

giovanni bassi, geologo, via donatori di sangue 13, 26029 soncino (cr)
tel. e fax 0374 85486, e_mail: bassi.geologo@gmail.com

Regione Lombardia

COMUNI DELLE TERRE DEI NAVIGLI

**(Azzanello, Cappella Cantone, Casalbuttano ed Uniti, Castelvisconti,
Cumignano sul Naviglio, Genivolta, Paderno Ponchielli, Soresina, Trigolo)**

Provincia di Cremona

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

*(L.R. 11.3.05 N.12, art. 57, D.G.R. 22.12.05 N. 8/1566, Criteri attuativi,
Componente geologica, idrogeologica e sismica e ss. mm. e ii.)*

Zona sismica 4

RELAZIONE GEOLOGICA GENERALE



**IL GEOLOGO
DOTT . GIOVANNI BASSI
LUGLIO 2008**

Collaboratore: Dott. Ph.D. Marco Rinaldi

INDICE

PREMESSA	pag. 4
-----------------------	---------------

PARTE PRIMA: STUDI D'INQUADRAMENTO

CAPITOLO 1: ASPETTI GENERALI.	pag. 5
---	---------------

- 1.1 La formazione della Pianura Padana.
- 1.2 Metodologia

CAPITOLO 2: GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	pag. 7
---	---------------

- 2.1 Inquadramento geologico e geomorfologico e idrogeologico generale
- 2.2 Inquadramento tettonico generale
- 2.3 Inquadramento geografico e geomorfologico dell'area di studio
- 2.4 Caratteristiche geologiche ed elementi pedologici
- 2.5 Caratteristiche geopedologiche.
 - 2.5.1 Alfisuoli.
 - 2.5.2 Inceptisuoli.
 - 2.5.2 Entisuoli.

CAPITOLO TERZO: IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA	pag. 28
---	----------------

- 3.1 Pozzi pubblici.

CAPITOLO QUARTO: GEOTECNICA E PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE ...	pag. 35
---	----------------

- 4.1 Analisi geotecnica.
- 4.2 Analisi sismica.

PARTE SECONDA: SINTESI E VALUTAZIONE

CAPITOLO QUINTO: VINCOLI	pag. 39
---------------------------------------	----------------

- 5.1 Vincoli.

CAPITOLO SESTO: SINTESI	pag. 40
--------------------------------------	----------------

- 6.1 Generalità.
- 6.2 Vulnerabilità idrogeologica.
 - 6.2.1 Metodologia.

PARTE TERZA: PROPOSTA

CAPITOLO SETTIMO: FATTIBILITA' GEOLOGICA	pag. 47
---	----------------

- 7.1 Generalità.
- 7.2 Fattibilità geologica e delle azioni di piano.

BIBLIOGRAFIA	pag. 50
---------------------------	----------------

APPENDICE: Climatologia	pag. 51
--------------------------------------	----------------

ALLEGATI:

Allegato 1A-(Foglio nord): Carta geologico-geomorfologica con elementi di pedologia, 1:15.000.

Allegato 1B-(Foglio sud): Carta geologico-geomorfologica con elementi di pedologia, 1:15.000.

Allegato 1C: sezioni geomorfologiche

Allegato 2A-(Foglio nord): Carta idrogeologica, 1:15.000.

Allegato 2B-(Foglio sud): Carta idrogeologica, 1:15.000.

Allegato 2C-2D: sezioni idrogeologiche.

Allegato 3A-(Foglio nord): Carta dei vincoli di natura geologica, 1:15000.

Allegato 3B-(Foglio sud): Carta dei vincoli di natura geologica, 1:15000.

Allegato 3C-(Genivolta, Azzanello, Castelvisconti, Casalbuttano ed Uniti): Carta dei vincoli di natura geologica, 1:5000.

Allegato 3D-(Cumignano S/N, Cappella Cantone, Trigolo, Soresina): Carta dei vincoli di natura geologica, 1:5.000.

Allegato 3E: elenco delle rogge.

Allegato 4A-(Foglio nord): Carta della vulnerabilità idrogeologica, 1:15.000.

Allegato 4B-(Foglio sud): Carta della vulnerabilità idrogeologica, 1:15.000.

Allegato 5A-(Foglio nord): Carta geotecnica e di Pericolosità Sismica Locale, 1:15.000.

Allegato 5B-(Foglio sud): Carta geotecnica e di Pericolosità Sismica Locale, 1:15.000.

Allegato 6A-(Foglio nord): Carta di sintesi, 1:15.000.

Allegato 6B-(Foglio sud): Carta di sintesi, 1:5.000.

Allegato 6C-(Genivolta, Azzanello, Castelvisconti, Casalbuttano ed Uniti): Carta di sintesi, 1:5000.

Allegato 6D-(Cumignano S/N, Cappella Cantone, Trigolo, Soresina): Carta di sintesi, 1:5000.

Allegato 7A-(Foglio nord): Carta di fattibilità delle azioni di piano, 1:15.000.

Allegato 7B-(Foglio sud): Carta di fattibilità delle azioni di piano, 1:15.000.

Allegato 7C: Carta di fattibilità delle azioni di piano, 1:10.000.

Allegato 7D: Carta di fattibilità delle azioni di piano, 1:10.000.

Allegato 7E: Carta di fattibilità delle azioni di piano, 1:10.000.

Allegato 7F: Carta di fattibilità delle azioni di piano, 1:10.000.

Allegato 7G: Carta di fattibilità delle azioni di piano, 1:10.000.

Allegato 7H-(Genivolta, Azzanello, Castelvisconti, Casalbuttano ed Uniti): Carta di fattibilità delle azioni di piano, 1:5000.

Allegato 7I-(Cumignano S/N, Cappella Cantone, Trigolo, Soresina): Carta di fattibilità delle azioni di piano, 1:5000.

Allegato 7L: tabella sinottica riassuntiva.

Allegato 8: Schede pozzi.

Allegato 9: Rapporto geofisico.

Allegato 10: Indagini geognostiche

PREMESSA

Lo studio che qui segue assolve a quanto indicato dalla Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12, art. 57, “Legge per il Governo del Territorio”, che sostituisce la precedente Legge Regionale 24.11.97 n. 41, art. 12, seguendo i criteri attuativi indicati nella D.G.R. 22.12.05 N.8/1566 e aggiornati con D.G.R.L. 28.05.08 N. 8/7374 (Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia 12.06.08 n. 24 – 2 S.S.).

La base cartografica, adottata per le carte tematiche alla scala 1:15000, è la Carta Tecnica della Regione Lombardia (CTR), alla scala 1:10.000, edizione 1994, sezioni: C6c4, C6c5, C6d4, C6d5, C6e5, C7c1, C7c2, C7c3, C7c4, C7d1, C7d2, C7d3, C7d4, C7e1, C7e2, C7e3, C7e4. Per le carte tematiche di dettaglio è stata utilizzata, come base cartografica, la Carta Tecnica della Regione Lombardia (CTR) ridotta alla scala 1:5000.

Lo Studio Geologico suddivide il territorio comunale nelle “Classi di fattibilità geologica e delle azioni di piano” e detta le “Norme Geologiche di Attuazione” che costituiscono il collegamento con la pianificazione urbanistica comunale.

Inoltre, seguendo le direttive della L.R. 11.03.05 n. 12, art. 57, si forniscono ed indicano:

- indirizzi, metodologie e linee guida da seguire per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica (in seguito alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale);
- definizione delle aree a vulnerabilità idraulica e idrogeologica con le relative norme d'uso;
- indicazioni per l'aggiornamento del quadro delle conoscenze geologiche del comune a supporto della pianificazione;
- aspetti coerenti e confrontabili tra gli strumenti di pianificazione comunale e quella sovraordinata (PTCP e PAI).

PARTE PRIMA: STUDI D'INQUADRAMENTO

Si sviluppano, nella prima parte del lavoro, le componenti geologica, geomorfologica ed idrogeologica e si affronta la pericolosità sismica locale e la geotecnica.

CAPITOLO 1: ASPETTI GEOLOGICI GENERALI

Gli aspetti di geologia generale e regionale, riguardanti il territorio in discussione, sono qui di seguito riassunti

1.1 La formazione della Pianura Padana

La formazione e l'evoluzione della Pianura Padana di cui fa parte la pianura cremasca e cremonese è dovuta principalmente all'orogenesi alpina prima e successivamente all'orogenesi appenninica, costituendo inizialmente l'avanfossa del sistema alpino e poi di quello appenninico (fig. 1). L'avanfossa che si formò in corrispondenza dell'attuale Pianura Padana presenta un profilo asimmetrico con sedimenti che possono raggiungere anche 7000 m di spessore. Dal Pliocene (circa 7 milioni di anni fa) fino ad oggi la depressione rappresentata dall'avanfossa è stata gradualmente colmata dalla deposizione di sedimenti sia marini che continentali che si sono accumulati su un substrato miocenico continentale, caratterizzato da una monoclina pedealpina regionale che si estende dal margine alpino a nord fino alla base della catena appenninica a sud.

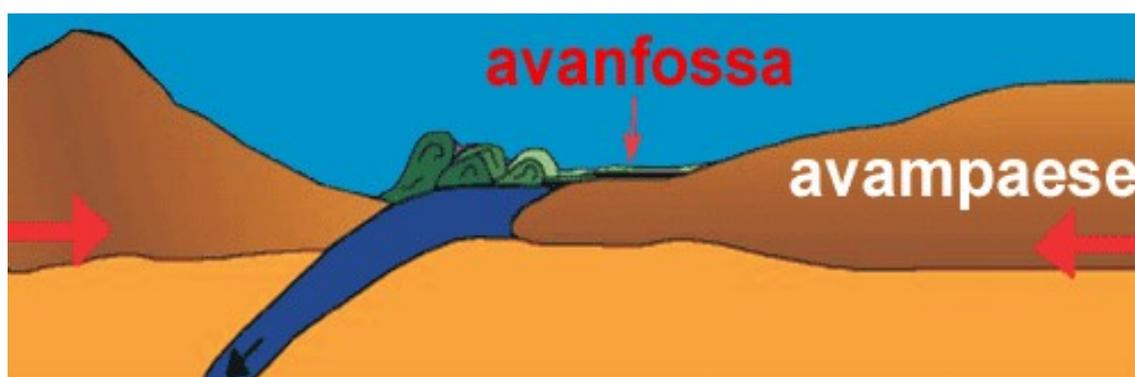


Figura 1 - Rappresentazione dell'avanfossa padana in riferimento al sistema appenninico in cui la placca europea (avampaese) viene subdotta dalla placca africana per un movimento compressivo delle zolle.

L'attività dei fiumi presenti nel settore di pianura padana cremonese è la principale causa della formazione dell'ambiente attuale con significativi condizionamenti dovuti alle glaciazioni ed ai fenomeni di subsidenza differenziale in corrispondenza di sinclinali e anticlinali sepolte. La porzione di pianura lombarda, in cui si colloca il territorio in esame, nel suo assetto attuale, è il risultato dell'azione di numerosi corsi d'acqua che hanno, in successivi tempi geologici e storici, apportato e asportato sedimenti fluviali sul bacino marino costiero, soggetto a fenomeni di subsidenza, che occupava l'odierna pianura padana. In particolare la gran parte dei depositi superficiali affioranti è il prodotto dell'attività fluviale, successiva all'ultima glaciazione wurmiana che si concluse circa 30000 anni fa. Lo scioglimento dei ghiacciai, liberando una gran quantità d'acqua in tempi geologicamente brevi (a partire dal Pleistocene superiore, 160000 anni fa, con il Pleniglaciale, Lascaux e Dryas I, epoche post wurmiane) ha comportato l'erosione dei grandi corpi morenici, precedentemente messi in posto dall'attività dei ghiacciai; i materiali erosi a monte o in prossimità dei depositi morenici, furono depositati a valle. Durante questa fase si è

venuto costituendo il complesso sedimentario chiamato “Livello Fondamentale della Pianura” o “Piano Generale Terrazzato”, che occupa, oggi, gran parte della pianura padana. Questa formazione è caratterizzata da un ambiente deposizionale ad energia decrescente dalla zona di erosione (anfiteatri morenici e valli alpine) alle zone di deposizione; per tale ragione il LFP è caratterizzato da sedimenti gradualmente più fini, procedendo dal piede dei rilievi (Prealpi ed Appennini) verso il corso attuale del Po e, lungo il corso del fiume, verso la sua foce. Al compimento della fase immediatamente postglaciale, è seguita una fase erosiva che ha portato alla formazione di importanti valli fluviali quali la valle del Po e quelle dei suoi principali affluenti che hanno contribuito alla fisiografia dell’area (Adda, Serio, Oglio). Queste valli sono delimitate da orli di terrazzo morfologico che possono raggiungere dislivelli fino a 10 m, al piede dei quali si trovano terrazzi secondari intermedi che indicano un altro, più limitato, ciclo di erosione - deposizione, interposto fra la fase deposizionale postglaciale e la fase erosiva attuale testimoniata dal corso attuale dei fiumi. Per comprendere l’assetto attuale della pianura bisogna considerare che nella fase intermedia, erano in attività corsi d’acqua oggi estinti o molto ridimensionati che hanno dato luogo a significative valli fluviali che sono ben più monumentali rispetto all’entità dei corsi d’acqua che oggi vi scorrono, ma che hanno lasciato segno del loro passaggio nei sedimenti deposti anche parecchi km di distanza dagli alvei attuali.

1.2 Metodologie

La presente indagine è basata, in via preliminare, sull’esame dei diversi documenti e dati di carattere geologico, geomorfologico e pedologico disponibili (vedi la Bibliografia). In una fase successiva si è provveduto ad eseguire l’indagine geomorfologica di dettaglio così articolata:

- analisi foto-interpretativa di immagini aeree ortofotografie (risoluzione spaziale 1m) e di immagini satellitari (Digital Globe, map data 2007 Teleatlas);
- analisi morfometrica su base cartografica (C.T.R. della Regione Lombardia, alla scala 1:10.000) e attraverso l’utilizzo del modello digitale del terreno (TAV. D), finalizzata all’individuazione delle variazioni altimetriche e di forme difficilmente apprezzabili in fase di foto-interpretazione;
- analisi delle carte geologiche d’Italia (1:100000, MICA, 1969), della carta geomorfologica della Pianura Padana (1:250000, MIUR, 1997);
- rilevamento geologico e geomorfologico, e controlli diretti sul terreno, estesi all’intera area oggetto dell’indagine.

Inoltre l’utilizzo di metodologie GIS (*Geographic Information System*) ha permesso di effettuare confronti ed elaborazione dei dati geologici, pedologici, idrogeologici ed altimetrici a disposizione.

CAPITOLO 2: GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

2.1 Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico generale

Per l'**analisi geologica preliminare** sono stati consultati i seguenti lavori:
Servizio Geologico d'Italia, Carta Geologica d'Italia, 1969, scala 1:100.000, Foglio 46 Treviglio, Foglio 47 Brescia, Foglio 60, Piacenza e Foglio 61 Cremona (e relative note illustrative).

L'osservazione delle carte geologiche del territorio in esame, permette di identificare la presenza di due formazioni Quaternarie, una più antica appartenente al Pleistocene superiore (**f^w**) (Würm tra 75000 e 10000 anni fa) ed una più recente appartenente all'Olocene medio-superiore (**a²**) (Optimum climatico da 10000 anni fa ad oggi). Le due formazioni vengono così descritte:

Fluviale würmiano (fg^w), costituito da alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, prevalentemente sabbiose, con lenti limose e sottili livelli ghiaiosi e con strato di alterazione superficiale di debole spessore, generalmente brunastro, talora rossastro per dilavamento di depositi preesistenti a monte. Esso forma l'esteso livello fondamentale della pianura (L.F.P.), con alte scarpate lungo i corsi d'acqua principali;

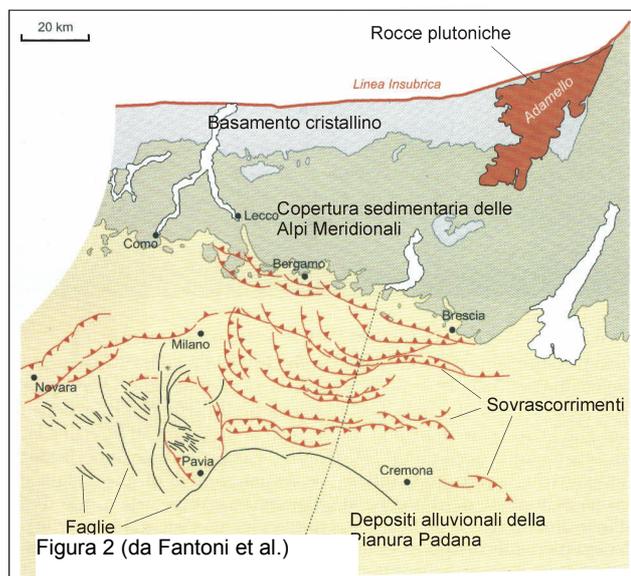
Alluvioni medio-recenti (a²), affioranti nelle valli del Serio Morto e del fiume Oglio sono costituite da depositi limosi, localmente sabbiosi e ghiaiosi anche attualmente esondabili.

Alluvioni antiche (a¹), affioranti tra i comuni di Genivolta ed Azzanello costituiscono il terrazzo intermedio della Valle del Fiume Oglio e sono costituiti da Alluvioni sabbioso-ghiaiose ed argilloso-limose, post-glaciali.

Per l'**analisi geomorfologia e pedologica preliminare** è stata consultata la "Carta Geomorfologia della Pianura Padana" (scala 1:250.000), secondo la quale il territorio in esame, ricade per la maggior parte, come già accennato nell'analisi geologica preliminare, nel sistema della piana di alluvionamento würmiano, che costituisce il Livello Fondamentale della Pianura (L.F.P.), formato dai depositi fluvio-glaciali e fluviali pleistocenici legati al colmamento alluvionale del bacino padano durante l'ultima glaciazione quaternaria. Il territorio delle Terre dei Navigli rientra in un tratto di pianura alluvionale caratterizzata da sedimenti superficiali prevalentemente sabbiosi con una coltre di alterazione superficiale, che può arrivare anche ad un metro di potenza, diffusa in prevalenza sulle zone morfologicamente più rilevate ed antiche del L.F.P. (Livello Fondamentale della Pianura). Tuttavia, in corrispondenza dei 3 assi drenanti principali rappresentati dalla Valle del Serio Morto, dalla Valle del Morbasco e dalla Valle del Fiume Oglio, si individuano litologie più grossolane. In particolare la Valle del Fiume Oglio è caratterizzata da depositi prevalentemente ghiaiosi in corrispondenza del comune di Genivolta, mentre andando verso sud, nel comune di Azzanello, si ritrovano altresì sedimenti più sabbiosi, soprattutto a ridosso dell'orlo di terrazzo principale. Parimenti, nel settore occidentale del comune di Cappella Cantone, la Valle del Serio Morto è costituita da terreni prevalentemente ghiaiosi, che passano a sabbie in prossimità del terrazzo morfologico principale.

2.2 Inquadramento tettonico generale

L'assetto tettonico del basamento terziario al di sotto della copertura alluvionale quaternaria, è caratterizzato da complesse strutture messe in evidenza dalle ricerche petrolifere. La fig. 2 riporta la posizione e l'andamento delle pieghe e sovrascorrimenti alpini ed appenninici sepolti al di sotto della Pianura Padana, individuati durante la ricerca di idrocarburi, mediante la sismica a riflessione.



Le strutture presentano un'orientamento ONO-ESE, caratterizzate da ripetuti fenomeni di ondulazione assiale (fig.2, fig. 3a-b, fig.4). A questi sistemi di pieghe e sovrascorrimenti sono inoltre associate numerose faglie longitudinali, che in alcuni casi, hanno dato luogo alla formazione di dorsali e fosse tettoniche. La comparsa di tali strutture è riferibile ad una fase tettonica di età pliocenica media, dal momento che i sedimenti più recenti coinvolti nella deformazione raggiungono a luoghi il Pliocene medio-superiore (circa 2 milioni di anni fa) e le strutture stesse sono ricoperte in discordanza dai sedimenti plio-pleistocenici marini. Le strutture in questione, e in particolare le faglie, possono essersi comunque mantenute attive anche in epoche successive, condizionando la sedimentazione della sovrastante coltre quaternaria o dislocandone i termini più antichi (pre-würmiani). Questi movimenti tettonici recenti sono testimoniati da lembi di depositi fluviali del Riss, che emergono, a guisa di piatti isolotti, dalle circostanti alluvioni würmiane, lungo gli assi di alcune strutture positive del substrato (zone di Romanengo, Volongo, Torre de Picenardi Tigozzi (Braga et alii, 1976)). Studi recenti (Burrato et al., 2001) dimostrano che l'attività tettonica (sollevamenti e abbassamenti) di alcune di queste importanti strutture sepolte può influenzare l'andamento dell'idrografia superficiale, estremamente sensibile ai cambiamenti dei gradienti topografici indotti dall'attività tettonica. Sebbene gran parte di queste strutture sono sede di deformazioni continue ed essenzialmente asismiche, è comunque possibile che alcune di esse, oltre ad essere attive, siano anche sismogenetiche. Questa considerazione nasce dal fatto che esistono evidenti correlazioni tra la presenza di anomalie idrografiche superficiali, indotte dalle strutture sepolte, e importanti terremoti storici (terremoto di Soncino del 1802) localizzati in queste zone.

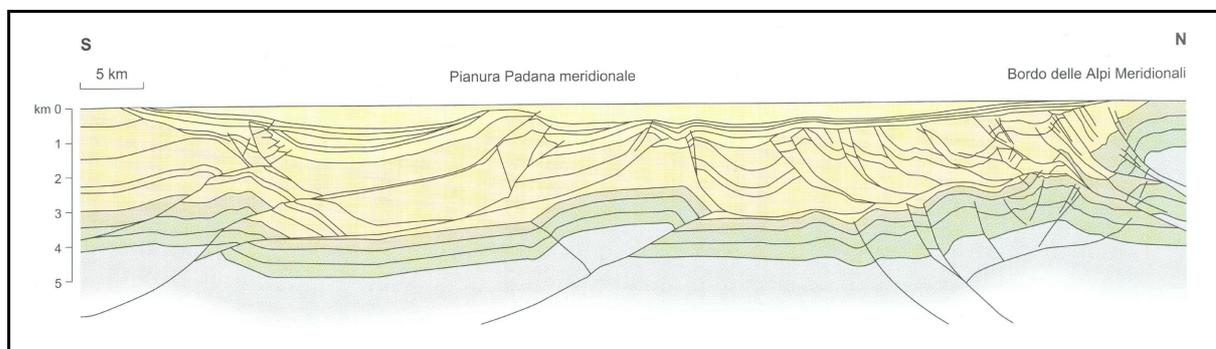


Figura 3a – Sezione geologica interpretativa desunta da dati sismici (Fantoni et al., 2000)

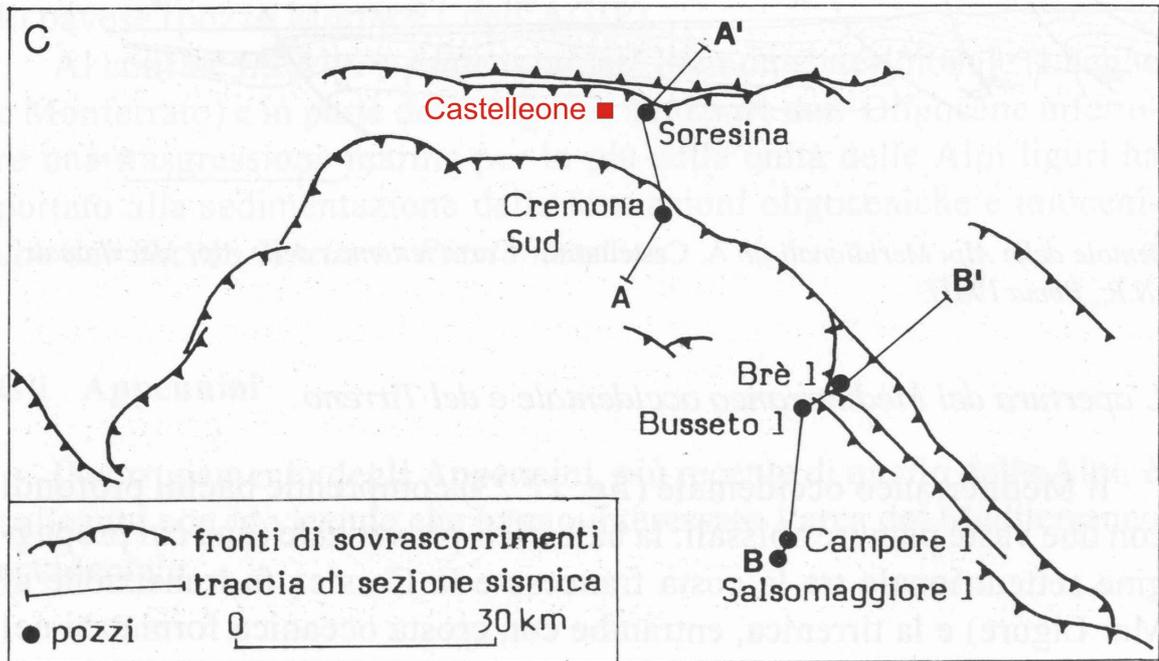


Fig. 3b Ubicazione dei tracciati di alcune sezioni sismiche attraverso la Pianura Padana (AGIP s.p.a.).

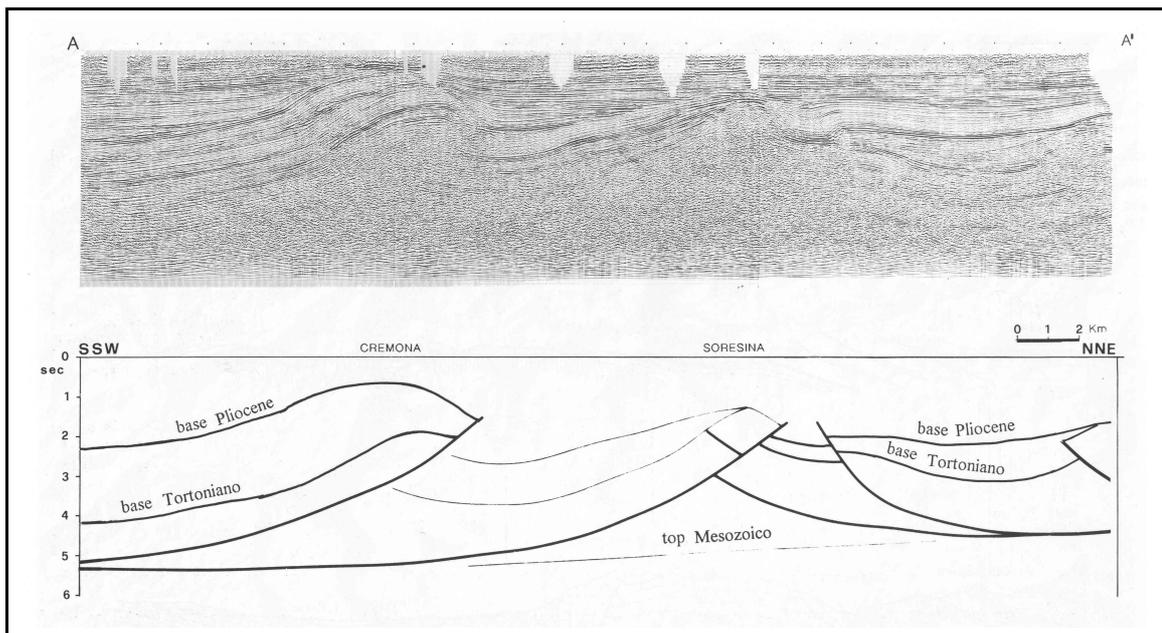


Fig. 4 Sezione sismica A-A' presso Cremona in cui sono evidenti alcuni sistemi a pieghe e sovrascorrimenti, tipiche del basamento terziario del sottosuolo della Pianura Padana (AGIP s.p.a.).

Per l'**analisi idrografica e idrogeologica preliminare** sono stati consultati i seguenti lavori:

- Braga G. et alii, 1976, Indagine preliminare sulle falde acquifere profonde della porzione di Pianura Padana compresa nelle province di Brescia, Cremona, Milano, Piacenza, Pavia e Alessandria, CNR;
- Francani V. et alii, 1992, Studio idrogeologico della provincia di Cremona, quaderni di tecniche di protezione ambientale, Pitagora Editrice Bologna.
- Regione Lombardia, Eni Divisione Agip, 2002. Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia, a cura di C. Carcano e A. Piccin S.EL.CA. (Firenze).
- Provincia di Cremona, a cura di M. Cremonini Bianchi, Piano Territoriale Paesistico, 1988;
- Provincia di Cremona, Settore Ambiente, Università degli Studi di Milano, "Realizzazione di un modello preliminare del flusso idrico nel sistema acquifero della provincia di Cremona", 2007.

Il territorio in esame si inserisce, all'interno del bacino idrografico del fiume Adda e del fiume Oglio presente nella porzione di provincia in cui sono inseriti i Comuni delle Terre dei Navigli. I principali assi drenanti presenti nell'area di studio sono costituiti principalmente dalla Valle del Serio Morto ad ovest e dalla Valle del Fiume Oglio ad est. In misura minore la Valle del Morbasco costituisce anch'esso un'asse drenante, soprattutto nella porzione settentrionale dell'area di studio. Da ciò, risulta un andamento del flusso della falda orientato in direzione NNO-SSE nella maggior parte del territorio, con una marcata deviazione verso E, fortemente influenzato dall'asse drenante del fiume Oglio,

Il gradiente idraulico medio, misurato per l'acquifero freatico, è 0.2%, in accordo con i valori medi di questo settore di pianura.

Nello studio eseguito dalla Regione Lombardia in collaborazione con Eni Divisione Agip (2002), vengono riconosciute e cartografate quattro Unità Idrostratigrafiche Sequenziali (UIS) (fig. 5), definite informalmente come gruppo Acquifero A, B, C, D, separate da barriere impermeabili ad estensione regionale. Nel settore di pianura in esame il limite tra i Gruppi Acquiferi A e B viene segnalato a quote prossime a - 60 m s.l.m., mentre i Gruppi Acquiferi C e D, date le grandi profondità raggiunte, sono di scarso interesse per il presente lavoro. Il Gruppo Acquifero A, è in generale caratterizzato da sedimentazione grossolana, ed è considerato ad elevato rischio d'inquinamento mentre il Gruppo Acquifero B è caratterizzato da depositi di ambiente con minore energia e dalla presenza di falde artesiane maggiormente protette dall'inquinamento di superficie.

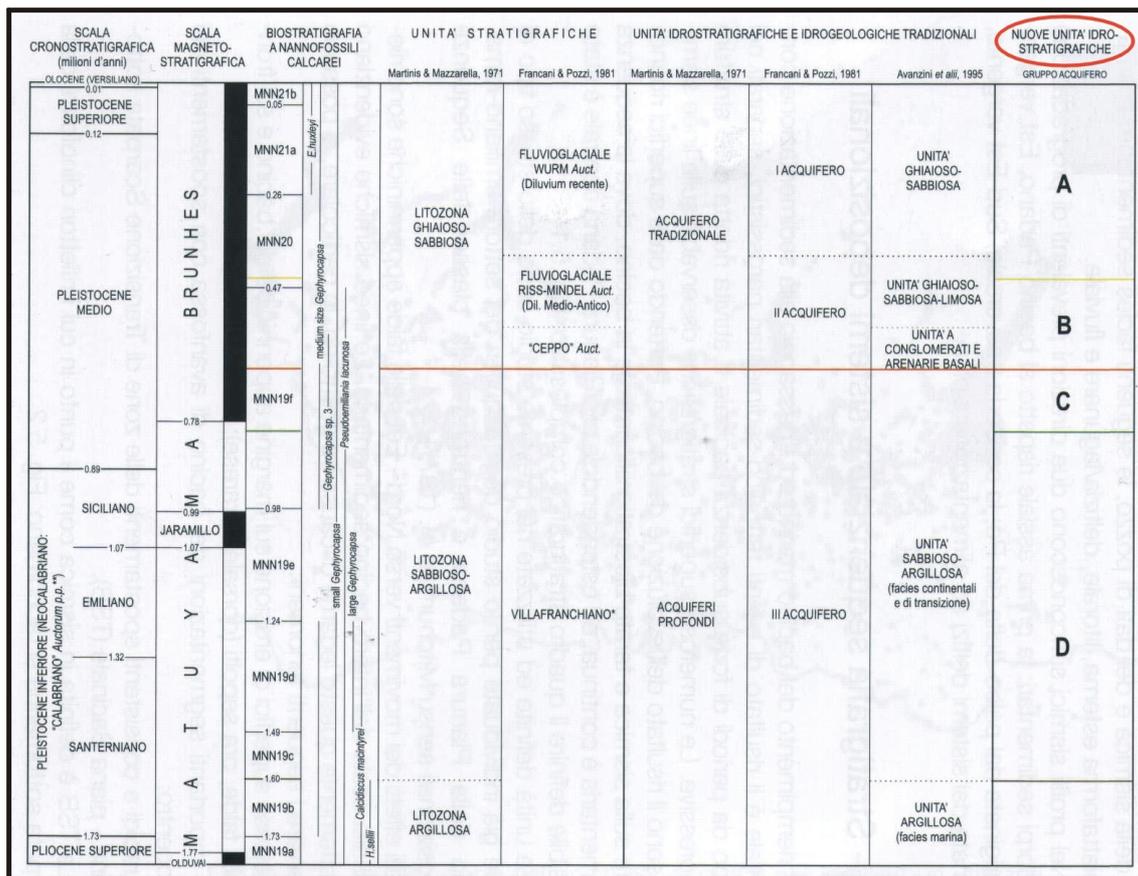


Fig. 5. Schema dei rapporti stratigrafici con evidenziate le “Nuove Unità Idrostratigrafiche” (da Regione Lombardia, Eni Divisione Agip, 2002).

In realtà il modello idrogeologico di riferimento, nell'area in esame, ricostruito sulla base dei dati a disposizione, è caratterizzato da variazioni di spessori della Litozona superficiale individuata. Ciò è chiaramente legato alla presenza di paleoalvei (ad es. Valle del Morbasco). Nella Litozona Superficiale è evidente una maggiore componente ghiaioso-sabbiosa, intercalata a strati sabbiosi e argillosi di spessore da decimetrico a metrico. La struttura del sottosuolo profondo, in particolare della Litozona Profonda si presenta infatti abbastanza omogenea, con una netta prevalenza di depositi di argille, spesso compatte, anche di notevole spessore, intercalati a livelli sabbiosi potenti da qualche metro fino a 10-15 m. Rari i livelli sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi. Queste caratteristiche sono evidenti in tutte le sezioni geologiche (Allegati 2C e 2D).

2.3 Inquadramento geografico e geomorfologico dell'area di studio

I Comuni oggetto di studio (Azzanello, Cappella Cantone, Casalbuttano ed Uniti, Castelvisconti, Cumignano sul Naviglio, Genivolta, Paderno Ponchielli, Soresina e Trigolo) ricoprono una vasta area limitata a nord dai comuni di Romanengo e Soncino, ad est dal Fiume Oglio, a sud dai comuni di Grumello Cremonese e Castelveverde (e più internamente dal comune di Annicco) e ad ovest dai comuni di Salvirola, Fiesco, Castelleone e San Bassano.

L'area di studio, pur essendo inquadrata all'interno di un ambiente di pianura, ricopre un'area caratterizzata da un'eterogeneità fisiografica e morfologica significativa e testimone della stretta relazione tra tettonica recente e morfologia (morfo-tettonica) (Burrato et al., 2000; Fantoni et al., 2004).

Il modello tridimensionale dell'area (fig. 6) mette in evidenza gli elementi morfologici ed idrografici principali che contraddistinguono l'area; passando da ovest ad est il territorio delle Terre dei Navigli è solcato da valli fluviali antiche ed attuali. In particolare da ovest andando verso est si incontrano:

- la Valle del Serio Morto, attualmente sovradimensionata rispetto al corso d'acqua che vi scorre ed il cui terrazzo fluviale in sinistra orografica interessa principalmente il comune di Cappella Cantone;
- la Valle del Morbasco (o Valle dei Navigli), che si diparte a sud del comune di Genivolta e prosegue a direzione circa N-S e lambisce i comuni di Soresina e Casalmorano, fino ad arrivare al comune di Annicco, dove prosegue in direzione O-E nel comune di Paderno Ponchielli, per riprendere nuovamente un andamento N-S in corrispondenza del limite comunale tra Paderno Ponchielli e Casalbuttano ed Uniti;
- la Valle del Fiume Oglio, le cui alluvioni occupano i comuni di Genivolta, Azzanello e Castelvisconti. In corrispondenza del comune di Genivolta il corso del Fiume Oglio, avente una direzione N-S, subisce un'importante deviazione fluviale verso SE. Tale deviazione è probabilmente legata alla morfo-tettonica dell'area, caratterizzata da fonti di sovrascorrimento sepolti e riattivati in tempi geologici recenti (Fantoni et al., 2004).

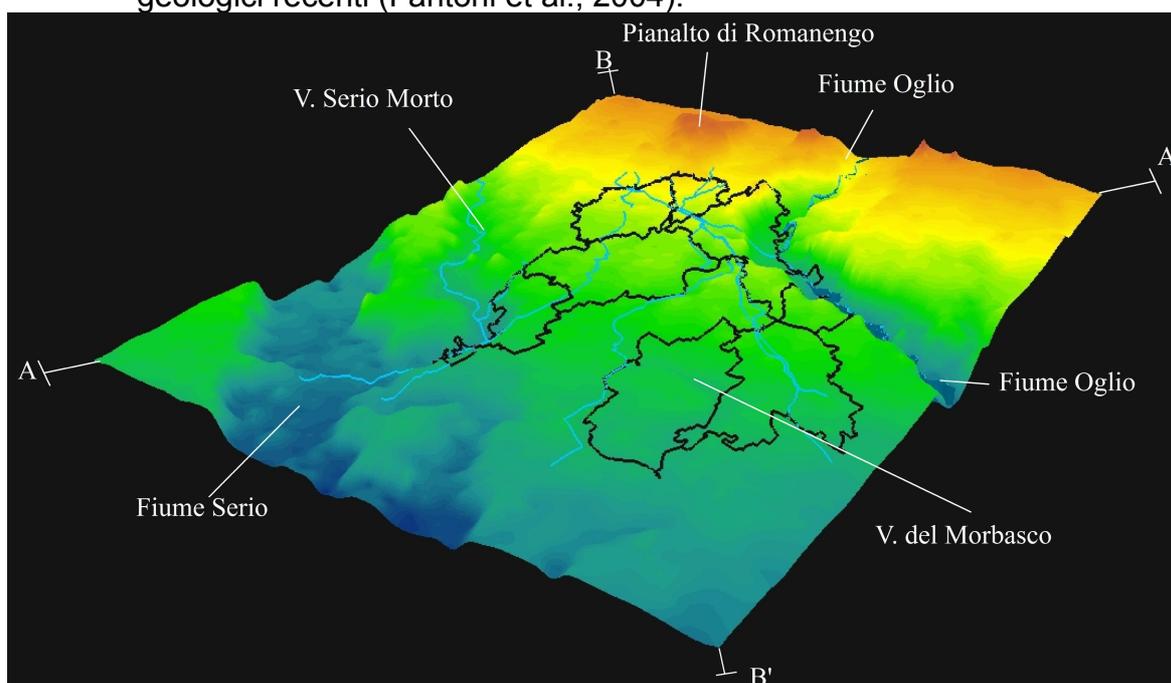


Figura 6 – Modello tridimensionale dell'area di studio (la linea nera corrisponde ai limiti dei comuni studiati)

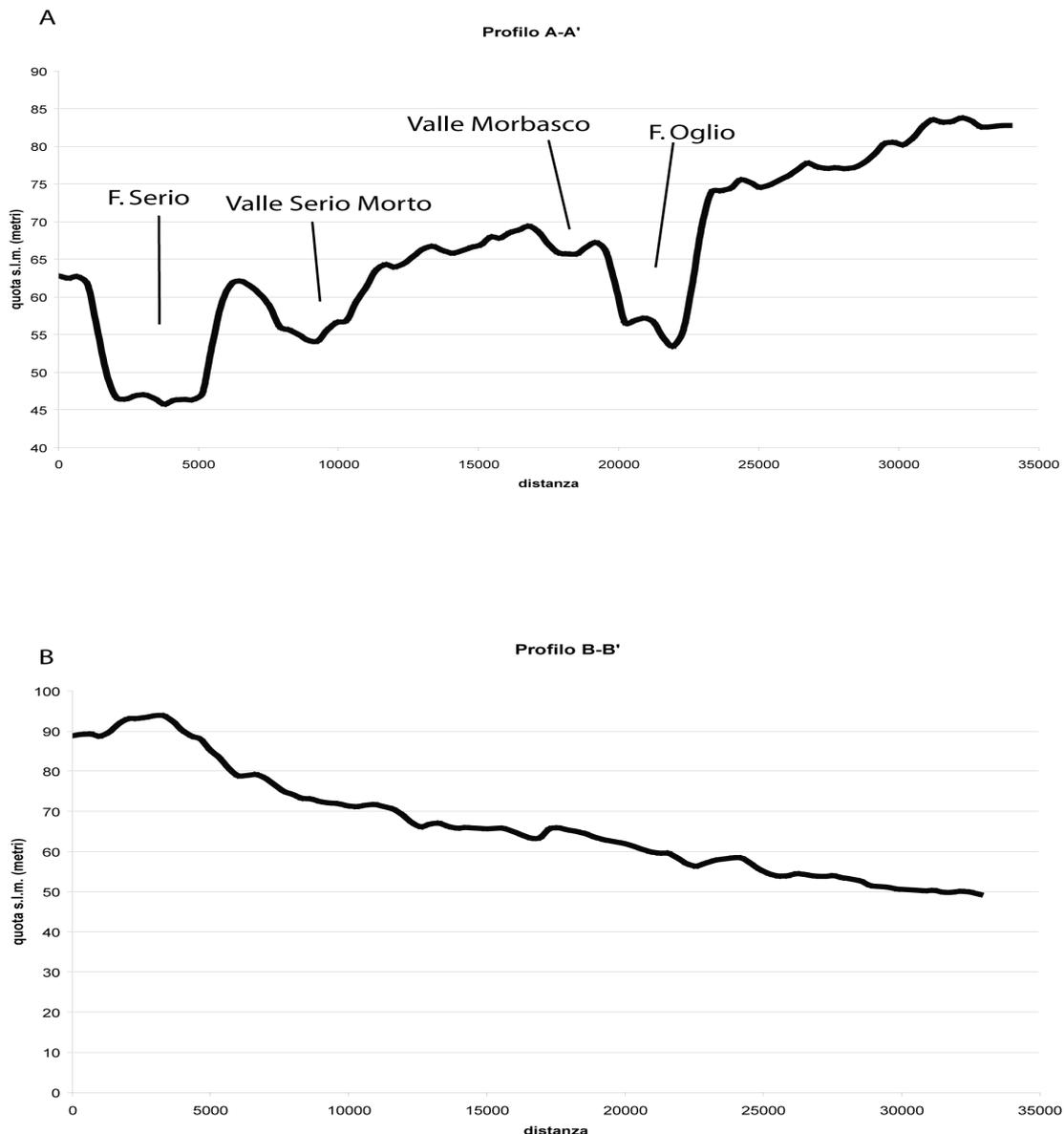


Figura 7 – A) Profilo topografico NE-SO passante per l'area di studio; B) profilo NNO-SSE relativo all'area di studio (traccia delle sezioni in fig. 2)

Il profilo topografico eseguito sul modello digitale del terreno, realizzato interpolando i punti quotati riportati sulla C.T.R., mette in evidenza le differenze morfologiche esistenti tra le valli sopra elencate (fig. 7A). Tali differenze sono probabilmente dovute ad attività fluviali caratterizzate da un potenziale ed un tempo di erosione ben differenti. In particolare, è ben visibile la posizione sospesa della valle del Morbasco rispetto alle adiacenti valli del Serio Morto e del Fiume Oglio (si veda anche l' Allegato 1C). Le valli sopra elencate presentano caratteristiche di attività diverse tra loro e per questo l'area si presenta litologicamente differente per ambienti fluviali differenti.

Il profilo topografico a direzione NNO-SSE (fig. 7B) mette invece in evidenza una percettibile diminuzione di pendenza passando dai settori più settentrionali verso meridione. La carta Geomorfologia del territorio (allegato 1A) giustifica tale variazione di pendenza, individuando nella porzione a nord di Genivolta una morfologia fluviale relitta di tipo "braided" e tipica di un ambiente di energia medio-alta, in accordo con una maggiore pendenza. Viceversa proseguendo verso sud, con un netto

cambiamento, l'andamento diventa meandriforme e quindi a più bassa energia. Queste caratteristiche permettono di ipotizzare un'influenza tettonica significativa.

2.4 Caratteristiche geologiche-geomorfologiche

Per l'analisi geomorfologia e pedologica dell'area sono stati consultati i seguenti lavori:

- Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica (MIUR), 1997, Carta Geomorfologia della Pianura Padana, scala 1:250.000;
- ERSAL, Provincia di Cremona, 2002, "I suoli della pianura cremasca, carta pedologica";
- ERSAL, Provincia di Cremona, 2000, I suoli della pianura cremonese centrale. Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica, 1997, Carta Geomorfologia della Pianura Padana, scala 1:250.000.

Il territorio occupato dai comuni delle Terre dei Navigli che sono oggetto di questo lavoro è situato a cavallo tra la pianura cremasca e cremonese. Nell'area affiorano, principalmente depositi sciolti di origine fluvio-glaciale, articolati secondo l'assetto tipico dei terrazzi incassati. Il ripiano morfologico più esteso è quello riferibile alla glaciazione wurmiana (Pleistocene Superiore), che assume significativamente il nome di "Livello Fondamentale della Pianura" ed è caratterizzato da una marcata regolarità piano altimetrica. Tale superficie sub-orizzontale risulta solcata da alcune depressioni a fondo piatto che sono sede (o lo sono state in tempi geologicamente assai recenti) degli alvei fluviali dei principali corsi d'acqua. Esse rappresentano le "valli fluviali di pianura" dei corsi d'acqua che ospitano, si sono formate in età olocenica e sono individuate da un sistema di scarpate fluviali convergenti con altezza variabile. Inoltre la porzione settentrionale dell'area è caratterizzata da intensi fenomeni di idromorfismo, in cui affiorano le unità geomorfologiche appartenenti al sottosistema LQ (Cumignano S/N e Genivolta), oltre ad un limitato lembo appartenente al sottosistema LG, il quale rappresenta l'"alta pianura ghiaiosa".

Si distinguono quindi i seguenti sistemi principali:

- Il **Livello Fondamentale della Pianura** (L.F.d.P), con il sottosistema della bassa pianura sabbiosa (LF);
- Il **Livello Fondamentale della Pianura** (L.F.d.P), con il sottosistema della bassa pianura sabbiosa (LQ);
- Il **Livello Fondamentale della Pianura** (L.F.d.P), con il sottosistema della bassa pianura sabbiosa (LG);
- Le **Valli di pianura** dei maggiori fiumi, con i due sottosistemi delle alluvioni terrazzate (VT) e delle piane alluvionali attive (VA).

Sulla base di questa prima suddivisione, sono state individuate 13 unità morfologiche, caratterizzate da differente composizione litologica e pedologica.

Si descrivono di seguito le unità rilevate (vedi: Allegato 1A-1B, Carta Geologica e Geomorfologica con elementi di pedologia e Allegato 1C, Sezioni Geomorfologiche).

Sistema: VALLI DI PIANURA

Valli alluvionali corrispondenti ai piani di divagazione dei corsi d'acqua attivi o fossili, rappresentanti il reticolato idrografico olocenico.

a) Sottosistema: PIANE ALLUVIONALI ATTIVE (ALLUVIONI RECENTI)

Piane alluvionali inondabili con dinamica prevalentemente deposizionale, costituite da sedimenti recenti o attuali (Olocene recente ed attuale).

•**Unità VA6:** Superfici adiacenti ai corsi d'acqua ed isole fluviali inondabili durante gli eventi di piena ordinaria. Nelle piane di tracimazione ed a meandri coincidono con le "golene aperte"; nelle piane a canali intrecciati e rettilinei si identificano con gli alvei di piena a vegetazione naturale riparia. In questa unità si riconoscono i seguenti tipi di suoli:

U.C. 84 – Oxyaquic Udorthents, (coarse-loamy over sandy, mixed (calcareous), mesic), da poco profondi a profondi, limitati da substrati sabbiosi fortemente contrastanti, a tessitura da medio a grossolana con la profondità; PH è alcalino ed il contenuto in calcare moderato. Il drenaggio è mediocre, localmente buono. La permeabilità moderata. L'unità si estende lungo il corso dell'Oglio dal suo ingresso nell'area fino a Castelvisconti, dove il substrato ghiaioso diventa sabbioso scendendo lungo la valle dell'Oglio.

U.C. 87 – Typic Udorthents (sandy-skeletal, mixed, mesic), caratterizzati da substrato calcareo a profondità media, costituito da sabbie limose con ghiaia e soprastanti ghiaie con sabbie profondi, limitati da substrato scheletrico, a tessitura franco-sabbiosa, a reazione subacida, saturazione alta e scarsamente calcarei. Drenaggio moderatamente rapido e permeabilità moderatamente elevata. Sono tipici delle aree stabili, ubicate alle maggiori quote rispetto all'asta fluviale.

•**Unità VA8:** Superfici subpianeggianti corrispondenti alle piane alluvionali delle valli più incise, comprese tra i terrazzi antichi e le fasce maggiormente inondabili limitrofe ai corsi d'acqua, da cui sono generalmente separate da gradini morfologici. In questa unità si riconoscono i seguenti tipi di suoli:

U.C. 41 – Fluventic Ustochrepts, (fine-loamy, mixed, mesic) e Typic Ustochrepts, (loamy-skeletal, mixed, mesic), moderatamente profondi, limitati da substrato scheletrico, a tessitura franco-sabbiosa, a reazione sub-alcalina e scarsamente calcarei. Il drenaggio è moderatamente rapido e la permeabilità moderatamente elevata. Inoltre comprendono le zone di maggior quota altimetrica della valle del Serio Morto.

U.C. 44 – Typic Ustochrepts (loamy-skeletal mixed mesic), moderatamente profondi, limitati da substrato scheletrico, a tessitura franco-sabbiosa, a reazione subacida, saturazione alta e scarsamente calcarei. Drenaggio moderatamente rapido e permeabilità moderatamente elevata. Anch'essi sono tipici delle aree stabili, ubicate alle maggiori quote rispetto all'asta fluviale.

U.C. 48 – Fluventic Ustochrepts (coarse-loamy, mixed, mesic) e Typic Ustochrepts, (sandy-skeletal, mixed, mesic) profondi, tessitura franca, reazione sub alcalina, saturazione alta e moderatamente calcarei. Drenaggio buono e permeabilità moderata. Diffusi lungo la piana alluvionale del fiume Oglio nei pressi di Genivolta.

U.C. 52 – Typic Ustochrepts (sandy-skeletal, mixed, mesic) e Typic Ustipsamments (mixed, mesic). I primi sono molto sottili e limitati da substrato scheletrico a tessitura sabbioso-franca, reazione alcalina, saturazione alta e moderatamente calcarei. Il drenaggio è rapido e la permeabilità elevata. I secondi sono mediamente profondi, tessitura franco-sabbiosa, reazione alcalina, saturazione alta calcarei. Il drenaggio è moderatamente rapido e la permeabilità moderatamente elevata. Diffusi lungo la piana alluvionale del fiume Oglio nei pressi di Genivolta.

U.C. 73 – Aquic Eutrochrepts, (sandy-skeletal, mixed, mesic), da poco profondi a moderatamente profondi, limitati da orizzonti a scheletro abbondante, talvolta permanentemente idromorfi. La tessitura è franco-sabbiosa e sono scarsamente calcarei nel solum e alcalini. Il drenaggio è generalmente lento ed a volte mediocre. E' possibile la presenza di un orizzonte mollico superficiale. La permeabilità è moderata.

Sono caratteristici della piana alluvionale dell'Oglio compresa tra Azzanello e Castelvisconti.

U.C. 75 – Fluvaquentic Eutrochrepts (coarse-loamy, mixed, mesic), profondi, su sabbie con limo ed idromorfe, scheletro scheletro scarso o assente e tessitura media o moderatamente grossolana; da non calcarei a calcarei ed alcalini Il drenaggio è mediocre, localmente buono e la permeabilità moderata. Le delinearzioni più importanti si trovano a N di Azzanello.

U.C. 80 – Thapto Histic Fluvaquents (coarse-loamy, mixed, mesic), da poco profondi a profondi, limitati da forte idromorfia o dalla falda oscillante. La tessitura è franco-sabbiosa o franca. Il drenaggio è lento, solo localmente molto lento; la permeabilità medio-bassa. Le delinearzioni sono tutte di limitate dimensioni, ubicate nella valle dell'Oglio.

b) **Sottosistema: VALLI ALLUVIONALI TERRAZZATE (ALLUVIONI MEDIO-ANTICHE)**

Superfici terrazzate costituite da “alluvioni antiche o medie”, delimitate da scarpate d'erosione e variamente rilevate sulle piane alluvionali (Olocene antico).

●**Unità VT1:** 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. L'unità è costituita dai seguenti tipi di suoli:

U.C. 32 – Aquic Ustochrepts (fine-loamy over sandy-skeletal mixed mesic), moderatamente profondi, limitati da substrato scheletrico, a tessitura franca (sabbiosa oltre 80 cm), a reazione alcalina, saturazione alta e calcarei. Drenaggio buono e permeabilità moderata;

U.C. 33 – Aquic Ustochrepts (fine-loamy over sandy-skeletal, mixed,mesic), moderatamente profondi, limitati da substrato scheletrico, a tessitura franca (franco-sabbiosa oltre 80 cm), a reazione alcalina, saturazione alta e calcarei. Drenaggio buono e permeabilità moderata. E' localizzata nel comune di Genivolta, in corrispondenza della valle dei Navigli;

U.C. 34 - Ultic Haplustalfs (loamy-skeletal, mixed, mesic), moderatamente profondi (90 cm), limitati da substrato scheletrico, a tessitura franco-sabbiosa, a reazione da subacida a moltoalcalina, saturazione media, da non calcarei a molto calcarei. Il drenaggio buono e permeabilità moderata. Tale unità è presente nel comune di Cumignano S/N in corrispondenza di cascina Dosso Stalluzzo;

U.C. 35 – Aquic Haplustalfs (fine-loamy over sandy-skeletal mixed mesic), moderatamente profondi, limitati da substrato sabbioso o scheletrico, a tessitura franca, a reazione sub alcalina e saturazione alta. Drenaggio buono e permeabilità moderata. ' localizzata a nord di Cumignano S/N e Genivolta;

U.C. 48 – Udic Haplustalfs (coarse-loamy,mixed, mesic), molto profondi, non calcarei, limitati da substrato franco-sabbioso (in alcuni casi franca), sabbioso o sabbioso-franco in profondità. Presentano reazione neutra o subalcalina e saturazione alta. Il drenaggio è buono e permeabilità moderatamente elevata. Si trovano nel comune di Castelvisconti;

U.C. 49 – Ultic Haplustalfs (fine-loamy, mixed, mesic), profondi o molto profondi, non calcarei, a tessitura franco-sabbiosa fino ad 1 metro e sabbiosa al di sotto. Il PH è da subacido a neutro. Il drenaggio è buono e permeabilità moderatamente elevata. Sono localizzati a SE di Genivolta e lungo il terrazzo fluviale medio compreso tra Azzanello e Castelvisconti;

U.C. 53 – Udic Haplustalfs (coarse-loamy, mixed, mesic), da profondi o molto profondi, scheletro da assente a comune, a tessitura da media a moderatamente grossolana. Scarsamente calcarei fino ad 1 metro e neutri. Il drenaggio è buono e a volte mediocre con permeabilità moderata. Sono localizzati nel comune di Cappella Cantone, in corrispondenza della valle di Serio Morto;

U.C. 54 – Udic Udic Haplustalfs (fine-loamy over sandy, mixed, mesic) e Oxyaquic Haplustalfs (fine-loamy, mixed, mesic), i primi da moderatamente profondi a profondi e costituiscono una fase leggermente più grossolana ad elevato drenaggio, senza scheletro e meno calcarea dei suoli dell'U.C. 34. I secondi sono denaturati e tessitura media fino a 70 cm, ph neutro e la falda oscillante intorno a 150 cm. Il drenaggio è quindi mediocre con permeabilità moderatamente bassa. Sono localizzati tra Casalbuttano e Paderno Ponchielli (Valle dei Navigli).

•**Unità VT2:** Terrazzi fluviali subpianeggianti condizionati da un drenaggio lento, causato dal ristagno e dal deflusso di acque provenienti da superfici più rilevate. Coincidono spesso con paleoalvei, conche e depressioni. L'unità è costituita dai seguenti tipi di suoli:

U.C. 37 – Mollic Ustifluvents (loamy-skeletal, mixed (calcareous), mesic), moderatamente profondi (80cm) limitati da substrato scheletro a tessitura franco-sabbiosa a reazione subalcalina. La saturazione è alta e sono moderatamente calcarei. Il drenaggio moderatamente rapido e la permeabilità moderatamente rapida. Sono localizzati nella porzione meridionale del comune di Genivolta, in corrispondenza della valle dei Navigli;

U.C. 58 – Oxyaquic Haplustalfs (coarse-loamy, mixed, mesic) e Aquic Haplustalfs (fine-loamy, mixed, mesic). I primi sono profondi su sabbia in falda e presentano tessitura franco-sabbiosa con ph neutro o subalcalino. Generalmente il suolo non è calcareo ma può presentare un valore di calcare <10%. Il drenaggio è mediocre per la presenza della falda. I secondi sono meno sviluppati e con falda più alta e moderatamente profondi con scheletro generalmente scarso e tessitura franco-sabbiosa. Tali suoli sono da subacidi a subalcalini e non calcarei. Il drenaggio è lento e localmente mediocre. La permeabilità è moderata per entrambe le tipologie di suolo;

U.C. 60 – Aquic Ustochrepts (coarse-loamy over sandy, mixed, mesic), profondi o moderatamente profondi a tessitura franca nel primo metro e sabbiosa al di sotto. Sono alcalini e calcarei, con drenaggio mediocre e permeabilità moderata. Sono localizzati nel comune di Cappella Cantone (S. Maria dei Sabbioni), in corrispondenza della valle del Serio Morto;

U.C. 63 – Thapto Histic Fluvaquents, (coarse-loamy, mixed, mesic), da poco profondi a profondi, limitati da orizzonti idromorfi o dalla falda oscillante, a tessitura da moderatamente grossolana a media con orizzonti organici in profondità. Sono alcalini o subalcalini in superficie e subalcalini in profondità. Il drenaggio è lento e la permeabilità è bassa. Costituiscono tre delimitazioni a ridosso del terrazzo della valle del Serio Morto a Cappella Cantone;

Sistema: LIVELLO FONDAMENTALE DELLA PIANURA

Piana fluvio-glaciale e fluviale costituente il livello fondamentale della pianura (L.F.d.P), formatasi per colmamento alluvionale durante l'ultima glaciazione würmiana.

a) Sottosistema: L.f.D.P. della BASSA PIANURA SABBIOSA

Porzione meridionale di pianura caratterizzata da aree sufficientemente stabili per la presenza di un'idrografia organizzata di tipo meandriforme; è costituita esclusivamente da sedimenti fluviali fini, privi di pietrosità in superficie e di scheletro nel suolo.

•**Unità LF6:** 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.

U.C. 3 – Ultic Haplustalfs, (coarse-loamy, mixed, mesic), molto profondi, con tessitura generalmente grossolana. In superficie sono parzialmente denaturati. Si tratta di superfici rilevate fino a 3 metri circa ed allungate in direzione E-O su substrati sabbiosi o sabbiosi con limo non calcarei. Il gradino morfologico tra LF e la valle rende la falda molto profonda. Il drenaggio è moderatamente rapido e la permeabilità medio-alta. Nell'area di studio tale unità è localizzata nel comune di Castelvisconti (SE-Cascina Alpina)

•**Unità LF5:** Superfici limitrofe ai principali solchi vallivi poco ribassate rispetto alla pianura (LF2), generate da antiche divagazioni di corsi d'acqua, delimitate da orli di terrazzo discontinui o raccordate alla superficie modale, talora dotate di pendenze molto basse. Si tratta di superfici per lo più sub-pianeggianti, poste al margine del L.F.d.P., in posizione altimetrica ribassata e non delimitate da dislivelli evidenti, con substrato sabbioso e liberamente drenante.

U.C. 31 – Typic Haplustalfs (coarse-loamy, mixed mesic), profondi 140 cm, con tessitura franco-sabbiosa con reazione subacida e calcarei con alta saturazione. Il drenaggio è buono e la permeabilità è moderatamente elevata. Nell'area di studio tale unità è localizzata nel comune di Genivolta (SE-valle dei Navigli);

U.C. 43 – Udic Haplustalfs (coarse-loamy, mixed), molto profondi a tessitura franco-sabbiosa con scheletro scarso. Il PH è neutro e sono non calcarei fino a 120 cm e calcarei al di sotto. Il drenaggio è buono e in alcuni casi moderatamente rapido e permeabilità moderata. Tale unità costituisce il terrazzo del fiume Oglio tra Azzanello e Castelvisconti e il terrazzo della valle del Serio Morto a Cappella Cantone;

U.C. 44 – Udic Haplustalfs (fine-loamy over sandy, mixed), da moderatamente profondi a profondi con scheletro scarso. La tessitura varia da moderatamente grossolana a grossolana e il PH da alcalino a subalcalino. I suoli sono da scarsamente calcarei a calcarei. Il drenaggio è buono con permeabilità media. Tale unità costituisce il terrazzo del fiume Oglio tra Azzanello e Castelvisconti e il terrazzo della valle del Serio Morto a sud di Cappella Cantone (ad est di Cascina dei Frati) e a sud di Paderno Ponchielli (Cascina Muzza);

•**Unità LF4:** Paleoalvei fossili o sovradimensionati rispetto ai corsi d'acqua che vi scorrono, delimitati da orli di terrazzo o raccordati alla pianura (LF2), spesso con drenaggio mediocre o lento. E' in genere costituita da aree allungate o lievemente depresse dolcemente raccordate alle superfici adiacenti, con substrato sabbioso o sabbioso-limoso. I suoli di questa unità, classificati come U.C.46 – Ultic Haplustalfs (fine-loamy, mixed, mesic), sono molto profondi, a tessitura da media a moderatamente fine in superficie (100cm) e franco-sabbiosa in profondità, a reazione a neutra, non calcarei fino a 2 metri. Il drenaggio è buono (talvolta mediocre e la permeabilità moderata. Localizzazione: Acqualonga Badona e Mirabello Ciria nella valle dei Navigli.

•**Unità LF3:** Depressioni di forma subcircolare a drenaggio mediocre o lento, con problemi di smaltimento esterno delle acque, talora con evidenze di fossi scolanti e baulature dei campi. Si riconoscono in questa unità superfici pianeggianti, lievemente depresse rispetto alle circostanti, caratterizzate da un fitto reticolo idrografico e da marcata idromorfia per falda in prossimità del piano di campagna.

I tipi di suolo presenti sono classificati come segue:

U.C. 28 – Typic Endoaqualfs (fine-loamy mixed mesic), è moderatamente profondo, limitato da falda o gley, a tessitura franca (sabbiosa oltre 115 cm), a reazione neutra,

saturazione alta, da non calcareo a scarsamente calcareo. Il drenaggio è lento e la permeabilità moderatamente bassa;

U.C. 29 – Aquic Haplustalfs (fine-loamy, mixed, mesic), moderatamente profondi, limitati da falda o clay, a tessitura franco-sabbiosa, a reazione subalcalina, saturazione alta, non. Il drenaggio è lento e la permeabilità moderata. Si trovano a nord del Comune di Trigolo;

U.C. 32 – Oxyaquic Haplustalfs (fine-silty, mixed, mesic), presentano uno spessore argillico di circa 50 cm; la tessitura è generalmente da franco-limosa a franco-argillosa e franco-sabbiosa in profondità. Sono da profondi a molto profondi, a reazione neutra.. Il drenaggio è mediocre e la permeabilità moderatamente bassa. Si trovano ad est di Ocasale (Cappella Cantone);

U.C. 33 – Oxyaquic Haplustalfs (fine-loamy, mixed, mesic), moderatamente profondi, a tessitura media, a reazione da neutra a subalcalina. Il drenaggio è mediocre e la permeabilità moderatamente bassa. Si trovano tra Annicco e S. Maria dei Sabbioni;

U.C. 34 – Oxyaquic Haplustalfs (fine-loamy, mixed, mesic), molto profondi a tessitura media a reazione da neutra a subalcalina e non calcarei in superficie, molto calcarei in profondità. Il drenaggio è mediocre e la permeabilità moderatamente bassa. Si trovano a sud di Casalbuttano ed Uniti (Campo del Ferro);

U.C. 35 – Aquic Haplustalfs (fine, montmorillonitic, mesic) e Oxyaquic Haplustalfs (fine-silty, mixed, mesic); I primi sono profondi su sabbia in falda con tessitura da media a moderatamente fine o fine in profondità. Il PH è neutro o subalcalino, non calcarei. I secondi da profondi a molto profondi, su substrato sabbioso con limo in falda e tessitura da media a moderatamente fine. Il ph è da neutro ad alcalino e non calcarei nel solum, calcarei in profondità. Entrambe le tipologie presentano un drenaggio mediocre ed una permeabilità da moderatamente bassa a bassa. Si trovano a sud di Soresina (Cascine Baldracco, Baldracchetto e Baldraccone);

U.C. 36 – Oxyaquic Haplustalfs (fine-silty, mixed, mesic), da profondi a molto profondi, a tessitura da franca a franco-argillosa. Si presentano subacidi e non calcarei fino ad 1 m, subalcalini e calcarei al di sotto. Il drenaggio è mediocre e la permeabilità moderatamente bassa. Si trovano ad ovest di Soresina;

U.C. 38 – Oxyaquic Haplustalfs (fine-silty, mixed, mesic), moderatamente profondi, limitati d orizzonti fortemente calcarei a tessitura media (franco-limosa). Si presentano subalcalini e non calcarei fino ad 1 m, fortemente calcarei e alcalini in profondità. Il drenaggio è mediocre e la permeabilità bassa. Si trovano a Casalbuttano ed Uniti (Casale Belvedere est);

•**Unità LF2:** Terrazzo principale con superficie modale stabile, pianeggiante o leggermente ondulata, intermedia tra le aree più rilevate (dossi) e depresse (conche e paleovalvei). Si tratta di superfici ben drenate e con substrato sabbioso. E' composta dai seguenti tipi di suoli:

U.C. 4 – Udic Haplustalfs, (coarse-loamy, mixed, mesic), molto profondi, con orizzonti Bt ben sviluppati ed arrossati e formazione di sottili lamelle di deposizione argillosa . Si sviluppano su substrato sabbioso con limo e presentano tessitura moderatamente grossolana. Il PH è neutro ed il drenaggio va da moderatamente rapido a buono e la permeabilità è elevata. Si trovano a Casalbuttano ed Uniti (Casale Belvedere);

U.C. 5 – Udic Haplustalfs (coarse-loamy, over sandy mixed, mesic) e Typic Ustipsamments (mixed, mesic); i primi sono moderatamente profondi, limitati da sabbia a tessitura moderatamente grossolana. Si presentano neutri ed il drenaggio è buono. I secondi hanno maggiore scheletro e ph tendente a subalcalino. Il drenaggio è moderatamente rapido e permeabilità medio-elevata. Si trovano a Soresina N (Castello W); Azzanello W (Il Fienile W); Soresina SW (Cascina Fornace-Cascina Olzanella); Paderno P. S (Cascina Camporiccia);

U.C. 6 – Udic Haplustalfts (fine-loamy,mixed, mesic), profondi privi di scheletro con tessitura da media (franca) a moderatamente grossolana. Si presentano neutri e non calcarei. Il drenaggio è buono e la permeabilità moderatamente bassa. Si trovano a Soresina sud (Cascina San Giuseppe- Cascina Serraglio); Casalmorano E-SE (Chiesa S.Stefano-Cascina Commenda); Paderno P. nord (Cascina Terranova) Paderno P. sud;

U.C. 7 – Udic Haplustalfts (coarse-loamy over sandy, mixed, mesic), da profondi a molto profondi, con scheletro scarso e tessitura franca o franco-sabbiosa (maggiormente argillosa in superficie). Si presentano neutri o subacidi; il drenaggio è da buono a mediocre e la permeabilità moderata. Si trovano Soresina nord (Cascina Baldissari-Cascina Casello); Azzanello ovest e sud (Cascina Fornace-Le Navazze); Casalbuttano nord (Palazzolo-Palazzo);

U.C. 8 – Ultic Haplustalfts (fine-loamy, mixed, mesic), desaturati a tessitura grossolana. Il drenaggio è da mediocre a buono e la permeabilità moderatamente bassa. Si trovano a Castelvisconti S; Casalbuttano N (Cascina Vedova);

U.C. 10 – Aquultic Haplustalfts (fine-silty, mixed, mesic), profondi e molto profondi non calcarei, limitati da substrato sabbioso e scheletro superficiale scarso. Presentano tessitura media e reazione neutra e talvolta alcalina in profondità. Il drenaggio è mediocre e la permeabilità moderatamente bassa. Si trovano a Soresina N (Cascina Baldissari-Cascina Casello); Azzanello W,SW e S (Cascina Fornace-Le Navazze); Casalbuttano N (Palazzolo-Palazzo);

U.C. 11 – Oxyaquic Haplustalfts (fine-silty, mixed, mesic), molto profondi, a tessitura da franco-limosa a franco-argillosa e limosa (franco-limosi in profondità). Si presentano alcalini in profondità e neutri in superficie, subalcalini e moderatamente calcarei. Il drenaggio è mediocre e la permeabilità moderatamente bassa. Si trovano a sud-ovest di Paderno Ponchielli (Brianda di sotto);

U.C. 12 – Udic Haplustalfts (fine-loamy, mixed, mesic), profondi, non idromorfi con drenaggio buono e permeabilità moderatamente bassa. Si trovano a sud di Casalbuttano (Campo del Pero);

U.C. 13 – Oxyaquic Haplustalfts (fine-silty, mixed, mesic), profondi su sabbie con evidenze di idromorfia e spesso in falda. Generalmente hanno uno scheletro scarso solo in superficie e tessitura da franca franco-sabbiosa (franco-argillosa in profondità). Si presentano neutri o subalcalini con drenaggio mediocre e permeabilità moderatamente bassa. Si trovano a Casalbuttano E-SE e S (Polengo);

U.C. 14 – Oxyaquic Haplustalfts (fine-silty, mixed, mesic), molto profondi, a tessitura da franco-limosa a franco-argillosa e limosa (franco-limosi in profondità). Si presentano alcalini in profondità e neutri in superficie, subalcalini e moderatamente calcarei. Il drenaggio è mediocre e la permeabilità moderatamente bassa. Si trovano ad est di Casalbuttano ed Uniti (loc. S.Vito);

U.C. 15 – Udic Haplustalfts (coarse-loamy, mixed, mesic), molto profondi, su sabbie a tessitura da media a moderatamente grossolana fino a 100cm e grossolana in profondità. Presentano pH neutro e drenaggio buono e permeabilità da moderata a moderatamente bassa. Si trovano a Casalmorano E; Azzanello S; Castelvisconti S-SE (Campagna);

U.C. 25 – Typic Haplustalfts (fine-silty, mixed, mesic), poco profondi o moderatamente profondi, a tessitura da franco-limosa a franco-argillosa con pH alcalino e drenaggio mediocre/buono e permeabilità moderatamente bassa. Si trovano a nord di Trigolo (tra Roggia Orfea e Roggia Agosta) e a sud di Trigolo;

•**Unità LF1:** Dossi isolati al centro della pianura a debole convessità ed ampio raggio di curvatura, spesso dolcemente raccordati con la superficie modale per l'assenza di significative incisioni operate da corsi d'acqua attivi o fossili. Sono aree ondulate o

subpianeggianti, di forma generalmente allungata, lievemente rilevate e con tracce di erosione idrica superficiale. Le due unità cartografiche presenti sono:

U.C. 1 – Udic Haplustalfts (coarse-loamy, mixed, mesic) e Typic Ustipsamments (mixed, mesic); entrambe le tipologie presentano suoli non calcarei fino a 2 metri con pH da neutro a subalcalino. Il drenaggio da rapido a moderatamente buono e permeabilità elevata. Si trovano a sud ovest di Soresina; a nord di Casalmorano N e ad ovest di Cumignano;

U.C. 24 – Typic Haplustalfts (coarse-loamy, mixed, mesic); molto profondi (oltre 200cm) con tessitura franco-sabbiosa a reazione neutra e non calcarei. Il drenaggio è buono e la permeabilità moderata. Si trovano in prossimità di Cascina Ochette, a sud ovest di Azzanello.

b) Sottosistema: LQ

Porzione centrale di pianura con intensi fenomeni di idromorfia, riconducibili all'emergenza delle risorgive e/o alla presenza di una falda sottosuperficiale, caratterizzate da variabile presenza di scheletro nel suolo e di pietrosità in superficie ("media pianura idromorfa").

•**Unità LQ1:** Superfici sub-pianeggianti interposte alle principali linee di flusso ed le zone più stabili, a drenaggio mediocre o lento. Comprendono anche le aree di transizione con l'alta pianura ghiaiosa. A questa unità geomorfologia si riferiscono i seguenti suoli:

U.C. 13 – Aquic Ustochrepts (coarse-loamy, mixed, mesic); poco profondi e limitati da orizzonti fortemente calcarei a tessitura franca e reazione alcalina. La saturazione è alta ed. il drenaggio è mediocre; la permeabilità moderatamente elevata. Tali suoli sono localizzati nel comune di Cumignano (Cascina Nuova);

•**Unità LQ3:** Superfici subpianeggianti interposte alle principali linee di flusso ed le zone più stabili, a drenaggio mediocre o lento. Comprendono anche le aree di transizione con l'alta pianura ghiaiosa. A questa unità geomorfologia si riferiscono i seguenti suoli:

U.C. 17 – Aquic Haplustalfts (fine-loamy over sandy-skeletal mixed, mesic); moderatamente profondi (90cm) e calcarei, limitati da substrato sabbioso o scheletrico a tessitura franca, reazione subalcalina. Il drenaggio è mediocre; la permeabilità moderatamente bassa. Tali suoli sono localizzati nel comune di Cumignano (Cascina Nuova).

c) Sottosistema: LG

Ampie conoidi ghiaiose a morfologia sub-pianeggiante o leggermente convessa, costituite da materiali fluvio-glaciali grossolani non alterati, comprese fra le superfici rilevate (rilievi montuosi, apparati morenici e terrazzi antichi) ed il limite superiore della fascia delle risorgive ("alta pianura ghiaiosa").

•**Unità LG1:** Superficie rappresentativa - modale - dell'"alta pianura ghiaiosa", a morfologia sub-pianeggiante e con evidenti tracce di paleo-idrografia a canali intrecciati (braided). In prossimità dei principali solchi vallivi la morfologia è caratterizzata da ampie ondulazioni. A questa unità geomorfologia si riferiscono i seguenti suoli:

U.C. 6 – Typic Haplustalfts (fine-loamy over sandy-skeletal mixed, mesic); moderatamente profondi (80cm) scarsamente calcarei, limitati da substrato scheletrico a tessitura franco-sabbiosa, reazione subalcalina. Il drenaggio è buono e la permeabilità moderata. Tali suoli sono localizzati nel comune Genivolta (Cascina Boffalora).

2.5 Caratteristiche geopedologiche.

Il territorio è caratterizzato da condizioni climatiche e geomorfologiche omogenee e da bassa energia del rilievo, pertanto i processi di formazione dei suoli sono stati principalmente influenzati dalla litologia dei substrati, dalla presenza d'acqua nel sottosuolo, dal tempo in cui hanno potuto agire i processi pedogenetici e dagli interventi antropici.

Sulle superfici che costituiscono il L.F.d.P. (LF) la pedogenesi ha potuto agire per tempi molto lunghi per cui sono presenti generalmente suoli evoluti appartenenti all'ordine degli Alfisuoli, poco influenzati dalle originarie differenze litologiche dei substrati (unità geomorfologiche LF1, LF2 e LF5).

Nonostante ciò, molti altri fattori pedogenetici possono verificarsi nel Livello Fondamentale della Pianura, determinando consistenti variazioni nelle tipologie pedologiche. Uno dei fattori che causa grande variabilità è la presenza di acqua nel sottosuolo che può generare suoli spiccatamente idromorfi come gli *Endoaqualfs* dell'unità geomorfologica LF3.

Superfici del Livello Fondamentale della Pianura disturbate da fenomeni locali o che hanno subito processi di ringiovanimento più o meno recenti possono presentare suoli leggermente meno evoluti, appartenenti all'ordine degli Inceptisuoli; è il caso dell'unità geomorfologica LF4 costituita da paleoalvei fossili in cui attualmente è presente un fitto reticolato idrografico. La presenza di una falda subsuperficiale, a meno di 1m dalla superficie, condiziona fortemente la distribuzione dei carbonati all'interno del suolo con possibili risalite e formazione di un orizzonte calcico in corrispondenza del limite di oscillazione della falda stessa. Questo processo è responsabile della formazione di suoli appartenenti al sottogruppo *Calcic*, caratterizzati dalla presenza di un orizzonte di accumulo dei carbonati entro il metro di profondità, ben rappresentati all'interno dell'unità geomorfologica LF4.

Sulle superfici delle alluvioni fluviali terrazzate (unità geomorfologica VT1) è evidente l'esistenza di una passata influenza fluviale; si tratta di aree ormai stabili che hanno subito l'azione dei fattori pedogenetici per un periodo più breve rispetto al livello fondamentale della pianura, portando così alla formazione di suoli meno evoluti rispetto ai precedenti, appartenenti all'ordine degli Inceptisuoli (U.C. 32 – *Aquic Ustochrepts*). E' comunque possibile riscontrare l'esistenza di suoli più evoluti appartenenti all'ordine degli Alfisuoli (U.C. 35 – *Aquic Haplustalfs*). Nelle alluvioni terrazzate sono generalmente riscontrabili condizioni di marcata idromorfia nelle parti più prossime alla scarpata del Livello Fondamentale della Pianura, ciò giustifica la presenza di suoli appartenenti al sottogruppo *Aquic*, caratterizzati dalle variegature cromatiche tipiche dell'idromorfia.

Le alluvioni attuali (unità geomorfologica VA8) presentano i suoli più giovani, sviluppati su sedimenti depositi in tempi recenti o attuali. Generalmente i suoli più evoluti appartengono all'ordine degli Inceptisuoli (U.C. 42 – *Typic Ustochrepts*), ma possono verificarsi delle eccezioni sulle superfici attualmente stabili e difficilmente inondabili, localizzate a maggior distanza dal corso d'acqua ed in posizione leggermente rialzata; in questo caso è possibile riscontrare la rara presenza di Alfisuoli (U.C. 44 – *Typic Haplustalfs*). In tutti gli altri casi, sulle superfici poco rilevate rispetto al letto fluviale o ad esso limitrofe, a rischio di inondazione, sono presenti gli Entisuoli (U.C. 46 – *Aquic Ustifluvents*). Gli Entisuoli presenti appartengono al sottordine *Fluvents*, la cui genesi risulta condizionata dalla sedimentazione fluviale, evidenziata dall'irregolare decremento del carbonio organico con la profondità. Tra di essi è qui rappresentato il sottogruppo *Aquic*, con le variegature cromatiche tipiche dell'idromorfia.

I principali tipi di suolo presenti nell'area esaminata, classificati secondo le definizioni della Soil Taxonomy (U.S.D.A.) sono rappresentati dagli **Alfisuoli**, dagli **Inceptisuoli** e subordinatamente dagli **Entisuoli**.

Le unità tassonomiche prevalenti sono:

ORDINE	SOTTORDINE	GRANDE GRUPPO	SOTTOGRUPPO
ALFISOLS	USTALFS	HAPLUSTALFS	TYPIC HAPLUDALF
"	"	"	AQUIC HAPLUDALF
"	"	"	ULTIC HAPLUSTALFS
"	AQUALFS	ENDOQUALFS	TYPIC ENDOQUALFS
INCEPTISOLS	OCHREPTS	USTOCHREPTS	TYPIC USTOCHREPTS
"	"	"	AQUIC USTOCHREPTS
"	"	"	CALCIC USTOCHREPTS
ENTISOLS	FLUVENTS	USTIFLUVENTS	AQUIC USTIFLUVENTS

2.5.1 Alfisuoli

Si tratta di suoli di gran lunga più diffusi sull'intero livello pleistocenico della pianura. Si rinvengono in modo pressoché esclusivo anche sulle porzioni leggermente depresse e idromorfe della pianura.

Sono suoli che presentano un buon grado di evoluzione, dato dal fatto che la pedogenesi ha potuto agire per tempi molto lunghi consentendo la lisciviazione delle basi dagli orizzonti superficiali e la formazione del caratteristico orizzonte argillico, quasi ovunque presente al di sotto dell'orizzonte arato. Il ferro liberato dal materiale parentale si trova per lo più legato all'orizzonte argillo-umico, conferendo all'orizzonte argillico quella caratteristica colorazione rossastra. I carbonati rimossi dagli orizzonti superficiali tendono spesso ad accumularsi in profondità. Le tessiture sono variabili, con prevalenza di quelle medie (fine-loamy, fine-silty) su quelle moderatamente grossolane; lo scheletro è quasi sempre assente o molto scarso.

Si sono sviluppati, in condizioni climatiche certamente più umide e percolative delle attuali, su superfici stabili purché caratterizzate dall'assenza di processi di ringiovanimento significativi.

Nell'area oggetto dell'indagine sono presenti Alfisuoli appartenenti al Sottordine degli *Ustalfs*, Grande Gruppo degli *Haplustalfs* e *Aqualfs*, Grande Gruppo degli *Endoaqualfs*. Gli *Haplustalfs* rilevati nell'area in esame appartengono a 3 Sottogruppi: *Typic Haplustalf*, *Aquic Haplustalf* e *Ultic Haplustalfs*.

Gli *Haplustalfs* sono tutti suoli caratterizzati da un drenaggio buono; i primi sono diffusi nell'area indagata in corrispondenza delle unità LF1, LF2, LF5 e parte dell'unità VA8, con le famiglie coarse-loamy (U.C. 24-31), fine silty (U.C. 25) e fine-loamy over sandy (U.C. 44); i secondi costituiscono parte dell'unità VT1 con la famiglia fine-loamy over sandy-skeletal e gli ultimi definiscono gran parte dell'unità geomorfologica LF2 con la famiglia fine-loamy.

2.5.2 Inceptisuoli

Gli inceptisuoli rappresentano suoli moderatamente evoluti, ma meno degli Alfisuoli, in cui i processi pedogenetici hanno agito in modo limitato ma sufficiente a differenziare nel profilo alcuni orizzonti diagnostici, quale l'orizzonte cambico oppure l'orizzonte calcico. I carbonati se presenti nel materiale parentale, vengono rimossi parzialmente, ed in alcuni casi totalmente; l'alterazione del materiale parentale libera tra l'altro ossidi di ferro che conferiscono nei suoli a drenaggio libero, una tipica colorazione bruna.

Il sottordine degli Ochrepts sono caratterizzati da un epipedon ochrico e un regime di umidità udico.

Nell'area oggetto dell'indagine sono esclusivamente presenti con il Grande Gruppo degli *Ustochrepts* ed appartengono ai seguenti sottogruppi: *Typic Ustochrepts*, *Aquic Ustochrepts* e *Calcic Ustochrepts*.

I primi sono tipici delle aree più stabili e rilevate delle piane alluvionali inondabili (VA8), sono presenti con la famiglia loamy-skeletal e presentano un drenaggio moderatamente rapido; gli *Aquic* costituiscono parte dell'unità VT1, con la famiglia fine-loamy over sandy-skeletal e sono caratterizzati da un drenaggio buono; i *Calcic* sono esclusivi dell'unità geomorfologica LF4, con la famiglia fine-silty a drenaggio mediocre/lento.

2.5.3 Entisuoli

Gli entisuoli rappresentano suoli a scarsissima evoluzione del profilo, privi di orizzonti pedogenetici distinti e diagnostici. La pedogenesi ha qui potuto determinare al più una modesta alterazione in posto e la scarsa o parziale decarbonatazione del profilo. Le cause di tale situazione sono da ascrivere alla mancanza di un tempo sufficientemente lungo per la loro formazione; sono infatti tipici delle superfici più recenti, prossime agli alvei fluviali, soggette a continui processi di ringiovanimento per erosione e/o deposizione.

Nel territorio dei comuni in esame, tali suoli sono diffusi nelle aree meno rilevate della piana alluvionale attiva (VA8), tra Azzanello e Castelvisconti, dove in passato erano possibili ricorrenti fenomeni di esondazione. Sono inoltre presenti all'interno dell'unità VT2 a Genivolta (Valle dei Navigli) e Cappella Cantone (Valle del Serio Morto). Sono esclusivamente presenti con il Grande Gruppo degli *Ustifluvents*, Sottogruppo *Aquic Ustifluvents*, famiglia coarse-loamy, la cui genesi risulta essere condizionata dai fenomeni di sedimentazione fluviale. Sono caratterizzati da un regolare decremento del carbonio organico con la profondità e da variegature cromatiche tipiche dell'idromorfia.

Unità Geomorfologica		Unità Geopedologiche	Unità Cartografiche
LG	1	Typic Haplustalfs fine-loamy over sandy-skeletal mixed, mesic	6
	1	Aquic Ustochrepts coarse-loamy, mixed, mesic	13
Q	3	Aquic Haplustalfs fine-loamy over sandy-skeletal mixed, mesic	17

LF

1	Udic HaplustalFs, coarse-loamy, mixed, mesic/Typic Ustipsamments, mixed, mesic	1	
	Typic HaplustalFs coarse-loamy, mixed, mesic	24	
2	Udic HaplustalFs coarse-loamy, mixed, mesic	4	
	Udic HaplustalFs coarse-loamy, over sandy mixed, mesic/ Typic Ustipsamments, mixed, mesic	5	
	Udic HaplustalFs fine-loamy, mixed, mesic	6	
	Udic HaplustalFs, coarse-loamy over sandy, mixed, mesic	7	
	Ultic HaplustalFs, fine-loamy, mixed, mesic	8	
	Aquultic HaplustalFs, fine-silty, mixed, mesic	10	
	Oxyaquic HaplustalFs, fine-silty, mixed, mesic	11	
	Udic HaplustalFs, fine-loamy, mixed, mesic	12	
	Oxyaquic HaplustalFs, fine-loamy, mixed, mesic	13	
	Oxyaquic HaplustalFs, fine-silty, mixed, mesic	14	
	Udic HaplustalFs, coarse-loamy, mixed, mesic	15	
	Typic HaplustalFs fine-silty, mixed, mesic	25	
	3	Typic EndoaqualFs, fine-loamy, mixed, mesic	28
		Aquic HaplustalFs fine-loamy, mixed, mesic	29
Oxyaquic HaplustalFs, fine-silty, mixed, mesic		32	
Oxyaquic HaplustalFs, fine-loamy, mixed, mesic		33	
Oxyaquic HaplustalFs, fine-loamy, mixed, mesic		34	
Aquic HaplustalFs fine, montmorillonitic, mesic/ Oxyaquic HaplustalFs, fine-silty, mixed, mesic		35	

VT	1	Aquic Ustochrepts fine-loamy over sandy-skeletal, mixed, mesic	32	
		Aquic Ustochrepts fine-loamy over sandy-skeletal, mixed, mesic	33	
		Ultic HaplustalFs, loamy-skeletal, mixed, mesic	34	
		Aquic HaplustalFs fine-loamy over sandy-skeletal, mixed, mesic	35	
		Udic HaplustalFs coarse-loamy, mixed, mesic	48	
		Ultic HaplustalFs, fine-loamy, mixed, mesic	49	
		Udic HaplustalFs coarse-loamy, mixed, mesic	53	
		Udic HaplustalFs fine-loamy over sandy, mixed, mesic/ Oxyaquic HaplustalFs, fine-loamy, mixed, mesic	54	
	2	Mollic Ustifluvents loamy-skeletal, mixed (calcareous), mesic	37	
		Oxyaquic HaplustalFs, coarse-loamy, mixed, mesic/ Aquic HaplustalFs fine-loamy I, mixed, mesic	58	
		Aquic Ustochrepts, coarse-loamy over sandy, mixed, mesic	60	
		Thapto Histic Fluvaquents, coarse-loamy, mixed, mesic	63	
	VA	6	Oxyaquic Udorthents, coarse-loamy over sandy, mixed (calcareous), mesic	84
			Typic Udorthents, sandy-skeletal, mixed, mesic	87
8		Fluventic Ustochrepts, fine-loamy, mixed, mesic/ Typic Ustochrepts, loamy-skeletal, mixed, mesic	41	
		Typic HaplustalFs fine-loamy over sandy, mixed, mesic	44	
		Fluventic Ustochrepts, coarse-loamy, mixed, mesic/ Typic Ustochrepts, sandy-skeletal, mixed, mesic	48	
		Typic Ustochrepts, sandy-skeletal, mixed, mesic/ Typic Ustipsamments, mixed, mesic	52	
		Aquic Eutrochrepts, sandy-skeletal, mixed, mesic	73	
		Fluvaquentic Eutrochrepts, coarse-loamy, mixed, mesic	75	
Thapto Histic Fluvaquents, coarse-loamy, mixed, mesic		80		

CAPITOLO 3: IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

Si descrivono di seguito i caratteri idrografici e idrogeologici del territorio delle Terre dei Navigli oggetto di studio, a tal fine è stata prodotta una carta idrogeologica (Allegati 2A e 2B) e 7 sezioni geologiche attraverso l'intero territorio dei comuni delle Terre dei Navigli in esame (Allegati 2C e 2D).

Per quanto riguarda l'elenco dei corsi d'acqua minori, si rimanda all'allegato 3E, con il rispettivo numero d'identificazione nella Carta dei vincoli di natura geologica (All-3A, 3B, 3C e 3D):

Il reticolo idrografico del territorio in esame, ben sviluppato ed orientato prevalentemente in direzione NNO-SSE, è dominato dalla presenza dei due assi drenanti principali, rappresentati dalla valle del Serio Morto e dalla valle dell'Oglio. L'osservazione attenta della distribuzione delle rogge e delle unità morfologiche che caratterizzano l'area, ha permesso di suddividere l'intero territorio comunale in tre bacini così distinti:

- A) Bacino del Serio Morto; interessa e drena la porzione occidentale dell'area di studio, in corrispondenza del comune di Cappella Cantone e parte del comune di Soresina.
- B) Bacino della valle del Morbasco; interessa la porzione centrale dei comuni e costituisce un'antica linea di drenaggio. Attualmente, dall'analisi delle isopieze e della litologia e morfologia ERSAL, l'area è caratterizzata da un drenaggio lento e difficoltoso. Le isopieze denotano per questo solo una lieve inflessione in corrispondenza dell'asse drenante di questa paleo-valle sospesa.
- C) Bacino del fiume Oglio; è localizzato lungo l'intera porzione orientale dell'area di studio ed interessa, da nord a sud, i comuni di Genivolta, Azzanello e Castelvisconti. La carta delle isopieze (fig. 8) mette in evidenza la brusca variazione del flusso idrico in direzione della valle dell'Oglio.

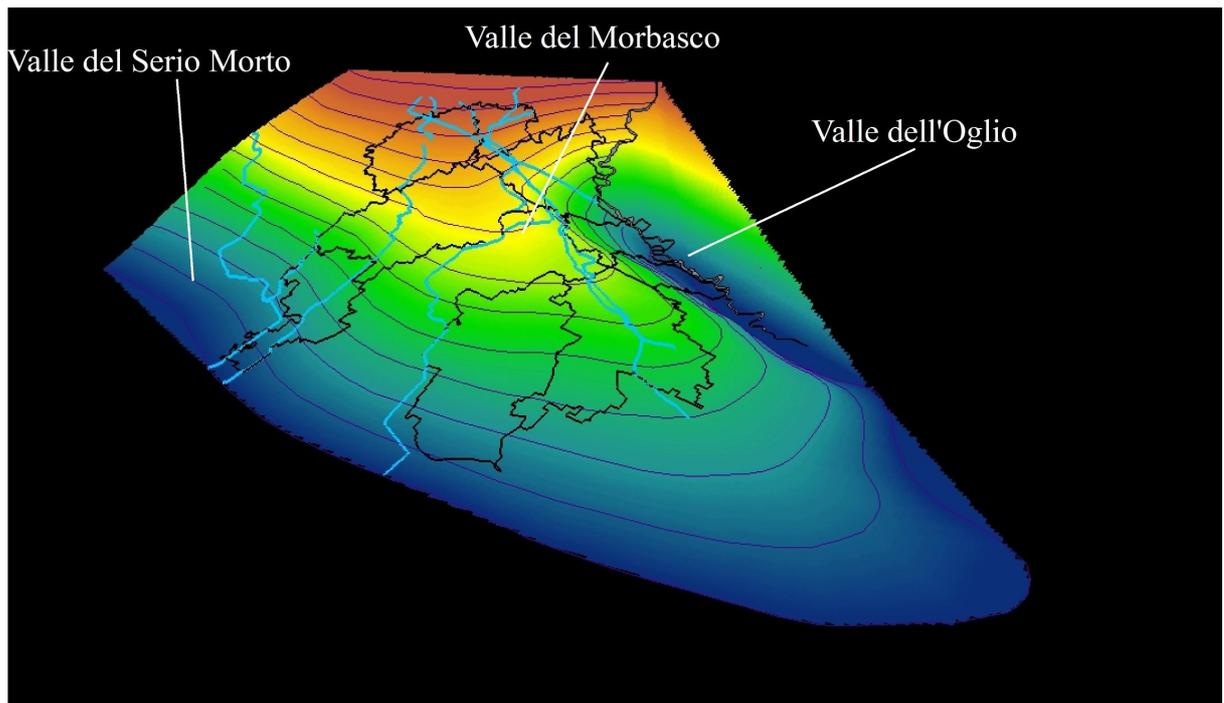


Figura 8 – Modello tridimensionale dell'andamento delle isopieze nell'area di studio Sono ben evidenti i due principali assi drenanti rappresentati dalla valle del Serio Morto e dal fiume Oglio; meno evidente appare l'asse drenante costituito dal paleoalveo centrale (valle del Morbasco).

Inoltre, in misura minore, nell'area a sud-est di Casalmorano è presente un'asse drenante rappresentato dalla valle di Mirabello Ciria (unità geomorfologia LF4), all'interno della quale scorre attualmente il Naviglio di Cremona.

Il gradiente idraulico medio, misurato per l'acquifero freatico, è 0.2%, in linea con i valori medi di questo settore di pianura.

L'esame dei dati stratigrafici disponibili ha consentito di ricostruire l'assetto idrogeologico territoriale utilizzando, sostanzialmente, le stratigrafie relative ai pozzi pubblici per approvvigionamento idropotabile presenti nell'area e all'occorrenza dei comuni limitrofi.

Il modello idrogeologico di riferimento, eseguito su scala sovra-comunale e ricostruito sulla base dei dati a disposizione, individua due distinte litozone (Allegato 2C e 2D, sezioni idrogeologiche):

Litozona superficiale (S): è l'acquifero in cui ha sede la falda libera e si sviluppa da piano campagna fino a profondità molto variabile, a causa delle dimensioni areali e dei diversi ambienti che caratterizzano l'area in esame. Prendendo in considerazione le singole sezioni geologiche (allegati 2C e 2D) è possibile descrivere le caratteristiche della litozona superficiale:

-sezione n°1: ha una direzione NNE-SSO e va da Cumignano S/N (S=62m) fino a Castelleone (S=35m), passando per Trigolo, dove la litozona S si assottiglia (S=25m);

-sezione n°2: disposta parallelamente alla sezione precedente, si diparte da Genivolta (S=48m) a Castelleone (S=22m), passando per il comune di Soresina (S=22m);

-sezione n°3: egualmente disposta (NNE-SSO), tale sezione collega i pozzi pubblici localizzati da Castelvisconti ad Annicco, passando per Casalmorano. La litozona superficiale presenta in questa sezione uno spessore pressoché costante (28-30m);

-sezione n°4: disposto tra Bordolano (S=21) e Paderno Ponchielli (S=36m), passa per il comune di Casalbuttano ed Uniti;

-sezione n°5: ha direzione NNO-SSE e attraversa la porzione orientale del territorio, partendo da Cumignano S/N fino ad arrivare a Bordolano, passando per Genivolta e Castelvisconti. La litozona superficiale si assottiglia in modo piuttosto regolare da nord a sud, da uno spessore di circa 62 metri a Cumignano, fino a 22 metri a Bordolano;

-sezione n°6: tale sezione è disposta all'incirca parallelamente alla precedente, attraversando quasi interamente il territorio, collegando i comuni di Trigolo, Soresina, Casalmorano e Casalbuttano ed Uniti. La litozona S presenta uno spessore costante intorno ai 30 metri;

-sezione n°7: ha direzione quasi ovest-est e va da Castelleone fino a Casalbuttano, attraversando i territori di Cappella Cantone ed Annicco. Lo spessore della litozona superficiale è compreso tra i 20 ed i 30 metri.

La permeabilità della litozona superficiale è generalmente elevata, l'alimentazione dell'acquifero avviene per infiltrazione di acque meteoriche o da corpi idrici superficiali e pertanto è caratterizzata da un'elevata vulnerabilità.

Litozona profonda (P): si sviluppa dal letto della litozona precedente fino alla massima profondità indagata di circa 245 m da p.c.; da un punto di vista litologico è caratterizzata in prevalenza da strati a granulometria fine costituiti da depositi argillosi (potenza massima 30-40 m), talora con torba e subordinati strati sabbiosi e sabbioso argillosi. Sono rare le intercalazioni di livelli sabbioso-ghiaiosi, in genere di spessore ridotto, ad eccezione dell'area a nord, in corrispondenza del pozzo di Cumignano S/N, dove sono presenti potenti livelli a granulometria grossolana.

I singoli strati non sono direttamente correlabili a causa della estrema variabilità dell'ambiente di deposizione. La vulnerabilità degli acquiferi si riduce notevolmente grazie alla protezione esercitata dai livelli argillosi a bassa permeabilità di notevole spessore ed alla modalità di alimentazione, tanto più remota tanto più è profondo l'acquifero.

Dalle stratigrafie dei pozzi si può osservare come gli acquiferi in pressione della litozona profonda, siano anch'essi sufficientemente protetti e idrogeologicamente separati dalle falde soprastanti e in particolare dalla falda superficiale; la vulnerabilità di questi acquiferi dalla superficie è pertanto ridotta.

Descrizione della carta Idrogeologica (Allegato 2A e 2B): il territorio in esame è suddiviso in zone a differente permeabilità ed a diversa soggiacenza della falda superficiale. La soggiacenza della falda superficiale è stata ricavata in parte dai dati ERSAL (ERSAL, 2000; ERSAL, 2002) ed è stata così distinta:

-< 0.75 m;

-Da 0.75 a 1.00 m;

-Da 1.00 a 1.50 m;

-> 1.50 m.

Si possono distinguere aree con differenti caratteristiche di soggiacenza della falda, fortemente influenzata dalla presenza di corsi d'acqua a carattere drenante come evidenziano le isopieze ricavate e riportate sulle carte idrogeologiche.

Le aree caratterizzate da una soggiacenza maggiore di 1,50 m sono principalmente localizzate in corrispondenza dell'unità geomorfologia LF2 localizzata:

-lungo la valle del Morbasco nel comune di Genivolta, e si allunga verso S-SE fino a Casalbuttano ed Uniti, passando per Azzanello e Castelvisconti, in corrispondenza del terrazzo principale del fiume Oglio;

- a nord dell'abitato di Soresina, a sud di Cumignano S/N ed a sud-est di Trigolo;
- a nord-ovest del comune di Cappella Cantone.

In particolare a sud di Azzanello la soggiacenza elevata interessa anche le unità geomorfologiche LF5 e LF6. Inoltre l'unità geomorfologica LF4 che caratterizza la valle di Mirabello Ciria all'interno del comune di Casalbuttano ha una soggiacenza piuttosto elevata. Nel settore sud occidentale del territorio è altresì presente una soggiacenza elevata che caratterizza l'unità LF5 (Cappella Cantone). Infine, l'unità morfologica LG1, presente a nord di Genivolta, data la natura grossolana dei sedimenti, è presente una soggiacenza elevata.

Le aree classificate con una soggiacenza compresa tra 1,00 m e 1,50 m, sono localizzate nella porzione nord-orientale dell'area, in corrispondenza delle alluvioni recenti del fiume Oglio (unità geomorf. VA8). La stessa classe di soggiacenza interessa:

- le unità geomorfologiche VT1 presenti nella valle del Morbasco a nord-ovest di Soresina ed in corrispondenza del terrazzo fluviale intermedio dell'Oglio, localizzato tra Azzanello e Castelvisconti;
- le unità geomorfologiche VT1 situate a ridosso del terrazzo fluviale della valle del Serio Morto, nel Comune di Cappella Cantone;
- le unità geomorfologiche LF2 e LF3 a sud di Soresina, oltre ad una delimitazione allungata in direzione circa N-S nell'area nord-occidentale del comune;
- il settore occidentale di Casalbuttano e quello estremo orientale, quest'ultimo inquadrato all'interno dell'unità geomorfologica LF3;
- la porzione meridionale del comune di Paderno Ponchielli, che costituisce la porzione interna dell'antico meandro della valle del Morbasco.

Le aree classificate con una soggiacenza compresa tra 0,75 m e 1,00 m, caratterizzano il tratto nord-sud della valle del Morbasco, nella porzione centrale del territorio in esame e interessano principalmente l'unità geomorfologica VT2. Una simile soggiacenza contraddistingue una limitata porzione dell'unità LQ1, a nord del comune di Cumignano S/N. Inoltre una soggiacenza tra 0,75 m e 1 m interessa l'unità LF3 presente nel comune di Trigolo. Inoltre, una delimitazione a direzione N-S di LF2 che lambisce l'area occidentale dell'abitato di Soresina e la porzione orientale di Casalbuttano, presenta una soggiacenza della medesima tipologia.

Le aree classificate con una soggiacenza minore di 0,75 m, riguardano:

- la porzione meridionale delle alluvioni recenti dell'Oglio (unità geomorf. VA8) prospiciente i territori di Castelvisconti ed Azzanello;
- l'unità geomorfologica VT2 presente nella valle del Serio Morto (Cappella Cantone);
- le restanti porzioni di LQ1 e LQ3 localizzate tra i comuni di Cumignano S/N e Genivolta;
- la valle del Morbasco a sud-ovest di Genivolta, all'interno dell'unità geomorfologica VT2;
- l'intero meandro antico della valle del Morbasco, che occupa principalmente il comune di Paderno Ponchielli e rientra nelle unità geomorfologiche riferibili alle alluvioni medio-antiche (VT1 e VT2).

Le classi di permeabilità attribuite sono le seguenti:

- bassa (permeabilità: $10^{-7} < K < 10^{-8}$ m/s);
- medio bassa (permeabilità: $10^{-6} < K < 10^{-7}$ m/s);

- media (permeabilità: $10^{-5} < K < 10^{-6}$ m/s);
- medio alta (permeabilità: $10^{-4} < K < 10^{-5}$ m/s);
- alta (permeabilità: $K > 10^{-4}$)

Il diverso grado di permeabilità è stato introdotto in carta analizzando la tessitura e la granulometria degli strati superficiali, tenendo conto della composizione litologica e dei dati geopedologici ERSAL. Ciò ha consentito di distinguere zone con differenti caratteristiche dal punto di vista della permeabilità del suolo.

Le aree occupate dalla valle del Morbasco, dalla porzione meridionale delle alluvioni recenti (VA8) dell'Oglio nei comuni di Azzanello e Castelvisconti e quelle più antiche del Serio Morto, sono principalmente caratterizzate da una permeabilità media e costituite litologicamente da sabbie poco gradate con limo.

Viceversa le alluvioni recenti dell'Oglio, localizzate nel settore nord-est dell'area di studio (Genivolta), presentano una permeabilità medio-alta, a causa di una litologia prevalentemente grossolana, costituita da ghiaie poco gradate.

La permeabilità bassa è stata riscontrata limitatamente a due delimitazioni orientate all'incirca N-S, localizzate a sud ed a nord-ovest di Soresina. Tali delimitazioni sono litologicamente costituite da sabbie limose ed appartengono all'unità geomorfologica LF3.

Le restanti aree, distribuite tra le 3 valli principali, presentano una permeabilità medio-bassa, e sono costituite da una litologia che va da sabbie ben gradate a sabbie ben gradate con limo.

3.1 Pozzi pubblici

L'approvvigionamento idropotabile è garantito dal servizio pubblico che si avvale di 17 pozzi, distribuiti negli 8 comuni in esame (Azzanello, Cappella Cantone, Casalbuttano ed Uniti, Castelvisconti, Cumignano sul Naviglio, Genivolta, Paderno Ponchielli, Soresina, Trigolo).

Di seguito si riportano le principali caratteristiche dei pozzi, suddivisi per comune:

Cappella Cantone

Pozzo di Santa Maria dei Sabbioni (Codice 190130002):

profondità filtri: da 89 a 101 m

cementazione: da 47 a 75 m

Il pozzo è stato perforato nel 1988 dalla ditta Negretti S.R.L. e raggiunge la profondità massima di 116 m.

Casalbuttano ed Uniti

Pozzo di via Podestà (Codice 019025009):

profondità filtri: da 122,6 a 127,4 m

da 130,5 a 135,4 m

da 171,6 a 176,4 m

Il pozzo di via Podestà è stato perforato nel 1974 dalla ditta Costa S.p.a. raggiunge la profondità massima di 213,5 m.

Castelvisconti-Azzanello

Pozzo di Via Azzanello (Codice 19 027 0001):

profondità filtri: da 80,5 a 85,5 m

da 116,5 a 121 m

da 132 a 145,8 m

Il pozzo di via Azzanello è stato perforato nel 1976 dalla ditta IRSIAM e raggiunge la profondità massima di 162 m.

Pozzo di Via Azzanello (Codice 19 027 0002):

profondità filtri: da 86 a 92 m

Il pozzo di via Azzanello è stato perforato nel 1976 dalla ditta Negretti S.R.L e raggiunge la profondità massima di 256 m.

Cumignano sul Naviglio

Pozzo di Via Cumignano (Codice 19 039 0001):

profondità filtri: da 102.70 a 107.20 m

da 156.00 a 160.50 m

da 182.00 a 188.00 m

cementazione: da 0 a 73 m

Il pozzo di via Cumignano è stato perforato nel 1975 dalla ditta Perazzoli e raggiunge la profondità massima di 145 m.

Genivolta

Pozzo di Via Dosso (Codice 19 047 0001):

profondità filtri: da 176,8 a 183,8 m

cementazione: da 0 a 10 m

da 33 a 35 m

da 53 a 55 m

da 145 a 150 m

Il pozzo di via Dosso è stato perforato nel 1975 dalla ditta F.lli Costa e raggiunge la profondità massima di 216,5 m.

Pozzo di Via Dosso (Codice 19 047 0002):

profondità filtri: da 177 a 179,5 m

da 181,5 a 188 m

cementazione: da 0 a 40 m

Il pozzo di via Dosso è stato perforato nel 1988 dalla ditta F.lli Costa e raggiunge la profondità massima di 194,5 m.

Paderno Ponchielli

Pozzo di Via IV Novembre (Codice 19 065 0001):

profondità filtri: da 117 a 124,8 m

da 172,6 a 180,6 m

cementazione: da 106 a 114 m

da 126 a 128 m

da 165 a 167 m

Il pozzo di Via IV Novembre è stato perforato nel 1967 dalla ditta Giovanni Rodio S.p.A. e raggiunge la profondità massima di 187 m.

Pozzo di Via Volta (Codice 19 065 0002):

profondità filtri: da 93 a 99 m

da 119 a 125 m

da 174 a 180 m

Il pozzo di Via Volta è stato perforato nel 1967 dalla ditta Aris Chiappa e raggiunge la profondità massima di 197 m.

Soresina

Pozzo di Asilo Vertua (Codice 190980001):

profondità filtri: da 20 a 24,5 m
da 192.10 a 195.10 m

Il pozzo è stato perforato nel 1958 dalla ditta E. Stierlin e raggiunge la profondità massima di 29,8 m.

Pozzo località Bertelli (Codice 190980002):

profondità filtri: da 25 a 29 m

Il pozzo di località Bertelli è stato perforato nel 1966 e raggiunge la profondità di 30,5 m.

Pozzo di via Bergamo (vecchio pozzo) (Codice 190980003):

profondità filtri: da 22,7 a 28,7 m

Il pozzo di via Bergamo è stato perforato nel 1976 e raggiunge la profondità massima di 30 m.

Pozzo di Olzano Barbisina (Codice 190980004):

profondità filtri: da 88,5 a 102 m

Il pozzo di Olzano Barbisina è stato perforato nel 1986 dalla ditta F.Ili Perazzoli e raggiunge la profondità massima di 141 m.

Pozzo Campo Sportivo (Codice 190980005):

profondità filtri: da 169 a 172 m
da 194 a 200 m
da 204 a 207 m

Il pozzo del Campo Sportivo è stato perforato nel 1990 dalla ditta F.Ili Negretti S.R.L e raggiunge la profondità massima di 227 m.

Pozzo località Moscona (Codice 190980006):

profondità filtri: da 97 a 103 m

Il pozzo di Moscona è stato perforato nel 1990 dalla ditta Idrogeo e raggiunge la profondità di 122,1 m.

Pozzo di via Bergamo (pozzo nuovo) (Codice 190980007):

profondità filtri: da 142,6 a 142,10m
da 144 a 147m
da 159,80 a 168m
da 180 a 186m
da 187,3 a 190,4m

Il pozzo di via Bergamo (pozzo nuovo) è stato perforato nel 1994 dalla ditta F.Ili Costa e raggiunge la profondità di 202 m.

Trigolo

Pozzo di via Soresina (Codice 191 100001):

profondità filtri: da 142,6 a 142,10m
da 119 a 121m
da 129 a 133m
da 152,5 a 154,5m

Il pozzo di via Soresina è stato perforato nel 1980 dalla ditta F.lli Negretti S.R.L e raggiunge la profondità di 180 m.

Dai dati riportati nella scheda tecnica dei pozzi per uso idropotabile si evincono le informazioni relative ai diametri delle tubazioni di rivestimento in acciaio e le caratteristiche e le profondità dei tratti filtranti. L'analisi dello schema costruttivo dei pozzi evidenzia che la cementazione dichiarata (se fatta a regola d'arte), unitamente ai tamponi di argilla in profondità, dovrebbero impedire la miscelazione tra l'acqua di falda libera e le acque prelevate dalle falde sottostanti.

I tratti filtranti sono tutti posizionati a profondità superiore a 100 m, per cui non dovrebbero risentire di scambi con la falda libera.

Si allegano le schede di censimento dei pozzi con le relative analisi chimiche effettuate (Allegato 8). In Carta Idrogeologica (Allegati 2A e 2B) sono riportate le ubicazioni dei pozzi idropotabili e dei pozzi privati, mentre nella Carta dei vincoli di natura geologica (Allegati 3A e 3B), nella Carta di Sintesi (Allegato 6A e 6B) e nella Carta di fattibilità delle azioni di piano (Allegato 7A e 7B) sono evidenziate le aree di rispetto e di tutela assoluta stabilite dal Decreto Legislativo 258/00 art. 5.

CAPITOLO 4: GEOTECNICA E PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Si analizzano, in questo capitolo, i dati geotecnici e sismici raccolti e definite le caratteristiche geotecniche e sismiche del territorio in discussione.

4.1 Analisi geotecnica.

Nel periodo tra il 15 maggio 2008 ed il 23 maggio 2008 sono state eseguite nei territori dei comuni oggetto di studio una serie di indagini geognostiche e per le quali si rimanda all'allegato 10. Nella tabella 3 sono riportate alcune informazioni di massima sulle prove eseguite.

Nel territorio in esame sono state eseguite dallo scrivente una serie di indagini geognostiche, la cui ubicazione è rappresentata in Carta Geotecnica e PSL (Allegato 5A e 5B) ed in Carta di Sintesi (Allegato 6A e 6B). Le indagini vengono di seguito descritte:

Le tipologie individuate, riportate in "Carta geotecnica e di pericolosità sismica locale" (Allegato 5A e 5B), sono qui di seguito descritte:

Unità geotecnica 1) Dossi, terrazzi principali e terrazzi fluviali stabili caratterizzati da superfici pianeggianti o debolmente ondulate con vulnerabilità idrogeologica medio-bassa. Terreni prevalentemente sabbiosi con intercalazioni di limo e/o ghiaia. Drenaggio buono. Falda con soggiacenza >2,50 m, localmente da 1,50 m a 2,50 m. Caratteristiche geotecniche buone.

Caratteristiche geotecniche buone.

Rientrano in questa categoria tutti i terreni appartenenti a quelle superfici ormai stabili del Livello Fondamentale della Pianura: i terrazzi morfologici principali posti tra le 3 valli principali del Serio Morto, del Morbasco e dell'Oglio, appartenenti all'unità geomorfologica LF2 ed il dosso isolato identificato con l'unità geomorfologica LF1.

Unità geotecnica 2) Piane alluvionali inondabili e superfici limitrofe ai principali solchi vallivi. Vulnerabilità idrogeologica medio-alta. Drenaggio medio-buono. Terreni prevalentemente sabbiosi con presenza di limo e/o ghiaia. Falda con soggiacenza variabile da 1,00 m a 1,50, localmente da 1,50 m a 2,50 m.

Caratteristiche geotecniche mediocri.

In questa unità geotecnica sono state classificate le aree stabili della valle dell'Oglio, identificate con l'unità geomorfologica VA8 situate ad una certa distanza dal corso d'acqua principale e le zone poste al margine dei terrazzi morfologici principali identificate con l'unità geomorfologica LF4.

Unità geotecnica 3) Piane alluvionabili inondabili, solchi di drenaggio secondario e paleo-alvei fossili, caratterizzati da terreni sabbioso-limosi e limosi, con locali lenti torbose con **caratteristiche geotecniche scadenti** e falda sub-superficiale. Drenaggio da mediocre a lento. Vulnerabilità idrogeologica elevata. Falda con soggiacenza < 1,00 m. Ricadono in questa classificazione geotecnica principalmente i terreni appartenenti alle unità geomorfologiche VT1 e VT2 presenti rispettivamente nella valle del Serio Morto a Cappella Cantone, lungo la valle del Morbasco da Genivolta a Paderno Ponchielli e nel terrazzo intermedio tra Genivolta ed Azzanello. Rientrano inoltre in questa classe i terreni identificati con le unità geomorfologiche LQ1 e LQ3, presenti nella porzione occidentale del comune di Genivolta e nel comune di Cumignano S/N. In misura cautelativa sono state introdotte in questa classe alcune porzioni di territorio appartenenti all'unità geomorfologica LF3 localizzati tra Trigolo, Soresina e Cappella Cantone.

Le indicazioni geotecniche qui sopra esposte si intendono utili come primo riferimento generale; dovranno tuttavia essere valutate con indagini specifiche, sito per sito, che ne verifichino l'attendibilità.

N° ID.	LOCALITA'	TIPOLOGIA	PROFONDITA' MAX (m)	COORDINATE GAUSS-BOAGA		DATA ESECUZIONE
1	CUMIGNANO S/N CIMITERO	SCPT	9,6	1565410	5022450,4	15-mag-08
2	CUMIGNANO S/N MUNICIPIO	SCPT	11,1	1565581,5	5022699,1	15-mag-08
3	GENIVOLTA CAM-PO SPORTIVO	SCPT	11,1	1569042,7	5020606,4	15-mag-08
4	GENIVOLTA CIMITERO	SCPT	9,6	1568961,7	5020050	15-mag-08
5	CASTELVISCONTI CIMITERO	SCPT	11,1	1573674,6	5017294,5	15-mag-08
6	CASTELVISCONTI MUNICIPIO	SCPT	11,1	1568961,7	5020050	15-mag-08
7	SORESINA CIMITERO	CPT	10	1567619,4	5015823,9	23-mag-08
8	SORESINA VIA BERTELLI	CPT	9,4	1567584,9	5015489,2	23-mag-08
9	SORESINA ASILO	CPT	8,8	1566388,2	5015323,1	23-mag-08
10	SORESINA CENTRO SPORTIVO	DPSH	9,6	1567026,7	5014836	23-mag-08
11	SORESINA ASPM	DPSH	10,8	1566534,5	5015722,8	23-mag-08
12	SORESINA VIA MAINERI	DPSH	9,6	1567935,2	5015659,9	23-mag-08
13	SORESINA VIA MAINERI	DPSH	9,6	1567901,3	5015665,1	23-mag-08
14	CAPPELLA CANTONE EX SCUOLA MEDIA	CPT	9,8	1565872,9	5010562,5	21-mag-08

15	CAPPELLA CANTONE CAMPO SPORTIVO	CPT	9,8	1565548,6	5010784,4	21-mag-08
16	CASALBUTTANO MUNICIPIO	CPT	9,8	1575448,1	5011259,2	21-mag-08
17	CASALBUTTANO CENTRO SPORTIVO	CPT	8	1575121	5011706,2	21-mag-08
18	TRIGOLO MONUMENTO CADUTI	CPT	9,8	1563781,1	5019865,8	21-mag-08
19	TRIGOLO CAMPO SPORTIVO	CPT	9,8	1564197,1	5012213,7	21-mag-08
20	PADERNO PONCHIELLI MUNICIPIO-SCUOLA ELEMENTARE	CPT	10	1572730,3	5009998,7	21-mag-08
21	PADERNO PONCHIELLI VIA SANT'ANTONIO	CPT	9,8	1572751,2	5009546,2	21-mag-08

(TABELLA 3)

4.2 Analisi sismica

L'analisi della sismicità del territorio in esame e la definizione della pericolosità sismica locale si basa sulla metodologia definita dalla L.R. n. 12/2005.

Il territorio dei comuni di Azzanello, Cappella Cantone, Casalbuttano ed Uniti, Castelvisconti, Cumignano sul Naviglio, Genivolta, Paderno Ponchielli, Soresina e Trigolo ricade in zona sismica 4, pertanto la normativa vigente prevede un approfondimento obbligatorio di primo livello sull'intero territorio, atto al riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica locale sulla base della cartografia di inquadramento e dei dati esistenti.

Questo primo livello di approfondimento prevede la redazione della Carta di pericolosità sismica locale, nella quale viene riportata la perimetrazione areale dei diversi scenari di pericolosità sismica.

In questa ottica è stato possibile individuare nel territorio in esame tre scenari di pericolosità sismica locale differenti: Z4a, Z3a e Z2.

Gran parte del territorio comunale ricade nello scenario di pericolosità sismica locale Z4a, in quanto costituito in prevalenza da depositi alluvionali di fondovalle granulari e/o coesivi. Per tale scenario, nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti, la normativa prevede un livello di approfondimento ulteriore (secondo livello) (ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003), con lo scopo di valutare i fattori di amplificazione sismica locale legati alla natura litologica del sedimento.

Inoltre, la normativa prevede l'applicazione di un livello di approfondimento superiore (terzo) nel caso in cui, a seguito dell'applicazione del secondo livello, si dimostra che il fattore di amplificazione calcolato risulta superiore al fattore soglia stabilito dalla Regione Lombardia per il comune in esame.

La presenza di numerose aree con soggiacenza della falda superficiale, unitamente alle caratteristiche geotecniche scadenti dei terreni in questione, ha permesso di definire per queste zone uno scenario di pericolosità sismica locale Z2, con possibili effetti di cedimenti e/o liquefazioni.

Per queste aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di cedimenti e/o liquefazioni (zona Z2) la normativa vigente (ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003) prevede il passaggio diretto al terzo livello di approfondimento con la definizione degli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi più approfondite.

Infine, è stato individuato uno scenario di pericolosità sismica locale Z3a per le zone di ciglio ($H > 10$ m) dei terrazzi morfologici principali di origine fluviale delimitanti la valle dell'Oglio.

Gli edifici sensibili individuati all'interno del territorio sono il Municipio, le scuole, le strutture ecclesiastiche, le strutture ospedaliere, i centri sportivi, i centri commerciali, il cinema, i teatri, le caserme, gli edifici storici e le stazioni ferroviarie.

Sono state effettuate 13 prove (si veda tabella 4) sismiche mediante microtremori, localizzate negli 8 comuni in esame e riportate all'interno della "Carta geotecnica e di Pericolosità Sismica Locale" (Allegati 5A e 5B).

Num.	Comune	Linea	Posizione
1	Cappella Cantone	Cap-1	S. Maria dei Sabbioni
2	Casalbuttano	Casbut-1	Centro
3		Casbut-2	Area industriale
4	Castelvisconti	Csv-1	Zona ovest
5	Cumignano	Cum-1	Cimitero
6	Genivolta	Gen-1	Area industriale - Sud
7	Paderno Ponchielli	Pad-1	Zona est
8	Soresina	Sor-1	Zona nord-ovest
9		Sor-2	Zona nord
10		Sor-3	Zona est
11		Sor-4	Zona ovest
12		Sor-5	Zona sud
13	Trigolo	Trig-1	Zona ovest

(TABELLA 4)

La metodologia applicata prevede la rilevazione della velocità delle onde di taglio (onde S) nel sottosuolo, per definire i fattori di amplificazione sismica locale (Fa) per i due periodi caratteristici $0.1 < T \leq 0.5$ (edifici bassi e rigidi), e $T > 0.5s$ (edifici alti ed elastici).

La tabella 5 riassume i risultati di tali prove; in essa sono sintetizzati i valori di Vs30 (velocità media delle Vs nei primi 30 m), il tipo di suolo di fondazione, il periodo proprio del sito (Tp) calcolato dalle Vs ed i valori calcolati del Fattore di Amplificazione (Fa) per le due tipologie di edifici: $0.1 < T \leq 0.5$ s e $T > 0.5$ s. Per questi due ultimi parametri sono riportati i valori calcolati con la scheda dei *limi sabbiosi tipo 2*. Nell'ultima riga sono riportati i valori di soglia (di riferimento) forniti dalla Regione Lombardia per l'area in esame.

Il risultato comune a tutte le linee effettuate è che i valori di Fa calcolati sono più elevati di quelli forniti dalla Regione Lombardia, per gli edifici con periodo inferiore a 0.5s. Pertanto, in fase progettuale, in tutte le aree indagate soggette a predominante rischio di tipo litologico (scenario di PSL Z4) sono necessarie indagini di terzo livello oppure dovranno essere utilizzati gli spettri di normativa validi per la zona sismica 3.

Per tutti gli edifici con periodo superiore a 0.5s i valori di Fa sono inferiori a quelli regionali per una differenza maggiore di 0.1; pertanto, per questa classe di edifici, sono da considerare validi gli spettri di normativa per la zona 4 e per le categorie di suoli rilevate.

Linea	Strato 1		Strato 2		Strato 3		Strato 4	
	H1	Vs1	H2	Vs2	H3	Vs3		Vs4
Cap -1	15	235	40	270		800		
Casbut-1	10	170	45	250		800		

Casbut-2	6.5	150	33	270		800		
Csv-1	5	210	40	260		800		
Cum-1	9.5	145	35	300		800		
Gen -1	15	260	38	300		800		
Pad -1	10	210	47	230		800		
Sor-1	6.0	270	17	190	50	270		800
Sor-2	20	235	40	310		800		
Sor-3	14	235	35	290		800		
Sor-4	15	235	35	270		800		
Sor-5	8.0	180	35	280		800		
Trig -1	5	180	35	240		800		

(TABELLA 5)

Gli scenari di pericolosità sismica locale sono riportati come retinatura trasparente sovrapposta al mosaico della prima caratterizzazione geotecnica nella "Carta Geotecnica e di Pericolosità Sismica Locale (Allegato 5° e 5B)" alla scala 1:15.000. La stessa retinatura definisce le classi di pericolosità sismica locale, unitamente ai livelli di approfondimento, nella "Carta di fattibilità geologica e delle azioni di piano" redatta alla scala 1:15000 e 1:5000 (Allegati 7A e 7B).

NUOVE DISPOSIZIONI REGIONALI

La D.G.R.L. 28.05.08 N. 8/7374 (BURL 12.06.08 N. 24 2.S.S.), recependo quanto disposto dal D.M.14.01.08, ha rideterminato le soglie di sismicità locale.

Nella tabella che qui segue è eseguito il confronto tra le vecchie soglie (DGR 22.12.05 N. 8/7374) e le nuove soglie:

NUOVE SOGLIE SISMICHE

D.G.R.L. 28.5.08 N. 8/7374 B.U.R. 12.6.08 N. 24- 2 S.S.

COMUNE	T 0,1 - 0,5				T 0,5 - 1,5			
	B	C	D	E	B	C	D	E
AZZANELLO		0,7 1,5				1,1 1,9		
	1,4	<u>1,9</u>	2,2	2	1,7	<u>2,4</u>	4,2	3,1
CAPPELLA C.		0,8 1,5				1,3 2,3		
	1,4	<u>1,8</u>	2,2	1,9	1,7	<u>2,4</u>	4,1	3
CASALBUTTANO		0,8 1,5				1,2 2,2		
	1,4	<u>1,8</u>	2,2	1,9	1,7	<u>2,4</u>	4,1	3
CASTELVISCONTI		0,7 1,5				1,1 1,9		
	1,4	<u>1,8</u>	2,2	1,9	1,7	<u>2,4</u>	4,1	3
CUMIGNANO		0,7 1,5				1,2 2		
	1,4	<u>1,8</u>	2,2	2	1,7	<u>2,4</u>	4,2	3,1

GENIVOLTA		0,7				4,2		
		1,5				2		
	1,4	<u>1,9</u>	2,2	2	1,7	<u>2,4</u>	4,2	3,1
PADERNO P.		0,8				4,3		
		1,5				2,2		
	1,4	<u>1,8</u>	2,2	1,9	1,7	<u>2,4</u>	4,1	3
SORESINA		0,8				4,3		
		1,5				2,3		
	1,4	<u>1,8</u>	2,2	1,9	1,7	<u>2,4</u>	4,1	3
TRIGOLO		0,8				4,3		
		1,5				2,3		
	1,4	<u>1,8</u>	2,2	1,9	1,7	<u>2,4</u>	4,1	3

Soglie : sostituite, in carattere barrato
 calcolate localmente, in grassetto
 nuove, sottolineate

Si conclude che, in zona sismica 4, ha immediata attuazione il D.M. 14.01.08 per gli edifici strategici (ospedale, municipio, careme, ecc.) e rilevanti (scuole, chiese, ecc.), secondo l'elencazione di cui al D.D.U.O. 21.11.03 N.19904 (BURL 1.12.03 N.49 S.O.) mentre si farà obbligo per tutti dal 30.06.09.

PARTE SECONDA: SINTESI E VALUTAZIONE

Si espongono, nella parte che qui segue, le analisi riguardanti i vincoli di natura geologica e la vulnerabilità idrogeologica del territorio.

CAPITOLO 5: VINCOLI

I paragrafi che qui seguono, descrivono i vincoli prevalentemente di natura geologica e di polizia idraulica presenti nel territorio in discussione.

5.1 Vincoli

Le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative ed eventuali piani sovraordinati in vigore, di contenuto prettamente geologico, sono stati riportati nella Carta dei vincoli alla scala 1:15.000 (Allegati 3A, 3B) e alla scala 1:10.000 (Allegati 3C, 3D).

Sul territorio degli otto comuni delle Terre dei Navigli, sono presenti numerosi corpi idrici che costituiscono un fitto reticolo idrografico distribuito assai omogeneamente su tutto il territorio e per i quali vengono individuate delle fasce di rispetto così differenziate:

- per i tratti al di fuori del centro urbano e non adiacenti a zone già edificate, è prevista una fascia di rispetto di 10 m;
- per i tratti all'interno del centro urbano, o adiacenti a zone già edificate o in corrispondenza dei tratti tombinati sono state tracciate sia la fascia di rispetto di 10 m che la proposta di 4 m.

Le fasce di rispetto così definite vengono misurate dal ciglio superiore del canale.

L'esistenza di zone umide all'interno del territorio in esame, impone di considerare una zona di rispetto di 50 m intorno ad esse.

Rientrano nella Carta dei vincoli anche le aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile; sono state indicate le aree di tutela assoluta dei pozzi (previste dal D. Lgs. N. 152/99, art.21 comma 2 e modificate dal D. Lgs. N. 258/00, art. 5 comma

4) aventi un'estensione irriducibile di almeno 10 m di raggio dal pozzo, e le zone di rispetto di 200 m intorno al pozzo, secondo quanto previsto dall'articolo 21 del D. Leg. 11.05.99 n. 152 e ss. mm. ed ii.).

In riferimento a queste ultime, sono state ridotte le zone di rispetto per i seguenti pozzi:

-pozzo n°1, Comune di Genivolta, con decreto n° 426 del 3 maggio 2006 della Provincia di Cremona;

-pozzo n°1, Comune di Castelvisconti, con parere ATO (provincia di Cremona), prot.n° 721 del 3 aprile 2007;

-pozzo n°2, Comune di Castelvisconti, con parere ATO (provincia di Cremona), decreto n°24 del 28 marzo 2007;

Sono state riportate le fasce A , B e C del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della valle del fiume Oglio in cui ricadono i territori di Genivolta, Azzanello e Castelvisconti e a cui si rimanda.

Vengono inoltre indicate, pur non costituendo un vero e proprio vincolo di natura geologica, le aree sede di attività estrattive attive o dismesse.

CAPITOLO 6 – SINTESI

In questo capitolo sono sintetizzate le condizioni geologiche ed idrogeologiche rilevate dallo studio geologico di inquadramento sopra descritto. La Carta di sintesi, alla scala 1:15.000 (Allegato 6A e 6B), è il documento di riferimento per questo capitolo, ad essa si aggiunge la Carta di Sintesi, alla scala 1:5.000 (Allegato 5B), dei centri abitati e del territorio circostante.

6.1 GENERALITA'

La Carta di sintesi ha lo scopo di fornire un quadro sintetico dello stato del territorio comunale al fine di procedere alle successive valutazioni diagnostiche; tale carta, redatta alla scala 1:15.000 (Allegato 6A e 6B), contiene gli elementi più significativi evidenziati dall'analisi dei caratteri geomorfologici, idrografici ed idrogeologici del territorio, sviluppati nella cartografia di inquadramento e descritti nei precedenti capitoli. In particolare vi sono indicate le aree interessate da diversa vulnerabilità idrogeologica (descritte in prima analisi nella "Carta della vulnerabilità"-Allegati 6A e 6B), classificate, sulla base della soggiacenza della falda e della permeabilità del non saturo, secondo le metodologie che verranno illustrate di seguito. Sono state inoltre riportate le fasce di rispetto dei pozzi pubblici nonché le aree sottoposte a vincoli normativi (distanze corsi d'acqua, zone umide) e l'ubicazione delle principali indagini geognostiche e geofisiche.

6.2 VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA (Allegati 6A e 6B)

La vulnerabilità idrogeologica relativa alla falda libera viene generalmente calcolata in base al tempo impiegato da un eventuale contaminante per raggiungere, dal piano campagna, il livello della falda superficiale. Il tempo di infiltrazione complessivo è determinato dalla somma dei tempi di infiltrazione nel suolo e nel substrato non saturo fino al raggiungimento della falda stessa. Tale parametro viene calcolato attraverso il rapporto tra lo spessore del suolo più quello del substrato non saturo e la velocità di infiltrazione, data dalla permeabilità (K) per gradiente valutato al 100%.

Ciò premesso, per il calcolo delle vulnerabilità, è stata adottata la metodologia che qui di seguito si illustra.

6.2.1 Metodologia

Si è proceduto come di qui seguito si descrive:

- in primo luogo si è operata la classificazione basata sulle zone a differente permeabilità, individuate attraverso il rilievo geomorfologico e sulla base dei dati ERSAF relativi ai suoli. Ad ogni unità è stato attribuito un grado di permeabilità media, tenendo conto della classe granulometrica e della tessitura;
- successivamente è stata eseguita un'ulteriore zonazione basata su dati stimati relativi alla soggiacenza della falda;
- incrociando i due parametri, permeabilità e soggiacenza, sono state individuate 4 classi di rischio (4 di permeabilità e 4 di soggiacenza).
- per determinare il diverso grado di vulnerabilità si è attribuito ad ogni classe di permeabilità un coefficiente di rischio RK arbitrario ma crescente, al crescere dei valori di permeabilità, con legge logaritmica:
 - bassa ---- RK=1
 - medio/bassa ---- RK=10
 - media ---- RK=100
 - medio/alta ---- RK=1000;
- ad ogni classe di soggiacenza è stato attribuito un coefficiente di rischio RH anch'esso arbitrario ma crescente in relazione inversamente proporzionale ai valori della soggiacenza:
 - < 0.75 m ---- RH=1000
 - da 0.75 m a 1.00 m ---- RH=100
 - da 1.00 m a 1.50 m ---- RH=10
 - > 1.50 m ---- RH=1;
- attribuiti questi valori ai coefficienti di rischio si è calcolato il coefficiente totale R moltiplicando RK x RH, in modo da poter assegnare ad ogni area, con permeabilità e soggiacenza definite, un livello di rischio arbitrario in assoluto ma significativo nel confronto con gli altri valori;
- sulla base di questi coefficienti si sono successivamente definite 5 classi di vulnerabilità:
 - BASSA (B);
 - MEDIO-BASSA (MDB);
 - MEDIA (MD);
 - MEDIO-ELEVATA (MDE);
 - ELEVATA (E);
 E' stata inoltre introdotta una classe ulteriore denominata MOLTO ELEVATA (ME), in riferimento alle aree interessate da attività estrattiva attuale e/o passata.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i calcoli e le classificazioni sopra descritte:

Unità geomorfologiche	LITOLOGIA	IDROGEOLOGIA			VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA			
		Soggiacenza H (m da p.c.)	Permeabilità K (m/s)	Drenaggio	RK	RH	Coeff. di rischio R*	Vulnerabilità V

LG	1	Ghiaie poco gradate, substrato da calcareo a molto calcareo profondo da 100-200 cm	>1,50m	media ($10^{-5} < K < 10^{-6}$ m/s)	buono	100	1	100	MDB (medio-bassa)
LQ	1	Sabbie limose, substrato da calcareo a molto calcareo profondo da 50-100 cm	<0,75m	media ($10^{-5} < K < 10^{-6}$ m/s)	mediocre	100	1000	100000	E (elevata)
		Ghiaie poco gradate, substrato da calcareo a molto calcareo profondo da 50-100 cm	0,75-1,00m		mediocre/buono		100	10000	MDE (medio-elevata)
	3	Sabbie poco gradate con limo e ghiaia, substrato scarsamente calcareo profondo da 50-100 cm	<0,75m	medio/bassa ($10^{-6} < K < 10^{-7}$ m/s)	mediocre	10	1000	10000	MDE (medio-elevata)

1	Sabbie poco gradate con limo, substrato non calcareo, profondo da 0-50 cm	<0,75m	media ($10^{-5}<K<10^{-6}$ m/s)	buono	100	1000	100000	E (elevata)
	Sabbie poco gradate con limo, substrato non calcareo, profondo da 50-100 cm.							
2	Sabbie gradate. Substrato non calcareo, profondo 100-200 cm.	1,00 - 1,50 m	media ($10^{-5}<K<10^{-6}$ m/s)	buono/rapido	10	100	1000	MD (media)
	Sabbie gradate. Substrato non calcareo, profondo 100-200 cm.	1,00 - 1,50 m	media ($10^{-5}<K<10^{-6}$ m/s)	buono/rapido	10	100	1000	MD (media)
	Sabbie poco gradate. Substrato calcareo, profondo 0-50 cm.	0,75 - 1,00 m	medio/alta ($10^{-4}<K<10^{-5}$ m/s)	moderatamente rapido	1000	100	100000	E (elevata)
	Sabbie ben gradate con limo. Substrato non calcareo, profondo 100-200cm	1,00 - 1,50 m	medio/bassa ($10^{-6}<K<10^{-7}$ m/s)	mediocre/buono	10	10	100	MDB (medio-bassa)
	Sabbie poco gradate con ghiaia. Substrato calcareo, profondo 100-200cm	>1,50m	media ($10^{-5}<K<10^{-6}$ m/s)	buono	100	1	100	MDB (medio-bassa)
	Limi e limi sabbiosi. Substrato non calcareo profondo 100-200cm.	>1,50m	media ($10^{-5}<K<10^{-6}$ m/s)	mediocre/buono	100	1	100	MDB (medio-bassa)
	Limi sabbiosi (e sabbie). Substrato calcareo, profondo 100-200 cm.	0,75 - 1,00 m / >1,50cm	medio/bassa ($10^{-6}<K<10^{-7}$ m/s) / alta $K>10^{-4}$	mediocre/buono	10 / 10000	100 / 1	1000/10000	MD (media) / MDE (medio-elevata) (Valle di Mirabello Ciria-Terzozzo Valle del Serio Morto zona Ocasale)
	Sabbie gradate. Substrato calcareo, profondo 100-200cm	0,75 - 1,00 m	medio/bassa ($10^{-6}<K<10^{-7}$ m/s)	mediocre	10	100	1000	MD (media)
	Sabbie ben gradate con limo. Substrato calcareo, profondo	1,00 - 1,50 m	medio/bassa ($10^{-6}<K<10^{-7}$ m/s)	buono	10	10	100	MDB (medio-bassa)



1	Sabbie poco gradate con ghiaia. Substrato calcareo, profondo 100-200cm.	<0,75m	media ($10^{-5}<K<10^{-6}$ m/s)	buono	100	1000	100000	E (elevata)
	Sabbie poco gradate. Substrato calcareo, profondo 100-200 cm.	<0,75m	medio/bassa ($10^{-6}<K<10^{-7}$ m/s)	buono	10	1000	10000	MDE (medio-elevata)
	Sabbie poco gradate con limo e ghiaia. Substrato calcareo, profondo da 50-100 cm	<0,75m	media ($10^{-5}<K<10^{-6}$ m/s)	buono	100	1000	100000	E (elevata)
	Sabbie poco gradate con limo e ghiaia.. Substrato calcareo, profondo da 50-100 cm	<0,75m	media ($10^{-5}<K<10^{-6}$ m/s)	buono	100	1000	100000	E (elevata)
	Sabbie poco gradate con limo e ghiaia. Substrato non calcareo, profondo da 100-200 cm	1,00 - 1,50 m	medio/alta ($10^{-4}<K<10^{-5}$ m/s)		1000	10	10000	MDE (medio-elevata)
	Sabbie poco gradate con limo e ghiaia. Substrato non calcareo, profondo da 100-200 cm	1,00 - 1,50 m	medio/alta ($10^{-4}<K<10^{-5}$ m/s)	buono	1000	10	10000	MDE (medio-elevata)
		>1,50m				1	1000	MD (media)
	Sabbie poco gradate con limo e ghiaia. Substrato non calcareo, profondo da 100-200 cm	1,00 - 1,50 m	medio/alta ($10^{-4}<K<10^{-5}$ m/s)	buono	1000	10	10000	MDE (medio-elevata)
	Sabbie poco gradate. Substrato calcareo, profondo da 50-100cm.	1,00 - 1,50 m	media ($10^{-5}<K<10^{-6}$ m/s)	buono	100	10	1000	MD (media)
	Sabbie poco gradate. Substrato calcareo, profondo da 100-200cm.	<0,75m	medio/bassa ($10^{-6}<K<10^{-7}$ m/s)	mediocre	10	1000	10000	MDE (medio-elevata)
	Sabbie poco gradate con limo e ghiaia.. Substrato calcareo, profondo da 50-100 cm	<0,75m	media ($10^{-5}<K<10^{-6}$ m/s)	moderatamente rapido	100	1000	100000	E (elevata)
	Sabbie ben gradate con limo e ghiaia. Substrato scarsamente calcareo, profonda da 50-100cm.	0,75 - 1,00 m	media ($10^{-5}<K<10^{-6}$ m/s)	mediocre	100	100	10000	MDE (medio-elevata)

VA	6	Sabbie poco gradate. Substrato calcareo, profondo da 50-100cm.	<0,75m	media ($10^{-5} < K < 10^{-6}$ m/s)	mediocre	100	1000	100000	E (elevata)
			<0,75m	media ($10^{-5} < K < 10^{-6}$ m/s)	moderatamente rapido	100	1000	100000	E (elevata)
	8	Ghiaie poco gradate con sabbia. Substrato calcareo, profondo da 50-100cm.	1,00 - 1,50 m	medio/alta ($10^{-4} < K < 10^{-5}$ m/s)	moderatamente rapido	1000	10	10000	MDE (medio-elevata)
		Ghiaie poco gradate. Substrato scarsamente calcareo, profondo 100-200cm.	1,00 - 1,50 m	medio/alta ($10^{-4} < K < 10^{-5}$ m/s)	buono	1000	10	10000	MDE (medio-elevata)
		Ghiaie poco gradate. Substrato scarsamente calcareo, profondo 100-200cm.	1,00 - 1,50 m	medio/alta ($10^{-4} < K < 10^{-5}$ m/s)	buono	1000	10	10000	MDE (medio-elevata)
		Ghiaie poco gradate. Substrato scarsamente calcareo, profondo 100-200cm.	1,00 - 1,50 m	medio/alta ($10^{-4} < K < 10^{-5}$ m/s)	buono	1000	10	10000	MDE (medio-elevata)
		Sabbie limose. Substrato calcareo, profondo 50-100cm.	<0,75m	media ($10^{-5} < K < 10^{-6}$ m/s)	lento	100	1000	100000	E (elevata)
		Sabbie limose. Substrato calcareo, profondo 50-100cm.	<0,75m	media ($10^{-5} < K < 10^{-6}$ m/s)	mediocre	100	1000	100000	E (elevata)
		Sabbie limose. Substrato calcareo, profondo 50-100cm.	<0,75m	media ($10^{-5} < K < 10^{-6}$ m/s)	lento	100	1000	100000	E (elevata)

** nel caso particolare di $R = 1$ R è stato trasposto a 10

La soggiacenza della falda libera è il fattore che condiziona maggiormente la collocazione in una classe di vulnerabilità idrogeologica alta ed elevata; infatti la minore distanza che intercorre tra la superficie e il livello di falda risulta critica in alcune aree del territorio comunale. In più va considerato l'aspetto antropico che spesso peggiora la situazione locale. Le arature dei terreni aumentano di molto la permeabilità dei primi 40/50 cm di suolo, facilitando così la possibilità di infiltrazione delle acque e dei possibili contaminanti.

Osservando la Carta di Vulnerabilità e di Sintesi si nota come le aree soggette a vulnerabilità idrogeologica da medio-elevata ad elevata, siano poste in prevalenza lungo la valle fluviale dell'Oglio, del Serio Morto e del Morbasco. A nord dell'area di studio, nel comune di Cumignano S/N, l'unità LQ1 è considerata ad elevata vulnerabilità idrogeologica.

PARTE TERZA: PROPOSTA

In questa parte del lavoro si conclude l'analisi eseguita assegnando alle porzioni omogenee di territorio la classe di fattibilità geologica che funge da collegamento con gli strumenti della pianificazione urbanistica.

CAPITOLO 7: FATTIBILITÀ GEOLOGICA

In questo capitolo viene definita, sulla base dell'analisi geologica dei territori comunali illustrata nei capitoli precedenti, la distribuzione delle classi di fattibilità geologica per le azioni di piano.

7.1 GENERALITÀ

Lo studio geologico eseguito ha lo scopo di supportare le scelte urbanistiche, indicando comportamenti pubblici e privati coerenti con le condizioni geologiche del territorio e con la conservazione dei suoi caratteri essenziali (Legge 183/96); a questa finalità operativa risponde la Carta di fattibilità geologica e delle azioni di piano, alla scala 1:15000 (Allegati 7A e 7B), alla scala 1:10.000 (Allegati 7C, 7D, 7E, 7F e 7G) e alla scala 1:5.000 (Allegati 7H e 7I) e le Norme Geologiche di Piano ad essa collegate.

Tali carte sono derivate dalla valutazione incrociata degli elementi contenuti negli studi generali di inquadramento e dalla sintesi eseguita.

La carta di fattibilità geologica rappresenta pertanto lo strumento di base per accertare le condizioni limitative alla espansione urbanistica ed alla modifica di destinazione d'uso del suolo.

La classificazione del territorio, rispetto alla fattibilità geologica delle azioni di piano, tiene conto della pericolosità, sia geologica che sismica dei fenomeni e del rischio conseguente, ed inoltre fornisce indicazioni generali in ordine agli studi ed alle indagini di approfondimento eventualmente necessarie.

Sono state considerate, secondo le indicazioni della Regione Lombardia, 4 classi di fattibilità geologica:

CLASSE 1 – Fattibilità senza particolari limitazioni;

CLASSE 2 - Fattibilità con modeste limitazioni;

CLASSE 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni;

CLASSE 4 - Fattibilità con gravi limitazioni.

Per quanto riguarda il lavoro svolto, le classi di fattibilità geologica sono assegnate grazie all'incrocio delle informazioni raccolte: caratteristiche geomorfologiche, litologia dominante dei primi 2-3 metri, soggiacenza dell'acquifero superficiale, vulnerabilità idrogeologica, grado di addensamento dei sedimenti superficiali e le caratteristiche geotecniche medie degli stessi e poste in carta di sintesi.

Ai sensi delle disposizioni regionali vigenti, è fatto obbligo di eseguire la relazione geologica, per gli interventi di nuova edificazione, ricadenti nelle classi di fattibilità geologica 2, 3 e 4.

7.2 FATTIBILITÀ GEOLOGICA E DELLE AZIONI DI PIANO

Si descrive, qui di seguito, la distribuzione e le caratteristiche delle classi di fattibilità geologica rappresentate negli Allegati 7.

•CLASSE 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni

Nel territorio comunale non sono state individuate aree completamente prive di limitazioni alle variazioni delle destinazioni d'uso dei terreni, poiché le condizioni geologiche, soprattutto l'estrema vulnerabilità della falda, non sono ottimali.

•CLASSE 2 - Fattibilità con modeste limitazioni

Dossi, terrazzi principali e terrazzi fluviali caratterizzati da superfici pianeggianti o debolmente ondulate con vulnerabilità idrogeologica medio/bassa. Terreni prevalentemente sabbiosi con intercalazioni di limo e/o ghiaia. Drenaggio buono. Caratteristiche geotecniche buone. Falda con soggiacenza >1,50 m.

•CLASSE 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

In questa classe sono state distinte le sottoclassi qui di seguito illustrate:

Sottoclasse 3a, piane alluvionali inondabili.

Depressioni e paleoalvei fossili e sovradimensionati caratterizzati da sabbie poco gradate con locali intercalazioni di limo. Vulnerabilità idrogeologica da media a medio-elevata. Drenaggio mediocre o lento. Caratteristiche geotecniche mediocri. Falda con soggiacenza da 1,00m a 1,50m, localmente da 0,75 a 1,00m.

Sottoclasse 3b,

Terrazzi fluviali stabili rappresentati dalla valle del Morbasco e comprendenti antiche linee di drenaggio (paleoalvei) lievemente ribassate e delimitati da scarpate erosive evidenti. Terreni sabbioso-limosi con vulnerabilità idrogeologica da medio-elevata ad elevata. Drenaggio lento. Caratteristiche geotecniche scarse. Falda con soggiacenza da 0,75m a 1,50m, localmente sub-affiorante.

Sottoclasse 3c,

Aree di transizione con l'alta pianura ghiaiosa caratterizzate depressioni e testate legate ai fontanili con interposte superfici subpianeggianti e caratterizzate da terreni sabbiosi con intercalazioni di ghiaia. Drenaggio molto lento. Caratteristiche geotecniche scadenti. Falda con soggiacenza da 0,75 m a 1,00m, talvolta prossima al piano campagna.

Sottoclasse 3d,

Terrazzi fluviali stabili ribassati rispetto al L.F. d. P. corrispondenti alla valle del Serio Morto e caratterizzati da vulnerabilità idrogeologica elevata. Terreni sabbioso-limosi. Drenaggio lento. Caratteristiche geotecniche scarse. Falda con soggiacenza prossima al piano campagna, localmente profonda da 1,00m a 1,50m.

Sottoclasse 3e

Superfici subpianeggianti corrispondenti alla piana alluvionale del fiume Oglio e comprese tra i terrazzi antichi e le fasce maggiormente inondabili (classe 3 f), da cui sono generalmente separate da gradini morfologici. Caratteristiche geotecniche mediocri. Falda con soggiacenza da prossima al piano campagna a 1,50m.

Sottoclasse 3f',

Superfici adiacenti ai corsi d'acqua ed isole fluviali inondabili durante gli eventi di piena ordinaria corrispondenti alla fascia B-PAI (Piano stralcio di Assetto Idrogeologico)

Sottoclasse 3f'',

Superfici adiacenti ai corsi d'acqua ed isole fluviali inondabili durante gli eventi di piena catastrofica corrispondenti alla fascia C-PAI (Piano stralcio di Assetto Idrogeologico)

Sottoclasse 3g, fascia di rispetto del corso d'acqua (10m)

Sottoclasse 3h, fascia di rispetto del corso d'acqua in area urbana, vigente (10m) e proposta (4m)

Sottoclasse 3i, fascia, di rispetto bodri, zone umide, fontanili e risorgive (50m)

Sottoclasse 3l, area degradata da attività estrattiva (passata ed attuale)

Sottoclasse 3m, zona di rispetto pozzo pubblico (200m)

CLASSE 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

In questa classe sono state distinte le seguenti sottoclassi:

Sottoclasse 4a, fascia-A PAI della valle del fiume Oglio.

Sottoclasse 4b, zona di tutela assoluta pozzo pubblico (10m).

Sottoclasse 4c, orlo di terrazzo morfologico.

Gli orli di terrazzo morfologico, presenti nel territorio in esame sono tutelati per il loro valore paleogeografico ed ambientale.

In tutto il territorio comunale sono presenti orli di terrazzo morfologico, essi definiscono gli elementi essenziali del paesaggio e, perché essi siano mantenuti, è vietata l'esecuzione di scavi e/o sbancamenti, livellamenti ed altri lavori od interventi che possano alterarne l'attuale profilo piano altimetrico.

Sono oggetto di tutela gli orli di terrazzo evidenziati in Carta di fattibilità geologica e delle azioni di piano alla scala 1:15.000 e 1:5.000.

Il terrazzo morfologico sarà conservato, integro, nella sua attuale giacitura anche nelle fasce di raccordo, al piede ed al pizzo, per una profondità minima di 5 m; particolarmente utili e consigliabili gli interventi di riforestazione con essenze tipiche locali.

Il tracciato dell'orlo di terrazzo morfologico, entro il perimetro del centro edificato o in presenza di urbanizzazione deve essere verificato in loco.

La **Tabella Sinottica (allegato 7E)** riassume le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche delle unità individuate e il flusso logico eseguito per l'assegnazione delle classi di fattibilità geologica.



IL GEOLOGO
DR. GIOVANNI BASSI
Luglio 2008

BIBLIOGRAFIA

Carta Geologica d'Italia 1:100.000, Foglio 46, Treviglio, Servizio Geologico d'Italia, 1969 .

Carta Geologica d'Italia 1:100.000, Foglio 47, Treviglio, Servizio Geologico d'Italia, 1969 .

Carta Geologica d'Italia 1:100.000, Foglio 60, Piacenza, Servizio Geologico d'Italia, 1969 .

Carta Geologica d'Italia 1:100.000, Foglio 61, Treviglio, Servizio Geologico d'Italia, 1969 .

ERSAL, Provincia di Cremona, 2000, I suoli della pianura cremonese centrale. Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica, 1997, Carta Geomorfologia della Pianura Padana, scala 1:250.000.

ERSAL, Provincia di Cremona, 2002, I suoli della pianura cremasca. Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica, 1997, Carta Geomorfologia della Pianura Padana, scala 1:250.000.

Braga G., Bellinzona G., Bernardelli L., Casnedi R., Castoldoli E., Cerro A., Cotta Ramusino S., Gianotti R., Marchetti G., Peloso G. F., 1976, Indagine preliminare sulle falde acquifere profonde della porzione di Pianura Padana compresa nelle province di Brescia, Cremona, Milano, Piacenza, Pavia e Alessandria, CNR;

Beretta G. P., Francani V., Fumagalli L., 1992, Studio idrogeologico della provincia di Cremona, quaderni di tecniche di protezione ambientale, n. 24, Pitagora Editrice Bologna.

Burrato P., Ciucci F., Valensise G., 2000, Geomorphic signature of growing anticlines in the Po Plain (northern Italy): implication for seismic hazard assessment, XXVII General Assembly of the ESC, Lisbon, Portugal, 10-15 September, 2000.

Cremonini M., 1988, Piano Territoriale Paesistico, Regione Lombardia, Provincia di Cremona.

Fantoni R., Bersezio R., Forcella F., 2004, Alpine structure and deformation chronology at the Southern Alps-Po Plain border in Lombardy, Boll. Soc. Geol. It., 123, pp. 463-476.

Regione Lombardia, Eni Division Agip, 2002. Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia, a cura di Cipriano Carcano e Andrea Piccin. S.EL.CA. (Firenze).

Provincia di Cremona, Settore Ambiente, Università degli Studi di Milano, "Realizzazione di un modello preliminare del flusso idrico nel sistema acquifero della provincia di Cremona", 2007.

APPENDICE: CLIMATOLOGIA

A1. LINEAMENTI CLIMATICI

La conoscenza delle caratteristiche climatiche del territorio in esame costituisce la base fondamentale per l'approfondimento dell'indagine in corso; a tal scopo sono stati raccolti ed elaborati dati riguardanti le precipitazioni e le temperature, definendo successivamente alcuni parametri utili all'inquadramento del tipo climatologico del luogo.

La stazione considerata è quella termopluviometrica di Cremona¹.

A2. PRECIPITAZIONI

L'analisi delle precipitazioni è stata svolta prendendo in considerazione i dati relativi al trentennio 1921-50; le precipitazioni medie mensili in mm sono le seguenti: G 48, F 49, M 46, A 56, M 69, G 48, L 32, A 46, S 51, O 75, N 69, D 52.

Il valore medio annuo calcolato è di 641 mm, in particolare si registrano minime in luglio e due massimi in maggio (69 mm) e ottobre (75 mm).

Una elaborazione successiva² eleva la media annua delle precipitazioni a 757,33 mm nel periodo 1923-86 e i più recenti autori³ calcolano la precipitazione media annua nel periodo 1960-74 in 846,9 mm, ricavando inoltre che il mese meno piovoso è dicembre.

A3. TEMPERATURE

Le temperature medie sono importanti per studiare l'ambiente climatico e per identificare i parametri dell'evaporazione potenziale. A questo scopo è stato considerato il periodo 1925-55.

Le temperature medie mensili calcolate sono le seguenti: G 0,75°, F 3,3°, M 8,4°, A 12,3°, M 17,2°, G 21,9°, L 24,3°, A 23,4°, S 19,9°, O 13,4°, N 7,2°, D 2,5°; il valore medio calcolato è di 13,5°.

A4. INDICI CLIMATICI

Sono state correlate le precipitazioni medie mensili (Tab.1a) sopra esposte con le temperature medie mensili Tab.1b) pure espresse nel paragrafo precedente, ottenendo alcuni indici climatici significativi.

Il primo di essi è il diagramma ombrotermico (Tab.2), nei tratti in cui la spezzata delle temperature supera quella delle precipitazioni si hanno condizioni di aridità fisiologica del suolo che comporta appassimento delle piante.

E' stato successivamente calcolato l'indice di aridità secondo de Martonne (Tab.3) che mette in relazione le precipitazioni (P) e le temperature (T), tale indice è riportato in grafico.

Ricavato per ogni mese il valore I, i mesi nei quali I è minore di 20 sono definiti aridi, quelli in cui I è superiore a 40 sono da considerare umidi.

Al fine di verificare l'effettiva esistenza di periodi aridi, si è proceduto al calcolo di successivi parametri climatici (Tab.4) basati sulla evapotraspirazione potenziale che rappresenta la quantità massima di acqua evaporata da una copertura vegetale alimentata in modo che non vi sia mai deficit di acqua nel suolo.

Analizzato il diagramma ombrotermico è importante stabilire il bilancio idrologico della stazione in esame per vedere se i periodi di siccità determinano condizioni di effettiva penuria d'acqua o se la capacità di ritenzione del terreno è tale da consentire una evapotraspirazione potenziale (Ep), calcolata secondo il metodo Thornthwait, della pioggia (P) e della differenza (P-Ep).

Quest'ultimo andamento convalida la tesi dei precedenti indici di de Martonne e del diagramma ombrotermico che stabiliscono, per il territorio cremonese, un periodo estivo di aridità durante il quale è indispensabile intervenire con le irrigazioni.

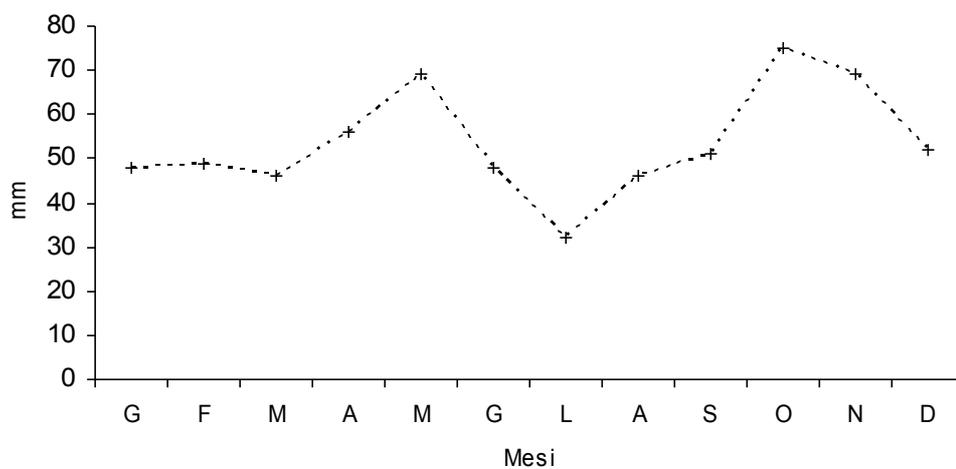
Il territorio di Annicco, posto a nord della stazione termopluviometrica di riferimento, rispecchia la situazione analizzata a Cremona è quindi interessato da un periodo a **scarse precipitazioni nel trimestre dicembre - gennaio - febbraio**; nei mesi estivi si interviene con l'irrigazione che si attua nel periodo fine aprile - fine settembre.

¹ Cremona, Ist. Prof. di Stato per l'Industria, lat. 45°07'55", long 2°26'22" W da monte Mario, altitudine 67,8 m s.l.m..

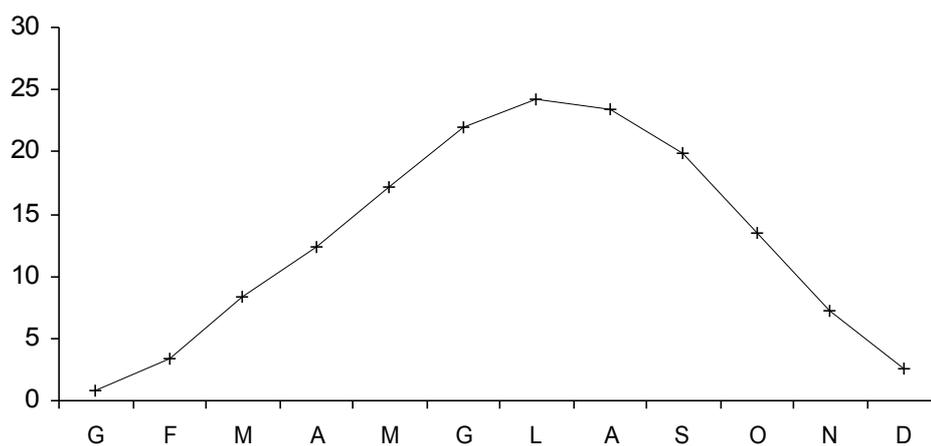
² Min. LL. PP. Magistrato per il Po, L. 26.2.82 n.53, Fase conoscitiva, All.2.3. Le acque di superficie, climatologia e idrologia.

³ Ghezzi A., Riva I. (1989), Il clima nel territorio delle province di Cremona e Mantova, Pianura 3/89, pp.29-46.

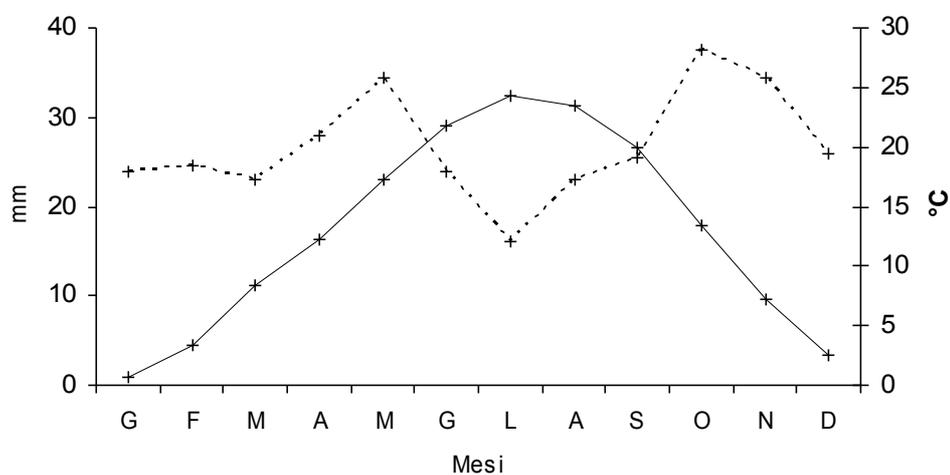
Tab. 1a: PRECIPITAZIONI MEDIE MENSILI 1925-55



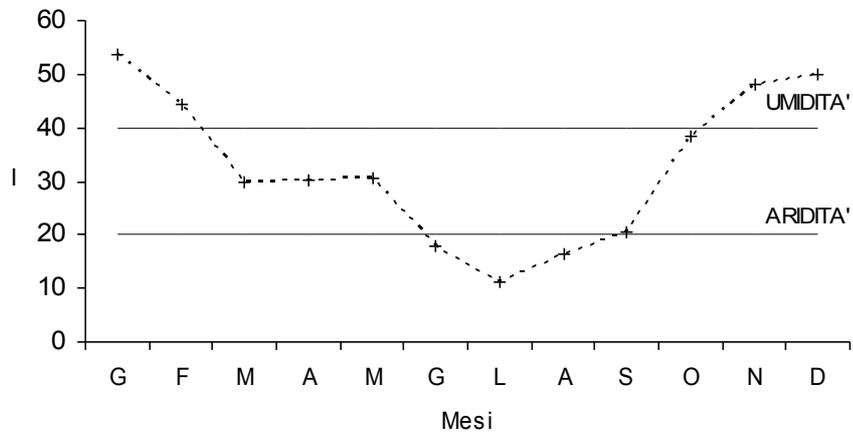
Tab. 1b: TEMPERATURE MEDIE MENSILI 1925-55



Tab. 2: DIAGRAMMA OMBROTERMICO



Tab. 3: INDICE DI ARIDITA' (secondo De Martonne)



Tab. 4: PARAMETRI CLIMATICI SIGNIFICATIVI

