

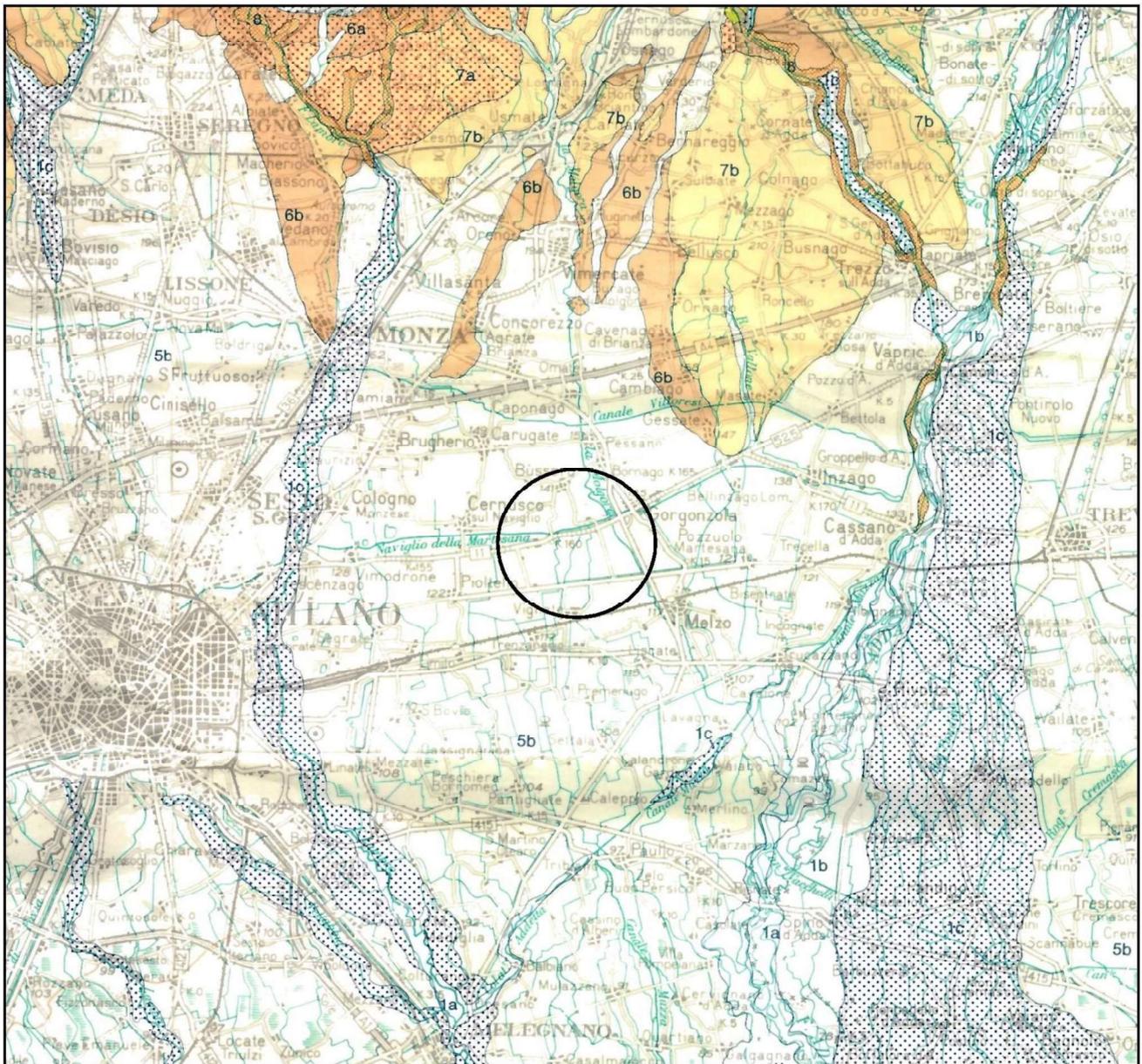


5. ASPETTI GEOMORFOLOGICI

Il Comune di Cassina De' Pecchi rientra nella media pianura milanese, caratterizzata da litologie appartenenti al cosiddetto "Livello fondamentale della Pianura", ossia da depositi fluvio-glaciali ed alluvionale che vanno a costituire una estesa ed uniforme pianura compresa tra i terrazzi alluvionali della Fiume Ticino ad Ovest e del Fiume Adda ad Est, la cui continuità risulta essere interrotta da alvei di dimensioni minori quali, ad esempio, i Fiumi Lambro ed Olona, e da una fitta rete di paleoalvei in parte oramai cancellati dai processi di urbanizzazione. Lo strato superficiale di alterazione tipico di questi depositi fluviali e fluvio-glaciali risulta in generale essere poco conservato; infatti anche nelle zone agricole, l'attività antropica ha condotto ad un rimaneggiamento di questo livello, venendo così a produrre una generale commistione con la coltre humica superiore ed i livelli sabbioso-ghiaiosi inferiori. All'interno di questa superficie si distinguono, dal punto di vista tessiturale (procedendo da Nord verso Sud), delle fasce a granulometria decrescente che passano dalle ghiaie prevalenti verso nord, alle argille e sabbie verso sud in relazione alla diminuzione dell'energia idraulica (e quindi della capacità di trasporto) dei corsi d'acqua che formavano la pianura per aggradazione verticale. In tale configurazione il Comune di Cassina De' Pecchi, si inserisce nella zona a ghiaie e sabbie. Le modificazioni di granulometria (da prevalentemente ghiaiosa a ghiaioso-sabbiosa) e di pendenze (dallo 0,4% allo 0,2%) all'interno della media pianura rappresentano le condizioni ideali per la comparsa della fascia dei fontanili. La presenza nell'area milanese della fascia dei fontanili, posta in corrispondenza della quota compresa tra i 160 ed i 100 m s.l.m., è dovuta quindi alla concomitanza di vari fattori, quali ad esempio: variazioni granulometriche, diminuzione del gradiente della superficie topografica e del gradiente idraulico, aumento dei livelli argillosi e sabbiosi, alimentazione da parti di canali irrigui, elevata densità delle aree urbane che rappresentano zone a minore infiltrazione, presenza di paleoalvei. Il territorio del comune di Cassina De' Pecchi era attraversato dalla "linea dei fontanili" sino agli inizi del 1900 (1940 circa) e nel settore est di Milano si osservava una densità di oltre 6 fontanili per kmq di superficie con una produttività media indicata in 18/21 l/s per kmq. L'esistenza della "linea dei fontanili" è comunque legata alla soggiacenza della falda a piccola profondità; ne deriva che variazioni freatiche connesse con l'intervento umano possono farla variare. Essa infatti si sposta verso Nord nelle aree in cui vi è una considerevole alimentazione artificiale legata all'irrigazione, mentre si sposta verso Sud quando l'emungimento elevato crea coni di depressione di notevoli dimensioni con abbassamenti notevoli della superficie piezometrica. Per questo motivo, oltre che all'espansione delle aree urbanizzate nell'ultimo quindicennio, il limite settentrionale della zona dei fontanili si è spostato più a Sud rispetto alla posizione che occupava agli inizi del 1900. Le teste dei fontanili presenti nel comune di Cassina De' Pecchi sono così andate progressivamente esaurendosi. L'agricoltura rappresenta ancora un settore economico di notevole importanza, malgrado l'espansione dell'urbanizzato abbia determinato, negli ultimi anni, rilevanti modificazioni territoriali. Sulla base dei dati dei dati messi a disposizione dall'E.R.S.A.L., relativi al censimento agricolo ISTAT del 1990, risulta che una superficie territoriale complessiva di 710 ha, la S.A.U. (superficie agraria utilizzata) occupa circa il 50 %. Dal punto di vista pedologico, il territorio comunale di Cassina De' Pecchi è caratterizzato da aree pianeggianti con drenaggio generalmente buono e suoli ad elevata pietrosità aventi spessori circa metrico; le colture più praticate sono quelle dei cereali (in particolare mais, che in certe zone è predominante) e dei prati da vicenda di leguminose foraggiere.

5.1 GEOLOGIA

Il territorio entro il quale si colloca il comune di Cassina De Pecchi, e oggetto del presente studio, risulta essere completamente compreso nel settore definito quale "della media pianura", in quanto si pone in prossimità del limite inferiore delle estreme propaggini terrazzate dell'alta pianura milanese che arrivano fino ai comuni di Concorezzo e Burago Molgora. L'intero territorio risulta essere costituito da potenti corpi sedimentari di origine fluvio-glaciale e fluviale riconducibili alla glaciazione Wurm; in particolare si tratta di ghiaie e sabbie alternate costituenti i Depositi del Livello Fondamentale della Pianura.



Lo stralcio della Carta Geologica e riportato non in scala

- | | | | |
|------|---|--|---|
| CENE | } | | 1 - Depositi fluviali dei greti attuali (Alluvium attuale - a) e terrazzati (Alluvium medio - b , Alluvium antico - c): ghiaie, sabbie e limi. |
| | | | 2 - Detriti di falda e frane. |
| | | | 3 - Lacustre olocenico e tardoglaciale: argille e limi (a); torba (b). |
| | | | 4 - Morenico tardo-würmiano e localmente olocenico: ghiaie, blocchi, limi. |
| CENE | } | | 5 - Morenico Würm: ghiaie, blocchi e limi (a); Fluvioglaciale e Fluviale Würm: ghiaie, sabbie (b). PLEISTOCENE SUP. |
| | | | 6 - Morenico Riss: ghiaie, blocchi e limi ferrettizzati (a); Fluvioglaciale, Fluviale e Lacustre Riss: ghiaie, sabbie e argille ferrettizzate (b). PLEISTOCENE MEDIO. |
| | | | 7 - Morenico Mindel: ghiaie, limi e rari blocchi fortemente ferrettizzati (a); Fluvioglaciale, Fluviale e Lacustre Mindel: ghiaie, limi e argille fortemente ferrettizzate (b). PLEISTOCENE INF. |
| CENE | | | 8 - "Ceppo" e formazioni simili, facies "Villafranchiane": conglomerati, sabbie, argille. PLEISTOCENE INF.-PLIOCENE SUP. |



In questo tipo di depositi, a scala vasta, vengono distinte, tessituralmente, da Nord a Sud delle fasce a granulometria decrescente, passando dalla quelle a ghiaie prevalenti, alle sabbie e ghiaie a quelle a sabbie prevalenti. In direzione est-ovest non si hanno differenze significative dal punto di vista granulometrico, mentre si hanno delle significative differenze litologiche in quanto varia la natura geologica delle zone di alimentazione dei bacini. L'evoluzione plio-quadernaria della Pianura Padana si può infatti ricondurre alle seguenti tre fasi:

- fase di regressione marina con sedimentazione continentale fluvio-lacustre che ha interessato il settore occidentale fino all'area lombarda (Pliocene sup. – Pleistocene inf.);
- fase glaciale (Pleistocene);
- fase post-glaciale con erosione e sedimentazione alluvionale (Olocene).

Queste fasi hanno subito diverse interruzioni, testimoniate dalla presenza di paleosuoli e sono durate tanto a lungo da permettere ai lenti processi pedogenetici di svilupparsi. Si possono così riconoscere unità distinte in base alle loro caratteristiche idrogeologiche e stratigrafiche. Di seguito si riporta la sequenza stratigrafica, dal basso verso l'alto, tradizionalmente adottata nella letteratura geologica:

- **Substrato indifferenziato** Comprende varie formazioni con età che vanno dal Paleozoico al Terziario. Le formazioni più esterne sono la Gonfolite ed i Flisch. La deposizione della Gonfolite (Oligocene – Miocene inf.), precede la prima delle tre fasi e testimonia una cospicua erosione dell'area sudalpina. Si tratta di un deposito clastico di ambiente continentale costituito in particolare da ciottoli di natura cristallina. Sotto la Gonfolite troviamo i Flisch, successioni arenacee con intercalazioni pelitico-marnose. Entrambe costituiscono orizzonti a bassa o scarsa permeabilità che isolano idrogeologicamente le unità sottostanti.
- **Argille sotto il Ceppo** Litologicamente sono argille con intercalazioni grossolane (sabbie, ghiaie e ciottoli) che localmente possono formare acquiferi sfruttabili. Queste unità passano verso l'alto a sedimenti sabbioso-argillosi che nella zona di Milano testimoniano la transizione da un ambiente mariano (litozona argillosa del Calabriano) ad un ambiente continentale (litozona sabbioso-argillosa) (Martinis e Robba, 1978). Queste unità sono state sottoposte, dopo la loro deposizione, ad un sollevamento nel corso del quale la parte superiore è stata erosa e profondamente incisa. Nelle incisioni così create, si sono depositate ghiaie e sabbie di notevole spessore. Nell'area in esame le argille del Villafranchiano non sono state raggiunte dalle perforazioni per il normale approvvigionamento idrico.
- **Ceppo** Unità conglomeratica, precedenti i depositi fluvio-glaciali del Mindel, formatasi in un ambiente fluviale a canali anastomizzati nel Pliocene sup. (?) – Pleistocene inf. (Orombelli, 1979). È costituito da conglomerati eterogenei a cemento carbonatico con intercalazioni lentiformi di arenaria, sabbia ed argilla. Il ceppo ha un rilevante interesse idrogeologico poiché, dove la cementazione è meno marcata, è sede di potenziali acquiferi. Nei livelli maggiormente cementati presenta a volte una permeabilità secondaria per fratturazione.
- **Depositi glaciali** Comprendono tutte le unità che costituiscono gli apparati morenici, dei quali o più antichi affiorano in posizione più esterna, la parte superiore, che poggia direttamente sul Ceppo, risale al fluvio-glaciale Mindel. Litologicamente sono molto eterogenei passando dalle argille alle ghiaie grossolane. La loro matrice, abbondantemente limosa, ne abbassa la permeabilità. Lo spessore di questi depositi può superare i 40 metri.
- **Depositi Terrazzati con "ferretto"** Comprendono i depositi fluvio-glaciali che costituiscono i ripiani più elevati della pianura. Si raccordano con le cerchie moreniche a monte e con il livello fondamentale della pianura, tramite terrazzi, a valle. Superficialmente sono alterati in ferretto, che presenta la tipica colorazione rossastra e uno spessore variabile dai 2 agli 8 metri. Litologicamente sono costituiti da elementi arrotondati, di diametro variabile, che presentano una matrice sabbioso-argillosa. Si ritiene che immergano a Sud sotto il livello della pianura, passando poi a termini più fini che costituiscono la base della litozona ghiaiosa-sabbiosa.
- **Depositi lacustri** Caratterizzano la parte interna degli apparati morenici e sono costituiti da sabbie fine limose ed argille varvate. Sono la testimonianza di numerosi bacini lacustri intra-morenici. La loro importanza deriva dal fatto che rappresentano estese aree impermeabili.



- **Depositi del livello fondamentale delle pianura** Sono depositi di origine fluvio-glaciale ed alluvionale, incisi solo dagli alvei dei fiumi che costituiscono la superficie della pianura; tessituralmente si possono distinguere da Nord verso Sud fasce a granulometria decrescente:
 - Zona a ghiaie prevalenti, costituita da ghiaie da fini a grossolane, mescolate a sabbie subordinate
 - Zona a ghiaie e sabbie, presenta a differenza della zona precedente, una maggiore concentrazione in sabbie. Questa tipologia di depositi superficiali caratterizza i terreni dell'area oggetto di studio
 - Zona a sabbie prevalenti, si trova nei settori più meridionali, i livelli ghiaiosi sono subordinati.
 - Zona ad argille prevalenti, si trova in aree limitate ed è dovuta probabilmente alla formazione di conche palustri o a esondazioni.
- **Alluvioni attuali e recenti.** Costituite da ghiaie prevalenti nel settore settentrionale e da termini più fini verso meridione, si rinvencono negli attuali alvei dei fiumi (ad esempio alveo del T. Molgora). La loro importanza è dovuta al fatto che consentono, data la loro elevata granulometria, l'alimentazione degli acquiferi.

5.2 GEOMORFOLOGIA

Dal punto di vista geomorfologico, l'area costituente il territorio comunale di Cassina De Pecchi presenta uno sviluppo complessivamente pianeggiante. Nella carta geomorfologica e geopedologica sono riportate, le curve di livello del piano campagna dalle quali è possibile, grazie anche ai punti quotati della base cartografia aerofotogrammetrica, rilevare che la quota altimetrica media è pari a 128,00 m s.l.m., che passa dalla quota massima di 135,80 m s.l.m. a nord a quella minima di 123,30 m s.l.m. a sud, con dislivello altimetrico pari a 12,4 m e determinando una pendenza media del territorio di circa lo 0,53%. Dall'analisi territoriale e della carta tematica, il territorio non presenta particolari evidenze morfologiche dovute né ad interventi di origine antropica né all'azione di elementi naturali modellanti. Unico elemento morfologico significativo è costituito dall'incisione fluviale del Torrente Molgora, presente lungo il confine orientale con il comune di Gorgonzola.

In sintesi il **Torrente Molgora** nasce nei rilievi collinari della Brianza lecchese in comune di Colle Brianza e procede verso Sud, lungo la zona pedecollinare, attraversando i comuni di Merate, Cernusco Lombardone, Osnago, Ronco Briantino ed Usmate dove riceve il contributo del Torrente Molgoretta. A valle di tale immissione, il Molgora prosegue verso Sud con un tracciato sinuoso, fino a confluire nel Canale Muzza in territorio di Truccazzano, senza più ricevere affluenti significativi. I principali apporti al torrente provengono dagli scarichi fognari in tempo di pioggia: in comune di Cassina De' Pecchi (dai dati P.R.R.A.) in particolare verrebbe scaricata una portata pari a circa 6 mc/sec; inoltre la presenza di vasta zona irrigate, in particolar modo quelle alimentate dal Naviglio Martesana e dal Canale Villoresi, apporta al Molgora elevate quantità di acqua provenienti dall'esterno del bacino proprio. Fino al territorio comunale di Vimercate, il Torrente si presenta abbastanza inciso con alveo avente profondità media pari a circa 4-5 m (fino a 6-7 m) rispetto al piano campagna. A valle di Vimercate, la profondità dell'alveo si riduce progressivamente, fino a raggiungere pochi metri (2-3 m) rispetto allo stesso piano. Il bacino idrografico complessivo raggiunge i 164 kmq, con una pendenza media dell'alveo, nel tratto compreso tra il comune di Caponago e la foce del Muzza, pari a circa il 4%. Da studio effettuati dalla Regione Lombardia, il tratto Gorgonzola/Cassina De' Pecchi presenta le seguenti caratteristiche:

- larghezza di fondo alveo pari a 6 m;
- altezza spondali pari a 3,5 m;
- pendenza dell'ordine del 5%.

Di seguito si riporta una breve descrizione di quanto osservato, per quanto riguarda gli aspetti morfologici del corso d'acqua, lo stato attuale delle sponde, e in generale di altri elementi ambientali. A valle del Naviglio Martesana, il Torrente Molgora presenta sponde relativamente alte, con una massicciata in massi ciclopici in sponda destra, parzialmente lesionata nella sua porzione iniziale con una soprastante scarpata in



terreno inerbito, mentre in sponda sinistra è presente una arginatura in cemento e quindi anche qui una modesta scarpata in terreno. Sono presenti alcuni alberi a medio fusto su entrambe le sponde. A Valle del canale è presente un elemento scolmatore dello stesso, che di fatto alimenta il corso d'acqua. Proseguendo verso valle nel tratto compreso tra il ponte sulla ex S.P. 11 (via Villa Quiete) fino al ponte sulla S.P. 103, il corso d'acqua procede con un andamento prevalentemente rettilineo, presumibilmente modificato antropicamente, sponde in terra parzialmente vegetate da arbusti e alberi a medio ed alto fusto e vi si osserva, in particolare nella porzione più a monte, parziali arginature di varie forme e tipologie (muri d'argine in ciottoli e cemento, muri in cemento). Si evidenzia anche una certa asimmetria degli argini, in quanto le sponde in destra idrografica risultano avere un'altezza variabile tra 1 e 2 m, mentre la sponda idrografica sinistra presenta altezze variabili tra 2 e 3 m. Nel tratto terminale, quello che scorre al di fuori del territorio edificato, l'alveo assume una sezione regolare, squadrata con sponde ad altezza variabile, tra 1 e 3 m e sono presenti lievi forme di erosione spondale ma di modesta entità ed interessanti i livelli superficiali delle coltri di copertura.

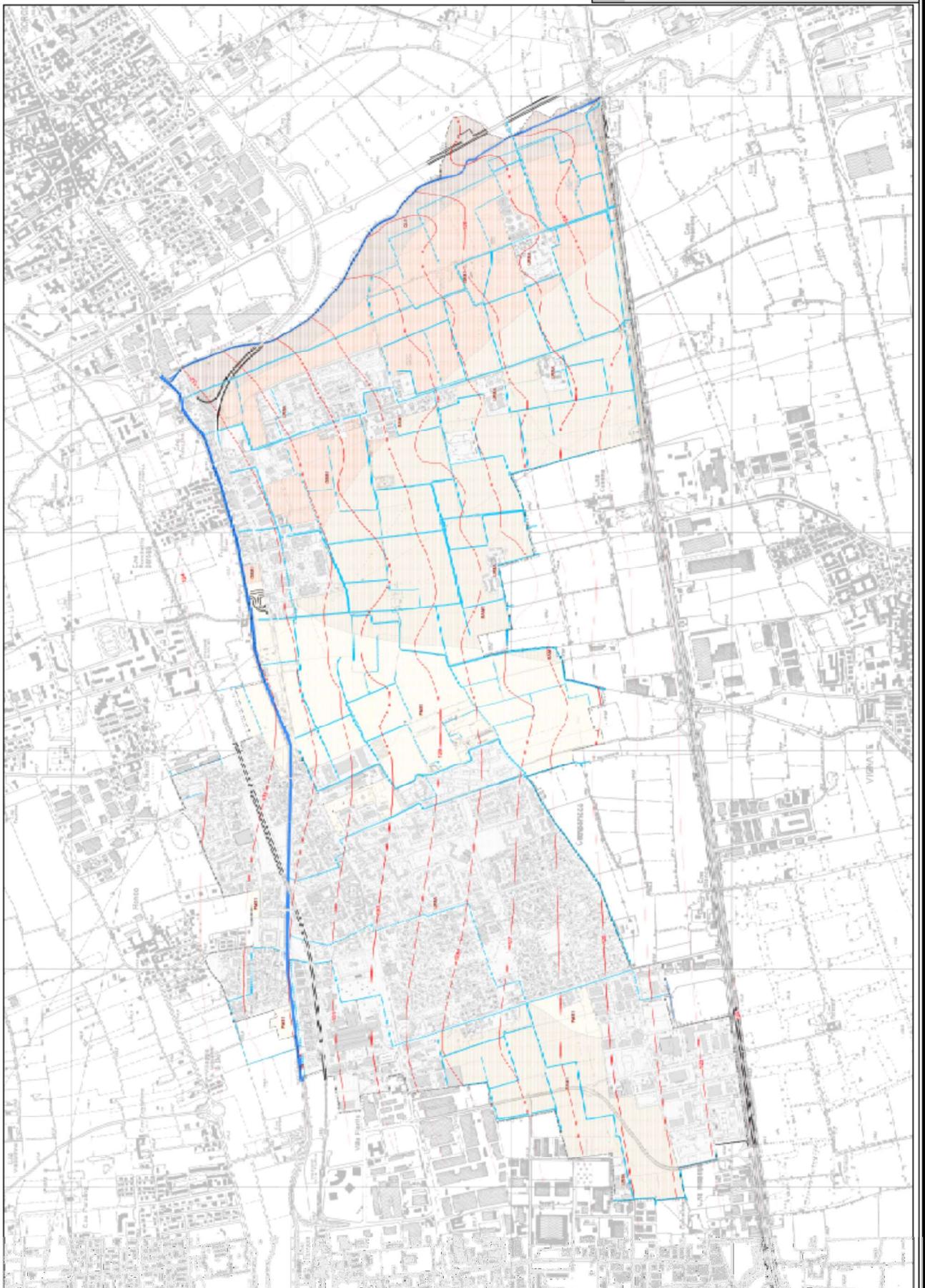
5.3 PEDOLOGIA

Riguardo alle caratteristiche geopedologiche dei terreni esaminati, si è fatto riferimento alla cartografia pedologica prodotta dall'E.R.S.A.L., riportando sulla carta in scala 1:5.000 le diverse unità individuate.

In particolare, il territorio comunale di Cassina De Pecchi rientra in quello che nella classificazione pedologica viene definito sistema L. Tale sistema è costituito da tre sottosistemi: LG, LQ, LF. Le due unità che sono rappresentate dai suoli presenti sul territorio esaminato appartengono al sottosistema LG: si tratta delle unità LG1 ed LG4. I suoli del territorio comunale appartengono alle seguenti quattro unità:

- **FMS1:** si estende nella porzione centrale del comune con direzione prevalente Nord-Sud ed in piccole aree localizzate sia nel settore nord-occidentale, al confine con il comune di Cernusco S/N, che nella parte meridionale della frazione di Camporicco. Si tratta di aree a sedimenti fortemente ciottolosi, compatti negli orizzonti profondi, con pietrosità comune e drenaggio rapido. I suoli hanno spessori ridotti dell'ordine dei 60 – 70 cm.
- **SAM1:** è presente nel settore occidentale del comune, al confine con Cernusco S/N, ed in un'ampia area a Sud-Ovest delle frazioni Villa Magri, Villa Pompea e Sant'Agata Martesana. È rappresentativa di aree pianeggianti a sedimenti ghiaiosi (a volte sabbioso-ghiaiosi), con pietrosità scarsa in superficie e buon drenaggio. I suoli presentano profondità maggiori di 80 cm, talvolta fino e oltre 1 metro.
- **GBB1.** Si estende nella porzione orientale del comune con direzione prevalente Nord-Sud e caratterizza le frazioni di Villa Magri, Villa Pompea e Sant'Agata Martesana. Corrisponde alle superfici non attive della valle del Torrente Molgora, leggermente inclinate, a substrati sabbioso-ghiaiosi. È caratterizzata da suoli con profondità molto variabili e drenaggio generalmente buono.
- **QUI1:** si estende lungo il fondovalle del torrente Molgora e rappresenta il limite orientale della carta geopedologica. Le superfici, che possono presentare lievi pendenze ed essere parzialmente inondabili nelle aree più basse, hanno substrati in genere ghiaiosi. I suoli hanno profondità di poco superiori a 50 cm e sono caratterizzati da drenaggio generalmente buono. Sulla base delle caratteristiche pedologiche sopraindicate, le quattro sotto-unità vengono distinte in tre classi relative alla capacità d'uso dei suoli.

La sotto-unità FMS 1 rappresenta suoli con limitazioni molto forti che restringono le scelte delle colture praticabili e richiedono una gestione molto accurata. Le sotto-unità SAM1 e QUI1 rappresentano suoli con limitazioni inferiori per quanto riguarda la scelta delle colture e che richiedono pratiche conservative meno accurate della precedente. La sotto-unità GBB1 rappresenta suoli con poche limitazioni che riducono la scelta delle colture e richiedono moderate pratiche di conservazione. In sintesi, per quanto concerne la capacità d'uso dei suoli, le aree poste in corrispondenza delle frazioni di Villa Magri, Villa Pompea e Sant'Agata Martesana, risultano essere le più idonee allo sviluppo ed al proseguimento di attività agricola stabile.





Carta geolitologica con elementi geomorfologici – settembre 2011

Morfologia

-  124- isoipse principali
-  isoipse secondarie
-  scarpate di origine antropica: H<10 metri

Idrografia superficiale

-  Reticolo idrografico principale Naviglio Martesana e Torrente Molgora
-  Reticolo idrografico di bonifica a cielo aperto
-  Reticolo idrografico di bonifica tombinati/intubati

Litologia

-  **FMS1** AREE PIANEGGIANTI BEN DRENATE A SEDIMENTI FORTEMENTE CIOTTOLOSI CON PIETROSITA' COMUNE
-  **SAM1** AREE PIANEGGIANTI BEN DRENATE A SEDIMENTI GHIAIOSI, CON PIETROSITA' SCARSA IN SUPERFICIE
-  **GBB1** DEPRESSIONI OLOCENICHE DEL LIVELLO FONDAMENTALE DELLA PIANURA, DI ORIGINE TORRENTIZIA SENZA SCARPATE NETTE. SUPERFICI TERRAZZATE NON ATTIVE CON SEDIMENTI GHIAIOSI E DRENAGGIO GENERALMENTE BUONO
-  **QUI1** DEPRESSIONI OLOCENICHE DEL LIVELLO FONDAMENTALE DELLA PIANURA, DI ORIGINE TORRENTIZIA SENZA SCARPATE NETTE. FONDOVALLE POCO ATTIVO E POCO INCISO DEL TORRENTE MOLGORA CON SEDIMENTI GHIAIOSI A DRENAGGIO BUONO
-  **URBA** AREE URBANIZZATE

-  Confine comunale
-  Viabilità di progetto

Base cartografica: Data Base Topografico (DBT) del territorio dei comuni della Provincia di Milano (collaudo del 24/10/2011)

5.4 ASPETTI GEOTECNICI

Sulla base delle risultanze di indagini effettuate, dei dati geologici e litologici acquisiti è possibile prevedere un modello geotecnico del sottosuolo da considerarsi valido per l'intero territorio comunale. La caratterizzazione geotecnica dei terreni ha infatti individuato un'unica unità contraddistinta da caratteristiche omogenee da un punto di vista geologico e geotecnico.

5.4.1 INTERPRETAZIONE DELLE PROVE SCPT

La metodologia per utilizzare i dati derivanti da indagini penetrometriche SCPT dinamiche continue, e per ottenere i principali parametri geotecnici, quindi, consiste nella conversione dei valori ottenuti (Nscpt), in valori equivalenti di prova SPT (prova penetrometrica dinamica non continua), eseguita in foro di sondaggio. I valori di Nscpt e Nspt sono considerabili all'incirca equivalenti, con una minima variazione in dipendenza della tipologia di terreno investigato. Per terreni sabbioso-ghiaiosi come quelli predominanti nell'area, è possibile ottenere il valore di Nspt equivalente, moltiplicando il valore di Nscpt per 1,5 (Nspt = Nscpt x 1.5):

- peso di volume è stato scelto nell'ambito dei normali intervalli di variazione proposti in bibliografia, in funzione della granulometria e del grado di consistenza del terreno stesso
- densità relativa è stata ricavata con la seguente relazione di Gibbs & Holtz (1957) valida per terreni sabbiosi normalmente consolidati:

$$Dr = 21 [Nspt / (\sigma + 0.7)].$$



- L'angolo di attrito è ricavato dalla seguente correlazione proposta da Meyerhof che meglio si adatta alle connotazioni geotecniche in esame:

$$\phi = 23.7 + 0.57 N_{spt} - 0.006 (N_{spt})^2$$

- Il modulo di deformazione è calcolato attraverso la media delle due seguenti correlazioni di Webb-d'Apollonia che lo legano ai valori di resistenza penetrometrica e alla litologia predominante:
 - E = 600 (N + 6) [valido per sabbie ghiaiose con N<15 colpi/piede]
 - E = 1200 (N + 6) [valido per sabbie ghiaiose]
 - E = 600 (N + 6) + 2000 [valido per sabbie ghiaiose con N>15 colpi/piede]Dove N=N_{spt}*70/55 (fattore correttivo)

5.4.2.1 COESIONE

Considerata la natura incoerente dei terreni si è considerato cautelativamente un valore nullo di coesione. Le prove penetrometriche citate ed utilizzate per la presente caratterizzazione geotecnica, sono state eseguite con penetrometri dinamici pesanti PAGANI modello TG 63, paragonabile ad un penetrometro classe DPSH ed avente le seguenti specifiche tecniche:

- Diametro delle aste 34 mm
- Diametro dei rivestimenti 48 mm 1"1/2
- Punta conica Diametro 50.8 mm 2"
- Conicità 60°
- Peso del maglio 73 Kg 160 libbre
- Altezza di caduta (volata) 75 cm 30"

La prova penetrometrica si basa sulla valutazione dei numeri di colpi (N_{spt}) necessari ad infiggere un'asta del diametro di 34 mm caratterizzata da una punta conica di diametro 50.8 mm. In particolare la fase di avanzamento consente di ottenere dati sulla consistenza e sul grado di addensamento dei terreni attraversati. In particolari condizioni, la prova si effettua accoppiando alle aste appositi tubi di rivestimento allo scopo di evitare l'attrito tra le pareti dell'asta e il terreno. Il numero di colpi viene registrato ogni 30 cm di avanzamento (N/colpi/piede). Nel caso in cui vengano utilizzati i rivestimenti vengono registrati i numeri di colpi necessari all'avanzamento sia delle aste che dei rivestimenti stessi.

5.5 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Il territorio comunale di Cassina de' Pecchi risulta essere omogeneamente costituito da materiali prevalentemente granulari in matrice più o meno limosa, quantomeno fino alla profondità raggiunta dalle indagini. La variabilità dei diagrammi penetrometrici risulta essere in linea con le caratteristiche di terreni incoerenti con alternanze di sabbie e ghiaie in percentuale variabile e con uno stato di addensamento non sempre costante. Nel complesso si evidenzia tuttavia una sostanziale uniformità nelle caratteristiche e negli spessori dei terreni attraversati, tale da poter estendere a tutto il territorio comunale i parametri geomeccanici. E' possibile individuare, oltre al primo livello dato dal terreno di coltura, due litozone predominanti differenziati litologicamente e per caratteristiche geotecniche. Di seguito si riporta lo schema descrittivo dei livelli rinvenuti:

- Terreno di coltura: Se presente, ha uno spessore variabile, evidenziando caratteristiche meccaniche estremamente scadenti.
- Litozona A: tale livello si spinge fino ad una profondità compresa tra -3,5 / -4,00 m da p.c.; fatta eccezione per la frazione di Sant'Agata Martesana, dove si sono raggiunte profondità pari a -5,00 m dal p.c. E' un livello litologico caratterizzato da scadenti valori di resistenza all'avanzamento penetrometrico; i valori di N_{spt} variano tra 3 e 10 colpi/30 cm di avanzamento delle aste; mantenendosi generalmente su un valore medio di 7 colpi/30 cm. Risulta essere costituito da sabbie e ghiaie sciolte con percentuali variabili di limo; la matrice limosa, in particolare, risulta essere predominante nei primi metri che caratterizzano la frazione di Sant'Agata Martesana.
- Litozona B: Inizia a circa -3,50 / -4,00 m a partire dal p.c. (-5,00 a Sant'Agata Martesana) ed è presente fino alla massima profondità indagata (12/15 m dal p.c.). I valori di N_{spt} sono sempre



superiori a 15/20 colpi /30 cm, tranne rari casi in cui si evidenzia la presenza di sottili livelli di materiali sciolti intercalati a quelli a maggiore grado di addensamento, alcune prove vanno a rifiuto (> 100 colpi), sia per l'elevato rado di addensamento del terreno, sia per occasionale presenza di ciottoli di grandi dimensioni.

Nel complesso questo orizzonte è costituito da sabbie, ghiaie e ciottoli da mediamente addensate a molto addensate con interazioni di livelli di sabbie sciolte in matrice limosa. E' possibile quindi indicare i seguenti parametri geotecnici, riferibili ai due livelli litologici:

litozona	Nscpt	Nspt eq.	γ_t (t/m ³)	γ_{ti} (t/m ³)	DR %	φ °	Cu (kg/cm ²)	K (m/s)
A	5	7	1,7	-	30	25	-	10 ⁻⁴ / 10 ⁻⁵
B	> 10/15	> 15/22	≥ 1,8	≥ 0,8	≥ 60	≥ 30	-	10 ⁻⁴

Dove:

Nscpt = valore medio di Nscpt ritenuto caratteristico dell'orizzonte

Nspt eq. = valore medio di Nspt equivalente ritenuto caratteristico dell'orizzonte

gt = peso di volume del terreno naturale

gti = peso di volume del terreno immerso (Per terreni sommersi $gti = gt - gw$ con $gw \leq 1$ (t/m³))

DR = densità relativa

j = angolo di attrito

Cu = coesione non drenata (coesione nulla poiché ai terreni in sito viene associato un comportamento prevalentemente frizionale)

K = permeabilità stimata in funzione delle caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni indagati (Nella frazione di Sant'Agata Martesana, la maggiore percentuale di limo negli strati di terreno più superficiali, porta a stimare un valore di permeabilità inferiore).

Nella presente analisi, non sono stati definiti i parametri del livello superficiale (terreno di coltura), poiché lo stesso non risulta essere idoneo come livello del piano fondazione e per questo motivo dovrà essere asportato in caso di realizzazione di manufatti ed elementi strutturali. Inoltre non è stato attribuito nessun valore a gti riferito alla litozona A in quanto nel territorio oggetto della presente analisi, la falda freatica non è mai stata rilevata a profondità inferiori a 6,00 m.





Carta geotecnica del Comune di Cassina de' Pecchi

Indagini geotecniche

- Sondaggi
- Prove penetrometriche dinamiche

Modello geotecnico del sottosuolo

Litozona A

Tale livello si spinge fino ad una profondità compresa tra -3,5 / -4,00 m da p.c.; fatta eccezione per la frazione di Sant'Agata Martesana, dove si sono raggiunte profondità pari a -5,00 m dal p.c. È un livello litologico caratterizzato da scadenti valori di resistenza all'avanzamento penetrometrico; i valori di Nspt variano tra 3 e 10 colpi/30 cm di avanzamento delle aste; mantenendosi generalmente su un valore medio di 7 colpi/30 cm. Risulta essere costituito da sabbie e ghiaie sciolte con percentuali variabili di limo; la matrice limosa, in particolare, risulta essere predominante nei primi metri che caratterizzano la frazione di Sant'Agata Martesana.

Litozona B

Inizia a circa -3,50 / -4,00 m a partire dal p.c. (-5,00 a Sant'Agata Martesana) ed è presente fino alla massima profondità indagata (12/15 m dal p.c.). I valori di Nspt sono sempre superiori a 15/20 colpi /30 cm, tranne rari casi in cui si evidenzia la presenza di sottili livelli di materiali sciolti intercalati a quelli a maggiore addensamento, alcune prove vanno a rifiuto (> 100 colpi), sia per l'elevato grado di addensamento del terreno, sia per occasionale presenza di ciottoli di grandi dimensioni. Nel complesso questo orizzonte è costituito da sabbie, ghiaie e ciottoli da mediamente addensate a molto addensate con interazioni di livelli di sabbie sciolte in matrice limosa.

Parametri geotecnici, riferibili ai due livelli litologici:

litozona	Nspt	Nspt eq.	γ_s (t/m ³)	γ_{si} (t/m ³)	DR %	α °	Cu (kg/cm ²)	K (m/s)
A	5	7	1,7	-	30	25	-	10 ⁻⁴ / 10 ⁻⁵
B	> 10/15	> 15/22	□1,8	□0,8	□60	□30	-	10 ⁻⁴

Morfologia

- 124 isopse principali
- isopse secondarie
- scarpate
- Confine comunale
- Viabilità di progetto

Base cartografica: Data Base Topografico (DBT) del territorio dei comuni della Provincia di Milano (collaudo del 24/10/2011)

5.6 SINTESI CASSINA DE' PECCHI

Il territorio di Cassina de' Pecchi risulta diviso in funzione di classi in base alla valutazione incrociata degli elementi e dei fattori che lo caratterizzano.

- **Elementi geologici:** La struttura geologica presenta una elevata omogeneità in ragione della presenza di sedimenti sciolti costituiti dai depositi fluvioglaciali ghiaiosi-sabbiosi. Non sono stati osservati fenomeni di stabilità complessiva delle strutture, riconducibili a elementi di natura geologica, ne sono evidenti fenomeni di movimenti tettonici.



- **Elementi geomorfologici:** La geomorfologia risulta essere sostanzialmente semplice senza elementi naturali di rilievo, fatta eccezione per l' incisione valliva del Torrente Molgora, la quale presenta sponde sostanzialmente stabili e di altezza massima di 4/5 m. La quota altimetrica media è pari a 128,00 m s.l.m., che passa dalla quota massima di 135,80 m s.l.m. a nord a quella minima di 123,30 m s.l.m. a sud, con dislivello altimetrico pari a 12,4 m e determinando una pendenza media del territorio di circa lo 0,53%.
- **Elementi geotecnici:** Le prove non hanno evidenziato significative problematiche nelle caratteristiche geotecniche del territorio. I terreni interessati, se si esclude la prima coltre superficiale variabile da 1,50 a 3,00 m a seconda delle zone dimostrano di avere una portanza ammissibile buona, che consente interventi con opere di fondazione semplici senza ricorrere all'uso di palificate se non in casi specifici da valutare localmente.
- **Elementi idrogeologici:** La presenza di una falda freatica caratterizzata da livelli di soggiacenza minima pari a 6 m e di una litologia prevalentemente grossolana individuano una media vulnerabilità dell'acquifero libero.
- **Elementi idraulici:** L'alveo fluviale del Naviglio Martesana risulta in discreto stato di manutenzione. Il corso d'acqua, in quanto regimato da un sistema di chiuse, non presenta tuttavia particolari criticità, pertanto viene individuata esclusivamente una fascia di rispetto pari a 10 m per ogni sponda del corso d' acqua stesso. Lo Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua nell'ambito della pianura Lambro-Olona (Autorità di Bacino del Fiume Po - Parma, gennaio 2004), evidenzia per il tratto del Torrente Molgora, presente nel territorio comunale di Cassina De Pecchi (sponda idrografica destra), elementi di criticità idraulica riconducibili a fenomeni di esondazione eventi con Tr 100 anni. In particolare risulta che per eventi con Tr 10 anni i livelli idrici superano le quote di argine, sia in sponda destra che sinistra.
- **Elementi sismici:** L'analisi della pericolosità sismica locale, condotta anche con la realizzazione di tre indagini MAWS per la determinazione della velocità di propagazione delle onde sismiche, unitamente alla analisi territoriale, ha condotto quale analisi di primo livello la tipologia Z4a e la categoria di suolo "B" : depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o di argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).

5.6.1 CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Il territorio comunale può essere diviso infine nelle seguenti classi:

- **Classe 2: fattibilità con modeste limitazioni** Sono aree ed ambiti territoriali che presentano modeste limitazioni alla utilizzazione urbanistica, agli scopi edificatori ed alla modifica della destinazione d' uso. Tali limitazioni possono tuttavia essere agevolmente superate svolgendo adeguati approfondimenti di indagine e ricorrendo alla applicazione di accorgimenti tecnico costruttivi, oltre che all'applicazione di quanto disposto dal D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni"
- **Classe 3: fattibilità con consistenti limitazioni** Sono aree ed ambiti territoriali che presentano consistenti limitazioni alla utilizzazione urbanistica, agli scopi edificatori ed alla modifica della destinazione d' uso in ragione delle condizioni di pericolosità e/o vulnerabilità in esse presenti, per il superamento delle quali potrebbe essere necessario la realizzazione di interventi di messa in sicurezza.
- **Classe 3a: Fattibilità con consistenti limitazioni** Aree comprese entro le fasce di rispetto dei pozzi pubblici, individuate secondo i criteri stabiliti dalla D.G.R. 6/15137 del 27/06/1996, così come ripreso dal D.Lgs. 11 maggio 1999 n. 152, D.lgs. 18 agosto 2000 n. 258, D.G.R. 10 aprile 2003 e dall' art. 94 del D.Lgs. 3 aprile 2006, n.152.
- **Classe 3b: Fattibilità con consistenti limitazioni** Aree di rispetto cimiteriale.



- **Classe 3c Fattibilità con consistenti limitazioni** Aree per le quali il modello idraulico per il Torrente Molgora predisposto nello Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d' acqua naturali e artificiali all' interno dell' ambito geografico Lambro- Olona (Autorità di Bacino del fiume Po, gennaio 2004) prevede fenomeni di esondazione con tempi di ritorno $Tr = 100$
- **Classe 4: fattibilità con gravi limitazioni** Sono aree ed ambiti territoriali che presentano gravi limitazioni alla utilizzazione urbanistica, agli scopi edificatori ed alla modifica della destinazione d' uso in ragione delle gravi condizioni di pericolosità e/o vulnerabilità in esse presenti.
- **Classe 4a : Fattibilità con gravi limitazioni** Fascia di tutela assoluta pozzi comunali (raggio 10 m)
- **Classe 4b: Fattibilità con gravi limitazioni** Questa sottoclasse considera le fasce di rispetto di 10 m sui corsi d' acqua principali definiti ai sensi della DGR 7/7868 del 25 gennaio 2002 e successive modifiche. Fanno parte del Reticolo Principale del Comune di Cassina De Pecchi il Torrente Molgora e il Naviglio Martesana.
- **Classe 4c: Fattibilità con gravi limitazioni** Aree per le quali il modello idraulico per il Torrente Molgora predisposto nello Studio di fattibilità a della sistemazione idraulica dei corsi d' acqua naturali e artificiali all' interno dell' ambito geografico Lambro- Olona (Autorità di Bacino del fiume Po, gennaio 2004) prevede fenomeni di esondazione con tempi di ritorno $Tr = 10$.

In generale, quindi, sono comprese:

- Aree caratterizzate da media vulnerabilità dell'acquifero freatico: soggiacenza di falda compresa tra i 6 e i 18 m. dal piano campagna (settembre 2010).
- Suoli molto profondi nella porzione meridionale del territorio comunale, da profondi a mediamente profondi nella porzione settentrionale del territorio comunale.
- Substrato litoide a supporto di matrice da sabbiosa-ghiaiosa a ciottolosa.
- Permeabilità elevata: $1,0 \cdot 10^{-3} \div 1,0 \cdot 10^{-4}$ m/s.