



**Provincia di Pavia  
Regione Lombardia**



**COMUNE DI TORRE BERETTI E  
CASTELLARO**

## **PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**

### **COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA**

ai sensi dell'art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005 DGR N. VIII/1566 del 22.12.2005 –  
DGR N. VIII/7374 del 28.05.2008

## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Giugno 2011

A cura di:

**Dott. Geol. Manuel Elleboro**  
Ordine dei Geologi Piemonte n.585



**Dott. Geol. Paola Sala**  
Ordine dei Geologi Lombardia n.1237 AP

**GEOL SOIL STUDIO ASSOCIATO - CONSULENZA E PROGETTAZIONE GEOLOGICA E AMBIENTALE**

Sede legale: Via Cardinal Pietro Maffi 3, 27100 Pavia - Sede operativa: Via Sant'Invenzio 2, 27100 Pavia - P.Iva/C.F. 02259900187  
Tel 0382.53.03.87 - 339.17.77.645 - 340.00.52.404 - Fax 0382.53.03.87 - Mail studio.associato@geolsoil.it - Web <http://www.geolsoil.it>



## **COMUNE DI TORRE BERETTI E CASTELLARO**

Provincia di Pavia

Regione Lombardia

### **PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO - COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**

*(AI SENSI DELL'ART. 57 COMMA 1 DELLA L.R. 12/2005*

*DGR N. VIII/1566 DEL 22.12.2005 - DGR N. VIII/7374 DEL 28.05.2008)*

## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

### **INDICE**

<b>1 -</b>	<b>PREMESSA, FINALITÀ E STRUTTURAZIONE DEL LAVORO</b> .....	<b>pag.</b>	<b>3</b>
1.1 -	Riferimenti normativi.....	pag.	3
1.2 -	Fasi di predisposizione dello studio geologico a supporto del P.G.T.....	pag.	3
1.3 -	Fonti bibliografiche.....	pag.	4
<b>2 -</b>	<b>FASE DI ANALISI PRELIMINARE :</b>		
	<b>inquadramento, geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico</b> .....	<b>pag.</b>	<b>6</b>
2.1 -	Inquadramento geografico.....	pag.	6
2.2 -	Inquadramento geologico-strutturale e geomorfologico.....	pag.	6

2.3 -	Inquadramento litotecnico .....	pag. 11
2.4 -	Inquadramento pedologico e uso del suolo .....	pag. 14
2.5 -	Inquadramento meteo-climatico .....	pag. 17
2.6 -	Inquadramento idrografico .....	pag. 21
2.7 -	Opere di difesa e altri elementi antropici .....	pag. 21
2.8 -	Inquadramento idrogeologico .....	pag. 21
2.9 -	Attività sismica ed elementi neotettonici e strutturali, con cenni sulla sismicità del territorio comunale e definizione della pericolosità sismica locale .....	pag. 29
2.10 -	Definizione della pericolosità sismica locale (PSL) .....	pag. 30
3 -	<b>FASE DI SINTESI E VALUTAZIONE</b>	pag. 32
4 -	<b>FASE DI PROPOSTA</b>	pag. 34
4.1 -	Considerazioni e prescrizioni di carattere generale .....	pag. 34

## **1 - PREMESSA, FINALITÀ E STRUTTURAZIONE DEL LAVORO**

### **1.1 - Riferimenti normativi**

Il presente studio, riguardante l'intero territorio del Comune di Torre Beretti e Castellaro è stato redatto a supporto del Piano di Governo del Territorio in ottemperanza a quanto previsto (ai sensi dell'art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005, della D.G.R. N. VIII/1566 del 22.12.2005 e della D.G.R. N. VIII/7374 del 28.05.2008). I criteri, approvati con D.G.R. n. 8/1566 del 22.12.2005 e modificati con D.G.R. n. 8/7374 del 28.05.2008, forniscono le linee guida per la prevenzione del rischio idrogeologico attraverso una pianificazione territoriale compatibile con l'assetto geologico, geomorfologico e con le condizioni di sismicità del territorio a scala comunale, in raccordo con le disposizioni dell'art. 57 della l.r. 12/2005.

### **1.2 - Fasi di predisposizione dello studio geologico a supporto del P.G.T.**

Lo studio geologico nel suo complesso è stato articolato in tre distinte e interdipendenti fasi di lavoro.

Tali fasi sono state eseguite preliminarmente allo sviluppo del progetto urbanistico ed hanno avuto come finalità quella di offrire al processo progettuale di pianificazione urbanistica del territorio comunale gli elementi conoscitivi indispensabili all'individuazione delle potenzialità, delle vocazioni e della vulnerabilità del territorio sotto il punto di vista geologico, con specifico riferimento alla prevenzione del rischio ed alla mitigazione del dissesto idrogeologico ed ambientale.

Gli aspetti presi in esame per l'analisi propedeutica hanno riguardato geologia, litologia, stratigrafia, geomorfologia, pedologia, idrografia, idrogeologia, sismica, geotecnica e geologia ambientale. Sulla base di questi elementi e in considerazione delle modalità organizzative di studio disciplinate dalle norme regionali, si è quindi articolato il presente lavoro secondo una fase di analisi preliminare, una fase di sintesi/valutazione e una fase di proposta:

- 1 - fase di analisi preliminare è stata inizialmente basata sulla raccolta, analisi, interpretazione critica ed omogeneizzazione dei dati esistenti, integrata da indagine fotointerpretativa e controlli sul terreno. In questa fase sono state prodotte le seguenti cartografie tematiche:

<b>TAV. 1</b>	Inquadramento geologico (scala 1:10.000)
<b>TAV. 2</b>	Inquadramento geomorfologico (scala 1:10.000)
<b>TAV. 3</b>	Inquadramento idrogeologico (scala 1:10.000)
<b>TAV. 4</b>	Inquadramento geopedologico (scala 1:10.000)
<b>TAV. 5</b>	Inquadramento litotecnico (scala 1:10.000)
<b>TAV. 6</b>	Carta della capacità d'uso del suolo (scala 1:10.000)
<b>TAV. 7</b>	Carta di uso del suolo (scala 1:10.000)
<b>TAV. 8</b>	Carta dei vincoli (scala 1:10.000)
<b>TAV. 9</b>	Carta della pericolosità sismica locale (scala 1:10.000)

- 2 - fase di sintesi e valutazione è stata condotta attraverso una valutazione incrociata degli elementi analitici raccolti, che ha permesso di interpretare il territorio in funzione degli attuali e prevedibili livelli di integrità, valore, rischio, vulnerabilità e degrado. Sono inoltre stati considerati le limitazioni d'uso del territorio in merito agli aspetti prettamente geologici derivanti da normative e piani sovraordinati. Dall'interpretazione integrata dei dati ed elaborazioni effettuate, il territorio del Comune di Torre Beretti e Castellaro è stato quindi suddiviso in aree omogenee contraddistinte da peculiari condizioni morfologiche, litologiche, idrogeologiche, idrauliche e geotecniche. Tali informazioni sono riportate cartograficamente nella:

**TAV. 10** Carta di sintesi (scala 1:10.000)

- 3 - fase di proposta è consistita nella distinzione delle unità idro-geo-morfologiche, individuate nella fase precedente, in classi omogenee di fattibilità geologica delle azioni di piano, in conformità alle disposizioni regionali vigenti. E' stata quindi prodotta la definitiva:

**TAV. 11** Carta della fattibilità (scala 1:10.000)

In tali tavole, l'intero territorio del Comune di Torre Beretti e Castellaro è stato suddiviso nelle classi di fattibilità geologica per le azioni di piano previste dalle direttive regionali, fornendo gli input per la formulazione delle nuove previsioni urbanistiche di PGT.

### 1.3 - Fonti bibliografiche

I dati utilizzati per l'allestimento degli elaborati cartografici e per la stesura della presente relazione illustrativa sono stati in parte desunti dalle fonti bibliografiche di seguito elencate.

Per quel che riguarda la litologia, la stratigrafia e la geologia strutturale si è fatto riferimento a:

- Carta Geologica d'Italia - Foglio 58 Mortara (scala 1: 100.000);
- dati di riferimento contenuti nel Sistema Informativo Territoriale della Regione Lombardia;
- "Modello strutturale d'Italia" (Scala 1: 500.000) - Progetto finalizzato geodinamica - Sottoprogetto Modello strutturale tridimensionale - C.N.R. (1990);
- AA.VV. (1994) - "Guide geologiche regionali: Appennino Ligure-Emiliano" - Società Geologica Italiana - Ed. BE-MA;
- Braga e Cerro (1987-88) - "Le strutture sepolte della Pianura Pavese e le relative influenze sulle risorse idriche sotterranee" Atti Ticinesi di Scienze della Terra - Università di Pavia - Vol. XXXI;
- AA.VV. (2010) - "Gli acquiferi di pianura della Provincia di Pavia: origine e qualità della risorsa" Provincia di Pavia.

Le fonti bibliografiche esaminate per quel che concerne la neotettonica e la sismica sono le seguenti:

- C.N.E.N. "Carta sismica d'Italia per il periodo 1893-1965 con aree di massima intensità" - a cura di E. Iaccarino;
- AA.VV. (1982) - "Carta sismotettonica d'Italia" - Mem. Soc. Geol. It., 24;
- Barbano M.S., Coli M., Ghisetti F., Lavecchia G., Ruscetti M., Scandone P., Slejko D., Valpreda E. & Vezzani L. (1982) - "Carta sismotettonica d'Italia" - Mem. Soc. Geol. It., 24, 491-496;
- C.N.R. (1983) - "Carta neotettonica d'Italia" - Progetto Finalizzato Geodinamica - Sottoprogetto Neotettonica;

- AA.VV. (1990) - "Guide geologiche regionali: Alpi e prealpi lombarde" - Società Geologica Italiana - Ed. BE-MA;
- AA.VV. (1995) - "Massima intensità macrosismica risentita in Italia" - Istituto Nazionale di Geofisica
- Molin & al. (1996) - "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani" - Dipartimento della Protezione Civile;
- Camassi e Stucchi - "NT4.1, un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno" (versione NT4.1.1 luglio 1997 con aggiornamenti 1981-1992 del marzo 1998) - Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti;
- Monachesi e Stucchi - "DOM4.1, un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno" - aggiornamento luglio 1997 - Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti;
- Molin, Stucchi e Valensise - "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA" - Elaborato per il Dipartimento della Protezione Civile.

Per quel che concerne invece gli aspetti idrogeologici ed idrologici, si è fatto riferimento ai lavori sotto indicati:

- dati di riferimento contenuti nel Sistema Informativo Territoriale della Regione Lombardia;
- AA.VV. (2006) - "Lo stato delle acque in Provincia di Pavia" – Provincia di Pavia - Divisione Ambiente - Settore Risorse Naturali;
- pubblicazioni e tesi di laurea inedite reperite presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Pavia.

I dati climatologici e di uso del suolo sono stati desunti da:

- dati di riferimento contenuti nel Sistema Informativo Territoriale;

In merito al dissesto idrogeologico ed idraulico del territorio si è, infine, fatto riferimento a:

- dati di riferimento contenuti nel Sistema Informativo Territoriale della Regione Lombardia;
- Autorità di Bacino del Fiume Po - Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) • Interventi sulla rete idrografica e sui versanti • Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici • Delimitazione delle aree di dissesto • scala 1: 25.000 (1999).

## **2 - FASE DI ANALISI PRELIMINARE : inquadramento, geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico**

Il presente capitolo riporta un sintetico inquadramento di carattere geologico generale dell'area di studio, al fine di fornire gli elementi analitici necessari per le successive fasi di elaborazione.

Nei capitoli che seguono saranno descritti gli aspetti in esame, partendo dall'inquadramento dell'area corrispondente al territorio del Comune di Torre Beretti e Castellaro, all'interno del più ampio contesto territoriale in cui ricade, per poi effettuare le osservazioni più specifiche alla scala d'interesse richiesta.

### **2.1 - Inquadramento geografico**

Torre Beretti e Castellaro è un comune lombardo appartenente alla Provincia di Pavia. Confina a Sud con il Comune di Frascarolo, a Nord-Est con il Comune di Mede, Nord con il Comune di Sartirana di Lomellina, mentre ad Ovest confina unicamente con la Provincia di Alessandria.

Il territorio comunale di Torre Beretti e Castellaro si estende con una superficie di 17,4 Km<sup>2</sup> e si colloca nella porzione di Pianura Padana delimitata dal Fiume Ticino a Est, dal Fiume Po a Sud e dal Fiume Sesia a Ovest. In particolare, è ubicato nella Lomellina sudoccidentale, nel settore di pianura delimitato a Sud dal corso del Fiume Po.

La viabilità che permette i collegamenti del Comune con il territorio circostante è rappresentata principalmente dalla S.P. 4 Mezzana Bigli - Gambarana - Torre Beretti, dalla S.P. 193bis (Pavia - Alessandria) e dalla S.P. Vigevanese (ex S.S. 494).

### **2.2 - Inquadramento geologico-strutturale e geomorfologico**

Nel presente paragrafo vengono sinteticamente illustrate le caratteristiche geologico-strutturali e geomorfologiche del Comune di Torre Beretti e Castellaro, riportate in TAV.1 "Inquadramento geologico" (scala 1: 10.000).

La genesi del territorio oggetto di studio è da ricondursi alla formazione della Pianura Padana, ossia alla deposizione di materiale alluvionale proveniente dall'erosione delle catene alpina ed appenninica, con successivo colmamento di un bacino marino subsidente ed emersione e copertura del basamento mediante una coltre detritica alluvionale quaternaria.

Il bacino padano formava un grande golfo la cui superficie si è gradualmente ridotta a causa della compressione innescata dall'avvicinamento della catena alpina a quella appenninica; quest'ultima, molto attiva alla fine del Miocene e persistita sino al Quaternario, ha dato origine alla formazione di un sistema strutturale con fasce di pieghe che rappresentano i "thrust" frontali sepolti dell'Appennino Settentrionale e delle Alpi Meridionali.

Queste strutture, presenti nel sottosuolo della Pianura Padana, hanno condizionato la distribuzione areale e lo spessore dei sovrastanti depositi continentali, che sono altresì legati all'evoluzione paleogeografica del fondovalle padano durante il Quaternario.

Lo schema geologico-strutturale della Pianura Padana, riporta la presenza, al limite dei rilievi appenninici, di una faglia diretta a direzione NW-SE, responsabile del ribassamento del substrato marino e della deposizione di una potente coltre di sedimenti nella successione padana.

Un sistema di pieghe, sempre secondo la direttrice NW-SE, avrebbe originato a Sud di Mortara, in corrispondenza di una sinclinale, una vasta depressione morfo-strutturale, con importanti effetti sulla morfologia e sul drenaggio di superficie.

La successione stratigrafica del sottosuolo della Pianura Pavese e della Lomellina è rappresentata dai sedimenti appartenenti al sistema deposizionale continentale padano plio-pleistocenico, i cui termini basali di origine marina risultano costituiti da marne argilloso-siltose e da argille siltose.

Il sistema continentale, a tetto dei depositi marini, risulta suddiviso in due principali sequenze litostratigrafiche sovrapposte: la sequenza inferiore formata dalla successione "Villafranchiana" e la sequenza superiore, alluvionale, del Pleistocene medio-sup.

La successione "Villafranchiana" è costituita da depositi di origine palustre-lacustre, litologicamente caratterizzati da limi argillosi, frequentemente alternati a livelli sabbiosi di minor spessore. A tetto si riscontra la presenza di depositi di ambiente fluviale, costituiti da ghiaie e sabbie intercalate da orizzonti limosi ed argillosi.

Questi depositi alluvionali rappresentano l'ultima fase del processo di sedimentazione che ha colmato il paleobacino padano e vanno a costituire il livello fondamentale della pianura noto come "*Piano Generale Terrazzato della Pianura Lombarda*" (P.G.T.), di età würmiana.

L'origine del P.G.T. è riconducibile all'attività deposizionale esercitata dal F. Po e dai suoi affluenti nel corso del Quaternario ed, in particolare, all'accumulo di sedimenti fluviali verificatosi in concomitanza dell'ultima espansione glaciale pleistocenica (Würm).

Dal punto di vista litologico il P.G.T. è costituito da alluvioni prevalentemente sabbiose, talora limose, con debole alterazione superficiale ocrea o bruna. Il territorio comunale di Torre Beretti e Castellaro ricade all'interno della Valle del F. Po, incisa nel "*Piano Generale Terrazzato della Pianura Lombarda*" (P.G.T.).

Le unità deposizionali presenti nell'area indagata vengono di seguito descritte in successione stratigrafica, a partire dalle più recenti, raggruppate secondo lo schema riportato nel Foglio geologico n. 58 "*Mortara*" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 e nelle relative note illustrative.

## DEPOSITI DI COPERTURA ALLUVIONALE QUATERNARIA:

***a<sup>3</sup>***-*Alluvioni terrazzate ghiaioso-sabbiose o limose, recenti ed attuali, dei maggiori corsi d'acqua (F. Po nel caso specifico). "Alluvium recente ed attuale" OLOCENE RECENTE.* Si tratta di terreni affioranti all'interno delle aree golenali del F. Po, costituiti da sabbie e ghiaie eterometriche e poligeniche, mescolate tra loro in varie proporzioni, disposte secondo orizzonti interdigitali di spessore variabile. Localmente sono presenti intercalazioni limose e limoso-argillose (limi di stanca). Rientrano in questa formazione anche i materiali che ricoprono l'alveo attuale del F. Po, costituiti in prevalenza da alluvioni a componente sabbioso-limosa e ghiaiosa, in relazione alla capacità di trasporto della corrente del fiume.

***a<sup>2</sup>***-*Alluvioni sabbioso-ghiaiose fissate degli alvei abbandonati, debolmente sospese ed eccezionalmente esondabili. "Alluvium medio" OLOCENE MEDIO.* Sono alluvioni della bassa pianura, anche attualmente esondabili in prevalenza a causa di eventi legati alla rete scolante minore, che costituiscono un basso terrazzo ghiaioso sabbioso, fissato e coltivato lungo i torrenti.

***a<sup>1</sup>***-*Alluvioni terrazzate sabbioso-ghiaiose sensibilmente sospese sui corsi d'acqua. "Alluvium antico" OLOCENE ANTICO.* Si riscontrano principalmente lungo i principali corsi d'acqua e il limite con il *Fluviale Wurm* è quasi sempre evidenziato da un terrazzo morfologico.

***f<sup>W</sup>***-*Alluvioni fluviali e fluvio-glaciali. "Fluviale Wurm" PLEISTOCENE RECENTE.* Si tratta di depositi di tipo ghiaioso e sabbioso in matrice limosa, talvolta con lenti di argilla con limitata estensione laterale, con debole alterazione ocracea o bruna nella sola parte superficiale. Questi materiali costituiscono il "livello fondamentale della pianura". Sono materiali che costituiscono un ottimo serbatoio per le acque di falda grazie alla loro elevata porosità.

Nella figura di seguito riportata (v. **Fig. 1**), vengono schematizzati i rapporti stratigrafici esistenti tra le diverse unità deposizionali sopra descritte.

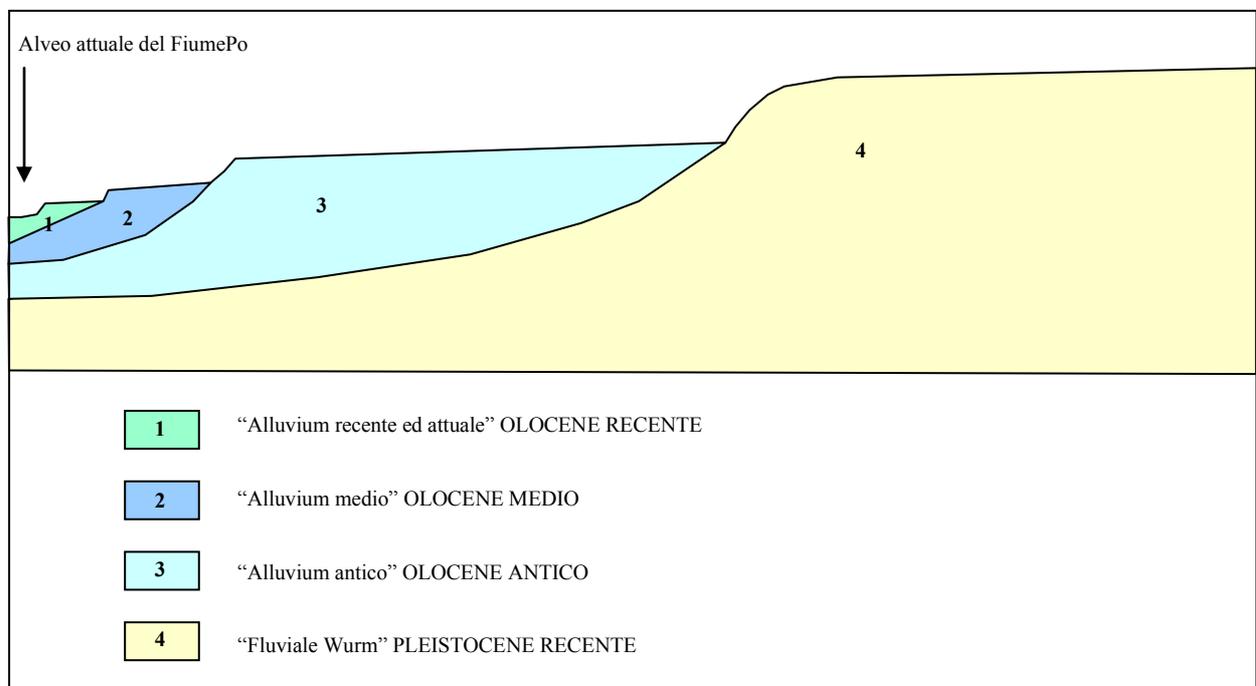


Fig. 1 - Rapporti stratigrafici esistenti tra le diverse unità de posizionali.

Nella **TAV. 1**, che rappresenta geologicamente il territorio del Comune di Torre Beretti e Castellaro, si può osservare come l'area in studio sia impostata in parte su tutti i depositi sopra citati, con le coperture più recenti situate nella parte occidentale del Comune, in prossimità del corso del Fiume Po.

Dal punto di vista geologico, pertanto, il territorio studiato risulta impostato essenzialmente su sedimenti di origine alluvionale. Si tratta di depositi incoerenti, organizzati in corpi lenticolari di spessore variabile a giacitura sub orizzontale, costituiti da alternanze, sia verticali che orizzontali, di sabbie e ghiaie prevalenti e subordinati livelli limosi ed argillosi.

Lo spessore della successione alluvionale e di quella "Villafranchiana", nella porzione sud-occidentale del territorio della pianura della Lomellina, si va assottigliando in direzione SW a causa del sollevamento strutturale del substrato marino, che lo porta ad emergere in corrispondenza della sponda destra del F. Po (v. **foto 1** e **foto 2**). Tale affioramento del basamento marino è presumibilmente attribuibile alla formazione delle "Sabbie di Asti" (Pliocene).

Nel territorio del Comune di Torre Beretti e Castellaro il substrato marino non affiora, ma i depositi alluvionali non si sviluppano in profondità con potenza rilevante.



**Foto 1:** Ripresa aerea in cui è evidente l'affioramento del basamento marino in strati paralleli in sponda destra del F. Po, nei pressi del ponte che collega il territorio comunale a Valenza, in Provincia di Alessandria.



**Foto 2:** Altra ripresa aerea, in cui sono ben riconoscibili gli strati affioranti del substrato marino.

Dal punto di vista geomorfologico, l'area in esame è situata nella Valle del F. Po, in una zona pianeggiante, debolmente degradante verso S-SE; per quanto riguarda le quote topografiche si osservano quote minime di circa 86,0 m s.l.m., nella zona meridionale del territorio, e quote massime di circa 96,0 m s.l.m. nella porzione settentrionale.

L'area di studio, come già accennato, è interessata dalla presenza di distinti livelli di origine alluvionale: le “Alluvioni antiche” e il “Fluvioglaciale e Fluviale Wurm” morfologicamente più rilevati e più antichi, che ricadono nella porzione nord-orientale del territorio comunale, e le “Alluvioni medie” e le “Alluvioni recenti ed attuali”, caratterizzate da quote topografiche inferiori e che occupano le porzione centrale e occidentale del territorio, verso l'alveo attuale del F. Po.

Nell'insieme si tratta di alternanze di sabbie e/o ghiaie con argille, a geometria lenticolare e modesto grado di alterazione. Alla sommità della successione è presente una coltre di copertura argillo-limosa (“limi di stanca”), più o meno potente, che rende generalmente ridotta la permeabilità superficiale.

Le Alluvioni e il Fluvioglaciale sono separati tra loro da una scarpata di erosione fluviale (v. **TAV. 2**), che presenta un caratteristico andamento a tratti arcuati e che ricalca quello dei vecchi meandri abbandonati dal corso del F. Po.

Nel complesso, il territorio è caratterizzato da una superficie sub pianeggiante, con blande ondulazioni e modeste scarpate, sia naturali e/o in parte antropizzate, che del tutto artificiali.

L'aspetto complessivamente pianeggiante del territorio del Comune di Torre Beretti e Castellaro è da ricondursi all'azione deposizionale operata dal corso del F. Po che, in seguito alla forte diminuzione di pendenza incontrata allo sbocco nella Pianura, esercita prevalentemente un'azione di deposito.

Sul territorio in esame sono inconfondibili i segni delle divagazioni del F. Po nel corso del tempo: ne sono testimonianza i meandri abbandonati ed i lievi terrazzi di chiara origine fluviale.

L'attività agricola, gli spianamenti e la regimazione delle acque hanno modificato l'originale assetto del territorio, cancellandone in molti casi i dislivelli ed i caratteri legati alla morfologia fluviale.

Resta tuttavia evidente la presenza della scarpata di terrazzo di origine fluviale che delimita verso Nord-Est il ripiano delle Alluvioni dal P.G.T. (Piano Generale Terrazzato), presentando un'altezza massima di ca. 4,0 m. A valle della scarpata, lungo il tracciato di un antico meandro, è evidente la presenza di alcuni fontanili.

Il ripiano delle "Alluvioni recenti ed attuali" presenta tutti gli elementi tipici delle pianure alluvionali. Si possono rinvenire: tracce di canali attivi a sezione asimmetrica, stretti e profondi; depositi di barra di meandro, di argine naturale, di ventaglio di rotta (*crevasse*) e di canale abbandonato; aree più ribassate corrispondenti a vecchi bacini inondabili o zone umide e paleomeandri.

Tra le litologie tipiche di questo ambiente deposizionale rientrano quelle sabbiose e quelle argillo-limose. Le prime, caratterizzate da granulometrie da grossolane a fini con classazione e contenuto in matrice variabile, con locali e più o meno frequenti livelli di ghiaietto, corrispondono a depositi di canale attivo, di barra di meandro e di ventagli di rotta. Le seconde, pelitiche (argillose e limose), corrispondono a depositi di riempimento di canali abbandonati o di piana inondabile. Inoltre, nell'ambito delle successioni si possono anche individuare locali livelletti contenenti materiali organici carboniosi e/o torbosi.

### **2.3 - Inquadramento litotecnico**

I dati di base per la compilazione dell'inquadramento litologico sono stati preliminarmente desunti dalla cartografia tematica - S.I.T. Regione Lombardia - Litologia. In tale elaborato le informazioni riportate derivano dall'interpretazione delle caratteristiche litologiche del substrato pedologico, rilevate con sondaggi effettuati fino alla profondità di 2,0 m dal piano campagna. La descrizione litologica è integrata da informazioni riguardanti la profondità del substrato, la presenza di carbonati, l'idromorfia ed il grado di alterazione dei clasti.

In un secondo tempo, tali informazioni sono state controllate ed integrate con opportune modifiche mediante un rilevamento appositamente effettuato sul terreno e l'utilizzo di informazioni emerse dalle prove puntuali pregresse a disposizione, indicate nella tabella riportata al termine del presente paragrafo.

Le prove geognostiche pregresse, realizzate sul territorio comunale, sono raccolte in **Allegato 1** ed inserite come ubicazione nella **TAV. 5**.

Dalla rielaborazione di tutti i dati a disposizione è stato possibile elaborare una tavola, nella quale sono stati schematicamente illustrati i litotipi presenti e in cui viene fornita una valutazione preliminare delle principali caratteristiche meccaniche del primo sottosuolo.

Tale elaborato prende il nome di “Inquadramento litotecnico” (v. **TAV. 5**), nel quale l’intero territorio comunale di Torre beretti e Castellaro è stato suddiviso in una serie di classi litotecniche che vengono di seguito elencate e successivamente commentate in dettaglio.

- a) *Limi con sabbia (LAS P 2 – LA N 2 – LAS C 3)*
- b) *Sabbie limose (S3L N 2 – S3L C 2)*
- c) *Sabbie limose e ghiaie poco gradate con sabbia (S3L N 3 – GIPS N 1)*
- d) *Sabbie poco gradate con limo e ghiaia (S2PLG N 2)*
- e) *Sabbie poco gradate (SIPN3 – SIP C 2 – SIP N 2)*
- f) *Sabbie poco gradate e e sabbie argillose (SIP N 3 – S3A N 2)*

**a) Limi e Limi con sabbia**

questa unità, che si riscontra principalmente nella porzione sud-orientale del territorio comunale di Torre Beretti e Castellaro e in poche altre limitate aree, è disposta secondo fasce strette ed allungate (corrispondenti, in parte, a vecchie porzioni di meandri abbandonati) ed è caratterizzata da limi dominanti con presenza di sabbie diffuse, a profondità comprese tra 50 e 200 cm dal p.c..

**b) Sabbie limose**

questa unità, che si ritrova ad Ovest e Nord-Est del territorio, è caratterizzata da limi frammisti a sabbie, più o meno calcarei, posti ad una profondità di circa 50-100 cm dal p.c..

**c) Sabbie limose e ghiaie poco gradate con sabbia**

questa unità, che si riscontra in alcune aree della porzione centrale del territorio comunale, è caratterizzata da sabbie poco limose frammiste a locali depositi grossolani di ghiaia poco gradata, non calcaree.

**d) Sabbie poco gradate con limo e ghiaia**

questa unità, che si ritrova nella porzione centrale del Comune, corrisponde, presumibilmente, ad un ampio paleomeandro, e risulta caratterizzata da sabbie poco gradate frammiste a locali depositi fini di tipo limoso e a ghiaie, non calcaree, poste ad una profondità di circa 50-100 cm dal p.c..

**e) Sabbie poco gradate**

questa unità, che si rinviene solamente in piccole porzioni dell’area in oggetto, è caratterizzata da sabbie prevalenti poco gradate, che variano da calcaree a non calcaree, ad una profondità compresa tra i 50-200 cm dal p.c..

**f) Sabbie poco gradate e sabbie argillose**

questa unità, che si riscontra in una piccola area a Nord del territorio comunale, a morfologia pianeggiante o ondulata, risulta caratterizzata da sabbie prevalenti con depositi argillosi, non calcaree, localizzate tra i 50 e 200 cm dal p.c..

Dall'esame della TAV. 5 si può rilevare come la classe litotecnica più estesa sia quella delle sabbie limose poco gradate con ghiaia.

Nella seguente tabella vengono riassunti i parametri geotecnici, desunti da dati bibliografici e da indagini pregresse realizzate sul territorio comunale, per ciascuna classe litotecnica sopra descritta.

<b>Classe litotecnica</b>	<b>Angolo di attrito interno</b>	<b>Peso di volume (t/mc)</b>
<i>Limi con sabbia (L4S P 2 – L4 N 2 – L4S C 3)</i>	<b>25°</b>	<b>1,70</b>
<i>Sabbie limose (S3L N 2 – S3L C 2)</i>	<b>27°÷28°</b>	<b>1,85</b>
<i>Sabbie limose e ghiaie poco gradate con sabbia (S3L N 3 – GIPS N 1)</i>	<b>30°÷33°</b>	<b>1,90÷2,00</b>
<i>Sabbie poco gradate con limo e ghiaia (S2PLG N 2)</i>	<b>28°</b>	<b>1,80</b>
<i>Sabbie poco gradate (SIPN3 – SIP C 2 – SIP N 2)</i>	<b>27°÷28°</b>	<b>1,80</b>
<i>Sabbie poco gradate e sabbie argillose (SIP N 3 – S3A N 2)</i>	<b>25°÷28°</b>	<b>1,85</b>

Naturalmente, le successioni litostratigrafiche sono soggette a variazioni locali, che rispecchiano la dinamica deposizionale dell'ambiente fluviale; tali variazioni litologiche, peraltro, vanno a sommarsi alle variazioni dell'assetto idrogeologico (diversa soggiacenza, eventuale carattere di artesianità della falda, ecc.).

Ne consegue che, in fase di progettazione esecutiva per la realizzazione di nuove edificazioni, la natura e le caratteristiche geotecniche del substrato di fondazione dovranno essere di volta in volta verificate, come del resto è previsto dalla normativa vigente; tutto questo al fine di scegliere la tipologia fondazionale più appropriata, dimensionare accuratamente le fondazioni e determinare i corretti carichi di esercizio.

In termini generali, dalle indagini pregresse, effettuate sul territorio del Comune di Torre Beretti e Castellaro, sono emerse le seguenti caratteristiche geotecniche dei terreni:

per quanto riguarda la località di Torre Beretti:

- una situazione superficiale caratterizzata da sedimenti argillosi prevalenti fino a 1,5 m di profondità dal p.c., con caratteristiche geotecniche che variano da basse a medie;
- tra 1,5 e 3,6 m di profondità dal p.c. vi è alternanza di strati sabbioso-limosi e argilloso-sabbiosi con caratteristiche geotecniche medio-buone;

- da 3,6 m di profondità dal p.c. si rileva la presenza di sabbia-ghiaiosa e ghiaia con caratteristiche geotecniche elevate.

Nel corso delle indagini pregresse disponibili eseguite nel Dicembre 2009 in corrispondenza del concentrico di Torre Beretti il livello della falda freatica non è stato rilevato.

Per l'area circostante Castellaro de' Giorgi, invece:

- fino a 1,3 m dal p.c. si riscontrano limi argillosi;
- da 1,3 a 2,0 m di profondità dal p.c. si rileva la presenza di sabbie prevalenti;
- tra 1,3 e 7,0 m di profondità dal p.c. si riscontra alternanza di strati sabbiosi e ghiaiosi;
- da 7,0 m dal p.c. di rileva la presenza di litotipi prevalentemente sabbiosi con ghiaia.

Nel corso delle indagini pregresse disponibili, eseguite nel Dicembre 2010 in corrispondenza del concentrico di Castellaro de' Giorgi, il livello della falda freatica è stata rilevato a circa 7,4 m dal p.c..

Anno	Estensore	Tipologia lavoro	Tipologia d'indagine	Ubicazione	Sigla
Dicembre 2009	Dott. Geol. A. Borsani	Costruzione capannone prefabbricato e silos	n. 1 prova penetrometrica statica	Torre Beretti (a NW del centro abitato - v. TAV. 5)	S1
-	Dott. Geol. A. Zorzoli	Richiesta di autorizzazione allo scarico sul suolo e negli strati superficiali del sottosuolo di acque reflue provenienti da abitazione civile e canile	n. 1 trincea esplorativa	Torre Beretti – Loc. C.na San Pio (a SE del centro abitato - v. TAV. 5)	T3
Dicembre 2010	S.G.P.	Progetto per la costruzione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili (Biogas) di cui al D.Lgs. 29/12/2003, n. 387 in Loc. Castellaro de' Giorgi comune di Torre Beretti e Castellaro	n. 2 trincee esplorative n. 4 prove penetrometriche dinamiche n. 1 stendimento geofisico	Castellaro de' Giorgi (a N del centro abitato - v. TAV. 5)	T1 T2 D1 D2 D3 D4 G1

## 2.4 - Inquadramento pedologico e uso del suolo

Il suolo è un elemento fondamentale del paesaggio ed è una preziosa risorsa ambientale, difficilmente riproducibile. La TAV. 4, "Inquadramento geopedologico", è il risultato di un'osservazione ragionata dei diversi elementi fisici che compongono l'ecosistema ivi presente e riassume sinteticamente l'azione dei fattori e dei processi che hanno controllato, fra l'altro, la formazione dei suoli nell'area oggetto del presente studio; essa è pertanto un utile indicatore per conoscere la storia, in chiave pedologica, delle singole porzioni di quell'ecosistema.

Dalle relazioni fra i suoli ed i paesaggi si possono trarre due indicazioni fondamentali:

- in paesaggi diversi si formano suoli diversi: infatti, i suoli della pianura alluvionale sono maggiormente condizionati dall'escursione della falda di quelli dei terrazzi fluviali sovrastanti. Questo determina diversi tipi di vegetazione, di colture e di attività dell'uomo;
- il suolo è un indicatore del paesaggio in cui ricade: il suo aspetto e le sue proprietà sono direttamente collegate ai caratteri del paesaggio in cui viene rilevato. Questo vale nello spazio e nel tempo, per cui i suoli spesso forniscono le chiavi per ricostruire le variazioni (ad es. climatiche) che hanno condizionato la vita di quell'ecosistema.

All'interno del territorio comunale oggetto del presente studio, sono state individuate differenti unità di paesaggio, tutte comprese all'interno del sistema che considera le valli alluvionali corrispondenti ai piani di divagazione dei corsi d'acqua attivi o fossili, rappresentanti il reticolato idrografico olocenico.

VT – Superfici terrazzate costituite da alluvioni antiche o medie, delimitate da scarpate d'erosione, e variamente rilevate sulle piane alluvionali. Sono, principalmente, terrazzi fluviali stabili, delimitati da scarpate erosive evidenti, a morfologia pianeggiante o ondulata, comprendenti antiche linee di drenaggio (paleoalvei) lievemente ribassate ed affrancate dall'idromorfia.

VA – Piane alluvionali inondabili con dinamica prevalentemente deposizionale, costituite da sedimenti recenti od attuali. Si tratta di superfici adiacenti a corsi d'acqua ed isole fluviali inondabili durante piene ordinarie che, nelle piane di tracimazione e nei meandri, coincidono con "golene aperte", mentre, nelle piane a canali intrecciati e rettilinei, si identificano con alvei di piena a vegetazione riparia.

LF – Porzione meridionale di pianura, caratterizzata da aree sufficientemente stabili per la presenza di un'idrografia organizzata di tipo meandri forme. Si tratta di dossi fluviali rilevati e di forma generalmente allungata, ubicati ai bordi delle scarpate erosive che delimitano i principali solchi vallivi di corsi d'acqua attuali o fossili.

La "Carta della capacità d'uso del suolo" (v. TAV. 6), offre una valutazione del suolo e del suo valore produttivo ai fini dell'utilizzo agro-silvo-pastorale ed è valutata in base alle caratteristiche intrinseche del suolo stesso (profondità, pietrosità, fertilità) e a quelle dell'ambiente (pendenza, erosione, inondabilità, ecc.).

Il territorio comunale di Torre Beretti e Castellaro ricade nelle classi II, III e IV: tutte classi che riguardano suoli adatti all'agricoltura.

Le aree che ricadono in classe II si trovano in piccole porzioni del territorio comunale; tali suoli presentano moderate limitazioni che richiedono una opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative; in particolare, in queste zone sono state individuate sia limitazioni legate all'abbondante presenza di acqua entro il profilo sia limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo.

La classe III, ripartita in due sottoclassi per quanto concerne le differenti limitazioni presenti nei suoli del comune in oggetto, riguarda la grande maggioranza dei terreni presenti nel territorio studiato. Comprende

suoli che presentano severe limitazioni, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative. La prima sottoclasse presenta limitazioni relative a caratteristiche negative del suolo mentre la seconda presenta limitazioni legate all'abbondante presenza di acqua entro il profilo. Le altre due sottoclassi coinvolgono le due elencate precedentemente e la classe IV con limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo.

Infine, la classe IV, con suoli che presentano limitazioni molto severe legate all'abbondante presenza di acqua entro il profilo, tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere accurate pratiche di coltivazione, è attribuita ai suoli presenti lungo la fascia occidentale del territorio del comune di Torre Beretti e Castellaro, ricadenti nelle immediate vicinanze del F. Po.

Da sottolineare come, laddove le limitazioni siano legate alla presenza di acqua libera nel suolo in qualche periodo dell'anno, tali suoli possano permanere in condizioni di saturazione idrica e di anaerobiosi, che andranno ad interferire negativamente sul normale sviluppo delle colture agrarie. In questo caso, l'eccesso idrico può essere connesso sia a difficoltà di drenaggio delle acque meteoriche sia a fenomeni di inondazione.

Le limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo sono dovute alla tessitura non equilibrata e l'eccessiva pietrosità che possono provocare inconvenienti durante la lavorazione del suolo, la scarsa profondità, la bassa fertilità di difficile correzione, ecc..

La "Carta del valore naturalistico dei suoli", sempre all'interno della TAV. 6, propone una valutazione dell'interesse scientifico che le risorse pedologiche manifestano dal punto di vista naturalistico. L'interpretazione del valore naturalistico dei suoli integra conoscenze pedologiche con conoscenze geomorfologiche, naturalistiche, floristiche, paesaggistiche, geografiche, ecc. e propone strategie comuni per la valorizzazione e fruizione.

Per quanto riguarda il territorio comunale di Torre Beretti e Castellaro, il valore naturalistico dei suoli si può definire nel complesso basso, come si evince dall'apposita tavola: solamente tre ristrette fasce hanno un valore naturalistico dei suoli moderato e una sola piccola area in prossimità del confine settentrionale ha valore da basso a medio.

L'uso del suolo del territorio comunale di Torre Beretti e Castellaro è illustrato in dettaglio nella TAV. 7: la carta è stata redatta utilizzando i dati DUSAF (anno 2005-2007) della Regione Lombardia.

Gran parte del territorio comunale è occupato da attività agricola a prevalenza cerealicola. La coltura è prevalentemente risicola; nei pressi dei canali e delle zone agricole depresse caratterizzate da un abbondante approvvigionamento idrico è presente la tipica vegetazione riparia, a prevalenza di pioppi, salici e ontani.

Nella zona più prossima al corso del F. Po, nella porzione occidentale del territorio comunale l'uso del suolo è caratterizzato dalla prevalente presenza di coltivazioni a pioppeto.

## **2.5 - Inquadramento meteo-climatico**

Nel corso dell'analisi svolta è risultato opportuno procedere alla caratterizzazione dei fattori meteo-climatici nell'ambito del territorio indagato, considerando la distribuzione stagionale delle precipitazioni e delle temperature. Per far ciò si è fatto soprattutto riferimento agli specifici lavori tematici citati nelle fonti bibliografiche.

Per la determinazione delle condizioni climatiche della zona oggetto di studio sono stati raccolti ed esaminati i dati meteorologici provenienti dalle stazioni di San Giorgio Lomellina, Gambolò e Gropello Cairoli, per il periodo compreso tra il 1960 ed il 1985.

Per avere informazioni climatiche più recenti sono stati utilizzati i dati pluviometrici di Ferrera Erbognone relativi agli anni 1993, 1995 e 1996 sulla base dei dati E.R.S.A.F..

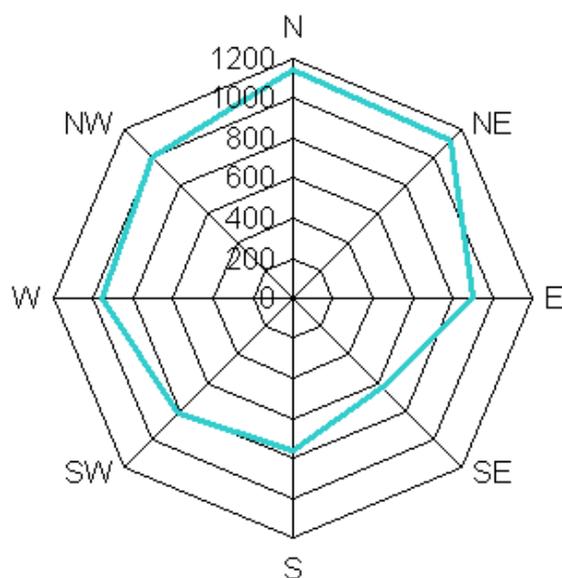
I dati climatici più recenti, relativi all'intero anno 2008, provengono dalla stazione di monitoraggio Arpa di Castello d'Agogna, nei pressi di Mortara, a Nord rispetto al territorio comunale di Torre Beretti e Castellaro.

Il territorio indagato è caratterizzato, nel complesso, da condizioni climatiche di tipo continentale con inverni freddi e nebbiosi ed estati calde e afose, mentre le stagioni intermedie presentano condizioni più variabili. Condizioni termiche più miti sono garantite, invece, dalla presenza dell'anticiclone atlantico.

Durante l'autunno e la primavera le condizioni meteorologiche si presentano maggiormente instabili per la presenza di masse d'aria a bassa pressione (cicloniche) che portano abbondanti precipitazioni.

Le Alpi a nord e gli Appennini a sud impediscono il rapido deflusso verso il Mar Ligure delle masse d'aria umide provenienti dall'Adriatico e convogliate nella Pianura Padana. Questo effetto barriera dei rilievi montuosi è la causa principale della bassa intensità del regime dei venti, caratteristica di questa zona.

La rosa dei venti (v. **Fig. 2**), ottenuta elaborando i dati relativi all'anno 2008 della stazione di monitoraggio Arpa di Castello d'Agogna, mostra le direzioni prevalenti di provenienza del vento nell'anno 2008. Si nota una componente principale diretta da Nord a Sud, e componenti di poco più ridotte da Nord-Ovest a Sud-Est, da Nord-Est a Sud-Ovest e da Ovest a Est.



**Fig. 2** - Rosa dei venti - Stazione Arpa di Castello d'Agogna - anno 2008

Nella tabella seguente vengono riportati, inoltre, i valori medi e massimi mensili della velocità del vento.

Mese	Velocità media del vento (m/s)	Velocità massima del vento (m/s)
Gennaio	1,2	6,9
Febbraio	1,3	6,2
Marzo	2,3	8,8
Aprile	2,4	10,7
Maggio	2,1	7,3
Giugno	1,6	6,7
Luglio	1,6	8,4
Agosto	1,3	9,9
Settembre	1,6	8,0
Ottobre	1,0	6,3
Novembre	1,1	5,7
Dicembre	1,6	15,2

Stazione di Castello d'Agogna - anno 2008: valori medi e massimi mensili della velocità del vento.

Per quanto riguarda le temperature vengono di seguito riportate due tabelle: nella prima sono indicate le temperature medie mensili per il periodo 1960-1985 registrate nelle stazioni di Gambolò, S. Giorgio Lomellina e Gropello Cairoli; nella seconda le temperature medie, massime e minime mensili rilevate nell'anno 2008 presso la stazione di monitoraggio Arpa di Castello d'Agogna.

stazione	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Anno
Gambolò	-0.6	2.0	6.2	10.9	14.7	19.3	21.2	20.2	16.7	10.9	4.8	0.3	10.6
S. Giorgio Lomellina	-1.1	1.4	5.1	9.4	13.9	17.3	19.5	19.1	15.4	10.2	4.3	0.2	9.6
Gropello C.	-0.7	2.2	6.5	11.5	15.9	20.2	22.0	21.0	17.4	11.3	4.8	0.2	11.0

Temperature (°C) medie mensili relative al periodo 1960-1985 registrate nelle stazioni meteo di Gambolò, S. Giorgio Lomellina e Gropello Cairoli.

Mese	Temperatura minima (C°)	Temperatura massima (C°)	Temperatura media (C°)
Gennaio	-6,7	12,4	2,6
Febbraio	-6,0	15,8	5,4
Marzo	-3,1	24,4	9,4
Aprile	1,7	24,8	12,5
Maggio	9,0	27,5	18,4
Giugno	13,5	34,0	22,0
Luglio	13,7	33,5	23,8
Agosto	12,7	34,0	23,1
Settembre	4,6	30,3	17,6
Ottobre	1,8	25	13,8
Novembre	-4,4	9,7	0,9
Dicembre	-5,3	12,2	1,7

Stazione di Castello d'Agogna - anno 2008: valori medi, massimi e minimi mensili della temperatura.

Le temperature confermano un clima di tipo continentale con inverni freddi ed estati calde.

La piovosità media risulta di circa 800 mm/anno, con valori inferiori nei mesi invernali ed estivi e massimi nei mesi primaverili e autunnali (marzo-aprile e settembre-ottobre). Ad esempio, nei mesi di gennaio, ottobre e dicembre del 2002 si sono verificati situazioni di alta pressione e piogge quasi nulle. Per quanto riguarda le precipitazioni riferite agli anni 2006-2007, la zona d'interesse ha registrato una media di 500-600 mm annui. Secondo i dati dell'Istituto Tecnico Gallini, le precipitazioni medie mensili, riferite al biennio 2006-2008, sono state di 59,61 mm, con piovosità più elevata nei mesi di novembre e dicembre.

Da un'analisi storica, periodo 1960-1985, è stata redatta la seguente tabella riassuntiva delle precipitazioni medie mensili registrate nelle stazioni meteo di Gambolò, S. Giorgio Lomellina e Gropello Cairoli.

Stazione	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Anno
Gambolò	58.2	69.4	81.4	75.3	86.0	70.8	49.7	77.0	63.6	103.4	88.0	59.6	882.3
S. Giorgio Lomellina	53.2	70.5	66.5	71.2	73.0	57.2	45.2	69.0	53.0	86.0	83.4	56.3	784.6
Gropello Cairoli	67.1	66.5	76.9	65.6	81.6	69.1	48.4	78.1	64.9	98.2	88.4	56.7	861.5

**Tab. 4** - Precipitazioni medie mensili (mm) relative al periodo 1960-1985 registrate nelle stazioni meteo di Gambolò, S. Giorgio Lomellina e Gropello Cairoli.

Le precipitazioni registrate nella stazione meteo di Ferrera Erbognone negli anni 1993, 1995 e 1996 sono riportate nella seguente tabella.

Anno	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Tot.
1993	118.0	42.6	50.8	95.6	87.2	34.0	0.8	63.4	215.6	145.8	70.8	11.2	829.6
1995	216.6	73.6	30.2	45.8	165.6	92.0	42.2	20.2	158.8	25.0	107.8	56.0	1033.8
1996	194.2	43.6	14.8	74.8	86.4	35.8	33.8	36.2	65.2	126.0	40.4	127.4	878.6

**Tab. 5** - Precipitazioni medie mensili (mm) relative agli anni 1993, 1995 e 1996 registrate nella stazione meteo di Ferrera Erbognone.

La pressione atmosferica mostra un andamento oscillante: i valori minimi si riscontrano in aprile, quelli massimi nel periodo invernale da dicembre a marzo.

L'umidità media percentuale è abbastanza elevata durante tutto l'arco dell'anno (anche per effetto del fenomeno della nebbia). Nei mesi autunnali e invernali il valore di umidità media supera spesso il 90%.

Tra le particolarità climatiche della zona bisogna rilevare il fenomeno della nebbia, che talvolta può essere molto persistente e intensa, anche se negli ultimi anni si è notevolmente attenuato.

## 2.6 - Inquadramento idrografico

Per quanto concerne l'idrografia superficiale, l'elemento principale è sicuramente il F. Po, che scorre nelle vicinanze del territorio del Comune di Torre Beretti e Castellaro.

Il reticolato idrografico è costituito da numerosi canali irrigui e rogge, tra i quali si ricordano: Canale Morabiano, Cavo Cerreto Basso, Cavo Cerreto Alto, Roggia della Comuna, Cavone, Cavo Roberta, Cavo Campiolo, Cavo Cagnolo, Cavo Lago, Cavo Cernia, Cavo Cardenas (o del Mulino), Cavo Zecca, Cavo Vognolo, Cavo Rizza, Cavo Molinara, Cavo Pilone, Cavo Cantagrillo, Roggia del Mulino, Roggia Abbazia, Roggia della Moretta, Roggia Castellano, Cavo Isimbardi.

Nella maggior parte dei casi essi scorrono con direzioni NW-SE.

La "Carta della capacità protettiva delle acque superficiali", all'interno della TAV. 6, esprime la capacità dei suoli di controllare il trasporto di inquinanti con le acque di scorrimento superficiale, in direzione delle

risorse idriche di superficie. Le proprietà pedologiche prese in considerazione nel modello interpretativo sono correlate con la suscettibilità dei suoli a determinare scorrimenti superficiali e fenomeni erosivi.

Nel territorio comunale di Torre Beretti e Castellaro la capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque superficiali si può definire medio-alta con alcune aree verso il confine in cui può essere definita bassa.

La capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque sotterranee risulta, invece, media-bassa.

## **2.7 - Opere di difesa e altri elementi antropici**

Tra le modificazioni antropiche è da segnalare la presenza di due vecchie cave di recupero R1 107/g/PV e R1 981/g/PV, ubicate nella porzione meridionale del territorio comunale.

Nella **TAV. 3** e nella **TAV. 10** sono state segnalate le opere artificiali di tipo acquedottistico:

- andamento della rete di adduzione e di distribuzione acquedottistica
- pozzi (v. **Allegato 2**)

Nei centri abitati è presente la rete acquedottistica; in particolare, l'approvvigionamento idrico per uso potabile avviene attraverso una rete regolamentata da una convenzione con i comuni limitrofi cui fa capo Frascarolo.

Tra le opere antropiche vanno menzionate la rete stradale e quella ferroviaria che attraversano il territorio comunale. In particolare, la linea ferroviaria Torre Beretti - Alessandria attraversa il territorio comunale collegando i due paesi.

La rete stradale principale è rappresentata dalle strade provinciali S.P. ex S.S. 494, S.P. 193b, S.P. 177 ed S.P. 04, mentre la rete stradale secondaria è rappresentata dalle strade comunali e vicinali.

Sul territorio comunale sono presenti numerosi ponti e strutture di attraversamento dei canali irrigui.

## **2.8 - Inquadramento idrogeologico**

Nel presente paragrafo vengono commentate le informazioni rappresentate nella **TAV. 3** "Inquadramento idrogeologico", che fornisce la caratterizzazione idrogeologica del territorio comunale di Torre Beretti e Castellaro, riportando tutti gli elementi di interesse idrogeologico rilevati durante le indagini appositamente condotte.

Nella carta viene proposta una classificazione idrogeologica del territorio comunale in funzione del grado di vulnerabilità idrogeologica.

Le valutazioni riguardanti il grado di permeabilità delle unità litostratigrafiche sono riassunte nella tabella qui di seguito riportata. La tabella, valida in termini generali, fornisce tuttavia indicazioni di massima sui valori di permeabilità che dovrebbero essere confermati mediante specifiche indagini puntuali.

In tal senso, si può aggiungere che le coperture derivate dal diffuso rimaneggiamento del terreno a scopo agricolo possono influenzare il grado di permeabilità dei depositi alluvionali, alterandone la classe di permeabilità, con la conseguente inclusione in una differente unità idrogeologica.

Nello schema idrogeologico proposto sono state riconosciute tre unità idrogeologiche principali, in relazione al grado di permeabilità:

#### **UNITÀ A : LITOTIPI PREVALENTEMENTE SABBIOSI DEBOLMENTE GHIAIOSI**

Rappresentano depositi caratterizzati da sedimenti in prevalenza sabbiosi a grana medio - grossa, con sporadica presenza di ciottoli eterometrici di forma arrotondata, rilevati al di sotto di un limitato spessore di suolo sabbioso - limoso pedogenizzato di colore bruno - giallastro. Si rinvencono in tutta la porzione centrale del territorio comunale. Il valore del coefficiente di permeabilità  $K$  è dell'ordine di  $10^{-1} \div 10^{-2}$  cm/sec, al quale corrispondono buone capacità di drenaggio delle acque che provengono dalla superficie.

#### **UNITÀ B : LITOTIPI PREVALENTEMENTE SABBIOSI CON LIMO**

I depositi sabbiosi con limo, di colore grigio - nocciola, occupano superfici allungate ricoperte da uno spessore medio di suolo pedogenizzato di circa 90 cm. Si rinvencono nella porzione occidentale del territorio comunale ed in una zona a Nord-Est, nonché in una ristretta area centrale, in corrispondenza, probabilmente, di un tracciato di paleomeandro. L'aumento della componente limosa riduce in generale il grado di permeabilità del litotipo, che presenta un valore del coefficiente di permeabilità  $K$  compreso tra  $10^{-3} \div 10^{-4}$  cm/sec. Anche in questo caso, come nell'unità precedente, il discreto grado di permeabilità assicura, nella quasi totalità dell'area, un efficace drenaggio e la quasi totale assenza di ristagni in superficie anche in periodi di accentuata piovosità.

#### **UNITÀ C : LITOTIPI PREVALENTEMENTE LIMOSI CON SABBIA**

Si tratta di depositi a prevalente composizione limosa, con sabbie fini, di colore dal grigio al giallastro; l'estensione areale della litozona prevalentemente limosa comprende tre porzioni del territorio comunale (in corrispondenza del tracciato di paleomeandri, tuttora occupati dal corso di colatori naturali), la cui delimitazione non è sempre ben definita in quanto si rileva spesso un graduale passaggio eteropico laterale con le altre unità. La percentuale di materiale fine risulta complessivamente più elevata rispetto alla precedente unità, tanto da ridurre il grado di permeabilità, con valori del coefficiente  $K$  dell'ordine di  $10^{-4} \div 10^{-5}$  cm/sec.

Oltre a fornire la zonizzazione idrogeologica del territorio comunale indagato, la **TAV. 3** mostra ulteriori elementi di interesse idrogeologico.

È riportata la rete irrigua principale costituita dalle rogge e dai canali, che ha come asse drenante il F. Po.

Nella tavola sono evidenziate le principali direzioni di flusso e l'andamento delle linee isopiezometriche (tratte da Amministrazione Provinciale di Pavia "Piano Provinciale delle Cave" – Assetto Idrogeologico – Tav. 5 – Giugno 2004) e viene riportata l'ubicazione di una serie di elementi lineari e puntuali di interesse idrologico-idrogeologico:

- area interessata da fontanili;
- pozzo ad uso acquedottistico, ubicato a Castellaro, che garantisce l'alimentazione idropotabile del territorio comunale. La derivazione è stata recentemente potenziata;

A tal proposito si rimanda all'Allegato 2, in cui vengono sinteticamente riportate le stratigrafie disponibili delle opere di derivazione censite.

Le caratteristiche idrogeologiche della zona esaminata sono strettamente connesse all'assetto geologico-strutturale e litostratigrafico desunto dalle ricerche bibliografiche effettuate e dall'analisi delle stratigrafie disponibili.

Nella pianura della Lomellina per quanto riguarda la risorse idriche del sottosuolo, è possibile distinguere, nell'ambito del materasso alluvionale, due complessi idraulicamente separati.

Quello superiore risulta costituito da depositi prevalentemente grossolani: sabbia, ghiaia e ghiaietto variamente miscelati, ma con predominanza di litologie sabbiose e in misura minore pelitiche (limi e argille). La notevole varietà litologica verticale ed orizzontale del materasso alluvionale è principalmente dovuta alla divagazione, in epoche passate, dei tracciati delle aste fluviali che attualmente attraversano o costeggiano l'area in esame.

Pertanto, all'interno dei depositi alluvionali sono presenti fasce a più elevata permeabilità che svolgono un'azione drenante di richiamo e di più veloce veicolazione delle acque sotterranee.

Il primo complesso idrogeologico, il cui spessore in alcuni settori della Lomellina può arrivare fino ad 80-90 m, ospita un unico acquifero indifferenziato, sede di orizzonti freatici sospesi e di una potente falda freatica. Il deflusso delle acque di falda ha prevalente direzione NW- SE.

L'acquifero sopra citato viene alimentato sia dalla percolazione delle acque meteoriche, sia dalle perdite dei numerosi canali irrigui e rogge che attraversano il territorio in studio, sia dall'infiltrazione d'acqua delle grandi distese di risaie.

La falda freatica risulta essere, in buona parte della pianura della Lomellina, assai vulnerabile agli effetti delle attività antropiche, in quanto durante il periodo di adacquamento delle risaie la sua superficie si posiziona praticamente a livello del piano campagna.

Una seconda causa dell'alta vulnerabilità della falda freatica è da ricondursi al rapporto di stretta interdipendenza con il reticolo idrografico, ed in particolare con i numerosissimi canali, fossi e rogge, distributori e colatori di vecchia e recente impostazione, soprattutto legati all'agricoltura risicola.

Infine, ma non di minor importanza, l'alto rischio di vulnerabilità della falda freatica è legato al fatto che non sempre sono presenti al suo tetto orizzonti a bassa permeabilità che la possano proteggere dalle sostanze inquinanti provenienti dalla superficie del suolo.

Il secondo e più profondo complesso idrogeologico, sottostante la falda freatica di cui si è detto sopra, è separato da essa per mezzo di un setto impermeabile, di natura argilloso-limosa. L'alimentazione dell'acquifero profondo avviene attraverso un afflusso lungo strato, al di fuori della pianura della Lomellina.

Questa seconda sequenza alluvionale è caratterizzata da un sistema multifalde, costituito da alternanze di depositi da limoso-argillosi ad argillosi di ambiente palustre-lacustre e di depositi più grossolani di ambiente fluviale. Le falde acquifere, che risultano confinate o semiconfinate, si trovano all'interno dei depositi fluviali grossolani.

Nella porzione più alta della successione, si riscontrano le falde idriche a maggior potenzialità; mentre, in profondità, si rileva una progressiva diminuzione degli orizzonti permeabili e l'aumento dei sedimenti più fini, di natura da limoso-sabbiosa a limoso-argillosa, da scarsamente permeabili a praticamente impermeabili.

Il sistema acquifero più profondo, risulta naturalmente ben protetto da eventuali fenomeni di inquinamento, provenienti dal piano campagna, sia in virtù del potente acquifero superficiale sia dal setto separatore sopra citato. Inoltre, la presenza in profondità di altri orizzonti a bassa o nulla permeabilità che suddividono il secondo complesso in un sistema multi falde, rappresenta un ulteriore schermo di protezione naturale degli acquiferi ivi presenti.

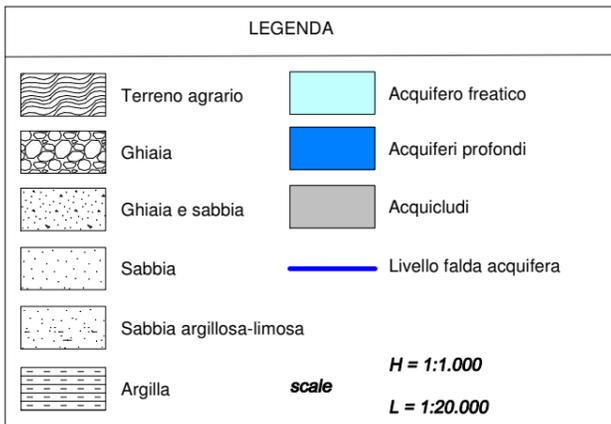
Nel settore sud-occidentale della Lomellina, in cui ricade il territorio di Torre Beretti e Castellaro, sono state rilevate condizioni idrogeologiche particolari. Le stratigrafie dei pozzi trivellati nel Comune di Torre Beretti e Castellaro e in qualche comune limitrofo, hanno evidenziato che già ad una ventina di metri dal piano campagna, inizia una sequenza di litotipi essenzialmente impermeabili, costituita da argille, argille marnose e sabbie limose, da ricondurre al substrato marino che affiora qualche chilometro più a SW, in corrispondenza dei primi contrafforti delle colline del Monferrato. Tale sequenza è permeata di acque salmastre.

Per illustrare con maggior precisione i rapporti fra i vari acquiferi presenti nel sottosuolo del territorio comunale è stata appositamente allestita una sezione litostratigrafica ed idrogeologica, a direzione NNE-SSW e congiungente il pozzo dell'acquedotto comunale del Comune di Torre Beretti e Castellaro con il pozzo ricadente nel territorio di Frascarolo (pozzo P4) (v. **Fig. 3**).

L'analisi della sezione mette in evidenza il netto assottigliamento che subisce l'acquifero freatico in corrispondenza del territorio comunale di Frascarolo, rispetto alla potenza riscontrabile invece nel territorio di Torre Beretti e Castellaro (dell'ordine dei 35,0 m).

Nell'ambito del territorio di Frascarolo infatti non sono presenti pozzi ad uso idropotabile, in virtù del fatto che il sottosuolo non ospita una potente falda profonda a cui attingere.

Le caratteristiche piezometriche e di soggiacenza della falda individuate per l'area di diretto interesse si presentano regolari e conformi ai dati bibliografici disponibili. Esse sono state stimate mediante l'osservazione di carte a scala provinciale (Amministrazione Provinciale di Pavia "Piano Provinciale delle Cave" - Assetto Idrogeologico - Tav. 5 - Giugno 2004).

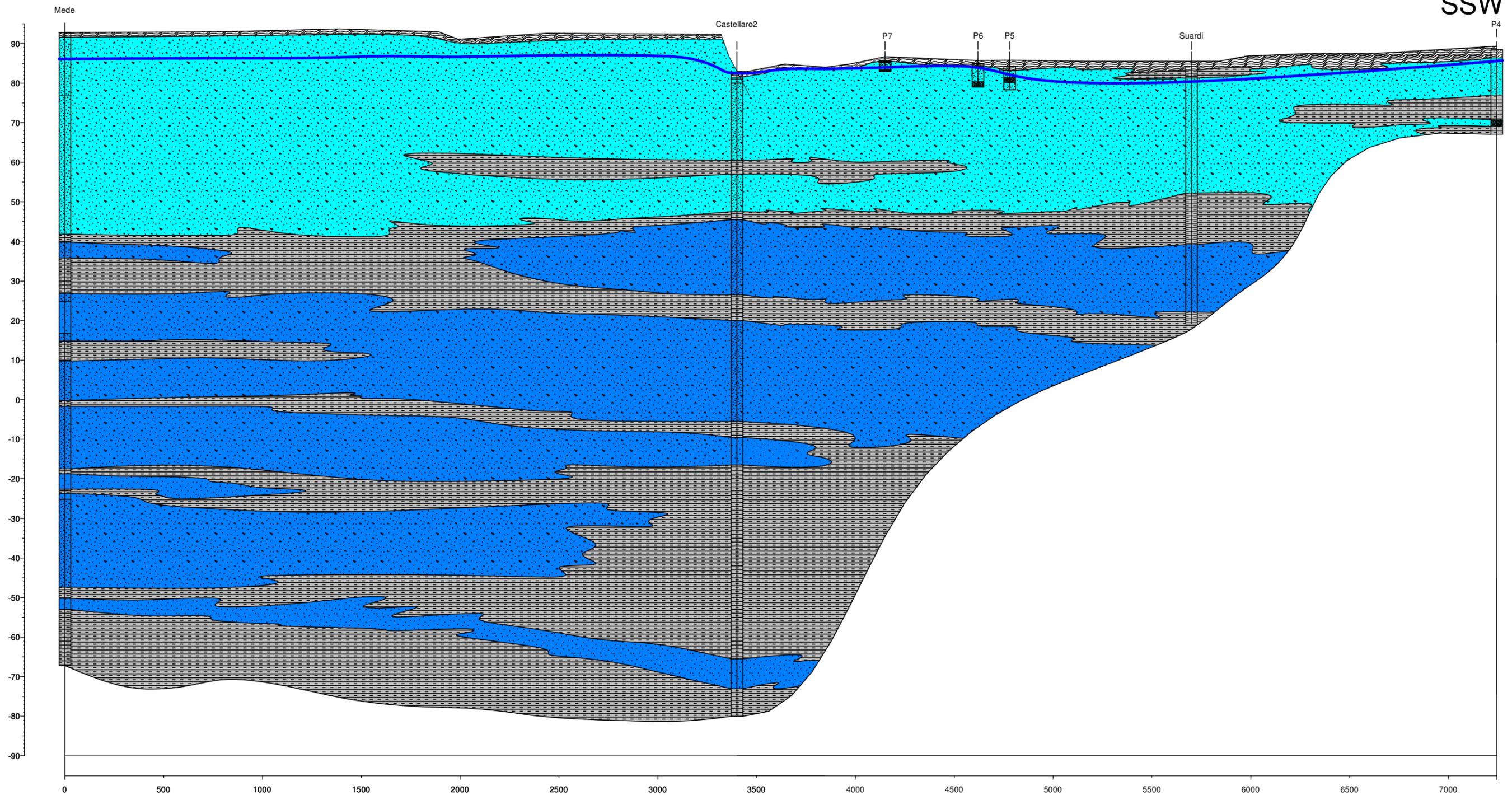


GEOLSOIL

Fig. 3

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA  
E IDROGEOLOGICA INTERPRETATIVA

NNE



Il F. Po, che rappresenta il principale elemento drenante, determina nel territorio comunale in oggetto, il livello di base della falda freatica.

I valori di soggiacenza minimi della falda freatica superficiale variano stagionalmente in funzione degli eventi meteorici e della conseguente ricarica che l'acquifero subisce. Il regime della falda freatica, nel territorio studiato, è infatti fortemente influenzato dalla rete idrografica e dagli apporti irrigui. La pratica della sommersione delle risaie ed i sistemi di irrigazione per le altre colture mettono in gioco, infatti, grandi masse d'acqua che, in presenza di un substrato permeabile, determinano una forte ricarica della falda freatica.

Pertanto, si può affermare che le escursioni stagionali della falda freatica sono strettamente legate ai cicli colturali, in particolar modo alle pratiche irrigue legate alla risicoltura, che causa un massimo innalzamento nel semestre primaverile-estivo ed una massima depressione in quello autunno-invernale.

L'apporto dell'attività irrigua alla ricarica della falda freatica permette di contenere la risalita delle acque situate all'interfaccia Pliocene-Pleistocene (salmastre e ricche di solfuri di Fe), ma ne causa l'inquinamento conseguente all'immissione di sostanze chimiche utilizzate in agricoltura. Si citano a tale proposito i risultati di uno studio (G. Bellinzona et al., 1988) condotto nel comprensorio di Mortara, che ha rilevato la presenza nelle acque della falda freatica di fitofarmaci, in particolare atrazina, bentazone e molinate, in concentrazioni elevate.

Come già menzionato, la ricarica della parte più profonda dell'acquifero freatico avviene principalmente attraverso meccanismi di flusso lungo strato, da zone di alimentazione situate a nord dell'area in esame (Alto Novarese); tali zone sono costituite da depositi fluvioglaciali ad elevata permeabilità, che permettono l'infiltrazione di sostanze inquinanti che circolano poi nelle falde delle zone situate idrogeologicamente a valle.

Quanto sopra affermato viene confermato da una ricerca svolta sulla distribuzione della concentrazione degli inquinanti e l'uso del suolo, in tale studio, infatti, viene rilevata la presenza di sostanze chimiche inquinanti anche in zone dove questi prodotti non vengono utilizzati.

A questo si aggiunga il fatto che il F. Po, esercitando un'azione drenante sulle falde, favorisce il trasporto degli agenti inquinanti per lunghe distanze.

La "Carta della capacità protettiva delle acque sotterranee", nella TAV. 6, esprime la capacità dei suoli di fungere da barriera naturale nei confronti dei potenziali inquinanti idrosolubili rispetto al primo acquifero.

L'interpretazione della valutazione della capacità protettiva dei suoli esprime la potenziale capacità del suolo di trattenere i fitofarmaci entro i limiti dello spessore interessato dagli apparati radicali delle piante permettendone la degradazione. Le proprietà pedologiche prese in considerazione nel modello interpretativo sono correlate con le capacità di attenuazione e il comportamento idrologico del suolo. Le valutazioni ERSAL hanno tenuto conto dei seguenti parametri:

- permeabilità, in quanto elemento che condiziona la percolazione. I suoli con permeabilità bassa contrastano efficacemente il passaggio in profondità degli inquinanti;
- profondità della falda, considerandone il limite superiore di oscillazione;
- classi granulometriche, che condizionano la velocità di percolazione delle acque;

- Ph e CSC che condizionano la mobilità degli elementi; la mobilità dei metalli cresce in genere al calare del ph, mentre l'alta capacità di scambio cationico aumenta la possibilità di immobilizzare gli inquinanti.

La capacità protettiva dei suoli è un elemento fondamentale nella valutazione della vulnerabilità del territorio per la proprietà che possono avere gli stessi di esercitare un effetto-filtro delle sostanze tossiche, quali possono essere concimi chimici, fitofarmaci, fanghi, acque reflue, sversamenti accidentali, perdite da impianti agricoli e industriali, distribuite sulla superficie.

Nella maggior parte del territorio comunale di Torre Beretti e Castellaro la capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque sotterranee si può definire da media a bassa, poiché il grado di permeabilità di tali suoli si ritiene variabile da elevato a moderato e la falda freatica è prossimale al piano campagna.

Per quanto riguarda l'area nord-orientale la capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque sotterranee è elevata.

La composizione chimica delle acque sotterranee è in funzione della natura litologica del bacino di alimentazione e delle condizioni fisiche di temperatura, pressione, superficie e tempo di contatto, incontrate dalle acque nella struttura geologica in cui defluiscono. La loro evoluzione, all'interno di una stessa falda, può subire gli effetti di diversi fattori capaci di modificarne il chimismo: miscelazione di acque provenienti da corsi tributari, inquinamento dalla superficie, riduzioni, ossidazioni, nuove dissoluzioni, precipitazione di sali, ecc.).

Nella seguente tabella vengono riportate le analisi chimiche periodicamente effettuate dall'Arpa della Lombardia, condotte su campioni d'acqua di falda prelevati dal pozzo P4 presente nei limiti amministrativi del Comune di Frascarolo, rientrante nelle rete di monitoraggio qualitativa.

Sulla base di queste analisi è possibile effettuare le seguenti considerazioni:

- il valore di **pH** varia da 7,2 a 7,3. L'acqua è sostanzialmente neutra, leggermente tendente all'alcalinità;
- la **conducibilità elettrica a 20°C** presenta valori da 575 a 655  $\mu\text{S}/\text{cm}$  che, in media, sono superiori al valore guida di 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ;
- i valori riscontrati per la **durezza totale** (concentrazione dei sali di calcio e magnesio legata soprattutto agli ioni  $\text{SO}_4^-$  e  $\text{HCO}_3^-$ ) sono intorno ai 34°F per la data di prelievo del 19/05/06 e di 325°F per la data del 20/11/06. Essi evidenziano una durezza relativamente bassa durante il primo prelievo, che aumenta notevolmente nel secondo prelievo (valori consigliati = da 15 a 50 °F);
- i valori riscontrati per i **cloruri**, compresi tra 29 e 40 mg/l sono leggermente alti, sia rispetto al valore guida di 25 mg/l che alla C.M.A. di 200 mg/l;
- i valori riscontrati per il **ferro** risultano notevolmente elevati, fluttuanti dai 1000  $\mu\text{g}/\text{l}$  agli 8900  $\mu\text{g}/\text{l}$  dell'ultimo prelievo (valore guida di 50  $\mu\text{g}/\text{l}$  e C.M.A. di 200  $\mu\text{g}/\text{l}$ ).
- i valori riscontrati per il **sodio** si aggirano tra 10,8 e 17 mg/l;
- gli **idrogeno carbonati** presentano valori che variano da 342 a 372 mg/l.

Tra i prodotti antiparassitari si rilevano valori appena superiori al limite (0,1  $\mu\text{g}/\text{l}$ ) di Bentazone.

**POZZO DI FRASCAROLO**

Coordinate	E 1476436	N 4987921						
Data prelievo	19/5/06	20/11/06	28/5/07	19/11/07	19/5/08	17/11/08	2/5/09	4/12/09
Temperatura alla sorgente (°)	ND	15	15,1	16,3				
pH			7,25	7,3	7,3	7,2	ND	7,3
Conduttività elettrica a 20° (µS/cm)	655	575						
Durezza totale	34	325						
Calcio (mg/L)	108	107						
Magnesio (mg/L)	16	14						
Azoto ammoniacale (mg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	ND	<0,05	<0,05	ND	<0,05
Cloruri (mg/L)	30	31			38	40	ND	29
Solfati (mg/L)	50	38			36	36	ND	34
Idrogeno carbonati (mg/L)	366	342			354	372	ND	372
Ferro (µg/L)	1000	2137			8930	1953	ND	8844
Manganese (µg/L)	10	16			40	16	ND	62
Cromo (µg/L)	<5	<5						
Nitrati (mg/L)	6	1			4	<1	ND	<1
Potassio (mg/L)	3,1	4,2						
Sodio (mg/L)	10,8	17						
Arsenico (µg/L)	<1	2						
Cadmio (µg/L)	<0,5	<0,5						
Mercurio (µg/L)	<0,5	<0,5						
Nichel (µg/L)	6	10						
Piombo (µg/L)	<5	6						
Nitriti (µg/L)					<10	<10	ND	<10
Dicloroetano 1,2 (µg/L)	<3	<3						
Diclorometano (µg/L)	<1	<1	<1	<1				
Tetracloroetano 1,1,2,2 (µg/L)	<1	<1	<1	<1				
Tetracloroetilene (µg/L)	<1	<1	<1	<1				
Tetracloruro di carbonio (µg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1				
Tricloroetano 1,1,1 (µg/L)	<3	<3	<3	<3				
Tricloroetano 1,1,2 (µg/L)	<2	<2	<2	<2				
Tricloroetilene (µg/L)	<1	<1	<1	<1				
Triclorometano (µg/L)	<1	<1	<1	<1				
Alachlor (µg/L)	<0,01	<0,01						
AMPA	<0,1	ND	ND	<0,1				
Atrazina (µg/L)	<0,01	<0,01	0,03	ND	ND	0,01	ND	0,01
Atrazina-desetil (µg/L)	<0,02	<0,02			ND	<0,02	ND	<0,02
Atrazina-desisopropil (µg/L)	<0,02	<0,02			ND	<0,02	ND	<0,02
Bentazone (µg/L)	0,13	0,13	0,15	ND	ND	0,32	ND	0,16
Bromacil (µg/L)	<0,02	<0,02						
Carbendazim (µg/L)	<0,1	<0,1						
Diclorobenzammide 2,6 (µg/L)	<0,02	<0,02						
Diuron (µg/L)	0,1	0,1						
Metalxil (µg/L)	0,1	0,1						
Metolachlor (µg/L)	<0,01	<0,01			ND	<0,01	ND	<0,01
Molinate (µg/L)	<0,01	<0,01			ND	<0,01	ND	<0,01
Glifosate (µg/L)			ND	<0,1				
Oxadiazon (µg/L)	<0,1	<0,1						
Pendimetalin (µg/L)	<0,1	<0,1						
Propanil (µg/L)	<0,01	<0,01			ND	<0,01	ND	<0,02
Propazina (µg/L)	<0,01	<0,01						
Simazina (µg/L)					ND	<0,01	ND	<0,02
Terbutilazina (µg/L)	<0,01	<0,01			ND	<0,01	ND	<0,02
Terbutilazina desetil (µg/L)	<0,02	<0,02			ND	<0,02	ND	<0,02
Trifluralin (µg/L)	<0,01	<0,01						
Somma fitofarmaci (µg/L)	0,13	ND			ND	0,32	ND	0,16
Benzene (µg/L)	ND	<1						
Etilbenzene (µg/L)	ND	<5						
Isopropilbenzene (µg/L)	ND	<5						
Toluene (µg/L)	ND	<5						
Xilene (somma isomeri) (µg/L)	ND	<5						
Azoto Kjeldahl	0,14	ND						

**Comune di Torre Beretti e Castellaro**

**PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**

**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA**

(ai sensi dell'art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005 - D.G.R. N. VIII/1566 del 22.12.2005 - D.G.R. N. VIII/7374 del 28.05.2008)

## **2.9 - Attività sismica ed elementi neotettonici e strutturali, con cenni sulla sismicità del territorio comunale definizione della pericolosità sismica locale**

Sulla base del D.M. del 5 marzo 1984 (“Dichiarazione di sismicità di alcune zone della Regione Lombardia”), riguardante l’aggiornamento delle zone sismiche della regione, il Comune di Torre Beretti e Castellaro non rientrava tra quelli classificati come sismici e quindi assoggettati (ai sensi della L. n. 64/74) alla specifica normativa nazionale emanata in merito alle norme tecniche relative alle costruzioni sismiche (D.M. 3 marzo 1975, D.M. 3 giugno 1981, D.M. 19 giugno 1984, D.M. 29 gennaio 1985, D.M. 26 gennaio 1986 e D.M. 16 gennaio 1996).

E’ stata poi effettuata una riclassificazione sismica dell’intero territorio italiano, a seguito degli eventi tellurici anche di una certa gravità che si sono abbattuti recentemente sul nostro paese in zone non classificate come sismiche (Ordinanza n. 3274 del 20/03/2003 del Presidente del Consiglio dei Ministri, pubblicato sulla G.U. n. 105, S.o.n. 72 del 08/05/2003 “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*”). Con D.P.C.M. 21 ottobre 2003 sono state approvate anche le disposizioni attuative dell’art. 2, commi 2, 3 e 4, dell’ordinanza citata. L’Ordinanza n. 3274/2003 è entrata in vigore, per gli aspetti riguardanti la classificazione sismica, dal 25 ottobre 2005.

In particolare, il Comune di Torre Beretti e Castellaro, secondo le disposizioni della classificazione di cui sopra, ricade in **zona sismica 4** (quella a minor grado di sismicità; definita come “bassa sismicità”).

Dal punto di vista della normativa tecnica associata alla nuova classificazione sismica, dal 1 luglio 2009 è in vigore il **D.M. 14/01/2008** “*Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni*”, pubblicato con Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008, che sostituisce il precedente D.M. 14/09/05.

L’azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite viene definita partendo dalla “*pericolosità di base*” del sito di costruzione, che rappresenta l’elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell’azione sismica. Con l’entrata in vigore del D.M. 14/01/2008 la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio “*sito dipendente*” e non più tramite un criterio “*zona dipendente*”.

Le nuove normative hanno introdotto l’uso di coefficienti per la determinazione dello spettro elastico di risposta che dipendono dalla classificazione dei suoli, per la definizione dell’azione sismica di progetto, in 5 categorie principali (dalla A alla E) a cui ne sono aggiunte altre 2 (S1 ed S2 per le quali sono richiesti studi speciali per definire l’azione sismica da considerare), distinte sulla base del parametro Vs30, o in alternativa del valore di NSPT o cu.

Da dati bibliografici disponibili, l’ambito territoriale in cui ricade il Comune di Torre Beretti e Castellaro risulta caratterizzato da eventi sismici piuttosto sporadici e di intensità massima rilevata dell’ordine del VI° - VII° della scala Mercalli (v. “*Carta sismica d’Italia per il periodo 1893 - 1965 con le aree di massima intensità*” alla scala 1:1.000.000 a cura di E. Iaccarino per il Comitato Nazionale Energia Nucleare - Gruppo Attività Minerarie; Boschi E., Favali P., Scalera G. & Smeriglio G. (1995) - Massima intensità macrosismica risentita in Italia. Carta scala 1:1.500.000, Istituto Nazionale di Geofisica).

Analisi più recenti (“*Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani*” - Dipartimento della Protezione Civile - Molin & al. - 1996), portano ad informazioni analoghe, dato che includono la zona in studio tra le aree di classe C rappresentate da Comuni in cui l’intensità massima dei sismi non ha superato in passato il VI° grado della scala MCS.

Nella riclassificazione sismica dell’intero territorio italiano, (Ordinanza n. 3274 del 20/03/2003), il territorio in esame, come già detto, ricade in zona sismica 4 (quella a minor grado di sismicità; definita come “bassa sismicità”), dove l’accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g) è inferiore a 0,05 (rispetto a 0,05÷0,15, 0,15÷0,25 e >0,25 rispettivamente per le zone 3, 2 ed 1) e l’accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (ag/g) è fissato pari a 0,05 (rispetto a 0,15, 0,25 e 0,35 rispettivamente per le zone 3, 2 ed 1).

Per quel che attiene all’aspetto sismotettonico, la zona di studio ricade in un ambito caratterizzato (M.S. Barbano et al., 1982) da uno spessore crostale dell’ordine dei 25-30 Km e da una sismicità bassa. Infatti, in tale porzione della Lombardia, l’attività sismica è da considerarsi ovunque scarsa.

Dal punto di vista neotettonico il territorio in esame si colloca all’interno di una vasta area caratterizzata da un notevole spessore di depositi alluvionali, che è stata interessata in passato da fenomeni di abbassamento continui e moderati nel Pliocene e in parte nel Pleistocene inferiore, a cui sono succeduti fenomeni di debole sollevamento (Ambrosetti P., Bosi C., Carraro F., Ciaranfi N., Panizza M., Papani G., Vezzani L. & Zanferrari A. (1983) - Neotectonic map of Italy. C.N.R. P.F.G. sott. Neotettonica, 6 Tavv.).

## **2.10 - Definizione della pericolosità sismica locale (PSL)**

Si è, quindi, provveduto ad analizzare le problematiche inerenti la sismicità locale ed a predisporre la “Carta della pericolosità sismica locale” (v. **TAV. 9**).

In funzione delle condizioni morfologiche del territorio comunale è stato possibile individuare i seguenti scenari di pericolosità sismica locale:

- **Z2**: Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale), tali da far prevedere potenziali cedimenti e/o liquefazioni
- **Z4a**: Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi, tale da far prevedere potenziali effetti sismici di amplificazioni litologiche e geometriche

Nelle zone sismiche 4 l’analisi pianificatoria di 2° livello è prevista nelle aree **PSL Z3 e Z4** solo nel caso di edifici strategici e rilevanti (ai sensi della DGR 14964/2003 e D.d.u.o. 21/11/2003, n. 19904) e di costruzioni, il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l’ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

Nelle zone **PSL Z2** dovrà essere applicata, a livello progettuale, l’analisi di 3° livello (caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica tramite indagini e analisi più approfondite) nel caso di

edifici strategici e rilevanti (ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008, della D.G.R. n.14964 del 7 novembre 2003 e del D.D.U.O. n.19904 del 21 novembre 2003) e di costruzioni, il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

<i>SIGLA</i>	<i>SCENARIO DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>	<i>Classe di PERICOLOSITA' SISMICA</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti		H2 – livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana		
<b>Z2</b>	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni	H2 – livello di approfondimento 3°
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche	H2 – livello di approfondimento 2°
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo: appuntite-arrotondate		
<b>Z4a</b>	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche	H2 – livello di approfondimento 2°
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre		
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)		
Z4d	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale		
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali	H2 – livello di approfondimento 3°

Scenari di pericolosità sismica locale.

### 3 - FASE DI SINTESI E VALUTAZIONE

Come già anticipato in premessa la fase di sintesi e valutazione è stata condotta attraverso una valutazione incrociata degli elementi analitici raccolti, che ha permesso di interpretare il territorio in funzione degli attuali e prevedibili livelli di integrità, valore, rischio, vulnerabilità e degrado. Sono inoltre stati considerate le limitazioni d'uso del territorio in merito agli aspetti prettamente geologici derivanti da normative e piani sovraordinati. Dall'interpretazione integrata dei dati ed elaborazioni effettuate, il territorio comunale è stato quindi suddiviso in aree omogenee contraddistinte da peculiari condizioni morfologiche, litologiche, idrogeologiche, idrauliche e geotecniche. Tali informazioni sono riportate cartograficamente nella seguente tavola:

**TAV. 8** Carta dei vincoli (scala 1:10.000)

**TAV. 10** Carta di sintesi (scala 1:10.000)

Nella Carta dei vincoli, alla quale si rimanda per i dettagli, sono riportati i seguenti elementi:

- Aree protette: Sito di Importanza Comunitaria (SIC) e Zona a Protezione Speciale (ZPS).
- Vincoli di tutela del paesaggio:
  - emergenze naturalistiche - Tutelate ai sensi dell'art. 34.1-9 delle NTA del PTCP di Pavia (DCP n. 53/33382 del 7-11-03);
  - aree di elevato contenuto naturalistico - Tutelate ai sensi dell'art. 34.10-20 delle NTA del PTCP di Pavia (DCP n. 53/33382 del 7-11-2003);
  - aree di consolidamento dei caratteri naturalistici - Tutelate ai sensi NTA del PTCP di Pavia (DCP n. 53/33382 del 7-11-03)N
  - aree di consolidamento dell'attività agricola e dei caratteri connotativi - Tutelate ai sensi NTA del PTCP di Pavia (DCP n. 53/33382 del 7-11-03);
  - aree di riqualificazione e ricomposizione della trama naturalistica - Tutelate ai sensi NTA del PTCP di Pavia (DCP n. 53/33382 del 7-11-03);
  - ambiti unitari (Piano fondamentale della lomellina) - Tutelati ai sensi NTA del PTCP di Pavia (DCP n. 53/33382 del 7-11-03);
  - fiumi, torrenti e corsi d'acqua (rispetto 150m dai corsi d'acqua principali) tutelati ai sensi dell'art. 142, comma 1, lettera C, del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i.;
  - foreste e boschi (individuati in base alla definizione delle leggi vigenti) tutelati ai sensi dell'art. 142, comma 1, lettera G, del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i.;
  - argini maestri del Fiume Po tutelati ai sensi del DLgs 42/2004 e S.M.I.;
  - territori contermini ai laghi tutelati ai sensi del DLgs 42/2004 e S.M.I.;
  - vincoli di tutela derivanti dalla Rete Ecologica Regionale (RER) (ai sensi della Delibera n. 8/10962 del 30-12-2009), quali elementi di primo e secondo livello, corridoi regionali e varchi.
- Vincoli relativi alle zone di rispetto del sistema delle acque:
  - fascia interdotta all'edificazione compresa nella distanza di 4 m dalla scarpata dei corsi d'acqua principali (rif. art. 133 R.D.L. n. 523/1904 "Testo unico delle leggi sulle opere idrauliche" e successive disposizioni regionali in materia);

- fascia interdotta alla realizzazione dei lavori e degli atti di cui all' art. 133 R.D.L. n. 523/1904 "Testo unico delle leggi sulle opere idrauliche") compresa nella distanza di 4 m dal ciglio di scarpata sommitale dei corsi d'acqua secondari;
- fasce fluviali PAI ai sensi della L. n. 183/1989 approvate con DCPM del 8/8/01 e s.m.i.;
- zona di rispetto dei pozzi ad uso acquedottistico (200m) (ex art. 21 D.Lgs. 152/99 e s.m.i.).

Nella Carta di sintesi, ai sensi dei criteri attuativi della L.R. 12/05, sono state rappresentate le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che le genera.

Di seguito vengono elencate le aree riscontrate nel contesto territoriale, a seguito dell'analisi litologica, geomorfologica e litotecnica condotta:

- **Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche:**
  - Aree prevalentemente limose con limitata capacità portante (spessori 0,60-0,80m).
- **Aree vulnerabili da punto di vista idraulico:**
  - Aree adiacenti a corsi d'acqua definita sul reticolo idrico principale (a) e secondario(b) di cui alla R.D.L. n.523/1904.
  - Fasce fluviali PAI ai sensi della legge n 183/1989 approvate con DCPM del 8/8/01 e s.m.i..
  - Area soggetta ad esondazione per piena duecentennale.
- **Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico:**
  - Area interessata da fontanili

#### 4 - FASE DI PROPOSTA

La Carte di fattibilità geologica per le azioni di piano, TAV. 11, è stata redatta su rilievo aerofotogrammetrico comunale.

##### 4.1 - Considerazioni e prescrizioni di carattere generale

Le indicazioni in merito alla fattibilità geologica, sono state formulate in riferimento a quanto indicato nelle norme di cui al **D.M. 14 gennaio 2008** “*Norme tecniche per le costruzioni*”. Lo studio di progetto da produrre ai sensi del D.M. citato dovrà presentare analisi originali e critiche dei presenti elaborati geologici ed idonea documentazione relativa all’adempimento delle prescrizioni ivi contenute, che dovranno essere valutati a livello comunale nella fase istruttoria della pratica (in sede di presentazione dei Piani Attuativi ex L.R. 12/2005, art. 14 e s.m.i. o di richiesta del permesso di costruire ex L.R. 12/2005, art. 38 e s.m.i.). I risultati delle prove geognostiche e geotecniche eseguite, localizzate su adeguata cartografia, dovranno essere allegati in un apposito elaborato al fine della predisposizione della Banca Dati Geologica Comunale.

Tutti gli elaborati dovranno essere firmati da tecnico abilitato. Nella documentazione di progetto dovrà essere verificata la compatibilità dell’intervento in relazione sia alla sicurezza dell’intervento stesso, sia considerando le situazioni presenti o prevedibili al contorno. Le indagini sito-specifiche devono comunque essere effettuate preliminarmente ad ogni intervento edificatorio (in quanto propedeutiche alla pianificazione dell’intervento ed alla progettazione stessa) e non sono in ogni caso sostitutivi ma integrano e specificano, in funzione delle peculiarità locali, quelli previsti dal D.M. citato. Le indicazioni qui fornite in merito all’edificabilità si riferiscono a costruzioni di non particolare mole e complessità strutturale.

Sono fatte salve in ogni caso le disposizioni più restrittive di quelle qui indicate contenute nelle leggi dello Stato e della Regione, negli strumenti di pianificazione sovracomunale e in altri piani di tutela del territorio e dell’ambiente. In caso di discrepanza, si applicano le norme più restrittive e/o cautelative.

Per le definizioni delle classi di fattibilità secondo la D.G.R. 28 maggio 2008, n. VIII/7374 si rimanda alle Norme Geologiche per le azioni di Piano.

Giugno 2011



**Dott. Geol. Manuel Elleboro**  
n. iscr. Ordine Geologi Piemonte 585

**Dott. Geol. Paola Sala**  
n. iscr. Ordine Geologi Lombardia 1237