ubicato a Cameriano.

ASSOCIAZIONE IRRIGAZIONE EST SESIA

CONSORZIO DI IRRIGAZIONE E DI BONIFICA
28100 NOVARA - VIA NEGRONI, 7
Tel. 0321.675211 - Fax 0321.398458
E-mail: estsesia@msoft.it - Casella Postale N° 152

Stazione piezometrica n. 25B, CAMERIANO (fino al 18/6/1998)

Quota terreno: 138,96 m s.l.m.- livelli massimi e minimi annuali della falda (m s.l.m.)
Quota punto riferimento 139,36 m s.l.m.
Altezza punto riferimento 0,40 m
Coordinate U.T.M. 464 000 E 5 027 320 N

	Massimo	Data	Minimo	Data
1996	137,38	28-lug	136,31	28-mar
1997	137,26	08-ago	136,16	05-nov
1998	137,16	18-apr	136,07	08-mar

A partire dal 22 giugno 1998, le rilevazioni di questo pozzo vengono effettuate da una nuova quota dello stesso punto di riferimento, inferiore di 14 cm rispetto al precedente (vecchio riferimento 139,36 m s.l.m., nuovo riferimento 139,22 m s.l.m.) Le successive letture vengono trasferite al pozzo ora definito n. 25C CAMERIANO

Stazione piezometrica n. 25C, CAMERIANO (dal 22/6/1998)

Quota terreno: 138,96 m s.l.m.- livelli massimi e minimi annuali della falda (m s.l.m.)
Quota punto riferimento 139,22 m s.l.m.
Altezza punto riferimento 0,40 m
Coordinate U.T.M. 464 000 E 5 027 320 N

	Massimo	Data	Minimo	Data
1998	137,19	28-lug	136,20	28-dic
1999	137,24	12-ago	136,10	25-mar
2000	137,42	08-ago	135,90	22-mar

Come è possibile osservare, la soggiacenza per il piezometro di Cameriano varia da un massimo di circa 3,3 m dal p.c. in marzo ad un minimo di 1,8 m in agosto.

Nel corso di indagini geognostiche effettuate dallo scrivente in via Carella e in via Peltrengo a Cameriano, è stata rilevata una soggiacenza della falda pari rispettivamente a 1.50 m da p.c. nell'ottobre 2012 e pari a 1.30 m nel febbraio 2012.

Va inoltre ricordato che la presenza di numerose opere irrigue di canalizzazione può comportare variazioni anche più marcate della soggiacenza a scala locale, legate a fenomeni di perdite di subalveo dei corsi d'acqua stessi.

Incrociando le quote della CTR Intesa Gis con linee isofreatiche riportate nella tav. 2 – Carta Geoidrologica, lungo il tracciato fognario in progetto, si ottengono soggiacenze comprese tra circa 1.5 m presso Cameriano e circa 4 m al termine del tracciato in Comune di Novara.

Tenendo conto delle approssimazioni relative alla precisione delle quote CTR ed ai valori delle misurazioni di soggiacenza e riportando le quote della superficie freatica sui profili di progetto, si può osservare che, nel tratto iniziale in frazione Cameriano, la quota di fondo tubo e la porzione inferiore di alcuni pozzetti si approssimano al pelo libero della falda freatica.

La situazione stratigrafica evidenziata dalle perforazioni profonde dei pozzi idropotabili, presenta nell'area in esame una sequenza suddivisibile in due litozone principali: la prima, più superficiale (da p.c. fino a circa 30-

40 m dal p.c.), caratterizzata da alternanze di sedimenti a granulometria medio-fine e grossolana e relativa a facies fluviali/fluvioglaciali del Pleistocene superiore, ed una seconda, profonda (da 30-40 m fino a circa 300 m, massima quota raggiunta in corrispondenza del pozzo presso il municipio di Casalino), costituita da argille e sabbie, relative a facies fluviali del Pleistocene medio-inferiore e Villafranchiane.

La litozona più superficiale è sede dell'acquifero freatico mentre l'acquifero profondo è contenuto nella litozona argilloso-sabbiosa; questo acquifero, classificabile come acquifero multifalda, è captato da tutti i pozzi comunali e dai pozzi privati profondi.

L'acquifero profondo, è captato da tutti i pozzi comunali e dalla gran parte dei pozzi privati profondi. Il livello piezometrico medio è nell'ordine dei 3 m circa dal p.c. nei pressi del sito in esame, con un andamento generale delle linee isopiezometriche ovest-est; i parametri idrodinamici, determinati in alcune prove di collaudo di alcuni pozzi comunali, indicano una permeabilità di $3,4 \times 10^{-4} \text{ m s}^{-1}$ ed una trasmissività di $2,0 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

Gli elaborati della base dell'acquifero superficiale della Regione Piemonte (D.D. 900 del 3/12/2012) indicano la presenza di un orizzonte di separazione tra l'acquifero superficiale e gli acquiferi profondi a quote comprese tra 100 e 115 m s.l.m. (ovvero pari a circa 30-40 m di profondità dal p.c.).

Per una maggiore definizione dei caratteri litostratigrafici locali, è stata redatta una sezione stratigrafica (tav. 3 – Sezione litostratigrafica), correlando i dati di due captazioni private e del pozzo idropotabile di Cameriano.

6. INQUADRAMENTO SISMICO GENERALE

Il sito in esame è compreso in Zona 4 della Classificazione sismica dei Comuni italiani, come desumibile dallo stralcio dalla "Classificazione sismica dei Comuni italiani".

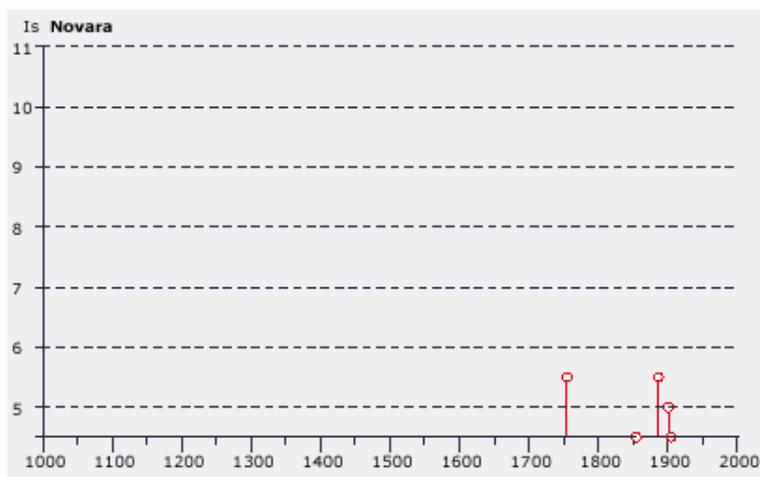
Regione	Province	Codice Istat	Denominazione	Classificazione_2010
Piemonte	Novara	1003040	Casalino	4
Piemonte	Novara	1003106	Novara	4

La consultazione del catalogo DBMI04, dal sito INGV, (*Stucchi et alii. (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/> Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38.*) ha fornito i seguenti dati per il Comune di Novara:

Storia sismica di Novara [45.446, 8.623]

Numero di eventi: 16

Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
5-6	1755	12	09	13	30	Vallese	74	8	5.90
3	1796	10	22	04		Emilia orientale	26	7	5.63
3-4	1854	12	29	01	45	Liguria occidentale	86	7-8	5.77
4-5	1855	07	25	12		Vallese	52	8-9	5.81
3	1885	02	26	20	48	SCANDIANO	78	6	5.22
5-6	1887	02	23	05	21	Liguria occidentale	1515	10	6.29
4	1891	06	07	01	06	Valle d'Illasi	403	9	5.71
5	1901	10	30	14	49	Salo'	191	8	5.67
4-5	1905	04	29	01	46	Alta Savoia	267	7-8	5.79
F	1913	12	07	01	28	NOVI LIGURE	56	5	4.72
F	1914	10	26	03	45	TAVERNETTE	67	7	5.36
3	1929	04	20	01	09	Bolognese	628	8	5.55
2	1947	02	17	00	12	Alpi occidentali	282	5-6	4.90
3	1951	05	15	22	54	LODIGIANO	126	6	5.24
4	1972	10	25	21	56	PASSO CISA	198	5	4.95
3-4	1983	11	09	16	29	Parmense	835	7	5.10



Il territorio di Novara nel catalogo parametrico CPTI04 degli eventi sismici storici presenta la seguente serie così rappresentata in ordine cronologico:

<i>intensità</i>	<i>Data</i>	<i>ora</i>	<i>Denominazione del sisma</i>	<i>Intensità</i>	<i>Magnitudo</i>
5-6	09.12.1755	13:30	vallese	8	5,90
3	22.10.1796	04:00	Emilia orientale	7	5,63
3-4	29.12.1854	01:45	Liguria occidentale	7-8	5,77
4-5	25.07.1855	12:00	Vallese	8-9	5,81
3	26.02.1885	20:48	Scandiano	6	5,22
5-6	23.02.1887	05:21	Liguria occidentale	10	6,29
4	07.06.1891	01:06	Valle d'Ilasi	9	5,71
5	30.10.1901	14:29	Salò	8	5,67
4-5	29.04.1905	01:46	Alta Savoia	7-8	5,79
F	07.12.1913	01:28	Novi Ligure	5	4,72
F	26.10.1914	03:45	Tavernette	7	5,36
3	20.04.1929	01:09	bolognese	8	5,55
2	17.02.1947	00:12	Alpi occidentali	5-6	4,90
3	15.05.1951	22:54	lodigiano	6	5,24
4	25.10.1972	21:56	Passo Cisa	5	4,95
3-4	09.11.1983	16:29	parmense	7	5,10

Il quadro delle zone sismogenetiche, tratto dal Rapporto conclusivo del Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza O.P.C.M. 20.03.03 n. 3274) dell'Istituto Nazionale di geofisica e Vulcanologia, è rappresentato nella seguente carta della zonazione sismogenetica ZS9, in riferimento alla quale la zona in esame si colloca nella zona background.

Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03 n. 3274)
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

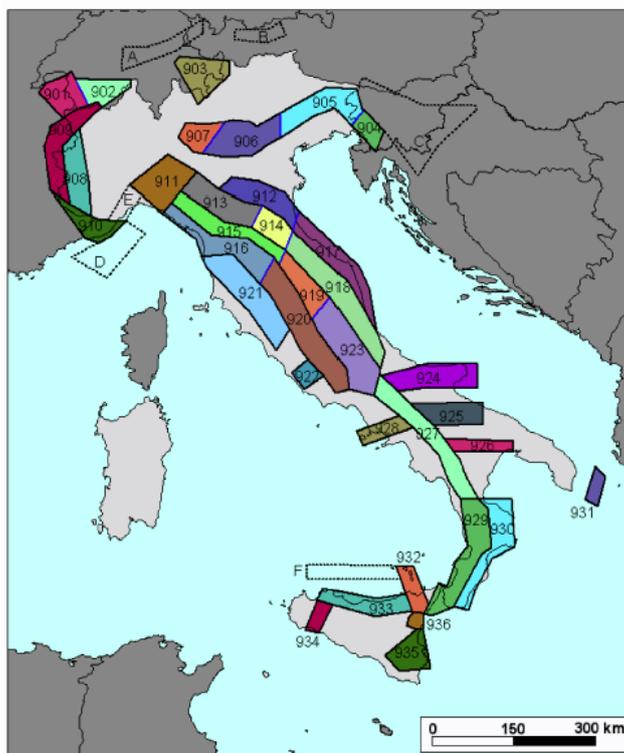


Figura 2 - Zonazione sismogenetica ZS9. Le diverse zone sono individuate da un numero; le zone indicate con una lettera non sono state utilizzate per la valutazione della pericolosità sismica. Il significato del colore (blu o nero) dei bordi delle zone è spiegato nel testo. Il colore delle zone non è invece significativo.

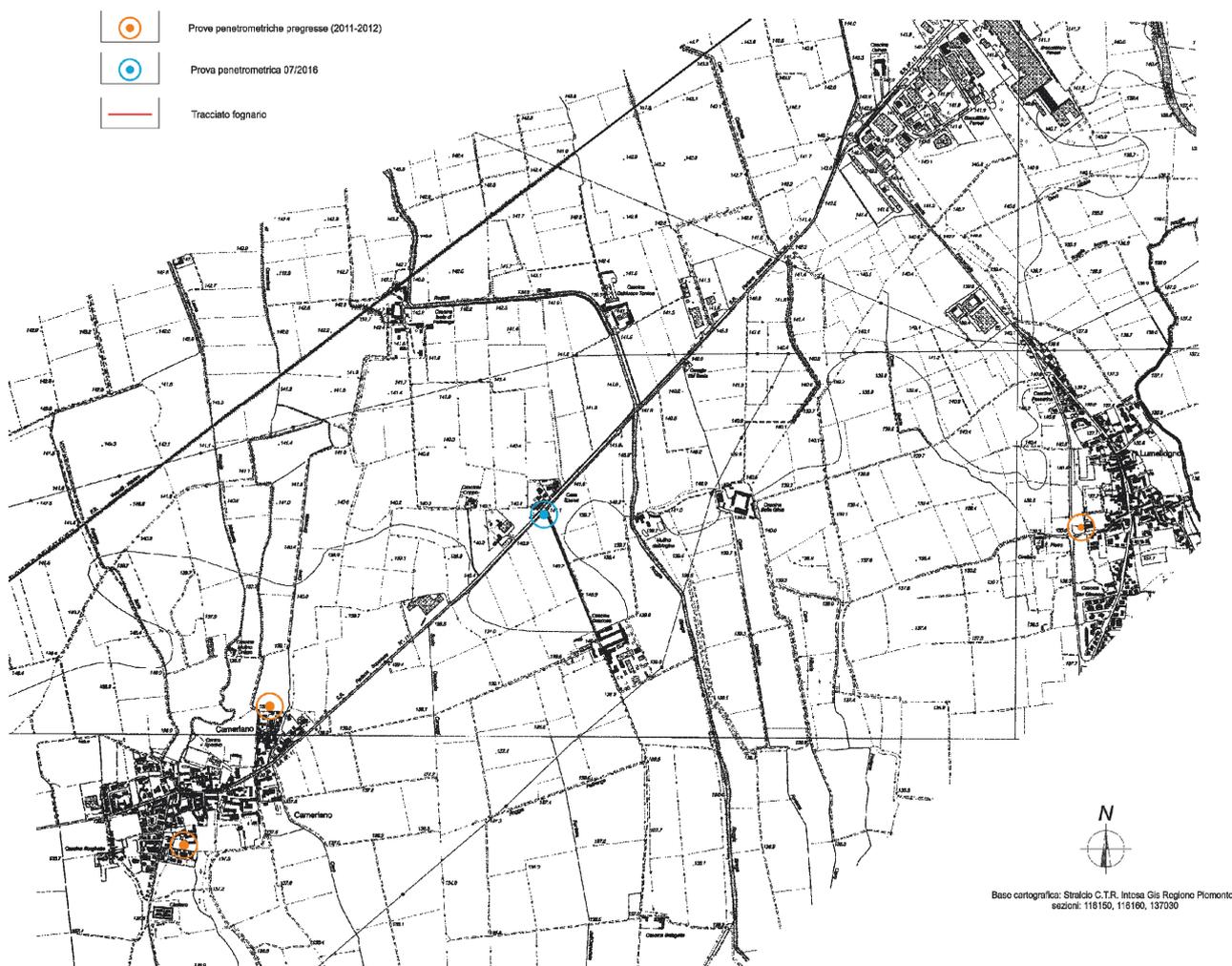
E' stata inoltre effettuata una ricerca storica degli episodi sismici che possono aver interessato la zona in passato. A tale scopo è stato consultato il sito Internet dell'Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia.

**Massime intensità macrosismiche
osservate nella provincia di Novara**

Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	Imax
AGRATE CONTURBIA	1	3	1	45.67694	8.55117	<= 6
AMENO	1	3	2	45.78816	8.43967	<= 6
ARMENO	1	3	6	45.82154	8.44052	<= 6
ARONA	1	3	8	45.75337	8.55518	<= 6
BARENGO	1	3	12	45.57441	8.51247	<= 6
BELLINZAGO NOVARESE	1	3	16	45.57100	8.64244	<= 6
BIANDRATE	1	3	18	45.45277	8.46427	<= 6
BOCA	1	3	19	45.67908	8.40756	<= 6
BOGOGNO	1	3	21	45.66539	8.53406	<= 6
BOLZANO NOVARESE	1	3	22	45.76319	8.44368	<= 6
BORGOLAVEZZARO	1	3	23	45.31856	8.69773	<= 6
BORGOMANERO	1	3	24	45.69920	8.46052	<= 6
BORGO TICINO	1	3	25	45.68763	8.60265	<= 6
BRIGA NOVARESE	1	3	26	45.73296	8.45159	<= 6
BRIONA	1	3	27	45.54133	8.47901	<= 6
CALTIGNAGA	1	3	30	45.51691	8.58915	<= 6
CAMERI	1	3	32	45.50093	8.66227	<= 6
CARPIGNANO SESIA	1	3	36	45.53390	8.41837	<= 6
CASALBELTRAME	1	3	37	45.43635	8.46780	<= 6
CASALEGGIO NOVARA	1	3	39	45.48623	8.49287	<= 6
CASALINO	1	3	40	45.35716	8.52360	<= 6
CASALVOLONE	1	3	41	45.39910	8.46556	<= 6
CASTELLAZZO NOVARESE	1	3	42	45.51376	8.48863	<= 6
CASTELLETTO SOPRA TICINO	1	3	43	45.71426	8.63574	<= 6
CAVAGLIETTO	1	3	44	45.60171	8.50231	<= 6
CAVAGLIO D`AGOGNA	1	3	45	45.61067	8.48628	<= 6
CAVALLIRIO	1	3	47	45.66336	8.39686	<= 6
CERANO	1	3	49	45.40889	8.78046	<= 6
COLAZZA	1	3	51	45.79178	8.49827	<= 6
COMIGNAGO	1	3	52	45.71204	8.56083	<= 6
CRESSA	1	3	55	45.64671	8.50855	<= 6
CUREGGIO	1	3	58	45.67536	8.46082	<= 6
DIVIGNANO	1	3	60	45.66077	8.60066	<= 6
DORMELLETO	1	3	62	45.73015	8.57144	<= 6
FARA NOVARESE	1	3	65	45.55448	8.45835	<= 6
FONTANETO D`AGOGNA	1	3	66	45.64164	8.48225	<= 6
GALLIATE	1	3	68	45.47677	8.69574	<= 6
GARBAGNA NOVARESE	1	3	69	45.38644	8.66045	<= 6
GARGALLO	1	3	70	45.72855	8.42540	<= 6
GATTICO	1	3	71	45.70923	8.51779	<= 6
GHEMME	1	3	73	45.59754	8.42074	<= 6
GOZZANO	1	3	76	45.74736	8.43377	<= 6
GRANOZZO CON MONTICELLO	1	3	77	45.35976	8.57393	<= 6
GRIGNASCO	1	3	79	45.68492	8.33613	<= 6
INVORIO	1	3	82	45.75698	8.48463	<= 6
LANDIONA	1	3	83	45.49568	8.42227	<= 6
LESA	1	3	84	45.82256	8.55846	<= 6
MAGGIORA	1	3	88	45.69044	8.42008	<= 6
MANDELLO VITTA	1	3	90	45.49443	8.45991	<= 6
MARANO TICINO	1	3	91	45.62928	8.63307	<= 6
MASSINO VISCONTI	1	3	93	45.82260	8.53784	<= 6
MEINA	1	3	95	45.79039	8.53607	<= 6
MEZZOMERICO	1	3	97	45.61914	8.60582	<= 6
MIASINO	1	3	98	45.80246	8.42973	<= 6
MOMO	1	3	100	45.57282	8.55444	<= 6
NEBBIUNO	1	3	103	45.80652	8.52368	<= 6
NIBBIOLA	1	3	104	45.37026	8.65698	<= 6
NOVARA	1	3	106	45.44569	8.62295	<= 6

7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la definizione preliminare dei parametri geotecnici dei terreni presenti in sito si è fatto riferimento a dati relativi ad indagini geognostiche pregresse effettuate dallo scrivente, relativi a pozzetti stratigrafici e a prove penetrometriche dinamiche eseguite negli immediati dintorni del sito in esame.



La caratterizzazione geotecnica dell'area di interesse, in termini generali, è riassumibile come segue:

Cameriano Via Carella falda – 1.5 m ott. 2012

STRATO	PROF. m	N _{SPT}	D _R %	Φ ['] °	γ t/m ³
Riporto	0.0 – 0.6	12	38	28.4	1.7
Suolo e limo sabbioso	0.6 – 1.5	3	11.3	21.7	1.6
Alternanze sabbia deb. Limosa – sabbia ghiaiosa	1.5 – 7.5	10	32	27.1	1.7
Sabbia con ghiaia	7.5 - 9.0	23	55	33.6	1.9

Cameriano Via Peltrengo falda – 1.3 m febb. 2012

STRATO	PROF. m	N _{SPT}	D _R %	Φ°	γ t/m ³
Limo sabbioso	0.0 – 3.3	4	15	22.7°	1.6
Sabbia con ghiaia e ciottoli	3.3 – 5.1	34	69	37.6°	1.9
Sabbia ghiaiosa	5.1 – 7.2	17	45.5	31°	1.8

Lumellogno Via Cimitero falda -3.3 m sett. 2005

STRATO	PROF. m	N _{SPT}	D _R %	Φ°	γ t/m ³
sabbia limosa	0.0 - 2.4	4	15	23	1.6
Sabbia ghiaiosa	2.0 - 5.1	13	40	29	1.8
Sabbia con ghiaia	5.1 – 7.5	24	56	34	1.9

In data 25/07/2016 è stata effettuata una prova penetrometrica dinamica, con penetrometro leggero Pagani DPM 30-20, presso la località Case Sparse. La scelta di utilizzo di un'attrezzatura portatile è stata dettata dall'impossibilità di accedere ai terreni agrari, occupati da risaie in sommersione, con un penetrometro pesante. Con l'attrezzatura leggera è stato invece possibile effettuare la prova al bordo della strada vicinale che conduce a C.na Graziosa. Una ulteriore prova è stata effettuata presso il mobilificio Righetti ma è andata a rifiuto a circa 50 cm di profondità e pertanto non viene rappresentata.

Per quanto tale tipo di penetrometro fornisca solo indicazioni di massima, i risultati ottenuti sono comunque utili nella definizione della sequenza stratigrafica a cui associare una parametrizzazione geotecnica.

Il penetrometro dinamico medio leggero DPM30-20 della Ditta PAGANI possiede le seguenti caratteristiche:

- *diametro della punta = 35.6 mm*
- *angolo della punta = 60°*
- *area della base della punta conica = 10 cm²*
- *diametro delle aste = 20 mm*
- *lunghezza delle aste = 100 cm*
- *peso delle aste = 2.4 kg*
- *peso del maglio = 30 kg*
- *altezza di caduta = 200 mm*
- *penetrazione di riferimento = 100 mm*

L'energia cinetica propria di ciascun colpo è il prodotto della massa del maglio (M) per l'accelerazione di gravità (g) e per l'altezza di caduta (H).

I risultati di differenti prove penetrometriche dinamiche possono essere presentati (e/o paragonati) come valori di resistenza r_d secondo la seguente formula:

$$r_d = \frac{M \cdot g \cdot H}{A \cdot e}$$

dove:

- *A è l'area della sezione trasversale della base della punta conica*
- *e è la penetrazione media per colpo.*

MODALITÀ DI INTERPRETAZIONE DEI DATI

Il penetrometro utilizzato rispetta lo standard italiano vigente per i penetrometri medio-leggeri, quindi è possibile utilizzare tutta la letteratura prodotta per le prove SPT.

Prima di poter essere utilizzato per ricavare i parametri geotecnici dei terreni attraversati, il valore di N_{SPT} deve, tuttavia, essere oggetto di normalizzazione, al fine di eliminare l'influenza della pressione del terreno sovrastante e di quella indotta dal dispositivo di battitura delle aste.

NORMALIZZAZIONE RISPETTO ALLA PRESSIONE DEL TERRENO.

Dato che la resistenza alla penetrazione aumenta in modo lineare con la profondità, quindi nel caso di densità relativa costante, all'aumentare della tensione verticale efficace, è necessario operare una correzione riferendo i valori di N ad una pressione verticale efficace di 1 kg/cm^2 secondo la formula:

$$N_1 = C_N \cdot N$$

dove N è il numero di colpi misurati;
 N_1 è il valore di N riferito ad un valore unitario di σ'_{v0} ;
 $C_N = 1 / \sigma'_{v0}{}^{(n)}$
 Con $n = 0.5$ (Liao e Whitman, 1985).

E' possibile utilizzare anche la relazione di Skempton (1986) per sabbie fini:

$$C_N = \frac{2}{1 + \sigma'_{v0}/100}, \text{ e per sabbie grossolane: } C_N = \frac{3}{2 + \sigma'_{v0}/100}, \text{ che}$$

enfaticano meno i valori di C_N per bassi valori di pressione efficace.

NORMALIZZAZIONE RISPETTO AL DISPOSITIVO DI BATTITURA

Normalmente il rendimento dei dispositivi utilizzati per le prove SPT è pari al 60% dell'energia cinetica nominale (473.4 Joule) della massa di un maglio di 63.5 kg che cade da un'altezza di 760 mm: poiché nel caso specifico il rendimento presenta valori pari al 60% circa rispetto alla prova SPT, si rende indispensabile effettuare una correzione secondo la relazione:

$$N_{60} = \frac{ER_{iM}}{60} \cdot N$$

N_{60} = numero di colpi corretto per riferirlo ad un rendimento del 60%;
 ER_{iM} = rendimento medio espresso in percentuale;
 N = numero di colpi misurato.

NORMALIZZAZIONE RISPETTO ALLA LUNGHEZZA DELLE ASTE

L'energia può anche essere dispersa a causa della lunghezza delle aste, infatti se questa è minore di 10 m, i fattori di correzione mostrati in fig. 2.8 possono essere applicati al numero dei colpi per sabbia; per aste più lunghe di 10 m, nessuna correzione viene applicata.

Lunghezza delle aste	Fattore di correzione λ
>10	1.0
6-10	0.95
4-6	0.85
3-4	0.75

Tab. 2.8 Fattori di correzione in sabbia dovuti alla lunghezza delle aste

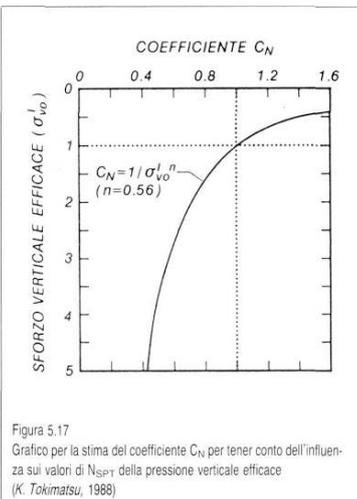


Figura 5.17
 Grafico per la stima del coefficiente C_N per tener conto dell'influenza sui valori di N_{SPT} della pressione verticale efficace (K. Tokimatsu, 1988)

PARAMETRI RICAVABILI

DENSITÀ RELATIVA (DR)

Disponendo del valore normalizzato di NSPT [(N₁)₆₀], la migliore classificazione risulta quella proposta da Terzaghi e Peck (1948) e da Skempton (1986), utilizzando la correlazione $(N_1)_{60}/D_r^2 = 60$, per $D_r > 35\%$:

DENSITÀ RELATIVA	D_R	$(N_1)_{60}$ (COLPI/300 mm)
Molto sciolta	0 – 15	0 – 3
Sciolta	15 – 35	3 – 8
Media	35 – 65	8 – 25
Densa	65 – 85	25 – 42
Molto densa	85 – 100	42 – 58

Ai valori ottenuti è necessario apportare una riduzione di 55/60, nel caso di sabbie fini, ed un incremento di 65/60 nel caso di sabbie grossolane.

Bazaraa (1967) ha proposto una formula che tiene conto dei valori effettivi di N misurati in sito a parità di densità relativa, per tenere in considerazione la tensione verticale efficace, i fenomeni di aging, la cementazione, ecc.:

$$D_r^2 = \frac{N}{20 \cdot (1 + 4.1 \cdot \sigma'_{vo})} \text{ per } \sigma'_{vo} \leq 0.732 \text{ kg/cm}^2;$$

$$D_r^2 = \frac{N}{20 \cdot (3.24 + 1.024 \cdot \sigma'_{vo})} \text{ per } \sigma'_{vo} \geq 0.732 \text{ kg/cm}^2$$

ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (Φ')

Innanzitutto si deve sottolineare che, a causa della variabilità nei valori N_{SPT} , la valutazione della prova in termini di resistenza al taglio deve essere considerata come una stima la cui attendibilità dipende da vari fattori, da valutare attentamente in funzione del contesto in cui si opera.

L'angolo di resistenza al taglio del materiale indagato può essere valutato attraverso due categorie di metodi: i metodi di correlazione diretta $N_{spt}-\phi$ e i metodi di correlazione indiretta.

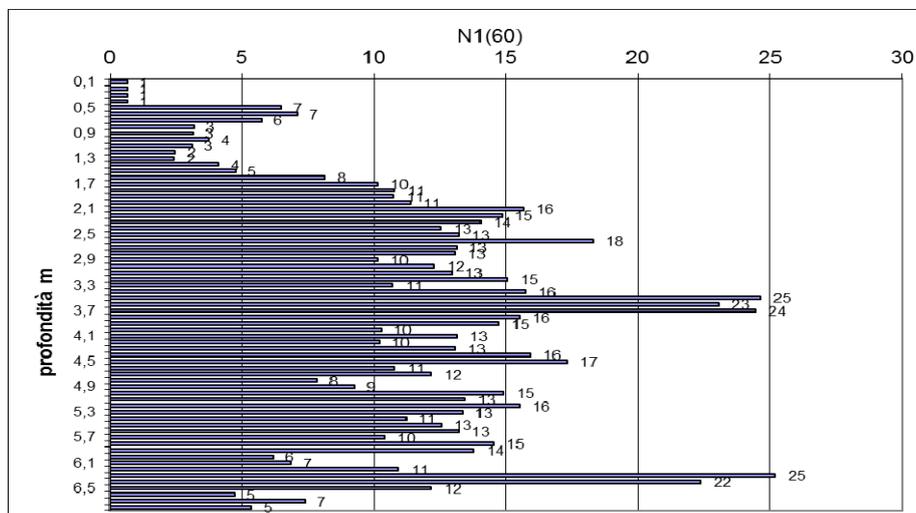
Nel caso in esame è stata scelta la correlazione diretta, utilizzando la formulazione di Yukiitake.

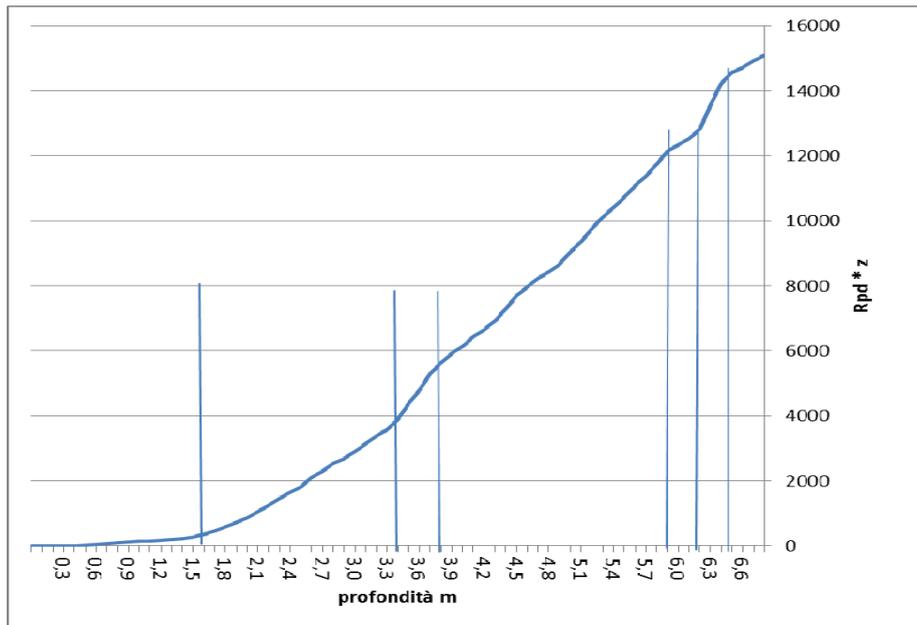
DATI OTTENUTI

Cameriano Case Sparse falda -1.5 m luglio 2016

Prof.	N	peso terreno	tensione totale	pressione neutra	tensione vert. Eff.	CN teorico	CN teorico	CN adottato	Corr. Aste	N1	(N1)60
m	N	t/mc	t/mq	t/mq	kg/cmq	Skempton	Skempton	CN			
						sabbie fini	sabbie grosse				
0,1	1	1,5	0,15		0,015	1,97	1,49	1,49	0,75	1	1
0,2	1	1,5	0,29		0,029	1,94	1,48	1,48	0,75	1	1
0,3	1	1,5	0,44		0,044	1,92	1,47	1,47	0,75	1	1
0,4	1	1,5	0,59		0,059	1,89	1,46	1,46	0,75	1	1
0,5	10	1,8	0,76		0,076	1,86	1,45	1,45	0,75	11	7
0,6	11	1,8	0,94		0,094	1,83	1,43	1,43	0,75	12	7
0,7	9	1,7	1,11		0,111	1,80	1,42	1,42	0,75	10	6
0,8	5	1,7	1,28		0,128	1,77	1,41	1,41	0,75	5	3
0,9	5	1,7	1,45		0,145	1,75	1,40	1,40	0,75	5	3
1,0	6	1,7	1,61		0,161	1,72	1,39	1,39	0,75	6	4
1,1	5	1,7	1,78		0,178	1,70	1,38	1,38	0,75	5	3
1,2	4	1,6	1,94		0,194	1,67	1,37	1,37	0,75	4	2
1,3	4	1,6	2,11		0,211	1,65	1,36	1,36	0,75	4	2
1,4	6	1,7	2,28		0,228	1,63	1,35	1,35	0,85	7	4

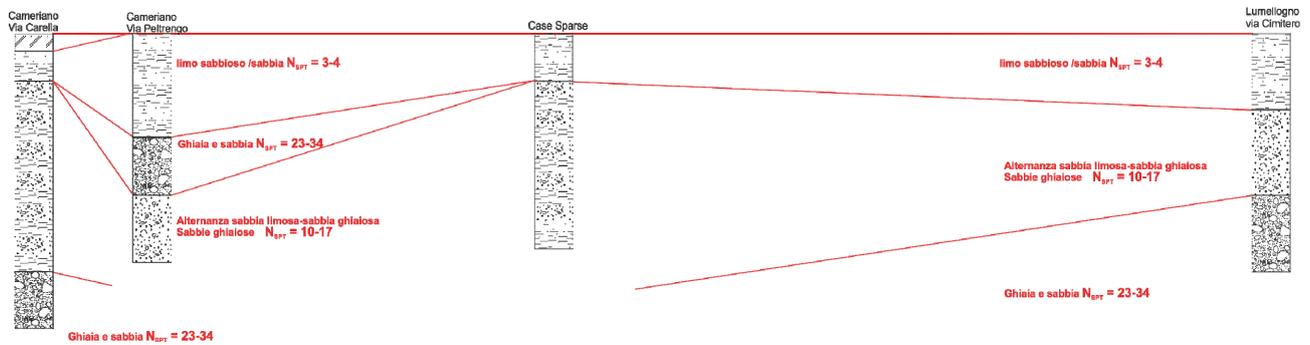
1,5	7	1,7	2,45	0,0	0,245	1,61	1,34	1,34	0,85	8	5
1,6	12	1,8	2,63	0,1	0,253	1,60	1,33	1,33	0,85	14	8
1,7	15	1,8	2,81	0,2	0,261	1,59	1,33	1,33	0,85	17	10
1,8	16	1,8	2,99	0,3	0,269	1,58	1,32	1,32	0,85	18	11
1,9	16	1,8	3,17	0,4	0,277	1,57	1,32	1,32	0,85	18	11
2,0	17	1,8	3,35	0,5	0,285	1,56	1,31	1,31	0,85	19	11
2,1	21	1,8	3,54	0,6	0,294	1,55	1,31	1,31	0,95	26	16
2,2	20	1,8	3,72	0,7	0,302	1,54	1,30	1,30	0,95	25	15
2,3	19	1,8	3,91	0,8	0,311	1,53	1,30	1,30	0,95	23	14
2,4	17	1,8	4,09	0,9	0,319	1,52	1,29	1,29	0,95	21	13
2,5	18	1,8	4,27	1,0	0,327	1,51	1,29	1,29	0,95	22	13
2,6	25	1,9	4,46	1,1	0,336	1,50	1,28	1,28	0,95	31	18
2,7	18	1,8	4,64	1,2	0,344	1,49	1,28	1,28	0,95	22	13
2,8	18	1,8	4,82	1,3	0,352	1,48	1,28	1,28	0,95	22	13
2,9	14	1,8	5,00	1,4	0,360	1,47	1,27	1,27	0,95	17	10
3,0	17	1,8	5,19	1,5	0,369	1,46	1,27	1,27	0,95	20	12
3,1	18	1,8	5,37	1,6	0,377	1,45	1,26	1,26	0,95	22	13
3,2	21	1,8	5,55	1,7	0,385	1,44	1,26	1,26	0,95	25	15
3,3	15	1,8	5,73	1,8	0,393	1,44	1,25	1,25	0,95	18	11
3,4	21	1,8	5,92	1,9	0,402	1,43	1,25	1,25	1,0	26	16
3,5	33	1,9	6,11	2,0	0,411	1,42	1,24	1,24	1,0	41	25
3,6	31	1,9	6,30	2,1	0,420	1,41	1,24	1,24	1,0	38	23
3,7	33	1,9	6,49	2,2	0,429	1,40	1,24	1,24	1,0	41	24
3,8	21	1,8	6,68	2,3	0,438	1,39	1,23	1,23	1,0	26	16
3,9	20	1,8	6,86	2,4	0,446	1,38	1,23	1,23	1,0	25	15
4,0	14	1,8	7,04	2,5	0,454	1,38	1,22	1,22	1,0	17	10
4,1	18	1,8	7,22	2,6	0,462	1,37	1,22	1,22	1,0	22	13
4,2	14	1,8	7,40	2,7	0,470	1,36	1,21	1,21	1,0	17	10
4,3	18	1,8	7,59	2,8	0,479	1,35	1,21	1,21	1,0	22	13
4,4	22	1,9	7,77	2,9	0,487	1,34	1,21	1,21	1,0	27	16
4,5	24	1,9	7,96	3,0	0,496	1,34	1,20	1,20	1,0	29	17
4,6	15	1,8	8,14	3,1	0,504	1,33	1,20	1,20	1,0	18	11
4,7	17	1,8	8,32	3,2	0,512	1,32	1,19	1,19	1,0	20	12
4,8	11	1,8	8,50	3,3	0,520	1,32	1,19	1,19	1,0	13	8
4,9	13	1,8	8,68	3,4	0,528	1,31	1,19	1,19	1,0	15	9
5,0	21	1,8	8,86	3,5	0,536	1,30	1,18	1,18	1,0	25	15
5,1	19	1,8	9,05	3,6	0,545	1,29	1,18	1,18	1,0	22	13
5,2	22	1,9	9,23	3,7	0,553	1,29	1,18	1,18	1,0	26	16
5,3	19	1,8	9,41	3,8	0,561	1,28	1,17	1,17	1,0	22	13
5,4	16	1,8	9,60	3,9	0,570	1,27	1,17	1,17	1,0	19	11
5,5	18	1,8	9,78	4,0	0,578	1,27	1,16	1,16	1,0	21	13
5,6	19	1,8	9,96	4,1	0,586	1,26	1,16	1,16	1,0	22	13
5,7	15	1,8	10,14	4,2	0,594	1,25	1,16	1,16	1,0	17	10
5,8	21	1,8	10,33	4,3	0,603	1,25	1,15	1,15	1,0	24	15
5,9	20	1,8	10,51	4,4	0,611	1,24	1,15	1,15	1,0	23	14
6,0	9	1,7	10,69	4,5	0,619	1,24	1,15	1,15	1,0	10	6
6,1	10	1,8	10,86	4,6	0,626	1,23	1,14	1,14	1,0	11	7
6,2	16	1,8	11,04	4,7	0,634	1,22	1,14	1,14	1,0	18	11
6,3	37	1,9	11,24	4,8	0,644	1,22	1,13	1,13	1,0	42	25
6,4	33	1,9	11,43	4,9	0,653	1,21	1,13	1,13	1,0	37	22
6,5	18	1,8	11,61	5,0	0,661	1,20	1,13	1,13	1,0	20	12
6,6	7	1,7	11,78	5,1	0,668	1,20	1,12	1,12	1,0	8	5
6,7	11	1,8	11,96	5,2	0,676	1,19	1,12	1,12	1,0	12	7
6,8	8	1,7	12,13	5,3	0,683	1,19	1,12	1,12	1,0	9	5





Materiale	Prof. m	Nspt	D _R %	Φ'	γ t/m ³
Suolo e limo sabbioso	0.0 – 1.5	3	21.9	21.6	1.6
Alternanze sabbia limosa e ghiaiosa	1.5 – 6.8	13	46	28.9	1.8

La correlazione tecnico-stratigrafica tra gli orizzonti individuati è di seguito illustrata.



8. PARAMETRAZIONE GEOTECNICA

Il calcolo dei valori caratteristici è stato effettuato con la seguente formula, valida con pochi dati (media ignota e variabilità nota o estrapolabile), per grandi volumi di rottura (5° percentile di distribuzione della media):

$$x_k = \bar{x} - 1.645 \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

- X_k valore caratteristico
- \bar{x} con barra valore medio del parametro geotecnico;
- σ deviazione standard;
- n numero campioni;
- il coefficiente di variazione utilizzato, ottenuto dal rapporto tra deviazione standard e parametro medio, è compreso tra il 5% e il 10% in funzione delle litologie esaminate e della variabilità dei dati di ingresso;
- -1,645: valore fissato dall'EC7, corrispondente a una probabilità di non superamento del 5% in una distribuzione Gaussiana.

Materiale	Nspt	ϕ'	$\Phi'k$	γ t/m ³
Suolo e limo sabbioso	3-4	22.3°	21°	1.6
Alternanze sabbia limosa e ghiaiosa	10-17	29.0°	27°	1.8
Ghiaia e sabbia	23-34	35.1°	32°	1.9

9. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

La normativa prevede che per il sito di costruzione sia verificata la suscettibilità alla liquefazione, quando la falda freatica sia prossima alla superficie ed il terreno comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine.

E' comunque da sottolineare che la verifica può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

1. un valore di magnitudo momento inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0.1 g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub- orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

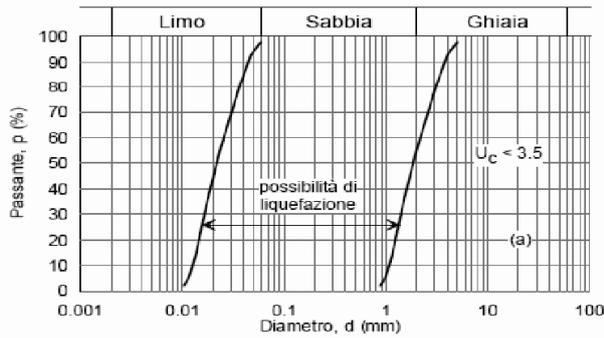


Fig. 7.11.1(a)

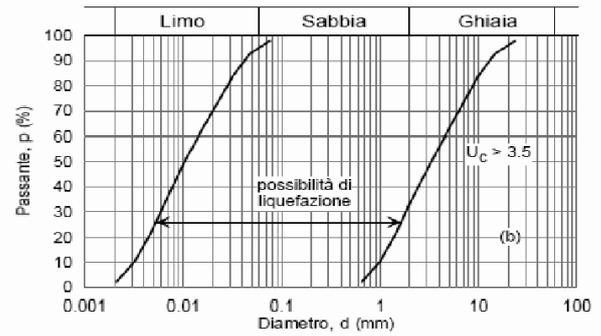


Figura 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

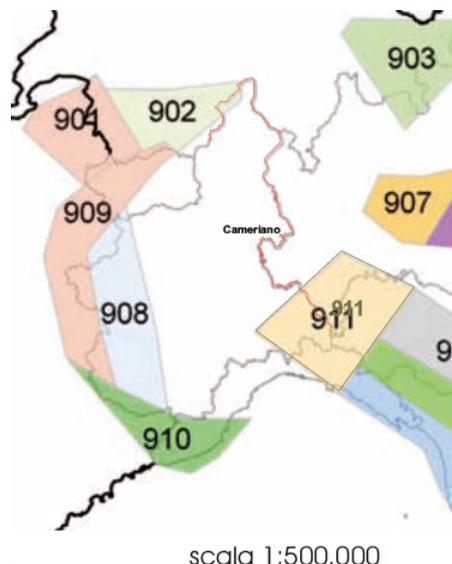
Per quanto riguarda il punto 1, si utilizza quanto proposto nella pubblicazione della Protezione Civile “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica”, capitolo 2.8.2 – Valutazione della Magnitudo.

Sulla base della zonazione simogenetica ZS9, sotto raffigurata, l’area ricade al di fuori delle zone simogenetiche. Pertanto si ricava la minima distanza dalla zona sismica più vicina, con magnitudo massima M_w nota; nel caso in esame la distanza minima (R) dalla zona sismica 911 è di circa 52 km.

Si controlla quindi se la magnitudo M della zona simogenetica è inferiore alla magnitudo fornita dalla relazione $M_s = 1+3\log(R)$.

Tabella 2.8-1 – Valori di M_{wmax} per le zone simogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d’Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29



Per le conversioni da Magnitudo momento M_w a Magnitudo delle onde superficiali M_s , si utilizzano le relazioni di Sabetta e Pugliese:

$$M_s = 1.485 * M_w - 2.880$$

$$M_w = 0.673 * M_s + 1.938.$$

Da cui si ottiene:

$$\text{Zona 911: } M_w = 6.14; M_s = 6.24;$$

$$\text{Cameriano: } M_s = 1 + 3 \log(52) = 6.15.$$

Essendo la magnitudo della zona sismogenetica più vicina superiore a quella calcolata per il sito, la verifica alla liquefazione, in funzione di quanto previsto al punto 1 precedente, risulta necessaria.

In fase di progettazione definitiva/esecutiva tuttavia dovrà essere verificata in dettaglio l'effettiva successione stratigrafica del sito, la composizione granulometrica dei terreni e le accelerazioni massime attese al piano campagna, al fine di confermare od escludere in modo conclusivo la possibilità di effetti di liquefazione.

Il grafico seguente (tratto da *Indirizzi e Criteri per la microzonazione sismica della Protezione Civile*) mostra la relazione esistente tra magnitudo e liquefazione, in funzione della distanza, sulla base di casi storici osservati.

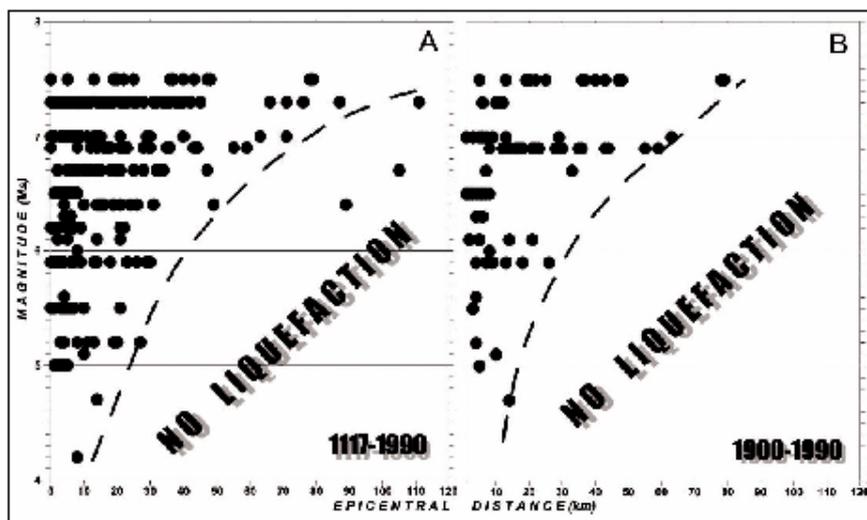


Figura 2.8-6 - Casi osservati di fenomeni di liquefazione in termini di M_s e distanza epicentrale (da Galli, 2000).

10. VERIFICA DEI FRONTI DI SCAVO

Dato che il progetto prevede sbancamenti di una certa entità, con formazione di pareti provvisorie per la posa dei manufatti, è necessario eseguire una verifica dell'altezza critica di scavo, secondo il procedimento proposto da Jambu in termini di tensioni efficaci (ϕ e $c > 0$).

La verifica è stata effettuata nelle condizioni statiche, in quanto la normativa vigente consente di omettere le verifiche sismiche di opere provvisorie o strutture in fase costruttiva quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni.

La verifica è stata condotta utilizzando l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2) con $R2 = 1.1$, introducendo i fattori correttivi previsti dalla normativa.

Per le azioni di progetto si deve far riferimento alla tab. 6.2.I delle NTC/2008:

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Per le resistenze sono stati applicati i fattori correttivi di cui alla tab. 6.2.II:

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Come altre condizioni al contorno si impone:

- assenza di carichi in testa al fronte di scavo.

Secondo tale criterio il Fattore di sicurezza F_s è pari a:

$$F_s = \frac{N_{cf} \cdot c}{\gamma \cdot H}$$

F_s = fattore di sicurezza;

N_{cf} = numero di stabilità;

H = altezza dello scavo;

c (coesione drenata);

γ (peso di volume).

Il numero di stabilità Ncf viene ricavato in forma grafica dall'abaco seguente.

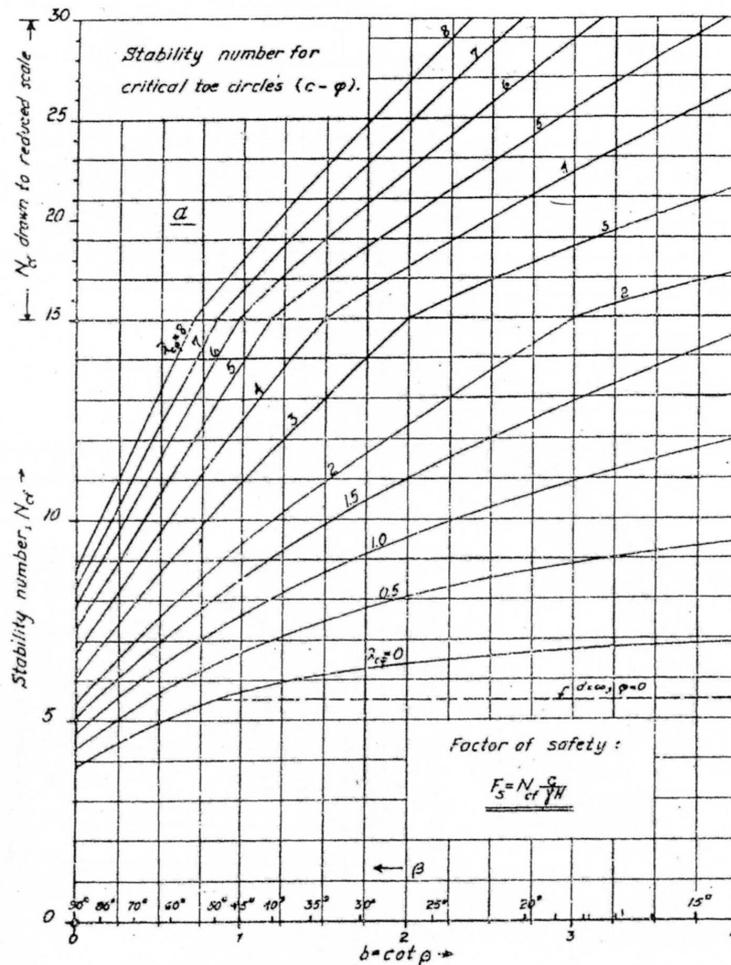


Fig. 3.8 – Numero di stabilità per $\varphi > 0$

Il numero Ncf è funzione dell'inclinazione del pendio (b) e del fattore adimensionale λ_{cf} che si ottiene dall'espressione:

$$\lambda_{cf} = \frac{\gamma \cdot H \cdot \text{tg} \phi}{c}$$

Con ϕ = angolo di attrito del terreno

Di seguito si riportano i risultati del foglio di calcolo (da *Progetti e Calcoli di Geotecnica con Excel* – DEI ed., 2010) per i fronti di scavo dei pozzetti X e Y (che rappresentano le profondità tipiche di scavo per i pozzetti) e per la stazione di pompaggio SP1.

In considerazione della presenza variabile di matrice fine nei vari orizzonti stratigrafici individuati, come osservato nei pozzetti stratigrafici realizzati in concomitanza con le prove penetrometriche dinamiche, precedentemente illustrate, sono stati definiti su base bibliografica i valori di coesione efficace (kPa) da attribuire ai singoli strati (a cui contribuisce, per i sedimenti limosi, anche il fenomeno della coesione apparente).

Tab. 2.1 – Valori tipici della coesione, dell'angolo di attrito e del peso di volume in alcuni tipi di terreno

Tipo	Descrizione	Peso di volume (saturo/secco) (kN/m ³)	Angolo di attrito (°)	Coesione (kPa)
Sabbia	Sabbia non addensata e ben selezionata	19/14	28-34	
	Sabbia addensata e ben selezionata	21/17	32-40	
	Sabbia non addensata, mal selezionata	20/16	34-40	
	Sabbia addensata, mal selezionata	21/18	38-46	
Ghiaia	ghiaia ben selezionata	22/20	34-37	
	sabbia e ghiaia	19/17	45-48	
Argilla	bentonite molle	13/6	7-13	10-20
	argilla organica molto molle	14/6	12-16	10-30
	argilla glaciale molle	17/12	27-32	30-70
	argilla glaciale dura	20/17	30-32	70-150
	tilliti glaciali mal selezionati	23/20	32-35	150-250

Per la stima dei valori caratteristici della coesione, per grandi volumi di rottura e pochi dati, si utilizza la formula di Cox, con un COV pari al 30% e media campione uguale al valore del singolo dato o media popolazione:

$$L_{1-\alpha}(\bar{Y}, S^2) = \bar{Y} + \frac{S^2}{2} \pm z_{1-\alpha/2} * \sqrt{\frac{S^2}{n} + \frac{S^4}{2(n-1)}}$$

Applicando le correzioni previste dalle NTC 2008 (M2) ai parametri geotecnici, si ottengono i seguenti valori adottati nelle verifiche (arrotondati all'unità):

STRATO	Nspt	ϕ'_m	ϕ'_k	ϕ'_d	c' kPa	c'_k kPa	c'_d kPa	Media γ
<i>Limo sabbioso/sabbia limosa</i>	3-4	22.3°	21°	17.1°	20	12	9.6	1.6 t/m ³
<i>Alternanze sabbia limosa e ghiaiosa</i>	10-17	29.0°	27°	22.2°	15	9	7.2	1.8 t/m ³
<i>Ghiaia con sabbia</i>	23-34	35.1°	32°	26.6°	4	2.4	1.9	1.9 t/m ³

Pozzetto X

rif. PPD Via Carella

Somma spessori	2,15
$C_{\text{medio}} =$	8.9
$\gamma_{\text{medio}} =$	16.30
$\Phi_{\text{medio}} =$	18,6

Condizioni con minima soggiacenza -1.5 m da p.c. e con aggottamento

STABILITA' DEI TAGLI

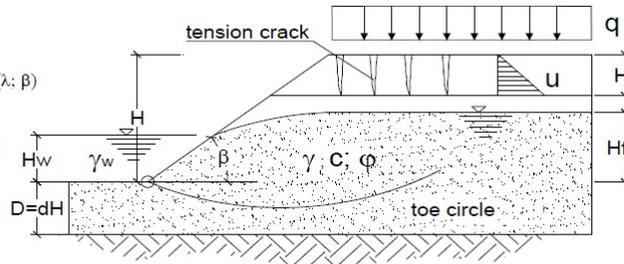
OPERA: [pozzetto .. soggiacenza minima](#)

DATI DI INPUT:

Altezza complessiva del taglio (H):	2.15	[m]
Profondità del substrato (D)	0.00	[m]
<small>(n.b. : quando $\phi' = 0$, la superficie critica risulta tangente al substrato, nel caso si volesse comunque verificare il cerchio di piede inserire "toe"; per $\phi' > 0$ essendo D non essenziale, inserire 0,00 o "-")</small>		
Inclinazione media del taglio (β):	90,00	[°]
Coesione del terreno (c') (n.b.: $c' > 0$):	8,90	[kPa]
Angolo di attrito del terreno (ϕ'):	18,60	[°]
Peso di unità di volume del terreno (γ):	16,30	[kN/m ³]
Altezza dell'acqua rispetto al piede del taglio (H_w) (n.b.: $H_w \leq H$):	0,65	[m]
Peso di unità di volume dell'acqua (γ_w)	10,00	[kN/m ³]
Sovraccarico uniforme sul ciglio superiore del taglio (q):	0,00	[kPa]
Livello dell'acqua che sommerge il taglio (H_w) (n.b.: $H_w \leq H$):	0,00	[m]
Altezza della "tension crack" (Ht):	0,00	[m]
Presenza di acqua nella "tension crack" u(Ht)	no	[m]

VERIFICHE DI STABILITA':

- * verifica in tensioni efficaci :
 $\lambda = (\gamma H + q - \gamma_w H_w) \tan \phi / (c + \mu q + \mu' w)$; $N = f(\lambda; \beta)$
- * verifica in tensioni totali : $N = f(\beta; d)$
- * coeff. sovraccarico : $\mu q = f(\beta; q/\gamma h)$
- * coeff. sommersione : $\mu' w = f(\beta; H_w/H)$
- * coeff. filtrazione : $\mu' w = f(\beta; H_w/H)$
- * coeff. tension crack : $\mu t = f(\beta; H_t/H)$



Riepilogo coefficienti

$\mu q(\beta)$	$\mu' w(\beta)$	$\mu' w(\beta)$	$\mu t(\beta)$	λ	N_o
1,000	1,000	0,891	1,000	1,21	4,860

Coefficiente di sicurezza

$F_s = \mu_q \mu_w \mu_t N c / (\gamma H + q - \gamma_w H_w)$

Fs =	1,23
-------------	-------------

Condizioni con massima soggiacenza -3.3 m da p.c. e canali in asciutta

STABILITA' DEI TAGLI

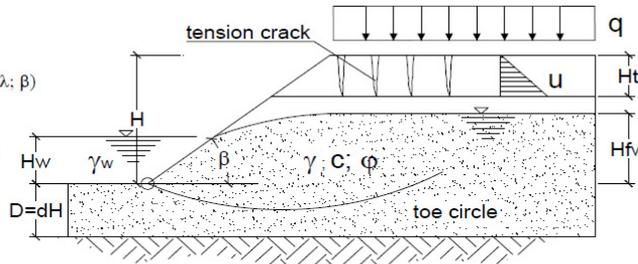
OPERA: pozzetto soggiacenza massima

DATI DI INPUT:

Altezza complessiva del taglio (H):	2,15	[m]
Profondità del substrato (D)	0,00	[m]
<small>(n.b. : quando $\phi' = 0$, la superficie critica risulta tangente al substrato, nel caso si volesse comunque verificare il cerchio di piede inserire "toe"; per $\phi' > 0$ essendo D non essenziale, inserire 0,00 o "-")</small>		
Inclinazione media del taglio (β):	90,00	[°]
Coesione del terreno (c') (n.b.: $c' > 0$):	8,90	[kPa]
Angolo di attrito del terreno (ϕ'):	18,60	[°]
Peso di unità di volume del terreno (γ):	16,30	[kN/m ³]
Altezza dell'acqua rispetto al piede del taglio (H_w) (n.b.: $H_w \leq H$):	0,00	[m]
Peso di unità di volume dell'acqua (γ_w)	10,00	[kN/m ³]
Sovraccarico uniforme sul ciglio superiore del taglio (q):	0,00	[kPa]
Livello dell'acqua che sommerge il taglio (H_w) (n.b.: $H_w \leq H$):	0,00	[m]
Altezza della "tension crack" (Ht):	0,00	[m]
Presenza di acqua nella "tension crack" u(Ht)	no	[m]

VERIFICHE DI STABILITA':

- * verifica in tensioni efficaci :
 $\lambda = (\gamma H + q - \gamma_w H_w) \tan \phi' / (c' + \mu q \mu' w)$; $N = f(\lambda; \beta)$
- * verifica in tensioni totali : $N = f(\beta; d)$
- * coeff. sovraccarico : $\mu q = f(\beta; q/\gamma h)$
- * coeff. sommersione : $\mu w = f(\beta; H_w/H)$
- * coeff. filtrazione : $\mu' w = f(\beta; H_w/H)$
- * coeff. tension crack : $\mu t = f(\beta; H_t/H)$



Riepilogo coefficienti

$\mu q(\beta)$	$\mu w(\beta)$	$\mu' w(\beta)$	$\mu t(\beta)$	λ	N_o
1,000	1,000	1,000	1,000	1,33	4,945

Coefficiente di sicurezza

$F_s = \mu_q \mu_w \mu_t N c' / (\gamma H + q - \gamma_w H_w)$

F_s = 1,26

Pozzetto Y

rif. PPD case Sparse

Somma spessori	4,15
$C_{\text{medio}} =$	8.1
$\gamma_{\text{medio}} =$	17
$\Phi_{\text{medio}} =$	20.3

Condizioni con minima soggiacenza -1.5 m da p.c. e con aggottamento

STABILITA' DEI TAGLI

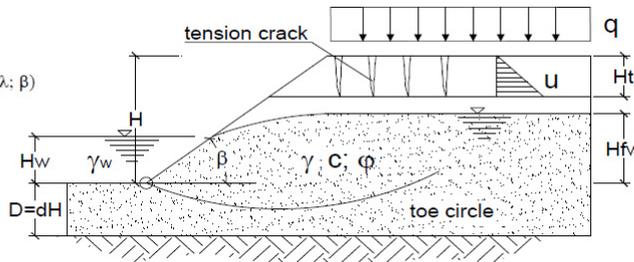
OPERA: pozzetto soggiacenza minima

DATI DI INPUT:

Altezza complessiva del taglio (H):	4,15	[m]
Profondità del substrato (D)	0,00	[m]
<small>(n.b.: quando $\phi' = 0$, la superficie critica risulta tangente al substrato, nel caso si volesse comunque verificare il cerchio di piede inserire "toe"; per $\phi' > 0$ essendo D non essenziale, inserire 0,00 o "-")</small>		
Inclinazione media del taglio (β):	46,00	[°]
Coesione del terreno (c') (n.b.: $c' > 0$):	8,10	[kPa]
Angolo di attrito del terreno (ϕ'):	20,30	[°]
Peso di unità di volume del terreno (γ):	17,00	[kN/m ³]
Altezza dell'acqua rispetto al piede del taglio (H_w) (n.b.: $H_w \leq H$):	2,65	[m]
Peso di unità di volume dell'acqua (γ_w):	10,00	[kN/m ³]
Sovraccarico uniforme sul ciglio superiore del taglio (q):	0,00	[kPa]
Livello dell'acqua che sommerge il taglio (H_w) (n.b.: $H_w \leq H$):	0,10	[m]
Altezza della "tension crack" (Ht):	0,00	[m]
Presenza di acqua nella "tension crack" u(Ht)	no	[m]

VERIFICHE DI STABILITA':

- * verifica in tensioni efficaci :
 $\lambda = (\gamma H + q - \gamma_w H_w) \tan \phi' / (c' + \mu q + \mu' w)$; $N = f(\lambda; \beta)$
- * verifica in tensioni totali : $N = f(\beta; d)$
- * coeff. sovraccarico : $\mu q = f(\beta; q/\gamma h)$
- * coeff. sommersione : $\mu w = f(\beta; H_w/H)$
- * coeff. filtrazione : $\mu' w = f(\beta; H_w/H)$
- * coeff. tension crack : $\mu t = f(\beta; H_t/H)$



Riepilogo coefficienti

$\mu q(\beta)$	$\mu w(\beta)$	$\mu' w(\beta)$	$\mu t(\beta)$	λ	N_o
1,000	0,991	0,906	1,000	2,22	9,575

Coefficiente di sicurezza

$F_s = \mu_q \mu_w \mu_t N c / (\gamma H + q - \gamma_w H_w)$

Fs =	1,10
-------------	-------------

— M. Mancina, R. Nori, P.Jasiello - Progetti e Calcoli di Geotecnica con Excel vol.2 - ed. DEI—

Condizioni con massima soggiacenza -4.0 m da p.c., canali in asciutta e aggettamento

STABILITA' DEI TAGLI

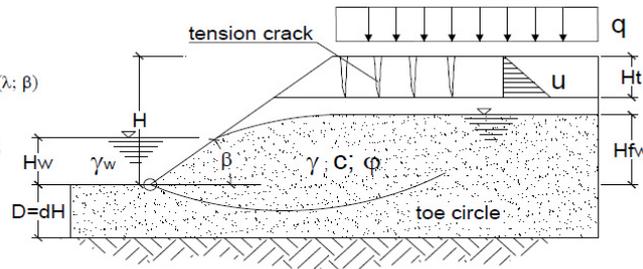
OPERA: pozzetto - soggiacenza massima

DATI DI INPUT:

Altezza complessiva del taglio (H):	4,15	[m]
Profondità del substrato (D)	0,00	[m]
<small>(n.b.: quando $\phi' = 0$, la superficie critica risulta tangente al substrato, nel caso si volesse comunque verificare il cerchio di piede inserire "toe"; per $\phi' > 0$ essendo D non essenziale, inserire 0,00 o "-")</small>		
Inclinazione media del taglio (β):	58,00	[°]
Coesione del terreno (c') (n.b.: $c' > 0$):	8,10	[kPa]
Angolo di attrito del terreno (ϕ'):	20,30	[°]
Peso di unità di volume del terreno (γ):	17,00	[kN/m ³]
Altezza dell'acqua rispetto al piede del taglio (H_w) (n.b.: $H_w \leq H$):	0,15	[m]
Peso di unità di volume dell'acqua (γ_w)	10,00	[kN/m ³]
Sovraccarico uniforme sul ciglio superiore del taglio (q):	0,00	[kPa]
Livello dell'acqua che sommerge il taglio (H_w) (n.b.: $H_w \leq H$):	0,00	[m]
Altezza della "tension crack" (Ht):	0,00	[m]
Presenza di acqua nella "tension crack" u(Ht)	no	[m]

VERIFICHE DI STABILITA':

- * verifica in tensioni efficaci :
 $\lambda = (\gamma H + q - \gamma_w H_w) \tan \phi' / (c + \mu q \mu' w)$; $N = f(\lambda; \beta)$
- * verifica in tensioni totali : $N = f(\beta; d)$
- * coeff. sovraccarico : $\mu q = f(\beta; q/\gamma h)$
- * coeff. sommersione : $\mu w = f(\beta; H_w/H)$
- * coeff. filtrazione : $\mu' w = f(\beta; H_w/H)$
- * coeff. tension crack : $\mu t = f(\beta; H_t/H)$



Riepilogo coefficienti

$\mu q(\beta)$	$\mu w(\beta)$	$\mu' w(\beta)$	$\mu t(\beta)$	λ	No
1,000	1,000	0,985	1,000	3,20	9,590

Coefficiente di sicurezza

$F_s = \mu_q \mu_w \mu_t N c / (\gamma H + q - \gamma_w H_w)$

F_s = 1,10

Stazione pompaggio 1

rif. PPD Via Carella

Somma spessori	5.4
$C_{\text{medio}} =$	7.9
$\gamma_{\text{medio}} =$	17.1
$\Phi_{\text{medio}} =$	20.8

Condizioni con minima soggiacenza -1.5 m da p.c. e con aggettamento

STABILITA' DEI TAGLI

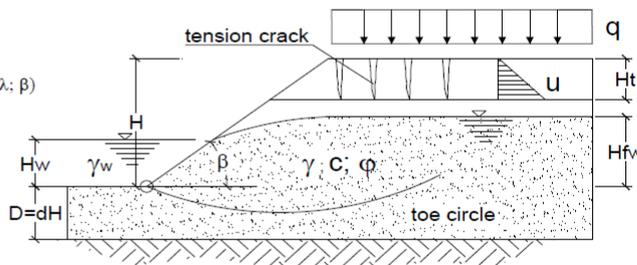
OPERA: [SP 1 soggiacenza minima](#)

DATI DI INPUT:

Altezza complessiva del taglio (H):	5.40	[m]
Profondità del substrato (D)	0.00	[m]
<small>(n.b. : quando $\varphi' = 0$, la superficie critica risulta tangente al substrato, nel caso si volesse comunque verificare il cerchio di piede inserire "toe"; per $\varphi' > 0$ essendo D non essenziale, inserire 0,00 o "-")</small>		
Inclinazione media del taglio (β):	32,00	[°]
Coesione del terreno (c') (n.b.: $c' > 0$):	7.90	[kPa]
Angolo di attrito del terreno (φ'):	20,80	[°]
Peso di unità di volume del terreno (γ):	17,10	[kN/m ³]
Altezza dell'acqua rispetto al piede del taglio (H_w) (n.b.: $H_w \leq H$):	3.90	[m]
Peso di unità di volume dell'acqua (γ_w)	10,00	[kN/m ³]
Sovraccarico uniforme sul ciglio superiore del taglio (q):	0,00	[kPa]
Livello dell'acqua che sommerge il taglio (H_w) (n.b.: $H_w \leq H$):	0,10	[m]
Altezza della "tension crack" (Ht):	0,00	[m]
Presenza di acqua nella "tension crack" u(Ht)	no	[m]

VERIFICHE DI STABILITA':

- * verifica in tensioni efficaci :
 $\lambda = (\gamma H + q - \gamma_w H_w) \tan \varphi' / (c + \mu q + \mu' w)$; $N = f(\lambda; \beta)$
- * verifica in tensioni totali : $N = f(\beta; d)$
- * coeff. sovraccarico : $\mu q = f(\beta; q/\gamma h)$
- * coeff. sommersione : $\mu' w = f(\beta; H_w/H)$
- * coeff. filtrazione : $\mu' w = f(\beta; H_w/H)$
- * coeff. tension crack : $\mu t = f(\beta; H_t/H)$



Riepilogo coefficienti

$\mu q(\beta)$	$\mu w(\beta)$	$\mu' w(\beta)$	$\mu t(\beta)$	λ	N_0
1,000	0,995	0,942	1,000	2,72	12,903

Coefficiente di sicurezza

$F_s = \mu_q \mu_w \mu_t N c / (\gamma H + q - \gamma_w H_w)$

Fs = 1,11

Condizioni con massima soggiacenza -3.3 m da p.c., canali in asciutta e aggotamento

STABILITA' DEI TAGLI

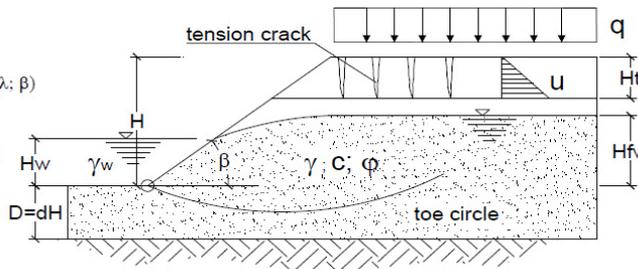
OPERA: [SP 1 soggiacenza massima](#)

DATI DI INPUT:

Altezza complessiva del taglio (H):	5,40	[m]
Profondità del substrato (D)	0,00	[m]
<small>(n.b. : quando $\varphi' = 0$, la superficie critica risulta tangente al substrato, nel caso si volesse comunque verificare il cerchio di piede inserire "toe"; per $\varphi' > 0$ essendo D non essenziale, inserire 0,00 o "-")</small>		
Inclinazione media del taglio (β):	41,00	[°]
Coesione del terreno (c') (n.b.: $c' > 0$):	7,90	[kPa]
Angolo di attrito del terreno (φ'):	20,80	[°]
Peso di unità di volume del terreno (γ):	17,10	[kN/m ³]
Altezza dell'acqua rispetto al piede del taglio (H_w) (n.b.: $H_w \leq H$):	2,10	[m]
Peso di unità di volume dell'acqua (γ_w)	10,00	[kN/m ³]
Sovraccarico uniforme sul ciglio superiore del taglio (q):	0,00	[kPa]
Livello dell'acqua che sommerge il taglio (H_w) (n.b.: $H_w \leq H$):	0,00	[m]
Altezza della "tension crack" (Ht):	0,00	[m]
Presenza di acqua nella "tension crack" u(Ht)	no	[m]

VERIFICHE DI STABILITA':

- * verifica in tensioni efficaci :
 $\lambda = (\gamma H + q - \gamma_w H_{fw}) \tan \varphi' / (c' + \mu q + \mu' w)$; $N = f(\lambda; \beta)$
- * verifica in tensioni totali : $N = f(\beta; d)$
- * coeff. sovraccarico : $\mu q = f(\beta; q/\gamma h)$
- * coeff. sommersione : $\mu w = f(\beta; H_w/H)$
- * coeff. filtrazione : $\mu' w = f(\beta; H_{fw}/H)$
- * coeff. tension crack : $\mu t = f(\beta; H_t/H)$



Riepilogo coefficienti

$\mu q(\beta)$	$\mu w(\beta)$	$\mu' w(\beta)$	$\mu t(\beta)$	λ	N_o
1,000	1,000	0,915	1,000	3,75	13,002

Coefficiente di sicurezza

$F_s = \mu_q \mu_w \mu_t N c / (\gamma H + q - \gamma_w H_w)$

F_s = 1,11

— M. Mancina, R. Nori, P.Jasiello - Progetti e Calcoli di Geotecnica con Excel vol.2 - ed. DEI—

Come si può osservare, per ottenere $F_s = 1.1$ minimo richiesto dalla normativa, l'angolo di scarpa degli scavi risulta non particolarmente elevato, soprattutto in condizioni di soggiacenza minima.

Considerata la generalmente buona permeabilità dei terreni presenti nella zona ed il fenomeno della coesione apparente per i sedimenti limosi, risulta necessario procedere agli scavi per la posa dei manufatti in condizioni di massima soggiacenza (periodo invernale) e con canali in asciutta, in modo da limitare le venute d'acqua per perdite di subalveo dei canali, i fenomeni di filtrazione e le conseguenti operazioni di depressione locale della falda, per mantenere asciutti gli scavi.

11. VERIFICA AL SOLLEVAMENTO

La verifica al sollevamento dei manufatti interrati, per sottopressioni idrauliche, prevede che il valore di progetto dell'azione instabilizzante $V_{inst,d}$ sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti $G_{stb,d}$ e delle resistenze R_d .

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d$$

dove $V_{inst,d} = G_{inst,d} + Q_{inst,d}$

Per le verifiche di stabilità al sollevamento, i relativi coefficienti parziali sulle azioni sono indicati nella seguente Tab. 6.2.III. Tali coefficienti devono essere combinati in modo opportuno con quelli relativi ai parametri geotecnici (M2).

Tabella 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale γ_F (o γ_E)	SOLLEVAMENTO (UPL)
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9
	Sfavorevole		1,1
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0
	Sfavorevole		1,5
Variabili	Favorevole	γ_{Q1}	0,0
	Sfavorevole		1,5

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

AZIONE	SIMBOLO	VALORE
Permanente		
Non favorevole ¹	$\gamma_{G,dst}$	1,1
Favorevole ²	$\gamma_{G,stb}$	0,9
Variabile		
Non favorevole ¹	$\gamma_{Q,dst}$	1,5
¹ destabilizzante		
² stabilizzante		

$$FS_{globale} = \frac{1,1}{0,9} = 1,22$$

PARAMETRI TERRENO	SIMBOLO	VALORE
Angolo resistenza taglio ¹	$\gamma_{\phi'}$	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,40
¹ fattore applicato a $\tan \phi'$		

Pozzetto X

Considerati i seguenti valori di ingresso, con falda a -0.5 da p.c. (cavo Piatti con colmo di piena):

- Area base pozzetto $A_b = 2.2 \times 1.6 \text{ m} = 3.52 \text{ m}^2$;
- Area laterale pozzetto $A_s = 2 \times (2.2+1.6) \times 2.15 = 16.34 \text{ m}^2$;
- Altezza pozzetto 2,15 m;
- Peso di volume terreno (medio) 16.3 kN/m^3 ;
- Angolo attrito terreno (medio) 18.6° .

Azioni

- Peso del pozzetto (permanente favorevole) $P_p = 88.26 \text{ kN}$;
- Sottospinta idraulica (permanente sfavorevole) $U = 10 \times 1.65 \times 2.2 \times 1.6 = 58.1 \text{ kN}$

Azioni di progetto

$$G_{inst,d} = U \times \gamma_{G1} = 58.1 \times 1,1 = 63.9 \text{ kN};$$

$$Q_{inst,d} = 0 \text{ kN};$$

$$V_{inst,d} = G_{inst,d} + Q_{inst,d} = 63.9 + 0 = 63.9 \text{ kN};$$

$$G_{stb,d} = P_p \times \gamma_{G1} = 88.26 \times 0,9 = 79.43 \text{ kN};$$

La verifica è soddisfatta.

Pozzetto Y

Considerati i seguenti valori di ingresso, con falda a -0.5 m da p.c. (Roggia Peltrenga con colmo di piena):

- Area base pozzetto $A_b = 2.20 \times 1.60 \text{ m} = 3.52 \text{ m}^2$;
- Area laterale pozzetto $A_s = 2 \times (2.2+1.6) \times 4.15 = 31.54 \text{ m}^2$;
- Altezza pozzetto 4.15 m;
- Peso di volume terreno (medio) $17,0 \text{ kN/m}^3$;
- Angolo attrito terreno (medio) $20,3^\circ$.

Azioni

- Peso del pozzetto (permanente favorevole) $P_p = 152 \text{ kN}$;
- Sottospinta idraulica (permanente sfavorevole) $U = 10 \times 3.65 \times 2.2 \times 1.6 = 128.5 \text{ kN}$

Azioni di progetto

$$G_{inst,d} = U \times \gamma_{G1} = 128,5 \times 1,1 = 141.3 \text{ kN};$$

$$Q_{inst,d} = 0 \text{ kN};$$

$$V_{inst,d} = G_{inst,d} + Q_{inst,d} = 141.3 + 0 = 141.3 \text{ kN};$$

$$G_{stb,d} = P_p \times \gamma_{G1} = 152 \times 0,9 = 136.8 \text{ kN};$$

- Tensione verticale efficace media di progetto $\sigma'_{v,m,d} = 18.1 \text{ kPa}$;
- coefficiente di spinta a riposo di progetto $K_{0,d} = 1 - \text{sen}^2 \phi'_d = 0.653$;
- coefficiente di attrito parete-terreno di progetto $\tan \delta_d = \tan(2/3 \times 20.3) = 0.241$;
- tensione di attrito media di progetto $\tau_{m,d} = K_{0,d} \times \tan \delta_d \times \sigma'_{v,m,d} = 0.653 \times 0.241 \times 18.1 = 2.85 \text{ kPa}$;

Resistenza di progetto

$$R_d = \tau_{m,d} \times A_s = 2.85 \times 31.54 = 89.89 \text{ kN}$$

$$G_{stb,d} + R_d = 136.8 + 89.89 = 226.7 \text{ kN} > 141.3 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta.

Stazione pompaggio 1

Considerati i seguenti valori di ingresso, con falda a -0.5 m da p.c.:

- Area base pozzetto $A_b = 3.25 \times 2.50 \text{ m} = 8,125 \text{ m}^2$;
- Area laterale pozzetto $A_s = 2 \times (3.25+2.5) \times 5.4 = 62,1 \text{ m}^2$;
- Altezza pozzetto = 5.4 m;
- Peso di volume terreno (medio) $17,1 \text{ kN/m}^3$;
- Angolo attrito terreno (medio) $20,8^\circ$.

Azioni

- Peso del pozzetto (permanente favorevole) $P_p = 259.9 \text{ kN}$;
- Peso acqua interna (variabile favorevole) $P_w = 10 \times 3.0 \times 2.3 \times 1 = 69 \text{ kN}$;
- Sottospinta idraulica (permanente sfavorevole) $U = 10 \times 4.9 \times 3.25 \times 2.5 = 398.12 \text{ kN}$

Azioni di progetto

$$G_{inst,d} = U \times \gamma_{G1} = 398.12 \times 1,1 = 437.9 \text{ kN};$$

$$Q_{inst,d} = 0 \text{ kN};$$

$$V_{inst,d} = G_{inst,d} + Q_{inst,d} = 437.9 + 0 = 437.9 \text{ kN};$$

$$G_{stb,d} = P_p \times \gamma_{G1} + P_w \times \gamma_Q = 259,9 \times 0,9 + 69 \times 0 = 233,9 \text{ kN};$$

- Tensione verticale efficace media di progetto $\sigma'_{v,m,d} = 22.5 \text{ kPa}$;
- coefficiente di spinta a riposo di progetto $K_{0,d} = 1 - \text{sen}\phi'_d = 0.645$;
- coefficiente di attrito parete-terreno di progetto $= \tan\delta_d = \tan(2/3 \times 20.8) = 0.247$;
- tensione di attrito media di progetto $\tau_{m,d} = K_{0,d} \times \tan\delta_d \times \sigma'_{v,m,d} = 0.645 \times 0.247 \times 22.5 = 3.58 \text{ kPa}$;

Resistenza di progetto

$$R_d = \tau_{m,d} \times A_s = 3.58 \times 62.1 = 222.3 \text{ kN}$$

$$G_{stb,d} + R_d = 233,9 + 222.3 = 456.2 \text{ kN} > 437.9 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta.

12. CONCLUSIONI

Le indagini esperite in loco hanno fornito le seguenti indicazioni:

- i terreni costituenti il territorio in esame sono caratterizzati da una copertura di spessore medio di circa 2 m di sabbie limose che ricopre depositi fluvio-glaciali/fluviali costituiti da sabbie limose e ghiaiose passanti in profondità a ghiaie e sabbie;
- l'area in parola si presenta naturalmente stabile e senza indizi di dissesti latenti; solo in un limitato tratto in Comune di Novara si segnala un'area agricola allagabile per tracimazione dei cavi irrigui in concomitanza con eventi di piena: dal punto di vista normativo questo settore è soggetto alle limitazioni della Classe IIa del PRGC;
- si segnala la presenza di una testa di fontanile in prossimità della rotatoria di innesto con la tangenziale di Novara soggetto alle limitazioni della Classe IIIa2 del PRGC;
- in Comune di Casalino frazione Cameriano si segnala la presenza di fasce di rispetto dei cavi irrigui soggette alle limitazioni della classe IIIa1;
- la falda freatica si attesta mediamente su valori compresi tra 1.5-2 m a Cameriano sino a circa 3-4 m da p.c. in territorio del Comune di Novara, con risalite metriche legate alle pratiche irrigue e agli eventi di piena del reticolo idrografico secondario ed artificiale;
- gli scavi per la realizzazione del nuovo tracciato fognario, compresi quelli necessari per la posa dei manufatti accessori (pozzetti e stazioni di pompaggio) dovranno quindi essere eseguiti in condizioni di massima soggiacenza della superficie freatica e con canali irrigui in condizioni di asciutta, per limitare le filtrazioni destabilizzanti sulle pareti e sul fondo scavo e diminuire l'incidenza degli aggotamenti;
- la preparazione delle piste di servizio al cantiere dovrà prevedere lo scotico del terreno agrario, la rullatura del piano di sottofondo, la stesa di un geotessuto con funzione di filtrazione e separazione degli strati ed il ricarico con mista naturale di cava a fuso granulometrico interamente rappresentato; l'eventuale utilizzo di materiale riciclato dovrà possedere requisiti compatibili e certificati con i limiti previsti dalla colonna A Tabella 1 All. 5 titolo IV del D.Lgs 152/06 e s.m.i, trattandosi di posa di materiale su fondi agrari;
- i materiali provenienti dagli scavi verranno riutilizzati nello stesso sito di estrazione per la chiusura degli scavi stessi; gli esuberanti di terreno provenienti dagli scavi saranno smaltiti in appositi centri di conferimento, con obbligo di documentazione accompagnatoria di legge per l'avvenuto smaltimento;
- il suolo agrario superficiale (orizzonte arativo) dovrà essere stoccato provvisoriamente in cumuli separati dal terreno di escavazione sottostante e, al termine delle operazioni, risistemato in loco.

In conclusione, l'analisi effettuata ha messo in luce che la nuova struttura risulta compatibile con lo status geologico, geomorfologico ed idrogeologico esistente: accorgimenti tecnici dovranno essere adottati in fase esecutiva al fine di evitare qualunque interferenza tra opera in progetto, suolo, falda freatica e reticolo irriguo esistente.

STABILITA' DEI TAGLI

OPERA: [pozzetto soggiacenza massima](#)

DATI DI INPUT:

Altezza complessiva del taglio (H):	3,60	[m]
Profondità del substrato (D)	0,00	[m]
<small>(n.b. : quando $\varphi' = 0$, la superficie critica risulta tangente al substrato, nel caso si volesse comunque verificare il cerchio di piede inserire "toe"; per $\varphi' > 0$ essendo D non essenziale, inserire 0,00 o "-")</small>		
Inclinazione media del taglio (β):	65,00	[°]
Coesione del terreno (c') (n.b.:c' > 0):	8,20	[kPa]
Angolo di attrito del terreno (φ'):	20,10	[°]
Peso di unità di volume del terreno (γ):	16,90	[kN/m ³]
Altezza dell'acqua rispetto al piede del taglio (H_{fw}) (n.b.: $H_{fw} \leq H$):	0,30	[m]
Peso di unità di volume dell'acqua (γ_w)	10,00	[kN/m ³]
Sovraccarico uniforme sul ciglio superiore del taglio (q):	0,00	[kPa]
Livello dell'acqua che sommerge il taglio (Hw) (n.b.: $H_w \leq H$):	0,00	[m]
Altezza della "tension crack" (Ht):	0,00	[m]
Presenza di acqua nella "tension crack" u(Ht)	no	[m]

VERIFICHE DI STABILITA':

* verifica in tensioni efficaci :

$$\lambda = (\gamma H + q - \gamma_w H_{fw}) \tan \varphi' / (c + \mu q \mu' w); \quad N = f(\lambda; \beta)$$

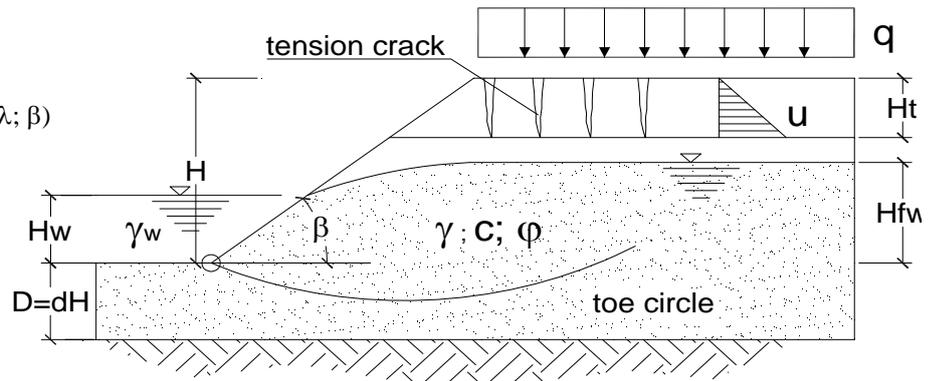
* verifica in tensioni totali : $N = f(\beta; d)$

* coeff. sovraccarico : $\mu q = f(\beta; q/\gamma h)$

* coeff. sommersione : $\mu w = f(\beta; H_w/H)$

* coeff. filtrazione : $\mu' w = f(\beta; H_{fw}/H)$

* coeff. tension crack : $\mu t = f(\beta; H_t/H)$



Riepilogo coefficienti

$\mu q(\beta)$	$\mu w(\beta)$	$\mu' w(\beta)$	$\mu t(\beta)$	λ	No
1,000	1,000	0,966	1,000	2,67	8,165

Coefficiente di sicurezza

$$F_s = \mu_q \mu_w \mu_t N c / (\gamma H + q - \gamma_w H_w)$$

Fs = 1,10

STABILITA' DEI TAGLI

OPERA: [pozzetto soggiacenza minima](#)

DATI DI INPUT:

Altezza complessiva del taglio (H):	3,60	[m]
Profondità del substrato (D)	0,00	[m]
<small>(n.b. : quando $\varphi' = 0$, la superficie critica risulta tangente al substrato, nel caso si volesse comunque verificare il cerchio di piede inserire "toe"; per $\varphi' > 0$ essendo D non essenziale, inserire 0,00 o "-")</small>		
Inclinazione media del taglio (β):	57,00	[°]
Coesione del terreno (c') (n.b.:c' > 0):	8,20	[kPa]
Angolo di attrito del terreno (φ'):	20,10	[°]
Peso di unità di volume del terreno (γ):	16,90	[kN/m ³]
Altezza dell'acqua rispetto al piede del taglio (H_{fw}) (n.b.: $H_{fw} \leq H$):	2,10	[m]
Peso di unità di volume dell'acqua (γ_w)	10,00	[kN/m ³]
Sovraccarico uniforme sul ciglio superiore del taglio (q):	0,00	[kPa]
Livello dell'acqua che sommerge il taglio (Hw) (n.b.: $H_w \leq H$):	0,00	[m]
Altezza della "tension crack" (Ht):	0,00	[m]
Presenza di acqua nella "tension crack" u(Ht)	no	[m]

VERIFICHE DI STABILITA':

* verifica in tensioni efficaci :

$$\lambda = (\gamma H + q - \gamma_w H_{fw}) \tan \varphi / (c + \mu q + \mu' w); \quad N = f(\lambda; \beta)$$

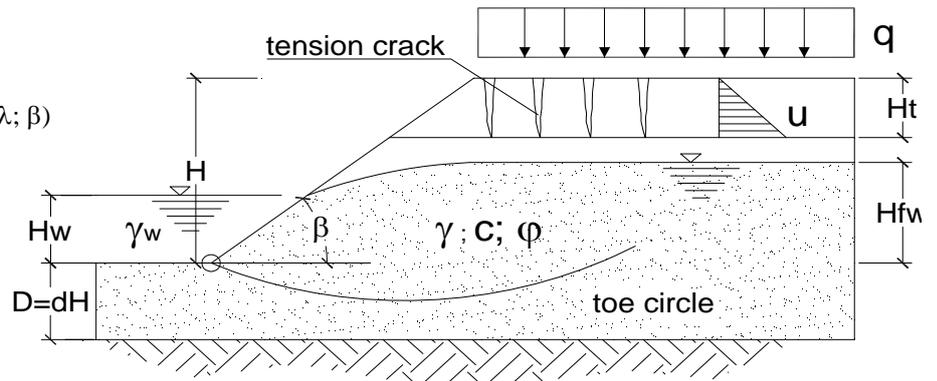
* verifica in tensioni totali : $N = f(\beta; d)$

* coeff. sovraccarico : $\mu q = f(\beta; q/\gamma h)$

* coeff. sommersione : $\mu w = f(\beta; H_w/H)$

* coeff. filtrazione : $\mu' w = f(\beta; H_{fw}/H)$

* coeff. tension crack : $\mu t = f(\beta; H_t/H)$



Riepilogo coefficienti

$\mu q(\beta)$	$\mu w(\beta)$	$\mu' w(\beta)$	$\mu t(\beta)$	λ	No
1,000	1,000	0,888	1,000	2,00	8,157

Coefficiente di sicurezza

$$F_s = \mu_q \mu_w \mu_t N c / (\gamma H + q - \gamma_w H_w)$$

Fs = 1,10

LEGENDA

FORME ED ELEMENTI DELL'IDROGRAFIA

Alveo attivo/bacino idrico

FORME FLUVIALI

- Orlo di terrazzo inattivo h < 3 m
- Traccia di corso d'acqua estinto, a livello della pianura o leggermente incassato
- Sponda in erosione
- Alveo in approfondimento

DISSESTI torrentizi

- Involuppo delle aree interessate da effetti alluvionali nel corso dell'evento del maggio 2002
- Aree caratterizzate da allagamenti delle aree agricole e/o rigurgiti fognari nel corso dell'evento maggio 2002

ELEMENTI LITOLOGICI

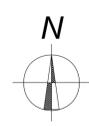
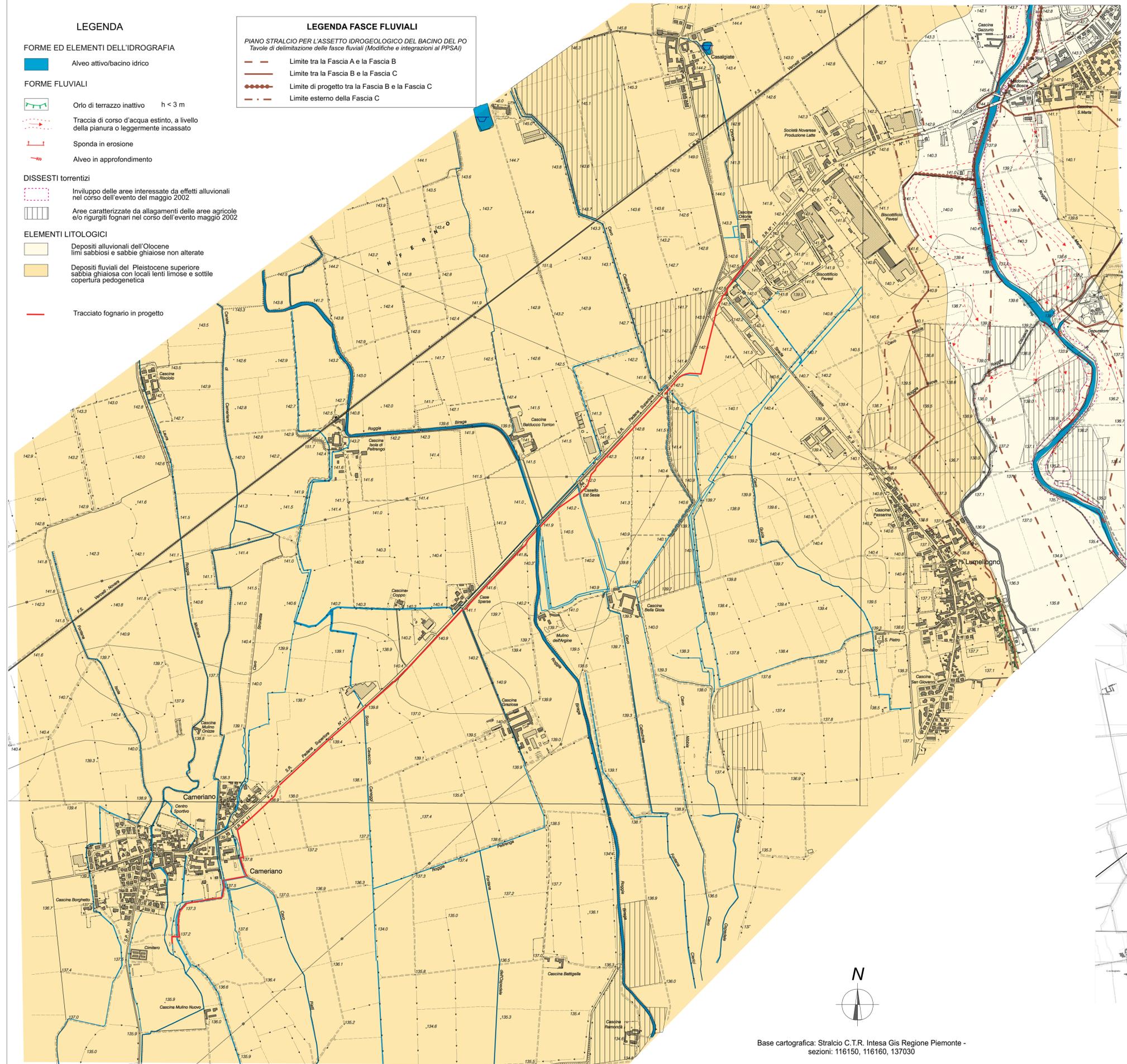
- Depositi alluvionali dell'Olocene limi sabbiosi e sabbie ghiaiose non alterate
- Depositi fluviali del Pleistocene superiore sabbia ghiaiosa con locali limi e sottile copertura pedogenetica

Tracciato fognario in progetto

LEGENDA FASCE FLUVIALI

PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL BACINO DEL PO
Tavole di delimitazione delle fasce fluviali (Modifiche e integrazioni al PPSA)

- Limite tra la Fascia A e la Fascia B
- Limite tra la Fascia B e la Fascia C
- Limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C
- Limite esterno della Fascia C



Base cartografica: Stralcio C.T.R. Intesa Gis Regione Piemonte - sezioni: 116150, 116160, 137030

**COMUNE DI NOVARA
COMUNE DI CASALINO**

COMPLETAMENTO RETE FOGNARIA

COMMITTENTE:	ACQUA NOVARA VCO Via Triggiani 9 28100 Novara	ELABORATO:	1. CARTA GEOLOGICA e GEOMORFOLOGICA
DATA:		AGG.:	luglio 2016
		Antonello RIVOLTA GEOLOGO Via S. Giovanni 27, 28047 Oleggio (NO) email: antonello.rivolta@geologia.univ.it PEC: antonello.rivolta@pec.univ.it 0397723643	

Stralcio della CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA ALLUVIONE
scala 1:25.000 - tav. 116 SE.
AdBPo, Regione Piemonte, AIPO, Arpa

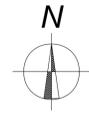
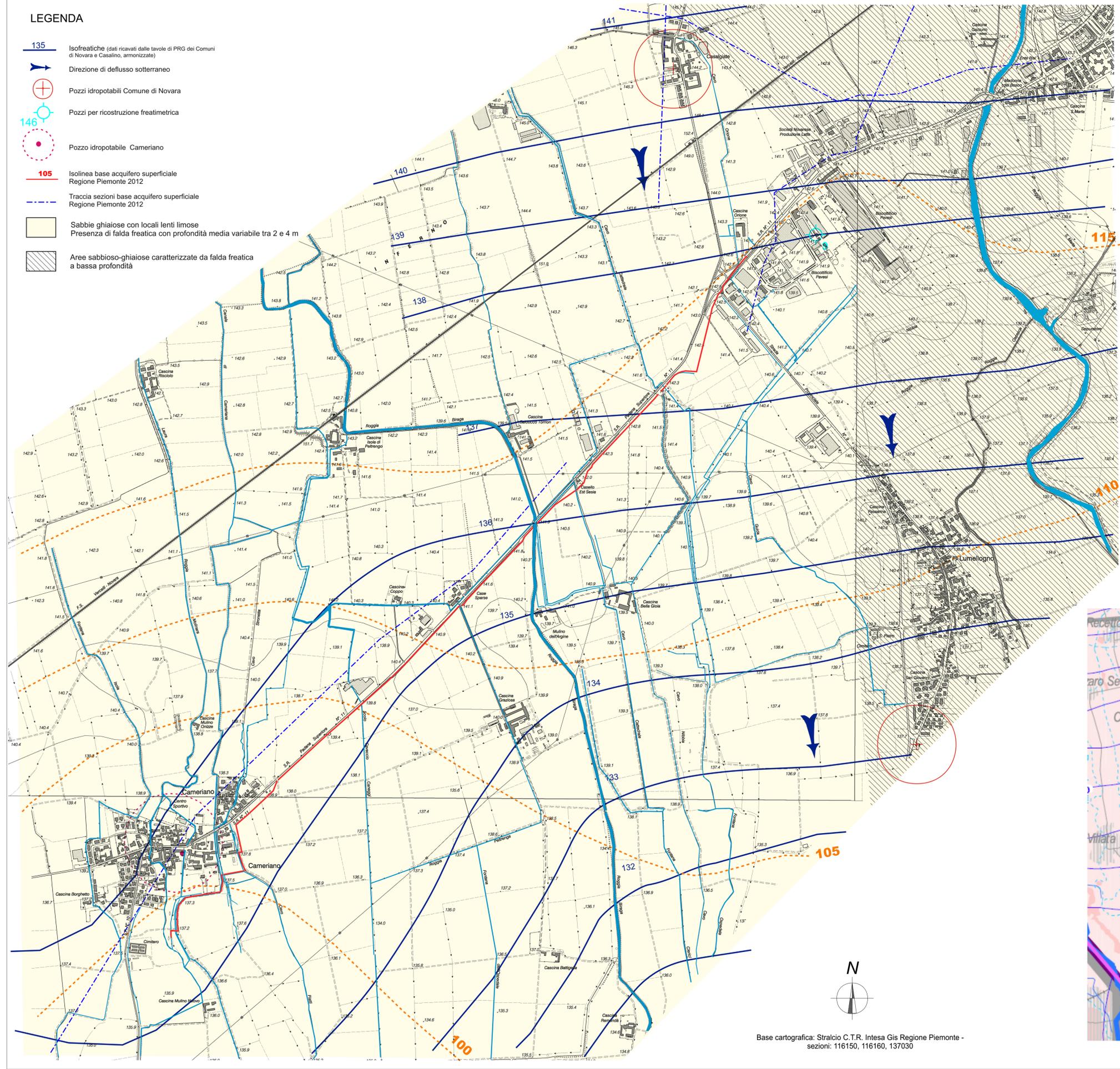


SCENARI DI ALLUVIONE

- Probabilità di alluvioni elevata (tr. 20/50) (H-Frequente)
- Probabilità di alluvioni media (tr. 100/200) (M-Poco frequente)
- Probabilità di alluvioni scarsa (tr. 500) (L-Rara)

LEGENDA

- 135 Isofreatiche (dati ricavati dalle tavole di PRG dei Comuni di Novara e Casalino, armonizzate)
- ➔ Direzione di deflusso sotterraneo
- ⊕ Pozzi idropotabili Comune di Novara
- ⊕ Pozzi per ricostruzione freaticometrica
- ⊕ Pozzo idropotabile Cameriano
- 105 Isofreatica base acquifero superficiale Regione Piemonte 2012
- Traccia sezioni base acquifero superficiale Regione Piemonte 2012
- Sabbie ghiaiose con locali lenti limose
Presenza di falda freatica con profondità media variabile tra 2 e 4 m
- Aree sabbioso-ghiaiose caratterizzate da falda freatica a bassa profondità

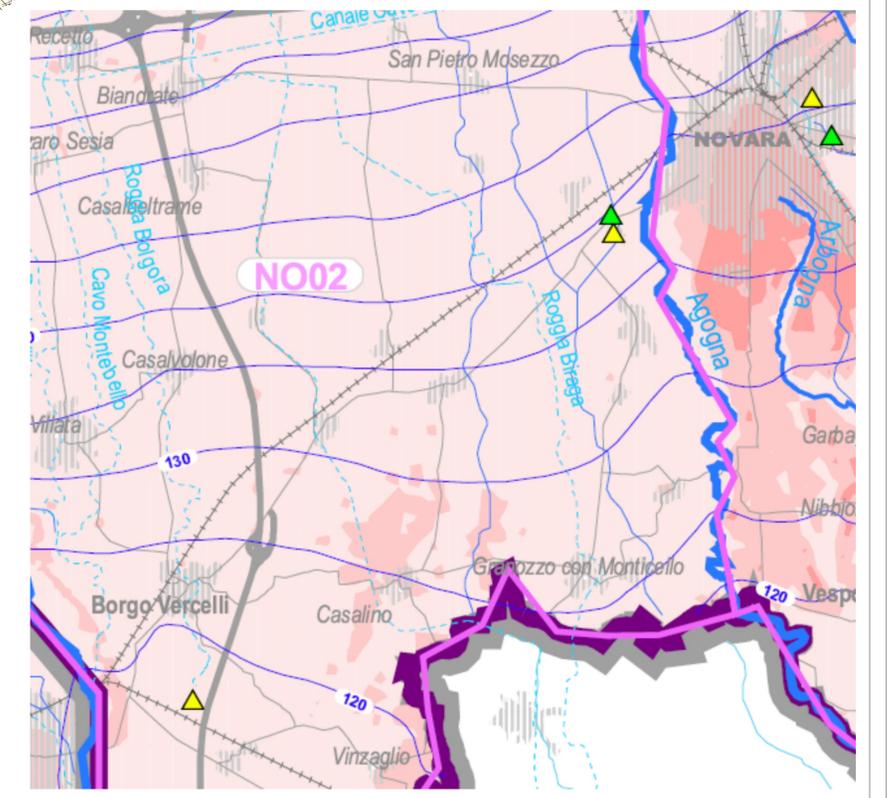
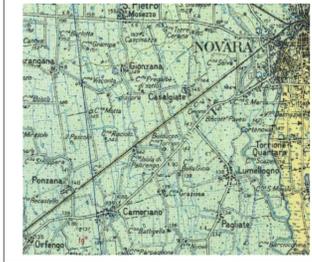


Base cartografica: Stralcio C.T.R. Intesa Gis Regione Piemonte - sezioni: 116150, 116160, 137030

**COMUNE DI NOVARA
COMUNE DI CASALINO**

COMPLETAMENTO RETE FOGNARIA

COMMITTENTE:	ACQUA NOVARA.VCO Via Triggiani 9 28100 Novara	ELABORATO:	2. CARTA GEOIDROLOGICA
DATA:	luglio 2016	AGG.:	
<p>Antonello RIVOLTA GEOLOGO Via S. Giovanni 27, 28047 Oleggio (NO) tel.0162.330000-3300000000 PEC: antonello.rivolta@acqua.novara.vco.it 1991723643</p>			

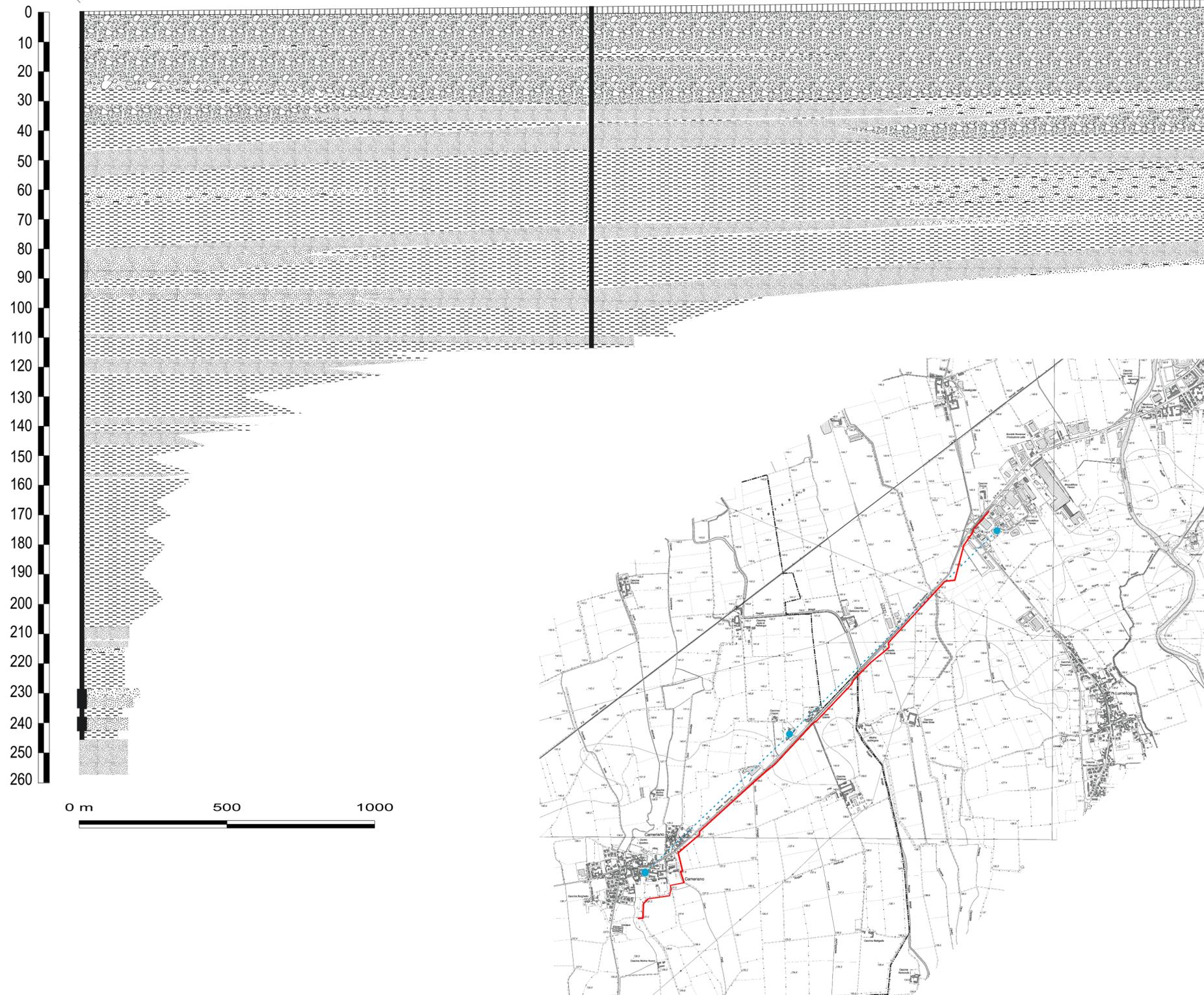


Piano Tutela Acque Regione Piemonte - tavola Msd3 - acquifero superficiale

Pozzo idropotabile Cameriano
138 m s.l.m.

Pozzo privato Case Sparse
140 m s.l.m.

Pozzo privato loc. Orione
142 m s.l.m.

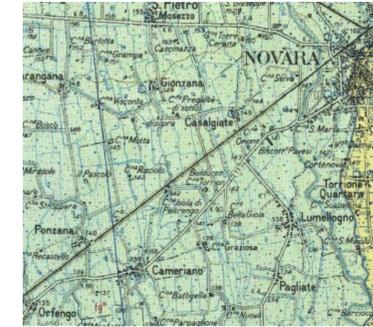


COMUNE DI NOVARA COMUNE DI CASALINO

COMPLETAMENTO RETE FOGNARIA

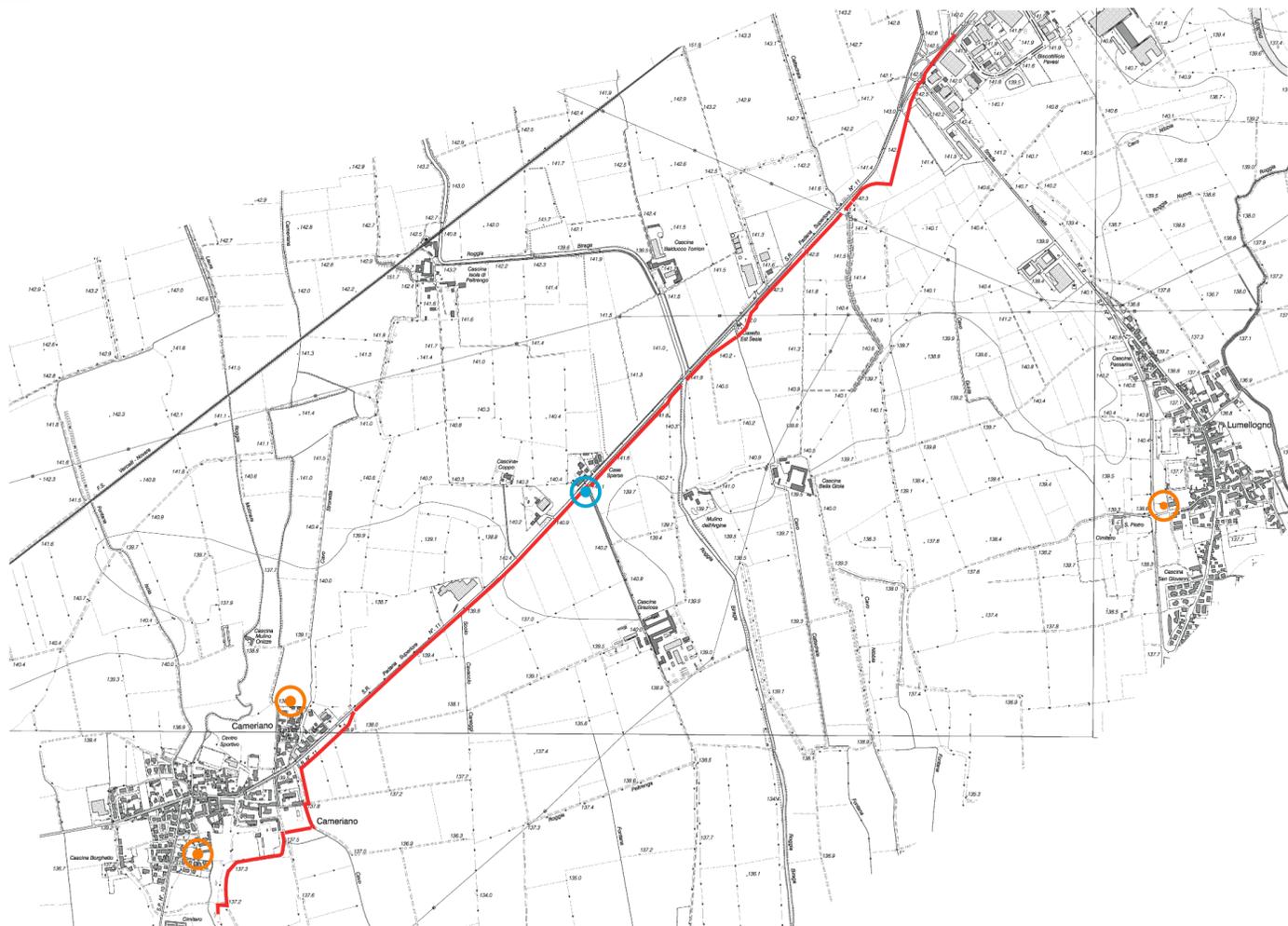
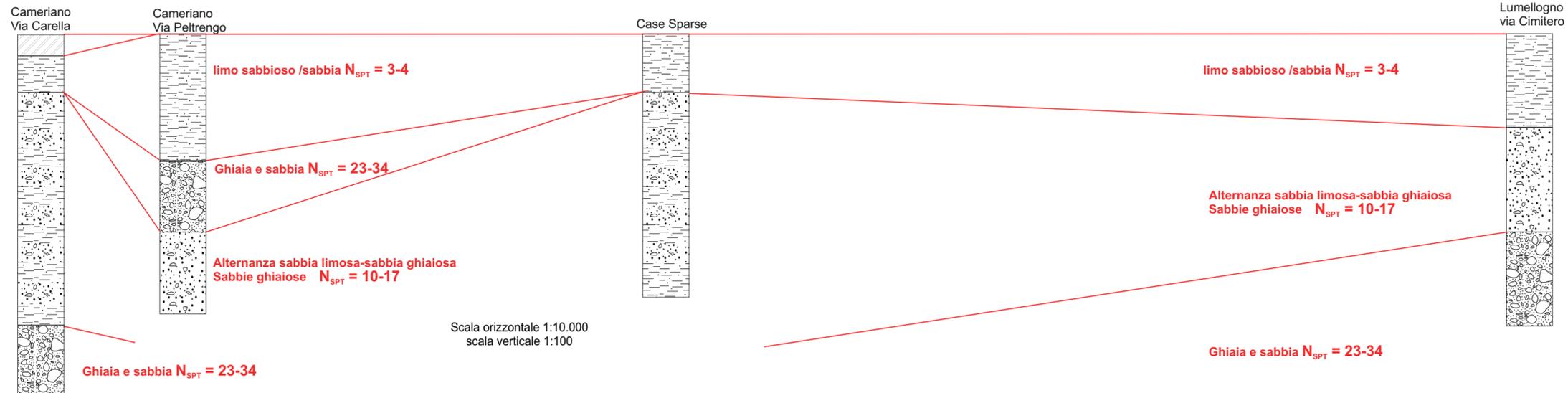
COMITENTE: **ACQUA NOVARA.VCO**
Via Triggiani 9
28100 Novara

ELABORATO: **3. SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA**

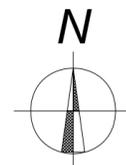


DATA: **luglio 2016**
AGG.:

Antonello RIVOLTA
GEOLOGO
Via S. Giovanni 27 - 28047 Oleggio (NO)
antonello.rivolta@geologiamerito.it
PEC_antonello.rivolta@asap.sturizzapostale.it
339-7783543



-  Prove penetrometriche pregresse (2011-2012)
-  Prova penetrometrica 07/2016
-  Tracciato fognario



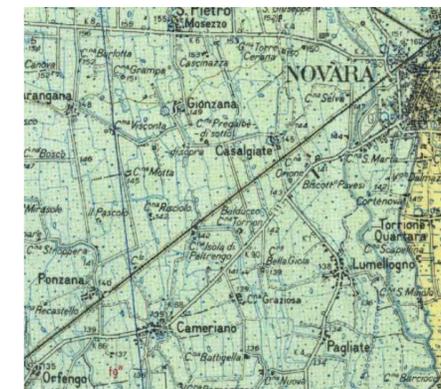
Base cartografica: Stralcio C.T.R. Intesa Gis Regione Piemonte -
sezioni: 116150, 116160, 137030
scala 1:20.000

COMUNE DI NOVARA COMUNE DI CASALINO

COMPLETAMENTO RETE FOGNARIA

COMMITTENTE: **ACQUA NOVARA.VCO**
Via Triggiani 9
28100 Novara

ELABORATO: **4. PLANIMETRIA INDAGINI e
CORRELAZIONE STRATIGRAFICA**



DATA: **luglio 2016**
AGG.:

Antonello RIVOLTA
GEOLOGO
Via S. Giovanni 27, 28047 Oleggio (NO)
antonello.rivolta@geologi-piemonte.it
PEC: antonello.rivolta@geg.sicurozzapostate.it
339-7785445