

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO DEFINITIVO

NODO DI NOVARA

Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto

RELAZIONE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

N M 0 Y 0 0 D 6 9 R G G E 0 0 0 1 0 0 1 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	F. Paolucci	Mag. 2020	R. Briganti	Mag. 2020	F. Perrone	Mag. 2020	M. Comedini Dicembre 2020
B	Emissione esecutiva con nuove viabilità e monitoraggio piezometrico	F. Paolucci <i>F. Paolucci</i>	Dic. 2020	R. Briganti <i>R. Briganti</i>	Dic. 2020	F. Perrone <i>F. Perrone</i>	Dic. 2020	

File: NM0Y00D69RGGE0001001B.doc

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	8
3.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	8
3.1.1	<i>Assetto strutturale</i>	8
3.2	ASSETTO STRATIGRAFICO	10
3.2.1	<i>Successione Quaternarie</i>	10
3.3	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	13
3.3.1	<i>Caratteri geomorfologici del territorio</i>	13
3.3.2	<i>Rete idrica minore</i>	15
4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	17
4.1	CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE LOCALI.....	19
5	CARTOGRAFIA DELLA PERICOLOSITÀ E VINCOLI TERRITORIALI	22
5.1	VINCOLO IDROGEOLOGICO.....	22
5.2	PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA	23
5.2.1	<i>Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)</i>	23
5.2.2	<i>Piano Regolatore Generale (PRG) del Comune di Novara</i>	26
6	INDAGINI GEOGNOSTICHE	29
6.1	PREMESSA	29
6.2	CAMPAGNA INDAGINI ITALFERR 2020	29
6.3	CAMPAGNA INDAGINI ITALFERR 2011	30
6.4	CAMPAGNA INDAGINI ITALFERR 2009	31
6.5	CAMPAGNA INDAGINI ITALFERR 1992-2005	32
6.6	INDAGINI DISPONIBILI SUL PORTALE ARPA PIEMONTE	33

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NMOY	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 3 di 55
---	------------------	-------------	---------------------	--------------------------	-----------	-------------------

6.7	INDAGINI GEOFISICHE.....	33
7	MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI RIFERIMENTO	35
7.1	UNITÀ STRATIGRAFICHE.....	35
7.2	LIVELLI PIEZOMETRICI	35
7.3	DESCRIZIONE DELLA CARTA GEOLOGICA E DEI PROFILI STRATIGRAFICI	37
7.4	DESCRIZIONE DELLA CARTA IDROGEOLOGICA E DEI PROFILI IDROGEOLOGICI	38
8	SISMICITÀ DELL'AREA	39
8.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	39
8.2	SISMICITÀ STORICA	43
8.3	SORGENTI SISMOGENETICHE	44
8.4	MAGNITUDO DI RIFERIMENTO	46
8.5	PARAMETRI PER LA DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	49
	8.5.1 Categoria di sottosuolo	49
	8.5.2 Condizioni topografiche	50
8.6	ANALISI DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE.....	51
	8.6.1 Premessa	51
9	CONCLUSIONI	53
10	BIBLIOGRAFIA	55

	PROGETTO DEFINITIVO Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NMOY	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B

1 PREMESSA

Il presente progetto, relativo agli interventi infrastrutturali e tecnologici di prima fase del potenziamento del nodo di Novara e pedepedeutici ad un incremento del traffico merci nel corridoio Reno – Alpi, prevede:

- la revisione della radice nord del PRG di Vignale per inserire la precedenza da 750 metri per i treni provenienti dalla linea per Domodossola, tenendo conto per quanto possibile del futuro raddoppio della linea Vignale Oleggio e di una nuova sistemazione della fermata di Vignale;
- la realizzazione del collegamento tra Vignale e Novara Boschetto a singolo binario con sottoattraversamento dell'autostrada A4 Torino-Milano e con l'utilizzo del binario dell'interconnessione ovest pari della linea ad Alta Capacità Torino Milano. A seguito di ciò solo il binario dispari dell'AV sarà collegato con Novara;
- la rivisitazione funzionale del PRG di Novara Boschetto con spostamento ed adeguamento del fascio del Terminal Autostrada Viaggiante con realizzazione di una specifica viabilità, di un adeguato parcheggio e dell'impiantistica relativa, e modifica del percorso di accesso/uscita dei treni dell'Autostrada Viaggiante, previsto attualmente da sud, dalla radice ovest di Novara Centrale. A seguito di quest'intervento l'ingresso sull'Autostrada Viaggiante avverrà da nord utilizzando la bretella a singolo binario descritta al punto precedente evitando così di interessare l'abitato di Novara;
- la realizzazione di tre viabilità nella frazione di Vignale funzionali alla soppressione di 5 PL;
- dal punto di vista degli apparati di segnalamento si ipotizza una situazione inerziale con un ACC a Novara Centrale, un ACC a Vignale (in Telecomando Punto/Punto da Novara Centrale) e l'attuale ACEI a Novara Boschetto.

Il progetto del potenziamento del nodo di Novara prevedrà quindi:

- 1) riconfigurazioni dell'ACC di Vignale per la gestione delle varie fasi del PRG (PP/ACC dell'ACCM Alessandria-Vignale-Arona dalla fase di attivazione dell'ACC di Novara Boschetto);
- 2) le modifiche all'apparato ACEI di Novara Boschetto fino alla fase di realizzazione di un nuovo ACC con segnalamento laterale e attrezzaggio ERTMS L2 sovrapposto;
- 3) la riconfigurazione dell'ACC di Novara Centrale;
- 4) interventi all'apparato ACEI di Novara FNM;
- 5) la riconfigurazione del PJ AV Novara Ovest e dell'RBC della linea TO-MI AV.

Considerati gli interventi sopraesposti, la presente relazione illustra e riassume i risultati dello studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico eseguito negli intorni dell'area interessata dagli interventi che sono rappresentati in Figura 1-1.

L'area è geograficamente situata al margine orientale della Regione Piemonte, in corrispondenza dell'abitato di Novara, nel settore occidentale della Pianura Padana.

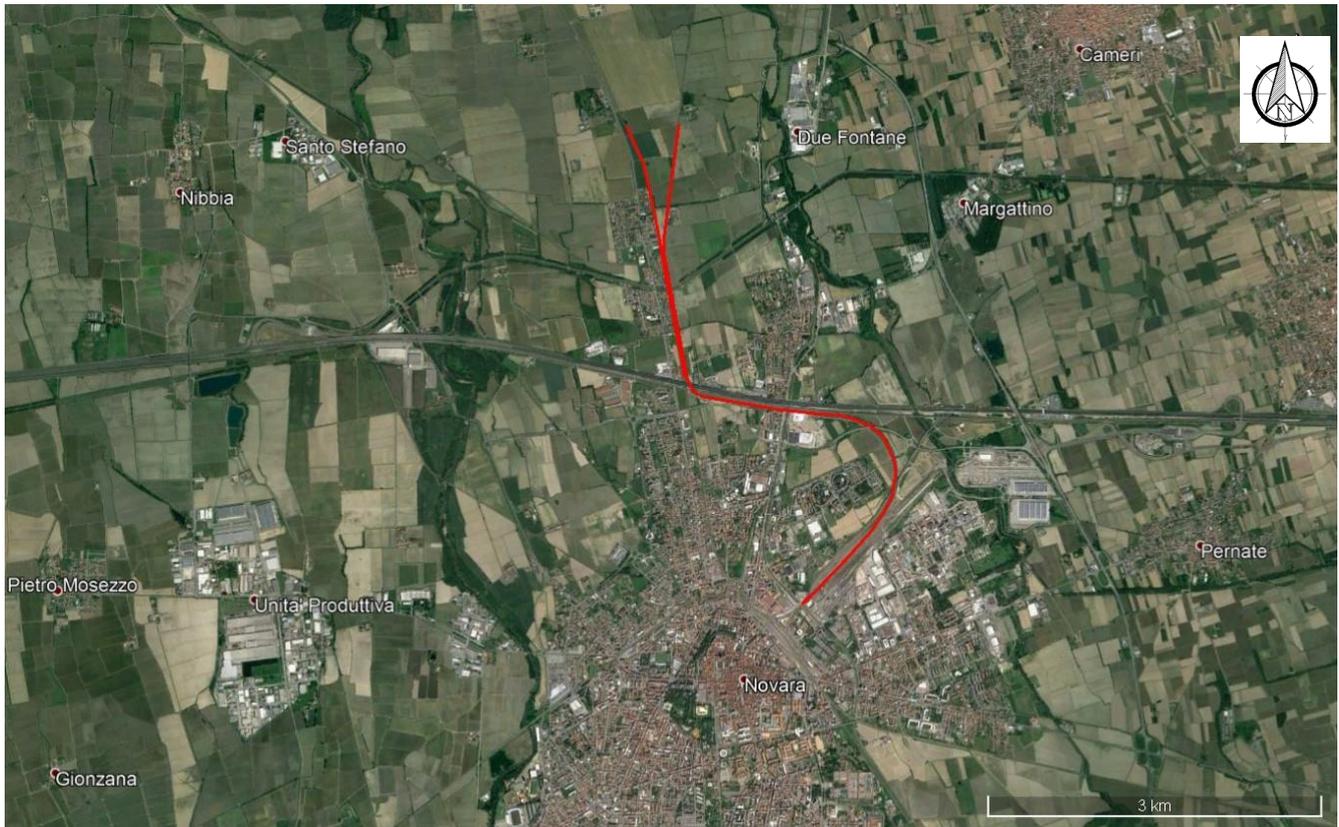


Figura 1-1: Ubicazione delle aree di intervento evidenziate in rosso (da Google Earth, scala grafica).

Lo studio è stato sviluppato a partire dai dati provenienti dalla campagna di indagini in sito realizzata nel mese di marzo-maggio 2020 e dalle campagne indagini realizzate durante le precedenti fasi progettuali.

Nella presente relazione sono stati sviluppati i seguenti punti:

- inquadramento geologico e geomorfologico generale dell'area;
- inquadramento idrogeologico generale dell'area;
- redazione di una cartografia con l'ubicazione delle indagini geognostiche disponibili;
- redazione di una cartografia geologica e geomorfologica di riferimento;
- redazione di una cartografia idrogeologica di riferimento;
- definizione della pericolosità geologica e dei vincoli territoriali;
- descrizione delle indagini geognostiche disponibili;
- interpretazione ed elaborazione delle indagini geognostiche e geofisiche disponibili al fine della ricostruzione dei profili stratigrafici ed idrogeologici dell'area di intervento e della individuazione delle unità stratigrafiche di riferimento;
- definizione della sismicità dell'area ed analisi del rischio di liquefazione.

Con il presente studio viene fornito un quadro d'insieme geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico adeguato al presente livello progettuale, con l'individuazione delle eventuali criticità osservate. Le informazioni di

carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area indagata sono state sintetizzate nei seguenti elaborati, che costituiscono parte integrante del presente studio:

Titolo elaborato	Scala	Codifica
Carta geologica e geomorfologica	1:5.000	NM0Y00D69G5GE0001001A
Carta con ubicazione delle indagini	1:5.000	NM0Y00D69G5GE0001002A
Carta idrogeologica	1:5.000	NM0Y00D69G5GE0002001A
Profilo geologico Bretella merci pari	1:5000/500	NM0Y00D69FZGE0001001B
Profili geologici Linee Vignale-Arona e Vignale-Domodossola	1:2000/200	NM0Y00D69FZGE0001002B
Profilo idrogeologico Bretella merci pari	1:5000/500	NM0Y00D69FZGE0002001B
Profili idrogeologici Linee Vignale-Arona e Vignale-Domodossola	1:2000/200	NM0Y00D69FZGE0002002B
Relazione Esiti indagini e prove in situ	-	NM0Y00D69SGGE0000001A
Relazione Indagini geofisiche	-	NM0Y00D69IGGE0000001A
Relazione Prove di laboratorio	-	NM0Y00D69PRGE0000001A
Relazione Indagini bibliografiche	-	NM0Y00D69RHGE0005001B
Profilo geologico e idrogeologico viabilità NV01	1:2000/200	NM0Y00D69FZGENV1X001A
Profilo geologico viabilità NV02	1:2000/200	NM0Y00D69FZGENV21001A
Profilo idrogeologico viabilità NV02	1:2000/200	NM0Y00D69FZGENV22001A
Profilo geologico viabilità NV03	1:2000/200	NM0Y00D69FZGENV31001A
Profilo idrogeologico viabilità NV03	1:2000/200	NM0Y00D69FZGENV32001A
Profilo geologico viabilità NV04	1:2000/200	NM0Y00D69FZGENV41001A
Profilo idrogeologico viabilità NV04	1:2000/200	NM0Y00D69FZGENV42001A
Profilo geologico e idrogeologico viabilità NV05	1:2000/200	NM0Y00D69FZGENV5X001A

	PROGETTO DEFINITIVO Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NMOY	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 7 di 55

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1997-2 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo.
- O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003 e s.m.i., “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modifiche ed integrazioni.
- O.P.C.M. n.3519 del 28/04/2006, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- D.G.R. 19/01/2010, n.11-13058. Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006).
- D.G.R. 21/05/2014, n.65-7656. Individuazione dell'ufficio tecnico regionale ai sensi del D.P.R. 6 giugno 2001, n.380 e ulteriori modifiche e integrazioni alle procedure attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R. 12/12/2011, n.4-3084.
- D.M. 17/01/2018, aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21/01/2019, n. 7 recante “Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al D.M. 17/01/2018”

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto						
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NMOY	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 8 di 55

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

3.1 Inquadramento geologico

3.1.1 Assetto strutturale

Il territorio in esame appartiene al settore nord-occidentale della Pianura Padana e corrisponde alla porzione centrale del margine settentrionale sud-alpino; il suo assetto è stato generato dagli eventi che si sono succeduti a partire dal miocene superiore e fino al Quaternario, con la deposizione al di sopra del substrato pre-pleiocenico, di sedimenti prevalentemente di tipo continentale e di transizione, depositi fluviali, glaciali e, subordinatamente, lacustri e palustri (Piana et alii, 2017).

Dal Pliocene superiore al Pleistocene si assiste, in corrispondenza dell'attuale Pianura Padana, a un progressivo ritiro del mare, con la deposizione di depositi transizionali prevalentemente fini (sabbie fini, limi e argille) che costituiscono l'Unità Villafranchiana, e in seguito continentali.

Nel Pleistocene medio e superiore avviene l'emersione generalizzata dell'area della Pianura Padana, che è interessata da diversi episodi glaciali e interglaciali raggruppati nelle fasi Mindel, Riss e Wurm, che hanno determinato la formazione del reticolo idrografico attuale. Il susseguirsi di periodi con climi sensibilmente diversi ha determinato successivi momenti di avanzata e ritiro dei ghiacciai alpini, con relative fasi deposizionali ed erosive: si ha quindi la formazione di depositi glaciali e fluvio-glaciali che, nei periodi di ritiro dei ghiacciai, sono incisi dai corsi d'acqua con la creazione di una serie di terrazzi sui quali si possono rinvenire tipici depositi eolici di clima più arido (loess).

Dal Pleistocene superiore all'Olocene, con il lento innalzamento dell'alta pianura, nei settori settentrionali sono messe a giorno le unità più antiche e il conseguente smantellamento della catena porta alla deposizione di sedimenti alluvionali.

La successione stratigrafica classica dell'area può essere così schematizzata:

- Substrato pre-Pliocenico: costituito da formazioni di età dal Miocene superiore al Mesozoico, come rilevato dalle perforazioni effettuate per la ricerca degli idrocarburi; esso si rinviene in affioramento molto più a nord dell'area in oggetto e si approfondisce notevolmente verso sud.
- Unità Villafranchiana ("Argille sotto il Ceppo"): sono costituite in prevalenza da materiali fini, tra cui argille varvate, argille e sabbie fossilifere, sabbie con laminazioni incrociate, depositi lacustri e torbe. Rappresentano la deposizione avvenuta nella fase di regressione marina del Villafranchiano. Gli strati più profondi sono costituiti da argille di origine marina cui si sovrappongono sedimenti sabbioso-argillosi di facies transizionale e continentale, costituiti da argille con lenti di sabbie.
- Ceppo lombardo: si tratta di arenarie e conglomerati sovente passanti a ghiaie e sabbie; affiorano nella parte alta della pianura, soprattutto lungo i corsi d'acqua.
- Morenico Mindel: depositi di limi inglobanti ciottoli, sabbia e argilla, ricoperti da un potente strato di alterazione. Costituiscono la cerchia morenica più esterna, ai piedi delle Prealpi.

	PROGETTO DEFINITIVO Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NMOY	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 9 di 55

- **Fluvioglaciale Mindel:** si tratta di depositi costituiti da ciottoli ben arrotondati immersi in una matrice sabbioso-argillosa di colore giallo rossiccio, caratterizzati da un'alterazione superficiale di colore rosso nota come "ferretto" e spessa fino a 2÷3 m.
- **Morenico Riss:** depositi caotici, ghiaiosi e sabbiosi, con abbondante matrice argillosa; costituiscono i cordoni morenici interni alla cerchia mindeliana.
- **Fluvioglaciale Riss:** si tratta di depositi costituiti da ciottoli ben arrotondati con ghiaie, immersi in una matrice sabbiosa giallo-ocra, con locale presenza di lenti di conglomerato. Hanno anch'essi uno strato superficiale alterato di colore rossiccio anche di origine loessico simile al "ferretto".
- **Morenico Wurm:** si tratta di depositi connessi con l'ultima glaciazione e costituiscono la cerchia morenica più interna. sono formati da depositi caotici di ghiaie, ciottoli e limi inglobanti massi erratici di notevoli dimensioni.
- **Fluvioglaciale Wurm:** sono i depositi connessi al fluvio-glaciale dell'ultima glaciazione quaternaria. Sono formati da ghiaie e sabbie prevalenti con scarsi livelli argillosi e costituiscono il cosiddetto "livello principale della Pianura Padana" o "Diluvium recente". La granulometria di questa unità diminuisce da nord a sud, passando da termini più grossolani (ghiaie prevalenti) a termini più fini (sabbie prevalenti) con passaggio per lo più graduale. Questi depositi si distribuiscono su tutta la zona interessata dal progetto. Nelle zone a ghiaie prevalenti la stratificazione è determinata da lenti e livelli a granulometria diversa, ma uniforme per ciascuno di essi; sono presenti, inoltre, frequenti livelli sabbiosi che si alternano con ghiaie più o meno grossolane (ghiaie sabbiose). L'argilla è talora presente negli orizzonti superficiali, trasportata nel sottosuolo dalle acque di dilavamento e di irrigazione, e spesso si mescola con la ghiaia e la sabbia fino a modesta profondità.
- **Depositi alluvionali:** sono i depositi presenti in prossimità dell'alveo dei principali torrenti, attivi o abbandonati; si riscontra una distribuzione in strette fasce ed una composizione granulometrica ascrivibile a ghiaie e ghiaie sabbiose; la presenza di sabbie, limi e argille, in orizzonti lenticolari più o meno allungati, è strettamente legata alle divagazioni dei corsi d'acqua, responsabili anche della formazione di terrazzi, a seguito del continuo susseguirsi di fenomeni di erosione e di processi deposizionali.

La seguente Figura 3-1 mostra uno schema stratigrafico tipo della Pianura Padana nell'area novarese.

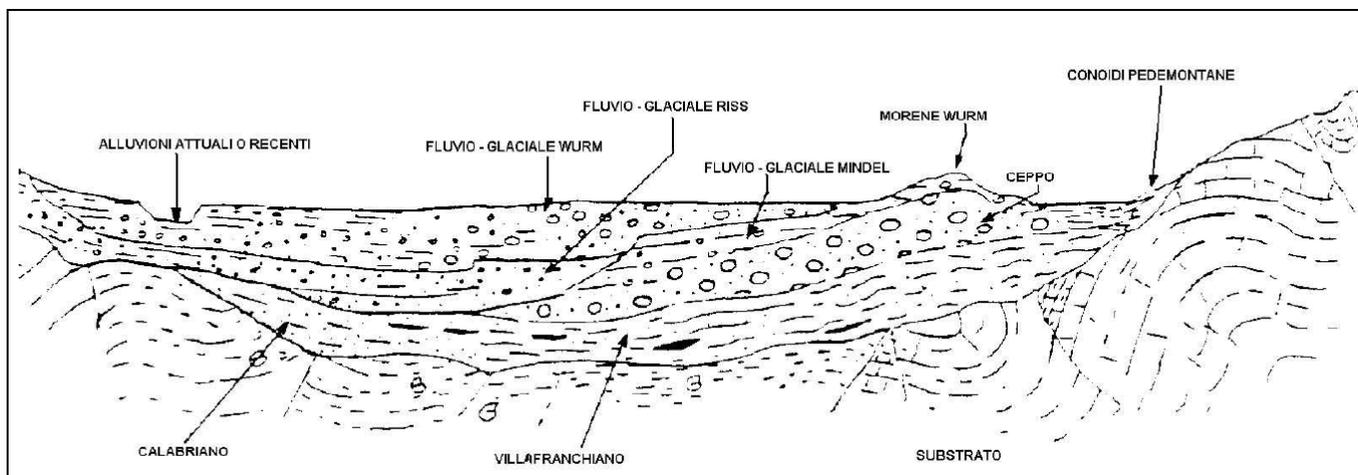


Figura 3-1: Schema stratigrafico di sintesi riferibile alla Pianura Padana (Francani, 1997).

3.2 Assetto stratigrafico

In riferimento all'elaborato "Carta con ubicazione delle indagini" (codifica elab. NM0Y00D69G5GE0001002), desunta dalla Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 foglio 44 "Novara" (di cui si riporta uno stralcio in Figura 3-2, ed alle Note illustrative della Carta Geologica d'Italia fogli 44 e 58 "Novara e Mortara"; Braga e Ragni, 1969) vengono di seguito descritte le unità stratigrafiche affioranti nell'area di studio e nel suo intorno.

3.2.1 Successione Quaternarie

Fluvioglaciale Riss (fg^R)

Caratteri litologici di terreno: alluvioni fluvioglaciali ghiaiose, alterate in terreni argillosi giallo ocracei per uno spessore massimo di 3 metri.

A partire dal Villafranchiano fino alla fine del Mindel si è avuto un continuo accumulo di materiale senza che si siano verificati dei veri periodi di riescavazione. Questi iniziano con l'interglaciale Mindel-Riss, sia in seguito alla decisa variazione climatica, sia per il mutamento dei profili di equilibrio dei corsi d'acqua in rapporto al massimo abbassamento del livello di base che si è avuto alla fine della fase glaciale mindeliana. Il fenomeno di terrazzamento del Mindel-Riss ha raggiunto, nell'area di studio, i 30-40 metri e l'effetto morfologico è stato quello di isolare le grosse lingue moreniche e fluvioglaciali mindeliane. Il fluvioglaciale Riss si presenta in grosse lingue triangolari con vertici verso sud oppure in pianalti a morfologia per lo più piatta. Quasi ovunque i depositi ghiaiosi sono ricoperti da un paleosuolo argilloso giallo-ocra, di potenza variabile e talora considerevole (fino a 3 metri). Età: Riss.

Fluvioglaciale Wurm (fg^W)

Caratteri litologici di terreno: alluvioni fluvioglaciali ghiaioso-ciottolose (terrazzi superiori del Ticino), con debole strato di alterazione brunastro.

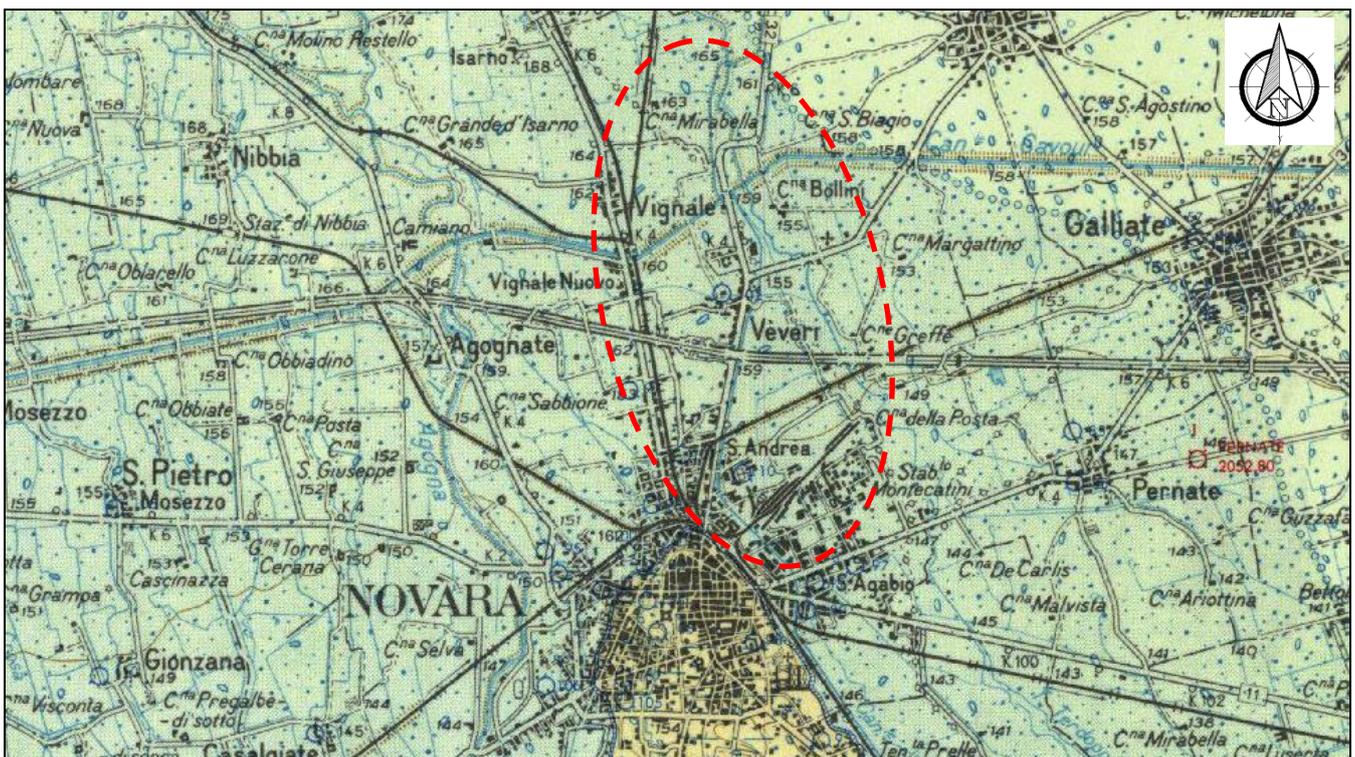
I terreni in questione, indicati dai vecchi autori come "Diluvium recente", sono stati classificati come alluvioni fluvioglaciali del Riss-Wurm, nell'area a settentrione del limite dei fontanili. A partire dalla zona morenica settentrionale si sviluppano, a valle, tre livelli principali, sottostanti al terrazzo rissiano e separati tra loro da

evidente terrazzamento: il livello Wurm I, Wurm II e Wurm III. Gli Autori attribuiscono al Wurm I, legato alla massima espansione wurmiana di Somma Lombardo, il colmamento principale ovvero il livello S. Gaudenzio-Malpensa, mentre il Wurm II ed il Wurm III sono rappresentati da coperture fluvioglaciali più sottili e collegati a stadi successivi, vale a dire agli archi morenici più interni. Il grande colmamento del Wurm I è rappresentato da un complesso particolarmente omogeneo di ghiaie e sabbie molto fresche, la cui granulometria va decrescendo da nord a sud; la disposizione è caotica e a luoghi si trovano banchi ghiaiosi cementati non continui. I terrazzi del Wurm II e del Wurm III, scavati nel grande accumulo del Wurm I, si differenziano da quello soprastante per la presenza di un manto di materiali grossolani, disposti in modo caotico; la natura di tale manto, con ciottoli molto grossi disposti in maniera caotica e di colore molto più scuro rispetto al complesso sottostante, testimoniano di una deposizione rapida di natura fluvioglaciale, provocata da impetuose fiumare dipartentesi dalle fronti glaciali in ritiro. Questa copertura è caratteristica di ogni terrazzo e va diminuendo di potenza dal I al III, probabilmente a causa del veloce e continuo retrocedere, in direzione nord, delle fronti glaciali durante l'intero arco del periodo wurmiano. Il profilo longitudinale del livello Wurm I° ("livello fondamentale della pianura") e quello classico di un'ampia e depressa conoide di deiezione, la cui pendenza è in genere meno accentuata di quella della conoide rissiana. Il paleosuolo dei terreni wurmiani, potente al massimo 1 metro, è caratterizzato da una colorazione bruno-giallastra. Ad occidente del Ticino, lungo la valle del torrente Agogna, esiste un unico livello fluvioglaciale wurmiano (Wurm I) che si radica alle morene più interne (morene di Gozzano) dell'apparato del Cusio. Tale episodio morenico ha preceduto il ritiro definitivo del ghiacciaio wurmiano verso le zone montuose circostanti ed il riempimento del "truogolo" d'Orta da parte delle acque lacustri. Età: Wurm.

Alluvioni terrazzate dell'olocene (a)

Caratteri litologici di terreno: alluvioni ciottolose o ghiaioso-sabbiose dei maggiori corsi d'acqua.

I terreni in questione, si presentano lungo i principali corsi d'acqua, di cui costituiscono gli alvei sia di piena sia di magra. Età: Olocene.



RELAZIONE GEOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

GEMORFOLOGICA,

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NMOY

00

D 69 RG

GE 0001 001

B

12 di 55

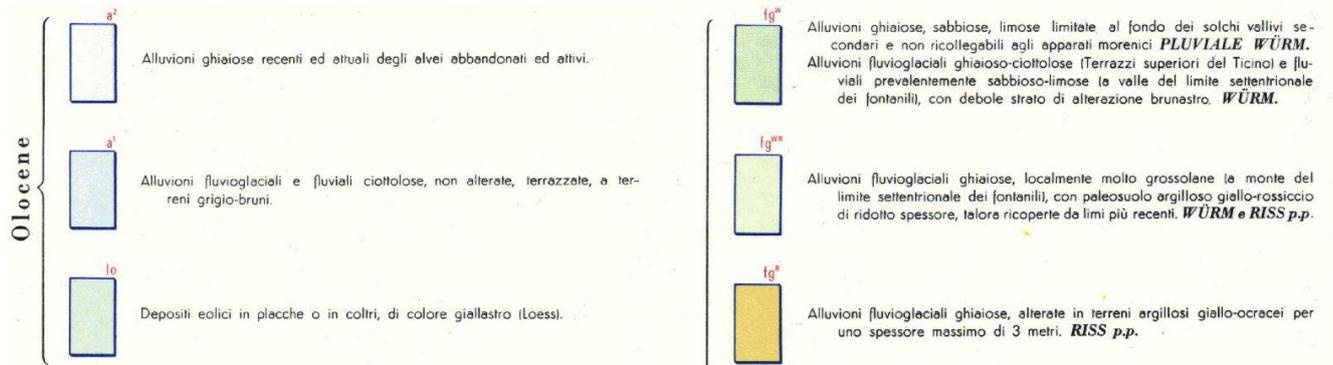


Figura 3-2. Stralcio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 Foglio n.44 "Novara" (non in scala). In tratteggio rosso è indicata l'area di studio.

	PROGETTO DEFINITIVO Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NMOY	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B

3.3 Inquadramento geomorfologico

3.3.1 Caratteri geomorfologici del territorio

L'abitato novarese è delimitato ad ovest dal corso del torrente Agogna, affluente di sinistra del Po, e ad est dal corso del torrente Terdoppio Novarese, che confluisce in destra Ticino. Si tratta per l'appunto di un contesto morfologico sub pianeggiante ove oltre ai suddetti corsi d'acqua e presente una densa rete di rogge e canali artificiali.

Dal punto di vista fisiografico il territorio novarese presenta una debole pendenza verso sud ed è caratterizzato da due elementi che ne riflettono bene la storia geologica:

- il *livello fondamentale della pianura* (*sensu* Petrucci e Tagliavini, 1969), che rappresenta l'ultima e principale fase di alluvionamento della Pianura Padana; è individuato dalle alluvioni wurmiane che costituiscono un'ampia conoide caratterizzata dalla presenza di un suolo dello spessore di circa un metro di colore bruno. Tali depositi definiscono un orizzonte uniformemente piano, debolmente digradante verso il Po, interrotto soltanto dalle incisioni dei corsi d'acqua che solitamente scorrono con direzione circa nord-sud.
- il *terrazzo fluvioglaciale rissiano* (terrazzo di Novara-Vespolate) identificato dai depositi rissiani che definiscono un alto morfologico che emerge dal livello fondamentale della pianura. L'originario aspetto del terrazzo è stato diffusamente modificato dagli spianamenti connessi alle colture risicole. Questo settore rilevato si presenta come una lingua di forma approssimativamente triangolare che dal centro dell'abitato di Novara (subito ad ovest della stazione Centrale) scende verso sud, allargandosi verso l'abitato di Olengo e fino a raggiungere l'abitato di Vespolate; il pianalto si eleva di una decina di metri rispetto al livello della piana circostante, raggiungendo quote massime di circa 162 m slm. Il terrazzo è solcato da una serie di incisioni, fra cui la principale e quella del Torrente Agogna che nasce in località Bicocca, spesso artificiali ed utilizzate a scopo irriguo.

Il raccordo tra il terrazzo e il livello fondamentale della pianura avviene attraverso una scarpata che risulta maggiormente riconoscibile sul lato est del terrazzo, ove appaiono minori i segni del rimaneggiamento antropico; al contrario, sul lato occidentale l'originale connotazione di tale elemento morfologico risulta maggiormente compromessa.

Il terrazzo di Novara-Vespolate (Figura 3-3) rappresenta un lembo di un'antica piana fluvioglaciale rissiana, ed è ricollegabile sotto questo punto di vista a quei settori a nord della zona novarese, costituiti dalla lingua di Cressa-Pombia-Codemonte, tra la sponda orientale del Torrente Agogna e quella occidentale del Ticino, e la lingua di Cardano al Campo-Lonate Pozzolo, tra la sponda orientale del Ticino e quella occidentale del Torrente Arno (Braga et alii, 1969).

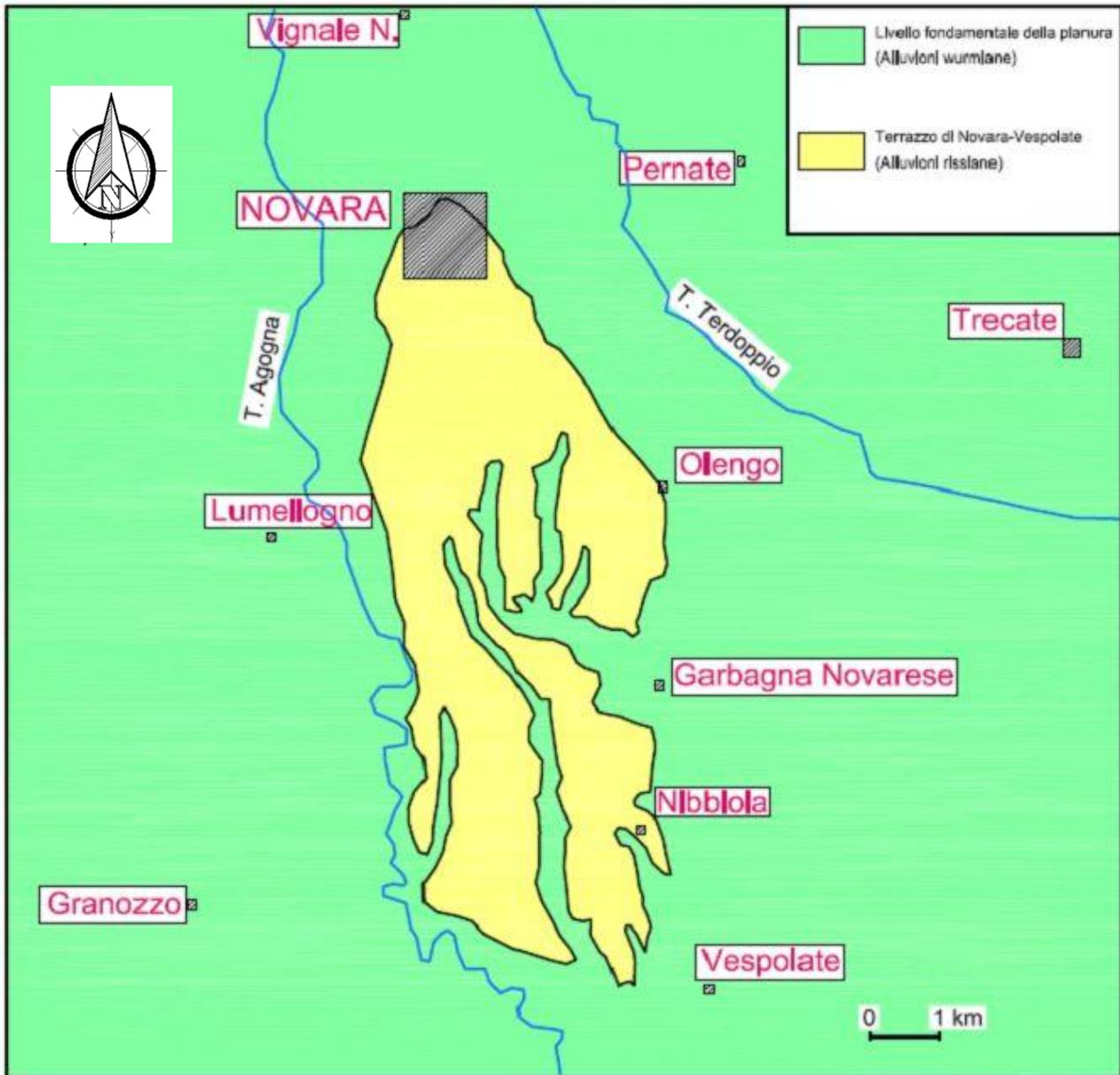


Figura 3-3: Terrazzo fluvio-glaciale Novara – Vespolate.

3.3.2 Rete idrica minore

Il territorio di Novara è caratterizzato da una rete idrica minore di antico impianto e soggetta a progressiva evoluzione, i cui aspetti di naturalità risultano per buona parte condizionati dalle modificazioni susseguitesesi nel tempo conseguenti al progressivo e differente uso del territorio. A questa si affiancano elementi di origine del tutto artificiale. In Figura 3-4 e Figura 3-5 sono riportati gli stralci della Tavola 5A e 5B della carta “Carta del reticolo idrografico” allegata al PRG del Comune di Novara, dove si evince come le opere in progetto entrino in contatto con vari corsi d’acqua artificiali principali e minori.

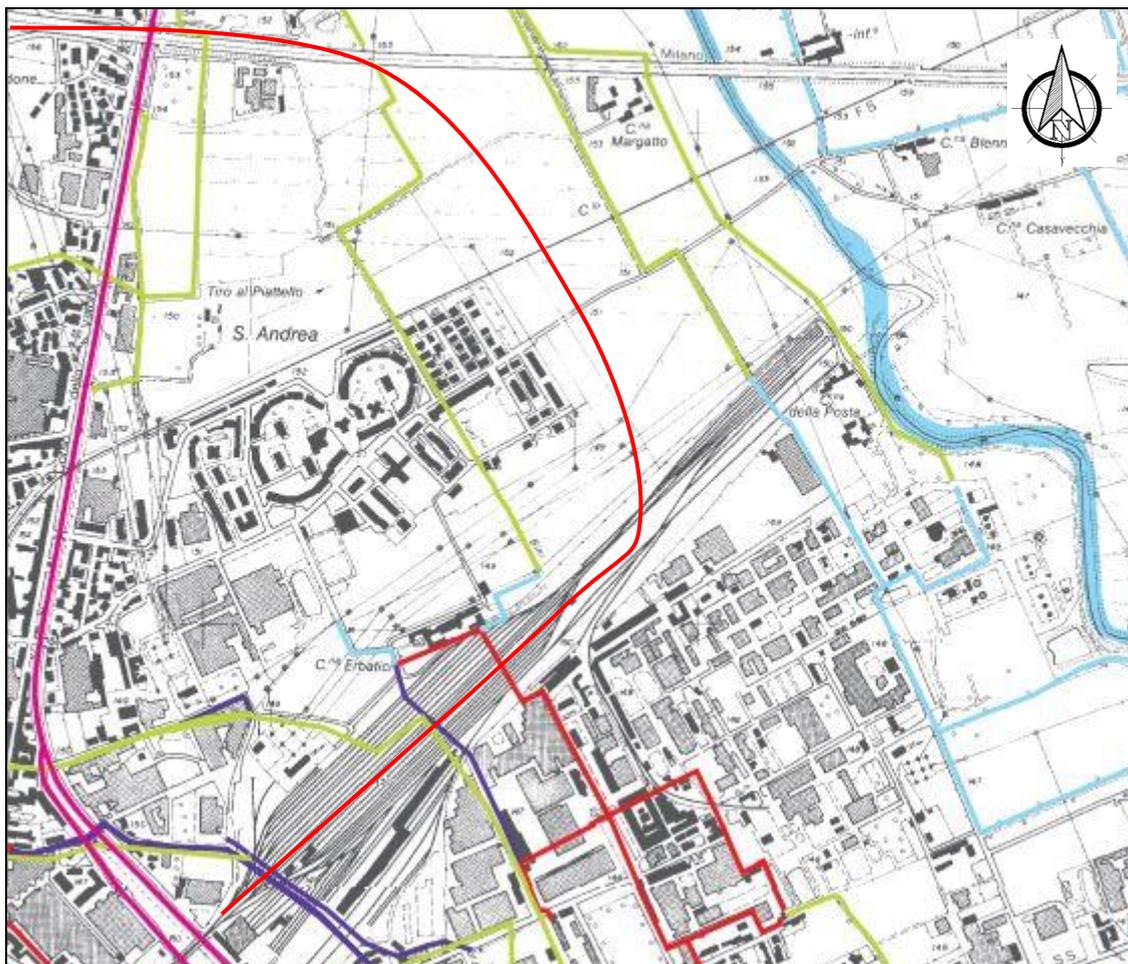


Figura 3-4. Stralcio della Tavola 5A “Carta del reticolo idrografico” allegata al PRG del Comune di Novara (non in scala). In rosso il tacciato di progetto.



Figura 3-5. Stralcio della Tavola 5B “Carta del reticolo idrografico” allegata al PRG del Comune di Novara (non in scala). In rosso il tracciato di progetto.

4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Idrogeologicamente, il sottosuolo della pianura novarese (intesa come macroarea idrogeologica estesa fra i fiumi Sesia e Ticino e che comprende anche la zona dei pianalti, Figura 4-1) è formato da depositi continentali di età compresa fra il Pliocene e l'Attuale poggianti su un substrato marino pliocenico prevalentemente pelitico.

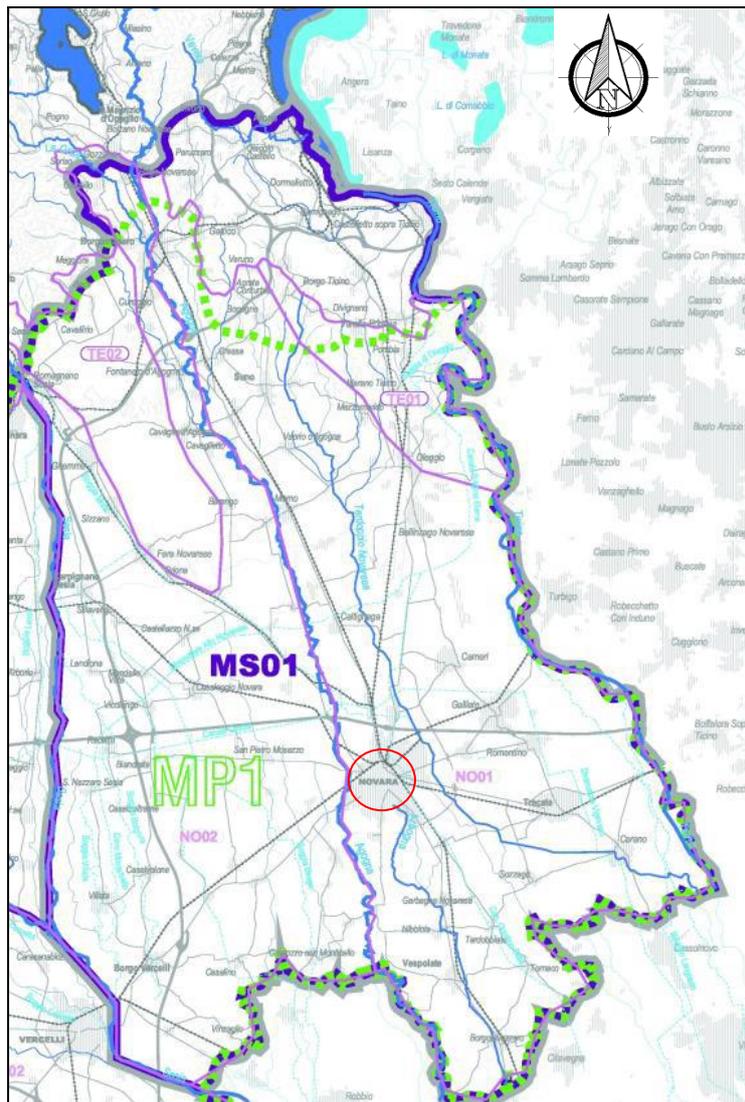


Figura 4-1: Pianura Novarese, non in scala (da Regione Piemonte, 2007).

Il sistema deposizionale continentale può essere ricondotto a due successioni litostratigrafiche sovrapposte; quella inferiore, deposta in ambiente lacustre-palustre, corrispondente ai termini del Villafranchiano *Auct.*, risulta litologicamente costituita da un complesso limoso-argilloso con frequenti orizzonti sabbiosi; quella superiore, di natura alluvionale, corrisponde alle superfici terrazzate di età rissiana ed al piano fondamentale wurmiano, ed è,

	PROGETTO DEFINITIVO Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NMOY	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B

come visto in precedenza, litologicamente composta da ghiaie e sabbie prevalenti con intercalazioni di natura limosa ed argillosa.

Nella struttura idrogeologica si può dunque distinguere una sovrapposizione verticale dei sistemi acquiferi, con un sistema acquifero superficiale, a permeabilità primaria, ospitante una falda a superficie libera (anche se localmente può presentare condizioni di confinamento) alimentata per infiltrazione direttamente dalle precipitazioni meteoriche e identificato dalla coltre alluvionale, e un sistema di acquiferi profondi soggiacenti, con una successione di falde in pressione a vario grado di confinamento e di interconnessione in relazione alla potenza e continuità degli orizzonti impermeabili.

L'acquifero superficiale presenta struttura variabile a seconda delle zone geografiche: nell'alta pianura novarese si presenta come un monostrato, potente e mediamente permeabile; procedendo verso la bassa pianura novarese (e la pianura pavese e Lomellina) esso diviene compartimentato e multifalda, a falda superiore libera. Nel settore prossimo alla fascia pedemontana alpina la soggiacenza della falda si aggira attorno ad alcune decine di metri, verso sud la piezometrica risale approssimandosi alla superficie topografica talvolta generando anche emergenze naturali. Queste risorgive si distribuiscono lungo una fascia che identifica il passaggio fra l'alta e la bassa pianura, che avviene in corrispondenza delle zone ove si ha una diminuzione della permeabilità dell'acquifero per variazioni granulometriche.

La presenza delle risorgive o comunque la vicinanza della falda al piano campagna ne ha reso possibile da secoli l'utilizzazione a scopi irrigui attraverso opere idrauliche (attualmente in progressivo abbandono) note come fontanili: si tratta di piccoli scavi di forma rotondeggiante, che sfruttano la risorgiva o profondi fino ad intercettare la tavola d'acqua, convogliata poi attraverso un canale fino ai terreni da irrigare.

Lo spessore dell'acquifero superficiale varia da poche decine di m fino a circa un centinaio; la direzione di moto della falda freatica è da N, NW verso S, SE, ad eccezione delle zone vicine ai corsi d'acqua principali (Ticino, Sesia, Agogna) che fungono da assi drenanti e regolano il sistema di flusso nell'ambito della pianura.

La seguente Figura 4-2, riporta la soggiacenza della falda in termini di isofreatiche sia per la falda freatica che per la falda in pressione e le relative direzioni di flusso.

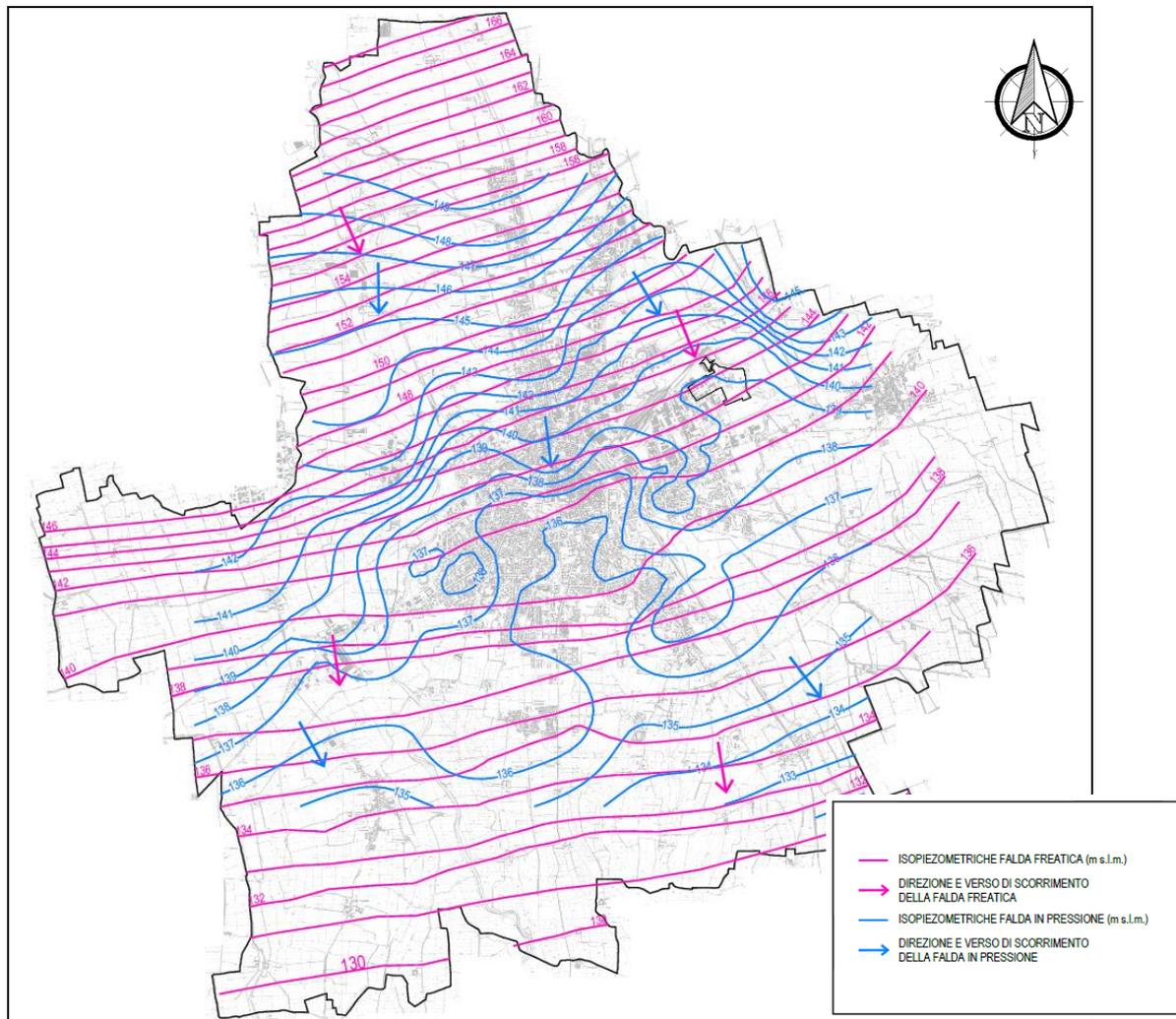


Figura 4-2: Carta delle isopiezometriche del comune di Novara, non in scala (da P.R.G.Novara).

4.1 Condizioni idrogeologiche locali

Le condizioni idrogeologiche dell'area interessata dal Nodo di Novara sono connesse all'assetto litostratigrafico locale e riflettono quelle generali della bassa pianura novarese. Come rilevabile nella Carta idrogeologica le unità geologiche presenti nell'area in esame, ossia le alluvioni wurmiane e quelle rissiane, sono state riunite in un unico complesso idrogeologico definito "Complesso dei depositi fluvioglaciali e fluviali".

Tale complesso è costituito da depositi a granulometria prevalentemente sabbiosa e ghiaiosa, che presentano solitamente una buona permeabilità primaria per porosità. Tale permeabilità tende a ridursi in presenza di livelli a granulometria più sottile e in superficie, laddove può essere presente una coltre argillificata (paleosuolo) di spessore anche consistente (come avviene in corrispondenza del Terrazzo rissiano). Questo complesso idrogeologico ospita un acquifero freatico (acquifero superficiale) alimentato direttamente dalle precipitazioni meteoriche, in diretta connessione con i corsi d'acqua superficiali e la cui base è rappresentata dall'orizzonte argilloso che si rinviene nel territorio comunale di Novara alla profondità media di 25-30 m da piano campagna; a profondità superiori, che giungono fino ai 100 m da p.c., è invece sede di un acquifero semiconfinato.

L'acquifero superficiale, sfruttato principalmente per scopi irrigui e subordinatamente industriali (Tabella 4-1), presenta una buona produttività; è caratterizzato da una superficie piezometrica con soggiacenza mediamente

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NMOY	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 20 di 55

attorno ai 3 m in corrispondenza della superficie fondamentale della pianura, che aumenta arrivando fino ad oltre 10 m in corrispondenza del terrazzo fluvioglaciale.

Tabella 4-1: Captazioni dell'acquifero superficiale, da Piano di Tutela delle Acque della Regione Piemonte (2018).

Pozzi per intervalli di profondità [m da p.c.]	Idropotabili [n°]	Irrigui [n°]	Produzione di beni e servizi [n°]
0-50	37	247	929
50-100	47	186	1509
>100	110	657	2874

Le oscillazioni della falda sono legate oltre che all'andamento delle precipitazioni anche al regime di adacquamento delle colture risicole; gli innalzamenti massimi si hanno all'inizio dell'estate e in autunno inoltrato (Provincia di Novara, 2007).

L'andamento medio della piezometrica è evidenziato nella Carta Idrogeologica dalle curve isofreatiche ad equidistanza pari a 2 metri, desunte da base bibliografica (Carmine M. & Isoli I., 2003). Le isolinee sono all'incirca parallele, la direzione del flusso è da NW verso SE, con un gradiente idraulico variabile tra 0.2-0.4%. Nella Carta Idrogeologica è inoltre riportata, da base bibliografica, l'ubicazione dei fontanili (desunta da Carmine M. & Isoli I., 2003) e dei pozzi per acqua autorizzati all'interno dell'area in esame.

Dal punto di vista idrochimico le acque dell'acquifero superficiale manifestano una tendenza generale ad un chimismo bicarbonato calcico e magnesiaco (caratterizzazione secondo Diagramma di Piper, vedi Regione Piemonte, 2003). Date le sue caratteristiche l'acquifero superficiale appare generalmente vulnerabile agli agenti inquinanti, con locali condizioni di maggiore protezione nelle zone caratterizzate dalla presenza di livelli argillosi prossimi alla superficie topografica.

Dati quantitativi sulle caratteristiche di permeabilità dell'acquifero superficiale derivano dalle prove Lefranc riportate in Tabella 4-2 ed eseguite nell'ambito delle varie campagne geonostiche svolte entro l'areale di interesse del progetto. Il campo di oscillazione dei valori è compreso fra 10^{-7} e 10^{-3} m/s.

Tabella 4-2: Riassunto delle prove di permeabilità effettuate nelle varie campagne indagini nell'area di progetto.

Sondaggio	Campagna indagini	Profondità prova [m da p.c.]	k [m/s]	Livello di falda* [m da p.c.]
S261	Italferr 1992-2005	19.0	1.70E-04	2.2
S263	Italferr 1992-2005	10.	3.20E-04	4.6
S263	Italferr 1992-2005	19.5	3.10E-05	4.6
SINO14	Italferr 1992-2005	11.5	9.00E-06	4.45
SINO16	Italferr 1992-2005	16.5	3.00E-06	4.7
SINO17	Italferr 1992-2005	7.0	7.00E-06	5.3
S1	Italferr 1992-2005	6.0	3.10E-06	5.5

Sondaggio	Campagna indagini	Profondità prova [m da p.c.]	k [m/s]	Livello di falda* [m da p.c.]
S2	Italferr 2009	8.0	1.10E-07	5.5
S3	Italferr 2009	16.0	1.50E-07	4.5
SCMAP1V01	Italferr 2011	11.5	3.70E-05	4.45
PNMAP1B02	Italferr 2011	14.5	3.60E-05	3.44
PDNB01_S1 Carico Cost.	Italferr 2020	4.5	4.11E-05	3.2*
PDNB01_S1 Carico Var.	Italferr 2020	4.5	3.0E-06	3.2*
PDNB01_S3 Carico Var.	Italferr 2020	1.5	8.2E-07	5.3*
PDNB01_S3 Carico Var.	Italferr 2020	4.5	2.0E-04	5.3*
PDNB01_S5 Carico Cost.	Italferr 2020	4.5	1.19E-03	4.0*
PDNB01_S5 Carico Var.	Italferr 2020	1.5	4.2E-05	4.0*
PDNB01_S6 Carico Var.	Italferr 2020	1.5	3.8E-07	3.6*

*Il livello di falda riportato in Tabella 4-2 è quello registrato al termine delle operazioni di perforazione, per i livelli statici si vedano Tabella 7-1 e Tabella 7-2.

Nella valutazione di questi dati occorre tener presente che le prove Lefranc possono essere talvolta condizionate da situazioni operative per effetto delle quali tali prove possono restituire valori di K inferiori rispetto alle prove di portata nei pozzi.

Al di sotto dei 40 m di profondità è presente un acquifero con caratteristiche di semi-confinamento per effetto del livello argilloso riscontrabile nel sottosuolo novarese. A tale acquifero viene attribuita (Idrogeo, 2007) un valore del coefficiente di permeabilità, desunto da prove di pompaggio, dell'ordine di $k=10^{-4}$ m/s.

5 CARTOGRAFIA DELLA PERICOLOSITÀ E VINCOLI TERRITORIALI

5.1 Vincolo idrogeologico

Il R.D.L. n. 3267 del 30 dicembre 1923 ed il successivo regolamento di applicazione (R.D.L. n. 1126 del 16 maggio 1926) sottopongono a tutela alcune aree territoriali che, per effetto di interventi quali ad esempio, disboscamenti o movimenti di terreno possono, con danno pubblico subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque (art. 1). Le aree soggette a vincolo idrogeologico sono localizzate nel territorio di tutte le province piemontesi, principalmente nelle aree montane e collinari e possono essere boscate o non boscate.

In Figura 5-1 si riporta uno stralcio della tavola “Quadro analitico conoscitivo-Vincolo idrogeologico” del Piano Territoriale Provinciale (PTP) di Novara, dalla quale si evince come l’intero territorio del comune di Novara, non sia sottoposto a vincolo idrogeologico. La tavola completa è disponibile al seguente link: https://www.provincia.novara.it/Urbanistica/PianoTerritoriale/media/pag_media/tavole.htm.

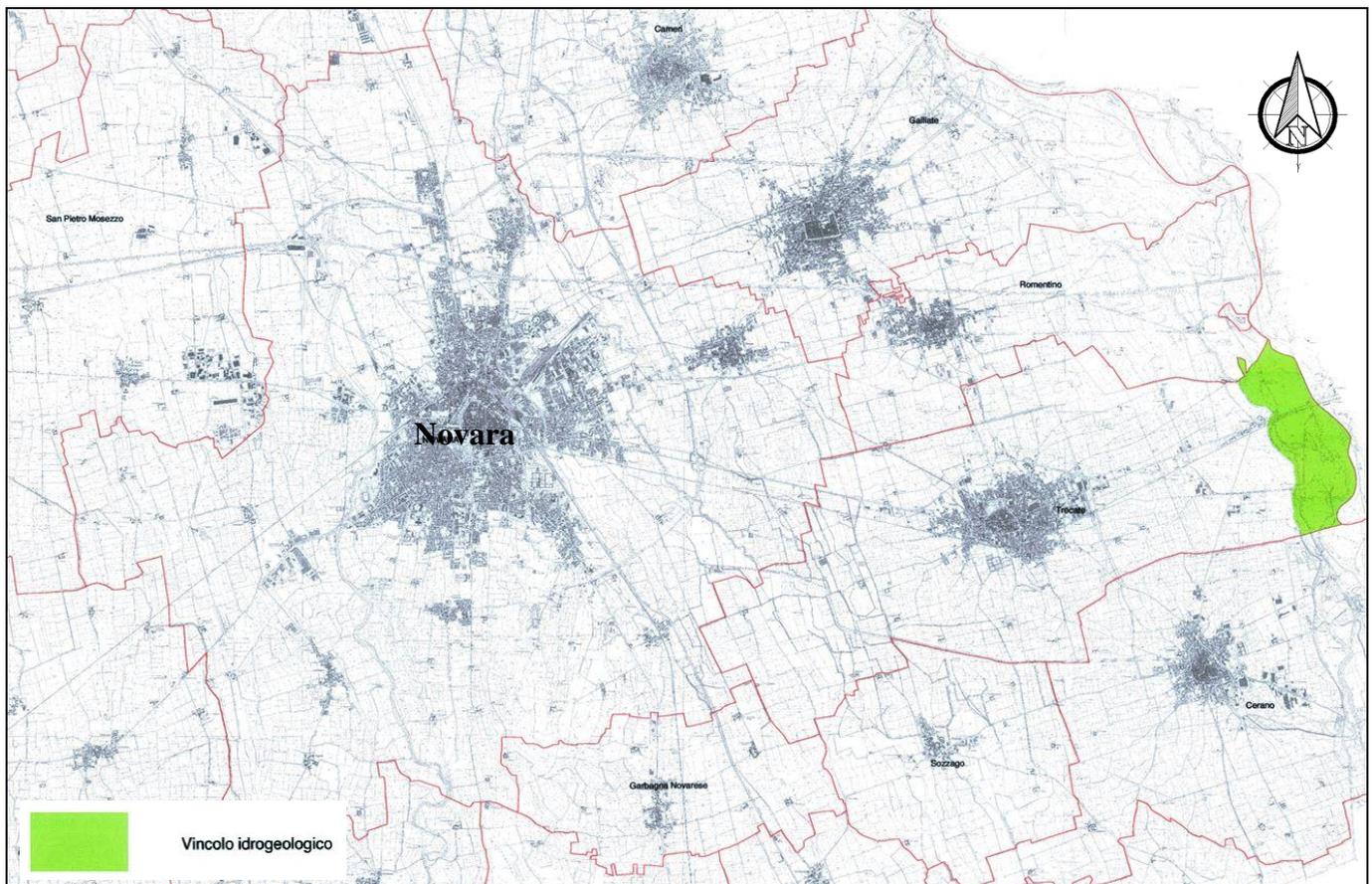


Figura 5-1: Stralcio Tavola “Quadro analitico conoscitivo- Vincolo idrogeologico” del PTP di Novara (non in scala).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NMOY	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B

5.2 Pericolosità geomorfologica ed idraulica

Dalle considerazioni espresse e dall'insieme dei dati rilevati si evidenzia che i principali elementi di pericolosità geologica agenti sul territorio di Novara sono sostanzialmente legati alla dinamica della rete idrografica superficiale, naturale e artificiale, ed all'interferenza di questa con le aree edificate e le infrastrutture. In particolare, le situazioni di dissesto conseguono unicamente a processi di inondazione legati alla dinamica del Torrente Agogna e del Torrente Terdoppio Novarese.

Infatti, come descritto ai paragrafi precedenti, le aree di intervento si collocano in ambito sub-pianeggiante e sono pertanto esenti da potenziali rischi connessi alle dinamiche di versante, con particolare riferimento alle fenomenologie di tipo gravitativo. Relativamente al rischio sink-hole, per le aree di intervento non risultano informazioni storiche circa episodi passati di tale fenomenologia, né le condizioni geologiche del sottosuolo appaiono predisponenti al fenomeno.

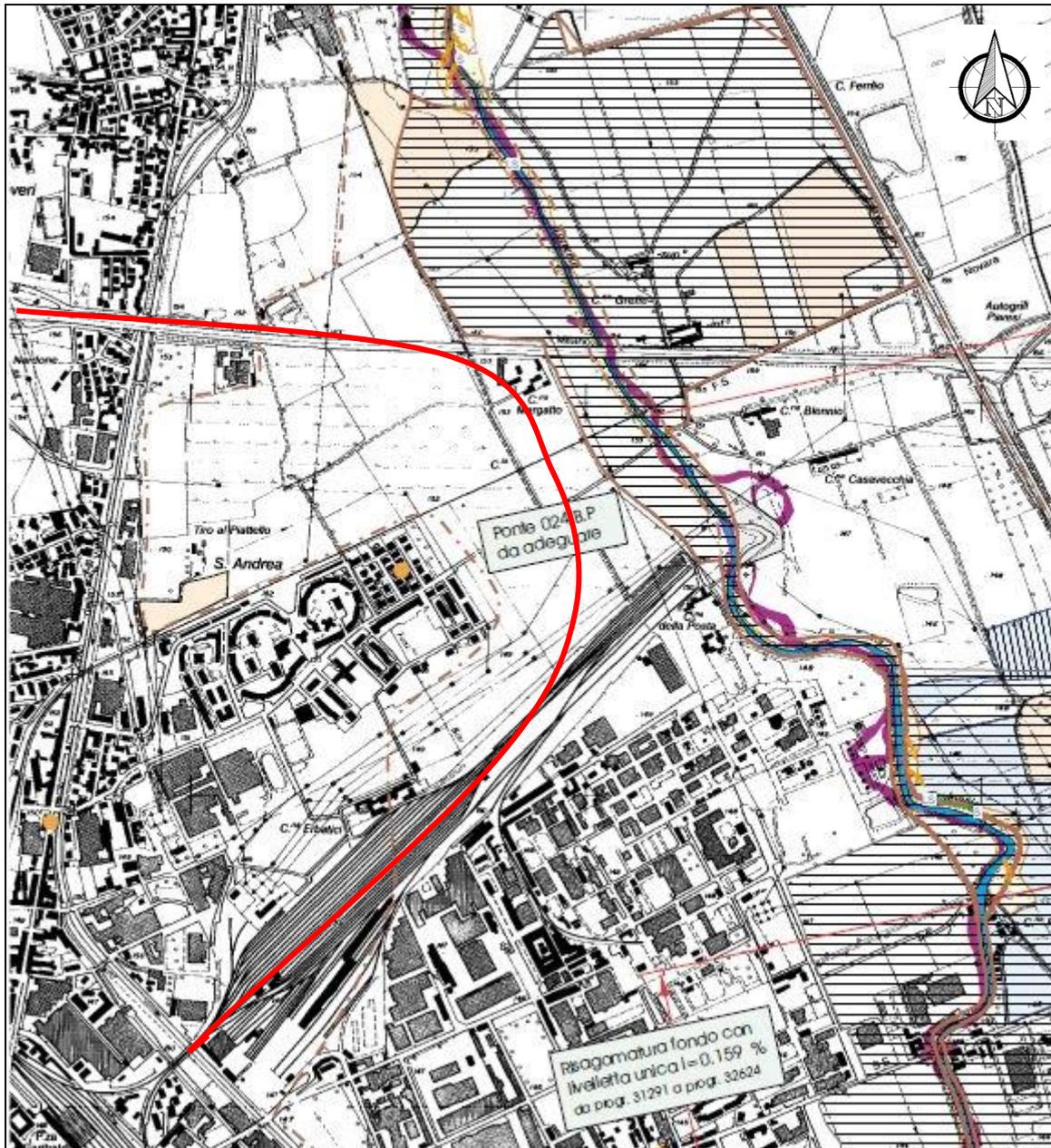
5.2.1 Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

Per quanto riguarda il rischio idraulico, lo strumento pianificatorio di riferimento è rappresentato dal Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) approvato dall'Autorità di Bacino del fiume Po con D.P.C.M. 24/05/2001, con le successive modifiche.

La classificazione delle fasce fluviali fa riferimento all'Allegato 3 del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF):

- Fascia di deflusso della piena (Fascia A), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento, come definita nell'Allegato 3 facente parte integrante delle Norme, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena.
- Fascia di esondazione (Fascia B), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento come definita nell'Allegato 3. Il limite di tale fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento). Il Piano indica con apposito segno grafico, denominato "limite di progetto tra la fascia B e la fascia C", le opere idrauliche programmate per la difesa del territorio. Allorché dette opere saranno realizzate, i confini della Fascia B si intenderanno definiti in conformità al tracciato dell'opera idraulica eseguita e la delibera del Comitato Istituzionale di presa d'atto del collaudo dell'opera varrà come variante automatica del piano stralcio delle fasce fluviali, per il tracciato di cui si tratta.
- Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento, come definita nell'Allegato 3.

In Figura 5-2 e Figura 5-3 si riportano, per le aree di progetto, gli stralci planimetrici delle fasce fluviali del PAI del Bacino del Po.

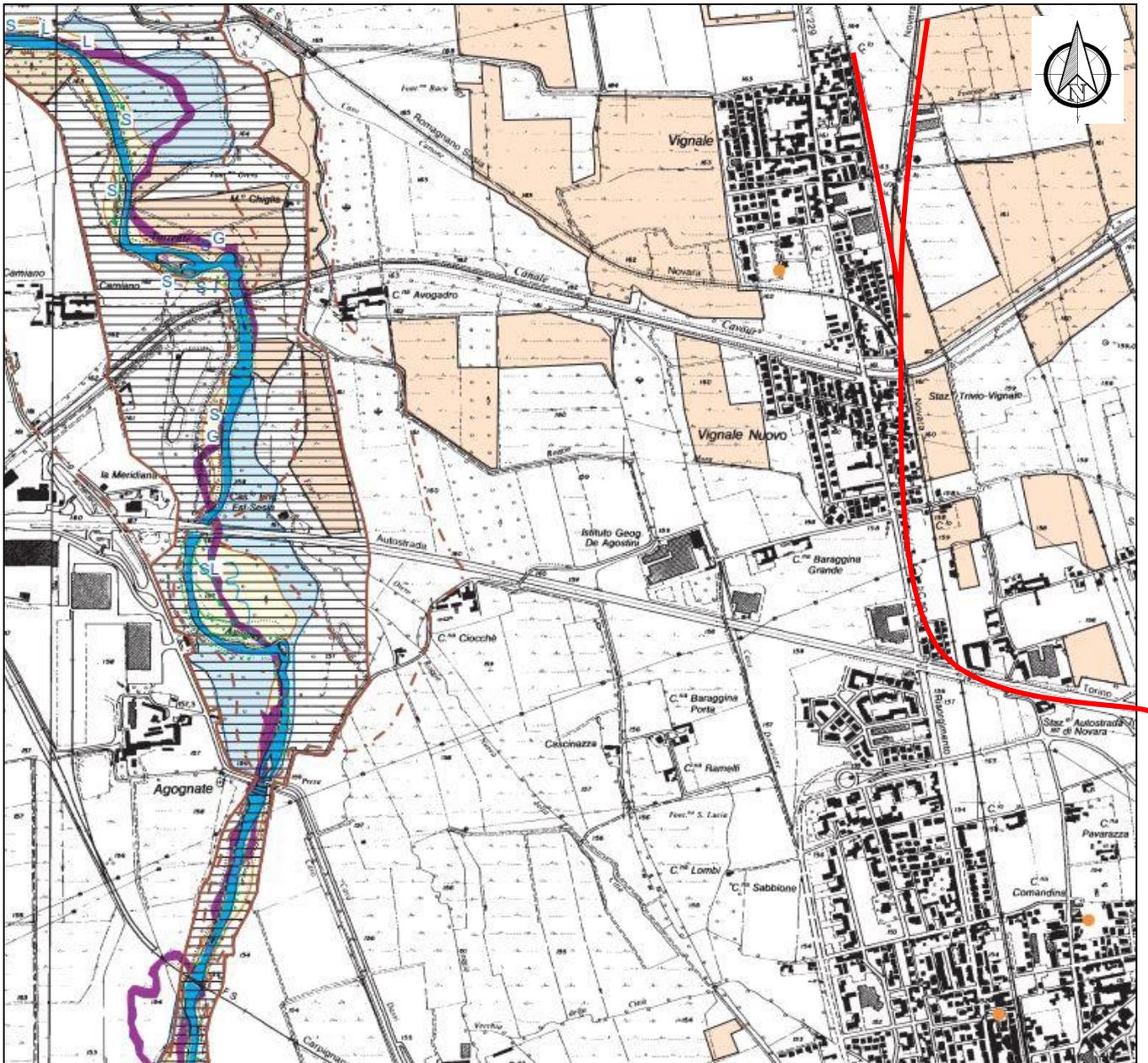


LEGENDA FASCE FLUVIALI

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

- — 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

Figura 5-2: Stralcio Planimetrico delle fasce fluviali dei PAI del Bacino del Po per l'area di progetto "Bretelle merci". Non in scala. In rosso il tracciato di progetto.



LEGENDA FASCE FLUVIALI

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

- 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

Figura 5-3: Stralcio Planimetrico delle fasce fluviali dei PAI del Bacino del Po per l'area di progetto "Linea Vignale-Arona-Domodossola". Non in scala. In rosso il tracciato di progetto.

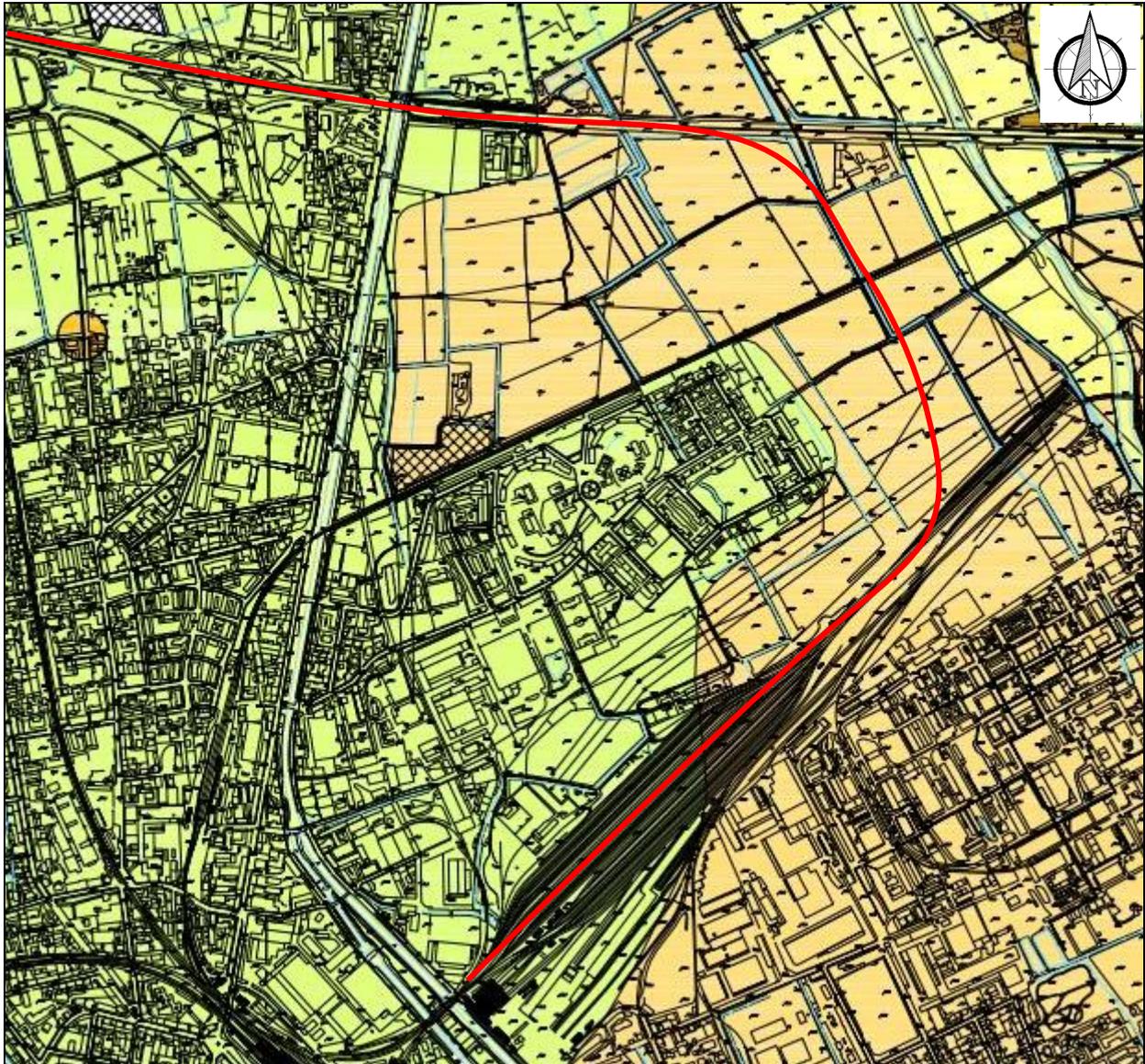
	PROGETTO DEFINITIVO Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NMOY	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 26 di 55

5.2.2 Piano Regolatore Generale (PRG) del Comune di Novara

La Tavola 18 del Piano Regolatore Generale (PRG) del comune di Novara comprende la “Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell’idoneità all’utilizzazione urbanistica” dove, oltre alle aree inondabili ed alle fasce fluviali del PAI, sono indicate le classi di pericolosità geomorfologica.

Gli stralci della cartografia sono riportati in Figura 5-4 ed in Figura 5-5 (foglio 18F per la Bretella merci e foglio 18° per la Linea Vignale-Arona-Domodossola), dai quali si evince che queste sono classificate come: *“Porzioni di territorio dove le condizioni di modesta pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l’adozione e il ripristino di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livelli di Norme di attuazione ispirate al D.M. 11 Marzo 1988”*.

Nelle stesse tavole, sono indicate le fasce di rispetto dei fontanili.



Classe di idoneità	Condizioni di Pericolosità		
I	[Green box]	Arece senza limitazioni d'uso di tipo geologico	a ₁ [Yellow box]
	[Cross-hatched box]	Arece caratterizzate da allagamenti per trascinamento della rete idrica locale o rigurgito della rete fognaria	a ₂ [Orange box]
II	[Blue box]	Arece caratterizzate dalla presenza di terreni argilloso-sabbiosi ed eluvio-coluviali con caratteristiche geotecniche medio-basse (v.d. scarpate con altezza <3 m o da pendii di moderate entità, sovente rimodellati dall'attività agricola, testate delle valicoie presenti nei terreni del Pleistocene medio-sup., poco incise; aree caratterizzate dai processi della Classe IIa (settori retinati))	a ₃ [Light yellow box]
	[Blue box]	Arece situate a tergo della Fascia B di progetto del P.A.I., esondabili in naturalità e soggette temporaneamente alle norme previste per la Fascia B (artt. 28, 30, 39 N.d.A. del P.A.I.) secondo i disposti di cui all'art. 11 della Delib. 18/07/2001 dell'Autonomia di Bacino del fiume Po	b ₂ [Pink box]
	[Cross-hatched box]	Arece caratterizzate dalla presenza di terreni sabbioso-gliassiosi e soggettività della falda idrica a 3 m e aree caratterizzate dai processi della Classe IIa (settori retinati)	b ₃ [Brown box]
	[Cross-hatched box]	Arece comprese nella Fascia C del P.A.I., caratterizzate sia dagli elementi penalizzanti di cui alla Classe IIa (via da allagamenti per trascinamento torrenziale con tiranti idraulici moderati, scarsa o nulla energia) e aree caratterizzate dai processi della Classe IIa (settori retinati)	b ₄ [Red box]

Figura 5-4: Stralcio del foglio 18F della “Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell’idoneità all’utilizzazione urbanistica” del PRG di Novara (non in scala). In rosso il tracciato di progetto.

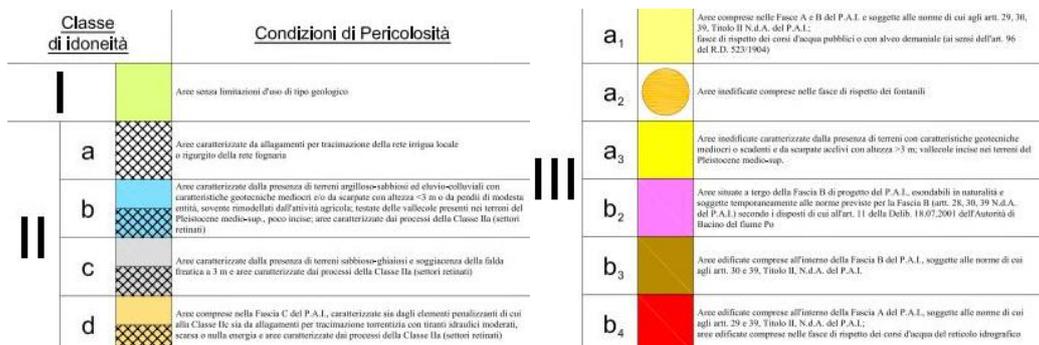


Figura 5-5: Stralcio del foglio 18A della “Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell’idoneità all’utilizzazione urbanistica” del PRG di Novara (non in scala). In tratteggio rosso il tracciato di progetto.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NMOY	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B

6 INDAGINI GEOGNOSTICHE

6.1 Premessa

I dati geognostici a supporto del presente studio derivano dalle risultanze della campagna di indagini geognostiche realizzata nel mese di marzo-maggio 2020.

Sono state inoltre utilizzate le indagini eseguite nelle campagne geognostiche per le precedenti fasi progettuali ed un sondaggio disponibile nella banca dati geotecnica di Arpa Piemonte. Per l'ubicazione di tutte le indagini disponibili si rimanda al documento "Carta con ubicazione delle indagini" (NM0Y00D69G5GE0001002).

6.2 Campagna indagini Italferr 2020

La campagna geognostica ha previsto:

- n.6 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 30m da p.c.. Durante le operazioni di perforazione sono state effettuate le seguenti attività:
 - rilievo della stratigrafia con esecuzione di prove speditive di consistenza (PP e TV);
 - esecuzione di n.10 prove in foro di tipo SPT per sondaggio;
 - prelievo di totale n.51 campioni rimaneggiati sottoposti a prove di laboratorio geotecnico;
 - rilievo del livello dell'acqua all'interno del foro a margine delle operazioni di perforazione.

È stato inoltre installato un tubo piezometrico all'interno di ogni foro di sondaggio, fatta eccezione per PDNB01_S4.

- n.11 prove penetrometriche pesanti DPSH spinte fino alla profondità di 15 m da p.c..
- n.8 prove sismiche attive del tipo M.A.S.W. e n.8 prove sismiche passive HVSR.

Nella seguente Tabella 6-1 si riporta l'elenco delle indagini eseguite. Per i rapporti di prova si faccia riferimento alla "Relazione sulle indagini disponibili" (NM0Y00D69SGGE0000001, NM0Y00D69IGGE0000001 e NM0Y00D69PRGE0000001).

Tabella 6-1. Riepilogo delle indagini in sito eseguite nella campagna 2020.

ID prova	Quota presunta [m s.l.m.]	Profondità [m da p.c.]	Data di esecuzione	Strumentazione di monitoraggio
PDNB01_S1	163.6	30	25-27.02.2020	piezometro Norton
PDNB01_S2	157.0	30	08.03-06.05.2020	piezometro Norton
PDNB01_S3	154.0	30	21-25.02.2020	piezometro Norton
PDNB01_S4	150.7	30	06-08.05.2020	---

ID prova	Quota presunta [m s.l.m.]	Profondità [m da p.c.]	Data di esecuzione	Strumentazione di monitoraggio
PDNB01_S5	149.8	30	03-05.03.2020	piezometro Norton
PDNB01_S6	150.0	30	05-06.03.2020	piezometro Norton
DPSH1	161.13	15	14.05.2020	-
DPSH2	160.67	15	14.05.2020	-
DPSH3	159.55	15	14.05.2020	-
DPSH4	154.96	15	14.05.2020	-
DPSH5	155.35	15	14.05.2020	-
DPSH6	154.82	15	14.05.2020	-
DPSH7	154.43	15	14.05.2020	-
DPSH8	150.23	15	12.05.2020	-
DPSH9	150.34	15	12.05.2020	-
DPSH10	149.37	15	14.05.2020	-
DPSH11	150.65	15	14.05.2020	-

6.3 Campagna indagini Italferr 2011

I dati geognostici sono:

- n.2 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 30m da p.c.. Durante le operazioni di perforazione sono state effettuate le seguenti attività:
 - rilievo della stratigrafia con esecuzione di prove speditive di consistenza (PP e TV);
 - esecuzione di n.10 prove in foro di tipo SPT per sondaggio;
 - prelievo di totale n.19 campioni tra indisturbati e rimaneggiati sottoposti a prove di laboratorio geotecnico;
 - rilievo del livello dell'acqua all'interno del foro al margine delle attività di perforazione.

È stato inoltre installato un tubo piezometrico all'interno di uno dei due fori di sondaggio.

Nella seguente Tabella 6-2 si riporta l'elenco delle indagini eseguite. Per i rapporti di prova si faccia riferimento al documento: "Relazione sulle indagini disponibili" (NMOY00D69RHGE0005001).

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 31 di 55

Tabella 6-2: Riepilogo delle indagini in sito eseguite nella campagna 2011.

ID prova	Quota presunta [m s.l.m.]	Profondità [m da p.c.]	Data di esecuzione	Strumentazione di monitoraggio
SCMAP1V01	158.0	30	14-17.01.2011	-
PNMAP1B02	164.0	30	11-13.01.2011	piezometro Norton

Sui campioni rimaneggiati e indisturbati prelevati nei sondaggi stratigrafici descritti, sono state eseguite prove di laboratorio geotecnico. Nella seguente Tabella 6-3 si riporta l'elenco dei campioni disponibili e delle prove di laboratorio effettuate; per i rapporti di prova si faccia riferimento al documento "Relazione sulle indagini disponibili" (NM0Y00D69RHGE0005001)

Tabella 6-3: Riepilogo delle prove di laboratorio geotecnico eseguite durante la campagna indagini Italferr 2011.

Sondaggio	Camp.	Tipologia Rim./Ind.	Prof. [m da p.c.]	Pesi di volume.	Analisi granul.	Conten. acqua	Limiti Atterb.	Class. USCS	Prova EDO
SCMAP1V01	A	Rim.	2.00		X		X	X	
SCMAP1V01	B	Rim.	4.00		X				
SCMAP1V01	C	Rim.	8.00		X				
SCMAP1V01	D	Rim.	11.00		X				
SCMAP1V01	E	Rim.	14.00		X				
SCMAP1V01	F	Rim.	17.00		X		X	X	
SCMAP1V01	G	Rim.	20.00		X		X	X	
SCMAP1V01	H	Rim.	23.00		X		X	X	
SCMAP1V01	I	Rim.	26.00		X				
PNMAP1B02	A	Rim.	3.00		X		X	X	X
PNMAP1B02	B	Rim.	6.00		X		X	X	
PNMAP1B02	C	Rim.	9.00		X		X	X	
PNMAP1B02	D	Rim.	12.00		X		X	X	
PNMAP1B02	E	Rim.	15.00		X		X	X	
PNMAP1B02	F	Rim.	18.00		X		X	X	
PNMAP1B02	G	Rim.	21.00		X		X	X	
PNMAP1B02	H	Rim.	24.00		X		X	X	
PNMAP1B02	I	Rim.	27.50		X		X	X	
PNMAP1B02	1s	Ind.	27.00	X	X	X	X	X	

6.4 Campagna indagini Italferr 2009

Si riporta di seguito il riepilogo delle indagini eseguite:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NMOY	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B

- n.3 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo spinti a diverse profondità da p.c.. Durante le operazioni di perforazione sono state effettuate le seguenti attività:
 - rilievo della stratigrafia con esecuzione di prove speditive di consistenza (PP e TV);
 - esecuzione di n.19 totali prove in foro di tipo SPT;
 - prelievo di totale n.19 campioni rimaneggiati sottoposti a prove di laboratorio geotecnico;
 - rilievo del livello dell'acqua all'interno del foro al margine delle attività di perforazione.

È stato inoltre installato un tubo piezometrico all'interno di due dei fori di sondaggio.

Nella seguente Tabella 6-4 si riporta l'elenco delle indagini eseguite. Per i rapporti di prova si faccia riferimento al documento "Relazione sulle indagini disponibili" (NM0Y00D69RHGE0005001).

Tabella 6-4: Riepilogo delle indagini in sito eseguite nella campagna 2009.

ID prova	Quota presunta [m s.l.m.]	Profondità [m da p.c.]	Data di esecuzione	Strumentazione di monitoraggio
S1	148.0	15.00	11-12.03.2009	-
S2	148.5	25.00	10-11.03.2009	piezometro Norton
S3	150.0	25.00	02-09.03.2009	piezometro Norton

6.5 Campagna indagini Italferr 1992-2005

I dati geognostici a supporto di questo lavoro realizzati durante la campagna indagini Italferr 1992-2005 sono:

- n.11 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo spinti a diverse profondità da p.c.. Durante le operazioni di perforazione sono state effettuate le seguenti attività:
 - rilievo della stratigrafia con esecuzione di prove speditive di consistenza (PP e TV);
 - esecuzione di n.90 totali prove in foro di tipo SPT;
 - rilievo del livello dell'acqua all'interno del foro al margine delle attività di perforazione.

È stato inoltre installato un tubo piezometrico all'interno di cinque dei fori di sondaggio.

Nella seguente Tabella 6-5 si riporta l'elenco delle indagini eseguite. Per i rapporti di prova si faccia riferimento al documento "Relazione sulle indagini disponibili" (NM0Y00D69RHGE0005001).

Tabella 6-5: Riepilogo delle indagini in sito eseguite nella campagna 1992-2005

ID prova	Quota presunta [m s.l.m.]	Profondità [m da p.c.]	Data di esecuzione	Strumentazione di monitoraggio
SINO14	151.6	30	24-26.02.2000	piezometro Norton
SINO16	150.7	30	26-29.02.2000	piezometro Norton

ID prova	Quota presunta [m s.l.m.]	Profondità [m da p.c.]	Data di esecuzione	Strumentazione di monitoraggio
SINO17	149.2	30	03-06.03.2000	piezometro Norton
SN80	154.82	30	-	-
SI35	152.3	30	13-14.02.2001	-
SI36	151.3	30	12-13.02.2001	-
S257	157.1	55	22-24.07.1992	-
S258	155.76	25	17-20.07.1992	piezometro Norton
S260	153.74	25	16.06.1992	-
S261	151.8	25	14-15.07.1992	piezometro Norton
S263	152.9	30	09-10.07.1992	-

6.6 Indagini disponibili sul portale Arpa Piemonte

Ad integrazione dei sondaggi effettuati durante le campagne geognostiche, è stato consultato il portale di Arpa Piemonte per l'individuazione di eventuali punti di indagine utilizzabili. I dati utilizzati sono:

- n.1 sondaggio stratigrafico a carotaggio continuo spinto a 30m da p.c.. Non si hanno informazioni sulle attività svolte durante le operazioni di perforazione.

I dati riassuntivi del sondaggio 9993221 sono riassunti nella seguente Tabella 6-6. Per il certificato del sondaggio si faccia riferimento al documento "Relazione sulle indagini disponibili" (NM0Y00D69RHGE0005001).

Tabella 6-6: Riepilogo delle indagini disponibili su Arpa Piemonte.

ID prova	Quota presunta [m s.l.m.]	Profondità [m da p.c.]	Data di esecuzione	Strumentazione di monitoraggio
9993221	159.7	105	-	-

6.7 Indagini geofisiche

I dati geofisici disponibili per questo lavoro derivano da una campagna indagini geofisica eseguita nel 2017 da Italferr per la progettazione definitiva per il Piano di Risanamento Acustico (P.R.A.) nel Comune di Novara. La campagna di misure geofisiche condotta ha previsto l'esecuzione di:

- n.5 prove sismiche attive tipo Masw (Multi Channel Analysis of Surface Waves).
- n. 2 prove sismiche passive tipo Re.Mi (Refraction Microtemor).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B

Un'ulteriore prova disponibile deriva dalla campagna indagini 2009 durante la quale è stata eseguita una prova sismica tipo "Down-Hole" nell'area del "Passante merci nodo di Novara" durante la precedente fase progettuale. All'interno del foro di sondaggio S4 è stata installata una tubazione cieca in PVC per l'esecuzione dell'indagine sismica.

La seguente

Tabella 6-7 sintetizza le prove sismiche disponibili:

Tabella 6-7: Indagini sismiche disponibili.

ID prova	Tipo Prova	Lunghezza stendimento/ Profondità [m]	Data di esecuzione
Masw1	Multi Channel Analysis of Surface Waves	48	Dicembre 2017
Masw2	Multi Channel Analysis of Surface Waves	48	Dicembre 2017
Masw3	Multi Channel Analysis of Surface Waves	48	Dicembre 2017
Msw4	Multi Channel Analysis of Surface Waves	48	Dicembre 2017
Masw5	Multi Channel Analysis of Surface Waves	48	Dicembre 2017
ReMi1	Refraction Microtemor	48	Dicembre 2017
ReMi2	Refraction Microtemor	48	Dicembre 2017
S4-DH	Down - Hole	30	Febbraio 2009

Per i rapporti di prova si faccia riferimento al documento "Relazione sulle indagini disponibili" (NM0Y00D69RHGE0005001).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO Nodo di Novara Realizzazione della 1^a fase del PRG di Novara Boschetto						
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 35 di 55

7 MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI RIFERIMENTO

7.1 Unità stratigrafiche

In riferimento alle condizioni geologiche delle aree, alle indagini geognostiche in sito ed alle prove di laboratorio geotecnico descritte in precedenza, sono stati ricostruiti i modelli stratigrafici di riferimento, riportati nelle tavole “Profilo geologico Bretella merci pari e Profili geologici linee Vignale-Arona e Vignale-Domodossola” (NM0Y00D69FZGE0001001 e NM0Y00D69FZGE0001002); essi prevedono le seguenti unità stratigrafiche:

Depositi antropici

- Unità R: terreni di riporto eterogenei o terreno vegetale, prevalentemente costituiti da sabbie fini con limo e ghiaia. I clasti sono generalmente poligenici, angolari ed eterometrici, di colore da marrone a grigio.

Depositi fluviali-glaciali

- Unità 1: sabbia grossolana con ghiaia eterometrica con clasti poligenici arrotondati. Colore da marrone a grigia, da addensata a molto addensata. Unità litotecnica prevalentemente incoerente.
- Unità 2: sabbia, da media a fine, con locale presenza di ghiaia e limo, addensata, di colore marrone a sfumature verdognole. Unità litotecnica prevalentemente incoerente.
- Unità 3: limo con argilla debolmente sabbioso di colore marrone oca o grigio da chiaro a scuro. Molto consistente. Unità litotecnica prevalentemente coesiva.

Dalla descrizione dell'unità geologica f^w, al paragrafo 3.2.1, si evince come essa sia composta da: “...tre livelli principali, sottostanti al terrazzo rissiano e separati tra loro da evidente terrazzamento: il livello Wurm I, Wurm II e Wurm III”. Per questo motivo le tre unità stratigrafiche sopradescritte sono state attribuite alla medesima unità geologica, f^w.

7.2 Livelli piezometrici

Per quanto concerne i livelli di falda, in Tabella 7-1 si riporta il monitoraggio dei piezometri installati all'interno dei fori di sondaggio effettuati durante la campagna indagini Italferr 2020 sia come soggiacenza che come quota assoluta del pelo libero della falda. Durante l'ultimo monitoraggio (novembre 2020) il piezometro PDNB01_S1 non è stato trovato; in Tabella 7-2 si riporta invece l'elenco dei valori registrati, sia come soggiacenza che come quota assoluta del pelo libero della falda per tutte le altre indagini disponibili con la relativa data di misura.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NMOY	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B

Tabella 7-1. Monitoraggio dei livelli di falda - indagini Italferr 2020

Sondaggio	Quota [m slm]	Maggio 2020		Ottobre 2020		Novembre 2020	
		Soggiacenza [m da p.c.]	Livello falda [m slm]	Soggiacenza [m da p.c.]	Livello falda [m slm]	Soggiacenza [m da p.c.]	Livello falda [m slm]
PDNB01_S1	163.6	3.2	161.4	2.71	160.89	DISTRUTTO	DISTRUTTO
PDNB01_S2	157.0	4.5	152.5	2.75	154.25	2.73	154.27
PDNB01_S3	154.0	5.30	148.7	3.02	150.98	3.06	150.94
PDNB01_S4	150.7	3.8	146.9	---	---	---	---
PDNB01_S5	149.8	4.00	145.8	4.17	145.63	3.85	145.95
PDNB01_S6	150.0	3.60	146.4	4.51	145.49	4.51	145.49

Tabella 7-2: Riepilogo dei livelli di falda disponibili.

Livello di falda	Quota [m slm]	Data	Soggiacenza [m da p.c.]	Livello falda [m slm]
Campagna indagini 2020				
DPSH1	161.13	14.05.2020	1.20	159.93
DPSH2	160.67	14.05.2020	3.00	157.67
DPSH3	159.55	14.05.2020	3.60	155.95
DPSH4	154.96	14.05.2020	2.10	152.86
DPSH5	155.35	14.05.2020	2.80	152.55
DPSH6	154.82	14.05.2020	3.50	151.32
DPSH7	154.43	14.05.2020	3.80	150.63
DPSH8	150.23	12.05.2020	2.60	147.63
DPSH9	150.34	12.05.2020	2.20	148.14
DPSH10	149.37	14.05.2020	3.00	146.37
DPSH11	150.65	14.05.2020	2.70	147.95
Campagna indagini 2011				
SCMAP1V01	158.0	14-17.01.2011	4.45	153.55
PNMAP1B02	164.0	11-13.01.2011	3.44	160.56
Campagna indagini 2009				
S1	148.0	11.03.2009	5.50	142.5
S2	148.5	11.03.2020	5.50	142.0
S3	150.0	09.03.2020	4.50	145.5
Campagna indagini 1992-2005				
SINO14	151.6	26.02.2000	4.45	147.15
SINO16	150.7	29.02.2000	4.70	146.0

Livello di falda	Quota [m slm]	Data	Soggiacenza [m da p.c.]	Livello falda [m slm]
SINO17	149.2	06.03.2000	5.30	143.9
SI35	152.3	13.02.2001	4.70	147.6
SI36	151.3	13.02.2001	3.70	147.6
S258	155.76	31.08.1992	2.70	153.06
S261	151.8	31.08.1992	2..2	149.6
S263	152.9	31.08.1992	4.60	148.3

7.3 Descrizione della carta geologica e dei profili stratigrafici

Nel documento “Carta geologica e geomorfologica con ubicazione delle indagini” (NM0Y00D69G5GE0001001) sono riportate le formazioni geologiche descritte al paragrafo 3.2; sono inoltre riportate le forme e gli elementi geomorfologici, legate essenzialmente all’idrografia superficiale e di origine antropica. Le opere in progetto non interferiscono con le forme cartografate.

Per quanto riguarda i profili stratigrafici realizzati, essi sono sostanzialmente omogenei: nell’area della Bretella merci sono stati individuati, al di sotto di uno spessore medio di 2-3 metri di terreni di riporto (fino a 8m in corrispondenza dei rilevati), depositi di origine fluvio-glaciale, sabbioso-ghiaiosi per uno spessore variabile dai 5m nella parte sud del tracciato ai 10m nella parte nord, le ghiaie sono stratigraficamente poggiate su un banco sabbioso fino alla massima profondità indagata, fatta eccezione per il settore nord del profilo, dove, a circa 30 metri di profondità si rinvencono depositi a litologia limosa, anch’essi di origine fluvio-glaciale sopra un altro deposito ghiaioso dello spessore di circa 10m. La stratigrafia della porzione nord del profilo stratigrafico Bretelle merci è coerente con quella dei due svincoli ferroviari Vignale-Arone e Vignale-Domodossola. Dopo uno spessore variabile di riporto (circa 2-3m) è stato individuato uno spessore ghiaioso che va chiudendosi verso nord. A profondità maggiori tali depositi passano a terreni di natura sabbiosa fino a 30m circa di profondità, dove coesistono eteropicamente con il secondo deposito ghiaioso e depositi di natura limosa.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NM0Y	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 38 di 55

7.4 Descrizione della carta idrogeologica e dei profili idrogeologici

Nel documento “Carta idrogeologica con ubicazione delle indagini” (NM0Y00D69G5GE0002001) sono riportati i complessi idrogeologici, che racchiudono le formazioni geologiche presenti nell’area di studio, definiti sulla base della bibliografia tecnica disponibile e sulle risultanze delle prove di permeabilità effettuate; a tali complessi è stata associata una classe di permeabilità in funzione del valore stimato di conducibilità idraulica. Nei profili idrogeologici, le unità idrogeologiche corrispondono alle unità stratigrafiche definite al paragrafo 7.1, e sono state anch’esse suddivise in riferimento al valore stimato di conducibilità idraulica.

In Tabella 7-3 e

Tabella 7-4 sono riassunte le classi di permeabilità associate, in carta e in profilo, ai complessi ed alle unità idrogeologiche.

Tabella 7-3. Riepilogo delle caratteristiche di permeabilità dei complessi riportati in carta idrogeologica.

Complesso idrogeologico	Formazioni geologiche	Tipo di permeabilità	Classe di permeabilità	Valore di k (m/s)
Complesso dei depositi antropogenici (R) Depositi di riempimento caotici, eterometrici, costituiti da ghiaia, sabbia, limo e argilla e da frammenti di manufatti. In generale possono essere considerati come mediamente permeabili per porosità. Non è caratterizzato da una vera e propria circolazione idrica.	R	Porosità	Media	$10^{-7} < k \leq 10^{-5}$
Complesso dei depositi fluvio-glaciali (Fg) Sabbia da media a fine con locale presenza di ghiaia di origine fluvio-glaciale, inalterate o poco alterate; costituiscono i fondivalle attuali dei corsi d’acqua secondari. Il complesso presenta una permeabilità generalmente elevata	Fg ^w	Porosità	Alta	$10^{-5} < k \leq 10^{-4}$
Complesso dei depositi fluvio-glaciali (Fg) Ghiaie, ghiaie con sabbia, talora debolmente limose di origine fluvio-glaciale, inalterate o poco alterate; costituiscono i fondivalle attuali dei principali corsi d’acqua. Il complesso presenta una permeabilità generalmente elevata ed è sede dell’acquifero libero principale della pianura di Novara.	Fg ^w	Porosità	Alta	$k > 10^{-4}$
Complesso dei depositi fluvio-glaciali (Fg) Limo e limo argilloso di origine fluviale e fluvio glaciale. Il complesso presenta una permeabilità generalmente medio-bassa	Fg ^w	Porosità	Medio-bassa	$k < 10^{-7}$

Tabella 7-4. Riepilogo delle caratteristiche di permeabilità delle unità idrogeologiche riportate nel profilo idrogeologico.

Unità idrogeologiche	Tipo di permeabilità	Classe di permeabilità	Valore di k (m/s)
R	Porosità	Media	$10^{-7} < k \leq 10^{-5}$
F-g^w-a	Porosità	Alta	$10^{-5} < k \leq 10^{-4}$
F-g^w-b	Porosità	Alta	$k > 10^{-4}$
F-g^w-c	Porosità	Medio-bassa	$k < 10^{-7}$

8 SISMICITÀ DELL'AREA

8.1 Classificazione sismica e pericolosità sismica di base

La classificazione sismica del territorio nazionale è stata elaborata e rivista in seguito ai principali terremoti; tra questi, in particolare, quelli verificatisi in Irpinia nel 1980 ed in Molise nel 2002. Fino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione; la sismicità era definita attraverso il grado di sismicità S. La classificazione sismica attualmente in vigore in Piemonte è quella richiamata nella DGR n. 65-7656 del 21 maggio 2014, che riprende quanto già individuato con le precedenti DDGR n. 4-3084 del 12.12.2011 e n. 11-13058 del 19.01.2010. La zona sismica 3S comprende i 41 comuni già classificati in zona sismica 2 dalla DGR n. 61 - 11017 del 17 novembre 2003, e prima ancora dal Decreto 4 febbraio 1982, cui si aggiungono il comune di Limone Piemonte (CN) ed i comuni di Baceno e Crodo (VCO); la zona sismica 3 comprende 364 comuni, in parte già individuati dall'OPCM 3274/2003; la zona sismica 4 comprende i restanti 794 comuni.

Come stabilito dal D.G.R. n. 11-13058, il comune di Novara risulta classificato in zona "4", come riportato in Figura 8-1. Rispetto alla classificazione sismica del comune di Novara ed in base alla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (O.P.C.M. 28/04/2006 n.3519); il range di accelerazione massima del suolo, con probabile eccedenza del 10% in 50 anni, nell'area in studio è < 0.050 g (Tabella 8-1).

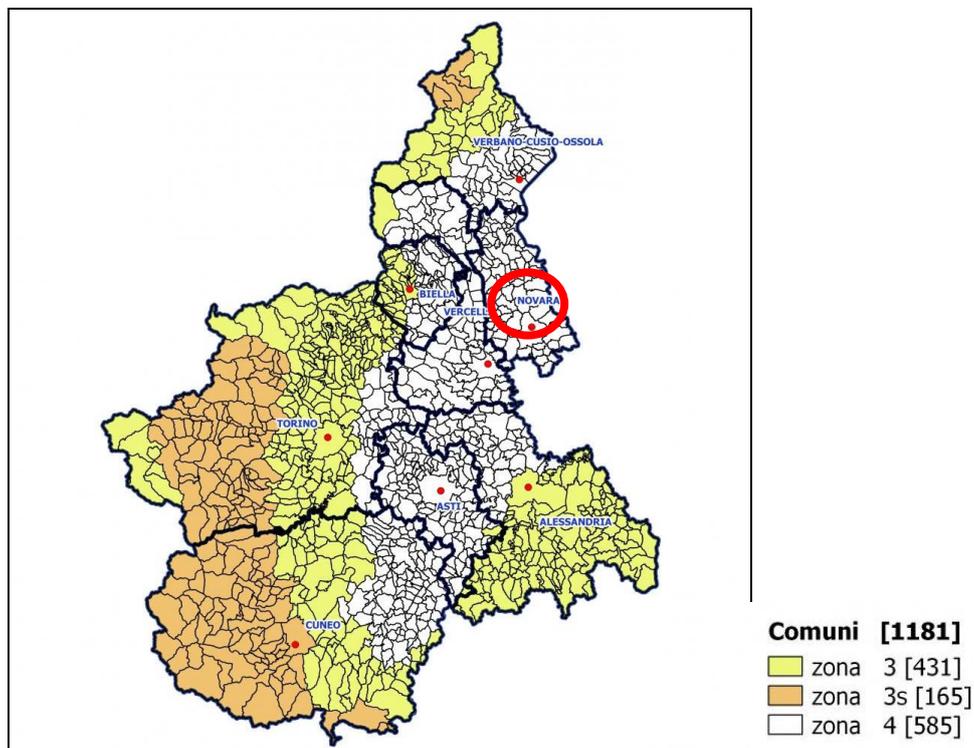


Figura 8-1. Classificazione sismica dei Comuni della Regione Piemonte. In rosso l'area di Novara (Giraud, 2019).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NMOY	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B

Tabella 8-1. Valori di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferito a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s,30} > 800$ m/s.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche, a_g/g)
1	>0.25	0.35
2	0.15 ÷ 0.25	0.25
3	0.05 ÷ 0.15	0.15
4	<0.05	0.05



Figura 8-2. Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ($V_{s,30} > 800$ m/s) – da INGV.

In Tabella 8-2 vengono forniti, per il Comune di Novara, per periodi di ritorno T_R di 30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni e 2475 anni, i valori dei parametri a_g , F_0 e T_{C^*} da utilizzare per definire l'azione sismica.

Nel dettaglio:

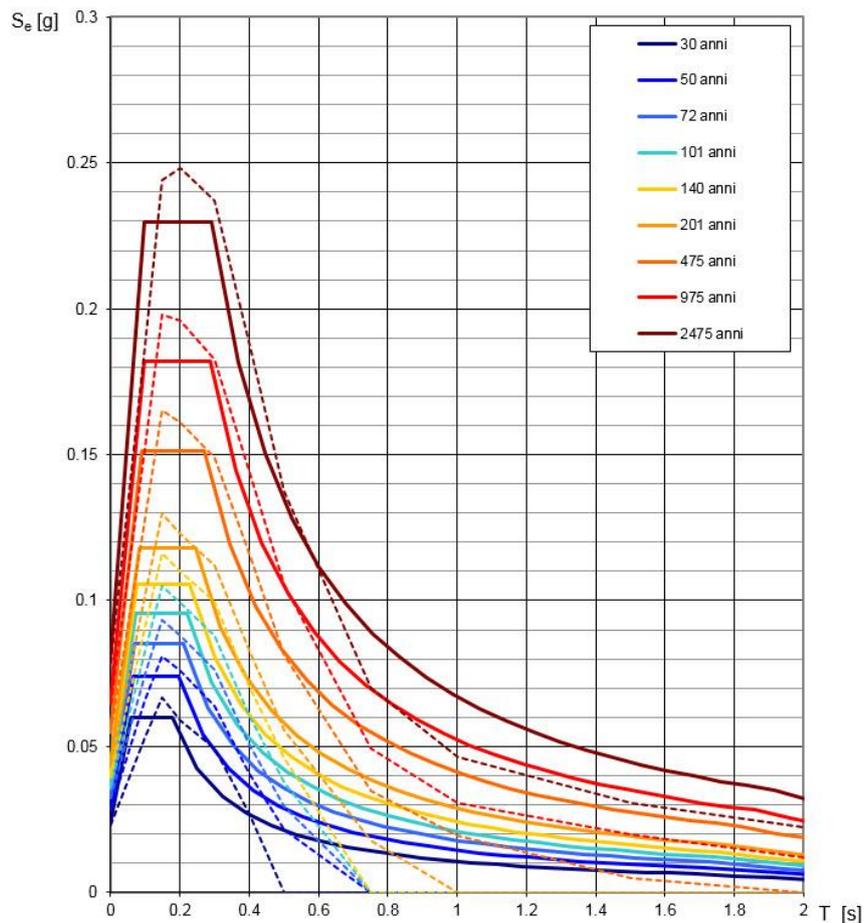
a_g = accelerazione orizzontale massima al sito su suolo tipo A;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_{C^*} = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

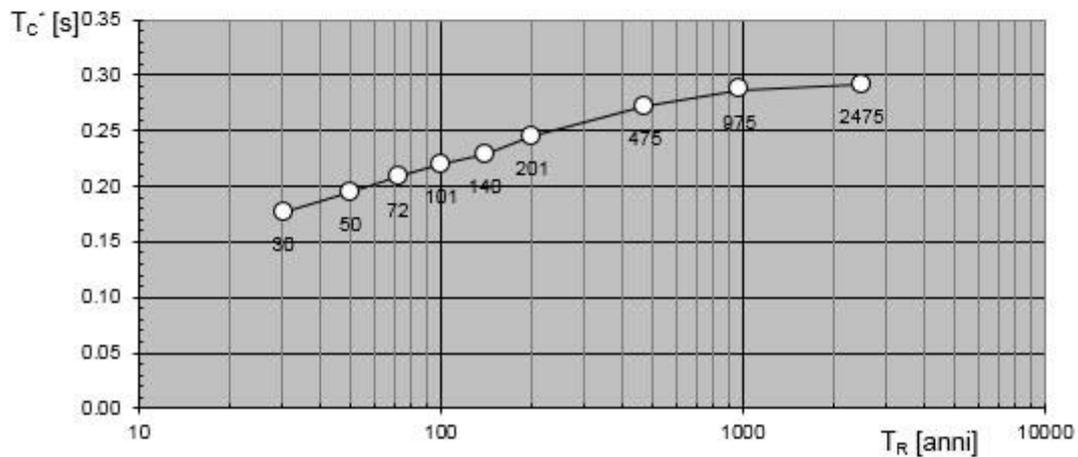
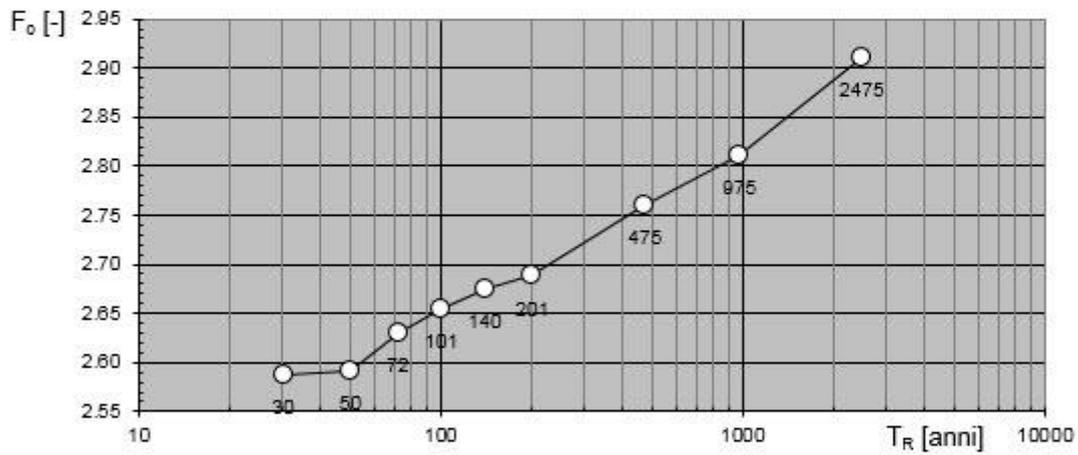
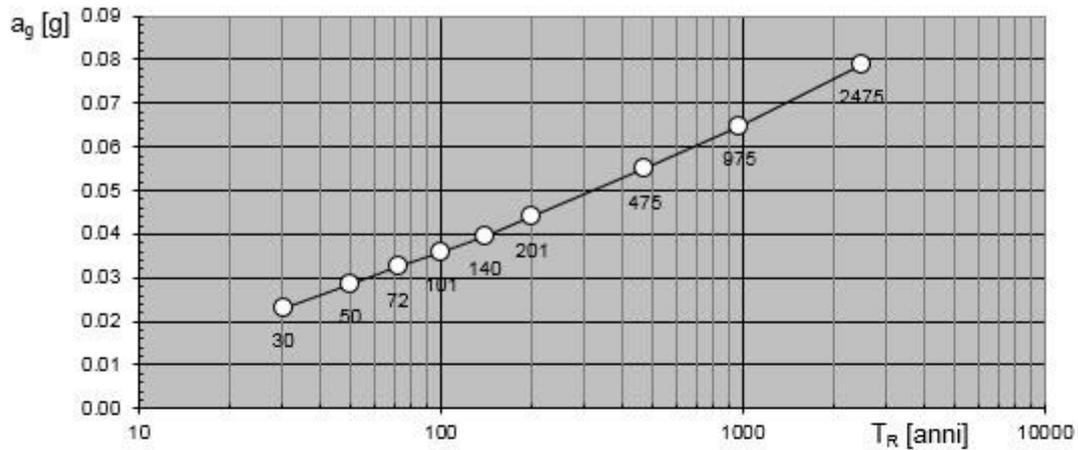
Tabella 8-2 Valori dei parametri di a_g , F_0 , T_{c^*} per i periodi di ritorno T_R di riferimento

TR [anni]	a_g [g]	F_0	T_{c^*}
30	0,015	2,525	0,161
50	0,018	2,498	0,170
72	0,021	2,555	0,176
101	0,024	2,549	0,214
140	0,027	2,558	0,226
201	0,030	2,576	0,239
475	0,037	2,628	0,280
975	0,044	2,661	0,304
2475	0,054	2,756	0,333

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento

NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NMOY	00	D 69 RG	GE 0001 001	B	43 di 55

8.2 Sismicità storica

Al fine di inquadrare dal punto di vista della sismicità storica l'area in esame, si riporta di seguito un riepilogo delle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato storicamente il Comune di Novara. Nello specifico, le informazioni riportate di seguito derivano dalla consultazione del DBMI15 (Locati et al., 2016), il database macrosismico utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (Rovida et al., 2016, consultabile on-line al sito <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>).

Nella successiva Tabella 8-3 sono indicati con i seguenti simboli:

- Is = intensità in sito (MCS);
- Anno = anno Me = mese Gi = giorno Or = ora;
- NMDP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto;
- Io = intensità massima (MCS);
- Mw = magnitudo momento.

Tabella 8-3: Storia sismica del Comune di Novara.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1522	10	05	00	10		Pianura Padana	6	5	4.71
3	1796	10	22	04			Emilia orientale	27	7	5.45
3-4	1854	12	29	01	45		Liguria occidentale	86	7-8	5.72
3	1885	02	26	20	48		Pianura Padana	78	6	5.01
5-6	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
4	1891	06	07	01	06	1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
3	1894	11	27	05	07		Bresciano	183	6	4.89
4	1901	10	30	14	49	5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
4-5	1905	04	29	01	46	4	Haute-Savoie, Vallorcine	267	7-8	5.10
3	1908	05	24	08	37		Piemonte centro-settentrionale	36	4	4.10
3	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
F	1913	12	07	01	28		Valle Scrivia	56	5	4.57
F	1914	10	26	03	43	2	Torinese	63	7	5.24
4	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
F	1918	01	13	12			Pianura lombarda	24	4	4.62
3	1929	04	20	01	10		Bolognese	109	7	5.36
2	1947	02	17	00	12	3	Alpi Cozie	283	5-6	4.74
4	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17
F	1969	10	09	03	31	3	Val di Susa	36	5	4.25
4	1972	10	25	21	56	1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
3	1979	02	09	14	44		Bergamasco	73	6	4.78
3	1980	01	05	14	32	2	Torinese	120	6-7	4.82
3-4	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
2	2000	08	21	17	14		Monferrato	595	6	4.94
4	2008	12	23	15	24	2	Parmense	291	6-7	5.36
3	2011	07	17	18	30	2	Pianura lombardo-veneta	73	5	4.79

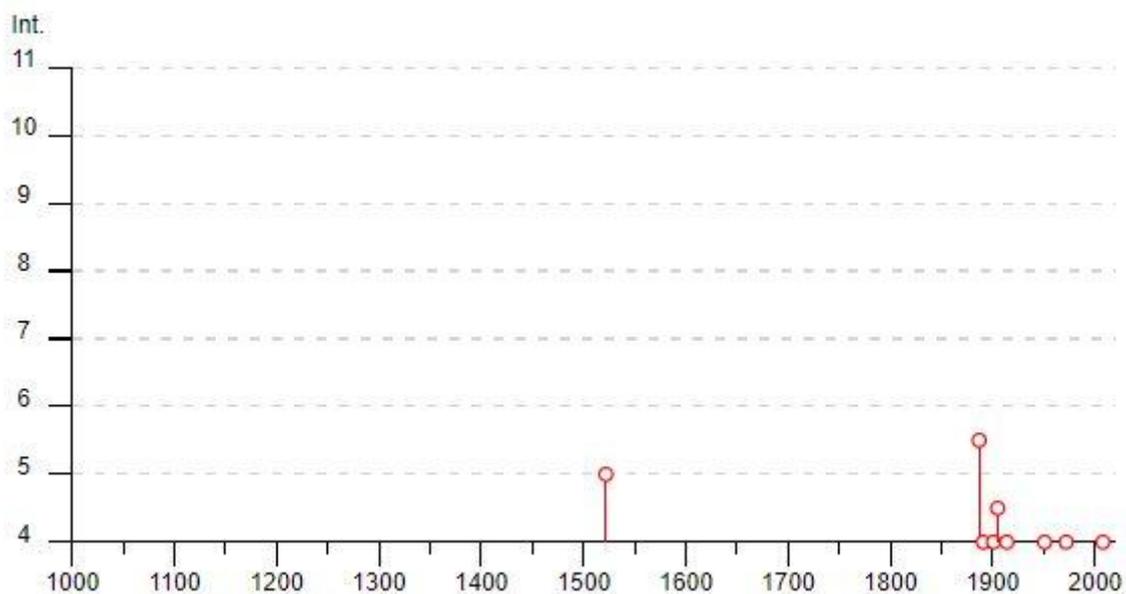


Figura 8-3. Storia sismica del Comune di Novara.

8.3 Sorgenti sismogenetiche

Recentemente è stata presentata la nuova versione (vers. 3.2.1) del database “*A compilation of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*”, inizialmente divulgato in forma preliminare nel luglio 2000 come versione 1.0 e quindi pubblicato nel 2001 come versione 2.0 (Valensise & Pantosti, 2001).

Il Database contiene sorgenti sismogenetiche individuali e composite ritenute in grado di generare grandi terremoti. La nuova versione del Database contiene oltre 100 sorgenti sismogenetiche identificate attraverso studi geologico-geofisici (70% in più rispetto alla precedente versione). Tali sorgenti ricadono sull'intero territorio italiano e su alcune regioni confinanti. L'assetto di queste sorgenti fornisce informazioni sull'andamento dei maggiori sistemi di faglie attive, consentendo in alcuni casi di individuare aree di potenziale gap sismico.

Obiettivo del Database è quello di rendere quanto più possibile completa l'informazione sulle sorgenti sismogenetiche potenziali del territorio nazionale; per questa ragione, oltre ad un numero maggiore di sorgenti individuali, viene proposta una forma di rappresentazione e caratterizzazione di tutte le aree che, pur essendo certamente in grado di generare forti terremoti, sono ancora poco comprese. È stata pertanto istituita una nuova categoria di aree sismogenetiche per le quali, in analogia con quanto proposto dalla nuova zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti & Valensise, 2004), viene fornita la localizzazione geografica, la stima del meccanismo di fagliazione, la profondità efficace e la magnitudo massima attesa.

Dall'esame del Database, nei pressi del territorio di Novara non è esente alcuna sorgente sismogenetica. La più vicina è la sorgente sismogenetica composta ITCS179 “Western Monferrato” (Figura 8-4) a circa 38 km dall'area di intervento; le principali informazioni di riferimento per la sorgente sono riportate in Figura 8-5.

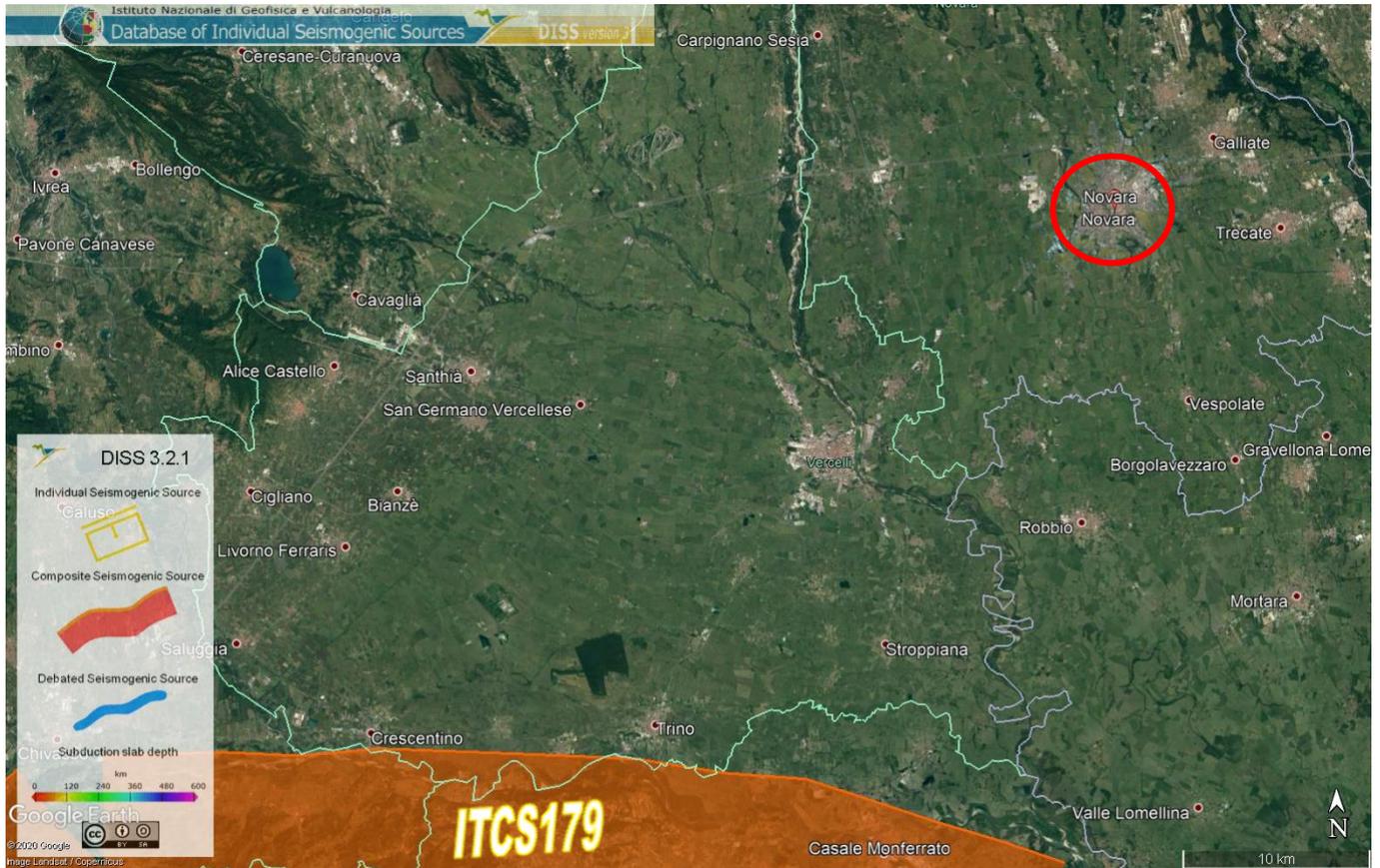


Figura 8-4. Sorgenti sismogenetiche contenute nella nuova versione del “Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy”. Nel cerchio rosso è indicata l’area di intervento (da Google Earth, scala grafica).

PARAMETRIC INFORMATION			
PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	1.0	LD	Based on subsurface geological and geophysical data.
Max depth [km]	8.0	EJ	Inferred from geological considerations.
Strike [deg] min... max	60...130	LD	Based on geological observations.
Dip [deg] min... max	40...50	EJ	Inferred from geological considerations.
Rake [deg] min... max	70...110	EJ	Inferred from geological and tectonic considerations.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Derived from geological data concerning adjacent structures.
Max Magnitude [Mw]	5.5	EJ	Assumed from the strongest earthquake occurred in the region.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 8-5. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta Western Monferrato (ITCS179).

8.4 Magnitudo di riferimento

Sulla base delle originali elaborazioni relative alla definizione delle sorgenti sismogenetiche (DISS2.0-2001) è stato elaborato un modello sintetico che descrive la localizzazione delle sorgenti di futuri terremoti, la magnitudo massima che questi potranno raggiungere ed i *rate* di sismicità attesa zona per zona. Questo modello, che si pone come base per la redazione della carta di pericolosità sismica (Figura 8-7) è rappresentato dalla mappa delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti & Valensise, 2004).

In base alla zonazione sismogenetica ZS9 del territorio nazionale, la sismicità in Italia può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una legge di ricorrenza della magnitudo, espressa in termini di magnitudo momento M_w . Nel caso di siti che ricadono al di fuori di tali zone si dovrà eseguire un'analisi accoppiata magnitudo distanza per il calcolo del valore di magnitudo in relazione alla distanza minima di ogni sito dalle zone sismogenetiche circostanti.

Il territorio in oggetto non ricade all'interno di nessuna zona sismogenetica, ma risulta essere ubicato a 70 km dalla zona sismogenetica 907 "Bergamasco", a 100 km dalla zona sismogenetica 908 "Piemonte" ed a 50 km dalla zona sismogenetica 911 "Tortona-Bobbio", tutte caratterizzate da $M_w=6.14$ (Figura 8-8).

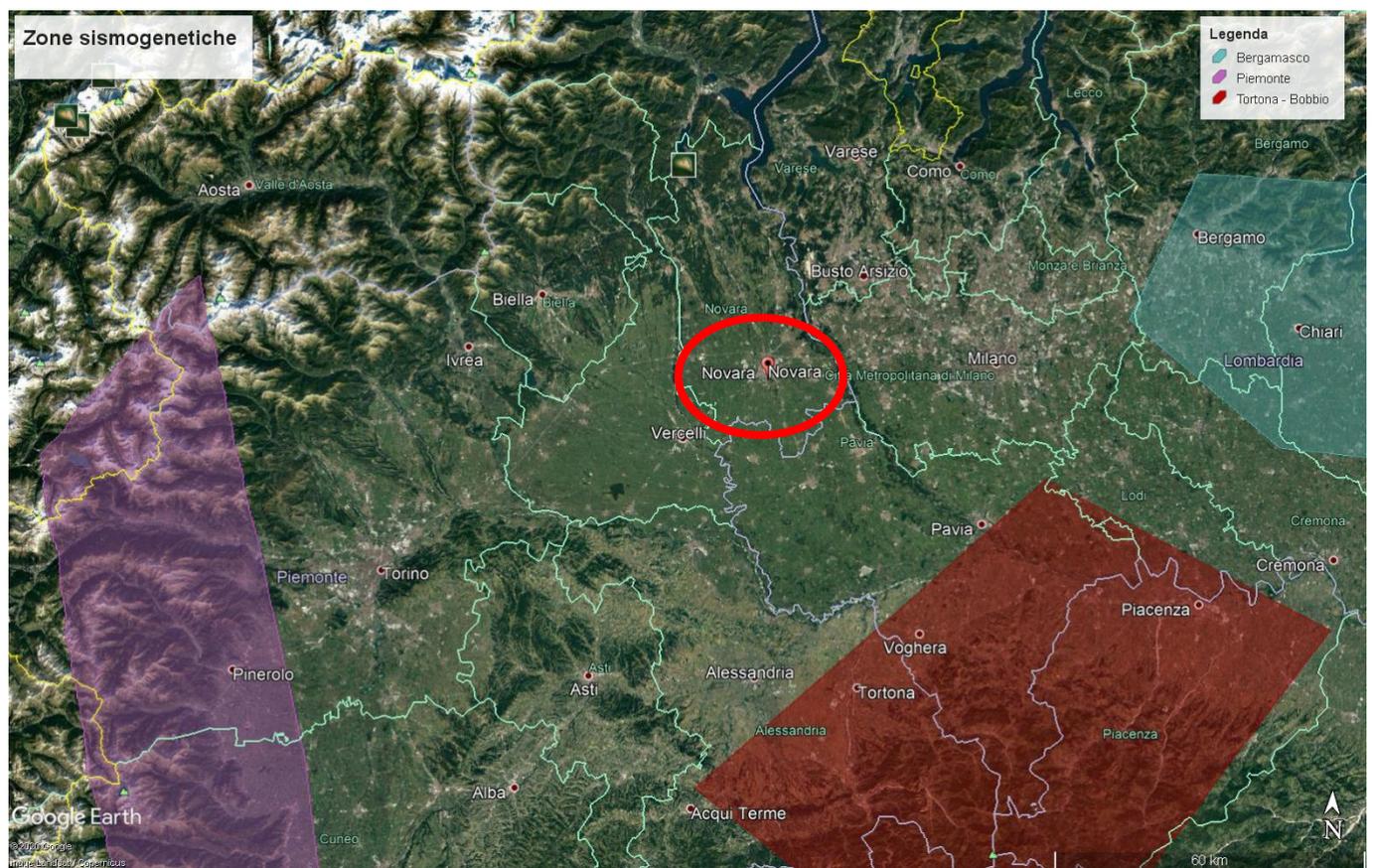


Figura 8-6: Zone sismogenetiche ZS9. Nel cerchio rosso l'area di intervento (da Google Earth, scala grafica).

	PROGETTO DEFINITIVO Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NMOY	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B

Risulta dunque necessaria l'analisi magnitudo-distanza in riferimento a tali zone sismogenetiche. In particolare, si verifica per ciascuna zona se la magnitudo della zona sismogenetica $M_{w(i)}$ è inferiore o superiore alla magnitudo $M_{s(i)}$ fornita dalla seguente relazione:

$$M_{s(i)} = 1 + 3 \cdot \log(R_i) \quad (\text{Aiello E., 2014})$$

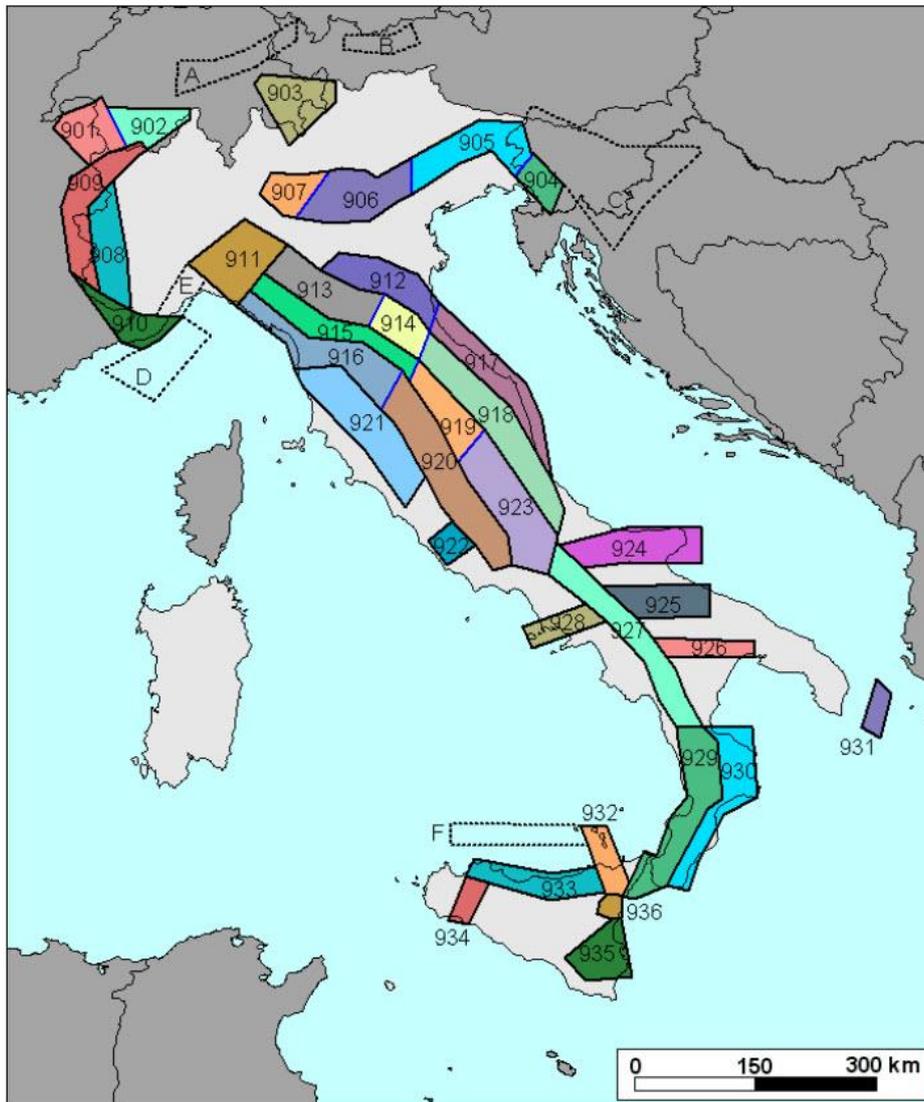
dove R_i è la minima distanza del sito dalla zona sismogenetica i .

Nel caso in oggetto, i tre valori di $M_{s(i)}$ così definiti risultano:

- $M_{s(907)} = 1 + 3 \log(70) = 6.54$
- $M_{s(908)} = 1 + 3 \log(100) = 7.00$
- $M_{s(911)} = 1 + 3 \log(50) = 6.10$

Nel caso in cui almeno una $M_{s(i)}$ calcolata per le zone sismogenetiche circostanti è inferiore alla $M_{w(i)}$ della stessa zona per la quale è stata calcolata $M_{s(i)}$, si assume come M_w il valore di Magnitudo più alto tra le zone sismogenetiche circostanti; se invece tutte le $M_{s(i)}$ calcolate sono superiori alle $M_{w(i)}$, si determina con il metodo della disaggregazione (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

Nel caso in oggetto può pertanto essere definita la magnitudo di riferimento **$M = 6.14$** .


Figura 8-7. Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento.

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

Figura 8-8. Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NMOY	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 49 di 55

8.5 Parametri per la determinazione dell'azione sismica di riferimento

Ai sensi del D.M. 17/01/2018, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e geomorfologiche locali, determinando quindi la corrispondente categoria (o tipo) di sottosuolo nonché le condizioni topografiche del sito di interesse.

8.5.1 Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II del D.M. 17/01/2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S . La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

- h_i spessore dell' i -esimo strato;
- $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Annessi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NMOY	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B

L'analisi dell'assetto stratigrafico e dei valori di $V_{s,30}$ disponibili dalle prove sismiche effettuate durante le varie campagne indagini (riportati in Tabella 8-4), ha permesso di definire la categoria di sottosuolo come "C".

Tabella 8-4 Risultati delle prove sismiche in termini di $V_{s,30}$

Anno	Sigla prova	$V_{s,30}$ (m/s)	Anno	Sigla prova	$V_{s,30}$ (m/s)
2018	Crosshole S4-S4B	264	2020	Masw 1	312
	ReMi 1	354		Masw 2	297
	ReMi 2	356		Masw 3	314
	Masw 1	359		Masw 4	304
	Masw 2	348		Masw 5	296
	Masw 3	334		Masw 6	300
	Masw 4	348		Masw 7	352
	Masw 5	336		Masw 8	331

8.5.2 Condizioni topografiche

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, essendo l'area in oggetto localizzata in ambito di pianura e non essendovi particolari emergenze topografiche che possano dar luogo ad effetti di amplificazione sismica locale, la morfologia dell'area può essere ricondotta ad una delle configurazioni superficiali semplici previste nel D.M. 17/01/2018 in Tabella 3.2.III.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

In particolare, i siti in oggetto possono essere classificati di categoria T1, "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ", caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1,0$.

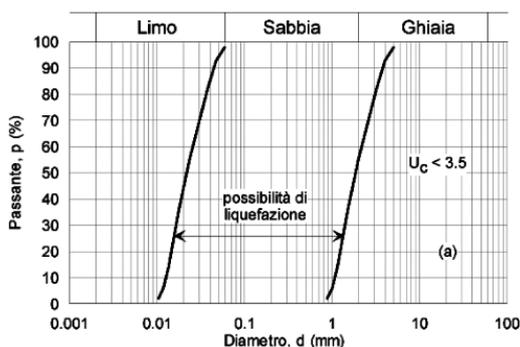
8.6 Analisi del rischio di liquefazione

8.6.1 Premessa

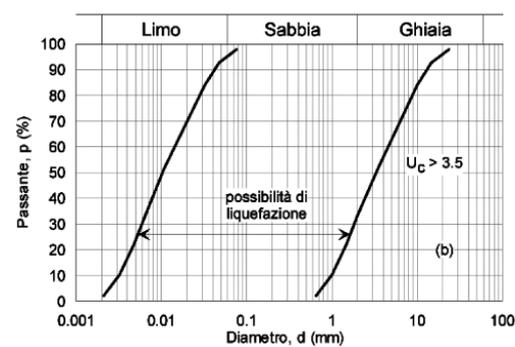
In terreni saturi sabbiosi sollecitati, in condizioni non drenate, da azioni cicliche dinamiche, il termine liquefazione comprende una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche.

L'avvenuta liquefazione si manifesta, in presenza di manufatti, attraverso la perdita di capacità portante e/o lo sviluppo di elevati cedimenti e rotazioni. In base ad D.M. 17/01/2018, la verifica di liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanza:

- 1) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0.1g;
- 2) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna; per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 3) depositi costituiti da sabbie pulite, con resistenza penetrometrica normalizzata $N1(60) > 30$ oppure $qc1N > 180$, dove $N1(60)$ è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa, e $qc1N$ è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche statiche (CPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 4) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel grafico a), nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e nel grafico b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



a)



b)

Sulla base delle caratteristiche delle opere in progetto, è possibile assumere i seguenti parametri di riferimento:

- Vita nominale $V_N = 75$ anni;
- Classe d'uso III ($C_u = 1.5$);
- Periodo di riferimento $V_R = 112.5$ anni.

In riferimento a quanto indicato al paragrafo 8.5, è possibile assumere i seguenti parametri:

- Coefficiente di suolo $SS = 1.500$;

- Coefficiente topografico $S_T = 1.000$.

Pertanto, allo Stato limite di Salvaguardia della vita SLV, per un tempo di ritorno $TR = 475$ anni, si ha:

$$a_{max} = a_g \times S_S \times S_T = 0.045 \text{ g} \times 1.500 \times 1.000 = 0.068 \text{ g}$$

In conclusione, le analisi del rischio di liquefazione possono essere omesse in quanto le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti sono inferiori di 0.1g.

	PROGETTO DEFINITIVO Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto						
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NMOY	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 53 di 55

9 CONCLUSIONI

La presente relazione illustra e riassume i risultati dello studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico eseguito a supporto della progettazione definitiva per la Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto.

L'area di Novara si inserisce nell'ampio contesto del settore nord-occidentale della Pianura Padana. La copertura quaternaria è rappresentata da depositi fluviali e fluvioglaciali che presentano uno spessore compreso tra una decina ed un centinaio di metri. Essi sono formati da depositi grossolani (essenzialmente ghiaie e sabbie) con subordinate passate limoso-argillose.

L'area di Novara è delimitata ad ovest dal corso del torrente Agogna, affluente di sinistra del Po, e ad est dal corso del torrente Terdoppio Novarese, che confluisce in destra Ticino. Si tratta di un contesto morfologico sub pianeggiante dove, oltre ai suddetti corsi d'acqua, è presente una densa rete di rogge e canali artificiali. L'area della pianura di Novara, così come tutta la Pianura Piemontese, è caratterizzata da una particolare abbondanza e ricchezza di risorse idriche superficiali e sotterranee; l'acquifero superficiale infatti è costituito da depositi fluvioglaciali molto permeabili, di età pleistocenica ed olocenica, costituiti da ciottoli, ghiaie e sabbie, con scarse intercalazioni siltoso-argillose. L'acquifero superficiale ospita una falda a superficie libera di importanza regionale. Il deflusso sotterraneo è diretto essenzialmente verso SSE.

Le aree di progetto non sono soggette a vincolo idrogeologico, ai sensi del R.D.L. n. 3267 del 30/12/1923; inoltre, si collocano in ambito sub-pianeggiante e sono pertanto esenti da potenziali rischi connessi alle dinamiche di versante, con particolare riferimento alle fenomenologie di tipo gravitativo. Relativamente al rischio *sink-hole* non risultano informazioni storiche circa episodi passati di tale fenomenologia, né le condizioni geologiche del sottosuolo appaiono predisponenti al fenomeno. L'area degli svincoli Vignale-Arona e Vignale-Domodossola non ricade all'interno delle fasce fluviali del PAI dell'Autorità di Bacino del fiume Po, mentre l'area della Bretella Merci risulta inserita all'interno della fascia C.

Il PRG del Comune di Novara cartografa le aree di intervento, per quanto riguarda la pericolosità geomorfologica, come: *“Porzioni di territorio dove le condizioni di modesta pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione e il ripristino di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livelli di Norme di attuazione ispirate al D.M. 11 Marzo 1988”*.

I dati geognostici a supporto del presente studio derivano dalle risultanze della campagna di indagini realizzata nel 2020 per l'attuale fase progettuale, opportunamente integrate con le indagini disponibili da campagne indagini precedenti e dati bibliografici, nella fattispecie quelle presenti nella banca dati geotecnica di Arpa Piemonte.

A partire dalle indagini disponibili, dalle osservazioni svolte e dalla cartografia tecnica di riferimento, è stato ricostruito il modello del sottosuolo. Sono stati individuati nell'area della Bretella merci, al di sotto di uno spessore medio di 2-3 metri di terreni di riporto (fino a 8m in corrispondenza dei rilevati), depositi di origine fluvio-glaciale, sabbioso-ghiaiosi per uno spessore variabile dai 5m nella parte sud del tracciato ai 10m nella parte nord; le ghiaie sono stratigraficamente poggiate su un banco sabbioso fino alla massima profondità indagata, fatta eccezione per il settore nord del profilo, dove a circa 30 metri di profondità si rinvenivano depositi a litologia limosa, anch'essi di origine fluvio-glaciale, al di sopra un altro deposito ghiaioso dello spessore di circa 10m. La stratigrafia della porzione nord del profilo stratigrafico Bretella merci è coerente con quella dei due svincoli ferroviari Vignale-Arona e Vignale-Domodossola. Dopo uno spessore variabile di riporto (circa 2-3m) è stato individuato uno spessore ghiaioso che va chiudendosi verso nord. A profondità maggiori tali depositi passano a

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NMOY	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 54 di 55

terreni di natura sabbiosa fino a 30m circa di profondità, dove coesistono eteropicamente con il secondo deposito ghiaioso e depositi di natura limosa.

Inoltre, a partire dai dati di permeabilità e dalle informazioni bibliografiche è stata effettuata la suddivisione delle formazioni e dei litotipi presenti, in classi di permeabilità.

Per quanto concerne la classificazione sismica, il comune di Novara risulta classificato in zona “4”. In riferimento al D.M. 17/01/2018, sulla base delle prove sismiche effettuate, le aree di studio sono caratterizzate da una categoria di sottosuolo “C” e dalla categoria topografica “T1”.

Le analisi del rischio di liquefazione, in riferimento al D.M. 17/01/2018, possono essere omesse in quanto le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti sono inferiori di 0.1g.

In conclusione, le opere in progetto non comporteranno significative variazioni alle attuali condizioni geomorfologiche e non comporteranno pericoli per le falde idriche profonde. Inoltre, i terreni di fondazione presentano caratteristiche meccaniche buone e si esclude il rischio di liquefazione.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	Nodo di Novara Realizzazione della 1ª fase del PRG di Novara Boschetto					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NMOY	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 55 di 55

10 BIBLIOGRAFIA

- ARPA Piemonte - Banca Dati Geotecnica - Sondaggi geognostici e campioni di terreno (<http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportale/index.php/tematiche/geologia-e-dissesto>).
- Braga G., Ragni U., Schiavinato G. (1969). Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Fogli 44 (Novara) e 58 (Mortara).
- Carmine M. & Isoli I. (2003) Elaborati geologici, Variante Generale del Piano Regolatore Generale Comunale, Comune di Novara.
- Carmine M. & Isoli I. (2007). Relazione geologica, Variante Generale del Piano Regolatore Generale Comunale, Comune di Novara.
- Francani V. (1997). Idrogeologia generale e applicata. Citta Studi Edizioni, Milano.
- Giraud Vittorio - Regione Piemonte – Direzione Opere Pubbliche, Difesa del Suolo, Montagna, Foreste, Protezione Civile, Trasporti e Logistica – Settore Sismico (2019) – Classificazione sismica in Piemonte: Evoluzione Normativa.
- Idrogeo (2007). Relazione geologica, Variante Generale del Piano Regolatore Generale Comunale, Comuni di Novara.
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S & Rocchetti E. (2016). *DBMI15, the 2015 version of the Italian Macro seismic Database*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.
- Meletti C. & Valensise G. (a cura di), 2004. Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20/03/2003 n.3274) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Zonazione sismogenetica ZS9, App.2 al Rapporto Conclusivo.
- Provincia di Novara, 1999 – Tavole del Piano Territoriale Provinciale (https://www.provincia.novara.it/Urbanistica/PianoTerritoriale/media/pag_media/tavole.htm).
- Regione Piemonte, 2018 – Revisione PTA – Piano di Tutela delle Acque della Regione Piemonte.
- Regione Piemonte, Direzione Pianificazione Risorse Idriche (2007). Indagini e studi finalizzati alla predisposizione del Piano di Tutela della Acque, Rapporto Tecnico.
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B & Gasperini P., eds (2016). *CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.
- Valensise G. & Pantosti D. (2001). *The investigation of potential earthquake sources in peninsular Italy: a review*, J. Seismol, 5, 287-30.

